

평상시 광역논에서의 오염물질의 농도 특성

Concentrations of Pollutants at Paddy Field Areas during Dry Irrigation Periods

오 승 영* · 김 진 수(충북대) · 김 규 성(농기공) · 권 순 국(서울대)

Oh, Seung Young · Kim, Jin Soo · Kim, Kyu Seong · Kwun, Soon Kuk

Abstract

This study describes the characteristics of concentrations of pollutants such as total nitrogen(T-N), total phosphorous(T-P), and chemical oxygen demand(COD) at paddy areas during 2-year dry irrigation periods. Most of pollutants concentrations in drainage water are lower than those in irrigation water after early July due to large uptake of pollutants by rice crop and denitrification. For drainage water, the concentrations of pollutants are constant irrespective of discharges and the average T-N/T-P ratios water range from 14 to 44, suggesting that phosphorous is limiting.

I. 서론

우리나라에서 논은 1998년 현재 약 116만 ha로서 농경지의 약 61%를 차지하고 있어, 배수에 의한 비료성분의 유출은 호수와 같은 하류 폐쇄성 수역의 수질에 큰 영향을 미치고 있을 것으로 예상된다. 논으로부터의 배수와 같은 비점원(非点源) 오염은 저농도이나 수량이 많아 상당량의 오염부하량이 유출되고 있는데, 강우와 같은 자연적 요인 뿐만 아니라 물관리나 시비량과 같은 인위적인 요인에 크게 좌우되고 있는 것으로 알려져 있다(김 등, 2000). 비점원 오염은 그 발생원이 불특정하고 광범위하게 분포하고 있어 사후처리보다는 그 유출과정을 규명하여 발생원 대책을 취하는 것이 최선의 방법이라 할 수 있다.

일본에서는 1970년대부터 호소 부영양화의 방지책의 일환으로서 논으로부터의 오염물질의 유출에 관한 연구가 시작되어 상당한 결과가 축적되어 있다. 여러 필지로 이루어진 광역논에서의 수질 모니터링은 농민에 의한 농업활동으로 인해 실제적인 논에서의 오염부하의 유출입 상태를 가장 잘 파악할 수 있다. 우리나라에서도 여러 연구자에 의하여 광역논에서의 수질에 관한 모니터링(김 등 1999)이 수행되어 일련의 연구성과를 얻고 있다. 그러나 이상의 연구는 모두 질소와 인을 중심으로 1년간의 측정에 의한 것으로 오염물질의 유출입 특성을 정확히 파악하기 위해서는 보다 장기간에 걸친 수질관측이 요구되고 있다.

이에, 본 연구에서는 두 개의 광역논 지구에서의 2년간의 모니터링 자료를 이용하여 관개기 평상시(강우가 없는 시기)의 오염물질의 농도 변화 특성을 구명하고자 한다. 여기서 오염물질은 농업용수에서 주요 수질항목인 T-N, T-P 및 COD(화학적산소요구량)을 대상으로 한다.

II. 조사지구의 개요 및 조사 방법

1. 조사지구의 개요

본 연구의 조사지구는 충청북도 청원군 옥산면 소로리(이하 '소로지구'라 함)와 청주시 오동동(이하 '오동지구'라 함)의 충적 평야 지대에 위치하고 있다(Fig. 1). 이 두 지구는 용·배수가 분리된 경지정리가 된 곳으로서 용·배수로 이외에는 외부로부터 물의 유출입이 없고, 이 곳의 용수는 금강수계 제1지류인 미호천에서 취수되어 관개 후에는 다시 미호천으로 배수되고 있다. 소로지구는 농경지 면적이 41.9ha이며, 단위구획 면적이 1ha(100m×100m)로서 용·배수로는 콘크리트로 되어 있다. 한편 오동지구는 농경지 면적이 25.4ha이며, 단위구획 면적이 0.3ha(30m×100m)로서 용·배수로는 흙수로 되어 있다.

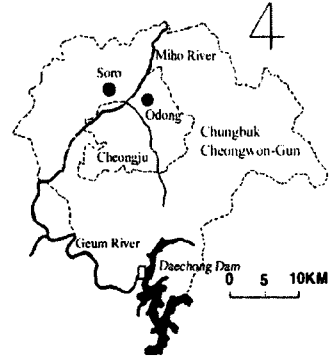


Fig. 1 Study area

2. 조사 방법

조사기간은 1998년과 1999년의 관개기 동안(5월 초순~9월 중순)이며 조사는 강우시를 피하여 5월 중순에서 6월 중순까지의 시비기에는 평균 5일 간격, 그 외에는 평균 10일 간격으로 실시하였다. 수질샘플은 소로지구에서는 용수로 시점 3곳, 용수로 말단 3곳, 배수로 3곳, 논표면수 2곳, 침투수 2곳에서 얻었고, 오동지구에서는 용수로 시점 3곳, 용수로 말단 3곳, 배수로 2곳, 논표면수 2곳, 침투수 2곳에서 얻었다.

또한, 유량은 용수로시점과 말단 그리고 배수로 말단에서 측정하였다. 논표면수는 논의 중간부분에서 채수를 하였으며, 침투수는 PVC 유공관을 사용하여 논바닥 아래 약 1m 되는 지점에서 채수하였다.

T-N과 T-P의 농도는 환경부의 환경오염공정시험법에 의한 흡광광도법으로 분석하였고, COD 농도는 Standard Method에 의한 중크롬산칼륨을 이용하여 분석하였다.

III 결과 및 고찰

1. 시간적 농도변화

가. T-N

용수의 농도는 5mg/L이하로 거의 일정한 반면, 배수 농도는 소로지구에서는 시비의 영향으로 6월 초순에 11.7mg/L를, 오동지구에서는 5월 20일경에 8.2mg/L, 6월 초순에 7.2mg/L를 나타냈다가 감소하여 변동폭이 크게 나타났다. 수비기(7월 중순~7월 하순)에는 질소가 시비되었음에도 불구하고 배수 농도는 증가하지 않았으며, 두 지구 모두 7월 초순 이후로는 대부분의 배수 농도가 용수 농도보다 낮아지는 것으로 나타났다.

논표면수의 농도는 시비 직후에 높게 되어, 6월 중순경에 소로지구에서는 최대 6.2mg/L, 오동지구에서는 최대 8.2mg/L를 나타냈고, 수비기인 7월 하순에 소로지구에서는 4.0mg/L, 오동지구에서는 7.5mg/L까지 증가하였다가 감소하는 것으로 나타났다. 침투수 농도는 소로지구에서는 5월 하순에 최대 6.6mg/L까지 증가하였다가 감소하였으나, 오동지구에서는 5월 하순에 4.1mg/L을

보였다가 감소한 후, 관개후기로 갈수록 증가하여 두 지구가 서로 상이한 결과를 나타냈다.

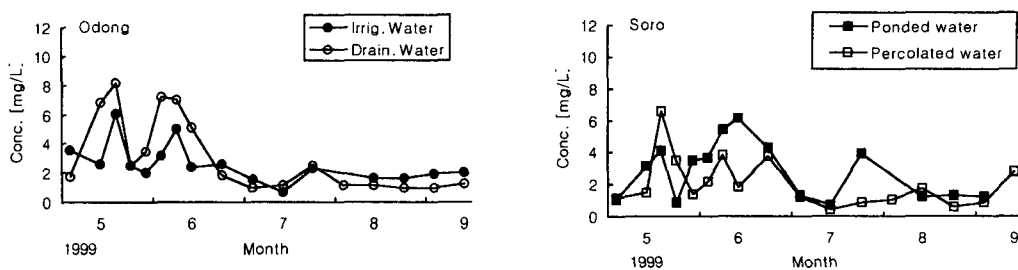


Fig. 2. Temporal variation in concentrations of T-N

나. T-P

용수농도는 두 지구 모두 시비기인 5월 20일 경에 최대 0.20mg/L까지 증가했으나 그 이후로는 대부분 0.10mg/L 이하로 거의 일정하였다. 배수 농도는 소로지구에서는 5월 초순에 최대 0.28mg/L까지 증가했다가 감소하고, 오동지구에서는 5월 20일경에 최대 0.51mg/L를 기록했다가 감소하는 큰 변동폭을 나타냈다.

논표면수 농도는 소로지구에서는 6월 10일경에 최대 0.44mg/L까지 증가하였으며, 오동지구에서는 6월 초순에 최대 0.59mg/L까지 증가하였다. 이와 같이 인이 실제로 투여되지 않는 분얼비기에 농도가 높아지는 것은 논 가운데에서의 시비작업으로 토양이 교란되어 토양표면에 흡착되어 있던 인이 물에 용해되었기 때문으로 사료된다. 한편, 침투수 농도는 시비의 영향을 거의 받지 않아, 논표면수에 비해 아주 낮고 시기별로 거의 일정하게 나타났다.

다. COD

용수 농도는 두 지구 모두 5.8~19.3mg/L 사이에서 비교적 일정하게 변동하고 있는 반면, 배수 농도는 관개 초기에 증가하여 6월 중순에 소로지구에서는 34.1mg/L, 오동지구에서는 44.2mg/L를 기록하였다가 10.0mg/L 이하로 용수 농도보다 낮아지는 경향을 나타냈다. 이와 같이 6월 중순에 배수의 COD 농도가 높게 올라가는 것은 시비 및 Fig. 5(a)의 오동지구에서와 같이 6월 초순경의 배수 수온의 상승(23°C에서 30.5°C)의 영향으로 유기물이 증가하기 때문으로 생각된다.

논표면수 농도는 소로지구에서는 분얼비기인 6월 초순에 34.9mg/L, 수비기인 7월 하순에 37.8 mg/L를 기록했으며, 오동지구에서는 배수와 같이 6월 중순에 최대 71.0mg/L까지 기록하였으나 6월 하순 이후로는 10~20mg/L로서 비교적 낮게 나타났다. 침투수 농도는 소로지구에서는 항상 논표면수의 농도에 비하여 낮은 농도(1.0~17.6 mg/L)를 보였으며, 오동지구에서는 7월 초순(22.7 mg/L)를 제외하면 20.0mg/L 이하로서 논표면수의 농도에 비하여 낮게 나타났다.

T-N, T-P 및 COD의 전 항목에서 7월 초순 이후로는 대부분의 배수농도가 용수농도보다 낮게 나타났는데, 이것은 비에 의한 영양염류의 흡수 및 탈질작용이 상승하기 때문으로 생각된다

2. T-N/T-P 비

Fig. 3은 용·배수의 T-N/T-P비를 나타내는데, 검은 점은 각 측정 샘플을 나타내며, 흰 점은 관개시기별 평균값을 나타낸다. 관개기 전체의 평균 T-N/T-P비는 용수가 32.7, 배수가 28.5이며,

관개시기별 평균 T-N/T-P비는, 용수의 경우 관개초기에 44.2, 관개중기에 25.4, 관개후기에 20.7이며, 배수의 경우 관개초기에 41.2, 관개중기에 33.9, 관개후기에 13.9를 나타냈다. 평균 T-N/T-P비는 용·배수가 관개초기로부터 관개후기로 갈수록 점점 저하하는 것으로 나타났다.

T-N/T-P비가 7.2일 때 호소 부영양화의 원인이 되는 조류는 가장 잘 성장할 수 있는 조건이 되는데, 일반적으로 T-N/T-P비가 20보다 크면 인이 제약 인자가 되고, 5보다 작으면 질소가 제약 인자가 되는 것으로 알려져 있다 (Thomann and Mueller, 1987). 호소 수질에 크게 영향을 미치는 배수의 경우, 관개기 전체의 T-N/T-P비인 28.5는 미국에서 제시된 농업비점원 유출수의 평균값인 28(Thomann and Mueller, 1987)과 거의 같고, 조류성장에 있어서 T-P가 제약인자로 되고 있다. 그러나, 관개후기로 갈수록 T-N/T-P 비는 저하하여 T-P의 제약인자로서의 조건은 약화되고 있는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

본 논문에서는 1998~99년의 강우가 없는 관개기 동안 하천관개를 하는 두 개의 광역논을 대상으로 오염물질(T-N, T-P 및 COD)의 농도 변화 특성을 검토하였다. 여기서 얻은 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 7월 초순 이후로는 배수농도가 대부분 용수농도보다 낮게 나타났는데, 이것은 벼에 의한 영양염류의 흡수작용 및 탈질작용이 증가하기 때문으로 생각된다.
2. 배수의 T-N/T-P비의 평균값은 28.5로서, 조류성장에 있어서 인이 제약인자가 되고 있으나, 관개후기로 갈수록 T-N/T-P비는 저하하여 인의 제약인자로서의 조건은 약화하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김진수, 오승영, 김규성, 1999, 광역논에서의 질소·인의 농도와 오염부하량 특성, 한국농공학회지, 41(4), pp. 47~56.
2. 김진수, 이종진, 오승영, 2000, 시비조건에 따른 단위 논에서의 영양염류의 농도 특성, 한국관개배수, 7(1), pp. 47~56.
3. Thomann, R. V., and Mueller, J. R., 1987, Principles of surface water quality modeling and control, Harper and Row, pp. 399-404.

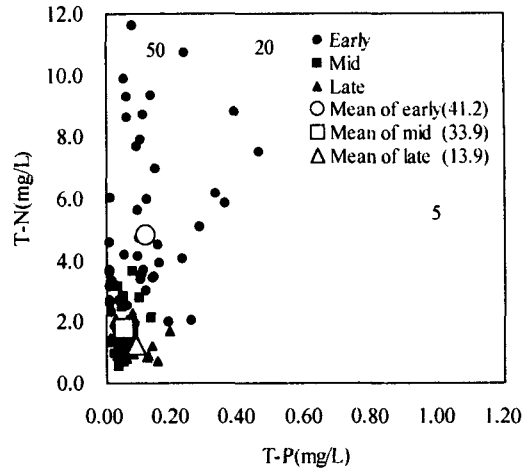


Fig. 3. Comparison of concentrations between T-N and T-P at drainage water