광역논에서의 질소와 인의 오염부하량 특성

Characteristics of Nitrogen and Phosphorous Loadings from a Paddy Field Area

김진수(충북대) · 오승영*(충북대) · 김규성(농진공)
Kim, Jin Soo · Oh, Seung Young · Kim, Kyu Sung

Abstract

The inflow and outflow loads of T-N and T-P from a paddy field area during the irrigation period were investigated. For the concentration of T-N and T-P, surface water in paddies showed highest among irrigation water, drainage water and percolation water. For T-N, the average concentration of drainage water is higher than that of irrigation water before middle of June but is lower since. It is shown that the L(load)-Q (discharge) equation of T-N has high correlation for irrigation water, but the L-Q equation of T-P has high correlation for drainage water.

Ⅰ. 서 론

최근 농경지로부터의 질소(N)와 인(P)의 유출에 의한 하천의 수질 저하나 호수의 부영양화는 큰 사회 문제가 되고 있다. 농경지로부터의 비점원오염은 저농도이지만 유출량이 막대하여 유역의 오염부하량에 있어 큰 비중을 차지하고 있다. 도시의 생활하수나 공장폐수 등의 점오염은 처리시설로 부하량을 감소시킬 수 있으나, 농경지로부터의 비점원 오염원은 사후처리는 불가능하며 적절한 관리에 의하여만 부하량을 감소시킬 수 있다. 현재 우리 나라 논에서의 질소와 인의 유출 실태는 이에 관한 실측자료는 거의 없이 아직 명확히 파악되지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 관개기간 중에 용수, 배수, 논표면수 및 침투수 등의 수질농도와 유량 등을 조사하여 광역논에서의 수질변화의 특성 및 유량과 오염부하량과의 관계 등을 구명하려고 한다.

Ⅱ. 조사 지구 및 조사 방법

1. 조사지구의 개요

본 연구의 조사지구는 충청북도 청주시 교외에 위치한 곳으로서 ① 청주시 오동동(A지구)의 25.4ha(112필)의 논 지역과 ② 청원군 옥산면 소로리(B지구)에 위치한 43.5ha(131필)의 논지역이다(Table. 1, Fig. 1). 이 두지구는 용·배수분리의 경지정리가 된 곳으로서 외부로부터 물

1998년도 한국농공학회 학술발표논문집 (1998년 10월 24일)

의 유입이 없으며 이 곳의 용수는 금강수계의 제1지류인 미호천에서 취수하고 있다.

Table 1 조사지구의 개요

지구명	면적(ha)	표준구획(ha)	수로의 종류	측정지점의 수
오동(A)	25.4	0.3	흙수로	15
소로(B)	43.5	1.0	콘크리이트수로	13

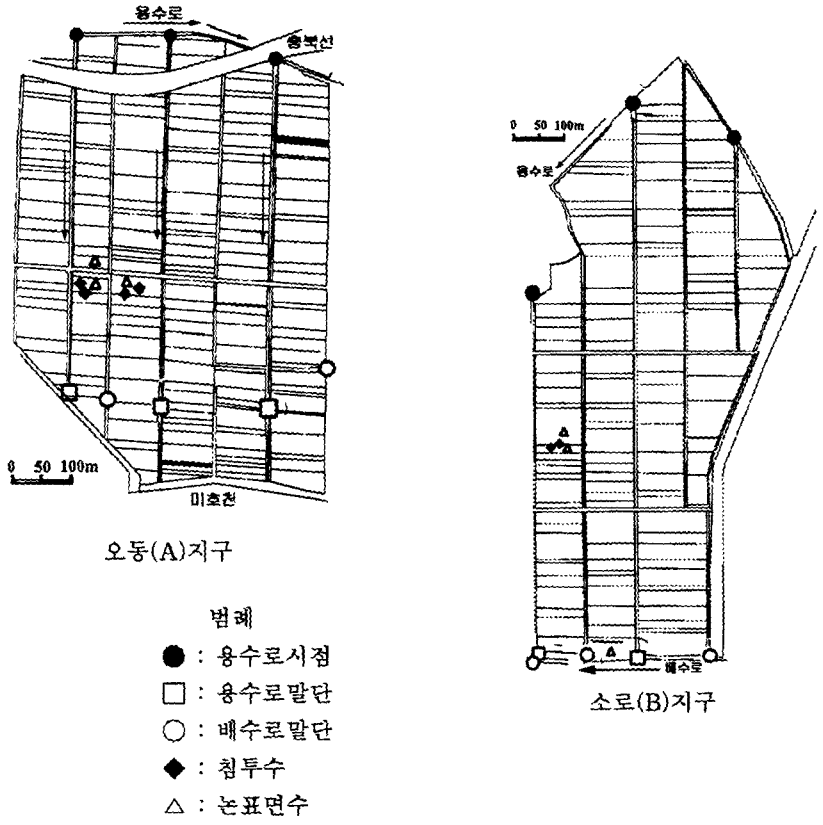

Fig. 1 조사 지구 개요도

2. 유량, 수질 및 시비량 조사

유량 및 수질의 측정지점으로서는 오동(A)지구는 용수로 시점 3곳, 용수로 말단 3곳, 배수로 2곳, 논 표면수 3곳, 침투수 4곳을 선정하였고, 소로(B)지구는 용수로 시점 3곳, 용수로 말단 2곳, 배수로 3곳, 논 표면수 3곳, 침투수 2곳을 선정하였다. 유량과 수질 측정은 1998년 5월 초순부터 시작하여 평균 10일 간격으로 실시하였다.

강우량은 지구에서 약 5km 떨어진 청주 기상대의 기상자료를 이용하였으며, 강우 수질은 두 지구에서 약 6km 떨어진 충북대학교 농과대학에서 채수한 것을 사용하였다. 수질항목은 총질소(T-N)와 총인(T-P)으로서 총질소과 총인은 흡광광도법[2]으로 분석하였다. 시비시기 및 시비량에 관한 자료는 두 조사지구를 답사하여 오동지구 23 가구, 소로지구 35가구에 대하여 설문조사하여 얻었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시비량 조사 결과

오동과 소로 지구의 평균시비량은 질소가 각각 163.1kg/ha과 164.0kg/ha, 인은 22.9kg/ha와 21.3kg/ha으로 거의 같게 나타났다. 기별 시비량을 보면 Fig. 2와 같이 질소와 인의 최대값은 오동지구에서는 5월 하순에 나타나고 있으며, 소로지구는 5월 중순에 나타나고 있다. 이때의 값은 오동지구가 40.5kg/ha이고, 소로지구는 37.3kg/ha이다.

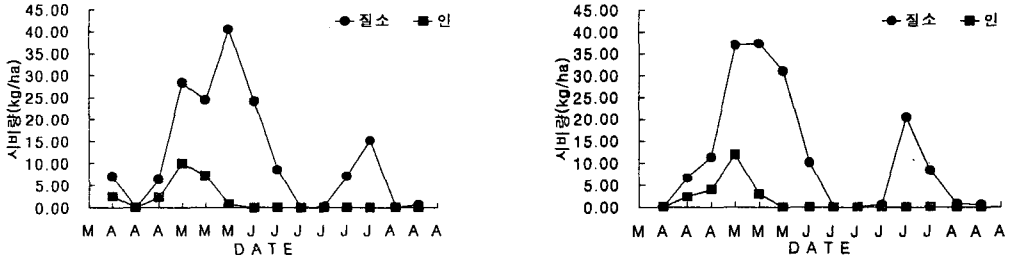

Fig. 2 오동, 소로지구의 시기별 시비량

2. 물수지

Table 2. 시기별 유입량, 유출량 및 퇴수율

지 구	구 분	5/초	5/중	5/말	6/초	6/중	6/말	7/초	7/중	7/말	8/초	8/중	8/말
오동(A) 지 구	D_1	29.3	27.1	22.9	17.4	7.5	0.0	14.4	9.0	7.0	6.4	3.1	28.2
	D_2	30.0	35.9	16.9	18.8	85.8	4.5	31.8	21.9	18.7	19.6	64.4	25.1
	D_2/D_1	1.0	1.3	0.7	1.1	11.4		2.2	2.4	2.7	3.1	20.5	0.9
소로(B) 지 구	D_1	29.5	20.1	32.5	21.6	4.2	0.0	5.1	11.6	23.7	6.2	6.8	21.7
	D_2	15.9	28.4	31.4	29.6	23.7	4.4	16.9	11.1	22.2	5.9	65.5	8.9
	D_2/D_1	0.5	1.4	1.0	1.4	5.7		3.3	1.0	0.9	1.0	9.6	0.4
비 고			강 우 (전날 18㎜)			강 우 (20㎜)	강 우 (4㎜)	강 우 (3일전 58㎜)	강 우 (전날 13㎜)	강 우 (2.6㎜)	강 우 (2일전 105㎜)	강 우 (50㎜)	

5월초부터 열흘 간격으로 가능한 한 폭우시를 피하여 각 지구의 용배수로의 유량을 조사하였다. 5월에서 8월 사이의 각 지구에 대한 유입량(D_1), 유출량(D_2) 및 퇴수율(D_2/D_1)을 나타내면 Table. 2와 같다. 퇴수율(=유출량/유입량)은 일반적으로 1이하로 나타났으나, 강우의 영향을 받은 날(전일이나 당일 강우가 있던 날)은 유입량은 적고 유출량은 많아 퇴수율은 1보다 높게 나타났다.

3. 농도의 특성

1) 강우

강우에 있어서 T-N과 T-P의 평균농도는 각각 0.9 *mg/l*와 0.1 *mg/l*로 나타났다(Table 3). Fig. 3에서 보는 바와 같이 T-N의 최대값은 7월말에 2.5 *mg/l*, T-P의 최대값은 5월 중순에 0.55 *mg/l*을 나타냈으며, T-P의 변동계수는 190%로서 T-N의 77.2%보다 훨씬 높았다.

2) 용수와 배수

용수로에 있어서 T-N 평균 농도를 보면 오동지구는 2.4-2.7 *mg/l*이고, 소로지구는 3.1-3.3

*mg/l*로서 소로지구가 다소 높은 편이다. 이것은 농업용수 수질기준 1 *mg/l*보다 약 3배정도 높은 값이다. 한편, T-P 평균 농도는 오동지구는 0.07~0.08 *mg/l*, 소로지구는 0.11~0.14 *mg/l*로서 농업용수 수질기준인 0.1 *mg/l*에 가까운 값을 나타내고 있다.

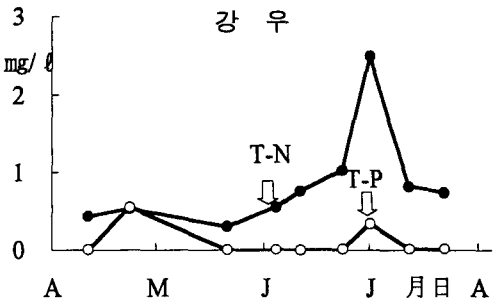

Fig. 3 강우의 수질 변동

배수에 있어서 T-N의 평균농도는 오동지구는 3.3 *mg/l*로서 용수보다 높고, 소로지구는 2.7 *mg/l*로서 용수보다 약간 낮은 값을 나타낸다. T-P의 평균농도는 오동지구에서 0.06 *mg/l*, 소로지구에서 0.07 *mg/l*로서 두 지구 모두 용수보다 낮은 값을 나타낸다.

Table. 2 지구별 T-N과 T-P

		T-N(*mg/l*)					T-P(*mg/l*)				
		Mean $\bar{x}$	Max	Min	표준편차 σ	변동계수 $\sigma/\bar{x}$(%)	Mean $\bar{x}$	Max	Min	표준편차 σ	변동계수 $\sigma/\bar{x}$(%)
오동(A) 지 구	용수로 시점	2.7	4.0	1.8	0.8	28.4	0.08	0.19	0.02	0.05	65.4
	용수로 말단	2.4	4.2	1.2	1.0	41.4	0.07	0.20	0.01	0.06	79.4
	배수로 말단	3.3	13.6	0.8	3.7	111.2	0.06	0.14	0.01	0.04	65.4
	침투수	1.7	2.4	0.8	0.6	36.9	0.09	0.23	0.01	0.08	91.2
	논표면수	3.9	13.4	0.7	4.6	116.3	0.23	0.99	0.02	0.28	122.9
소로(B) 지 구	용수로 시점	3.1	4.3	2.0	0.8	26.5	0.11	0.42	0.01	0.12	110.5
	용수로 말단	3.3	4.4	1.9	1.0	29.3	0.14	0.51	0.01	0.14	102.7
	배수로 말단	2.7	4.6	1.7	0.9	34.2	0.07	0.23	0.01	0.07	95.9
	침투수	1.2	1.8	0.8	0.4	31.3	0.03	0.06	0.02	0.02	66.4
	논표면수	5.9	20.7	0.7	7.1	119.7	0.29	1.50	0.01	0.46	157.9
강 우		0.9	2.5	0.3	0.7	77.2	0.10	0.55	0.00	0.20	190.9

T-N에 있어서, 배수의 농도는 Fig. 4에서 보는 것처럼 시비와 밀접한 관련이 있어 5월 중순~하순의 시비시기에는 높게 나타나며 6월 중순을 기점으로 수질농도의 특성이 크게 바뀌는 현상을 볼 수 있다. 즉, 관개초기(5월 초순~6월 중순)에서는 배수 농도가 용수 농도보다 높은 적이 많고 그 변동폭이 심한 반면, 그 후에는 오히려 배수의 농도가 용수의 농도보다 낮고 변동이 거의 없다.

3) 논 표면수와 침투수

논 표면수의 농도는 T-N이 오동에서 3.9 *mg/l*, 소로에서 5.9 *mg/l*로 나타났으며, T-P는 각각 0.23 *mg/l*와 0.29 *mg/l*로서 용수나 배수의 농도보다 높게 나타났으며 변동계수가 100%를 넘을 정도로 심한 변동폭을 나타내고 있다. 침투수의 농도는 T-N이 오동지구와 소로지구에서 각각 1.7 *mg/l*, 1.2 *mg/l*로서 용수나 배수보다 낮으며, T-P의 경우는 각각의 지구에서 0.09 *mg/l*와 0.03 *mg/l*로 나타났다. 이상의 결과로부터 T-N농도는 논표면수>용수(혹은 배수)>침투수의 순으로 나타났으며, T-P농도는 논표면수>용수>배수(혹은 침투수) 순으로 나타났다.

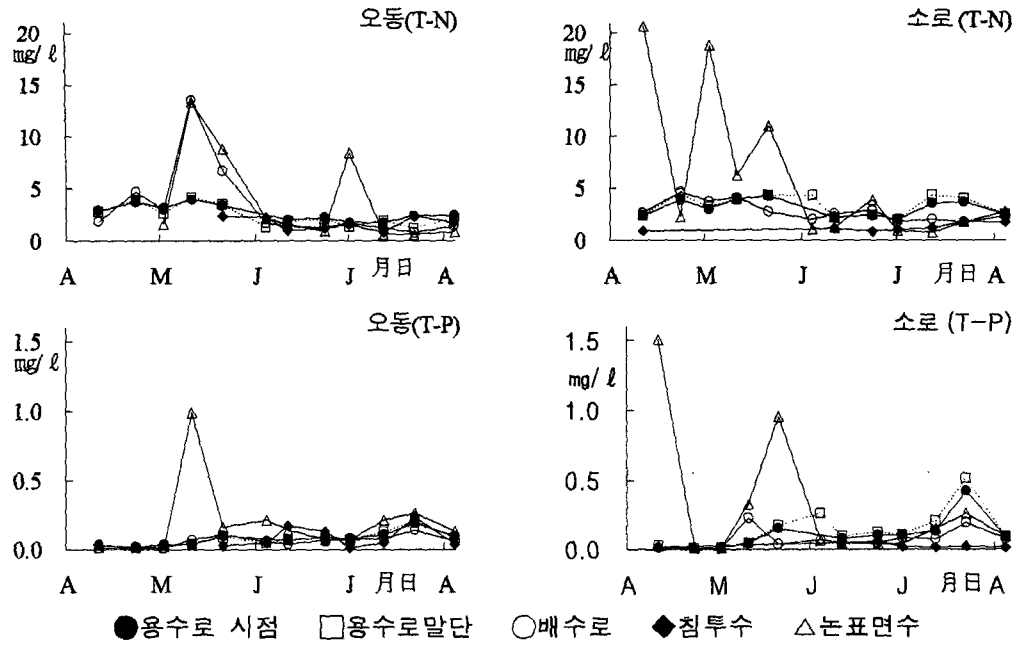

Fig. 4 관개기 동안의 광역논에서의 수질농도

4. 유량·부하량의 관계식(L-Q식)

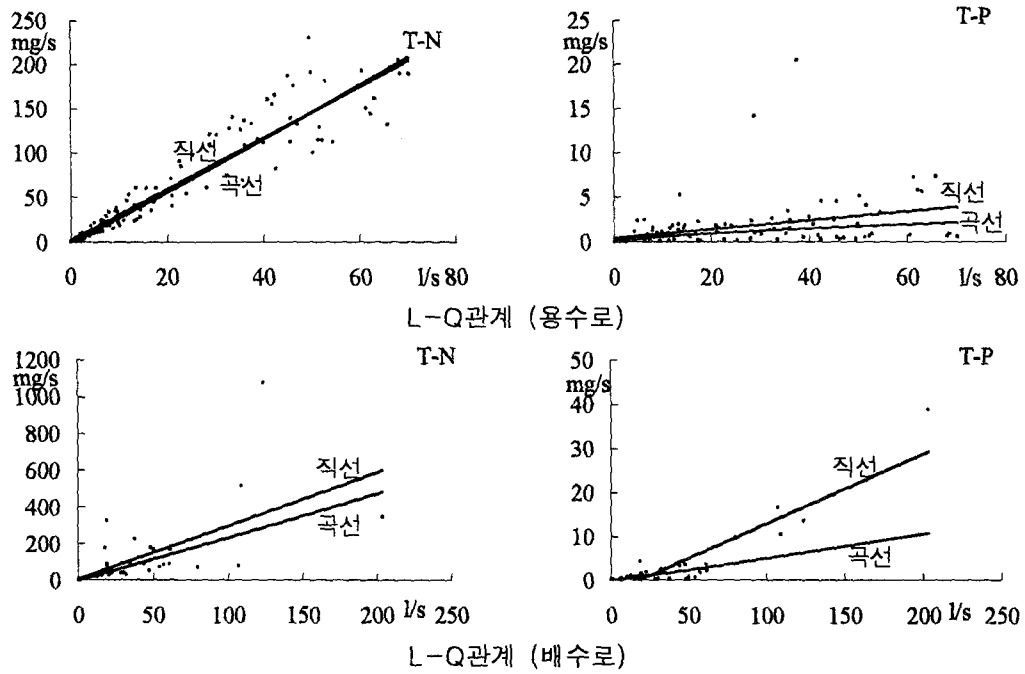

Fig. 5 유량과 부하량의 관계(L-Q식)

광역논의 용수와 배수에 대한 유량-부하량의 관계(L-Q식)를 직선식($L=aQ+b$)과 곡선식($L=aQ^b$)으로 나타내면 Fig. 5와 Table. 3과 같다. T-N의 경우 용수에서는 직선식과 곡선식의 상관계수 γ는 각각 0.94, 0.97로 매우 높으나 배수에서는 직선식에서 상관계수 값이 낮다. T-P의 경우, 용수에서의 γ값은 비교적 낮으나 배수에서는 직선식, 곡선식 모두 각각 0.91, 0.82로서 비교적 높은 값을 나타낸다. 따라서 용수의 T-N이나 배수의 T-P는 L-Q식에 의하여 유량으로부터 부하량을 비교적 정확하게 추정할 수 있으리라고 생각된다.

Table. 3 용수와 배수의 L-Q식

지점	샘플수 N	회귀식	T-N		T-P	
			L-Q식	γ	L-Q식	γ
용수	119	직선식	$L=2.88Q+1.73$	0.94	$L=0.05Q+0.43$	0.38
		곡선식	$L=2.41Q^{1.05}$	0.97	$L=0.12Q^{0.68}$	0.67
배수	36	직선식	$L=2.93Q+4.74$	0.62	$L=0.16Q-2.88$	0.91
		곡선식	$L=2.14Q^{1.02}$	0.88	$L=0.03Q^{1.09}$	0.82

(단위) L : mg/s, Q : ℓ/s

Ⅳ. 결론

본 연구는 2개의 광역 논지역을 대상으로 관개기 동안의 T-N과 T-P 의 수질농도 변화 및 유량-부하량의 특성에 대하여 고찰하였다. 여기서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 관개기 동안의 수질의 평균농도를 보면 T-N은 논표면수>용수(혹은 배수)>침투수의 순이고, T-P는 논표면수>용수>배수(혹은 침투수)의 순으로, 둘다 논표면수가 가장 높게 나타났다.

2) 배수의 농도의 변화는 시비와 밀접한 관련을 가지고 있으며 관개초기 동안(5월~6월 중순)은 일반적으로 배수 농도가 용수 농도보다 높고 변동폭이 크지만 6월 중순 이후로는 배수 농도가 용수농도보다도 낮고 변동폭은 작다.

3) 유량과 부하량의 상관계수γ는 직선식과 곡선식의 경우 용수의 T-N은 각각 0.94, 0.97, 배수의 T-P는 각각 0.91, 0.82 등의 높은 값을 나타내어, 유량으로부터 비교적 정확한 부하량의 추정이 가능하리라고 생각된다.

이상의 결과로부터 광역논으로부터의 T-N과 T-P의 농도 및 부하량은 관개초기에 높게 나타나므로 적절한 시비관리, 절수 및 무효방류의 억제와 같은 물관리에 의하여 배출부하량을 감소시킬 필요성이 있으리라고 생각된다.

Ⅴ. 참고 문헌

1. 農業土木學會, 1987, 農業土木技術者のための水質入門, pp. 63-76

2. 환경부, 1997, 수질오염공정시험방법, pp.199-200, pp. 208-209