

농촌 소유역에서의 지표수와 지하수의 영양물질 농도 비교

Comparison of the nutrient concentration between surface water and ground water in a rural watershed

송철민*, 김진수**, 오광영***, 권성일****, Jie Jiang*****
Chul Min Song, Jin Soo Kim, Kwang young Oh, Jie Jiang

Abstract

Nutrients were investigated for surface water, bottom sediment and ground water in a rural watershed from January 2006 to March 2007. The concentrations of TN and NO₃-N in ground water were higher than those in surface water due to fertilization on cabbage upland neighboring a river during March to August, but lower than those in surface water during September to February. However, the concentrations TP and PO₄-P in ground water were lower than those in surface water. The concentrations of TP and PO₄-P in surface water was lower than those in bottom sediment. The TP concentration in the bottom greatly decreased during rainy season. due to flush sediment of bottom, and then gradually increased.

key words: Phosphorus, Nitrogen, bottom sediment, surface water, ground water

1. 서 론

비점원오염은 유역 특성 및 수문조건에 따라 많은 영향을 받는 특성을 갖고 있다. 특히 강한 강우로 인한 많은 영양물질이 유출 되는 특성에 대해 국내외에서 연구가 이루어지고 있고, 하천으로 유입되는 지하수 수질 특성에 관한 연구도 보고되고 있다. 이러한 영양물질의 유출 부하 특성 연구는 Kim et al. (2006)이 논지대에 대하여, 오광영(2006)이 농촌 소유역을 대상으로 보고한 바가 있으며, 최중대 등 (1995)이 방목지와 초지의 지표수 및 지하수 수질 특성에 관한 연구를 수행하였다. 그러나 영양물질의 유출에 있어서의 지표수와 지하수의 상관관계, 기저 유출 되는 영양물질의 특성에 대한 연구는 많이 이루어지고 있으나, 하천 바닥에 퇴적된 저질의 거동에 대한 연구는 많지 않다.

본 연구는 지표수와 지하수의 영양물질 농도 특성을 조사하고, 하천바닥의 저질의 농도변화를 파악함으로써 강우시에 유출될 수 있는 저질의 유출특성에 대한 기초 자료 수집을 하고자 한다.

2. 연구지역

2.1 연구지역

조사지구는 충청북도 청원군 낭성면($127^{\circ} 35' \sim 127^{\circ} 37'$ E, $36^{\circ} 37' \sim 36^{\circ} 40'$ N)의 문박리와 인경리의 농촌유역이다. 조사유역의 하천은 인경산과 가래산에서 발원한 한강 지류인 인경천으로서 유역면적 6.7

* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 · E-mail : kaii2@dreamwiz.com

** 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 · E-mail : jskim@cbnu.ac.kr

*** 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 · E-mail : dreams01@nate.com

**** 정회원 · 충북대학교 농업생명환경대학 특별연구원 · E-mail : xing2@hanmail.com

***** 정회원 · 충북대학교 대학원 석사과정 · E-mail : mmmyy1108@hatmail.com

km², 하천장 5.4 km², 하상경사가 약 0.015, 형상계수 0.22인 유역특성을 가지고 있다. 현재 조사 지역에는 현재 축사는 없으며, 논7.7%, 밭9.5% 및 산림80.5% 등으로 농경지와 산림이 97.7%를 차지하고 있다.(Table. 1).

Table. 1 Summary of study area

Topographic characteristics					
Area (km ²)	River slope		Watershed shape factor		
6.67	0.015			0.22	
Land use					
	Forest	Paddy	Upland	Residential	Other
Area(km ²)	4.27	0.41	0.50	0.08	0.04
Percentage(%)	80.5	7.7	9.5	1.5	0.8
Total					

2.2 연구방법

조사기간은 2006년 1월부터 2007년 3월까지이며, 인경천 상·하류에 지점은 정하고, 하류의 하도 안에는 평상시 하천수가 흐르는 곳으로부터 5m 떨어진 지점에 지하수 측정점을 정하였다. 상·하류 지점에서 지표수, 저질, 지하수를 10일 간격으로 채수하고 유량측정을 실시하였다. 단, 하천 저질은 하류지점에서 06년 5월 21일부터 채취를 시작하였으며, 지하수는 4월부터 채취를 시작하였다. 지하수는 지표로부터 3m 깊이의 PVC파이프를 매설하고, 상단에 뚜껑을 설치함으로써 다른 오염원의 유입이 가능하지 않도록 하였다. 연속적인 유량자료를 얻기 위하여 압력식 수위계(WL-14 Water Level Logger)를 하류 측정지점에 설치하여 1시간 간격으로 압력값을 얻었고 압력-유량 관계식을 이용하여 이를 유량으로 환산하였다.

조사유역에는 강우량계(Data Logger)형)를 설치하여 강수량자료를 얻었다. 수질은 총질소(TN), 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$), 총인(TP), 인산성인($\text{PO}_4\text{-P}$) 4개의 항목에 대하여 분석하였다. 실험 방법으로는 수질 공정시험법에 따라 흡광광도분석법(환경부, 1997)을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

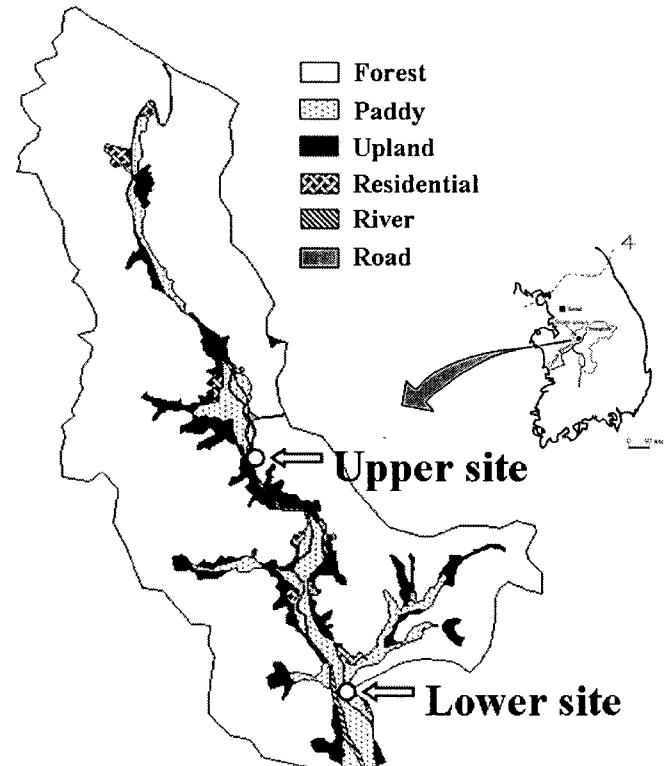


Fig. 1. Study area

3.1. 지표수의 영양물질 농도 비교

TN농도는 06년 4월 중순부터 5월 초순에 높게 나타났으며, 6월말과 7월 중순에 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 06년 4월부터 5월 초순까지, 6월부터 7월 중순까지 높은 농도가 나타나는 것은 이때 하천 주변의 논과 밭에 시비로 인한 영향 때문으로 생각된다. 06년 7월 중순 이후로는 농도가 점차 감소한 것으로 나타났다. 06년 7월말부터 07년 2월까지의 TN 농도는 1.5mg/L 이하의 낮은 수준으로 나타났다(Fig. 2 a).

TP농도는 강우가 많은 06년 5월 말부터 7월까지의 기간에 높게 나타났으며, 이는 5~7월까지 강우가 집중됨에 따라 이 기간에 토양침식과 함께 토양에 부착된 인이 많이 유출되었기 때문으로 생각된다. 강우가 적은 기간 중 TP 농도는 0.03mg/L 이하의 낮은 수준으로 나타났다(Fig. 2 b).

3.2. 상·하류 지표수의 영양물질 농도 비교

TN농도는 상·하류 모두 06년 4월 중순부터 5월 초순, 6월말과 7월 중순에 농도가 증가하는 것으로 나타났고, 7월 중순 이후로는 농도가 점차 감소한 것으로 나타났다. 상류는 06년 7월말부터 07년 2월까지 3.0mg/L이하로 나타났고, 하류는 2.0mg/L이하 수준으로 상류보다 큰 폭으로 감소하였다. Fig. 3 (a)에서 상·하류의 TN 농도는 상류가 하류보다 높은 수준으로 나타나고 있는데, 이는 Fig. 1에서 나타내는 것과 같이 상류는 대부분 밭이 매우 가까이 인접해 있으나, 하류는 대부분 논이 인접해 있기 때문에 상류에서는 질소의 유입이 밭을 통해 하천으로 쉽게 이루어지고 있는 반면에 하류에서는 논으로부터 유출되는 질소가 밭보다 크지 않기 때문으로 생각된다.

TP농도는 일반적으로 하류가 상류보다 높게 나타났는데, 이는 하류의 유량증가에 따라 입자성

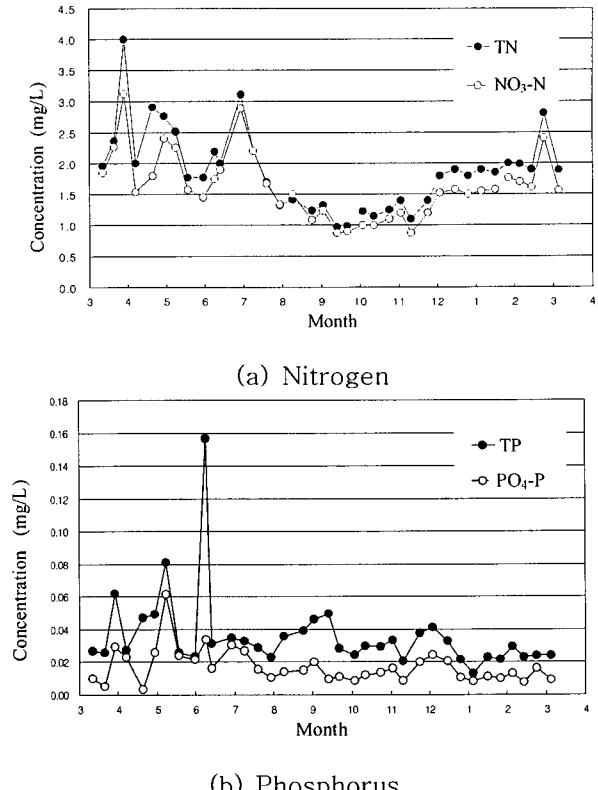


Fig. 2 Change of nutrient concentrations in surface water

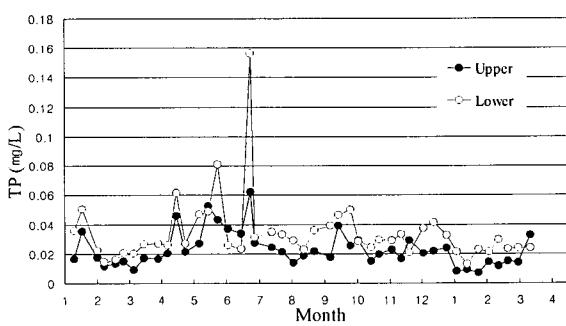
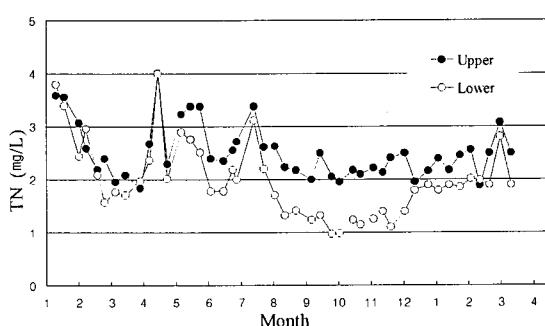


Fig. 3 Change of nutrient concentrations in Upper site and Lower site

인이 이동하기 쉽기 때문으로 생각된다. 특히 06년 6월 30일의 TP 농도가 가장 높게 나타났는데, 이는 하류 지점에서 상수도 공사에 의한 토사 유출 때문으로 생각된다(Fig. 3(b)).

3.3. 지하수 영양물질 농도 비교

TN 농도는 06년 4월부터 8월까지 영농기에는 밭에 시용된 비료의 영향으로 2.0mg/L 이상의 높은 농도를 보였으나, 06년 8월말부터 07년 2월까지 1.0mg/L 전후의 낮은 농도를 유지하다가 다시 상승하는 경향을 보였다. TP 농도는 06년 5월부터 9월까지 큰 폭의 변화가 나타났으며, 이는 06년 10월부터 07년 3월까지의 농도보다 높은 수준으로 나타났다.

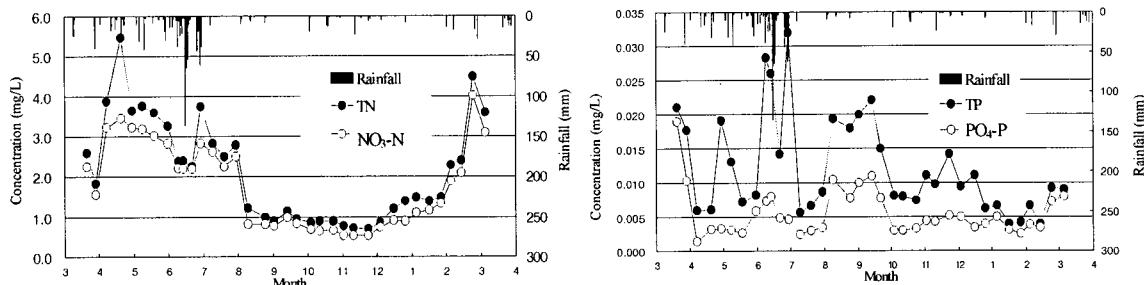


Fig. 4 Change of nutrient concentrations in ground water

3.4. 지표수와 하천 저질의 인의 농도 비교

저질의 TP농도는 06년 5월부터 06년 11월 까지는 감소하면서 낮은 수준의 농도로 유지가 되었지만, 11월부터는 점차적으로 증가하여 07년 3월말에는 0.60mg/L로 나타났다. TP농도는 저질이 지표수보다 높게 나타났는데 강우가 많은 7~8월에는 유량의 증가에 따라 저질이 셋거나가 저질과 지표수의 농도가 비슷하게 나타났다.

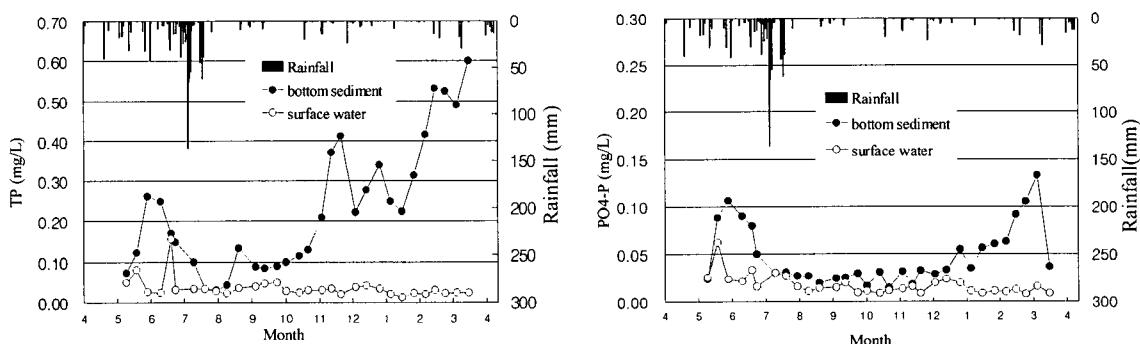


Fig. 5 Change of TP and PO4-P concentrations in bottom sediment and surface water

3.5. 지하수와 지표수의 TN, TP 농도비교

지하수와 지표수의 질소와 인의 농도 변화를 나타내면 Fig. 6과 같다. TN 농도 경우 관개기이면서 강우가 있는 06년 4월부터 8월말까지 지하수가 지표수보다 높게 나타나다가 06년 9월부터 07년 1월말까지 지표수가 지하수 보다 더 높게 나타났다. 4월에서 8월까지 지하수 농도가 지표수 농도보다 높게 나타나는 것은 양배추 밭에 시용된 비료성분이 지하로 침투되었기 때문으로 생각된다. 그 후 07년 1월말부터 다시 지하수 농도 값이 지표수 농도 값보다 높아지는 역현상이 나타났다. TP 농도는 항상 지표수가 지하수보다 높게 유지되는 것으로 나타났으며, 이는 인이 지하로 침투 되는 과정 중 토립자와 흡착되어, 농도 값이 낮게 나타나는 것으로 생각된다.

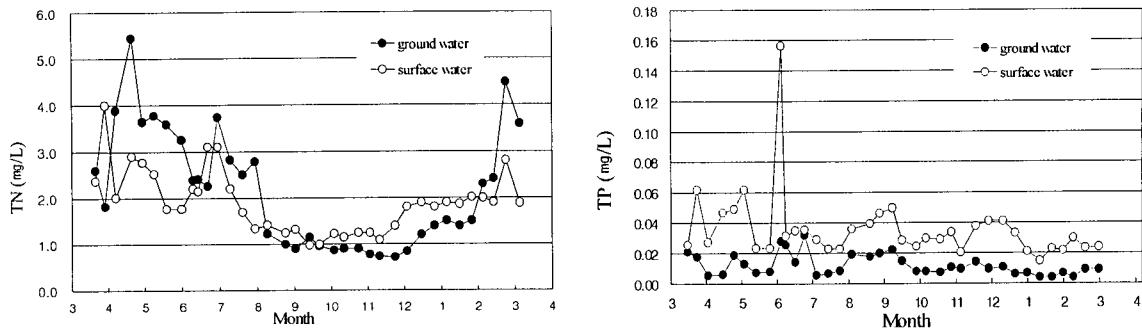


Fig. 6 Change of TN and TP concentration in ground water and surface water

4. 결 론

본 논문에서는 2006년 1월부터 2007년 3월까지 비점원으로 구성된 농촌유역을 대상으로 지표수, 지하수 및 저질 영양물질(TN, NO₃, TP, PO₄) 농도변화에 대해서 고찰하였다.

1. 지표수는 06년 1월부터 07년 3월까지의 질소와 인의 농도를 측정하였는데, 질소농도는 06년 4~6월의 시비 영향으로 농도 값이 변화가 있는 것으로 생각된다. 인농도는 6월 초순부터 7월까지 농도가 큰 폭으로 상승하였는데 이는 강우가 6~7월 사이에 집중하였기 때문으로 생각된다.
2. 지하수의 TN과 NO₃-N농도는 관개가 시작하는 06년 3월부터 8월까지 높게 나타났으며, 06년 8월말부터 07년 2월까지 낮게 나타났다. 또한 07년 3월부터 역현상이 나타나는데 이는 하천 주변의 시비가 시작됨으로써 점차적으로 06년과 같은 양상으로 상승할 것으로 예상된다.
3. 하천에서 저질과 표면수의 인농도는 장마철 전에 저질이 표면보다 높은 수준을 나타내고 있으며, TP농도는 0.26 mg/L 이상을 기록하고 있다. 그러나 2006년 7월초부터 말 이후의 농도는 급격히 감소를 보이고 있는데, 이는 강한 강우에 의해 하천저질에 있는 퇴사가 쟁겨나갔기 때문으로 생각된다. 또한 2006년 9월말부터는 지속적인 증가 추세를 보이고 있는데, 이는 계속적인 퇴적으로 생각되며, 저질은 강한 강우시에 유출되는 잠재 부하로서 생각되어진다.
4. 지하수 TN 농도는 06년 3월부터 8월 말까지 지하수가 지표수 보다 높은 농도로 나타났다. 06년 8월말부터는 지표수가 지하수보다 높은 값을 나타내고 있었으며, 07년 2월 말부터는 다시 지하수가 지표수보다 높은 값을 나타냈다. 이는 유역내의 논과 밭에 시비되는 비료가 지하로 침투되었기 때문으로 생각된다. 인농도는 지표수가 지하수보다 높은 농도로 유지 되는 것으로 나타났는데, 이는 인비료의 시비 후 식생의 흡수 이외의 여분의 인이 지하수로 침투되는 도중에 토립자와 강한 흡착하기 때문에 지표수가 지하수보다 높은 농도로 유지 되는 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. J. S. Kim, S. Y. Oh, K. Y. Oh, 2006, Nutrient runoff from a Korean rice paddy watershed during multiple storm events in the growing season, Journal of Hydrology, 327, pp. 128~139.
2. 오광영, 2006, 농촌유역에서의 비점원 오염물질의 유출농도와 부하특성, 충북대학교 박사학위논문
3. 최중대, 최예환, 김기성, 1995, 방목지와 초지의 지표수 및 지하수 수질 특성, 한국수자원학회지, 28(3), pp. 175~186.
4. 환경부, 1997, 수질오염공정시험방법