

# 평산시 농촌유역에서의 오염물질의 농도특성

## Characteristics of Concentration of Pollutants from a Rural Watersheds during Dry Days

오광영<sup>\*</sup> · 김진수<sup>\*\*</sup> · 간종범<sup>\*\*\*</sup> · 조재원<sup>\*\*\*\*</sup>

Oh, Kwang Young · Kim, Jin Soo · Khan, jong bum · Cho, Jae Won

### Abstract

Characteristics of concentration of pollutants such as total nitrogen(T-N), total phosphorus(T-P) and chemical oxygen demand(COD) during dry days of 2002~2003 were investigated for streamwater from a rural watershed. Water was sampled and discharge was measured at 5-days intervals at outlet of study area. The mean concentrations of pollutants in non-irrigation and irrigation period not significantly different. For increasing discharge in 2002, TN concentration increased but COD concentrations decreases.

*Key words:* Concentration of pollutants, T-N, T-P, COD, Rural watershed, non-irrigation and irrigation period.

## 1. 서론

공공수역으로 유입하는 오염원은 점오염원과 비점오염원으로 구성된다. 점오염원은 도시의 생활하수나 공장폐수 등으로 이뤄지며, 배출량이 강우시나 비강우시에 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나, 비점오염원은 산지, 초지, 농경지 등과 같이 넓은 면적에 분포하며, 기상조건이나 지형, 지질에 영향을 많이 받아 유출특성을 파악하는데 어려움이 있다. 신은성 등(2001)은 우리나라의 농업비점오염문제는 외국과 달리 대단위 침식물보다는 고밀도 경작에 따른 가축분뇨 및 비료사용 등에 의한 영양물질이 문제가 되고 있어 농업지역 비점오염물질의 기여정도를 파악하고 관리방안을 도출하기 위해서는 많은 유역에서 비점오염물질 유출특성에 관한 연구가 필요하다고 제시하였다.

이에 본 연구는 점오염원이 적은 농촌유역을 대상으로 TN, TP 및 COD의 유출부하 특성에 대하여 검토하고자 한다.

## 2. 조사지구 개요 및 조사방법

### 2.1 조사지구개요

본 연구는 충청북도 청원군 낭성면(동경 127. 35' ~ 127. 37', 북위 36. 37' ~ 36. 40')의 농촌유역을 대상으로 하며, 조사유역에는 대규모의 축산단지나 공장 등의 점오염원이 거의 존재하지 않는다. 본 유역의 면적은 6.5 km<sup>2</sup>이고, 주하천(인경천)의 길이는 5.42 km, 형상계수는 0.22인 유로연장에 비하여 너비가 좁은 형상이다. 인경천은 남한강의 지류로서 유역에는 인경산(해발 582 m)과 가래산(해발 540 m)이 위치하고 있다. 토지이용 형태를 보면 산지 84.5%, 논 5.3%, 밭 10.2%로서 산림과 농지가 95% 이상을 차지하고 있다

\* 정회원 · 충북대학교 농공학과 박사수료 · E-mail: dreams01@nate.com

\*\* 정회원 · 충북대학교 농과대학 교수 · E-mail: jskim@cbnu.ac.kr

\*\*\* 정회원 · 충북대학교 농공학과 석사과정 · E-mail: hally883@nate.com

\*\*\*\* 정회원 · 충북대학교 농공학과 석사졸업 · E-mail: wp8190@nate.com

(Fig. 1).

산림의 식생은 침엽수림 53%, 활엽수림 31%, 혼효림 16%로 소나무와 낙엽송이 주류를 이루고, 주요 발작물로 쌀과 고추, 배추, 인삼 등이 있다(충청북도 청원군, 2001).

토양의 특성은 임야의 경우, 표토는 황적색의 자갈이 있는 미사질양토이고 심토 및 기층은 적색, 농갈색, 흑색의 자갈이 있는 미사질양토로서 소나무, 리기다소나무, 산오리나무, 싸리, 참나무 등의 임목에 적합한 토양이다. 전답의 경우, 표토는 농암회갈색의 자갈이 있는 미사질양토이고, 심토 및 기층은 농암회갈색, 농암갈색의 자갈이 많은 미사질양토이다.

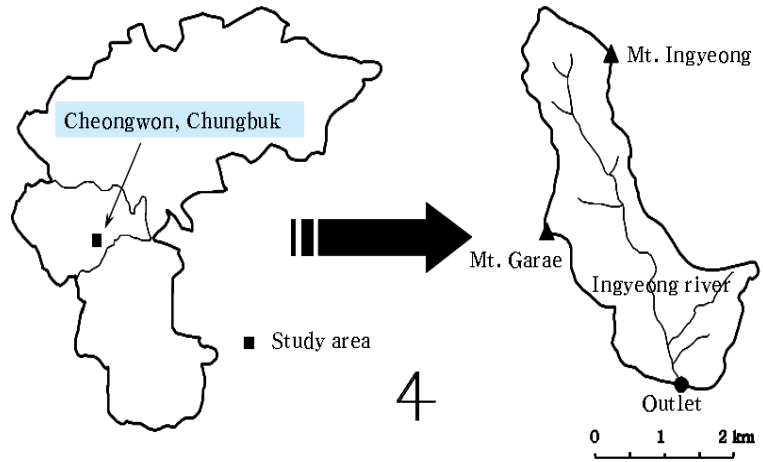


Fig 1. Layout of study area

## 2.2 조사방법

본 연구는 2002년 1월 17일부터 2003년 8월 30일까지의 평균 5일 간격으로 수량 및 농도를 측정하였다. 유출량은 유역말단에 압력식 수위계(WL-14 Water Level Logger)를 설치하여 1시간 간격으로 수위를 측정하였고, 측정된 압력과 5일 간격으로 측정된 유량과의 관계곡선을 이용하여 1시간 마다의 유량을 압력으로부터 추정하였다.

강우는 유역으로부터 약 1 km거리에서 측정된 청원군 낭성면사무소에서 측정된 강우자료를 사용하였다. 수질자료는 5일 간격으로 유량측정시에 채수하였으며, 1회의 강우사상에 대해서는 2~6시간 간격으로 채수하였다.

수질은 T-N, T-P 및 COD의 3항목에 대하여 분석하였다. T-N과 T-P분석은 환경부의 수질오염공정시험법(환경부, 1997)에 의한 흡광광도법으로 측정하였고, COD<sub>cr</sub>은 Standard Methods(American Public Health Association, 1995)에 의한 중크롬산칼륨(K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)을 이용하여 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 강수량 및 유출량

조사기간(2002. 1. 17~2003. 8. 30)중 2002년 1월부터 12월까지의 강우량과 2003년 8월까지의 강우량은 각각 1,156 mm, 1,533 mm로 기록되었다. 2003년의 강우량이 2002년 강우량에 비하여 같은 기간동안(1~8월) 1.6배 가량 높은 강우량을 나타냈다.

2002년과 2003년의 유출량은 각각 640 mm, 1,068 mm로 측정되어, 유출률은 55%와 70%를 보였다. 평균비유량은 각각 0.017 m<sup>3</sup>/s · km<sup>2</sup>과 0.049 m<sup>3</sup>/s · km<sup>2</sup>으로

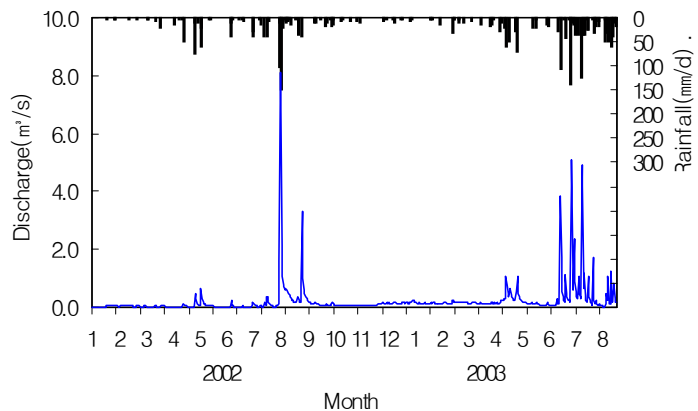


Fig 2. Seasonal variation of rainfall and discharge in study area

나타났다. 2003년의 비유량이 2002년에 비해 증가한 것은 잦은 강우의 영향 때문으로 생각된다. 이러한 영향들을 고려하여, 본 연구에서는 2002년과 2003년의 비관개기와 관개기를 각각 구분하여 분석하기로 하였다.

### 3.2 농도 특성

유출수의 농도는 2002년과 2003년에 대하여 각각 비관개기(1~4월, 10~12월)와 관개기(5~9월)로 구분하였는데, 수질특성은 Table 1과 같다. 여기서, 평균농도는 유량가중 평균을 이용하였다.

2002년 비관개기 동안의 TN과 TP 및 COD의 평균농도는 각각 2.24 mg/L, 0.04 mg/L, 5.72 mg/L이고, 관개기 동안 각각의 평균농도는 2.38 mg/L, 0.05 mg/L, 4.35 mg/L으로 나타났다. t검정결과 두 기간동안 유의적인 수준( $p < 0.05$ )에서 농도 차가 인정되지 않았다.

Table 2는 유량의 증가에 따른 농도의 변화를 보인 것이다. 2002년의 유량증가에 따른 농도변화를 살펴보면, T-N의 농도는 비관개기와 관개기 모두에서 증가하는 경향을 보였고, COD는 관개기에 감소하는 경향을 보였다. COD농도가 저유량보다 고유량시 감소하는 원인은 저유량시 침전된 유기물 등이 유량증가에 따라 희석효과가 나타나기 때문으로 사료된다.

2003년의 유량증가에 따른 농도변화는 2002년과 다른 경향을 나타냈다. 비관개기에 T-N과 T-P 농도가 유량의 증가에 따라 증가하는 것으로 나타났는데, 2002년과 다르게 T-P 농도가 증가하는 것은 강우의 영향을 받았기 때문으로 사료된다.

Fig. 3은 평균 월별 농도변화를 나타낸 것이다. T-N 농도는 10월부터 점차 상승하여 논밭의 시비기인 4~5월경에 3 mg/L 가량의 높은 농도를 나타냈는데, 이는 논밭의 시비에 의한 영향으로 생각된다. 또한, T-P 농도는 4월~8월까지 높은 농도를 보였는데, 이는 강우에 의해 토양속의 인이 유출되었기 때문으로 생각된다. COD 농도는 2월에 급속히 증가하는 경향을 보였는데, 이는 지표면에 축적되어 있는 낙엽이나 토양 내 축적되어 있는 부식토로부터 발생하는 유기물이 용설수와 함께 유출되는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 김 등(2003)에 의한 산지계류수의

Table 1. pollutant concentrations in dry days

[unit : mg/L]

Period	Constituent	No. of samples	Mean	Max	Min
2002	Non-irrigation	TN	2.24	6.34	0.33
		TP	0.036	0.166	0.002
		COD	5.72	20.41	0.55
	Irrigation	TN	2.38	4.00	0.22
		TP	0.047	0.016	0.024
		COD	4.35	11.17	0.65
2003	Non-irrigation	TN	2.55	5.95	0.84
		TP	0.047	0.228	0.008
		COD	3.48	6.39	0.60
	Irrigation	TN	2.82	5.17	1.53
		TP	0.059	0.127	0.015
		COD	4.75	7.00	2.65

Table 2. Relationship of concentration and discharge during dry days [Unit: C(mg/L), Q(m<sup>3</sup>/s)]

Period	Concentration	No. of samples	C-Q equation	r <sup>2</sup>
2002	Non-irrigation ①	T-N	$C=3.44Q^{0.32}$	0.16*
		T-P	$C=0.049Q^{0.36}$	0.09
		COD	$C=3.37Q^{-0.03}$	0.001
	irrigation ②	T-N	$C=3.87Q^{0.37}$	0.48**
		T-P	$C=0.036Q^{-0.04}$	0.01
		COD	$C=1.90Q^{-0.29}$	0.39**
	Total (Dry days) ①+②	T-N	$C=3.78Q^{0.35}$	0.36**
		T-P	$C=0.040Q^{0.17}$	0.05
		COD	$C=2.15Q^{-0.20}$	0.10*
2003	Non-irrigation	T-N	$C=4.24Q^{0.44}$	0.43**
		T-P	$C=0.081Q^{0.72}$	0.62**
		COD	$C=4.32Q^{0.23}$	0.07
	irrigation	T-N	$C=2.86Q^{0.11}$	0.16
		T-P	$C=0.044Q^{-0.14}$	0.08
		COD	$C=3.92Q^{-0.07}$	0.02
	Total (Dry days)	T-N	$C=3.06Q^{0.22}$	0.27**
		T-P	$C=0.047Q^{0.21}$	0.07
		COD	$C=3.96Q^{-0.07}$	0.62

\* :  $p < 0.05$ ,

\*\* :  $p < 0.01$

유출수에 대한 연구에서도 보고되었다.

#### 4. 결론

본 연구는 2002년 1월부터 2003년 8월까지 비점원 주체의 농촌유역에서의 유출수를 대상으로 오염물질(T-N, T-P, COD)의 농도변화 특성을 파악하였다. 여기서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 비관개기와 관개기간의 TN과 TP 및 COD의 평균농도는 2.24~2.38 mg/L, 0.04~0.05 mg/L, 4.35~5.72 mg/L로 같은 것으로 나타났다.
2. 2002년의 T-N농도는 비관개기와 관개기 모두 유의적( $p < 0.01$ )으로 증가하고, COD는 관개기에 감소하는 경향을 나타냈다.
3. 평균 월별 농도변화에서, T-N은 논밭의 시비기인 4~5월에 높은 농도를 보이며, T-P는 강우에 의한 영향으로 4~8월에 높고, COD는 2월의 융설기에 융설수와 함께 유기물의 유출로 인해 높게 상승하는 경향을 보였다.

#### 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 3-4-1)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

1. 김진수, 김선중, 오광영, 오승영, 김재수, 정용호(2003). 산지 계류수에서의 총질소, 총인 및 COD의 유출부하, 한국수자원학회논문집, 제36권 제5호, pp. 787-797.
2. 충청북도 청원군(2001). 청원통계연보.
3. 환경부(1997). 수질오염공정시험방법, pp. 199-209.
4. 신은성, 최지웅, 이동훈(2001). 농업지역의 비점원오염물질 유출특성에 관한 연구, 한국물환경학회지, 17(3), pp. 299-311.

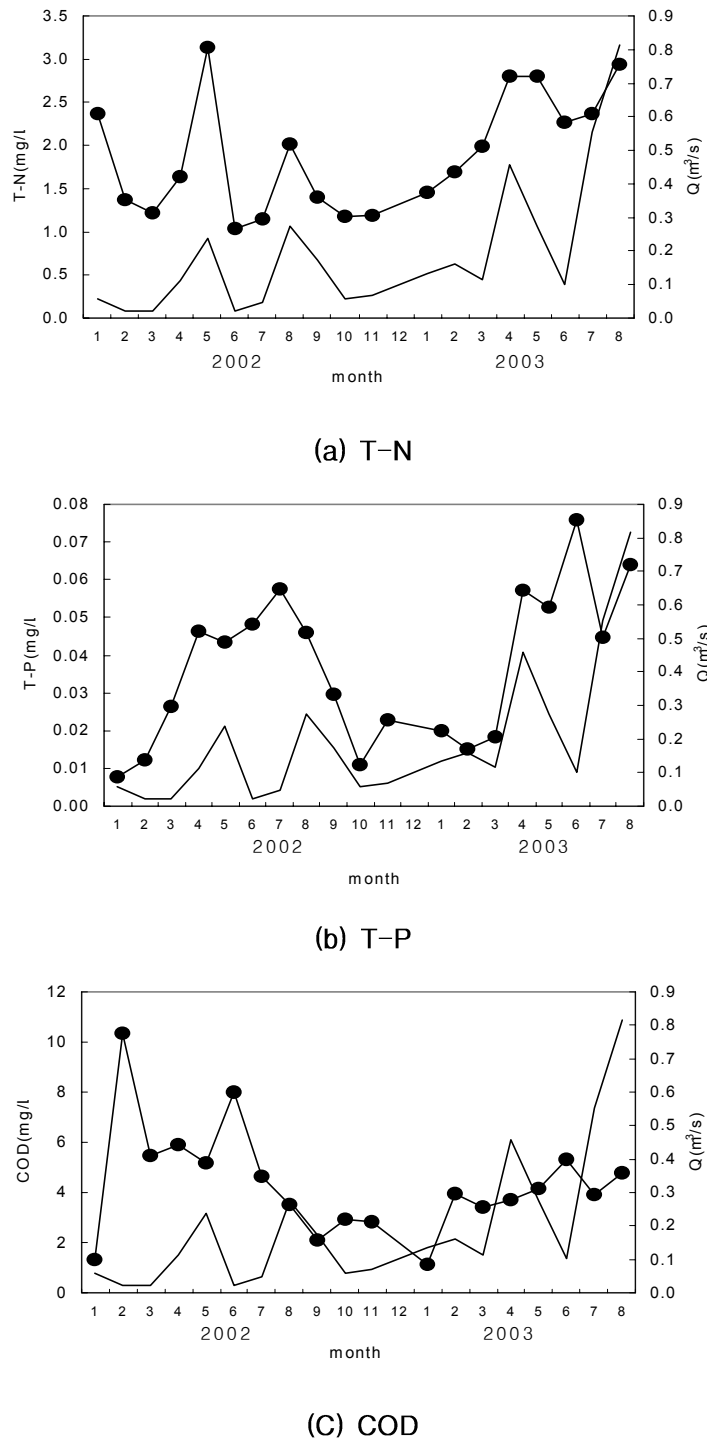


Fig 3. Monthly concentrations of pollutants and discharge