Evaluation of Changes in Agricultural Stream Water Quality of Small Watershed in Gyeongnam Province

Jae-Young Heo*, Hyeon-Ji Cho, Young Han Lee, So-Jin Yeob¹, and Seung-Oh Hur¹

Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea

¹Climate change & Agroecology Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: bopo@korea.kr

ABSTRACT

Received: November 5, 2019

Revised: November 22, 2019

Accepted: November 27, 2019

This study aimed to identify the changing trends in the agricultural water quality of the major watersheds in Gyeongnam province over a 10-year period ranging from 2007 to 2016. The results of water quality analysis of the study sites revealed that the mean chemical oxygen demand was 3.0 mg L^{-1} , with the median values being 2.7 mg L^{-1} . The mean and median values of the electrical conductivity were 0.19 dS m^{-1} and 0.18 dS m^{-1} , respectively. The mean T-N (Total Nitrogen) content was 2.43 mg L^{-1} , with the median values being 2.00 mg L^{-1} and the mean and median values of the T-P (Total Phosphorous) were 0.07 mg L^{-1} and 0.04 mg L^{-1} , respectively. T-N and T-P concentrations were slightly different yearly and monthly, but there was no tendency to increase or decrease.

Keywords: Agricultural water quality, Stream water, Small watershed

Changes in annual water quality index in April, July, and October.

Introduction

경상남도는 지형적으로 주위에 지리산, 덕유산 등 높은 산맥이 위치하고 있으며 대체로 온난한 기후조건이며 연강수량은 약 1,500 mm 내외이지만 높은 산맥의 영향으로 지역적인 편차가 심한 편이다 (Joo et al., 2007). 하천은 비교적 유역고도가 낮은 충적지 하천으로 구성되어 있다 (Kim et al., 2016). 경상남도에는 낙동강의 주요 지류 하천인 황강, 남강, 밀양강이 있으며, 타 시도와 비교했을 때 지방하천의 개수가 많은 편이다 (Joo et al., 2007).

환경부에서는 수질관리의 효율성을 제고하기 위해 2004년부터 낙동강수계에 대하여 수질오염총량관리제를 운영하고 있으며, 관리대상 오염물질은 생물화학적 산소요구량 (BOD, Biochemical Oxygen Demand)과 총인 (T-P, Total Phosphorous)만 관리대상으로 지정되어 운영되고 있다 (KMGL, 2018). 경남지역 하천관리는 2004년 낙동강수계의 오염총량관리제가 본격 시행됨에 따라 오염총량관리제를 추가하고, 오염원에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 그러나 하천 유량 및 수질 모니터링은 본류의 단위유역 말단에 설정된 목표수질 만족여부를 평가하기 위해 시행되고 있으며 지류하천의 모니터링은 계획수립 당시에만 일시적으로 시행되고 있어 연속자료의 획득 및 활용에 한계를 나타내고 있다 (Kim and Lee, 2011).

이와 관련하여 농촌진흥청은 각 도농업기술원과 함께 농업용수의 건전성을 확보와 농작물의 안전성 확보를 위해 2007년부터 농업용수에 대하여 매년 하천수 300 지점 3회, 지하수 200지점 2회 분석을 실시하고 있으며 2017년에는 『농업자원과 농업환경의 실태조사 및 평가 기준』 고시를 제정하였다. 본 연구에서는 경상남도 주요 소하천을 대상으로 2007년부터 2016년까지 10년간 조사한 수질조사 자료를 바탕으로 하천수 수질 변동 경향과 GIS를 활용한 유역의 특성 파악을 위해 실시하였다.

Materials and Methods

하천수 조사 시기 및 조사지점의 유역 특성 경상남도 지역의 농업용 하천수 수질조사 지점의 위치와 유역의 특성은 Fig. 1과 같다. 유역은 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) 90 m DEM (Digital Elevation Model) 데이터 (CGIAR, 2000)를 이용하여 추출하였으며 토지이용 정보는 2013 환경부 중분류토지피복지도 (KMOE, 2013)를 사용하여 추출하였다. 총 조사 지점은 39지점으로 경상남도 전역을 대표할 수 있는 소하천을 선정하였으며, 2007년부터 2016년까지 연간 4월, 7월, 10월 3회에 걸쳐 하천수를 채취하였다. 유역크기는 1.3 - 379.1 km², 평균 34.7 km²이며 중위값 18.5 km²이다. 농경지 비율은 5.9 - 42.1%, 평균 21.4%이며 중위값은 21.2%이다.

유역별 강수량은 기상청 종관기상관측자료 (ASOS, Automated Synoptic Observation System)를 사용하여 산정하였다 (KMA, 2019). 2007 - 2016년의 기간에 걸쳐 강수량 자료를 보유하고 있는 기상대의 강수량 자료를 수집하였으며 기상대의 위치 자료와 월별 강수량 자료를 IDW (Inverse Distance Weight)를 이용하여 공간보간 하였다. 유역별 월간 강수량은 ArcGIS의 Zonal statistics를 이용하여 추출하였다.

농업용 하천수 수질 조사 방법 수질시료 채취는 시료채취용 버킷을 이용하여 폴리에틸렌용기에 총 3리터 (1 L + 2 L)를 채수하였으며 아이스박스에 담아 실험실로 운반하였다. 시료의 보관 및 분석은 종합검정실 분석 매뉴얼을 따라 수행하였다 (RDA, 2013). COD_{Mn} (Chemical Oxygen Demand)은 COD_{Mn} 산성법을 따라 분석하였다. pH, EC는 pH/EC전극을 이용하여 분석하였으며 Orion 3 Star Meter (Thermo Scientific, USA), Orion Star A212

Meter (Thermo Scientific, USA)를 각각 사용하였다. 총질소 (T-N, Total Nitrogen)는 자외선흡광광도법으로 분석하였으며 총인 (T-P, Total phosphorus) 분석은 아스코르빈산환원법을 사용하였다. 총질소와 총인 분석을 위한 장비로서 UV 2600-Vis (Shimadzu, Japan)을 사용하였다.

Results and Discussion

농촌 유역 하천수 수질 변동특성 경상남도 내 조사 대상지역의 강수량은 우리나라 장마시기와 맞물려 7월에 200 mm 이상 집중되는 현상을 보였으며, 4월, 10월 강수량은 매년 증가하는 경향을 보였다. 반면 7월 강수량은 2009년 매우 높은 강수량을 보인 후 매년 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 1). 10월 강수량은 매년 증가하는 경향을 보이지만 대부분의 유역에서 100 mm 이하로 다수 관측되었다. 특히 2008년에는 4월, 7월, 10월 강수량이 낮아 다른 해와 비교했을 때 매우 낮은 강수량을 보였다. COD_{Mn}의 경우 10년간 뚜렷한 변화를 보이지 않았으며, 평균 3.0 mg L⁻¹, 중위값

Fig. 1. Topography and land use characteristics of the upstream watershed at the water sampling site.

2.7 mg L⁻¹로 나타났다. 4월, 7월, 10월의 모든 기간에서 대부분 5 mg L⁻¹ 이하의 수치를 나타냈다. 전기전도도 (EC, Electrical Conductivity)는 평균 0.19 dS m⁻¹, 중위값 0.18 dS m⁻¹로 나타냈으며 모든 기간에서 1 dS m⁻¹ 이하로 10년간 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. T-N은 2011년까지 변화가 뚜렷하지 않거나 다소 증가하는 경향을 보였으나 2014년부터 감소하는 경향을 보였다. T-P는 2011년까지 변화가 뚜렷하지 않거나 오히려 감소하는 경향을 보였으나 2014년부터 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 2).

Fig. 2. Changes in annual water quality index in April, July, and October.

Table 1. Average value of agricultural water quality by quartile according to the fraction of agricultural land area in the watershed.

Quartile	Number of watershed	Fraction of agricultural land %	April			July			October		
			T-N	T-P	COD _{Mn}	T-N	T-P	COD _{Mn}	T-N	T-P	COD _{Mn}
			----- mg L ⁻¹ -----			----- mg L ⁻¹ -----			----- mg L ⁻¹ -----		
1st	10	14.7	2.48	0.044	2.50	2.40	0.060	2.85	2.33	0.056	2.16
2nd	10	19.1	2.31	0.050	2.86	2.36	0.079	3.65	1.65	0.064	2.35
3rd	9	23.8	2.68	0.065	3.30	2.34	0.099	3.66	1.87	0.057	2.50
4th	10	34.2	3.21	0.083	4.02	3.12	0.119	3.89	2.42	0.068	2.71

하천유역의 농경지 면적이 수질에 미치는 영향을 알아보기 위해 39개의 연구대상 유역을 농경지 면적비율에 따라 4분위로 나누어 평가하였다. 1분위 (죽전천, 화정천 등 10지점), 2분위 (대곡천, 마쌍천 등 10지점), 3분위 (안하천, 직전천 등 9지점), 4분위 (화개천, 신천천 등 10지점) 농경지 면적비율 평균값은 각각 14.7, 19.1, 23.8, 34.2%였다. 유역 내 농경지 비율에 따른 유역말단에서의 농업용수 수질 특성을 살펴보면 T-N, T-P, COD_{Mn} 모두 농경지 비율이 증가함에 따라 수체 내 농도가 대체로 증가하는 경향을 나타냈다 (Table 1). 특히 T-P는 농업활동이 활발한 7월의 경우 농경지 비율 1분위, 2분위, 3분위, 4분위 각각 0.060, 0.079, 0.099, 0.119 mg L⁻¹로 농경지 비율이 증가함에 따른 농도의 변화가 가장 뚜렷한 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 농업용수 수질 변화의 원인을 평가하고 농촌 소유역의 농업용수 수질관리를 위한 기초자료로서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 한편 정확한 수질변화의 원인분석과 개선안 도출을 위하여 유역 내 축사 등 점오염원 분포에 관한 조사가 병행되어야 하며, 샘플링 시점의 선행 강우량 등에 관한 조사가 추가되어야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This study was conducted by support of NAS, RDA research and development project (Project No. PJ012505-222019).

References

- Joo, J.G., J.H. Lee, J.H. Kim, and E.S. Kim. 2007. Analysis of quality improvement effects by construction of sewer systems in Nam River Basin. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society* 9(3):771-778.
- Kim, K.H., H.R. Lee, and H.R. Jeong. 2016. Improvement study of river-crossing structures in Gyeongnam prefecture. *J. Korea Water Resources Association* 49(10):809-821.
- Kim, Y.I. and S. J. Lee. 2011. Problems and improvement schemes of TMDL implementation - considerations on establishment of TMDL plans. *Korean J. Soc Environ Eng.* 33(6):385-389.
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2019. <https://data.kma.go.kr/>.
- KME (Korean Ministry of Environment). 2013. <https://egis.me.go.kr/>.
- KMGL (Korea Ministry of Government Legislation). 2018. The act of Nakdong river water system management and resident support. <http://law.go.kr/>.
- RDA (Rural Development Administration). 2013. Manual of analysis procedures for comprehensive test lab. Rural Development Administration 75-93.