

갈수년 광역논에서의 오염부하의 유출 특성

Runoff of Pollutant Loads from Paddy Field Area in a Dry Year

*오 승 영 · 김 진 수(충북대)

*Oh, Seung Young · Kim, Jin Soo

Abstract

We investigated net outflow load and unit load of pollutants from a paddy fields area in dry year 2001. Amount of irrigation water in 2001 was about 61-63% of that in previous years 1999 and 2000 due to drought. The net outflow load and unit load of pollutants in 2001 were negative, showing that paddy fields acts as sink of pollutants due to function of water quality purification. The relationship between unit load of pollutants and net surface outflow (=surface outflow - irrigation water) showed positive correlation. The results showed that abatement of surface outflow by appropriate water management contribute to reduce surface outflow load from paddy fields.

I. 서론

우리나라에서 기상재해라 함은 풍해(風害), 홍수해(洪水害), 한해(旱害), 상해(霜害) 등으로 구분된다. 이러한 재해는 교통, 농수산업, 공업, 생활 등에 직접적으로 영향을 끼치게 되는데 이에 대한 대책 또한 힘든 실정에 있다. 각종 기상 재해는 여러 가지 형태로 시·공간을 불문하고 발생하게 된다. 특히 농작물 중에 담수에 의해 재배되는 벼의 경우 물이 부족에서 오는 한해는 상당히 큰 비중을 두게 된다. 특히, 우리나라의 경우 연 강수량의 2/3가 여름철에 집중되어 있어 이에 따라 저수량을 확보하기 위해 농업용 저수지, 양수장, 보, 관정 등 수리구조물을 설치하여 물 부족에서 오는 재해를 줄이고 있다. 그러나 이러한 수리구조물을 설치함에도 불구하고 홍수해나 한해 등의 자연재해는 빈번하게 발생되고 있다. 특히, 2001년도 상반기에는 전국 대부분 지역의 강수량이 예년에 비하여 상당히 적었던 것으로 나타났는데 이에 따라 저수율도 감소하게 되어 물 부족 현상이 발생하게 되었다. 비점원오염은 강수량나 물 관리 방법에 크게 좌우되는데, 강우량이 적은 갈수년에는 농민들이 적극적으로 논으로부터의 지표유출을 억제하여 논에서 발생하는 오염부하의 농도나 부하 특성은 평년과는 상당량 다르게 나타날 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 관개전기에 가뭄이 있었던 2001년의 광역논으로부터의 오염물질의 농도나 부하량을 1999년과 2000년의 것과 비교하여 가뭄에 의한 적은 용수량의 공급이 오염부하의 유출특성에 미치는 영향을 검토하고자 한다. 여기서 오염물질은 농업용수에서 주요 수질항목인 TN(총질소), TP(총인), COD(화학적산소요구량)를 대상으로 한다.

II. 조사지구 및 조사방법

1. 조사지구의 개요

본 연구의 조사지구는 충청북도 청원군에 옥산면 소로리에 위치한 대구회의 광역논 지구이다. 농경지 면적은 41.9 ha이나, 강우시의 유역면적은 논로, 수로 및 제방까지의 분수선까지 포함하여 50.1 ha가 된다.

본 지구는 금강수계의 지류인 미호천 변의 충적 평야에 위치하고 있으며, 수원은 농업기반공사에서 관리하고 있는 청원군 오창면 여천리에 위치한 여천보(L×H=255 m×2.5 m)이다. 본

지구는 1996년도에 대구획 경지정리 사업이 시행되어 표준 단위구획 면적이 1.0 ha(100 m×100 m)이다. 용·배수로는 콘크리트 개수로로 되어 있고 용·배수는 분리되어 있다. 토양은 미 농무성의 입도 조성에 의한 삼각작표 분류법에 의해 림(loam)으로 나타났다.

유량 및 수질의 측정점으로서는 Fig. 1과 같이 용수로 시점 3곳, 용수로 말단 1곳, 배수로 말단 1곳, 침투수 2곳을 선정하였다.

2. 조사 방법

유량 및 수질측정은 Fig. 1과 같은 측정점에서 1999년 5월 1일부터 9월 23일까지 2000년 5월 1일부터 9월 26일까지 그리고 2001년 4월 11일부터 9월 26일까지의 관개기 동안 시비기(5월 중순~6월 중순)에는 5일 간격, 그 이외에는 10일 간격으로 실시하였다. 용수와 배수의 유량은 압력식수위계를 설치하고 압력-유량의 관계식으로부터 유량을 산정하였다. 강우량으로는 본 지구에 자기 강우계를 설치하여 얻은 실측값을 이용하였고 청주지방 강우량은 청주기상대 자료를 이용하였다. 강우 수질은 지구에서 약 6 km 떨어진 충북대학교 농과대학에서 채수한 것을 사용하였다. 침투수는 PVC 유공관을 박아 논의 지하 약 1 m되는 지점에서 채수하였다. 침투량은 침투량계를 이용하여 측정하였으며 증발산량은 감수심 측정계로부터 측정된 감수심에서 침투량을 감(減)함으로써 얻었다.

채수한 시료는 실험실로 가지고 와서 총질소(TN), 총인(TP), 화학적산소요구량(COD)의 농도를 분석하였다. TN과 TP는 환경부 공정시험법에 의한 흡광광도법으로 분석하였으며, COD는 Standard Method에 의한 중크롬산칼륨을 이용하여 분석하였다.

유입부하량, 유출부하량 및 원단위의 계산은 오 등(2002)에 의해 발표된 방법과 동일하게 산정되었다.

III. 2001년도 가뭄 현황

2001년 관개기간 중(4월 11일~9월 26일)의 강우량은 553.7 mm로 2000년(1213.4 mm)의 46%과 1999년(920.4 mm)의 60% 정도의 적은 양을 기록하였다.

본 조사 지구의 주 수원공인 여천보는 미호천에 위치하고 있는데, 특히 여천보 상류 7 km 지점에 위치한 미호저수지로부터 방류수가 여천보의 주요 수원이다. 미호저수지의 연도별 저수율 변화를 보면, 최소 저수율은 2001년 6월 3일부터 9일 사이에 37.5%을 나타냈다(Fig. 2).

이렇게 2001년도의 적은 강우량과 낮은 저수율은 제한된 관개용수가 공급되어, 용수량, 배수량 및 물질수지에 평년과는 다소 다른 경향을 나타냈다.

IV. 결과 및 고찰

1. 유입·유출량

가. 유입량(용수+강우)

2001년도 관개기 중 용수량은 1,777 mm로 1999년 3,690 mm, 2000년 3,159 mm의 48, 56% 정도로 적은 양이 유입되었다. 특히, 관개초기인 5월과 6월의 용수량은 2001년도에 1,037 mm로써 1999년도와 2000년도의 49, 52%로 상당히 적은 양이 유입되었다. 유입된 용수량에 대한 용

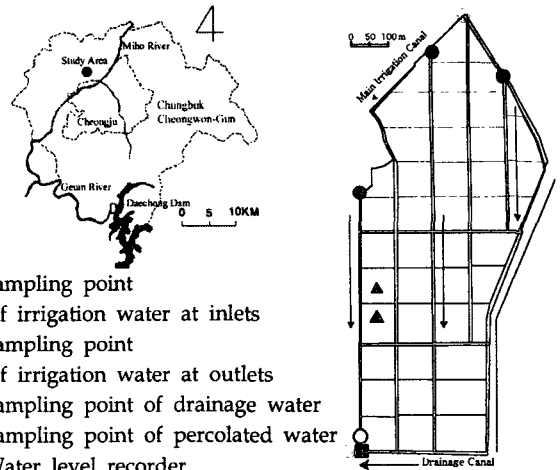


Fig. 1. Study area

수로 말단의 유말공(流末工)에서 방류되는 양의 비율은 2001년도에는 16%로, 1999년도의 44%에 비하여 크게 감소하여 유입된 용수량 중 상당량이 논에 유입된 것으로 나타났다.

나. 유출량(지표유출+침투유출+증발산)
 2001년도 지표유출량은 1,683 mm로 1999년(4,055 mm)과 2000년(3,731 mm)의 약 42, 45%를 나타냈다(Fig. 3). 관개기 동안의 침투유출량은 2001년에 189 mm(1.3 mm/d), 2000년에 208 mm(1.4 mm/d) 1999년에 147 mm(1.0 mm/d)로 나타났으며, 증발산량은 2001년과 2000년에만 측정을 하였는데, 각각 611 mm(4.1 mm/d), 671 mm(4.5 mm/d)로 2001년도가 약 60 mm 적게 나타났다.

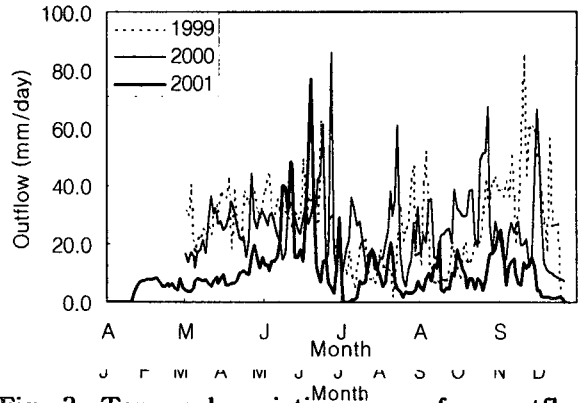


Fig. 3. Temporal variation in surface outflow during irrigation seasons in the Miho reservoir.

2. 유입부하량과 유출부하량

TN과 TP의 1999~2001년 관개기 동안의 유입부하량(용수부하량+강우부하량), 유출부하량(지표유출부하량+침투유출부하량), 순유출부하량(유출부하량-유입부하량) 및 원단위(순유출부하량+강우부하량)를 Table 1에 나타냈다. 환경보전 측면에서 고려할 때 순유출부하량이 양(+)일 때는 배출형의 논의 형태를 가지며, 음(-)일 때는 흡수형(정화형)의 논의 형태를 가진다.

가. TN

2001년의 TN의 순유출 부하량은 -5.9 kg/ha로서 흡수형으로 나타났는데, 이것은 1999년의 -1.8 kg/ha, 2000년의 19.1 kg/ha 보다 적게 나타났다. 또한 2001년의 원단위는 -0.8 kg/ha로 1999년의 5.5 kg/ha, 2000년의 26.3 kg/ha보다 적게 나타났다. 2001년도의 용수부하량은 1999년과 2000년도에 비해 52.3, 58.3% 적은 50.8 kg/ha를 나타냈으며, 조사기간이 전년도보다 약 19일 정도 길었음에도 불구하고 관개 초기의 용수량이 적은 것에 기인해 부하량도 상당량 적게 나타났다. 또한 2001년 지표유출부하량도 1999년과 2000년에 비해 44.0, 40.7% 적은 43.7 kg/ha를 나타냈다. 이는

Table 1. Net outflow loads and unit loads of pollutants during irrigation periods

Water quality parameter	Year	Inflow load (kg/ha)		Outflow load (kg/ha)		Net outflow load (kg/ha)	Unit loads (kg/ha)
		Irrigation	Rainfall	Surface outflow	Percolation		
TN	1999	97.1	7.2	99.3	3.3	-1.8	5.5
	2000	87.2	7.2	107.4	6.1	19.1	26.3
	2001	50.8	5.0	43.7	6.3	-5.9	-0.8
TP	1999	3.49	0.10	3.50	0.03	-0.06	0.04
	2000	2.54	0.28	2.98	0.05	0.21	0.49
	2001	2.31	0.12	1.47	0.05	-0.91	-0.80

가뭄으로 인한 용수량의 부족으로 지표유출을 적극적으로 억제한 결과, 지표유출 부하량이 적게 나타났기 때문으로 사료된다.

나. TP

2001년의 TP의 순유출부하량은 -0.91kg/ha로, 1999년의 -0.06 kg/ha, 2000년의 -0.91 kg/ha보다 적게 나타났다. 또한, 2001년의

원단위는 -0.80 kg/ha로 1999년의 0.04 kg/ha, 2000년의 0.49 kg/ha보다 적게 나타났다. 2001년 TP의 용수부하량은 2.31 kg/ha로서 1999년과 2000년에 비해 66.2, 90.9% 적게 유입되었으며, 2001년 지표유출부하량은 1.47 kg/ha로 전년도에 비해 43.9%, 42.0% 적게 유출되었다.

광역논에서의 순유출부하량 및 원단위는 연별로 상당히 다르게 나타났다. 오염물질의 순유출부하량 및 원단위는 강우량에 좌우되어 2000년>1999년>2001년의 순으로 나타났다. 특히 용

수량이 적었던 2001년에는 순유출부하량과 원단위 모두 음(-)으로 나타나, 논에 의한 수질정화 기능이 크게 나타난 것으로 사료된다.

3. 수문량과 원단위의 관계

광역논에서의 원단위는 용수, 강우, 지표유출수, 침투수의 수량과 수질농도에 좌우되는데, 특히 용수량과 지표유출량은 원단위에 크게 영향을 미치고 있다.

TP의 월별 순지표유출량(=지표유출량-용수량)과 월별 원단위의 관계는 Fig. 4와 같다. TN TP, COD 모두의 월별 원단위는 순지표유출량과 양(+)의 상관관계를 나타냈다. 따라서, 지표유출량이 용수량보다 적을 경우에는 원단위가 음(-)으로 나타나 논지의 수질정화 기능이 크게 나타나는 것으로 사료된다. 따라서 지표유출을 적극적으로 억제하는 것이 유역수질보전에 크게 기여할 것으로 생각된다.

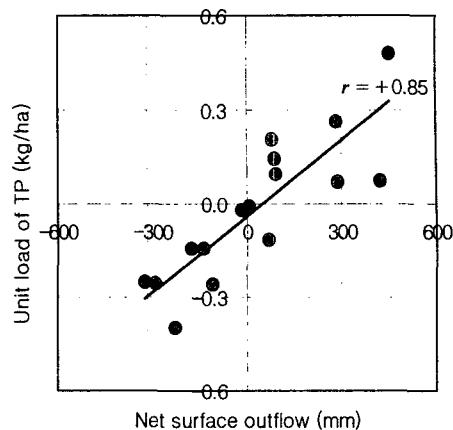


Fig. 4. Relationship of TP unit load and net surface outflow.

V. 결 론

본 논문에서는 대구획 광역논을 대상으로 갈수년인 2001년 관개기 동안의 오염물질(TN, TP, COD)의 유출부하 특성을 1999년과 2000년과 비교하여 파악하였다. 여기서 얻은 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 2001년 용수량은 1,777 mm로 1999년과 2000년의 각각 48, 56% 정도로 적은량이 유입되었으며, 지표유출량은 1,683 mm로 각각 전년도 42와 45%로 유출되었다. 또한 용수량 중 논에 유입되지 않고 용수로 말단의 유말공(流末工)에서 방류되고 있는 양의 비율은 2001년도에는 16%로 1999년도의 44% 보다 크게 감소하여, 용수량 중 상당량이 논으로 관개되는 것으로 나타났다.

2. 광역논에서의 순유출 부하량 및 원단위는 연도별로 상당히 다르게 나타났다. 순유출 부하량 및 원단위는 TN, TP, COD 모두 2000년 > 1999년 > 2001년의 순으로 나타났으며, 용수량이 적었던 2001년에는 순유출부하량과 원단위 모두 음(-)으로, 논에 의한 수질정화기능이 큰 것으로 나타났다.

3. 오염물질의 순유출부하량 및 원단위는 순지표유출량(지표유출량-용수량)과 모두 양의 상관관계를 나타냈다. 따라서 지표유출을 억제하여 지표유출량이 용수량보다 적은 경우에는, 논지의 수질정화기능이 크게 나타나는 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Oh, S. Y., J. S. Kim, K. S. Kim, S. J. Kim, C. G. Yoon. 2002. Unit loads of pollutants in a paddy fields area with large-scaled plots during irrigation seasons, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 44(2): 136-147.(in Korean)