

지류하천의 상·하류 수질변화 비교:  
낙동밀양 중권역 내 계성천 화포천을 대상으로

심규현<sup>1a</sup> · 김경훈<sup>1b,\*</sup> · 김성민<sup>1c</sup> · 김용석<sup>1d</sup> · 김진필<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립환경과학원 낙동강물환경연구소 · <sup>2</sup>국립환경과학원 금강물환경연구소

Comparison of Changes in Upstream and Downstream  
Water Quality of Tributary Rivers:  
Gyeseong-stream and Hwapo-stream in Nakdongmiryang Watershed

Shim Kyuhyun<sup>1a</sup> · Kim Gyeonghoon<sup>1b,\*</sup> · Kim Seongmin<sup>1c</sup> · Kim Youngseok<sup>1d</sup> · Kim Jin-pil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nakdong River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research

<sup>2</sup>Guem River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research

(Received 1 July 2020, Revised 24 August 2020, Accepted 1 September 2020)

**Abstract**

Tributary is a part of life space for people and a very important place that accommodates rest recreation and other daily activities. absolutely insufficient basic data about water quality and flow rate are available for basin management. Efficient water and basin management systems, which are also supported by local residents can be established by securing such basic data of major tributaries in the Nakdong river system. In this study, the fluctuation characteristics of upstream and downstream water pollution levels were compared using the measurement results of the water environment measurement network and the tributary monitoring project for the gyeseong-stream and Hwapo-stream in the Nakdong-miryang watershed. In 2017, when water pollution is the highest, it was confirmed that the annual average rainfall was the lowest. Although the upstream and downstream water quality tendencies of the Gyeseong-stream are similar, the water quality concentrations of the Gyeseong-stream are relatively different. But although the Hwapo stream has various causes of pollution, there was not much difference in the level of pollution between the upper and lower streams. In addition, both rivers need the ability to purify rivers by securing sufficient water for river maintenance, and if the correlation between water quality items can be inferred through continuous monitoring of tributaries where the aspect of water quality change is unclear, water quality management Determined to be efficient operation.

**Key words** : Correlation, Gyeseong-stream, Hwapo-stream, Major tributaries, Water quality

<sup>1a</sup> 전문위원(Researcher), ghsim@korea.kr, https://orcid.org/0000-0001-6659-4794

<sup>1b,\*</sup> Corresponding author, 전문위원(Researcher), dahong@korea.kr, https://orcid.org/0000-0001-7525-3086

<sup>1c</sup> 연구관(Researcher), frogksm@korea.kr, https://orcid.org/0000-0002-9029-1344

<sup>1d</sup> 소장(Director), nierkys@korea.kr, https://orcid.org/0000-0002-0130-3906

<sup>2</sup> 주무관(Senior Engineer), jpkim@korea.kr, https://orcid.org/0000-0003-0101-700X

## 1. Introduction

4대강 사업이후 도시화 및 산업화로 국민의 생활수준은 크게 향상되고 있으나 환경오염의 문제점은 점차 심화되고 있다. 수질오염 방지 및 개선을 위해 ‘통합물관리종합계획’과, ‘수질오염총량관리제’ 등을 실시하여 여러 성과를 거두고 있으며, ‘윗물살리기 마스터플랜’을 통해 수질개선 시너지 효과를 창출하고자 노력 중에 있으나 아직도 많은 문제점을 안고 있는 상황에 놓여있다.(Na et al., 2016; Na et al., 2015) 유량 조사 및 수질분석에 대해서는 1925년 후반 Streeter-Phelps의 Ohio강의 BOD와 DO를 이용한 분석 모형을 시초로 지금까지 지속적인 연구가 진행되고 있다(Cho, 2005). 수질변화에 대한 연구로 Yoon et al. (2002)은 지류와 본류의 오염부하에 관한 연구로서 낙동강의 주요 지천의 오염부하량이 낙동강 주류에 미치는 영향을 BOD (Biochemical oxygen demand), COD (Chemical oxygen demand), TN (Total nitrogen), TP (Total phosphorus)를 중심으로 월별 데이터를 이용하여 분석하였으나 연구 대상 기간이 짧아 장기적인 데이터 수집이 우선적으로 필요한 것으로 분석하였다. 다음으로 Cho (2011)는 낙동강 본류 주요지점에서 유량과 수질자료를 수집하고 통계학적 방법을 이용하여 유량을 고려하였을 때의 수질자료의 특성 및 항목간의 상관성을 파악하는 연구를 수행하였다. 유량과 수질 항목들의 상관성은 하나의 변수와의 관계보다는 여러 항목들간의 복합적인 영향을 갖는 것을 확인할 수 있었다. Lee (2016)는 기후변화에 따른 수자원 영향평가를 위해 국내·외의 많은 연구에 적용되어 모형의 적합성이 입증된 분포형 강우-유출모형을 활용하여 6가지 수질(DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P)인자만을 고려하여 미래 수질변화 분석을 수행하였다. 이렇듯 여러 연구를 위한 기초자료 수집은 중요하다. 본 연구에서는 계성천과 화포천의 2015년부터 2019년까지 5년동안 측정된 주요 지류·지천들의 수질자료와 물환경측정망 수질자료를 수집하여 상류에서 하류로 갈수록 오염도 변동특성을 분석하여 비교해 보고자 한다.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 대상유역 조사

본 연구에서는 중북 하천에서 측정위치에 따른 수질항목간의 오염도 변동특성 및 상관성을 비교 하기 위해 낙동밀양 중권역 내 계성천과 화포천을 선정하였다.

낙동밀양 중권역은 낙동강 본류의 낙동창녕 중권역의 말단인 남강합류점부터 밀양강 합류점까지의 본류 46.7 km에 해당하며, 강은 대부분 서쪽에서 동진하여 낙동강하구인 중권역과 연결된다. 계성천의 하천연장은 24.60 km이며, 유로연장은 31.10 km이다. 유역면적은 96.00 km<sup>2</sup>로 낙동밀양 유역면적(1,004.68 km<sup>2</sup>)의 9.56%에 해당된다. 물환경측정망의 위치는 낙동강 합류전 말단 구간인 남지교에서 측정을 실시하고, 지류모니터링 위치는 남지교에서 상류 2.5 km의 성사교로 두 측정지점 사이에 관곡천이 합류한다. 화포천의 하천길

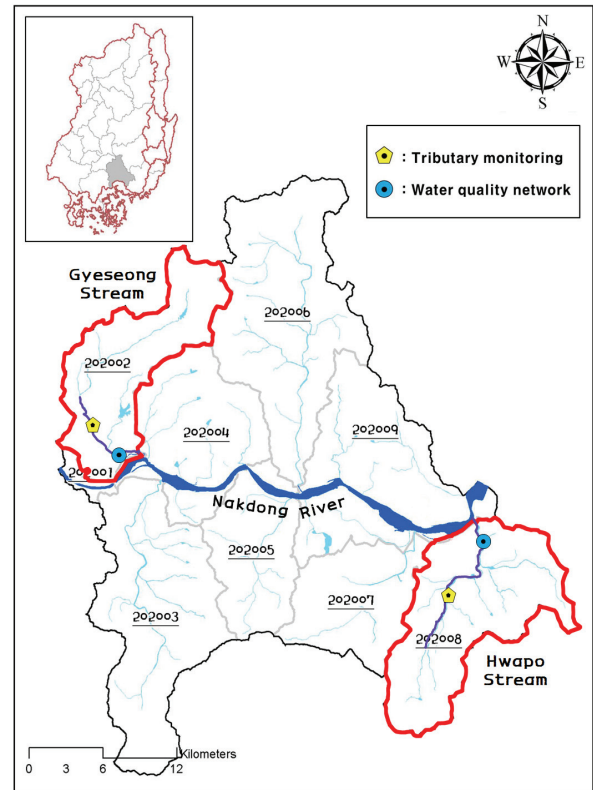


Fig. 1. Target basin status.

이는 19.50 km이며, 유로연장은 22.28 km이다. 유역면적은 137.84 km<sup>2</sup>로 낙동밀양 유역면적(1,004.68 km<sup>2</sup>)의 13.72%에 해당된다. 화포천의 물환경측정망 위치는 낙동강 합류전 말단 구간의 금곡교이며, 지류 모니터링 위치는 낙동강 합류전부터 상류 약 8.5 km 지점의 설창교로 두 측정지점 사이에 지류 하천인 퇴래천, 사촌천, 용덕천이 합류한다.

### 2.2 자료 수집

물환경측정망과 낙동강물환경연구소에서 수행중인 “낙동강수계 지류·지천 장기모니터링 및 목표수질 달성도 평가” 연구에서 중복하천에 대한 상·하류 수질 오염도 변동특성 및 상관성을 비교하고자 한다. 지류 모니터링에서 계성천 측정성과는 2011년부터 2014년까지 연2회 측정으로 비교하기에 적은 데이터를 보유하고 있으며, 2015년부터 월1회 측정을 실시하였으며, 수질비교를 위한 충분한 활용이 가능할 것으로 판단하여 낙동밀양 중권역 내의 계성천과 화포천을 대상으로 2015년 ~ 2019년까지 수질자료를 수집하였다.

계성천과 화포천은 물환경측정망에서 수질측정망에 속해있다. 수질측정망은 「환경정책기본법」 제22조(환경상태의 조사·평가등)와 「물환경보전법」 제9조(수질의 상시측정 등) 및 제9조의2(측정망 설치계획의 결정, 고시 등) 등에 의거하여 하천·호소 등 공공 수역의 수질 및 수생태계의 실태를 파악하기 위해 운영하고 있으며, 주요환경정책의 효과분석 및 정책수립을 위한 기초자료로 사용된다. 연간 36회 이상 조사를 원칙으로 하며 주요지점 및 보 대표지점은 48회를 측정하고 있다(ME, 2012).

지류·지천 장기모니터링에서는 일반관리지점과 증점관리 지점으로 분류하며, 일반관리지점은 년 2회, 증점관리지점은 월 1회 수질 및 유량측정을 실시하고 있다. 계성천과 화포천은 증점관리에 포함되며 측정망보다 상류에 위치하고 있다.

수질환경은 강우의 영향을 크게 받기 때문에 강우 흐름을 고려할 필요가 있다. 강우자료는 기상청 기상자료 개방포털을 이용하였으며, 계성천은 창녕군에 포함되어 있어 방재기상관측자료(AWS)를 활용하였으며, 화포천은 김해시로 종관기상관측(ASOS)를 활용하였다.

방재기상관측이란 지진, 태풍, 홍수, 가뭄 등 기상현상에 따른 자연재해를 막기 위해 실시하는 지상관측으로 관측 공백 해소 및 국지적인 기상현상을 파악하기 위하여 전국 약 510여 지점에 자동기상관측비(Automatic Weather System, AWS)를 설치하여 기온, 강수, 바람, 습도, 기압 등을 자동으로 관측하고 있다. 종관기상관측은 정해진 시각의 대기상태를 파악하기 위해 모든 관측소에서 같은 시각에 실시하는 지상관측으로 시정, 구름, 증발량, 일기현상 등 일부 목적 요소를 제외하고 종관기상관측장비(Automatic Synoptic Observing System, ASOS)를 이용해 전국 102개 지점에 대해서 기온, 강수, 바람, 기압, 습도, 일사, 일조, 눈, 구름, 시정, 지면상태, 증발량 등을 관측하고 있다.

### 2.3 상관분석(Correlation analysis)

상관분석은 수치형으로 측정된 자료들의 상호관계를 분석할 때 사용하는 통계방법이다. 수치형 자료들의 상호관계는 상관계수(corr correlation coefficient)로 나타내는 것으로 두 변수 사이에 존재하는 다양한 관계 중 선형관계를 측정하는 지표로 두 변수 사이의 관계를 1차 함수 관점에서 측정하는 방법이다. 이 때 자주 사용되는 통계법은 Pearson 상관계수(Pearson Correlation Coefficient,  $\gamma$ )가 많이 이용되며,  $-1.0 \leq \gamma \leq 1.0$ 의 값을 갖는다. 상관계수가 '0'에 가까우면 두 변수의 선형관계가 매우 약하다는 의미이고, '1'(절대값 1)에 가까운 값이면 관계가 강하다는 의미가 아니라 두 변수의 선형관계가 매우 강하다는 의미이다(Chang et al., 2010; Kang et

al., 2019; Park and Cha, 2013).

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

## 3. Results and Discussion

### 3.1 연도별 수질 변화

본 연구의 대상하천인 계성천과 화포천의 부하량과 연도별 수질 변화를 Table 1 ~ Table 2에 나타내었다. 부하량 산정은 “수질오염총량관리기술지침(2014, 국립환경과학원)”에 따라 산정하였으며, “낙동강수계 지류·지천 장기모니터링 및 목표수질 달성도 평가”에 산정된 값을 반영하였다(Nakdong River Environment Research Center, 2012~2019). 생활계, 축산계, 산업계, 토지계로 구분하였으며, 수질 항목은 BOD, T-N, T-P로 구분하였다. 추 후 유량에 의한 수질영향 강우, 강우빈도, 유량상승지속시간(강우지속시간), 노면 퇴적량 등의 영향에 대해 분석 필요한 것으로 판단된다(Kim et al., 2013; Kim et al., 2018; Kim et al., 2011).

화포천은 발원지부터 합류점까지 농경지, 공장, 배수장, 하수종말처리장, 화포늪 등 다양한 오염원이 있다. 상류에서의 수색은 깨끗하지만 공장 및 축사 밀집구간을 지나면서 수색이 흐려진다. 또한 흐름이 느려 오염물질의 정화능력이 떨어져 수질 변화가 거의 유사하게 나타난 것으로 판단된다. 계성천은 축사 및 농경지의 영향을 받는 하천으로 2015년 대비 2019년 수질오염도가 전반적으로 높게 나타났다. 하천 평균유량이 감소하는 것으로 보아 예측 할 수 없는 기후 변화에 잦은 가뭄이 발생하면서 농경지에 용수공급이 필요하며, 다수의 양수장 운영을 생각해볼 수 있다. 하천유량이 감소하면 오염물질의 희석작용이 약하고, 유지용수 감소에 의한 정화능력 감소 등으로 하천 오염도가 증가한 것으로 판단된다.

Table 1. Pollutional loading amounts

Stream	water quality	Gyeseong Stream			Hwapo Stream		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
Generated load (kg/day)	Life	644.72	170.62	18.52	1,084.53	293.73	31.28
	Stockbreeding	9,386.07	2,131.77	791.95	1,918.45	428.59	145.68
	Industry	160.83	14.35	1.27	661.03	94.52	9.21
	Land	621.68	364.39	30.76	615.64	243.57	24.67
	Total	10,813.30	2,681.13	842.5	4,279.65	1,060.41	210.84
Emission load (kg/day)	Life	167.24	89.82	9.84	56.91	129.93	12.55
	Stockbreeding	392.68	235.01	25.73	169.94	101.03	10.86
	Industry	7.3	5.94	0.42	7.19	3.78	0.45
	Land	619.79	364.17	30.73	610.63	242.76	24.54
	Total	1,187.01	694.94	66.72	844.67	477.5	48.4

Table 2. Annual water quality

River	Water Quality Item	2015		2016		2017		2018		2019	
		Up stream	Down stream	Up stream	Down stream	Up stream	Down stream	Up stream	Down stream	Up stream	Down stream
Gyeseong River	TEMP(°C)	19.9	19.4	17.8	16.5	18.2	16.7	17.1	17.2	17.3	17.6
	DO(mg/L)	7.1	7.7	9.3	8.6	8.3	9.1	7.8	9.0	9.1	9.9
	BOD(mg/L)	1.6	1.9	1.9	2.2	2.8	2.9	2.0	2.4	3.3	3.5
	COD(mg/L)	7.2	7.8	7.0	7.8	8.8	9.1	7.2	7.8	7.6	8.4
	T-N(mg/L)	2.163	2.416	2.301	3.192	1.690	2.439	2.542	2.572	1.815	2.139
	T-P(mg/L)	0.179	0.100	0.170	0.126	0.143	0.096	0.124	0.098	0.109	0.106
	SS(mg/L)	4.6	9.2	7.9	15.4	11.0	13.8	9.1	16.3	11.1	19.5
	TOC(mg/L)	4.3	5.1	4.6	5.0	6.1	7.3	4.9	5.2	5.7	6.2
	EC( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	357	337	276	291	416	376	357	337	376	368
Q(m <sup>3</sup> /s)	0.304	0.985	1.039	1.599	0.201	0.427	0.472	2.333	0.185	0.709	
Hwapo River	TEMP(°C)	17.4	16.9	18.6	18.0	18.2	18.0	18.5	18.3	17.8	17.8
	DO(mg/L)	8.5	8.6	8.7	9.2	7.8	9.9	8.8	9.1	8.4	9.7
	BOD(mg/L)	3.5	4.0	3.5	3.5	3.9	4.1	3.3	3.3	3.1	3.7
	COD(mg/L)	6.6	8.6	7.0	7.9	8.3	9.5	7.6	7.9	7.2	7.6
	T-N(mg/L)	3.018	3.288	2.675	3.637	2.936	3.258	2.690	3.164	2.845	2.886
	T-P(mg/L)	0.206	0.140	0.128	0.089	0.156	0.095	0.186	0.077	0.154	0.102
	SS(mg/L)	35.5	38.1	33.2	41.2	27.1	33.9	17.3	29.2	23.3	29.7
	TOC(mg/L)	4.9	5.9	4.7	5.4	5.9	6.7	5.2	5.3	5.4	5.6
	EC( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	445	412	376	380	541	524	508	438	429	414
Q(m <sup>3</sup> /s)	0.743	2.418	1.069	3.151	0.617	1.246	2.129	1.524	1.657	2.250	

### 3.2 월별 수질 변화

계성천과 화포천을 대상으로 2015년부터 2019년까지의 수질자료를 월별 평균을 산정하여 측정위치에 따른 수질변화를 비교하였다. 비교 수질은 유기물 항목에서 경향성이 유사한 BOD-SS, COD-TOC와 영양염류 항목은 T-N-T-P으로 나누어 월별 변화를 그래프로 나타내었다.

#### 3.2.1 계성천

계성천은 전구간에 농경지의 영향을 받고 유입하천인 관곡천보다 상류에 측사가 밀집되어 있으며, 측정망 지점과 모니터링 지점 사이에 다수의 양·배수장이 위치해 있다. 배수장의 위치로 판단하였을 때 하류가 전반적으로 수질 오염도가 높을 것을 예상할 수 있다. 또한 일반적으로 강우량이 증가하면 하천유량이 증가하는 비례관계가 된다. 계성천 하류 말단 구간은 강우량에 비례하여 유량이 흐르지만 상류구간의 월별 유량은 전반적으로 유사한 흐름을 나타내고 있으며, 강우가 많은 7월~10월에는 상류보다 많은 유량이 흐르는 것을 확인할 수 있다. 수질농도는 전반적으로 상류보다 하류의 수질농도가 높게 나왔으며, T-P는 상류에서 높게 나타났다. 이는 지류모니터링 지점 인근에 측사가 밀집되어 있어 측사에서 나오는 오염원과 계성천에 유입되는 관곡천의 유량은 적지만 수질 오염도가 높기 때문에 하류 측정망 수질에 충분한 영향을 줄 것으로 판단된다. 하류비교대상 6개의 수질항목 모두 상류가 하류보다 높게 나타나는 달은 2월이었으며,

BOD는 8월, 9월, 10월, COD, TOC는 8월 T-N은 추운계절인 12월, 2월, 3월에 상류 측정지점에서 높게 나타났다. 월별 수질 경향성을 비교해보면 BOD와 SS는 봄(3~5월)의 계절인 4, 5월에 높게 나타났으며, 여름(6~9월)에서 가을(10~11월)로 넘어가는 강우가 많은 시기에 오염도가 감소하였으며, SS는 여름철에는 높고 겨울철에는 낮게 측정되는 경향성을 보였다. COD와 TOC는 봄(3~5월), 여름(6~9월)에 농도가 점차 증가하였으며, 가을(10~11월), 겨울(1~2월, 12월)에 낮게 나타났다. COD는 12월에 상류구간에서 5.6 mg/L로 가장 낮게 나타났으며 TOC는 1월 하류구간에서 3.5 mg/L(수질등급 : 약간 좋음(II))로 가장 낮게 나타났다. 영양염류 항목 T-N의 월별 변화를 보면 추운 겨울철에 측정값이 높게 나타났으며, 여름철로 갈수록 감소하는 경향을 보여주고 있다. T-P는 여름철인 8월에 측정값이 높게 나타났으며, 인과 탁도가 관련성이 높은 것을 고려하면 탁도가 높은 여름철에 대체로 높게 나타난다.

#### 3.2.2 화포천

화포천은 발원지부터 말단까지 농경지, 공장 배수장 하수종말처리장 등 다양한 오염원의 영향을 받는다. 유량은 하류보다 상류가 많이 흐르는 경우가 발생하는 것으로 보아 측정시기에 따른 오류이거나 본류 유입 지류 하천 말단의 한림배수펌프장 수문의 개폐 유무에 대한 지대한 영향을 받는 것으로 판단된다. 수질농도는 계성천보다 상·하류 차이가 많이



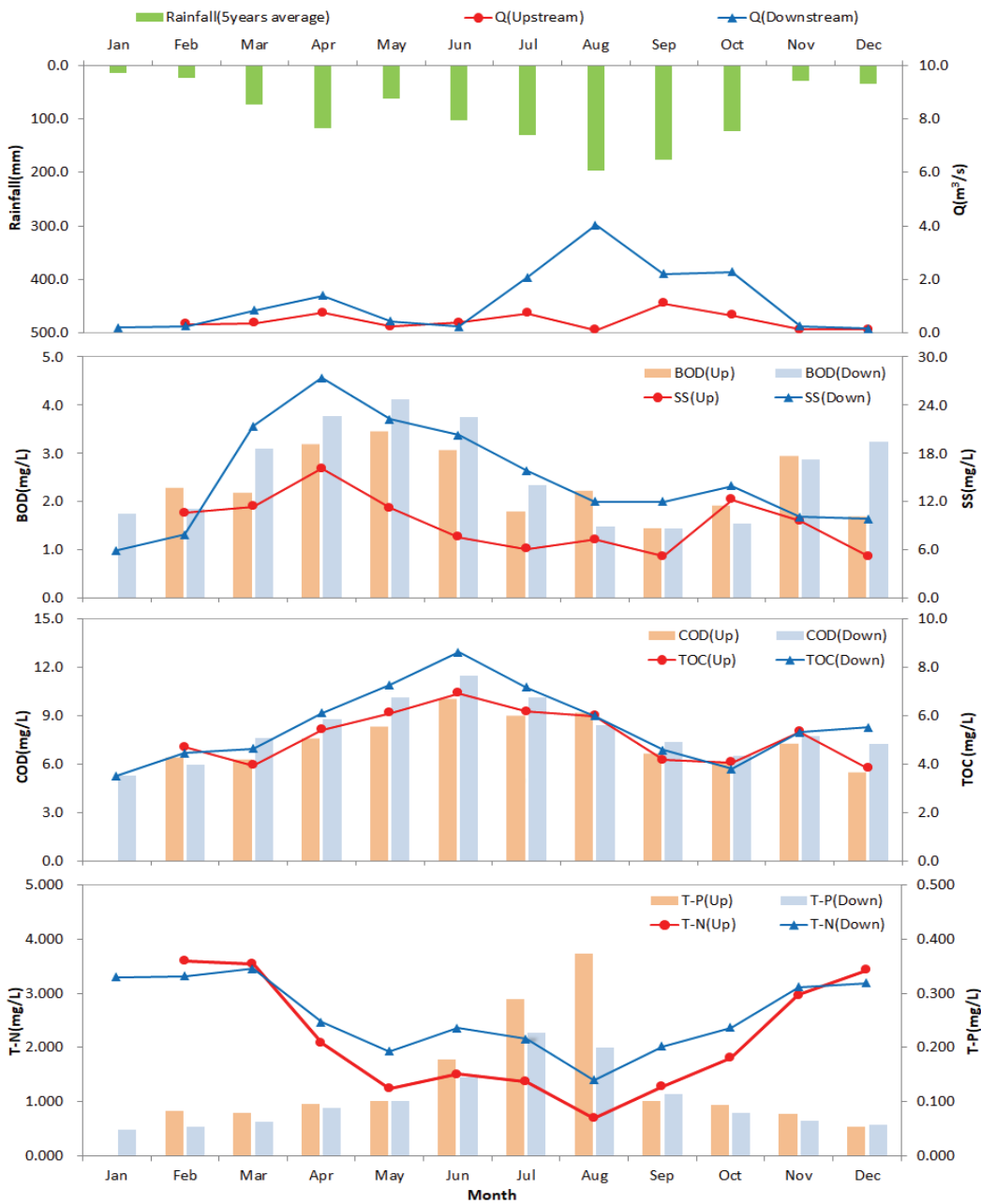


Fig. 2 Monthly water quality concentration in Gyeseong-stream

나타나지 않았으며, 전반적으로는 계성천과 유사한 패턴으로 말단에서의 수질오염도가 높게 나타났고, T-P는 상류에서 높게 나타났다.

BOD 항목의 월별 현황을 먼저 살펴보면 농도가 가장 높게 나타난 달은 6월이었으며, 가장 낮은 달은 상류 12월, 하류 10월로 나타났다. 상류가 하류보다 높게 나타나는 달은 7~10월로 강우에 의한 희석효과는 상류보다 말단에서 영향이 더 있는 것을 유추해 볼 수 있다. SS가 가장 높게 측정된 달은 상류 4월, 하류 3월로 나타났으며, 겨울에 부유물질이 낮게 측정되는 것을 확인하였다. COD와 TOC는 유사한 경향성을 보이고 있으며, 두 항목 모두 10월부터 점차 증가하여 6월에 가장 높게 측정되었다. 영양염류 항목 T-N

은 겨울철에 측정값이 높게 나타나고 여름철로 갈수록 감소하였으며, T-P는 전반적으로 0.040 mg/L ~ 0.200 mg/L (수질 1b ~ III등급)을 유지하고 있었으며, 10월에 상·하류 차이가 크게 나타났다. 하천형 습지는 평상시에는 물이 상류에서 하류로 흐르지만 하천 하류에 큰 강에서 홍수가 나게 되면 물이 거꾸로 하류에서 상류로 흐르며, 습지에 형성되어 있는 식물과 미생물은 각종 오염원으로부터 유입되는 수질 오염 물질을 분해시켜 정화시켜준다. 그러나 화포천 습지생태공원 지점에 있는 습지의 역할을 확인하기에는 현 측정으로는 파악이 어렵다. 연구 상황으로 볼 때 합류되는 소하천의 수질 및 측정지점 인근 오염원 유입 등의 가능성이 높을 것으로 판단된다.

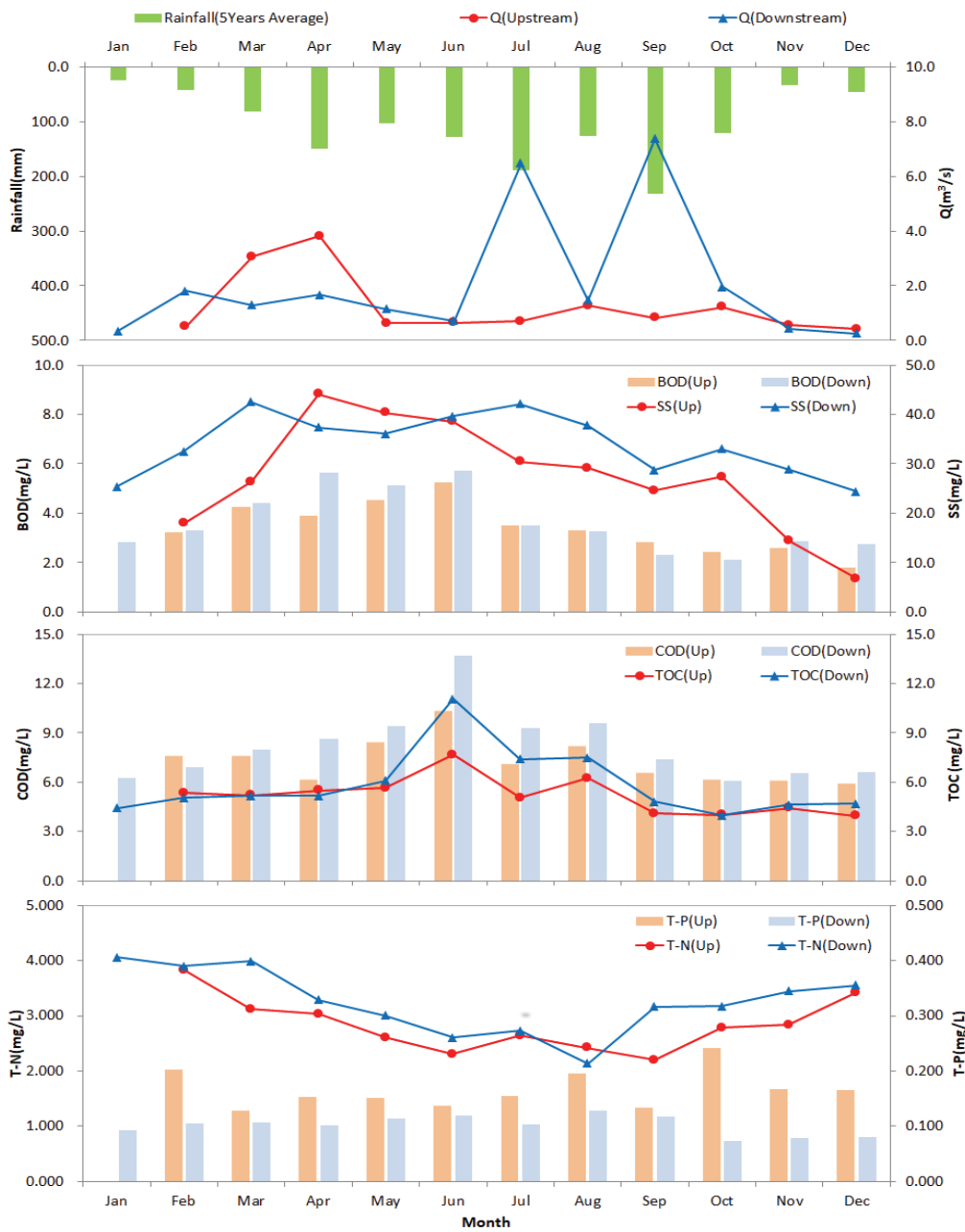


Fig. 3 Monthly water quality concentration in Hwapo-stram

3.3 상·하류 수질상관성분석

상·하류 수질항목간의 상관성을 분석하기 위하여 상관분석을 실시하였으며, 그 결과는 Table 2~3에 나타내었다.

3.3.1 계성천

계성천에서의 동일한 수질항목간의 상·하류관계를 비교하였을 때 T-N, T-P, COD, TOC 순으로 상관성이 높게 나타났으며, SS는 상·하류간의 수질 농도 경향성은 유사하지만 상관성은 낮은 것으로 나타났다.

수질항목간의 상관성을 살펴보면 COD와 TOC, BOD와 TOC는 상대적으로 다른 항목들보다 높게 나타났으며, 유독 COD와 TOC의 관계는 0.942, 0.880으로 상관성이 매우 높게

나타났다. 상·하류관계에서의 COD와 TOC에서 어느정도 상관성이 있는 것으로 나타났다. 물환경보전법 수질오염물질 중 유기물질 측정 지표를 TOC로 전환을 추진 중으로 봤을 때 수질관리에 충분히 높은 효율성을 보일 것으로 판단된다. 하지만 유량과 수질항목간의 상관성은 거의 없는 것으로 나타났다.

3.3.2 화포천

화포천에서의 동일한 수질항목간의 상·하류 관계를 비교하였을 때 TOC, COD, BOD순으로 상관성이 높게 나타났으며, 계성천보다 상관성이 낮게 나타났다. 이는 두 측정위치 사이에 합류하는 하천이 많고, 하천들의 수질 오염에 따른 영향이

**Table 3.** Pearson correlation coefficient among the water quality parameters in the up and down stream of Gyeseong river

		Q		BOD		COD		T-N		T-P		SS		TOC	
		Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down
Q	Up	1													
	Down	0.377	1												
BOD	Up	-0.241	-0.238	1											
	Down	-0.212	-0.348	0.556	1										
COD	Up	-0.041	0.026	0.616	0.319	1									
	Down	-0.046	-0.040	0.414	0.664	0.748	1								
T-N	Up	0.171	-0.119	-0.142	-0.005	-0.222	-0.267	1							
	Down	0.195	-0.056	-0.210	0.022	-0.130	-0.028	0.818	1						
T-P	Up	0.017	0.135	0.069	-0.146	0.576	0.355	-0.293	-0.274	1					
	Down	0.131	0.216	0.003	-0.033	0.491	0.499	-0.364	-0.160	0.773	1				
SS	Up	-0.135	-0.138	0.619	0.274	0.185	0.028	-0.052	-0.133	-0.106	-0.121	1			
	Down	0.214	0.116	0.308	0.578	0.208	0.511	-0.018	0.117	-0.093	0.093	0.227	1		
TOC	Up	-0.087	-0.008	0.661	0.378	0.942	0.706	-0.147	-0.048	0.478	0.422	0.233	0.253	1	
	Down	-0.091	-0.054	0.372	0.620	0.643	0.880	-0.201	0.060	0.269	0.397	-0.037	0.469	0.669	1

**Table 4.** Pearson correlation coefficient among the water quality parameters in the up and down stream of Hwapo river

		Q		BOD		COD		T-N		T-P		SS		TOC	
		Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down
Q	Up	1													
	Down	-0.002	1												
BOD	Up	0.129	-0.019	1											
	Down	0.120	-0.231	0.612	1										
COD	Up	0.006	-0.151	0.679	0.428	1									
	Down	0.034	-0.095	0.605	0.763	0.632	1								
T-N	Up	0.080	-0.092	-0.062	-0.122	-0.165	-0.266	1							
	Down	0.155	0.059	-0.196	-0.132	-0.345	-0.398	0.450	1						
T-P	Up	-0.104	-0.074	0.044	-0.146	0.035	-0.132	0.156	-0.154	1					
	Down	-0.050	0.093	0.248	0.434	0.076	0.474	-0.107	-0.132	-0.052	1				
SS	Up	0.208	0.125	0.574	0.551	0.316	0.545	-0.220	-0.088	-0.004	0.495	1			
	Down	0.113	0.225	0.307	0.279	0.019	0.347	-0.078	0.120	-0.165	0.266	0.464	1		
TOC	Up	0.143	-0.175	0.680	0.576	0.774	0.748	-0.080	-0.381	0.001	0.273	0.420	0.189	1	
	Down	-0.005	-0.049	0.542	0.674	0.633	0.922	-0.190	-0.360	-0.125	0.418	0.411	0.340	0.743	1

큰 것으로 판단된다.

수질항목간의 상관성을 살펴보면 COD와 TOC, BOD와 COD, BOD와 TOC는 상대적으로 다른 항목들보다 높게 나타났다. COD와 TOC의 관계는 0.774, 0.922로 상관성이 매우 높게 나타났다. 계성천의 상관관계와 같이 TOC의 효율성을 확인할 수 있었으나, 유량과 수질항목간의 상관성은 찾아보기 힘들었으며, 측정간격을 좁혀 정밀한 측정이 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. Conclusions

본 연구에서는 낙동강수계 오염도가 높은 낙동밀양 증권역의 계성천과 화포천을 대상으로 상·하류구간의 월별 수질변

화 특성을 분석하였으며, 수질 항목별 상관성 분석을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 연구대상 2개 하천 모두 강우가 적었던 2017년에 수질 오염도가 5년 중 가장 높게 나타났다. 계성천은 오염도가 증가추세이며, 유량이 많이 감소하는 것으로 보아 오염물질의 희석작용이 약하고 유지 용수 감소에 의한 정화능력 감소 등으로 하천 오염도가 증가한 것으로 판단된다. 화포천은 해마다 비슷한 경향성을 보이고 있으며, T-P와 SS는 지속적으로 감소하고 있다.
- (2) 월별 강우와 수질의 관계를 비교해보면 강우가 많을 시 오염정도가 완화되는 경향을 보이고 있지만 상관성은 낮은 것으로 판단된다. 이는 전체 강우량보다 측정 시기 앞 뒤 기간만을 고려하거나 강우강도에 따른 수

질변화를 검토해야 수질-강우, 수질-유량의 관계를 명확히 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

- (3) 계성천은 상류와 하류의 수질 경향은 유사하게 나타났으며, 상류와 하류의 수질농도 차이가 비교적 큰 SS는 3월에서 7월까지 컸으며, 측정위치 사이에 밀집되어 있는 배수장과 하수종말처리장의 영향과 지류 유입하천의 오염도를 고려해볼 수 있다. 화포천은 농경지, 공장, 배수장, 하수종말처리장 등의 영향으로 오염도가 더 높을 것으로 예상하였지만 상·하류의 수질오염도 차이는 많이 나지 않았다.
- (4) 상·하류 수질항목간의 상관성 분석을 실시 해본 결과 계성천은 COD와 TOC, BOD와 TOC의 상관성이 높게 나타났으며, 화포천은 COD와 TOC, BOD와 COD, BOD와 TOC의 상관성이 높게 나타났으며, 물환경보전법 수질오염물질 중 유기물질 측정 지표를 TOC로 전환을 추진 중으로 봤을 때 수질관리에 충분히 높은 효율성을 보일 것으로 판단된다.
- (5) 물환경측정망 자료와 지류모니터링 자료를 활용하여 유량 및 수질 분석 결과 비점오염원이 많은 두 하천은 충분한 하천유지용수의 확보에 의한 하천정화능력 향상이 필요하며, 수질변화 양상이 뚜렷하지 않은 지류하천들의 지속적인 모니터링을 통해 수질항목간의 상관성이 유추된다면 수질관리의 효율적인 운영이 될 수 있을 것으로 판단된다.

### Acknowledgement

본 연구는 낙동강수계관리위원회에서 시행한 “낙동강 수계 지류·지천 수질 및 유량 모니터링” 결과입니다.

### References

- Chang, I. S., Jung, J. K., and Park K. B. (2010). Analysis of correlation relationship for flow and water quality at up and down streams, *Journal of Environmental Science International*, 19(6), 771-778.
- Cho, D. H. and Um, H. S. (2005). A Study on the water quality Management Policy Based upon the Change of water Pollution un the Upper and Middle Stream Areas of Nakdong River, *Korean Public Administration Quarterly*, 17(3), 689-709.
- Cho, H. K. (2011). A study on the related characteristics of discharge-WATER quality in Nakdong river, *Journal of the Environmental Sciences*, 20(3), 373-384.
- Kang, D. H., So, Y. H., Park, K. D., Kim, I. K., and Kim, B. W. (2019). Water quality level of the living environmental standards and regression analysis in the major tributaries of the Nakdong river, *Journal of Environmental Science International*, 28(3), 357-369.
- Kim, H. S., Hong, J. J., Seong, J. W., Choi, K. S., and Park, J. C. (2013). Comparison of organic matter distribution in major tributaries of the Nakdong river, *Journal of Korean Society on Water Environment*, 29(5), 618-624.
- Kim, Y. J., Gal, B. S., Park, J. B., Kim, S. H., and Im, T. H. (2018). Classification of Nakdong river tributaries under priority management based on their characteristics and water quality index, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 40(2), 73-81.
- Kim, Y. Y. and Lee, S. J. (2011). Evaluation of water quality for the Han river tributaries using multivariate analysis, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 33(7), 501-510.
- Lee, C. W. (2016). *Analysis of future water quality for Anseong river basin under climate change*, Master's Thesis, Inha University, Incheon, Korea, 1-101.
- Ministry of Environment (ME). (2012). *Water Environment Information System (WEIS)*, <http://water.nier.go.kr/waterMeasurement/selectWater.do> (accessed Jun. 2012).
- Na, S. M., Kwon, H. G., Shin, S. M., Son, Y. G., Shin, D. S., and Im, T. H. (2016). A study on seasonal pollutant distribution characteristics of contaminated tributaries in Nakdong river basin, *Journal of Wetland Research*, 18(3), 301-312.
- Na, S. M., Lim, T. H., Lee, J. Y., Kwon H. G., and Cheon, S. U. (2015). Flow rate·water quality characteristics of tributaries and a grouping method for tributary management in Nakdong river, *Journal of Wetland Research*, 17(4), 380-390.
- Nakdong River Environment Research Center. (2012~2019). *Long-term Monitoring of the tributaries in the Nakdong River System and evaluation of the Achievement of Target Water Quality*, Nakdong River Environment Research Center.
- Park, H. G. and Cha, E. H. (2013). A study on the influence of water quality on the upper stream of Hap-Chun lake, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 35(2), 94-100.
- Yoon, Y. S., Hwang, D. J., Park, D. J., Lim, T. H., and Yang, S. Y. (2002). Contribution of the side streams to the contamination of main streams for the Nakdong river basin, *The Korean Society of Water and Wastewater*, 97-99.