

# 논에서의 수질예측 모형(탱크 모형) 적용

## Application of Water Quality Prediction Model(TANK Model) in Paddy Field Area

김병희\* · 윤춘경 · 전지홍 · 황하선 (건국대)  
Kim, Byoung Hee · Yoon, Chun Gyeong · Jeon, Ji. Hong · Hwang, Ha Sun

### Abstract

This study is to application the TANK modle for Ponding depth and discharge, T-N, T-P simulation from paddy field area. Simulation coefficient of correlation for Ponding depth and discharge, T-N, T-P were 0.89, 0.60, 0.99, 0.91 respectively. advanced purposes are development of agriculture runoff character modeling and application of best management practice with this study model

### I. 서론

최근 하천 및 호소의 수질관리에 있어 농업비점오염(nonpoint source, NPS)의 관리 및 영향에 대한 평가의 중요성이 대두되어왔다. 특히 우리 나라 연간 수자원 사용량의 50%이상이 농업용수로 이용되며 이들이 거의 대부분 수도작인 벼재배에 사용되는 점을 고려하면, 관개한 농업용수가 얼마나 벼재배에 직접 이용되며, 얼마나 배수되고, 배수된 물이 하류 수자원의 수질에 얼마나 영향을 미치며, 수자원의 수질보전을 위해서는 농지배수를 어떻게 관리 및 처리해야 하는지가 지속적인 농업발전을 위해서는 반드시 해결해야 할 과제라고 생각한다.<sup>1)</sup> 논에서의 수문기작은 물수지뿐만 아니라 농지배수의 수질에도 직접적인 영향을 미치는데, 이론적인 접근과 함께 현장측정자료를 이용한 경험식의 개발도 동시에 고려해야 한다. 따라서 논에서의 오염물질의 유·출입 수지와 유출 메커니즘에 대한 정략적인 평가와 더불어 논에서의 영양물질의 거동을 예측하여 서로 다른 기상조건과 영농조건에서의 유출부하량을 평가할 수 있는 모형이 필요한 실정이다. 모형을 이용한 방법에는 TANK(Sugawara et al., 1961), USDAHL(Holtan et al., 1975), ANSWERS(Beasley et al., 1980), CREAMS(Foster et al., 1981), EPIC(Williams et al., 1983), AGNPS(Young et al., 1989) 등을 이용한 방법이 있다. 하지만 기존의 배출부하량 예측 모형들은 담수관개를 실시하는 논의 수문 과정을 고려하지 않으며, 미국이나 유럽 등의 농업유역을 대상으로 개발되고 있기 때문에, 우리나라 유역에 대한 적용성 분석에서는 모형의 매개변수를 보정 하여 논에 관한 조건을 모의 발생 하였으나 이러한 모의발생 결과는 실제 상황에 대한 재현에 어려움이 클 뿐만 아니라, 영농 조건의 변화에 따른 배출부하량 추정에 한계가 있는 것이 사실이다. 모형을 통한 부하량 산정에 있어서 적용성을 첨가한 연구로는 海老瀨 등 (1981)이 수문모형으로서 TANK 모형을 이용하여 강우시의 오염부하량의 해석을 실시하였으며, 中村 등(1991)이 수문모형인 TANK 모형에 오염물질의 축적량을 포텐셜로 도입하여 유출량 계산식에 오염부하 계산식을 삽입하여 유역으로부터 유입하는 오염부하량을 일별로 예측하였고, 김 (1995)은 지리자원 해석시스템과 농업비점원 오염모형(AGNPS)을 이용하여 농촌유역으로부터 발생하는 토양 유실량과 총질소, 총인의 양을 계산하였다. 그러나 지금까지의 모형을 통한 부하량 산정은 강우에 따른 단기간의 오염부하량에 관한 것으로 논에서와 같이 장기적인 부하량 계산에 관한 연구는 미흡하다.

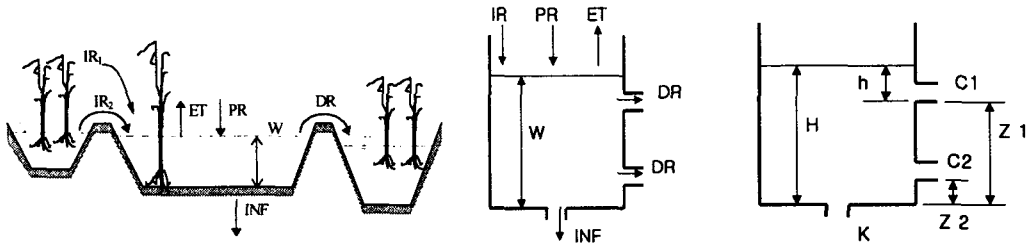
본 연구에서는 TANK 모형에 부하량 산정 모형을 추가하여 논에서의 오염물질 부하량을 산정하고,

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

연구 대상지역의 논에 적용하여 모형의 타당성을 검토하고자 한다.

## II. TANK 모형의 구성

오염부하 산정모형은 유출량 예측 모형인 TANK모형에 오염부하 산정식을 추가하여 유출량의 변화에 따른 오염부하량을 예측하는 모형으로 구성되었다. 본 연구에서 사용되는 TANK모형은 논에 특성에 맞게 변형된 모형으로 1단 TANK만으로 모든 수문기작을 모형화 하였으며 논에서의 장기유출 해석을 실시하였다(Fig. 1). 또한 오염물질 부하의 산정식을 첨가하여 논으로부터 부하되는 T-N, T-P에 대한 일별 오염부하 산정식을 구성하고, 시행착오법으로 각각의 수질성분에 대한 매개변수를 보정하여 논으로부터의 일별 부하량을 계산하였다.



IR<sub>1</sub>= Irrigation(mm), IR<sub>2</sub>= overflow Irrigation(mm), PR = Rainfall(mm), DR = Discharge(mm), ET = Evapotranspiration(mm), INF = Infiltration(mm), W = Ponding Depth(mm)이다.

Fig. 1 Schematic diagram of the TANK model

### 2.1. 유출량 계산

유출공의 위치는 Z로 나타내고 그것은 TANK바닥으로부터의 높이이다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 유출공은 2개 침투공은 1개 유출계수는 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>의 2개, 침투계수는 K 1개 공입구의 높이는 Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>의 2개이며 총 5개의 모형상수를 결정하는 것이 TANK모형에 의한 유출해석이 된다.

Δt 시간에 있어서 유출고는 식 (1)과 같다.

$$\Sigma q = h_1 \cdot C_1 + h_2 \cdot C_2 \quad \text{----- (1)} \quad S = H \cdot K \quad \text{----- (2)}$$

여기서, h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> 는 Δt시간내의 평균수심이다. Δt 시간에 있는 침투고는 식 (2)와 같다.

Δt 시간의 강우량을 R, 임의시각 t에 있어서 저류심을 H<sub>1</sub>, (t+Δt)시각에 있는 저류심을 H<sub>2</sub>로 하면 저류량은 식 (3)과 같다.

$$H_2 = H_1 + R - (Y_1 + Y_2) - S \quad \text{----- (3)}$$

또한 유출공 모두 H<sub>n</sub> < Z<sub>n</sub>의 경우는 유출이 일어나지 않게 된다.

### 2.2. 오염부하량 계산

오염물질도 물과 함께 유출된다는 가정하여 TANK모형에서 유출량 산정식에 의해 구하여진 유출량에 부하량 산정식을 첨가하여 논에서의 오염부하량을 구하였다. 계단형 부하는 논 토양에서의 용출 오염부하가 일정수준의 상태로 변화하는 함수로의 계산식으로 다음과 같은 특수해로 나타낼 수 있다.

$$LC = \frac{W}{\lambda V} (1 - e^{-\lambda t}) \quad \text{----- (4)} \quad KC = \frac{m}{V} (e^{-\lambda t}) \quad \text{----- (5)}$$

여기서 LC는 토양내에서 용출되어 나오는 오염 부하의 농도이며, W는 일정 수준의 오염 부하(M T<sup>-1</sup>),

V는 담수심, λ는 계수, t는 시간을 나타낸다. 순간 부하(유출)는 영농활동을 통하여 논에 투여되는 기비의 부하를 나타내는 것으로 기비가 투여되는 시기에 순간적으로 높은 부하를 나타내며 시간이 흐를수록 점차적으로 감소하는 경향을 보인다. 계산식은 다음과 같다. 이와 같이 오염부하의 관계식을 사용하여 평상시 식(6), 기비시 식(7)로 나누어 관계식을 구성하였으며 강우와 윗논유입, 관개가 없을 오염부하의 농도를 0으로 보았다.

$$TC = (LC)V + PRW + IR_1W + IR_2W \text{ ----- (6)}$$

$$TC = (LC + KC)V + PRW + IR_1W + IR_2W \text{ ----- (7)}$$

### III. 모형의 보정과 검정

#### 3.1. 대상지역의 개요

모형적용 지역은 경기도 여주군 가남면 오산리에 위치한 건국대학교 실습농장의 필지 논으로 면적은 2,520 m<sup>2</sup>이며 개략도는 Fig. 2과 같다. 연구 기간은 2002년 5월중순부터 2002년 7월 말까지 영농기간에 실시하였다. 관개용수는 주로 지하수 관개에 의해 유입되며, 낙수시나 강우에 의한 유출 발생시 연구포장의 윗논에서 weir를 통해 공급되며 배수는 weir를 통하여 아래 논으로 배수된다. 수질 분석 항목은 T-N, T-P이며 Standard Methods(APHA, 1995)에 의해 분석하였다.

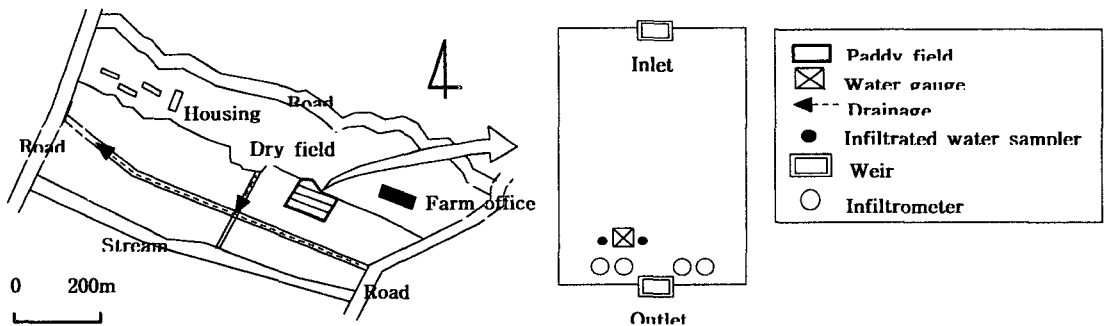


Fig. 2 Schematic layout of the study area.

#### 3.2. 모형 매개변수 보정

본 모형에서의 담수심 및 유출량을 구하기 위한 유출계수와 침투계수 그리고 유출공의 높이는 실측치를 이용한 경험식으로 구해졌다. 부하량 산정을 위한 경험식의 각각의 계수는 기비, 분얼비, 이삭비가 뿌려진 후 수질측정을 통해 구해진 매개변수를 이용하였다.

#### 3.3. 모형의 검정

본 연구의 TANK모형을 대상지역의 관측기상자료 및 시비 조건에 따른 매개변수를 보정하여 여주군에 위치한 면적 2,520 m<sup>2</sup>의 필지논에 검정을 실시하였다. 관측된 총 관개량은 710.59mm 였으며 강우량은 253.3mm로 총 관개유입량은 963.89mm 였다. TANK 모형으로 모의된 유출량은 800.47mm 였고 관측된 값은 1005.87mm로 205.4mm의 차가 생겼다. 이는 윗논에서 유입되는 유입관개량이 낙수시에도 계속 유입되는 과정에서 담수심의 변화가 없이 유출구로 유출되는 유출량의 오차라고 생

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

각된다. 논 표면수에서 비료투입 후 평균농도를 보면 T-N의 경우 관측치는 18mg/L, 모의된 값은 14.98mg/L 였으며 T-P의 경우 관측치는 0.77mg/L, 모의된 값은 0.71mg/L 였다.

개발모형의 검정은 대상지역의 담수심 및 유출량, 비료 투입시 논 표면수의 T-N, T-P 농도의 관측값과 모의값을 비교하여 이들 사이에 상관계수를 구하여 모형을 검정하였다. 검정결과 담수심과 유출량, T-N, T-P의 상관계수는 각각 0.89, 0.60, 0.99, 0.91로 나타내었다. 이에 본 연구에서 사용된 TANK에 부하량 산정식을 첨가한 모형은 비교적 적합한 모형이라고 판단된다.

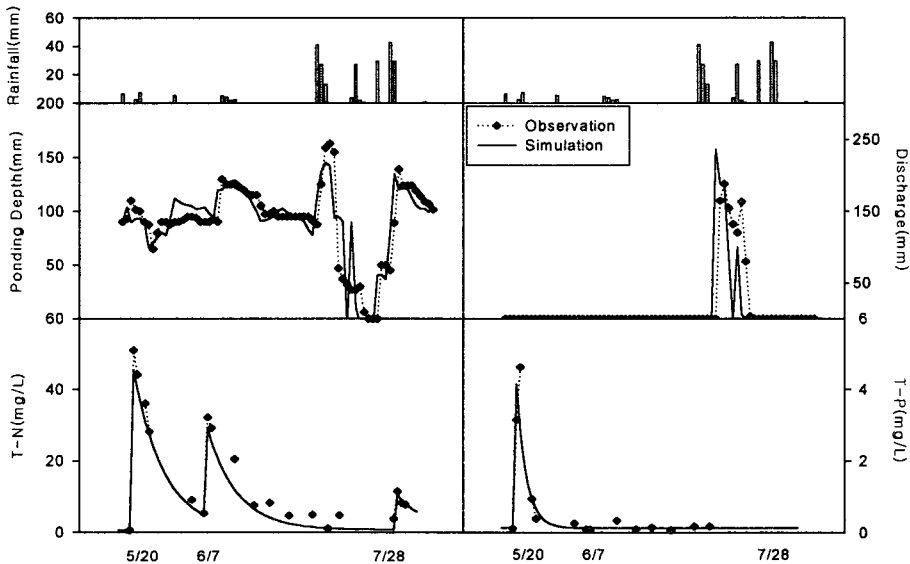


Fig.3. Observation and Simulation of Pondering Depth, Discharge, T-N, T-P

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 벼 재배 논에서의 담수심, 유출량, T-N, T-P 농도의 특성을 파악하고 수문모형인 TANK 모형에 부하량 산정식을 추가하여 논에서의 영양물질수지 적용 가능성에 대한 검정을 실시하였다.

1. 수문모형인 TANK 모형을 산정하였으며 1단 모형으로 논의 수문기작을 모의 하였다. 부하량 산정식은 경험식에 의해 구해졌으며 매개변수 보정은 비료 투입 후 실측을 통해 이루어 졌다.
2. 담수심과 유출량 모의 결과 상관계수는 담수심, 유출량, T-N, T-P 각각 0.89, 0.60, 0.99, 0.91보였으며, 영양물질의 모의 결과도 높은 상관관계를 보였다. 본 모형을 통한 와 는 비 교적 적합한 모형이라고 판단된다.

향후 추진계획은 본 연구에서 사용된 모형을 토대로 하여 농지배수의 특성에 적합한 모형의 개발과 농지배수의 최적관리기법에 적용하고자 한다.

본 연구는 농림부 농림기술개발연구과제(농지배수의 친환경적 관리 및 처리기법 개발)의 지원에 의하여 수행되었음.

#### V.참고문헌

1. Hwang, H. S. 2002. Mass Balance Analysis and Loading Estimate of Nutrients in Paddy Field Area. M.S. Konkuk university.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)