

논에서 일주기 수질조사시 채수빈도가 오염부하량 산정에 미치는 영향

Effects of Sampling Frequency During Storm Period on Estimation of Pollutant Load from Paddy Field

한국헌* · 윤광식 · 조진구(전남대) · 조재영(전북대)

Han, Kuk-Heon · Yoon, Kwang-Sik · Cho, Jin-Goo · Cho, Jae-Young

Abstract

In order to examine effects of sampling frequency during rainfall-runoff process from paddy field on the estimation of pollution load, EMCs of several water sampling frequencies were examined. It was found that the difference of EMCs between one time sampling and two hours consecutive sampling during storm event showed 34.1~ -19.1% for T-N, 55.4~-27.3% for T-P, 68.5~-41.0% for the SS, respectively. Five times sampling reduced difference of EMCs compared to those two hours interval sampling to 15.2~-15.2% for T-N, 20.0~-26.2% for T-P, 28.6~-35.7% for the SS, respectively.

I. 서론

오염부하량은 유량과 이에 상응하는 오염물질 농도를 곱하여 산정하고 있다. 유량과 오염물질 농도는 유출기간동안 시간에 따라 다르게 나타나고, 유량은 수위-유량 관계식을 유도하면 자기수위계를 이용하여 연속적으로 측정할 수 있지만, 최근 센서 기술의 발달에도 불구하고 유출수나 하천 내의 오염물질 농도를 연속 측정하기는 어려운 실정이다. 그래서, 오염부하량 산정의 정확성을 기하기 위해서는 샘플 채수 회수가 많을수록 좋으나, 많은 수의 샘플 채수는 실내분석시 인력과 장비 및 소요경비 때문에 제한 받지 않을 수 없다. 따라서, 측정된 수질자료를 이용하여 측정되지 않은 기간의 농도를 보간법으로 산정하여 오염부하량을 추정하는 것이 일반적으로 시행되고 있는 방법이다. 현재까지 논에서의 강우-유출시 채수 빈도가 오염부하 산정에 미치는 영향에 대한 연구는 이루어지지 않고 있어 한정된 수질 자료를 이용한 오염부하 산정시 집중적으로 샘플 채취한 경우에 비해 어느 정도 차이를 가지는지 규명하는 것은 모니터링에 따른 오염부하량 산정결과의 신뢰 범위 파악뿐만 아니라 경제적인 샘플 채수 빈도 수립에 필요하고도 중요하다.

따라서, 본 연구에서는 필지논에서 유출수를 2시간 간격으로 연속 채수하여 일주기 수질측정자료를 이용하여 강우시 논의 유출수로부터 집중적으로 수질 샘플링 자료를 취득한 경우와 그렇지 않은 경우 오염부하량 차이를 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험포장 및 측정시설

본 연구에서 사용된 시험포장은 1995년 5월에 경지정리가 완료된 곳으로 전라북도 진안군 마령면 평지리에 위치한 전형적인 수도작 농업지대로 장변 100m, 단변 50m로서 면적은 5,000m²이고, 본 시험포장의 토양은 지산미사질양토이다.

시험포장에 설치된 시설로는 강수량 측정을 위한 우량계 1조, 관개수량 측정을 위해

관개수 유입구 옆에 유량계 1조, 유출수량 측정을 위해 자기수위계 및 웨어 시설 1조를 설치하여 웨어에서 유출되는 수위를 측정한 다음 웨어유량공식을 이용하여 일별 유출수량을 산정하였다. 모든 측정 기기는 1997년 5월 1일부터 1998년 4월 30일까지 운영하였다.

2. 시험포장의 운영

시험포장은 1997년 5월 13일에 논갈이를 하고 담수를 시킨 후, 5월 26일에 재배품종은 화선찰벼로 하여 재식거리 15×30cm, 1주당 3본씩 기계이앙을 실시하였고, 9월 29일에 수확하였다. 비영농기간 동안에는 수확후 벼짚을 전량 논토양에 살포하고 비경운 상태로 두었다가 1998년 3월 20일에 1차 논갈이를 한 다음, 4월 25일에 2차 논갈이를 실시되었다.

시비량은 5월 22일에 모내기 기비로 질소 107.2kg/ha, 용성인비 27.2kg/ha를 전층시비하였으며, 6월 13일에 분얼비로 질소 73.6kg/ha을, 7월 28일에 수비로 질소 36.8kg/ha 수준으로 시비된 것으로 조사되었다. 본 시험포장에 시비된 화학비료의 양을 농촌진흥청의 추천시비량(N : P : K = 110 : 80 : 70 kg/ha)과 비교하면 질소의 경우 약 198% 그리고 인의 경우 약 34% 수준으로 시비되고 있었다.

3. 시료채취 및 분석방법

유출수는 강우시 유출이 발생할 때마다 2시간 간격으로 시험포장의 웨어 유출구에서 채수하여 4℃ 이하의 온도에서 보관하여 분석시료로 사용하였다. 부유물질은 시료 1000mL를 취하여 유리섬유여지법으로, T-N은 수질시료 500mL를 취하여 각각 환원증류-킬달법과 중화적정법으로 분석하였고, T-P는 수질시료 500mL를 취하여 50mL로 농축한 다음 ascorbic acid reduction법에 기준하여 분석하였다.

4. 강우-유출사상에 대한 오염부하 추정시 채수 빈도의 영향

강우유출사상 채수빈도에 따른 유출사상평균농도(EMC, Event Mean Concentration)와 유량가중평균농도와 차이를 고찰하기 위해 조사기간 총 9개에 강우-유출사상 중 6개를 이용하여 각 수질자료를 1, 2, ………, n개(n = 최대 샘플수)까지 각 샘플횟수별로 무작위로 추출 가능한 모든 채수 조합을 가지고 평균농도(EMC)를 산정하여 최대 샘플수의 EMC와의 차이를 비교·고찰하였다.

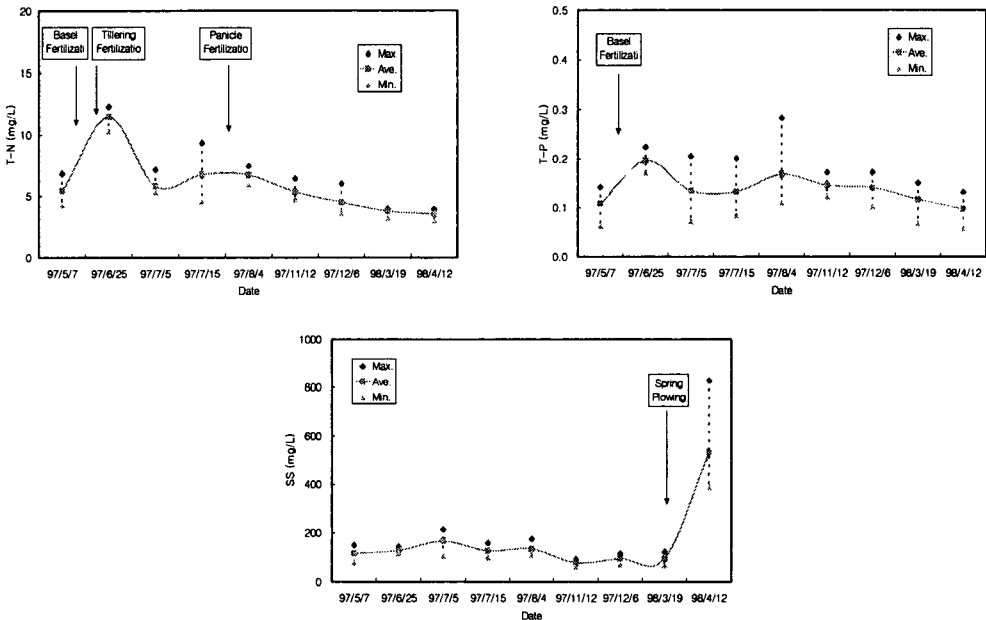
III. 결과 및 고찰

1. 강우-유출사상별 평균농도와 최대 및 최소농도의 비교

1997년 5월부터 1998년 4월까지 발생한 총 9개의 강우-유출사상에 대해 유출수를 2시간 간격으로 연속 측정하여 시기별 T-N, T-P, SS 농도의 강우사상에 대한 평균농도와 최대 및 최소농도 변화는 <Fig. 1>에 나타난 바와 같다. 각 강우사상 유출수의 EMC는 T-N의 경우 1997년 5월 7일 5.366mg/L 이었다가 6월 25일 11.456mg/L의 최고치를 보였다. 이는 분얼비 이후에 논에 희석된 고농도의 유출수가 강수에 의해 유출된 것으로 보이고, 이후 점차 농도가 감소하는 경향을 보이다가 7월 28일 수비의 영향으로 8월 4일 농도가 잠시 증가한 이후 점차 감소하였다. 이로 보아 T-N 농도변화는 시비 후 강수의 영향이 큰 것으로 판단된다.

T-P는 1997년 6월 25일 0.196mg/L의 최대치를 보였고, 1997년 8월 4일 유출 사상을 제외하고는 전체적으로 0.097~0.145mg/L의 범위를 보였다. 이는 인산비료가 기비로 년중

1회 시비되며, 논 토양에 존재하는 인은 시비 직후 거의 대부분이 토양입자에 흡착되어 이동성이 낮은 형태로 전환되기 때문에 시비영향이 T-N에 비해 적고 년중 농도 변화는 크지 않는 것으로 사료된다. 유사 유출을 나타내는 지표인 SS(부유물질)의 경우를 살펴보면, 영농기간에는 124.5~164.4mg/L, 비영농기간에는 76.6~114.8mg/L의 농도를 보여 비영농기가 영농기보다 약간 낮은 농도로 나타났다. 이는 수확 후 논에 살포된 볏짚의 영향과 동절기 저온에 의한 표면 동결현상에 기인하는 것으로 보인다. 하지만 1998년 3월 20일의 1차 논갈이의 후 1998년 4월 12일 57.3mm 강수에 의한 SS 평균농도는 531.4mg/L로 크게 높아진 것으로 나타났다.



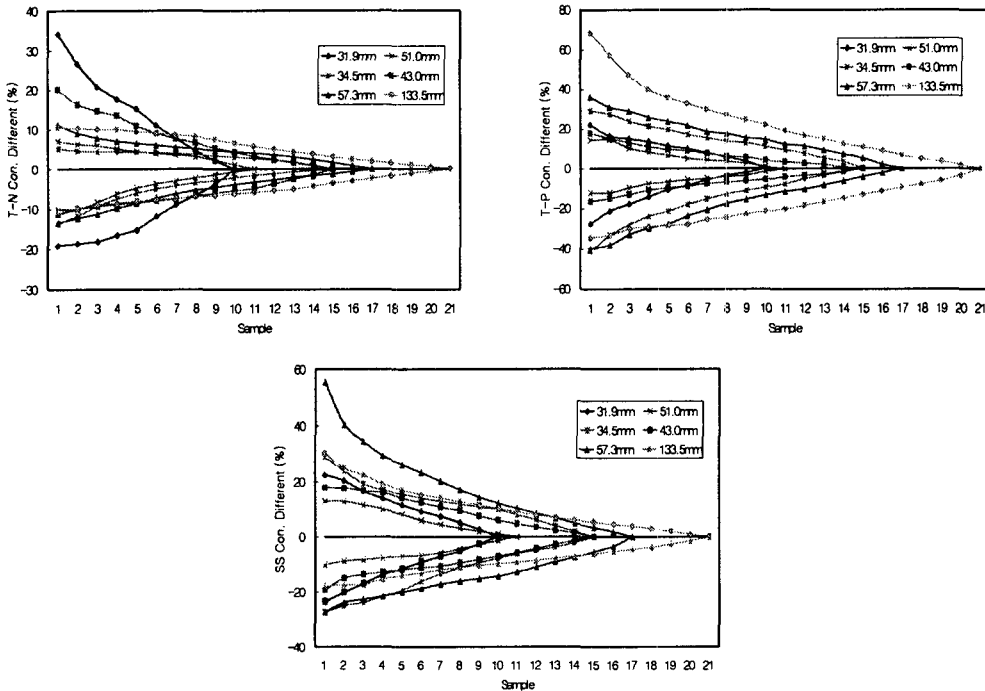
<Fig. 1> Max, Ave, Min Concentrations of T-N, T-P, SS of each storm event

2. 채수 빈도가 오염부하량 산정에 미치는 영향

논에서 강수에 의한 유출이 발생할 때 샘플 채수 빈도가 오염부하 산정에 미치는 영향을 알아보기 위해 샘플횟수에 따른 모든 조합을 추출하여 각 샘플횟수별 산술평균을 구하여 전체 관측한 경우의 산술평균의 차이를 비교하였고, 차이가 10% 범위 내에 들어갈 샘플횟수를 결정하고자 하였다. 강우-유출사상에 따른 2시간 간격 수질자료로부터 샘플횟수에 따른 모든 경우의 수에 대한 평균의 최대, 최소와 전체 산술평균과의 차이를 나타내면 <Fig. 2>와 같다.

T-N의 경우 1회 추출시에 전체 산술평균과 -19.1~34.1%까지 차이가 생기는 것으로 나타났고, 5회 추출시에는 -15.2~15.2%까지 차이가 생기는 것으로 나타났다. 차이범위가 10% 내에 들어가기 위한 샘플수는 일주기 조사시 6회 정도 샘플을 실시하면 될 것으로 사료된다. T-P의 경우에는 1회만 샘플을 하였을 경우에는 최대 55.4%까지 차이가 생기는

경우도 발생하였지만, 전반적으로 20% 이상의 차이를 보였는데, 5회 샘플을 실시한 경우 차이범위는 -20.2~26.2%의 차이를 보였다. 차이가 10%이내가 될 샘플수는 장시간 유출이 발생할 때는 최대 11회 정도, 단시간 유출이 발생할 경우에는 6회 정도 실시하면 될 것으로 판단된다. SS의 경우에는 장시간 유출 발생시 초기에 농도는 높고 후기에는 농도가 낮아 농도변화가 커서, 1회 추출시 최대 68.5%까지 차이가 발생하였고, 전반적으로 25% 이상의 차이를 보였다. 5회 샘플을 실시한 경우 차이 범위는 -28.6~35.7%의 범위를 보였고, 차이가 10%내외로 될 샘플수는 단시간 유출 발생시는 4회 정도 실시하면 될 것으로 판단된다.



<Fig. 2> Relative differences of EMC according to sampling frequency compared to EMC of two hour interval sampling

IV. 결론

한정된 수질 자료를 이용 오염부하 산정시 집중적으로 많은 샘플을 채취한 경우에 비해 어느 정도 차이를 갖는지를 규명하는 것은 모니터링에 따른 오염부하량 산정결과의 신뢰 범위 파악뿐만 아니라 경제적인 수질 샘플 채수빈도 수립에 꼭 필요할 것으로 사료된다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 강우-유출 사상에 대해 1회 채수하면 2시간 간격으로 채수한 경우에 비해 T-N은 -31.84~40.16%, T-P는 -47.86~60.8%, SS는 -36.2~64.5% 내의 차이가 있음을 알 수 있었다. 5회정도 채수하면 많은 수의 샘플을 채수한 경우에 비해 T-N은 -15.2~15.2%, T-P는 -20.0~26.2%, SS는 -28.6~35.7%의 범위안에서 오염부하를 추정할 수 있는 것으로 나타났다.