

논에서의 오염부하 예측을 위한 범용모형 개발

Water Quality Model Development for Loading Estimates from Paddy Field

전지홍^{*} · 윤춘경¹ · 황하선¹ · 윤광식²

Ji-Hong Jeon · Chun-Gyeong Yoon · Ha-Sun Hwang · Kwang-Sik Yoon

(¹건국대학교 지역건설환경공학과, ²전남대학교 농업생명과학대학 농업과학기술연구소)

Abstract

Water quality model applicable paddy field was developed using field experiment during 1999~2002. This model involves inputs from fertilization and sediment release as dirac delta function and continuous source function, respectively, and can simulate various processes such as ponded depth, surface drainage, total nitrogen concentration and total phosphorus concentration in a daily basis. Water quality model for paddy field developed in this study is simply, needs little parameters, but appeared high applicability to evaluate paddy filed drainage.

I. 서론

논에서의 유출은 강우뿐 아니라 인간의 조작에 의해 크게 좌우되기 때문에, 꾸준한 모니터링 뿐 만 아니라 이를 이용하여 논에서의 수문 및 수질을 예측할 수 있는 모형개발은 논에서의 최적관리기법 수립과 우리나라 특성에 적합한 유역모형 개발을 통한 합리적인 오염총량제 적용에 반드시 필요한 과제라고 할 수 있다. 서 등 (2002)과 Chung et al.(2003)은 외국에서 개발된 CREAMS 와 GLEAMS모형을 수정하여 논에서의 부하량을 예측할 수 있는 모형을 개발하였으나, 이들 모형은 수많은 입력자료를 필요로 한다. 그러나, 논에서의 영농활동은 유사한 기간에 해마다 반복적으로 이루어지며, 특히 주 유입원인 비료는 동일한 형태의 동일한 양이 투입되기 때문에 보다 간단한 반응공식으로도 예측이 가능할 것으로 판단된다. USLE와 같이 간단하면서도 적용성이 인정된 모형이 세계적으로 널리 이용되고 있는 만큼, 손쉽게 적용할 수 있는 범용성 있는 모형개발 또한 중요할 것으로 생각된다.

II. 재료 및 방법

2.1 연구대상지역

건국대학교 부속농장(경기도 여주군 가남면소재)을 선정하여 지하수 관개 필지논과 전라북도 진안군 마령면 평지리에 위치한 지표수 관개 필지논의 모니터링 자료를 축적하였으며 Fig. 1과 같다.

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

2.2 모형개발

논은 담수상태로 유지되므로 이에 대한 물수지는 담수심의 변화량으로 표현되며 포장의 담수심(W)은 다음과 같은 물수지 식으로 표현된다 (최 등, 2001).

$$Pd_j = Pd_{j-1} + IR_{1j} + IR_{2j} + PR_j - (DR_j + ET_j + INF_j)$$

비료의 유입 또한 일시적으로 다량의 영양물질이 유입되므로 delta 함수로써 시비에 의한 농도변화에 모의가 가능할 것으로 판단하였다.

$$c = \frac{m}{V} e^{-\lambda t}$$

비교적 수질이 양호한 관개수를 유입하였을 경우 논 표면수는 논바닥에서의 용출에 의한 기본농도(background concentration)을 가지게 되는데, 이는 수학적으로 continuous source 함수로써 표현할 수 있다.

$$c = \bar{c} (1 - e^{-\lambda t})$$

III. 결과 및 고찰

연구기간동안 지하수 관개논의 담수심과 유출고, 지표수 관개논의 유출고에 대한 실측치와 예측치의 비교는 Fig. 2와 같다. 논에서의 담수심은 강우와 관개에 의해 유지되었으며, 지표유출은 낙수와 강우유출에 의해 발생하였다. 지표수 관개논의 경우 영농기간 동안 꾸

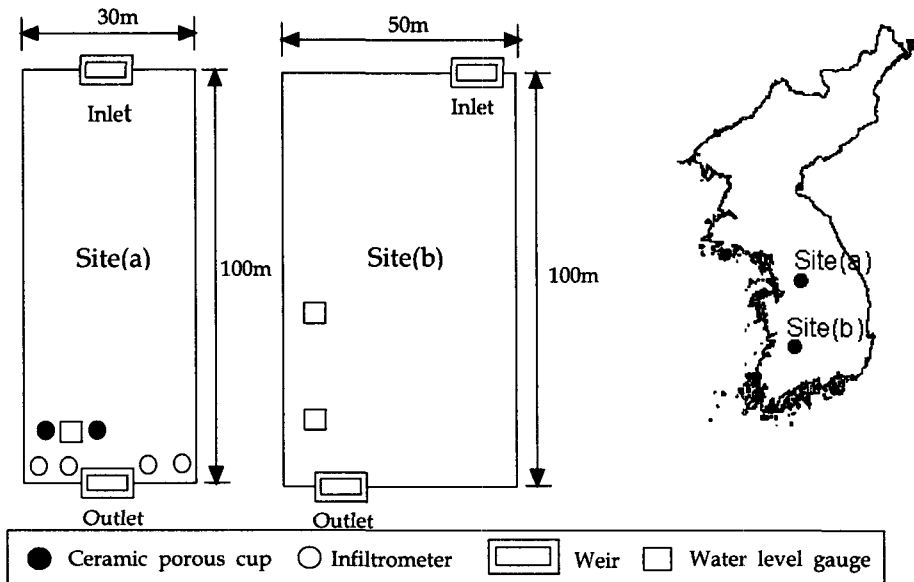


Fig. 1 Layout of study area

준히 관개수가 공급되었으며 유출의 빈도가 상대적으로 많은 반면, 지하수 관개논의 경우 영농초기의 3-4회의 관개에 의해 담수심이 유지되었으며, 지표유출의 경우 발생빈도가 낮았으며 강우에 의한 지표유출은 2001년과 2002년 모두 총 2회만 발생하였으며, 낙수에 의한 유출은 2001년에 두 번, 2002년에 한 번 각각 발생하였다. 연구기간동안 논 표면수의 TN과 TP에 대한 실측치와 예측치는 Fig. 3과 같다. 논 표면수의 영양물질 농도는 비료에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 다량의 시비가 이루어지는 영농초기의 기비에 의해서 높은 TN과 TP 농도를 나타내었으며 시비 투여이후 농도는 급속히 감소하는 것으로 나타나 전형적인 Dirac delta 함수를 나타내었다. 인의 경우 영농초기 기비에 의해 전량이 투여되기 때문에 5월달에 높은 농도를 나타내었으나, 질소의 경우 기비, 이삭비, 추비로 각각 나누어 투여되기 때문에 최소한 5월과 6월달까지는 높은 농도를 나타내었다. 모형에 의한 예측치와 실측치의 통계적 분석 결과는 Table 1와 같다. 지하수 관개논에 대

(a) Ground water irrigation paddy field. (b) Surface water irrigation paddy field.

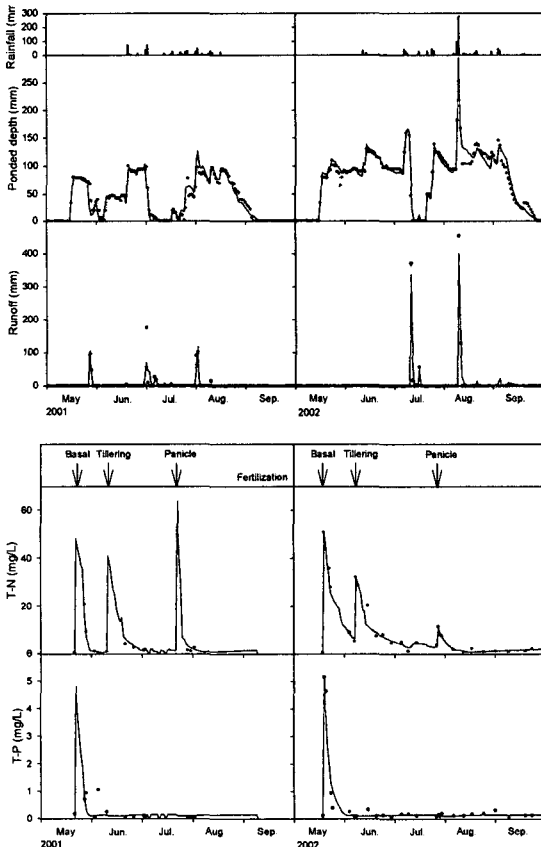


Fig. 2. Calibration for runoff.

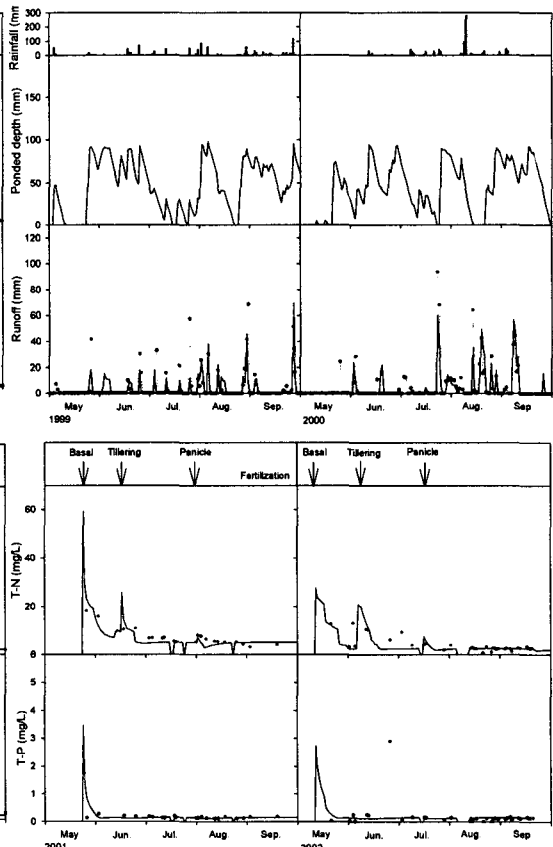


Fig. 3. Calibration and for water quality

한 보정결과 담수심과 TN, TP 농도 예측에 대한 평균오차는 각각 0.81mm, -0.11mg/L, -0.06mg/L 였으며, 모형 효율(EF)는 각각 0.93, 0.98, 0.95를 나타내었으며, 지표수 관개논에 대한 검증결과 TN, TP 농도 예측에 대한 평균오차는 각각 -0.53mg/L, 0.02mg/L였으며, 모형효율(EF)는 각각 0.99, 0.70으로 나타나 모형의 높은 적용가능성을 나타내었다.

Table 3. Model performance statistics for ponded depth, and surface TN and TP concentration data predicted with water quality model for paddy field.

	Ponded depth (mm)		TN (mg/L)		TP (mg/L)	
	calibration	validation	calibration	validation	calibration	validation
AE	0.81	-	-0.11	-0.53	-0.06	0.02
RMSE, %	16.45	-	21.88	47.35	52.49	249.91
RMS, %	11.48	-	1.99	2.52	0.24	0.38
EF	0.93	-	0.98	0.99	0.95	0.70

IV. 결 론

논은 시비가 이루어지기 때문에 논표면수의 수질변화 폭이 매우 커 지표배수가 이루어지는 시점에 따라 논에서의 부하량에 큰 영향을 미치기 때문에 논에서의 오염부하량산정과 최적관리기법개발에 있어 확실적인 원단위 적용에는 한계가 있다. 뿐만 아니라 기존에 개발된 유역모형의 대부분은 논을 포함하고 있지 않거나 포함하더라도 논에서의 충분한 기작을 모의할 수 없어 우리나라의 적용에 있어서 제한점을 가지므로 앞으로의 합리적인 오염총량제 적용을 위해서는 논모형의 개발이 절실하다. 그러나 논은 담수라는 기능을 가지므로 유역모형과 같은 물리적인 반응보다는 수질모형과 같은 생화학적 반응이 우세하리라 판단된다. 논을 하나의 얇은 호소로 간주하여 호소모형의 적용이 가능하나 이를 위한 수 많은 인자 결정에 많은 어려움이 있을 것으로 판단된다. 그러나 논에서의 영농활동은 거의 유사한 시기에 해마다 반복적으로 일어나며, 동일한 양과 형태의 시비가 이루어지며 완전낙수에 의해 다음해의 수질에 영향을 거의 미치지 않으므로 오히려 간단한 반응공식으로도 충분한 해석이 가능하리라 판단된다. 본 연구에서는 이러한 형태의 영농활동이 이루어지는 논에서의 시비와 바닥에서의 용출에 의한 영향을 dirac delta function과 continuous source function을 이용하여 모형을 개발하여 지하수관개지역과 지표수관개지역을 대상으로 보정 및 검증결과 높은 적용가능성을 나타내었다.

V. 참고문헌

- Chae, J.C. 1998. Effect of tillage and seeding methods on percolation and irrigation requirement in rice paddy condition. *Korean J. of Crop Science*. 43:264-268.
- Chapra, S. C., 1997, Surface water-quality modeling, McGraw-Hill, Inc., pp. 47-87.