

# 보령담수호 유역의 유출 오염부하량 추정

Estimation of Runoff Pollutant Loadings in Boryung Reservoir Watershed

최진규·손재권·구자웅·조재영·김영주\*(전북대)

Choi, Jin Kyu · Son, Jae Gwon · Koo, Ja Woong · Cho, Jae Young · Kim, Young Joo\*

## Abstract

This study was carried out to estimate the runoff pollutant loadings for water quality management in Boryung freshwater reservoir watershed. The hydrological monitoring system were operated for water level measurement during 1999~2000 and temporal variation of water quality constituents such as pH, EC, total nitrogen, total phosphorus were analysed, periodically. Monthly runoff volumes by TANK model and potential pollutant loadings calculated by unit method were compared with measured values.

## I. 서론

최근 간척을 통해 조성된 담수호의 수질문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 담수호 수질악화의 원인은 처리되지 않은 생활오수나 오염된 공장폐수 등이 하천에 방류되거나, 축산오수와 폐기물 등이 흘러 들거나 빗물에 씻기워 하천으로 유입되는데 있다. 그 밖에도 도시나 농경지로부터 강우-유출 과정에서 오염물질이 용해되거나, 토사와 함께 유입되는데 기인되는 것이다. 최근 들어 세계적으로 농업비점오염원으로 인한 수질오염문제를 해결하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 우리 나라에서도 농업비점오염원으로 인한 수질오염의 심각성을 인식하고 이에 대한 조사 연구가 많이 이루어지고 있다.

본 연구는 보령 담수호 유역을 대상으로 유역내 유출량 및 오염부하량을 평가하고자 시험지구내에 수문관측시설을 설치하고 1999년 1월부터 2000년 12월까지 2년동안 3개 지점에서 수문모니터링을 통한 수위측정과 수질분석을 실시하였다. 유출량은 TANK 모형과 GWLF (Generalized Watershed Loading Functions) 모형을 모의하여 측정값과 비교 검토하였고, 오염부하량은 수질분석을 통한 유출오염부하량, 원단위 오염부하량 및 GWLF모형의 결과치를 비교하였다.

## II. 재료 및 방법

본 연구의 조사 대상지구는 유역면적 14,000 ha 의 보령담수호 유역이며, 지형적 특성 파악 및 유출분석을 위하여 보령 담수호 유역을 1:25,000 지형도상에서 9개의 소유역으로 분할하였다. 이 가운데 WS#1과 WS#2 소유역은 하천이 발달되어 있지 않으며 다량의 축산폐수가 담

수호로 유입되는 유역이다. 수위계는 WS#5 유역의 신진교, WS#6 유역의 소룡교, WS#8 유역의 논향교 지점에 간이표척과 수위데이터로거 각 1조씩 설치하였으며, 유량측정은 수위계 설치 지점에서 유속계로 측정하였다. 각 소유역별 유출특성을 고려하여 담수호로 유입되는 하천을 대상으로 1999년 1월부터 2000년 12월까지 24개월간 19개 지점에서 매월 1~2회씩 물시료를 채수하여 하천수질을 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 유출량

조사기간중의 강수량 자료는 보령관측소의 기상자료를 이용하였다. 조사기간인 1999년도의 강수량은 1,284.1 mm 였으며, 일일 최대우량은 6월 23일의 118.5 mm 이었다. 또한 2000년도의 강수량은 1,515.4 mm 로 우리 나라의 연평균 강수량보다 많았고, 일일 최대우량은 8월 26일의 171.5 mm 였으며, 특히 8월 20일부터 8월 27일 사이에 내린 집중호우로 644.0 mm 를 기록하였다.

주요 지점 및 소유역에 대한 관측자료와 TANK 모형, GWLF 모형을 적용하여 얻어진 결과를 비교하였으며, 신진교, 소룡교 및 논향교에 대한 유출분석 결과는 <표 1>과 같다 .

하류측의 취입보로 인하여 배수현상(Backwater)이 발생하는 WS#5 유역의 신진교 지점, WS#8 유역의 상류측에 위치한 성연저수지의 물넘이 월류량과 통관 배제량에 따라 영향을 크게 받는 논향교 지점에서는 상대적으로 실측치와 모의발생치간에 유출량의 차이가 많았다. 따라서 본 연구에서는 하천주변의 영향이 비교적 적은 소룡교 지점의 측정자료를 이용하여 TANK모형과 GWLF 모형의 보정을 실시하였다. 그 결과 소룡교 지점에서의 일별 최저유량을 고려한 측정 자료, TANK모형 및 GWLF 모형에 의한 연간 유출량은 1999년에 396.6 mm, 458.3 mm 및 249.8 mm 였고, 2000년에는 684.2 mm, 737.2 mm 및 615.9 mm 로 나타났으며, 1999년과 2000년의 상대오차를 비교하면 TANK모형의 경우 15.5% 및 7.7% 이며 GWLF 모형의 경우에는 37.0% 및 5.4% 의 상대오차로써 유사한 경향을 나타내었다.

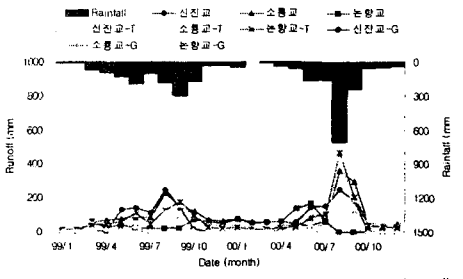
<표 1> 측정자료, TANK 및 GWLF 모형에 의한 유출량 비교 (단위 : mm)

구 분	신진교		소룡교		논향교	
	1999년	2000년	1999년	2000년	1999년	2000년
측정자료	801.5	804.8	998.6	1,175.6	395.3	614.2
(직접유출)	368.8	583.9	396.6	684.2	237.2	368.4
TANK모형	505.0	737.2	458.3	780.2	615.5	895.3
GWLF모형	249.4	615.2	249.8	615.9	253.3	615.9

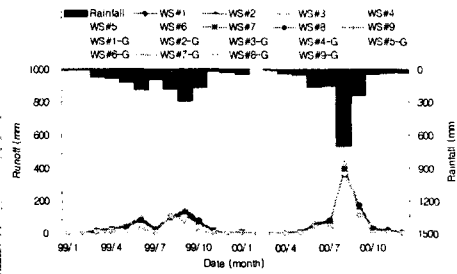
(주) ( )은 일별 최저유량을 고려한 값임

측정 유출량에 대한 TANK모형 및 GWLF 모형의 상관관계를 보면 결정계수( $R^2$ )가 0.8606 과 0.8355로 나타났으며, TANK모형과 GWLF 모형의 경우에는 결정계수는 0.9504 로 고도의 유의성을 나타내었다. 따라서 실측 유량자료가 없는 9개 소유역의 경우에는 TANK 모형 및 GWLF 모형을 이용하여 유출량을 모의하였다. <그림 1>은 3개 수문관측지점과 미계측 소유역

에 대한 월별 유출량, TANK 모형(지점명-T) 및 GWLF 모형(지점명-G)을 비교하여 도시한 것이다.



(a) 수문관측지점



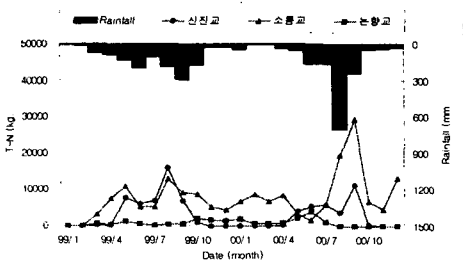
(b) 미계측 소유역

<그림 1> 측정자료, TANK 모형 및 GWLF 모형에 의한 유출량 비교

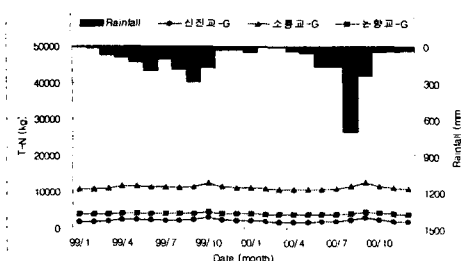
## 2. 오염부하량

보령담수호 유역의 T-N 및 T-P에 대한 유출 오염부하량을 추정하고자 원단위법과 GWLF 모형을 적용하였다. 그 결과 원단위법으로 계산된 오염부하량은 전질소 3,553,037 kg/yr, 전인산 809,597 kg/yr 로 나타났다. 측정된 유출오염부하량은 1999년의 경우 전질소 25,261 kg/yr, 그리고 전인산 1,399 kg/yr 로 나타났으며, 2000년에는 전질소 271,506 kg/yr, 그리고 전인산 3,792 kg/yr 로 나타났다.

GWLF 모형에서 모의된 유출오염부하량을 보면 1999년의 경우 전질소 737,397 kg/yr, 그리고 전인산 128,175 kg/yr 로 추정되었으며, 2000년에는 전질소 727,258 kg/yr, 그리고 전인산 123,350 kg/yr 로 추정되었다. 원단위 오염부하량에 대한 측정 유출오염부하량을 비교한 결과, 전질소의 경우 전체 원단위 오염부하량의 7.1~7.6% 가, 전인산의 경우에는 전체 원단위 오염부하량의 0.17~0.47% 가 유출된 것으로 나타났다. 한편 원단위 오염부하량에 대한 GWLF 모형에서 모의된 오염부하량에서는 전질소의 경우 전체 원단위 오염부하량의 20.5~20.8% 를, 전인산의 경우 전체 원단위 오염부하량의 15.2~15.8% 로 나타났다. <그림 2>와 <그림 3>은 1999년에서 2000년까지의 주요 측정지점별로 유출 오염부하량과 GWLF 모형에서 모의된 오염부하량을 월별로 나타낸 것이다.

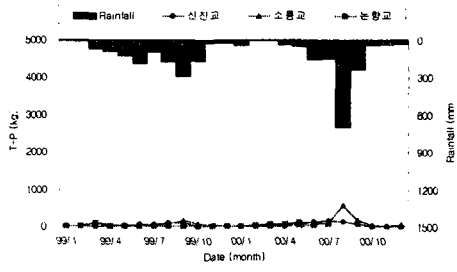


(a) 측정자료

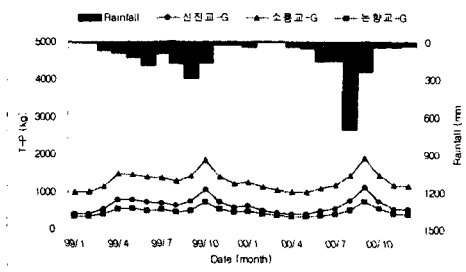


(b) GWLF 모형 적용

<그림 2> 신진교, 소룡교 및 논향교 지점의 T-N 오염부하량 (1999~2000년)



(a) 측정자료



(b) GWLF 모형 적용

<그림 3> 신진교, 소룡교 및 논향교 지점의 T-P 오염부하량 (1999~2000년)

#### IV. 요약 및 결론

보령 담수호 유역을 대상으로 1999년 및 2000년의 2개년 동안 주요 하천지점인 신진교, 소룡교 및 논향교에서의 유량측정 및 수질분석자료와 TANK 모형, GWLF 모형을 적용하여 유출량 및 오염부하량을 비교 분석하였다. 그 결과 측정자료, TANK 모형과 GWLF 모형에서 모의된 유출량은 관측지점별로 많은 차이를 나타내었으며, TANK 모형과 GWLF 모형의 모의발생 결과는 비슷한 양상을 보여주었다. 한편, 원단위 오염부하량과 하천에서의 수질분석자료에 따른 유출 오염부하량을 비교한 결과 전질소의 경우 전체 원단위 오염부하량의 7.1~7.6% 가, 전인산의 경우에는 0.17~0.47% 가 유출된 것으로 나타났다. 그리고 원단위 오염부하량에 대한 GWLF 모형에서 모의된 오염부하량에서는 전질소의 경우 전체 원단위 오염부하량의 20.5~20.8% 가, 전인산의 경우에는 15.2~15.8% 가 유출된 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. 김진택. 1995. 농업 비점원 오염모형을 위한 지리자원정보시스템 호환모형의 개발 및 적용. 박사학위논문. 서울대학교.
2. 농어촌진흥공사. 1997. 홍보지구 농업종합개발사업 (사후환경영향조사보고서).
3. 박승우. 1996. 농업유역 환경의 최적관리방안. 한국농공학회지. 38(3) : 15~23.
4. 장중석. 1999. 오염부하량 산정을 위한 GWLF 모형의 적용. 석사학위논문. 환경대학교.
5. 전경수. 1997. 비점 오염원 수질 모델링. 한국수자원학회지. 30(4) : 46~54.
6. 정상옥. 1996. 농업배수가 수질에 미치는 영향과 오염저감 대책. 한국관개배수학회지. 3(2) : 20~35.
7. 최중대, 최예환, 이기중. 2001. 강원도 농촌소유역의 오염배출특성과 수질관리방안. 비점원오염에 관한 한·일 국제 심포지움 발표논문집. 한국농촌환경연구소 : 15~21.
8. 한건연. 1999. 하천수질 모델링의 이론과 적용. 한국수자원학회지. 32(1) : 22~31.