

Research Article

Open Access

금강수계 소유역내 수질 변화 분석 -소하천을 대상으로-

한아원,* 홍선화, 황순홍, 김동호, 이준배, 이영준

국립환경과학원 금강물환경연구소

A Study on Water Quality Changes of Geum River Subwatersheds: In Cases of Tributary

Ah-Won Han,* Sun-Hwa Hong, Soon-Hong Hwang, Dong-Ho Kim, Jun-Bae Lee and Young-Joon Lee (Geum River Environment Research Center, 182-18 Jiyong-ro, Gyodong-ri, Okcheon-eup, Okcheon-gun, Chungbuk, Republic of Korea)

Received: 14 November 2012 / Revised: 3 December 2012 / Accepted: 8 December 2012

© 2012 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: For effective subwatershed management, it is very important to select the tributaries for improving water quality and understand the characteristics of tributaries. Until now, however, the case study of main streams has been managed. 17 tributaries in Geum river subwatershed were monitored to regulate the source of water contaminations and identify their current situations in this study.

METHODS AND RESULTS: As pollution indicators, such as biological oxygen demand(BOD₅), chemical oxygen demand(COD_{Mn}), suspended solid(SS), total nitrogen (T-N), total phosphate(T-P) and total organic carbon(TOC) in Geum river were examined from January to December in 2011. The results were as follows : The annual average concentration of nutrients in Yongdam reservoir upstream was 0.7 mg/L for BOD, 3.0 mg/L for COD, 8.4 mg/L for SS, 2.905 mg/L for T-N, 0.035 mg/L for T-P and 1.6 mg/L for

TOC. Water quality of Daechung reservoir upstream was mostly similar tendency in comparison to Yongdam reservoir upstream. Among the 22 tributaries, water quality in Daechung reservoir downstream was more polluted. T-N contents were significantly high in Miho B4 located Daechung reservoir downstream(annual average concentration: 13.53 mg/L). In cases of Miho A1, A2 and C1, pollution degree was worsened during rainy season especially.

CONCLUSION(S): For improving water quality of Geum river subwatershed, the tributaries in the Mihocheon area should be preferentially considered. Mihocheon tributary is the highest in pollution site, and thus a study on long-term effects should be research.

Key Words: Improving water quality, Subwatershed, Tributary, Water quality monitoring

서론

수질오염총량제는 하천의 목표 수질을 설정하고, 목표수질을 자치단체별로 달성 및 유지할 수 있도록 오염물질의 배출총량을 관리하는 수질오염예방대책이며, 현재 2단계 오염총량관리 기본계획이 시행되고 있다(환경부 물환경관리계획-4

*교신저자(Corresponding author),

Phone: +82-43-730-5644; Fax: +82-43-733-9408;

E-mail: ahwon2@naver.com

대강 대권역 수질보전 기본계획, 2006). 이에 현행 수질오염 총량관리제와 관련된 총량측정망은 대부분 국가하천 및 주요 하천에 설정된 지점에 대해 운영되고 있다. 하지만 소유역별 핵심하천의 유역환경을 분석하는 과정에서 소하천에 대한 자료가 미흡하여 많은 문제점이 발생하고 있다(Park *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2011; Cho *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2012). 따라서 4대강 사업 이후 더욱 관심도가 높아지고 있는 지류하천에 대한 수질 모니터링을 통해 오염총량제 기본·시행계획 수립 및 이행평가 등을 위한 기초 자료 제공 및 수질 개선 방안을 마련하기 위하여, 본 연구는 금강의 소하천을 대상으로 선정된 17개 지점의 2011년도 1년간 축적된 수질데이터를 이용하여, 수질 오염도를 평가하고 하천의 특성별로 수질인자들의 상관성 분석 및 수질변동 특성을 파악하였다.

재료 및 방법

금강수계관리위원회의 관할구역은 대전광역시 5개 구, 충북 9개 시·군, 충남 9개 시·군, 전북 11개 시·군, 경북 1시이다. 본 연구에서는 전북 3개 군, 충북 7개 시·군, 충남 7개 시·군의 시·도 경계에 위치한 주요 소하천을 연구대상으로 하였다. 수질측정 지점의 명칭 및 자세한 세부사항은 Fig.1과 Table 1에 나타내었다. 연구대상 하천 중 주요 소하천 지역에 대해 설명하면, 용담댐과 대청댐 상류지역의 경우, 이 지역 인근에 선정된 오염총량관리 목표수질 관리 대상 지점의 목표 BOD₅ 농도는 1.0~1.2 mg/L 수준으로써 관리되고 있어, 오염도가 낮을 것으로 예상하였다. 반면 대청댐 하류지역 중 미호천 수계 지역의 경우 목표 BOD₅ 농도가 상류지역 대비 2~5배 이상 높았고, 그 중 미호천 중류의 목표 농도는 4.0 mg/L 이상이였다. 실제로 미호천 수계에 대·소규모 공업단지 및 오염배출원이 밀집되어 분포하는 것으로 조사되었다. 따라서 오염원이 밀집된 미호천의 주요 소하천을 대상으로 8지점을 선정하였고, 이와 상반적으로 대청댐 하류 중 오염도가 낮은 논산천 지역의 주요 소하천 3곳을 선정함으로써 인근 오염원으로 인해 미치는 수질 영향 정도를 간접적으로 알아보았다.

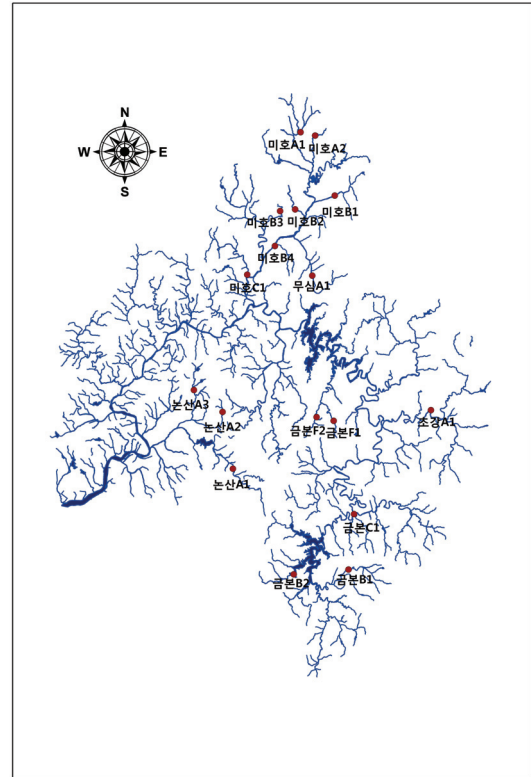


Fig. 1. Geum river catchment basin map.

목표수질은 8일 간격으로 연간 30회 이상 측정하여 축적된 결과를 토대로 평균수질을 산정하여 수질평가를 시행하므로, 본 연구는 2011년 1월부터 12월까지 7~8일 간격으로 총 42회의 현장조사를 수행하였다. 유기물 분석을 위한 대표 지표인 BOD₅, COD_{Mn}와 더불어 정확성과 신뢰성을 위해 선정된 TOC와 함께 영양염류를 분석하기 위한 SS, T-N, T-P 등 총 6개 항목을 대상으로 ‘수질오염공정시험방법’에 의거하여 분석하였으며, 자세한 내용은 Table 2에 나타내었다.

Table 1. The list of observation sites on the tributaries in the Geum River Basin

No.	Region	Stream Name	Stream Site	Site Address
1	Upstream of Yongdam dam	Guryang-cheon	GeumbonB1 G-B1	Jindo-ri, Anseong-myeon, Muju-gun, Jeonbuk
2		Jungja-cheon	GeumbonB2 G-B2	Wolpyeong-ri, Jeongcheon-myeon, Jinan-gun, Jeonbuk
3		Mujunamdae-cheon	GeumbonC1 G-C1	Eumnae-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk
4	Upstream of Daechung dam	Geumgye-cheon	ChogangA1 C-A1	Geumgye-ri, Hwanggan-myeon, Yeongdong-gun, Chungbuk
5		Sanggok-cheon	GeumbonF1 G-F1	Sanggok-ri, Gunbuk-myeon, Geumsan-gun, Chungnam
6		Chupung-cheon	GeumbonF2 G-F2	Seongdang-ri, Chubu-myeon, Geumsan-gun, Chungnam

7		Miho-cheon	MihoA1	M-A1	Mijam-ri, Iwol-myeon, Jincheon-gun, Chungbuk
8		Han-cheon	MihoA2	M-A2	Hancheon-ri, Deoksan-myeon, Jincheon-gun, Chungbuk
9		Musim-cheon	MusimA1	Mu-A1	Sinsong-ri, Namil-myeon, Cheongwon-gun, Chungbuk
10	Down-stream of Dae-chung dam	Bogang-cheon	MihoB1	M-B1	Chojung-ri, Jeungpyeong-eup, Jeungpyeong-gun, Chungbuk
11		Seongam-cheon	MihoB2	M-B2	Doha-ri, Munbaek-myeon, Jincheon-gun, Chungbuk
12		Yongdu-cheon	MihoB3	M-B3	Hwadeok-ri, Dong-myeon, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam
13		Seoknam-cheon	MihoB4	M-B4	Gangseo-dong, Heungdeok-gu, Cheongju-si, Chungbuk
14		Jo-cheon	MihoC1	M-C1	Beonam-ri, Jochiwon-eup, Yeongi-gun, Chungnam
15	Nonsan-cheon	Nonsan-cheon	NonsanA1	N-A1	Singi-ri, Yangchon-myeon, Nonsan-si, Chungnam
16		Yeonsan-cheon	NonsanA2	N-A2	Gwangseok-ri, Eomsa-myeon, Gyeryong-si, Chungnam
17		Noseong-cheon	NonsanA3	N-A3	Sinchung-ri, Sangwol-myeon, Nonsan-si, Chungnam

Table 2. Water quality parameter(variation) for statistical analysis

Variable	Abbreviation	Unit
Biochemical Oxygen Demand	BOD ₅	mg/L
Chemical Oxygen Demand	COD _{Mn}	mg/L
Suspended Solid	SS	mg/L
Total Nitrogen	T-N	mg/L
Total Phosphorus	T-P	mg/L
Total Organic Carbon	TOC	mg/L

결 과

Fig. 2는 전체 지점의 공간적 요인에 의한 군집분석을 위해 SPSS 18.0을 이용해 추출된 결과이다. 연평균 BOD₅ 농도를 기준으로 계층적 군집분석 하였으며, 군집화 방식 중 Ward법을 이용하였다. 그 결과 1그룹은 용담댐 상류와 대청댐 상류 및 대청댐 하류 중 논산천 지역이고, 2그룹은 대청댐 하류 중 미호천 지역이며, 3그룹은 미호천 지역 중 M-B4와 M-C1이었다. 따라서 본 연구의 결과분석은 용담댐 상류와 대청댐 상류 및 대청댐 하류의 논산천 지역 및 미호천 지역으로 구분하여 하천별 수환경 특성을 파악하였고, 이하에서는 group 1, 2, 3으로 표현하였다.

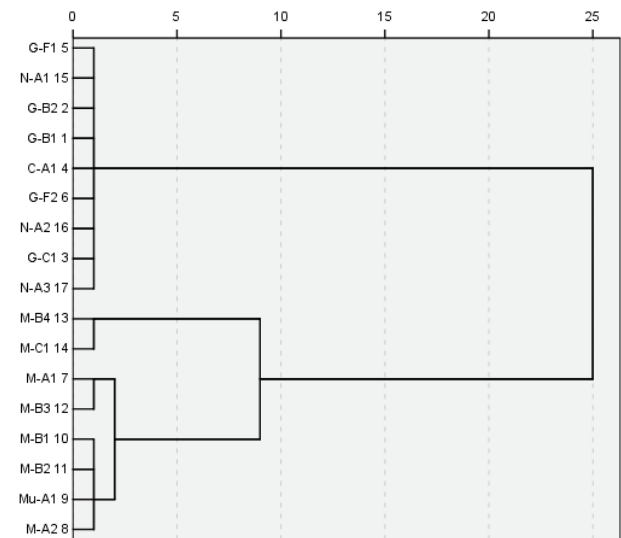
Group 1~3의 연평균 수질 농도는 Table 3과 같으며, 지점별 수질 농도 분포는 Fig. 3과 같이 나타내었다. 유기물 오염 지표인 BOD₅와 COD_{Mn}는 group 1의 경우 각각 0.6~1.6 mg/L, 2.3~5.0 mg/L의 농도범위를 보였다. 반면 group 2의 경우 BOD₅와 COD_{Mn} 농도는 각각 2.4~3.6 mg/L, 4.9~7.6 mg/L로 나타났다. Group 3의 경우 각각 4.9~5.8 mg/L, 6.5~10.0 mg/L로 나타났다. Group 3을 포함하여 M-A1과 M-A2 등이 높은 경향을 보였다.

M-C1의 경우 BOD₅ 농도가 5.8 mg/L로 17개 지점 중 가장 높게 나타났으나, COD_{Mn} 농도는 6.5 mg/L이었으므로 분해 가능한 생분해성 유기물이 많음을 알 수 있었다. SS는 group 1의 경우 1.7~13.8 mg/L 이었으며, group 2의 경우 13.4~388.5 mg/L로 나타났다. Group 3의 경우 M-C1과 M-B4 각각 18.1 mg/L, 46.5 mg/L이었다. M-A1과 M-A2가 각각 70.7 mg/L, 388.5 mg/L로 가장 우세하였으며, M-B4가 46.5 mg/L로 그 뒤를 이었다. M-A2의 SS 증가 대비 BOD₅와 COD_{Mn} 농도는 각각 2.7 mg/L, 8.4 mg/L으로 나타났다. 이는 강우시기동안 사토 등의 미세 무기물질이 몇 차례 다량으로 유입되어 연평균 농도를 증가시킨 것으로써, 주된 조성은 미세 무기물질과 난분해성 유기물질일 것으로 예상할 수 있다. T-N과 T-P의 농도는 group 1의 경우 1.804~4.293 mg/L, 0.022~0.106 mg/L로 나타났다. Group 2는 2.647~5.655 mg/L, 0.112~0.339 mg/L으로 높은 경향을 보였으며, group 3은 5.129~13.421 mg/L, 0.199~0.298 mg/L로 나타났다. M-B4의 경우 T-N농도가 타지점에 비해 월등히 높은 13.421 mg/L를 보였으며, COD_{Mn} 또한 전체 지점 중 최대 농도인 10.0 mg/L로 나타났다. M-A1과 M-A2의 경우 T-P와 함께 T-N의 농도도 높았다. Table 4는 17개 지점의 연평균 BOD₅ 농도를 하천의 수질환경기준으로 평가한 결과이다. Group 1은 7등급 중 I a등급(1mg이하)~I b등급(2mg/L이하)에 속하였으며, group 2는 II(3mg/L이하)~III등급(5mg/L이하)에 속하였고, group 3의 M-B4와 M-C1은 각각 III등급과 IV등급에 속하였다. TOC는 BOD₅, COD_{Mn}와는 달리 유기물을 직접 산화시켜 발생하는 이산화탄소의 양을 측정하는 방법으로, 측정시간이 짧고 시약 사용이 적다는 장점이 있으며, 모든 유기물을 측정할 수 있는 방법으로 BOD₅와 COD_{Mn}와 함께 사용되는 유기물 지표이므로(Byun *et al.* 2010; Urbansky, 2000) BOD₅, COD_{Mn}와 함께 유기물 분석으로 TOC 농도를 분석하였다. Table 4

와 같이 TOC농도 분포는 group 1의 경우 1.3~3.4 mg/L 농도 범위로 나타났고, group 2는 3.3~5.1 mg/L, group 3은 4.4~5.6 mg/L로 나타났다. 이는 BOD₅, COD_{Mn}의 경향과 비슷한 것으로, 지점별 TOC와 BOD₅, COD_{Mn}의 상관성은 Fig. 4로 나타내었다. 그 결과, R² 값이 0.7828, 0.9130으로 매우 높은 수치를 보이며 상관성이 있는 것으로 나타나, 미호천 지역의 유기물 오염도가 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 5는 모든 지점의 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(11월~2월)의 계절에 따른 군집별 수질인자들의 상관성을 알아본 결과이다. 모수통계학 중 간격/비율을 척도로 측정되며, 가장 보편적으로 사용되는 Pearson 상관계수(Pearson product-moment correlation coefficient)를 사용하였고, 각 수질인자 간에는 이변량 정규분포를 따른다고 가정하였다. 0.01 수준(양쪽)에서 유의한 수치는 **, 0.05 수준(양쪽)에서 유의한 수치는 *를 위첨자로 표시하였다. 그 결과는 Table 6으로 정리하였다. 11월~2월 사이 group 1,2 중 G-C1, N-A3, M-A2, M-B1 지점을 제외한 지점에서는 항목들간의 상관성이 거의 없는 것으로 나타났으나, 오염도가 가장 높은 group 3은 높은 상관성을 보였다. 9월~11월 사이에는 group 1,2 중 대청댐 상류 지역을 제외한 모든 지점에서 항목들의 상관도가 높았으나, group 3의 경우 상관성이 거의 없었다. 오염도가 가장 낮은 group 1의 용담댐 상류 지역은 12월~2월사이 모든 항목들 사이에 상관성이 없는 것으로 나타났고, 3월~11월은 COD_{Mn}, SS, TOC 항목을 중심으로 유의할 수준의 상관성을 보였다. 그 외 group 1과 group 2에 속하는 지점들은 3월~8월 사이에 전체 항목들간의 상관도가 모두 높게 나타났다. 그 중 group 2는 4계절 내내 모든 항목들 사이에 유의할 수준으로 높은 것으로 나타나, 계절 요인의 영향이 크지 않은 것으로 판단하였다. 연평균 SS 농도가 두 번째로 높은 M-A1의 경우 12월~8월 사이에 수질인자간

의 상관성이 없었으나, 9월~11월은 T-N을 제외한 모든 항목간의 상관성이 높은 것으로 나타났다. SS 농도가 가장 높은 M-A2의 경우 4계절 동안 거의 모든 요인들 사이의 상관도는 높았다. 이는 오염도가 낮은 지역의 경우 계절별 수질인자들의 상관성이 낮으며 일부 항목을 중심으로 유의할 수준의 상관성을 보이나, 오염도가 높은 지역의 경우는 계절적 요인은 크지 않은 것을 알 수 있었다.



(First group : G-B1, G-B1, G-C1, C-A1, G-F1, G-F2, N-A1, N-A2, N-A3, Second group : M-A1, M-A2, Mu-A1, M-B1, M-B2, M-B3 and Third group : M-B4, M-C1.)

Fig. 2. Similarity dendrogram for the sites results from cluster analysis using stream's annually average BOD₅ data.

Table 3. Annual average concentration of BOD₅, COD_{Mn}, SS, T-N, T-P and TOC

Site	Average concentration (mg/L)					
	BOD ₅	COD _{Mn}	SS	T-N	T-P	TOC
G-B1	0.8	3.4	5.5	2.855	0.040	2.0
G-B2	0.6	2.7	12.6	2.925	0.034	1.3
G-C1	1.0	3.4	3.1	2.635	0.044	2.0
C-A1	0.7	3.1	2.9	1.804	0.024	1.9
G-F1	0.6	2.6	3.4	2.572	0.039	1.5
G-F2	1.2	3.8	10.7	4.293	0.106	2.7
M-A1	3.6	7.6	70.7	5.211	0.317	5.1
M-A2	2.7	8.4	388.5	5.655	0.339	4.2
Mu-A1	2.4	5.6	21.2	2.647	0.137	3.9
M-B1	2.4	5.1	13.4	3.981	0.122	3.8
M-B2	2.4	4.9	15.5	2.924	0.112	3.3
M-B3	3.5	7.4	19.3	3.738	0.189	5.1
M-B4	4.9	10.0	46.5	13.421	0.199	5.6
M-C1	5.8	6.5	18.1	5.129	0.298	4.4
N-A1	0.6	2.3	1.7	2.248	0.022	1.3
N-A2	1.1	3.2	13.8	2.622	0.080	1.9
N-A3	1.6	5.0	10.5	2.710	0.098	3.4

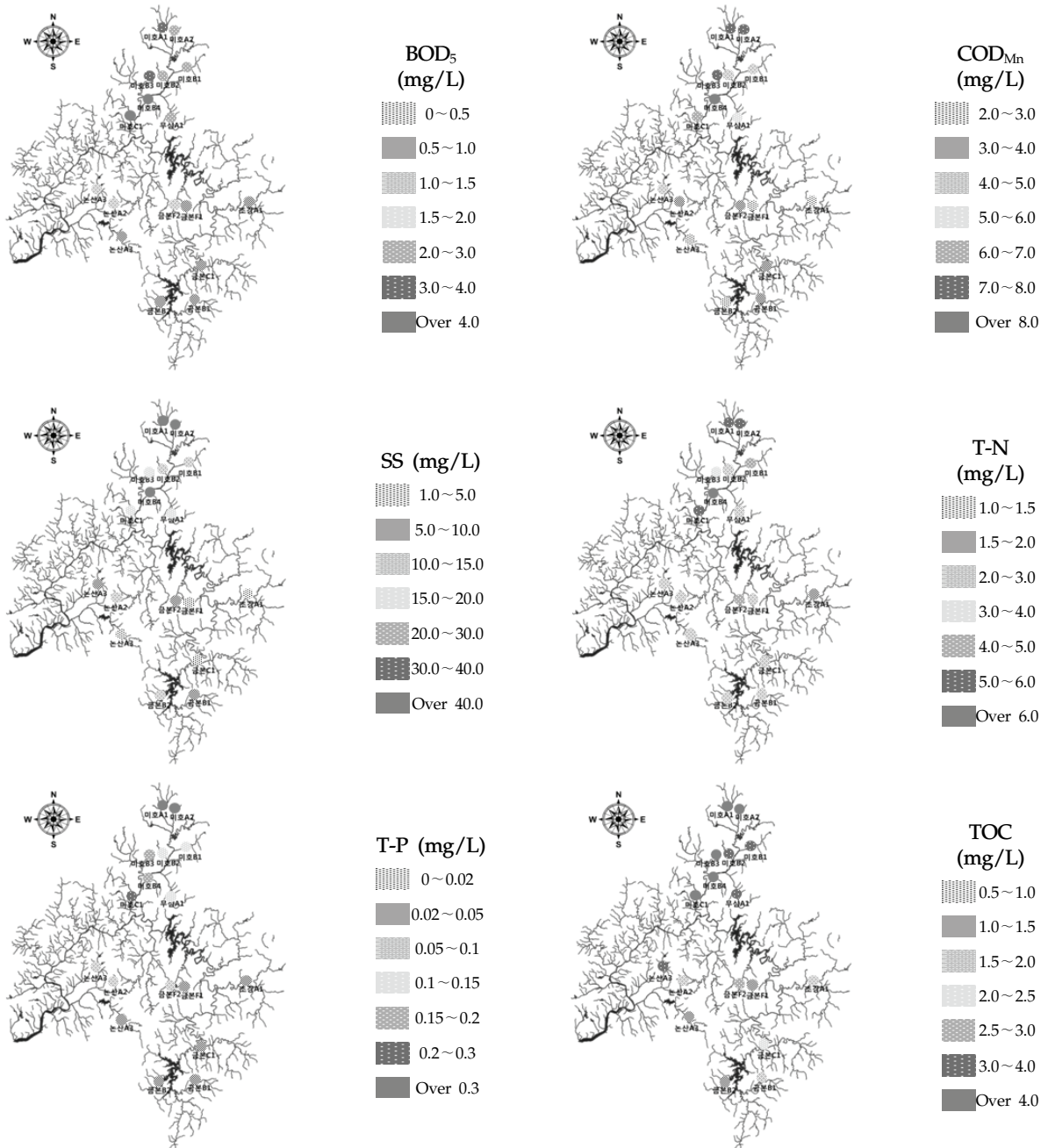


Fig. 3. Spatial distribution of water quality(BOD₅, COD_{Mn}, SS, T-N, T-P and TOC) based on the tributary.

Table 4. The evaluation of annual average BOD₅ of tributaries based on environmental criteria

Site	Very Good (I a)	Good (I b)	Fairly Good (II)	Fair (III)	Fairly Poor (IV)	Poor (V)	Very Poor (VI)
G-B1	○						
G-B2	○						
G-C1		○					
C-A1	○						
G-F1	○						
G-F2		○					
M-A1				○			
M-A2			○				
Mu-A1			○				
M-B1			○				
M-B2			○				
M-B3				○			
M-B4				○			
M-C1					○		
N-A1	○						
N-A2		○					
N-A3		○					
총계	29%	24%	24%	17%	6%	0%	0%

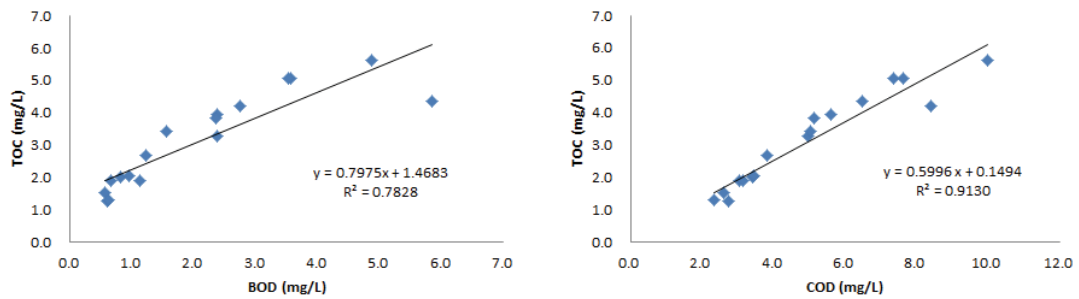


Fig. 4. Simple Correlations between TOC and BOD₅, COD_{Mn}.

Table 5. Pearson correlation matrix of the seasonal environmental factors

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC
G-B1	spring	BOD	1				
		COD	.360	1			
		SS	.096	.695**	1		
		TN	-.431	-.830**	-.694**	1	
		TP	-.207	.409	.863**	-.365	1
		TOC	.327	.724**	.817**	-.647*	.679*
	summer	BOD	1				
		COD	.454	1			
		SS	.603*	.899**	1		
		TN	-.026	.424	.108	1	
		TP	.502	.882**	.784**	.507	1
		TOC	.451	.941**	.768**	.576	.853**
	fall	BOD	1				
		COD	.490	1			
		SS	.535	.791**	1		
		TN	.244	-.273	.038	1	
		TP	.584	.902**	.935**	-.131	1
		TOC	.476	.697*	.716*	.107	.638*
	winter	BOD	1				
		COD	.456	1			
		SS	-.180	.735	1		
TN		.392	-.255	-.735	1		
TP		.300	.117	-.267	.140	1	
TOC		.075	.855*	.790*	-.302	.143	1
G-B2	spring	BOD	1				
		COD	-.163	1			
		SS	-.146	.756**	1		
		TN	-.184	-.127	-.234	1	
		TP	-.334	.388	.522	.291	1
		TOC	-.409	.452	.297	.364	.867**
	summer	BOD	1				
		COD	.243	1			
		SS	.057	.668*	1		
		TN	-.177	.071	.292	1	
		TP	.031	.502	.850**	.316	1
		TOC	.363	.899**	.500	.049	.424
	fall	BOD	1				
		COD	.551	1			
		SS	.241	.271	1		
		TN	.521	.356	.506	1	
		TP	.038	.302	.849**	.203	1
		TOC	.159	-.262	-.126	-.484	-.208
	winter	BOD	1				
		COD	.165	1			
		SS	-.543	.212	1		
TN		-.837*	-.064	.742	1		
TP		.278	-.442	-.054	.113	1	
TOC		-.729	-.106	.829*	.684	-.301	1

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC
G-C1	spring	BOD	1				
		COD	-.037	1			
		SS	.029	.595*	1		
		TN	-.060	-.683*	-.746**	1	
		TP	-.229	.326	.266	-.043	1
		TOC	-.091	.655*	.667*	-.549	.625*
	summer	BOD	1				
		COD	.194	1			
		SS	-.165	.812**	1		
		TN	-.100	.616*	.472	1	
		TP	.533	.566	.336	.596	1
		TOC	.442	.896**	.710*	.527	.805**
	fall	BOD	1				
		COD	.242	1			
		SS	.123	.545	1		
		TN	.192	-.119	-.001	1	
		TP	-.099	-.045	.080	-.309	1
		TOC	.665*	.298	.310	-.318	.173
	winter	BOD	1				
		COD	.505	1			
		SS	.449	.900**	1		
		TN	.921**	.488	.382	1	
		TP	.925**	.421	.366	.988**	1
		TOC	.806*	.699	.503	.911**	.865*
C-A1	spring	BOD	1				
		COD	.350	1			
		SS	-.057	.020	1		
		TN	-.254	.097	.764**	1	
		TP	-.171	.045	.919**	.838**	1
		TOC	.261	.427	.548	.453	.664*
	summer	BOD	1				
		COD	.251	1			
		SS	.277	.695*	1		
		TN	-.071	.496	.529	1	
		TP	.171	-.011	.479	.374	1
		TOC	.464	.882**	.782**	.520	.350
	fall	BOD	1				
		COD	.005	1			
		SS	-.146	.317	1		
		TN	.527	-.342	.433	1	
		TP	-.156	.567	.604*	-.188	1
		TOC	-.252	-.234	.059	-.035	.168
	winter	BOD	1				
		COD	-.390	1			
		SS	-.308	.038	1		
		TN	-.899**	.321	.377	1	
		TP	.567	-.171	.099	-.440	1
		TOC	-.742	.463	.614	.890**	-.134

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC
G-F1	spring	BOD	1				
		COD	.625*	1			
		SS	.628*	.944**	1		
		TN	-.124	.260	.073	1	
		TP	.831**	.921**	.891**	.223	1
		TOC	.635*	.946**	.920**	.225	.925**
	summer	BOD	1				
		COD	-.462	1			
		SS	-.081	.177	1		
		TN	-.242	-.086	-.342	1	
		TP	-.317	-.171	.214	.218	1
		TOC	-.355	.854**	.478	.084	.049
	fall	BOD	1				
		COD	.017	1			
		SS	.095	.772**	1		
		TN	.118	.161	.378	1	
		TP	-.034	.841**	.971**	.261	1
		TOC	.013	.159	-.045	-.009	-.015
	winter	BOD	1				
		COD	-.647	1			
		SS	.190	.092	1		
		TN	-.097	-.221	.007	1	
		TP	.400	-.058	.114	.449	1
		TOC	-.677	.744	.400	-.089	-.390
G-F2	spring	BOD	1				
		COD	.934**	1			
		SS	.902**	.981**	1		
		TN	.620*	.683*	.728**	1	
		TP	.902**	.981**	.993**	.740**	1
		TOC	.915**	.885**	.807**	.548	.811**
	summer	BOD	1				
		COD	.852**	1			
		SS	.210	.430	1		
		TN	-.437	-.114	.362	1	
		TP	.438	.795**	.556	.155	1
		TOC	.822**	.905**	.081	-.234	.633*
	fall	BOD	1				
		COD	.381	1			
		SS	.732*	.671*	1		
		TN	.267	.078	.167	1	
		TP	.492	.313	.459	.689*	1
		TOC	.096	.127	.350	-.209	-.210
	winter	BOD	1				
		COD	.216	1			
		SS	.339	.858*	1		
		TN	.158	-.542	-.236	1	
		TP	-.114	.116	.149	-.245	1
		TOC	.047	.783*	.571	-.562	-.438

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC
N-A1	spring	BOD	1				
		COD	.162	1			
		SS	.399	.465	1		
		TN	.025	.496	-.206	1	
		TP	.844**	.324	.560*	-.038	1
		TOC	.408	.690**	.673*	.423	.511
	summer	BOD	1				
		COD	.212	1			
		SS	.011	-.596	1		
		TN	-.197	.244	.050	1	
		TP	-.312	.504	.086	.297	1
		TOC	-.166	-.143	.483	-.039	.081
	fall	BOD	1				
		COD	.941**	1			
		SS	.964**	.978**	1		
		TN	.817**	.933**	.900**	1	
		TP	.960**	.985**	.996**	.909**	1
		TOC	.910**	.952**	.967**	.894**	.970**
	winter	BOD	1				
		COD	-.133	1			
		SS	.336	-.775*	1		
		TN	-.455	-.353	-.114	1	
		TP	.877**	-.134	.229	-.334	1
		TOC	-.485	.351	-.530	.428	-.712
N-A2	spring	BOD	1				
		COD	.260	1			
		SS	.432	.523	1		
		TN	-.138	.437	-.099	1	
		TP	.067	.285	-.002	-.361	1
		TOC	.116	.700**	.584*	.205	.051
	summer	BOD	1				
		COD	.949**	1			
		SS	.926**	.954**	1		
		TN	.303	.251	.270	1	
		TP	.879**	.912**	.935**	.532	1
		TOC	.983**	.943**	.934**	.397	.934**
	fall	BOD	1				
		COD	.839**	1	.546		
		SS	.723*	.546	1		
		TN	.767**	.719*	.322	1	
		TP	.812**	.702*	.976**	.433	1
		TOC	.715*	.835**	.496	.703*	.615*
	winter	BOD	1				
		COD	.441	1			
		SS	.582	.132	1		
		TN	.663	-.173	.069	1	
		TP	-.122	-.011	.450	-.442	1
		TOC	.571	.012	.791*	.366	-.005

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC
N-A3	spring	BOD	1				
		COD	.714**	1			
		SS	.599*	.617*	1		
		TN	.346	.467	.600*	1	
		TP	.696**	.710**	.732**	.518	1
		TOC	.533	.843**	.729**	.689**	.663*
	summer	BOD	1				
		COD	.951**	1			
		SS	.965**	.903**	1		
		TN	.338	.314	.309	1	
		TP	.955**	.933**	.941**	.375	1
		TOC	.870**	.945**	.748**	.360	.838**
	fall	BOD	1				
		COD	.807**	1			
		SS	.689*	.536	1		
		TN	-.219	-.138	-.158	1	
		TP	.904**	.662*	.752**	-.443	1
		TOC	-.387	-.242	-.350	.793**	-.654*
	winter	BOD	1				
		COD	.650	1			
		SS	.764*	.946**	1		
		TN	.476	.226	.088	1	
		TP	.920**	.835*	.942**	.256	1
		TOC	-.617	-.059	-.288	-.142	-.532
M-A1	spring	BOD	1				
		COD	.454	1			
		SS	.292	.548	1		
		TN	-.297	-.310	-.767**	1	
		TP	-.150	.306	-.049	.218	1
		TOC	.564	.517	-.124	-.005	-.101
	summer	BOD	1				
		COD	.604*	1			
		SS	.461	.911**	1		
		TN	.292	.003	.054	1	
		TP	.441	.868**	.967**	.052	1
		TOC	.602	.578	.218	-.111	.157
	fall	BOD	1				
		COD	.964**	1			
		SS	.956**	.999**	1		
		TN	.619*	.592	.592	1	
		TP	.971**	.994**	.993**	.624*	1
		TOC	.946**	.962**	.963**	.588	.943**
	winter	BOD	1				
		COD	.810*	1			
		SS	-.763*	-.671	1		
		TN	.072	.540	-.147	1	
		TP	-.702	-.235	.258	.352	1
		TOC	.167	-.123	-.084	.080	-.394

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC
M-A2	spring	BOD	1				
		COD	.245	1			
		SS	.311	.995**	1		
		TN	.284	.960**	.970**	1	
		TP	.808**	.755**	.803**	.775**	1
		TOC	.398	.875**	.856**	.753**	.750**
	summer	BOD	1				
		COD	.950**	1			
		SS	.906**	.929**	1		
		TN	-.331	-.343	-.013	1	
		TP	.881**	.885**	.874**	-.188	1
		TOC	.736**	.707*	.473	-.775**	.478
	fall	BOD	1				
		COD	.961**	1			
		SS	.946**	.989**	1		
		TN	-.305	-.403	-.363	1	
		TP	.936**	.982**	.998**	-.353	1
		TOC	.529	.607*	.504	-.399	.489
winter	BOD	1					
	COD	.983**	1				
	SS	.638	.688	1			
	TN	-.307	-.323	-.051	1		
	TP	.050	.107	.788*	.141	1	
	TOC	.794*	.807*	.779*	-.030	.372	1
Mu-A1	spring	BOD	1				
		COD	.866**	1			
		SS	.282	.684**	1		
		TN	-.163	.286	.809**	1	
		TP	.445	.811**	.979**	.732**	1
		TOC	.534	.764**	.532	.327	.650*
	summer	BOD	1				
		COD	.897**	1			
		SS	-.241	-.088	1		
		TN	-.804**	-.716*	.418	1	
		TP	.342	.562	.622*	-.064	1
		TOC	.898**	.917**	-.398	-.760**	.379
	fall	BOD	1				
		COD	.164	1			
		SS	.702*	.336	1		
		TN	-.094	-.256	.225	1	
		TP	.770**	.183	.971**	.209	1
		TOC	.310	.473	.365	.187	.238
winter	BOD	1					
	COD	.622	1				
	SS	-.072	.693	1			
	TN	.102	-.155	-.358	1		
	TP	-.110	-.070	-.264	.655	1	
	TOC	-.050	.577	.919**	-.499	-.515	1

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC	
M-B1	spring	BOD	1					
		COD	.873**	1				
		SS	.766**	.807**	1			
		TN	.221	.267	.455	1		
		TP	.805**	.851**	.981**	.463	1	
		TOC	.754**	.815**	.716**	.250	.820**	1
	summer	BOD	1					
		COD	.371	1				
		SS	.132	.674*	1			
		TN	-.029	-.290	.034	1		
		TP	.117	.668*	.847**	.164	1	
		TOC	.517	.596	.012	-.313	.346	1
	fall	BOD	1					
		COD	.611*	1				
		SS	-.148	.278	1			
		TN	.283	-.141	-.229	1		
		TP	.642*	.756**	.450	-.137	1	
		TOC	.603*	.289	-.265	.509	.189	1
	winter	BOD	1					
		COD	.860*	1				
		SS	.886**	.914**	1			
		TN	-.680	-.753	-.923**	1		
		TP	.623	.525	.581	-.526	1	
		TOC	.060	.406	.433	-.650	-.062	1
M-B2	spring	BOD	1					
		COD	.860**	1				
		SS	.691**	.902**	1			
		TN	.229	.595*	.634*	1		
		TP	.917**	.933**	.790**	.477	1	
		TOC	.434	.758**	.705**	.816**	.643*	1
	summer	BOD	1					
		COD	.922**	1				
		SS	.393	.515	1			
		TN	-.413	-.319	-.070	1		
		TP	.627*	.649*	.803**	-.331	1	
		TOC	.780**	.811**	.047	-.487	.363	1
	fall	BOD	1					
		COD	.929**	1				
		SS	.746**	.870**	1			
		TN	.921**	.779**	.544	1		
		TP	.870**	.914**	.951**	.744**	1	
		TOC	.767**	.813**	.877**	.619*	.889**	1
	winter	BOD	1					
		COD	.507	1				
		SS	.920**	.732	1			
		TN	.362	.001	.218	1		
		TP	.663	.868*	.765*	-.209	1	
		TOC	-.350	.473	-.085	.026	.059	1

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC
M-B3	spring	BOD	1				
		COD	.887**	1			
		SS	.935**	.919**	1		
		TN	.635*	.653*	.741**	1	
		TP	.269	.300	.282	.314	1
		TOC	.821**	.904**	.868**	.637*	.197
	summer	BOD	1				
		COD	.702*	1			
		SS	.334	.348	1		
		TN	-.355	-.528	.447	1	
		TP	.504	.508	.883**	.177	1
		TOC	.334	.838**	-.123	-.737**	.030
	fall	BOD	1				
		COD	.993**	1			
		SS	.998**	.993**	1		
		TN	.907**	.893**	.917**	1	
		TP	.999**	.993**	.998**	.898**	1
		TOC	.995**	.988**	.997**	.914**	.995**
	winter	BOD	1				
		COD	.953**	1			
		SS	.356	.325	1		
		TN	.309	.390	.002	1	
		TP	.472	.624	.655	.446	1
		TOC	.926**	.956**	.093	.503	.483
M-B4	spring	BOD	1				
		COD	.633*	1			
		SS	.870**	.756**	1		
		TN	-.686**	-.374	-.703**	1	
		TP	.796**	.672*	.888**	-.603*	1
		TOC	.824**	.315	.686**	-.722**	.692**
	summer	BOD	1				
		COD	.652*	1			
		SS	.281	.058	1		
		TN	-.174	.188	.082	1	
		TP	.789**	.437	.633*	-.234	1
		TOC	.619*	.881**	-.285	.144	.246
	fall	BOD	1				
		COD	.494	1			
		SS	.546	.620*	1		
		TN	.539	.156	.246	1	
		TP	.532	.768**	.946**	.275	1
		TOC	-.323	-.105	.107	-.312	-.085
	winter	BOD	1				
		COD	.154	1			
		SS	.228	-.695	1		
		TN	-.162	.793*	-.518	1	
		TP	-.017	.814*	-.918**	.525	1
		TOC	.145	.945**	-.850*	.658	.950**

		BOD	COD	SS	TN	TP	TOC	
M-C1	spring	BOD	1					
		COD	.629*	1				
		SS	.521	.965**	1			
		TN	.365	.269	.163	1		
		TP	.600*	.643*	.465	.653*	1	
		TOC	.341	.900**	.859**	.077	.504	1
	summer	BOD	1					
		COD	.972**	1				
		SS	-.157	.029	1			
		TN	.969**	.975**	-.110	1		
		TP	.957**	.968**	-.028	.921**	1	
		TOC	.987**	.954**	-.236	.964**	.941**	1
	fall	BOD	1					
		COD	.667*	1				
		SS	.012	.179	1			
		TN	.412	.144	.248	1		
		TP	-.267	-.193	-.004	-.302	1	
		TOC	.141	.479	-.044	.218	-.266	1
	winter	BOD	1					
		COD	.944**	1				
		SS	.896**	.813*	1			
		TN	.929**	.915**	.798*	1		
		TP	.982**	.925**	.871*	.877**	1	
		TOC	.729	.715	.774*	.875**	.655	1

Table 6. The principal component for each stream

group	stream	factor			
		spring	summer	fall	winter
I	G-B1	COD, SS, TOC	COD, SS, TOC	COD, SS, TOC	-
	G-B2	-	COD, SS	-	-
	G-C1	COD, SS, TOC	COD, TOC	-	BOD, TN, TOC
	C-A1	SS, TP	-	-	-
	G-F1	BOD, COD, SS, TP, TOC	-	COD	-
	G-F2	BOD, COD, SS, TN, TP, TOC	BOD, COD, TOC	SS	COD
	N-A1	SS, TP, TOC	-	BOD, COD, SS, TN, TP, TOC	-
	N-A2	TOC	BOD, COD, SS, TP, TOC	BOD, COD, SS, TN, TP, TOC	-
	N-A3	BOD, COD, SS, TN, TP, TOC	BOD, COD, SS, TP, TOC	BOD, TP, TOC	BOD, COD, TP
II	M-A1	-	COD	BOD, COD, SS, TP, TOC	-
	M-A2	COD, SS, TN, TP, TOC	BOD, COD, SS, TP, TOC	BOD, COD, SS, TP	BOD, SS, TOC
	Mu-A1	COD, SS, TP	BOD, COD, TN, TOC	BOD	-
	M-B1	BOD, COD, SS, TP, TOC	COD, TP	BOD, TP	BOD, SS
	M-B2	BOD, COD, SS, TN, TP, TOC	BOD, COD, TP, TOC	BOD, COD, SS, TN, TP, TOC	TP
	M-B3	BOD, COD, TN, TOC	TOC	BOD, COD, SS, TN, TP, TOC	BOD, TOC
III	M-B4	BOD, COD, SS, TN, TP, TOC	BOD, TP, TOC	TP	COD, TP, TOC
	M-C1	BOD, COD, TP, TOC	BOD, COD, TN, TP, TOC	-	BOD, COD, TN, TP, TOC

고 찰

본 연구는 금강수계의 소하천을 대상으로 선정된 17개 지점의 주요 수질분석항목(BOD₅, COD_{Mn}, SS, T-N, T-P, TOC)을 분석함으로써, 지점별 농도를 통계처리 프로그램인 SPSS statistics 18.0으로 그룹화 하였고, 그룹별 특성을 계절별로 분석하였다.

금강수계 상류지역인 용담댐 상류 및 대청댐 상류와 그 하류로써 국가하천인 미호천과 논산천으로 유입되는 소하천을 중심으로 비교한 결과, 용담댐과 대청댐 상류 및 대청댐 하류의 논산천 지역의 오염도가 가장 낮은 것으로 나타났으며 (group 1), 미호천 지역은 오염도가 상대적으로 높았고 (group 2), 그 중 석남천과 조천의 오염도가 가장 높은 것으로 나타났다(group 3). 17개 지점의 주변에는 논과 밭이 산재하여 분포하고 있지만, 미호천 지역의 상류 및 인근에는 논과 밭 그리고 공공단지 및 축산폐수처리장등이 밀집되어 있는 특성 때문에 상류 지역에 비해 배경오염도가 상대적으로 높았고, 그 중 특히 석남천의 경우 공공단지 지역으로써 COD_{Mn}, T-N, TOC 연평균 농도가 전체 지역 중 최고치로 나타났다.

오염도에 따른 군집들의 계절별 수질항목들 간의 상관도를 분석하여 분류한 결과, group 1의 3월~5월 사이에는 거의 모든 항목들간에 유의할 수준의 상관성을 보였고, 6월~11월에는 일부 지역을 제외한 대부분 지역의 상관도가 높게 나타났으나, 동절기(12월~2월)에는 상관성이 거의 없는 것으로 나타났다. Group 2는 3월~11월 사이에 대부분 높은 상관성을 보였으나, 동절기에는 일부 항목(BOD_{Mn}, SS, TOC)을 중심으로 유의할 수준의 상관성을 나타내었다. 오염도가 가장 높은 group 3의 경우 9월~11월 사이에 항목들의 상관성은 거의 없는 것으로 나타났으나, 12월~8월 사이에는 거의 모든 항목의 상관성이 높은 것으로 나타났다.

본 조사지역에서의 그룹들의 계절별 수질항목을 파악한 결과, group 1의 용담댐 상류 지역의 경우 동절기를 제외한 시기 동안 COD_{Mn}, SS, TOC의 상관성이 높은 것으로 나타나, 오염도는 적으나 난분해성 유기물과 부유물질들 간의 상관성이 높을 것을 판단하였다. 수질오염도가 높은 미호천 수계의 경우 비교적 동절기를 제외한 모든 시기에서 모든 항목들의 상관성이 높은 것으로 나타났다. 인근에 공공단지가 위치하며 5km 이내의 가까운 거리에 위치한 M-A1과 M-A2 지역의 경우 연평균 부유물질 농도가 최고치로 나타났으나, M-A2의 경우 4계절 내내 T-N을 제외한 모든 항목들간의 상관성이 높았고, M-A1의 경우 9월~11월 시기에만 상관성이 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 하천별로 상이한 수질특성에 따른 차별화된 수질관리체계가 필요할 것으로 판단된다. 수질오염이 가장 높은 group 3의 석남천의 연평균 T-N 농도는 13.421 mg/L으로 나타났으나, 3~5월 사이를 제외한 모든 시기에는 T-N과 다른 항목들의 상관성은 거의 없었다. 이는 인근의 점오염원의 영향으로 높아진 배경농도와 연중 지속적으로 배출되는 배출수의 농도가 일정하여 나타난 결과로 판단된다. 따라서 하천특성별 수질관리를 위해 화학적요인 뿐 아니라 물리적 요인, 생태학적인 연구 및 대상 지점 선정

의 세밀한 접근 등이 지속적으로 이루어지고 축적되어 분석된다면 대상지점의 수질개선 방안을 모색하는데 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

This study was supported by the Geum River Environment Research Center, Minister of Environment, Republic of Korea.

참고문헌

- Cho, B.W., Choi J.H., Yi, S.J., Kim, Y.I., 2012. Selection priority of tributary catchments for improving water quality using stream grouping method, *J. Korean Society Water Environ.* 28(1), 18-25.
- Byun, J.D., Kim, T.D., Jung, B.H., Shin T.S., Kim, H.O., 2010. TOC as a Potential Index for Organic Contents of Wastewater Treatment Plant Effluents, *J. KSEA.* 13(2), 99-103.
- Jeong, W.H., Kim, Y.I., Kim, H.S., Moon, E.H., Park, S.H., Yi, S.J., Jeong, S.M., Cho, B.W., Choi, J.H., 2011. Study of BOD₅ Variation Patterns with Flow Regime Alteration in the Tributaries, *J. KSWQ.* 27(4), 499-508.
- Kim, Y.C., Park, J.H., Lee, D.Y., 2003. Statistical study of the long-term changes in water quality parameter of the small streams in agricultural reservoir, *J. Korean Society Water Environ.* 19(6), 685-697.
- Kim, Y.I., Jeong, W.H., Kim, H.S., Yi, S.J., 2012. Use of Tributary Water Quality and Flowrate Monitoring Data for Effective Implementation of TMDL, *J. KSEE.* 34(2), 119-125.
- Lim, B.S., Cho, B.W., Kim, Y.I., Kim, D.Y., 2010. Application of Priority Order Selection Technique for Water Quality Improvement in Stream Watershed by Relationship of Flow and Water Quality, *J. KSEE.* 32(8), 802-808.
- Park, S.S., Na, Y.M., Na, E.H., 2001. Policy directions of total maximum daily loads for the scientific management of water quality, *J. Environ. Impact Assessment,* 10(2), 157-165.
- Park, S.H., Moon, E.H., Choi, J.h., Cho, B.W., Kim, H.S., Jeong, W.H., Yi, S.J., Kim, Y.I., 2011. Analysis of distribution characteristics of flowrate and water quality in tributary at Chungcheongnam-do, *J. KSEE.* 33(10), 739-747.
- Urbansky, E.T., 2000. Total Organic Carbon Analyzers as Tools for Measuring Carbonaceous Matter in Natural Water, *J. Environ. Monit.* 3, 102-112.