

# 북한강수계 농업 소유역의 수질변화 모니터링

## Monitoring on Water Quality Changes of Rural Watersheds in the North Han River Basin

최 중 대 · 양 재 의 · 김 도 환\* · 최 병 용 · 최 경 진 · 박 지 성(강원대)  
Choi, Joong Dae · Yang, Jae E · Kim, Do Hwan · Choi, Byung Yong ·  
Choi, Kyoung Jin · Park, Ji Sung

### Abstract

Stream and groundwater qualities of two rural watersheds in the upper North Han river basin were monitored for 14 months. Six to eight stream sampling sites and two to three groundwater monitoring wells were chosen and water samples were regularly collected and analyzed with respect to total nitrogen (T-N), total phosphorus (T-P) and total suspended solids (TSS). Monitored data were graphically analyzed with respect to time. Rainfall amount and intensity seemed to have an impact on stream T-N and T-P concentration changes. TSS concentrations were generally lower than the first class stream water quality standard. Both stream and groundwater qualities near livestock feedlot areas were degraded, indicating the feedlots have an impact on water quality.

### I. 서 론

1960년대부터 추진 되어왔던 경제개발계획은 국민들에게 경제적인 풍요를 안겨다 주었다. 하지만 환경을 고려하지 않은 무분별한 개발은 생태계와 인간을 위협할 정도의 심각한 오염문제를 초래하게 되었다. 이 중에서 가장 관심거리인 분체층의 하나가 수자원오염에 의한 대도시 상수원으로 사용되는 호수의 오염이다. 수자원은 점원오염(Point Source Pollution)뿐만 아니라 비점원오염(Nonpoint Source Pollution)에 의해서 오염되고 있다.

비점원오염이란 토지이용이나 오염된 대기 때문에 발생하는 지표수 및 지하수의 오염을 말하며 따라서 어느 한 지점이 오염원을 배출하는 지점이라고 단정할 수 없는 넓은 지역에서 등시다발적으로 일어나는 오염을 말한다(Magette, 1989).

비점원오염의 대표적인 오염물질은 부유토사, 총질소, 총인 등으로 농업지역에서 주로 발생되고 있다. 총질소와 총인을 포함한 영양물질들은 농경지에 시비한 화학 및 유기질 비료의 직접유출에 의하거나 토사에 흡착되었다가 강우시 토사의 유실과 함께 하천 및 지하수로 유입된다. 우리나라의 비점원오염 연구용역에 의하면 유역에서 수계로 유입되는 총오염원 중에서 비점원오염이 차지하는 부하량은 SS 54.7%, BOD 16.1%, T-P 26.2% 그리고 T-N 50.4%로 나타

났다(환경부, 1995). 따라서 수자원을 효율적으로 보호하기 위해서는 비점원오염에 관한 연구와 통제가 반드시 필요하다고 할 수 있겠다.

본 연구에서는 북한강수계 상류부에 위치한 춘천시 부근에서 2곳의 서로 다른 농업소유역을 선정하고 이들 유역에서 하천수 및 지하수의 수질변화를 주기적으로 모니터링하고 자료를 분석하여 오염원의 계절적 변화를 기술하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 대상지역

연구유역은 북한강 상류 농업의 특성을 대표할 수 있는 산촌형 농업이 이루어지는 유역과 중류의 농업을 대표할 수 있는 농업유역을 각 1곳씩 선정하였다. 북한강 상류의 산촌형 농업을 대표할 수 있는 유역은 강원도 춘천시 남산면 수동리 유역으로 11.17 km<sup>2</sup>의 유역면적에 토지는 주로 논, 밭, 시설하우스, 소규모 축산업 등으로 이용되며 상류와 하류부에는 양계장이 각각 한 군데씩 위치해 있다(Figure 1). 북한강 중류의 농업을 대표할 수 있는 유역인 춘천시 서면 방동리 유역은 14.74 km<sup>2</sup>의 유역면적으로 수동리 보다 유역면적이 넓고, 유역의 경사가 완만하며, 논, 밭, 축산업 등으로 사용되는 면적이 넓다(Figure 2). 연구대상 유역인 남산면 수동리 유역의 하천은 강촌을 거쳐 의암댐 하류의 북한강으로 유입한다. 수동리 유역의 출구와 북한강과는 약 4 km 떨어져 있다. 서면 방동리 유역의 하천은 의암호로 유입하며 유역의 출구와 의암호와는 약 500 m 정도 떨어져 있다. 수동리 유역에는 공장 등 점오염원 배출시설은 없고, 좁고 가파른 산간계곡을 개간하여 농업이 이루어지는 전형적인 산촌형 곡간지 농업이 주된 산업형태이다. 수동리 유역에서는 담배, 옥수수, 감자, 콩 등이 주로 재배되는 밭작물이다. 방동리 유역의 주요한 재배작물은 배추, 무, 감자, 담배, 고추 등이다.

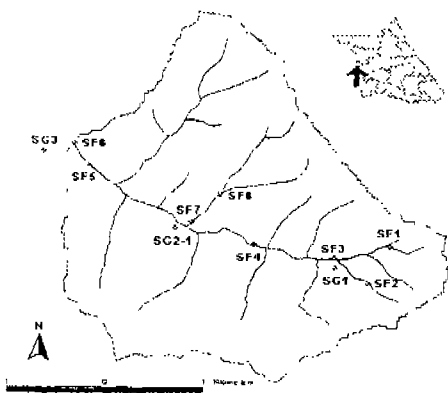


Figure 1. Sudong Ri Watershed and sampling locations

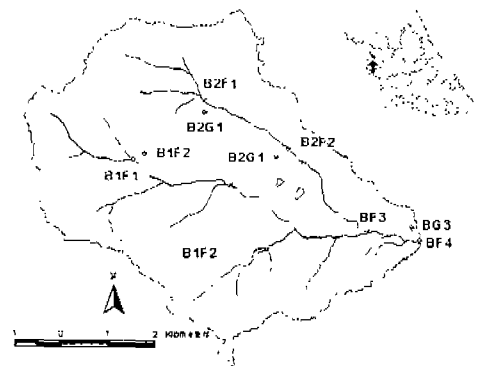


Figure 2. Bangdong Ri Watershed and sampling locations

### 2. 관측점의 선정과 수질 monitoring

소유역에서 배출되는 비점원 오염물질량을 평가하기 위한 Sampling은 매 2주마다 정기적으

로 수행하였다. 방동리 유역에서는 하천수질 측정지점을 유역의 상류와 중류 및 하류에 따라 6 곳을, 지하수는 4곳을 선정하였고, 수동리 유역에서는 하천수질 측정지점을 8곳, 지하수질 측정지점을 3곳을 선정하였다(Figure 1,2). 시료는 Ice Box를 이용해 실험실로 운반하여 수질공정 시험방법에 따라 T-N, T-P, TSS 등의 항목을 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 하천수 수질분석 결과

##### 가. T-N 분석결과

Figure 3과 Figure 4는 연구유역 하천수의 총질소 농도변화를 보여주고 있다. 두 유역사이 큰 차이는 발견할 수 없으나 비교적 높은 총질소 농도를 보여주고 있다. 특히 여름철에 높은 농도가 자주 나타나고 있어 강우시 하천 주변으로부터 많은 양의 유기물이 유입되고 있음을 알 수 있다. 그래프 상에 나타나는 98년과 99년의 농도 변화는 98년이 99년 보다 강우량이 많아 총질소의 농도가 물에 희석되어 낮아진 것으로 사료된다. 호소수질 1급수의 T-N농도가 0.2 mg/l 임을 감안하면 유역에서 배출되는 하천수의 T-N농도가 매우 높음을 알 수 있다.

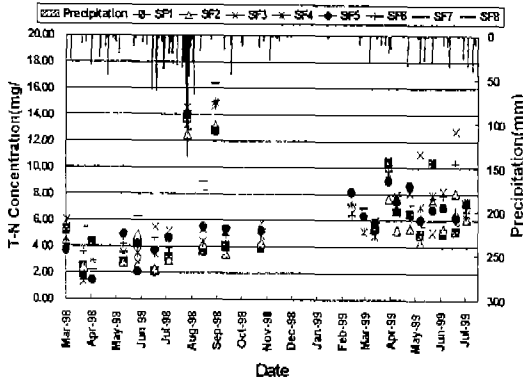


Figure 3. T-N concentration change of Sudong stream whit time

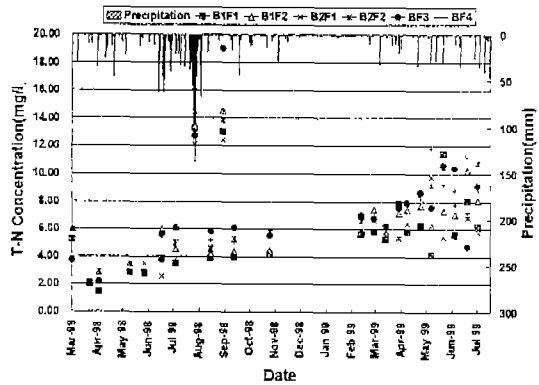


Figure 4. T-N concentration change of Bangdong stream whit time

수동리 지역에서 나타나는 특징은 주거지와 양계장이 위치한 SF3지점의 총질소 농도가 하류 지점보다 평균적으로 높게 나타나고 있다는 점이다. SF3지점은 유량에 비해 하상폭이 넓어서 유속이 느리고 생활하수가 정화처리 없이 하천으로 방류되고 있다. 이러한 현상은 농촌지역의 생활하수가 하천의 오염에 많은 영향을 미친다는 것을 잘 보여주는 예이다.

##### 나. T-P 분석결과

Figure 5와 Figure 6은 하천수의 총인 농도변화를 보여주고 있다. 하천수 수질등급에서 총인 항목은 없으나 호소수질 1등급의 총인 농도가 10 ppb인을 감안하면 연구유역에서 배출되는 총인 농도는 상대적으로 매우 높다.

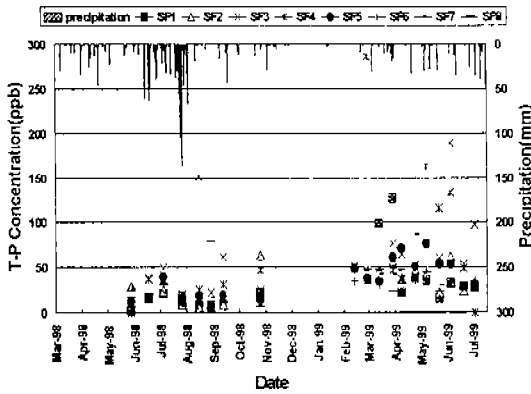


Figure 5. T-P concentration change of Sudong stream with time

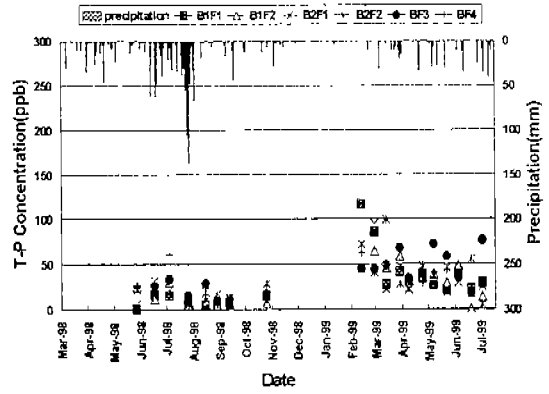


Figure 6. T-P concentration change of Bangdong stream with time

총질소와 마찬가지로 수동리 유역 SF3과 SF4지점에서 총인의 농도가 다른 지점의 농도보다 높게 나타났다. 이는 총질소의 경우와 같은 이유에 의한 결과라고 사료된다. 방동리의 경우는 상류에서 하류로 내려올수록 총인의 농도가 높게 나타나고 있는 있지만 강우와 계절에 따른 농도 변화를 예측하기에는 좀더 지속적인 연구가 필요하다.

#### 다. TSS 분석결과

지표수중 총부유물질은 지역과 시기에 따라 변화가 심하고 일정한 경향을 보이지 않았다. 이는 지표수중 부유물질이 강우, 영농시기, 논물의 유입 등에 영향을 받을 수 있기 때문으로 사료된다. 영농방법, 토지이용 및 강우에 따른 TSS의 변화양상은 보다 장기적인 모니터링이 수행된다면 보다 자세히 기술할 수 있을 것이다. 정기 샘플링시 측정된 TSS의 농도변화는 Figure 7과 8에 나타냈다. 하천수의 TSS농도는 하천수 수질기준인 25 mg/l보다 대체적으로 작은 값을 보였다.

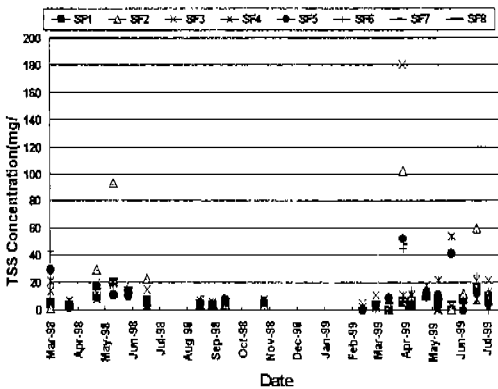


Figure 7. TSS concentration change of Sudong stream with time

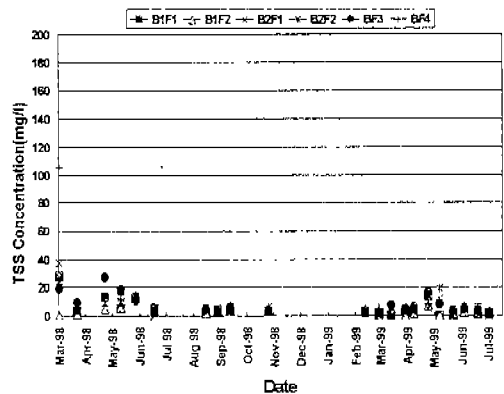


Figure 8. TSS concentration change of Bangdong stream with time

## 2. 지하수 수질분석 결과

지하수에서 각 분석항목의 농도변화 양상은 지표수의 변화 형태와 비슷한 형태를 보이고 있다. T-N의 농도는 두 유역 모두 지표수보다 높게 나타나고 있어 지속적으로 유기물과 영양염이 유입되는 것으로 생각할 수 있다.

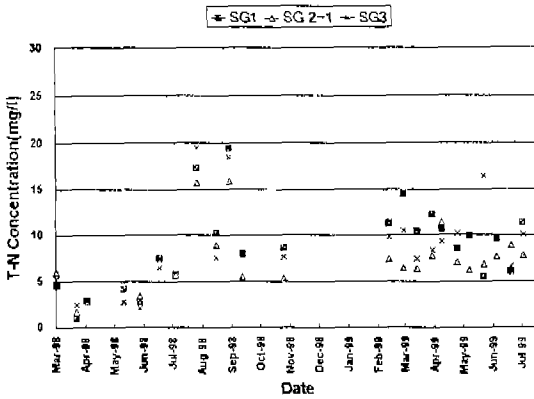


Figure 9. T-N concentration change of Sudong groundwater with time

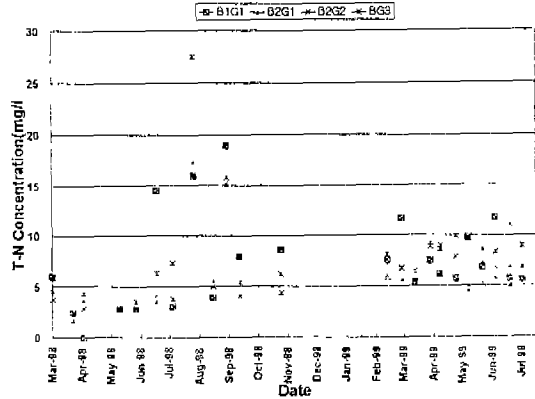


Figure 10. T-N concentration change of Bangdong groundwater with time

Figure 9와 10에서 볼 수 있듯이 농업지역(SG1, SG2-1, B2G2, BG3)의 T-N농도가 다른 지역의 농도보다 높게 나타나고 있다. 이 지역들은 농업이 주된 산업이므로 이들 질소는 농업활동에 기인된다고 판단할 수 있다. 하지만 좀더 지속적으로 토지이용과 지하수 수질과의 관계를 모니터링하여 영양염류와 유기물의 지하수 유입원인 구명과 저감방법의 개발이 요구된다.

지하수중 T-P의 농도는 지표수보다 낮은 수준으로 나타났다. 이는 인산이 토양에 강하게 흡착, 고정되는 성질 때문인 것으로 사료된다.

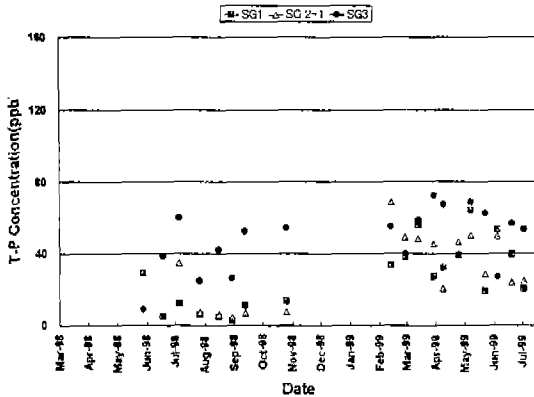


Figure 11. T-P concentration change of Sudong groundwater with time

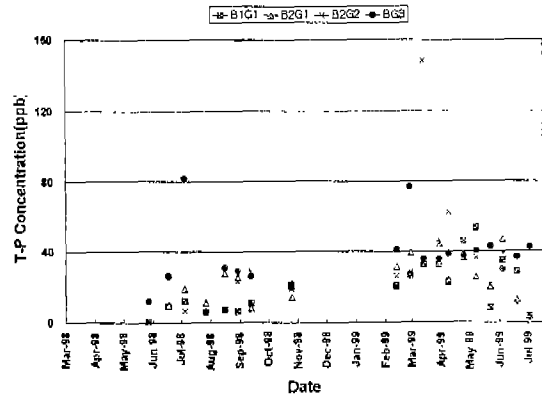


Figure 11. T-P concentration change of Bangdong groundwater with time

Figure 11과 12에서는 축산지역(B2G1, SG3)의 T-P농도가 다른 지역에 비해 높게 나타나고 있다. 특히 SG3지점은 다른 지점에 비해 연중 약 150%정도 높게 나타나고 있어 가축에 의한 지하수의 오염이 계절에 관계없이 지속되고 있음을 보여주고 있다.

#### IV. 결 론

본 연구는 북한강수계 상류부에 위치한 춘천시 부근의 서로 다른 2곳의 농업소유역을 대상으로 선정하여 이들 지역의 하천수와 지하수의 T-N, T-P, TSS농도를 모니터링 하였다. 모니터링 자료를 통하여 수질의 계절적 변화 및 토지이용별로 오염원이 수질에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 강우량이 많은 98년도 분석항목의 농도가 상대적으로 강우량이 적은 99년도에 비해 낮게 나타나고 있어 오염물질이 강우에 희석되어 낮은 농도를 나타내고 있는 것으로 판단되었다.
- 2) 방동리의 경우 분석항목의 농도는 상류에서 하류로 내려올수록 점차 증가하는 경향을 보이는데 반해 수동리의 경우 양계장과 주거지가 밀집되어 있는 SF3지점의 농도가 가장 크게 나타났다.
- 3) 연구유역에서 지표수의 T-N농도는 비교적 높게 나타났으며 여름철에 높은 농도가 자주 나타나고 있어 강우시 하천주변으로부터 많은 양의 유기물이 유입되고 있음을 알 수 있다.
- 4) 지하수의 T-N농도는 농업지역에서 높게 나타나 농업활동이 지하수 내의 질소농도에 많은 영향을 끼치는 것을 알 수 있다.
- 5) 지하수의 T-P농도는 축산지역에서 높게 나타났다. 이는 축산지역에서 지속적으로 가축을 사육하고 있어 지하수로 유입되는 T-P의 양이 많기 때문인 것으로 판단되었다.

본 연구는 교육부 학술진흥재단 '97 및 '98 대학부설연구소 지원사업(과제번호 008)으로 수행된 연구의 일부임.

#### 참 고 문 헌

1. 박승우, 류순호, 강문성. 1997. 소유역의 토지이용에 따른 비점원오염 부하량. 한국농공학회지 제39권 제3호.
2. 배상근. 1996. 지하수의 개발과 보전의 문제점 사례. 한국수자원학회, 제 29권 제6호.
3. 이혁재. 1995. 토지이용별 수질특성 변화 연구. 강원대학교 석사학위 논문.
4. 정상육. 1996. 농업배수가 지표수 및 지하수 수질에 미치는 영향. 한국농공학회 학술발표회 논문집
5. 최중대 등. 1993. 비점원 오염의 문제점과 관리방법. 한국수문학회 제35회 수공학 연구발표회 논문집, p. 509~517.
6. 최중대. 1996. 강원도 농촌유역의 지하수 수질과 하천수질. 한국농공학회 학술발표회 논문집.
7. 최중대. 1997. 비점원오염 연구에 관한 고찰. 한국농공학회지 제39권 제2호
8. 최중대. 1997. 농업소유역 하천의 수질변화에 관한 연구. 한국관개배수 제4권 제2호, pp. 25~37.
9. 환경부. 1995. 비점오염원 조사연구사업 보고서.
10. Magette, W. L. 1989. Citizen's Guide to Environmental Terminology. Cooperative Extension Service, University of Maryland, Water Resources 18.