



# 농업유역 비점오염 관리를 위한 동진강 행정교 유역의 수문·수질 모니터링

## Monitoring of Hydrological and Water Quality in Dongjin-River Hengjeong Bridge Watershed for Agricultural Watershed Non-Point Pollutant Sources Management

손재권\* · 손태호\*\*† · 최진규\* · 조재영\*\*\* · 고남영\*\*\*\* · 오진휴\*\*\*\*\*

Son, Jae Gwon · Son, Tae Ho · Choi, Jin Kyu · Jo, Jae Young · Goh, Nam Young · Oh, Jin Hyu

### ABSTRACT

This study was performed to investigate the stream water quality characteristics in Hengjeong Bridge Basin of Dongjin River during twelve months from October, 2010 to September, 2011. Also, pollutant loads were calculated on the basis of the water quality and runoff results. The results showed that ranges of water temperature, pH and EC were 6.2~23.90 °C, 6.32~7.78, 84.4~126.5 μS/cm respectively. The Concentration of DO, BOD, COD, SS, Tot-N and Tot-P were observed as 6.80~9.20 mg/L, 0.40~1.60 mg/L, 1.96~4.41 mg/L, 59.60~142.20 mg/L, 1.28~3.52 mg/L, 0.001~0.07 mg/L respectively. Tot-N showed correlativity with BOD, and Tot-P showed correlativity with SS. The runoff pollutant loading of Tot-N and Tot-P were 117.94 kg/ha and 2.06 kg/ha respectively, in Hengjeong bridge of Dongjin river watershed. In the case of the correlativity between runoff pollutant loads and concentrations, Tot-N and Tot-P show low significant relationships.

**Keywords:** Agricultural Watershed; Hydrological-Water Quality Monitoring; Correlativity; Non-point Pollution

### 1. 서 론

최근 오염원중 점원오염원에 대한 관리는 많은 부분 개선되었지만 아직 비점오염원에 대한 관리 및 적용성은 매우 낮은 실정이다. 비점오염부하는 강우 및 기후 등의 자연조건에 의해 발생함에 따라 그 발생 부하량을 예측하는데 어려움이 있다. 이에 Magettle (1990)은 비점오염의 관리는 가장 어려울 뿐만 아니라 가장 이해하기 어려운 오염원이라고 하였다. 또한 어느 특정한 지점에서 오염원이 배출되지 않고 광범위한 지역에서 발생하는 오염원으로 정의하였다 (Magettle et al., 1989).

하천의 수질은 하천 수량이 많고 적음에 따라 수질 평가 결과도 상이하게 나타난다. 따라서 하천의 수질은 오염농도만으로 평가하기 보다는 배출지역의 특성을 고려해야한다 (Kim and Lee,

2008). 특히 농업활동이 활발한 농경지역에서의 하천 및 지하수의 수질은 비점오염원에서 발생하는 유출수의 수질에 지배를 받게 되며, 계절적 지역적 편차가 매우 크고, 오염물질의 부하량을 산정하여 수계를 관리하는 것이 매우 어렵다 (NIER, 2009). 또한 농업유역의 하천은 오염원이 상대적으로 유역의 전반에 걸쳐 산재하고 있어 오염물질의 거동이나 오염원 파악이 쉽지 않으며, 복잡한 용·배수체계를 이루고 있어 정량적인 유출부하량 산정에 있어서도 많은 어려움을 지니고 있다 (Son et al., 2006).

이에 농업유역에 대하여 Kim et al. (2005)은 충청북도 괴산군의 농업유역을 대상으로 수문 및 수질자료를 분석하여 부하량을 산정하였고, Ho et al. (2004)은 홍제천 유역의 비점오염원 유출부하를 분석하기 위해 하천 유량 및 수질 발생 특성, 비점오염원 유출부하특성 및 원단위 산정 등에 대하여 연구하였다. 또한 Uhm et al. (2008)은 전북도내에서 주요 농업용수원으로 사용되고 있는 소규모 하천들에 대한 수질오염 현황 및 하천유역에서의 오염부하량을 조사하였고, Yoo et al. (2011)은 충청북도 보은군 외속리 농촌지역 (유역면적 중 40 % 이상이 논 지역으로 구성)을 조사대상지로 선정하여 유량과 수질 모니터링 실시 후 유량가중평균농도, 지역평균농도 등을 산정하였다.

한편 Park et al. (2001)은 유입하천 유출수가 삼교호 수질에 미치는 영향을 파악하기 위하여 강우 시 유입하천에서의 유량변화와 오염물질의 유출특성을 분석하고, 유역의 토지이용형태에

\* 전북대학교 농업생명과학대학 지역건설공학과  
 \*\* 전북대학교 대학원  
 \*\*\* 전북대학교 농업생명과학대학 생물환경화학학과  
 \*\*\*\* 전북대학교 농업생명과학대학 농업과학기술연구소  
 \*\*\*\*\*한국농어촌공사 새만금경제자유구역사업단  
 † Corresponding author Tel.: +82-63-270-2515  
 Fax: +82-63-270-2517  
 E-mail: ghxoths@hanmail.net

2012년 4월 12일 투고  
 2012년 5월 22일 심사완료  
 2012년 6월 7일 게재확정

다른 유출특성을 비교하여 점오염물질 뿐만 아니라 강우 시 발생하는 비점오염물질에 대한 관리 대책이 병행되어야 한다고 하였으며, Lee et al. (2004)은 동진강 정읍천 유역에서 발생하는 오염부하량에 대한 평가를 통해 오염원에 대한 영향을 최소화하기 위해서는 수질 모니터링을 지속적으로 실시하여 하천수질이 악화되었을 때 처리시설의 적극적인 도입을 검토해야 한다고 하였다.

이에 본 연구는 동진강 행정교 유역의 수문수질 모니터링을 통해 농업유역에서 체계적인 비점오염 관리를 위한 기초자료를 제공할 목적으로 수질항목 간 상관성을 분석하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 대상유역의 현황

본 연구의 대상은 전북 정읍시 산외면, 웅동면, 칠보면 등 3개 면이 포함된 동진강 상류 행정교 유역이다. 모니터링 지점인 정읍시 웅동면 산성리에 속한 행정교는 동경 126° 58', 북위 35° 36'에 위치해 있으며, 북동방향으로 완주군 구이면, 남동방향으로는 임실군 운암면과 행정경계를 이루고 있다 (Fig. 1).

사회환경현황 및 하천수질에 영향을 미치는 오염원 조사를 위해 정읍시통계연보 (2011), Ministry of Environment (2010) 수질측정망 운영계획 자료를 근거로 토지이용현황, 인구, 가축사육현황 등을 조사하였다(Table 1).

본 유역 내에는 웅동면, 산외면, 칠보면의 총 인구 7,772명 중 66.8 %인 5,194명의 인구가 거주하고 있고, 총 유역면적은 10,075 ha이다. 토지이용현황은 임야가 76.3 %인 7,689 ha로 가장 높았으며, 논과 밭이 994 ha (9.9 %), 561 ha (5.6 %)를 점유하고 있는 것으로 조사되었고, 그 외 기타지역이 831 ha로 8.3 %를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

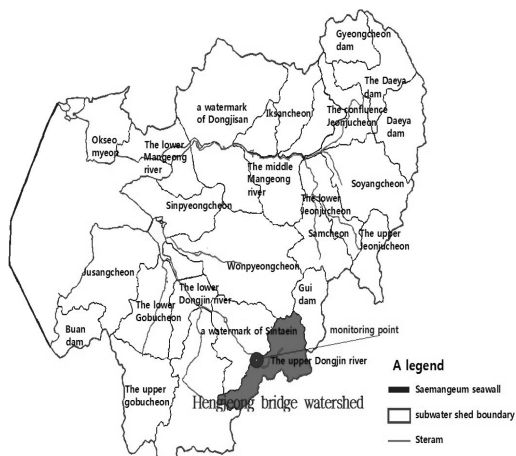


Fig. 1 Location of the study watershed and monitoring point

Table 1 Population and landuse in watershed

Population	Land use (ha)				
	Total	Paddy	Upland	Forest	Other
5,194	10,075 (100 %)	994 (9.9)	561 (5.6)	7,689 (76.3)	831 (8.3)

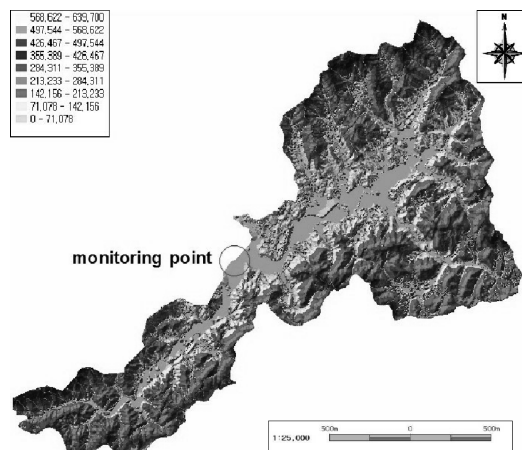
Table 2 Number of livestock breeding in watershed

Livestock (head)			
Korean native cattle	Dairy cattle	Pig	Chicken
12,114	0	24,194	292,781

한편 가축현황은 한우가 12,114두, 돼지는 24,194두 이었으며, 닭은 292,781수로써 한우와 돼지에 비해 대규모로 사육되고 있으며, 젓소의 경우는 사육 두수가 없는 것으로 조사되었다 (Table 2).

### 2. 수문 및 수질조사

수질조사는 2010년 10월부터 2011년 9월까지 12개월간 매일 1~2회 총 13회에 걸쳐 실시하였다. 수질시료는 현장에서 4 ℓ 폴리에틸렌 용기에 직접 채수하여 Box에 저장한 후 4 °C 이하의 온도를 유지한 상태로 운반하였고, 실험실에 도착한 후 즉시 냉장 보관한 다음 분석을 실시하였다. 이 중 생물화학적산소요구량 (BOD)는 국립환경과학원의 측정자료를 이용하여 분석하였다. 각각의 수질시료 분석방법으로 pH는 TOA HM-21P, 전기전도도 (EC)는 WTW LF-538, 용존산소량 (DO)은 WTW 3430을 이용 검교정후 현장에서 직접 측정하였다. 화학적산소요구량 (COD)은 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>법, 부유물질 (SS)은 유리섬유 여지법, 총질소 (Tot-N)는 환원염류-킬달법, 총인 (Tot-P)은 흡광광도법 (아스코르빈산 환원법)등 수질오염공정시험법 (Ministry of Environment, 2004)



에 기준하여 분석하였다. 또한 수문 모니터링 자료는 영산강 홍수통제소에서 실시간으로 측정된 자료를 이용하여 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 기상 및 수위-유량 변화

대상유역의 월평균 기온은 Table 3에서 보는 바와 같이 조사가 시작된 2010년 10월에는 15.0 °C, 11월에는 8.3 °C, 12월에는 1.8 °C로 점차 낮아져서 1월에는 -4.9 °C로 가장 낮게 나타내었으며, 2월 1.8 °C, 3월 4.4 °C로 점차 상승하여 7월 26.6 °C, 8월 26.0 °C로 조사기간 중 가장 높게 나타났다. 강우량의 경우에는 2010년 10월부터 2011년 4월까지 월강우량이 100 mm 이하로 나타났다가 5월에는 107.7 mm를 기록하였고, 장마기에 접어들면서 6월에는 115.3 mm, 7월에 363.0 mm를

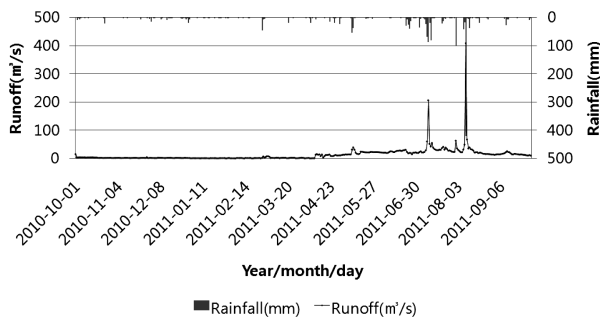


Fig. 2 Daily rainfall-runoff of Hengjeong bridge in Dongjin river watershed

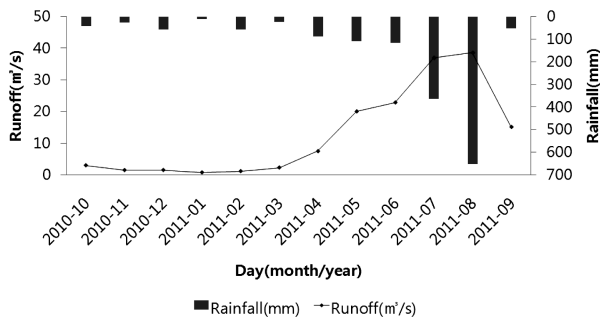


Fig. 3 Monthly rainfall-runoff of Hengjeong bridge in Dongjin river watershed

Table 3 Monthly rainfall and mean air temperature

Item	Month											
	'10.10	'10.11	'10.12	'11.01	'11.02	'11.03	'11.04	'11.05	'11.06	'11.07	'11.08	'11.09
Mean Temp (°C)	15.0	8.3	1.8	-4.9	1.8	4.4	11.5	18.6	23.1	26.6	26.0	21.7
Rainfall (mm)	41.6	27.0	57.1	10.5	57.4	22.5	88.6	107.7	115.3	363.0	653.0	52.1

기록하였고, 집중호우로 인해 홍수 피해가 많이 발생하였던 8월에는 653.0 mm를 기록하였다.

행정교 유역은 동진강의 상류부에 위치하고 있어 대체로 평수기에는 유출량이 적은 상태의 흐름을 보이다가 강우 시에는 일시적으로 유출량이 급상승하는 경향을 보였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 조사기간 중 유출량은 기상관측이래 기록적인 집중호우가 발생하여 인명피해 및 주택과 농경지가 침수피해를 입은 2011년 8월에는 상당히 높은 유량을 보였으나, 다른 시기의 유출변화는 상대적으로 낮은 수준의 변화를 보였다. 또한 Fig. 3은 월별 강우량과 월별 유출량의 변화를 나타낸 것으로 연평균 유출량은 12.55 m³/s 로 산정되었다. 시기별로는 2010년 10월부터 2011년 4월까지의 연평균 유출량보다 작게 나타났고, 5월, 6월, 9월에는 연평균 유출량 보다 약간 상회하는 수준으로 유출되었다. 비교적 강우량이 많았던 7월에는 연평균 유출량의 3배 정도인 37.01 m³/s, 8월에는 3.1배 정도인 38.62 m³/s로 나타났다.

#### 2. 수질변화

##### 가. 수온, 수소이온농도 (pH) 및 전기전도도 (EC)

수온은 화학반응과 생물학적 변화에 영향을 미치는 중요한 항목 중의 하나로 기온변화에 영향을 받아 수중생태계에 영향을 미친다. 측정 항목 중 전형적인 계절의 특징이 잘 반영된 것으로 보이며, Fig. 4에서 보는 바와 같이 6.20~23.90 °C의 분포로 평균 13.91 °C를 나타냈다. pH는 물의 산성이나 알칼리성의 정도를 나타내는 지표로, 일반적으로 오염이 심한 지역에서는 변화 폭이 크게 나타난다. 본 유역에서의 조사기간 중 pH는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 6.32~7.78의 분포로 평균 6.77로 나타났다. 표준편차는 0.33으로 시기별로 두드러진 변화가 없음을 알 수 있었다. 물속의 염류정도를 나타내는 주요 지표로 이용되는 EC는 84.40~126.05 μS/cm의 분포로 평균 105.80 μS/cm로써, 농업용수 수질기준치인 470 μS/cm (Jeong et al., 2007) 보다 상당히 낮았고, 표준편차는 14.02 μS/cm를 나타내었다. EC의 분포는 계절적인 특징을 보이지는 않았으나, 대상지점과 인접한 상류부에 칠보면 시가지와 사료공장이 위치해 있어 염류성분이 높은 생활하수의 유입으로 EC가 전반적으로 높은 것으로 판단된다.

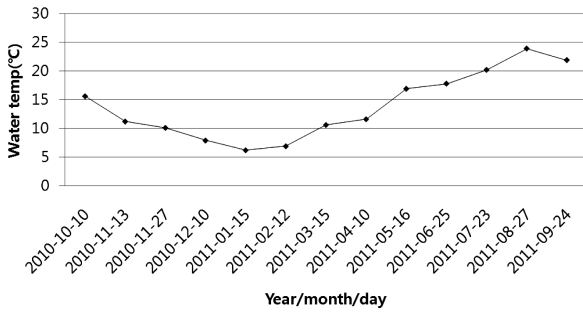


Fig. 4 Change of water temperature

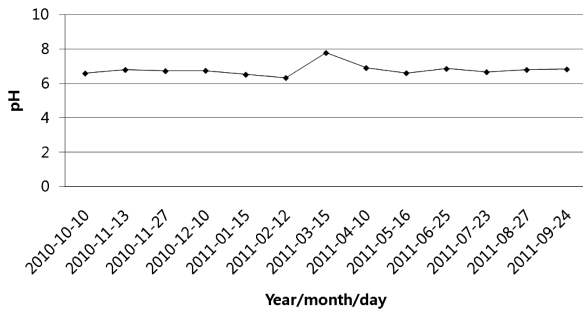


Fig. 5 Change of pH in water quality

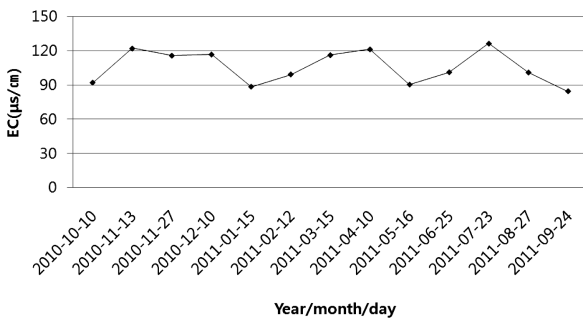


Fig. 6 Change of EC in water quality

나. 용존산소량 (DO) 및 생물화학적산소요구량 (BOD)

DO는 대기의 기상상태, 수온, 유속, 염분농도 및 생물학적 대사과정에 크게 영향을 받으며, 계절이나 지역에 따라 큰 변화를 나타낸다. 일반적으로 수온이 높으면 산소 용해도가 낮아져 DO는 낮아지고 수온이 낮으면 DO가 높아 수온과 반비례하는 경향을 보인다 (Son et al., 2005). 본 유역에서의 조사기간 중 DO는 Fig. 7에서 나타난 바와 같이 6.80~9.20 mg/L의 분포로 평균 8.10 mg/L, 표준편차 0.83 mg/L이었으며, 시기별로 평균을 비교해보면 비교적 수온이 높은 여름철보다는 상대적으로 수온이 낮은 겨울철에 DO가 높게 나타났다. 물속에 있는 유기물의 오염정도를 나타내는 지표인 BOD는 Fig. 8에서 보는 바와 같이 0.40~1.60 mg/L의 분포를 보였으며 평균 0.93 mg/L, 표준편

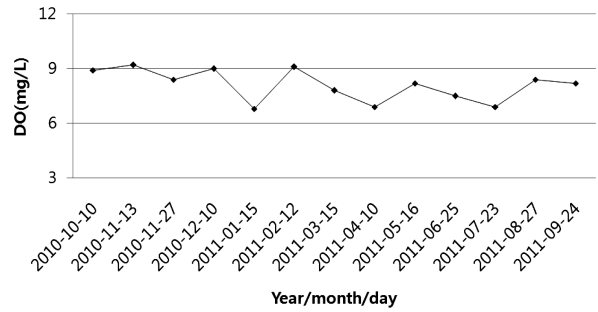


Fig. 7 Change of DO in water quality

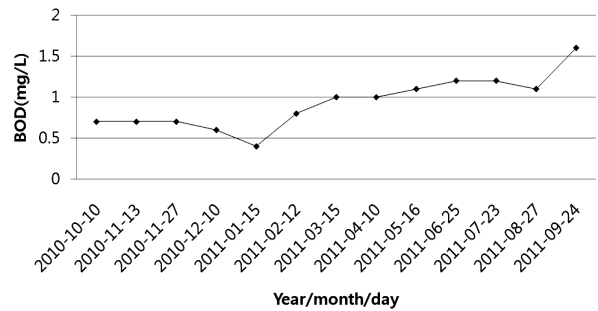


Fig. 8 Change of BOD in water quality

차 0.31 mg/L로 나타났다. 시기별로 살펴보면 두드러지게 큰 차이를 보이지는 않았으나 여름철에는 유기물질의 양이 많아짐에 따라 다소 증가한 것으로 판단되며, 환경정책기본법 (2012)에 따른 수질등급 (BOD 기준)은 평균 1.0 mg/L 이하로 Ia (매우 좋음)등급으로 나타났다.

다. 화학적산소요구량 (COD) 및 부유물질 (SS)

COD는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 1.96~4.41 mg/L의 분포로 평균 2.87 mg/L로 나타났으며, 표준편차는 0.80 mg/L로 나타났다. COD 함량은 유량상승기에 농도가 높아지고 유량 감소기에 농도가 낮아진 것으로 나타난 Yu et al. (2000)의 결과와 마찬가지로 많은 강우가 발생한 여름철에 높게 나타나 수계에 유입되는 오염원이 강우에 큰 영향을 받는 것으로 판단된다. SS는 강우에 의한 지표면 유출로 유역으로 배출되어 하천, 호소 등에 침전되면서 하천의 흐름을 방해할 뿐 아니라 유출시 토양에 흡착된 인 등을 함께 이동시켜 부영양화를 촉진시키는 비점오염물질로 알려져 있다 Kwun (1998). SS는 Fig. 10에 나타난 바와 같이 59.60~142.20 mg/L의 분포로 평균 95.95 mg/L이었으며, 표준편차는 26.95 mg/L로 상당히 높은 편차를 나타내었다. 이러한 이유는 유량 및 유속 증가에 의한 하상 퇴적물의 부상, 건설 및 채석, 경운활동 등에 의한 영향이 상당히 기여한 것으로 판단된다.

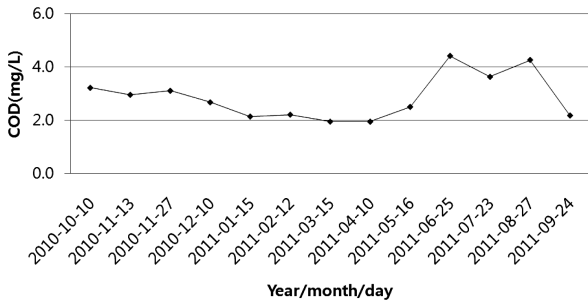


Fig. 9 Change of COD in water quality

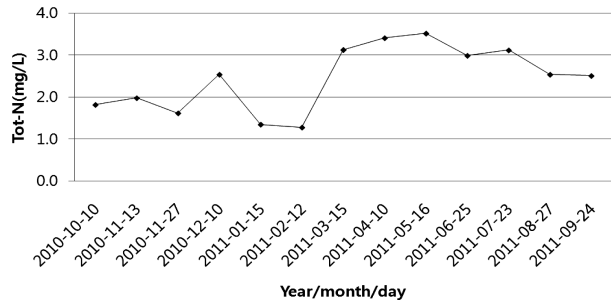


Fig. 11 Change of Tot-N in water quality

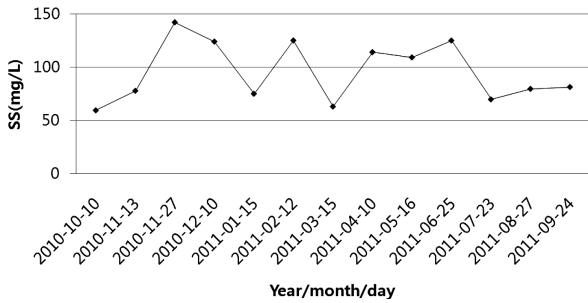


Fig. 10 Change of SS in water quality

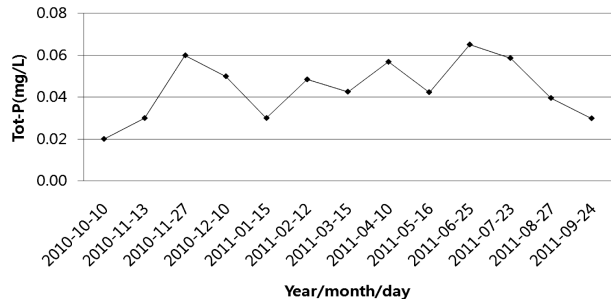


Fig. 12 Change of Tot-P in water quality

라. 총질소 (Tot-N) 및 총인 (Tot-P)

Tot-N의 함량 변화는 Fig. 11에서와 같이 1.28~3.52 mg/L의 분포로 평균 2.45 mg/L로써 표준편차는 0.74 mg/L이었다. 시기별로 기비 시기인 5월에 다소 높게 나타났다가 점차 감소하는 경향을 나타냈다. Tot-P는 수질악화의 원인이 되는 부영양화를 일으키는 영양염류 중 하나로 일부의 생활하수, 농업유출, 축산폐수, 합성세제 등으로부터 유입된다. Tot-P의 함량변화는 Fig. 12에서 보는 바와 같이 0.02~0.07 mg/L의 분포로 평균 0.04 mg/L, 표준편차는 0.01 mg/L로 나타났다. Tot-P의 함량은 전체적으로 호소의 농업용수 수질 기준인 0.10 mg/L 이하를 보인 반면, Tot-N는 호소의 농업용수 수질 기준인 1.0 mg/L보다 높게 나타났다. Tot-N와 Tot-P의 함량 변화는 시비시기, 선행강

우, 강우강도 등의 특성과 생활하수, 축산폐수의 유입으로 일시적인 상승이 나타난 것으로 판단된다.

마. 수질항목간의 상관성 분석

수질항목간의 상관성은 SPSS 12.0 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 그 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 수온의 경우 BOD ( $r = 0.800, p < 0.01$ )와 높은 정 (+)의 상관성을 보였고, COD ( $r = 0.580, p < 0.05$ ) Tot-N ( $r = 0.476, p < 0.01$ )와도 정 (+)의 상관성을 보였다. pH의 경우 Tot-N ( $r = 0.495, p < 0.05$ ), EC ( $r = 0.352$ ), BOD ( $r = 0.257$ )와 정 (+)의 낮은 상관성을 보였고, 그 외 항목 간에는 상관성이 거의 없거나 낮은 부 (-)의 상관관계로 나타났다. EC의 경우에는 Tot-P ( $r =$

Table 4 Correlation coefficient (r) among the water quality parameters at Hengjeong bridge

Item	Temp	pH	EC	DO	BOD	COD	SS	Tot-N	Tot-P
Temp	1.000								
pH	0.051	1.000							
EC	-0.211	0.352	1.000						
DO	-0.119	-0.189	-0.086	1.000					
BOD	0.800**	0.257	-0.145	-0.212	1.000				
COD	0.580*	-0.157	0.083	0.048	0.183	1.000			
SS	-0.316	-0.289	0.123	0.150	-0.098	0.029	1.000		
Tot-N	0.476**	0.495*	0.263	-0.410	0.616**	0.080	-0.040	1.000	
Tot-P	-0.036	0.083	0.526*	-0.347	0.186	0.270	0.687**	0.378	1.000

\*\*Correlation is significant at the 0.01 level \*Correlation is significant at the 0.05 level

0.526,  $p < 0.05$ ), Tot-N ( $r = 0.263$ ), SS ( $r = 0.133$ )와는 정 (+)의 상관성을 보였으며, COD ( $r = 0.083$ ), DO ( $r = -0.086$ ), BOD ( $r = -0.145$ )와는 상관성이 거의 없거나 낮은 상관관계를 나타냈다. DO의 경우에는 Tot-N ( $r = -0.410$ ), Tot-P ( $r = -0.347$ )와 부 (-)의 낮은 상관성이 있는 것으로 나타났고, BOD는 DO와 반대로 Tot-N ( $r = 0.616$ ,  $p < 0.01$ ), Tot-P ( $r = 0.186$ )와 정 (+)의 상관성이 있는 것으로 분석되었다. COD의 경우는 타 항목들과의 상관성이 낮거나 거의 없는 것으로 나타났고, SS의 경우에는 Tot-P ( $r = 0.687$ ,  $p < 0.01$ )와 비교적 상관성을 보였다.

영양염류인 Tot-N는 BOD ( $r = 0.616$ ,  $p < 0.01$ )와 수온 ( $r = 0.476$ ,  $p < 0.01$ ), Tot-P는 SS ( $r = 0.687$ ,  $p < 0.01$ )와 각각 타 항목들 보다 비교적 높은 상관관계를 나타냈다. 또한 Tot-N과 Tot-P의 경우에는 타 항목과의 상관성뿐만 아니라 두 항목 간에도 ( $r = 0.378$ ) 정 (+)의 낮은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

### 3. 유출부하량의 산정 및 상관분석

유출부하량은 실측유량과 부하량-유량 관계식으로부터 식(1)과 식(2)와 같이 적용하여 산정하였다. 이에 대한 결과를 Table 5에서 보는 바와 같이 Tot-N, Tot-P의 월별 유출부하량과 그 비율로 나타냈다.

여기서 Q는 유량, A는 유역면적, D는 월별일수 이다.

$$\begin{aligned} & \text{연간 단위면적당 Tot-N의 유출부하량} \\ & = \sum \frac{(3.091 \times Q) - 124.0}{A} \times D \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{연간 단위면적당 Tot-P의 유출부하량} \\ & = \sum \frac{(0.056 \times Q) - 4.805}{A} \times D \end{aligned} \quad (2)$$

Tot-N의 연간 단위면적당 유출부하량은 117.94 kg/ha이었으며 월별로는 0.44~31.35 kg/ha 범위였고, 평균 9.83 kg/ha이었다. 시기별로는 2010년 10월부터 2011년 4월까지 상대적으로 낮게 산정되었으나, 100 mm이상의 강우가 발생한 5월부터 8월

까지 전체의 80.7 %인 95.24 kg/ha가 유출되었다. 가장 많은 강우량을 보인 8월에는 전체의 26.6 %인 31.35 kg/ha가 유출되었으며, 9월에는 다시 낮아지는 경향을 보였다. Tot-P의 경우 연간 단위면적당 유출부하량은 2.06 kg/ha로 월별로는 0.001~0.57 kg/ha의 범위로 평균 0.17 kg/ha로 나타났다. Tot-P의 유출부하량을 시기별로 살펴보면 Tot-N과 마찬가지로 2010년 10월부터 2011년 4월까지 비교적 낮게 산정되었으나, 강우와 더불어 5월 0.28 kg/ha (13.7 %), 6월 0.31 kg/ha (15.3 %), 7월 0.54 kg/ha (26.0 %), 8월 0.56 kg/ha (27.2 %)를 각각 기록하여 이 시기동안 82.2 %인 1.69 kg/ha가 유출되어진 것으로 산정되었다. 한편 Shin et al. (2005)이 북한강 유역의 강원도 춘천시 동면 월곡리 소하천유역을 대상으로 영양물질에 대한 연간 유출부하량을 산정한 결과 Tot-N는 49.52 kg/ha, Tot-P는 1.89 kg/ha라고 하였다. 또한 Choi et al. (2002)은 섬진강 수계 추령천 유역 14,960 ha를 대상으로 유출수에 의한 연간 영양물질 유출량을 조사한 결과, Tot-N는 13.25 kg/ha Tot-P는 1.61 kg/ha의 유출부하량이 발생한다고 하였고, Son et al. (2006)은 동진강 상류에 위치한 도원천유역 2,895 ha에서 Tot-N 24.91 kg/ha, Tot-P 1.74 kg/ha의 영양물질 유출부하량이 발생한다고 보고 하였다. 본 연구 결과와 상기의 선행연구를 비교한 결과, 영양물질의 유출부하량은 모두 높은 경향을 나타냈다. 이는 본 대상유역의 측사에서 발생한 축산폐수가 상당히 영향을 준 것으로 보이며, 그 외 지역에 따른 비료 시비량, 시비시기, 선행강우, 강우의 양과 성분의 차이, 토지이용현황, 경사 등 지역 특성으로 인하여 영양물질의 유출량에 차이가 발생한 것으로 판단된다.

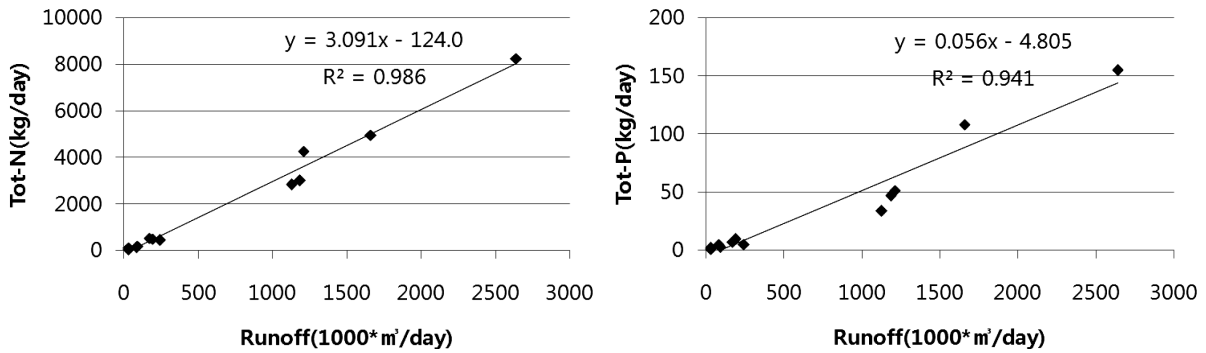
이처럼 강우량이 많은 시기에 영양염류의 집중적인 수계유입을 차단하기 위해서는 하천구간 내에 조절지나 수변완충지대의 설치 등이 필요한 것으로 판단된다. 또한 강우 시 유출되는 오염물질에 대한 규명은 복잡한 유역의 특성과 수문조건에 따라 크게 달라지므로 장기간에 걸친 다양한 유역의 관측자료 축적이 전제가 되어야 한다 (Yang, 2006).

한편 월별 유출부하량과 유출량간에는 Table 6과 Fig. 13에서 보는 바와 같이 Tot-N, Tot-P 모두 상관계수 (r)가 0.993, 0.970으로 높은 상관성을 나타내었다. 또한 월별 유출부하량과 수질농도 간에도 Tot-N( $r = 0.554$ ,  $p < 0.05$ ), Tot-P( $r = 0.465$ ) 모두 정 (+) 상관관계를 나타냈다. 이와 같은 분석결과로 볼 때 하천

Table 5 Runoff pollutant loads of Tot-N, Tot-P

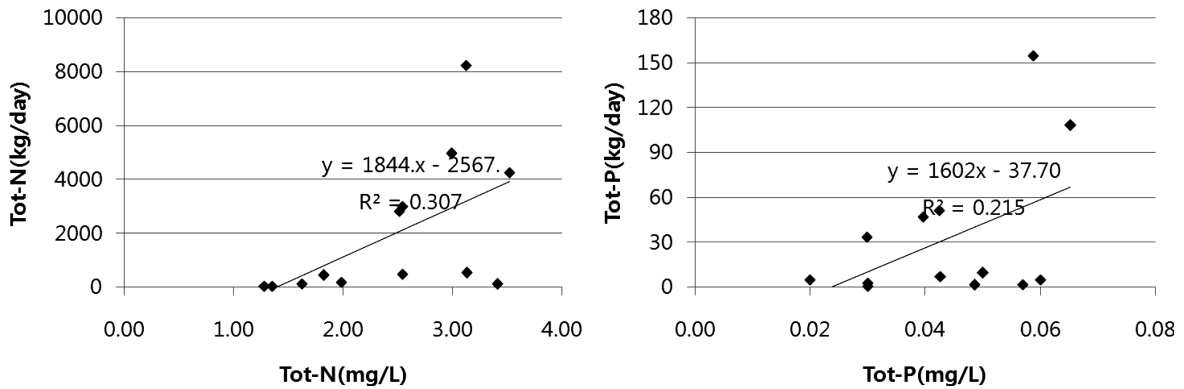
(Unit : kg/ha)

Item	Month												Total
	'10.10	'10.11	'10.12	'11.01	'11.02	'11.03	'11.04	'11.05	'11.06	'11.07	'11.08	'11.09	
Tot-N (%)	2.02 (1.7)	0.73 (0.6)	0.79 (0.7)	0.15 (0.1)	0.44 (0.4)	1.43 (1.2)	5.51 (4.7)	16.06 (13.6)	17.79 (15.1)	30.03 (25.5)	31.35 (26.6)	11.63 (9.9)	117.94 (100)
Tot-P (%)	0.03 (1.4)	0.01 (0.3)	0.01 (0.3)	0.01 (0.5)	0.001 (0.0)	0.02 (0.9)	0.09 (4.5)	0.28 (13.7)	0.31 (15.3)	0.54 (26.0)	0.56 (27.2)	0.20 (9.9)	2.06 (100)



a. Relationship between load and runoff of Tot-N    b. Relationship between load and runoff of Tot-P

Fig. 13 Relationship of load and runoff in Tot-N and Tot-P



a. Relationship between load and concentration of Tot-N    b. Relationship between load and concentration of Tot-P

Fig. 14 Relationship of load and concentration in Tot-N and Tot-P

Table 6 Correlation coefficient of Runoff pollutant loads

Item	Runoff	Concentration	
		Tot-N	Tot-P
Runoff pollutant loads	Tot-N	0.993**	0.554*
	Tot-P	0.970**	0.465

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level

\* Correlation is significant at the 0.05 level

의 유출부하량과 유출량의 상관관계는 유출부하량과 수질농도간의 상관관계보다 높은 것으로 나타났다. 따라서 많은 강우량과 더불어 유출량이 증가하는 장마철에 집중되는 오염물질의 수계 유입 차단을 위한 처리시설 도입과 지속적인 모니터링을 통해 데이터베이스를 구축하고 관리방안을 마련하는 것이 필요하다고 판단된다.

#### IV. 결 론

농업유역 비점오염관리를 위해 동진강 상류유역인 행정교 지점에서 2010년 10월~2011년 9월까지 수행된 수문수질에 관

한 모니터링 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 월평균 기온은 1월에  $-4.9^{\circ}\text{C}$ 로 가장 낮게 나타났으며, 7월  $26.6^{\circ}\text{C}$ , 8월  $26.0^{\circ}\text{C}$ 로 조사기간 중 가장 높게 나타났다. 강우량은 총  $1595.8\text{ mm}$  중 집중호우로 인해 홍수 피해가 많이 발생하였던 8월에  $653.0\text{ mm}$ 로 가장 많은 양이 측정되었다.

2. 하천수질분석결과 수온은  $6.20\sim 23.90^{\circ}\text{C}$ 의 분포로 평균  $13.91^{\circ}\text{C}$ 를 보였다. pH는  $6.32\sim 7.78$  (평균  $6.77$ )로 나타났으며, EC는  $84.40\sim 126.50\ \mu\text{S/cm}$  (평균  $105.83\ \mu\text{S/cm}$ ), DO는  $6.80\sim 9.20\text{ mg/L}$  (평균  $8.10\text{ mg/L}$ ), BOD는  $0.40\sim 1.60\text{ mg/L}$  (평균  $0.93\text{ mg/L}$ ), COD는  $1.96\sim 4.41\text{ mg/L}$  (평균  $2.87\text{ mg/L}$ ), SS는  $59.60\sim 142.20\text{ mg/L}$  (평균  $95.95\text{ mg/L}$ ), Tot-N는  $1.28\sim 3.52\text{ mg/L}$  (평균  $2.45\text{ mg/L}$ ), Tot-P는  $0.02\sim 0.07\text{ mg/L}$ 의 범위로 평균  $0.04\text{ mg/L}$ 로 나타났다. 특히 영양염류인 Tot-N과 Tot-P의 농도는 약간의 상관성을 나타냈으며, 그 중 Tot-N은 BOD와 상관성을 보였고, Tot-P는 SS와 타 항목들과 비교 시 비교적 높은 상관성을 보였다.

3. 유출부하량 산정결과 Tot-N의 월 유출부하량은  $0.44\sim 31.35\text{ kg/ha}$ 범위 평균  $9.83\text{ kg/ha}$ 이었고, 연간 단위면적당 유출

부하량은 117.97 kg/ha로 산정되었다. Tot-P의 경우 연간 단위 면적당 유출부하량은 2.06 kg/ha로 월별로는 0.001~0.56 kg/ha의 범위로 평균 0.17 kg/ha로 나타났다. 또한 시기별로는 5~8월에 Tot-N의 경우 전체의 80.7%인 95.24 kg/ha가 유출되었고, Tot-P도 마찬가지로 이 시기동안 82.2%인 1.69 kg/ha가 유출된 것으로 산정되었다. 이는 강우 시 부하량이 집중되는 것을 고려하여 오염원 관리와 더불어 유역 내 침사지나 수변완충지대 설치 등이 필요한 것으로 판단된다.

4. 월별 유량과 Tot-N, Tot-P의 부하량과의 관계에서 상관성이 매우 높게 나타났다. 따라서 영양염류의 유출부하량은 유출량과의 상관성을 고려하여 수질관리 뿐만 아니라 유출량산정에 있어서도 정확한 분석이 필요하다고 판단된다.

본 논문은 한국농어촌공사 농어촌연구원의 “새만금 간척농지 비점오염 저감기술 개발” 연구과제로 수행된 연구결과의 일부 임

## REFERENCES

1. Choi, J. K., J. G. Son, J. W. Koo, K. S. Yoon, and Y. J. Kim, 2002. Characteristics of Tot-N and Tot-P Runoff Loadings of Churyeong-cheon Watershed in the Seonjin River Basin, *KCID Journal* 9(2): 43-50 (in Korean).
2. Ho, J. K., K. S. Oh, and B. G. Hwang, 2004. Analyzing Runoff Load of NPS for Rainfall Event in Hongje Basin, *Proceedings of the KAIS Fall Conference* 2004, 306-309 (in Korean).
3. Jeong, H. W., S. J. Kim, J. S. Kim, J. K. No, G. W. Park, J. G. Son, G. S. Yoon, K. H. Lee, N. H. Lee, S. W. Jeong, J. D. Choi, and J. Y. Choi, 2007, *Irrigation and drainage engineering*. Paju: Dongmyongsa.
4. Jeongeup-si, 2011. Statistical date of Jeongeup-si.
5. Kim, J. H., J. S. Lee, J. S. Ryu, K. D. Lee, G. B. Jung, W. I. Kim, J. T. Lee, and S. K. Kwun, 2005. Characteristics of Non-point Pollutants Discharge in a Small Agricultural Watershed during Farming Season, *Korean Journal of Environmental Agriculture* 24(2): 77-82 (in Korean).
6. Kim, M. R., and S. H. Lee, 2008. Pollution Loading and Water Analysis in Han River Watershed, *Proceedings of the KAIS Fall Conference* 403-406 (in Korean).
7. Kwun, S. K., 1998. Management Improvement and Perspective on Nonpoint Source of Water Pollution in Korea, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 40(11): 1497-1510 (in Korean).
8. Lee, G. B., J. C. Kim, J. H. Park, D. B. Lee, J. G. Kim, 2004. Assessment of Pollutant Loads for Water Enhancement in the Jeongeupcheon of Dongjin River, *Korean Journal of Environmental Agriculture* 23(1): 41-46 (in Korean).
9. Magettle, W. L., T. H. Lfft, J. D. Wood, R. A. Weismiller, and B. V. Lessley, 1989. Indian town best management practices demonstration fram: Summary of hydrologic and water quality monitoring, 1986-1988. Unpublished report to the Maryland Department of Agriculture, Agricultural Engineering Department, University of Maryland, Maryland.
10. Magettle, W. L., 1990. Water puality/land use: Water issues in the Middle Atlantic States, AES and CES of the University of Maryland system and USDA ARS Beltsville, Maryland. A Symposium paper held in Nov.
11. Ministry of Environment, 2004. The Standard Method of Water Analysis.
12. Ministry of Environment, 2010. Operating Plan of Water Quality Monitoring Network.
13. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Yeongsan River Flood Control Office. <http://www.yeongsanriver.go.kr/> Accessed 30 Dec. 2011.
14. Ministry of Environment, 2012. Basic Environmental Policy Act.
15. National Institute of Environmental Research, Water Information System. <http://water.nier.go.kr/> Accessed 30 Dec. 2011.
16. National Institute of Environmental Research, 2009. Long-term Monitoring and Control Measures of Nonpoint Soure Pollution from Major Land uses (3), 735P.
17. Park, J. Y., J. M. Oh, and Y. C. Kim, 2001. Runoff Characteristics of Major Pollutants at the Inflow Stream to Lake Sap-Kyo in Rainy Periods, *Korean Journal of Limnology* 34(1): 62-69 (in Korean).
18. Shin, Y. C., J. D. Choi, K. J. Lim, C. W. Lyou, J. E. Yang, and K. Y. Yoo, 2005. Pollutant Load Characteristics from a Small Mountainous Agricultural Watershed in the North Han River Basin, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 47(6): 83-92 (in



- Korean).
19. Son, J. G., J. K. Choi, J. W. Koo, J. D. Song, J. Y. Cho, and Y. J. Kim, 2006. Correlativity Analysis between Water Quality Items in the Dowoncheon Basin for Agricultural Watershed Management, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 48(4): 77-86 (in Korean).
  20. Son, J. G., J. W. Koo, J. K. Choi, J. Y. Cho, J. D. Song, and Y. J. Kim, 2005. Changes of Water Quality at Dowon-chon of the Dongjin River, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 2005 Oct. 28, pp. 574-579, (in Korean).
  21. Uhm, M. J., Y. H. Moon, B. K. Ahn, and Y. K. Shin, 2008. Assessment of Water Quality and Pollutant Loads on Agricultural Watershed in Jeonbuk Province, *Korean Journal of Environmental Agriculture* 27(2): 111-119 (in Korean).
  22. Yang, H. K., 2006. Runoff Characteristics of Non-Point Source Pollutants in Storm Event -Case Study on the Upstream and Downstream of Kokseong River, Korea-, *Journal of the Korean Geographical Society* 41(4): 418-434 (in Korean).
  23. Yoo, K. H., K. J. Lee, J. W. Seong, D. S. Kim, and J. C. Park, 2011. Runoff Characteristics of Non-point Pollutant Sources in an Agricultural Area Watershed, *Korean Journal of Limnology* 44(2): 178-186 (in Korean).
  24. Yu, M. J., D. B. Hong, Y. K. Cho, E. M. Gwon, and Y. H. Koo, 2000. Characteristics of Pollutant Runoff into Saemangeum Watershed Area, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers* 22(9): 1609-1616 (in Korean).