

합천호 상류수계의 수질인자간 상관관계에 관한 고찰

A Study on the Influence of Water Quality on the Upper Stream of Hap-Chun Lake

박현건[†] · 차언화

Hyun-geoun Park[†] · Eun-ha Cha

국립경남과학기술대학교 환경공학과

Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology

(2012년 5월 4일 접수, 2013년 2월 8일 채택)

Abstract : In this study, we have investigated the water quality and flow rate at the 3 sites of main stream and 11 sites of the branch stream of Hwang River from January, 2007 to 2010, and analyzed the effects on Hwang River with the purpose of using the data for as the fundamental information for water quality improvement and water resource management in the water system of Hap-Chun Lake Upper Stream. The flow rate at 3 sites of the main stream and 11 sites of the branch stream increased during the rainy season between June and September, and continuously decreased during the dry season starting from autumn to winter. The results of correlation analysis with Pearson correlation coefficient showed that BOD₅ and COD_{Mn}, BOD₅ and T-P, and COD_{Mn} and TSS at the 3 sites of the main stream had high correlation with each other. We have also analyzed the correlation between Chl-a and major factors at the 3 sites of the main stream. Chl-a and the water temperature Negative correlation coefficient and that of Chl-a and BOD₅, COD_{Mn} Positive correlation coefficient showed. The N/P ratio at all the 3 sites of the main stream was higher than 16 by DIN/DIP and T-N/T-P, indicating that phosphorus is acting as the limited nutrient.

Key Words : Correlation Coefficient, Hwang River, Chlorophyll-a, N/P Ratio

요약 : 본 연구에서는 합천댐 상류수계의 수질개선 및 수자원관리를 위한 기초자료로 활용하고자 2007년 1월에서 2010년 1월까지 황강본류 3개 지점과 지류 11개 지점을 선정하여 수질 및 유량조사를 실시하였으며, 이를 바탕으로 황강수질에 미치는 영향을 조사하였다. 본류 3개 지점 및 지류 11개 지점의 유량은 우기기간인 6월~9월 사이에 증가하여 건기기간인 가을과 겨울 사이에 지속적으로 감소하였다. 본류 3개 지점의 분석항목간 상관성은 BOD₅와 COD_{Mn}, BOD₅와 T-P 및 COD_{Mn}와 SS의 상관성이 각각 높은 것으로 나타났다. Chl-a와 수온은 (-)의 상관성을 보였으며, BOD₅와 COD_{Mn}는 (+)의 상관성을 보였다. 본류 3개 지점에서 N/P비율은 16이상으로 인이 제한영양염으로 작용하는 것을 알 수 있다.

주제어 : 상관계수, 황강, 클로로필-a, N/P 비

1. 서론

유역관리체제하에서의 수질관리는 유역 내 오염원을 효과적으로 관리하는 것이 관건이다. 수계로 유입되는 오염물질의 유입량은 유역으로부터 발생하는 오염물질의 부하량과 유하과정에서의 물리, 화학, 생물학적 작용에 의한 수계의 오염물질 자정작용에 의하여 결정되므로 수질보호를 위해 오염원을 정확히 파악하고 예측된 오염원이 장래 하천 본류에 미칠 수질의 영향을 파악하는 것이 중요하다. 합천댐 상류유역은 황강유역으로 오염원이 적고, 인구밀집도가 낮으며, 대단위 공장이나 오염원 배출업소가 많지 않아 다른 하천에 비해 수질은 매우 깨끗한 편이나 빈번히 발생하는 조류가 과다 번식하여 현탁 물질량이 증가하고 수질이 악화되는 현상이 나타나고 있다. 수계의 부영양화는 영양염, 특히 질소, 인 및 유기영양물질의 과도한 유입으로 인해 조류 즉, 식물플랑크톤 등이 대량 번식되는 현상으로 이를 방지하기 위하여 여러 가지 방법이 동원되고 있다. 그러나 부영양화 상태에 있는 하천수의 경우는 수질의 악화 및 정수장의 여과지 폐쇄, 이취미 장애, 응집 장애 등 심각한 문제

가 야기되어 용수의 이용 및 공급에 막대한 지장을 초래하고 있다.¹⁾

수질은 계절별, 지역별로 다양한 양상을 띠고 있으며, 단순히 수질항목만으로 하천의 수질을 제대로 평가하거나 이용 관리하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 하천의 수질특성을 해석하기 위해서 수질항목간의 복잡한 선형관계를 몇 개의 유형으로 분류한 후 그 유형으로부터 원인을 파악할 수 있는 통계분석법의 적용이 확대되고 있다.²⁾

본 연구에서 합천댐 상류수계 중 황강A 단위유역의 하천 수질을 조사하고, 각 항목간의 상관관계 및 부영양화 특성을 조사하여 수계의 수질개선 및 수자원관리를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상 유역

연구대상 지역은 합천댐 상류수계인 황강A 단위유역으로 황강본류 3개 지점과 지류 11개 지점으로 하였다.

[†] Corresponding author E-mail: hgpark@gntech.ac.kr Tel: 055-751-3344 Fax: 055-751-3484



Fig. 1. Map of sampling site in the Upper streams area of Hwang River basin.

2.2. 조사기간 및 분석방법

각 지점별 조사기간은 2007년 1월부터 2010년 1월까지 8일 간격으로 조사하였으며, 일 강우량이 10 mm 이상이 되는 날은 피하고 강우가 많은 날이 있을 때에는 건기일수 5일을 확보하여 채수 및 유량측정을 하였다.³⁾ 수질분석은 수질오염공정시험기준 및 Standard methods에 준하여 실시하였다. 유량은 수질오염공정시험기준에 준하여 유속 면적법으로 측정하였다. 식물플랑크톤에 관련하는 수질 환경요인들 간의 관계를 알기 위해서 상관관계 분석을 SPSS 12.0을 이용하여 분석하였다. 또한, 식물성플랑크톤의 잠재적 제한영양염을 파악하기 위하여 영양염의 ambient nutrient의 농도에 대한 N/P ratio(DIN/DIP, T-N/T-P)를 산정하였으며, DIN은 NH_4^+ -N와 NO_3^- -N를 합한 것이며, DIP는 PO_4^{3-} -P를 나타낸다.

2.3. 상관분석기법

상관분석(Correlation analysis)은 확률론과 통계학에서 두 변수간(x와 y가 있을 때)에 어떤 선형적 관계를 가지고 있는지를 분석하는 방법이다. 보편적으로 자주 이용되는 척도가 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient : r)이다. 상관계수 r은 -1에서 +1까지의 값을 가진다.

또한 두 변수간의 상관계수(r)의 절대값이 1.00이면 완전한 상관관계, 0.90이면 매우 높은 상관관계, 0.70~0.80이면 상관관계가 높다고 말할 수 있으며, 0.50~0.60이면 보통의 상관관계, 0.40 이하이면 약한 상관관계, 0.20 이하이면 상관관계가 거의 없다고 말할 수 있다.⁴⁾

3. 결과 및 고찰

3.1. 조사지역의 수질변화 특성

3.1.1. 수온과 pH의 농도변화

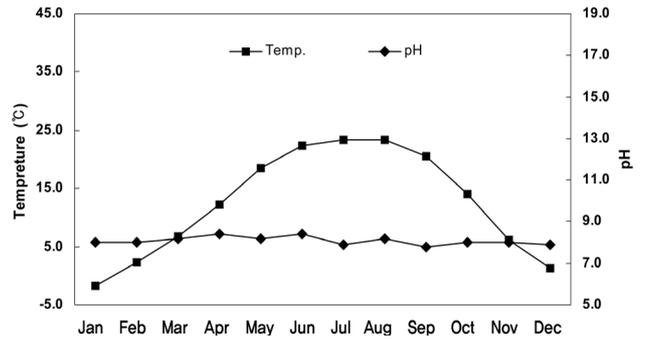


Fig. 2. Concentration change of temperature and pH.

조사기간 동안의 평균 수온은 -1.8~23.4°C 범위로 나타났으며 6월부터 9월말까지는 20°C 이상을 유지하였다. 10월 중순부터 점차 감소하여 2월에는 2°C까지 떨어졌다가 3월부터는 다시 상승하기 시작하였다. pH의 평균 범위는 7.9~8.4로 나타났으며 조류밀도가 높은 3월~5월에 8.2~8.4로 나타났으며, 7~9월에는 잦은 강우로 7.8~8.0로 낮아졌다.

3.1.2. BOD₅, COD_{Mn} 및 SS의 농도변화

조사기간 동안의 BOD₅와 COD_{Mn}, SS의 평균범위는 각각

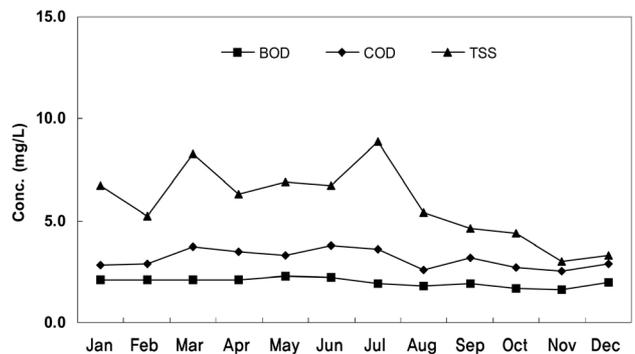


Fig. 3. Concentration change of organic matter.

1.6~2.3 mg/L, 2.5~3.8 mg/L, 3.0~8.9 mg/L로 나타났으며 조류밀도가 높은 3월~5월에는 2.1~2.3 mg/L, 3.3~3.8 mg/L, 6.9~8.3 mg/L의 높은 값을 나타냈다.

3.1.3. 영양염류의 농도변화

T-N의 평균범위는 1.64~3.96 mg/L로 수온이 낮고 갈수기인 12월~3월에는 3.24~3.96 mg/L로 높은 값이 나타났으나, 수온이 상승하면서 최저 1.99 mg/L까지 낮아졌다. 이러한 변화는 수온의 증가로 수중 미생물 또는 식물 플랑크톤 생장의 증가로 체세포 형성에 필요한 주영양원인 질소성분이 급격히 줄어들 것으로 판단된다.⁵⁾

T-P의 평균범위는 0.04~2.64 mg/L로 6월~9월에 집중강우시에 0.71~2.64 mg/L의 높은 값을 나타냈다. 인의 농도가 동절기에 비해 하절기에 매우 높게 나타났는데 이는 하절기 집중강우에 의한 비점오염원으로부터 오염물질의 유입량 증가와 토양입자에 흡착된 인 성분의 가용화 등에 기인하는 것으로 사료된다.^{6,7)}

3.1.4. Chlorophyll-a의 농도변화

Chl-a의 평균범위는 4.6~7.4 mg/m³로 나타났으며 3월부터 6월에 6.8~7.4 mg/m³로 높게 나타났으며 7월에서 9월에는 2.7~5.3 mg/m³로 비교적 낮게 나타났는데 이는 여름철의 높은 일사량과 영양염류가 높음에도 불구하고 잦은 강우로 인해 조류의 생장이 어려워 낮게 나타난 것으로 판단된다.

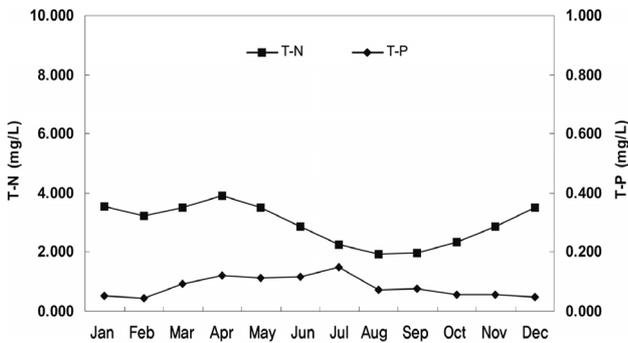


Fig. 4. Concentration change of trophics state.

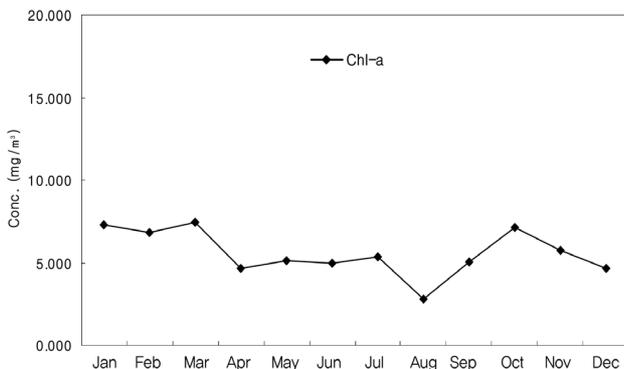


Fig. 5. Concentration change of Chlorophyll-a.

3.2. 지점별 유량 및 수질 변화

3.2.1. 개봉교

거창읍 대동리에 위치한 개봉교 지점은 거창읍을 지나는 동천의 최 말단부이다. 하천의 길이가 짧고 폭은 매우 좁으며, 유량도 매우 적다. 또한 동천은 인구밀집도가 매우 높은 지역으로서 노후화된 시설들이 많아 관거누수 등의 영향도 많이 받는 지역이다.

조사기간 동안 평균유량은 0.048 m³/sec이었으며 년도별 평균농도 범위는 BOD₅의 경우 2.9~4.0 mg/L, COD_{Mn}의 경우 4.7~6.9 mg/L, SS의 경우 10.2~13.9 mg/L, Chl-a의 경우 7.6~17.6 mg/m³, T-N의 경우 5.84~7.57 mg/L, T-P 0.19~0.39 mg/L로 나타났으며, 평균농도는 각각 3.4 mg/L, 5.5 mg/L, 12.4 mg/L, 11.17 mg/m³, 6.34 mg/L, 0.28 mg/L로 나타났다.

3.2.2. 합수교

거창읍 대동리에 위치한 합수교 지점은 황강천의 최 말단부에 위치한다. 동천 합류후의 지점으로서 수폭이 넓고, 유량의 변화도 큰 편이다. 황강천의 상류 소하천들의 특성을 그대로 가지며, 유속이 빠르고 하상계수가 높아 수질이 매우 불안정하게 나타났다.

조사기간 동안 평균유량은 0.963 m³/sec이었으며 년도별 평균농도 범위는 BOD₅의 경우 1.6~2.0 mg/L, COD_{Mn}의 경우 2.4~3.0 mg/L, SS의 경우 2.9~4.5 mg/L, Chl-a의 경우 4.7~6.5 mg/m³, T-N의 경우 3.05~4.08 mg/L, T-P 0.03~0.05 mg/L로 나타났다.

3.2.3. 양향교

남하면 대평리에 위치한 양향교 지점은 위천과 황강천이 합류된 지점으로서, 거창하수종말처리장의 방류수가 유입되며, 수폭이 넓고, 유량의 변화도 큰 편이다. 상류 보에 의한 영향을 많이 받으며, 위천과 황강천의 길이가 짧아 양향교 지점의 수질변화가 비교적 크게 나타났다.

조사기간 동안 평균유량은 3.012 m³/sec 이었으며 년도별 평균농도 범위는 BOD₅의 경우 1.8~2.2 mg/L, COD_{Mn}의 경우 2.8~3.3 mg/L, SS의 경우 2.9~4.0 mg/L, Chl-a의 경우 7.0~7.4 mg/m³, T-N의 경우 3.48~4.53 mg/L, T-P 0.16~0.19 mg/L로 나타났다.

3.2.4. 남하교

남상면 월평리에 위치한 남하교 지점은 위천과 황강천이 거창읍에서 합쳐진 후의 지점으로서 황강A단위유역의 최말단부 지점이다. 수폭이 넓고 유량의 변화가 크며 양향교 지점과 같이 위천과 황강천의 길이가 짧아 수질변화가 비교적 크게 나타났다.

조사기간 동안 평균유량은 2.634 m³/sec이었으며 년도별 평균농도 범위는 BOD₅의 경우 1.9~2.5 mg/L, COD_{Mn}의 경우 2.8~3.4 mg/L, SS의 경우 3.1~4.4 mg/L, Chl-a의 경우 6.8~7.2 mg/m³, T-N의 경우 3.03~4.04 mg/L, T-P 0.12~0.18 mg/L로 나타났다.

3.3. 수질항목 간의 상관성 분석

유기오염물질의 지표인 BOD₅와 COD_{Mn}는 강한 양(+)의 상관성을 보였으며 특히 개봉교 지점에서는 상관계수가 0.917로 높은 상관성을 보였다. 그리고 BOD₅와 SS의 상관관계는 전 지점에서 다소 낮은 것으로 나타났다. 또한 BOD₅는 영양염류 중에서는 T-P와 양(+)의 상관성을 보였으며, 특히 개봉교 지점에서 상관계수가 0.728로 강한 양(+)의 상관성을 보였다.

COD_{Mn}는 전 지점에서 BOD₅, SS와 높은 양(+)의 상관성을 보였다. 개봉교 지점에서 T-N과는 0.338을 T-P와는 0.732의 상관계수를 나타내었다. SS의 경우 전 지점에서 COD_{Mn} 및 T-P와 높은 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 나타내었다.

3.4. Chl-a와의 상관성 분석

일반적으로 수계를 평가할 경우 Haper는 식물 플랑크톤량을 상대적으로 표현하는 Chl-a 농도가 2.5 mg/m³ 이하일 때 빈영양, 2.5~8.0 mg/m³일 경우 중영양, 8.0~25.0 mg/m³일 경우 부영양, 25.0 mg/m³ 이상일 경우를 과영양으로 분류하고 있다.⁸⁾ 본 연구에서는 대상지점인 황강분류 3개 지점과 지류 중 동천의 최말단부인 개봉교 지점의 Chl-a 농도와 인자들 간의 어떤 상관관계가 있는지 pearson의 상관계수를 이용하여 상관분석을 하였다.

3.4.1. 수온

상관분석 결과 Chl-a와 수온과의 상관성은 아주 낮았다. 이진애의 낙동강 수계의 남조류 군집특성에 의하면 일반적으로 식물플랑크톤인 Chl-a농도는 수온이 상승할수록 비교적 증가하는 경향을 보인다고 하였으나,⁹⁾ 합천댐 상류수계의 경우 Chl-a와 수온과의 관계는 수온이 감소하면 Chl-a가 증가하고, 수온이 증가하면 Chl-a가 감소하는 역 상관관계를 나타내었다.

3.4.2. pH

Chl-a와 pH의 상관계수는 개봉교의 경우 -0.157, 합수교의 경우 -0.229, 양향교, 남하교의 경우 -0.098, 0.024로 상관성이 대체적으로 낮게 나타났다. 금강수질검사소의 연구에 의하면 조류가 증식함으로써 광합성작용에 의해 수중의 탄산염 및 중탄산염이 흡수되어 pH가 증가하고, 또한 pH가 높아짐으로써 금속류가 착물로 존재하던 인의 용출이 가속화되어 조류의 발생이 촉진될 수 있다고 보고 하였다.¹⁰⁾ 그러나 합천댐 상류수계의 경우 여름철 집중강우로 인해 유속이 증가하여 탄산염 및 중탄산염의 흡수가 억제되어 다소 낮은 상관관계를 보인 것으로 조사되었다.

3.4.3. BOD₅, COD_{Mn} 및 SS

Chl-a와 유기물질을 나타내는 BOD₅, COD_{Mn}, SS와의 상관계수는 다소 높은 것으로 나타났다. 부영양화한 낙동강 수계에서 유기물오염에 대한 조류 1차 생산의 기여도를 보면 과량의 유입 유기물질에 의하여 식물 플랑크톤의 과다성

장이 일어나게 되며, 이렇게 생성된 식물 플랑크톤 역시 유기물의 공급원이 되어 식물플랑크톤에 의한 유기탄소(Algal Carbon)농도가 증가하여 이들 유기물 농도가 높아지는 것이라고 하였다.¹¹⁾ 이 내용을 바탕으로 보면 합천댐 상류수계에서도 이와 비슷한 결과가 나온 것으로 조사되었다.

3.4.4. 영양염류

Chl-a와 영양염류인 T-N과 T-P와의 상관성은 대체적으로 낮았다. 이는 합천댐 상류수계의 영양염류의 농도가 이미 Forsberg와 Lyding¹²⁾의 호수의 영양상태 분류에서 제시하는 과영양상태인 T-N 1.5 mg/L, T-P 0.1 mg/L을 훨씬 초과하여 T-N과 T-P는 더 이상 조류생장의 제한요인으로 작용하지 못한 것으로 판단된다.

따라서 황강 상류수계인 14개 지점 중 분류 3개 지점에 대해 살펴보면 합수교의 경우 Chl-a와 각 인자들간의 상관관계는 COD_{Mn}가 0.297로 가장 높은 양(+)의 상관성을 보였고 수온, pH, T-P가 0.182, 0.229, 0.011로 음(-)의 상관관계를 나타내었다. 양향교 지점에서는 Chl-a와 BOD₅, COD_{Mn}의 상관계수가 0.268, 0.336의 높은 양(+)의 상관성을 보였다. 영양염류인 T-N과 T-P는 다소 낮은 음(-)의 상관성을 보였다. 남하교 지점에서도 양향교 지점과 마찬가지로 Chl-a와 BOD₅, COD_{Mn}의 상관계수가 0.175, 0.320로 높은 양(+)의 상관성을 T-N과 T-P는 다소 낮은 음(-)의 상관성을 보였다.

3.5. N/P ratio

2007년 1월부터 2010년 1월 동안의 각 지점별 식물플랑크톤의 성장에 영향을 주는 잠재적 제한영양염을 추정하였다. 식물플랑크톤의 제한영양염을 알아보기 위해 Redfield ratio (N : P = 16 : 1)을 기본으로, N/P ratio는 16 이상이면 인의 제한을 받고, 16 이하이면 질소의 제한을 받게 된다. 물론 이 수치는 상대적인 비율을 나타내나 제한 인자를 파악하는데 일반적으로 사용되고 있다.

3.5.1. 합수교

(1) DIN/DIP

합수교지점 DIN/DIP의 변화는 2007년 194.3, 2008년 517.6, 2009년 300.6로 2008년에 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였다. 범위는 7.4~3315 범위로 16이상의 수치를 보임으로서 인이 제한 영양염으로 작용하고 있음을 암시한다.

(2) T-N/T-P

2007~2009년 간 합수교의 T-N/T-P의 변화는 각각 113.2, 195.5, 168.4로 2008년 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. 범위는 8.75~773 범위를 보이며, 16 이하는 2009년 4월에 1회, 6월 3회로 각각 11.3, 9.6, 8.75, 10.4로 나타났다.

3.5.2. 양향교

(1) DIN/DIP

양향교지점 DIN/DIP의 변화는 2007년 57.5, 2008년 28.5,

Table 1. Result of correlation analysis among the independent Chl-a variable and parameter as to items

(a) Gae bong bridge

Items	Chl-a	Temp.	pH	DO	BOD ₅	COD _{Mn}	TSS	T-N	T-P	Flow
Chl-a	1,000									
Temp.	-.157	1,000								
pH	-.157	.187*	1,000							
DO	-.034	-.572**	.024	1,000						
BOD ₅	-.017	.083	.074	-.491**	1,000					
COD _{Mn}	.032	.065	.121	-.544**	.917**	1,000				
TSS	.177*	-.136	-.002	-.151	.349**	.458**	1,000			
T-N	.018	-.230*	-.362**	-.166	.335**	.338**	.181*	1,000		
T-P	.074	.290**	.243*	-.610**	.728**	.732**	.189*	.034	1,000	
Flow	.101	.040	-.190*	-.092	.103	.072	.000	.291**	.009	1,000

(b) Hap su bridge

Items	Chl-a	Temp.	pH	DO	BOD ₅	COD _{Mn}	TSS	T-N	T-P	Flow
Chl-a	1,000									
Temp.	-.182*	1,000								
pH	-.229*	.021	1,000							
DO	.166	-.780**	-.030	1,000						
BOD ₅	.219*	-.211*	-.243*	.324**	1,000					
COD _{Mn}	.297**	.076	-.196*	.015	.697**	1,000				
TSS	.157	.243*	-.324**	-.006	.399**	.401**	1,000			
T-N	.089	-.624**	-.047	.390**	.165	-.099	-.190*	1,000		
T-P	-.011	.248**	-.032	-.195*	.302**	.321**	.401**	.080	1,000	
Flow	.202*	.218*	-.005	-.339**	-.202*	-.033	-.163	-.072	-.097	1,000

(c) Yang hyang bridge

Items	Chl-a	Temp.	pH	DO	BOD ₅	COD _{Mn}	TSS	T-N	T-P	Flow
Chl-a	1,000									
Temp.	-.218*	1,000								
pH	-.098	.279**	1,000							
DO	.177*	-.792**	.046	1,000						
BOD ₅	.268**	.015	.104	.097	1,000					
COD _{Mn}	.336**	.160	.233*	-.095	.621**	1,000				
TSS	.129	.193*	.031	-.190*	.176*	.216*	1,000			
T-N	.048	-.398**	-.252**	.298**	.092	-.044	-.229*	1,000		
T-P	-.169	.494**	.389**	-.237*	.184*	.262**	.301**	.008	1,000	
Flow	-.007	.126	-.107	-.246*	-.243*	-.227*	-.101	.092	-.199*	1,000

(d) Nam ha bridge

Items	Chl-a	Temp.	pH	DO	BOD ₅	COD _{Mn}	TSS	T-N	T-P	Flow
Chl-a	1,000									
Temp.	-.097	1,000								
pH	.024	.302**	1,000							
DO	.082	-.833**	.018	1,000						
BOD ₅	.175*	-.225*	.147	.314**	1,000					
COD _{Mn}	.320**	-.070	.164	.128	.576**	1,000				
TSS	.180*	.257**	.111	-.243*	.035	.211*	1,000			
T-N	-.024	-.451**	-.420**	.338**	.053	-.100	-.274**	1,000		
T-P	-.075	.417**	.231*	-.261**	-.036	-.002	.321**	.061	1,000	
Flow	-.017	.179*	-.237*	-.338**	-.324**	-.313**	-.160	-.014	-.125	1,000

** Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed), * Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed)

2009년 34.6로 2008년에 감소하다가 2009년에 다시 증가하는 경향을 보였다. 범위는 3.1~856.2 범위로 겨울에 높게 나타났다.

(2) T-N/T-P

2007~2009년 간 양향교의 T-N/T-P의 변화는 각각 33, 28.3, 28.9로 2008년에 조금 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 범위는 4.9~95.6 범위를 보이며, 봄과 겨울에 높게 나타났다.

3.5.3. 남하교

(1) DIN/DIP

남하교지점 DIN/DIP의 변화는 2007년 28.2, 2008년 28.9, 2009년 26.5로 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였다. 범위는 5.8~156.1 범위를 나타내었다.

(2) T-N/T-P

2007~2009년 간 남하교의 T-N/T-P의 변화는 각각 27.1, 28.9, 23.4로 나타났으며, 겨울철에 높게 나타나는 경향을 보였다. 범위는 6.0~81.7 범위를 나타냈다.

4. 결론

합천댐 상류수계 중 황강A단위유역의 하천 수질특성을 파악하기 위하여 수질변화를 조사하고, 각 항목들간의 상관성 분석 및 Chl-a 생장에 주요 인자인 영양염류를 조사하였다.

1) 합천댐 상류의 수질조사 결과

BOD₅의 지점별 수질 현황을 살펴보면 하천의 생활환경 기준에서 좋음~약간좋은 수질기준으로 나타났다. 반면 풍계교, 김천교, 개봉교 등의 유입지점의 최말단 지점의 경우 2.0~4.0 mg/L 정도로 하천의 생활환경 기준 좋음~보통 정도의 수질기준으로 강우에 의한 비점오염원 등의 영향이 큰 것으로 판단된다.

COD_{Mn}의 경우에는 풍계교, 김천교, 개봉교 등의 각각 평균농도는 3.3 mg/L, 3.5 mg/L, 5.5 mg/L로 비교적 높게 나타났다. SS 또한 지점의 농도의 변화가 심하였으며, 본류 지역은 비교적 안정적인 것으로 나타났다.

T-N의 경우에는 개봉교 지점이 본류에 비하여 약 2~3배 정도 높은 것으로 나타났으며, T-P의 경우에도 개봉교 지점이 다른 지점에 비하여 높은 농도를 나타내고 있으며, 이외의 다른 항목들도 이와 비슷한 경향을 보이고 있었다.

2) 수질항목 간의 상관분석

Pearson 상관계수를 이용한 상관분석 결과, 본류 3개 지점을 살펴보면 합수교 지점은 BOD₅와 COD_{Mn}가 0.697, BOD₅와 T-P가 0.302, COD_{Mn}와 TSS가 0.401로 상관관계가 높게 나타났으며, 양향교 지점에서는 BOD₅와 COD_{Mn}가 0.621,

COD_{Mn}와 SS가 0.216로 나왔다. 또한 남하교 지점은 BOD₅와 COD_{Mn}가 0.576, COD_{Mn}와 SS가 0.211의 상관관계를 보였고, 수질조사 결과 가장 높은 수치를 나타낸 개봉교 지점은 BOD₅와 COD_{Mn}가 0.917, BOD₅와 T-P가 0.728, COD_{Mn}와 SS가 0.458로 상관관계가 높게 나타났다.

3) Chl-a 와 주요인자 사이의 상관관계

본류 3개 지점의 Chl-a와 주요인자 사이의 상관관계를 조사한 결과 합수교 지점은 Chl-a와 수온이 -0.182, Chl-a와 T-P가 -0.011의 음(-)의 상관성을 나타내었고, Chl-a와 BOD₅가 0.219, Chl-a와 COD_{Mn}가 0.297로 양(+)의 상관성을 나타내었다. 양향교 지점은 Chl-a와 수온이 -0.218, Chl-a와 pH가 -0.098의 낮은 음(-)의 상관성을 나타내었고, Chl-a와 BOD₅, COD_{Mn}가 0.268, 0.336으로 양(+)의 상관성을 나타내었다. 남하교 지점에서는 Chl-a와 pH가 0.024, Chl-a와 COD_{Mn}가 0.320, Chl-a와 TSS가 0.180의 상관성을 보였으며, 수질조사 결과 가장 높은 수치를 나타낸 개봉교 지점은 Chl-a와 수온이 -0.157, Chl-a와 BOD₅가 -0.017로 음(-)의 상관성을 나타내었고 Chl-a와 TSS가 0.177, Chl-a와 T-P가 0.074로 양의 (+)의 상관성을 보였다.

4) N/P ratio

각 지점별 N/P ratio를 조사한 결과 DIN/DIP의 경우 합수교 지점이 2007년 194.3, 2008년 517.6, 2009년 300.6으로 나타났으며, 양향교 지점은 57.5, 28.5, 34.6로 남하교 지점은 28.2, 28.9, 26.5로 나타났다. T-N/T-P는 합수교 지점은 2007년 113.2, 2008년 195.5, 2009년 168.4로 나타났으며, 양향교 지점은 33.0, 28.3, 28.9로 남하교 지점은 27.1, 28.9, 23.4로 나타났다. 조사지점 모두 DIN/DIP, T-N/T-P가 16 이상의 수를 보임으로서 인이 제한 영양염으로 작용하고 있다고 판단되어 인의 관리가 필요한 것으로 판단된다.

KSEE

참고문헌

1. NIER, "Development of algae control technology at bay in reservoir," The Report of National Institute of Environmental Research Republic of Korea, **15**, 65~67(1993).
2. Sin, S. K., "Evaluation of water quality characteristic using factor analysis in the Nakdong River," Water Quality Management Plan Seminar in Pusan, pp. 115~131(1999).
3. Lee, D. W., "Effect of branch water quality on the main Nak-dong river basin," A Master's Thesis from Kumoh National University(2008).
5. Kim, M. S., "Statistical analysis of environmental factors affecting eutrophication of Nakdong River," A Master's Thesis from Gyeongsang National University(2002).
6. Huh, W. M., "A study of eutrophication and cyanobacteria bloom in Soyang lake," A Doctoral Thesis from Kangwon National University(1993).

9. Lee, J. E., "Cyanobacteria community analysis in Nakdong River," Water Quality Management Plan Seminar in Pusan, pp. 17~33(1999).
10. Lee, I. S. et al, NIER, "A Comprehensive study on the water quality of daecheong reservoir(I)," The Report of National Institute of Environmental Research Republic of Korea, **17**, 315~327(1995).
11. Kim, B. C. et al, "Contribution of primary production of phytoplankton to organic pollution in a eutrophic river, Nakdong river," *Algae*, **11**(2), 231~237(1996).