

# SWAT 및 KoRiv1 모형을 활용한 하류하천 탁도관리 시스템구축

노준우 · 김정곤 · 이상욱

수자원공사 Kwater 연구원

(2009년 7월 8일 접수; 2009년 9월 5일 수정; 2009년 9월 22일 채택)

## Development of Downstream Turbid Water Management System Using SWAT and KoRiv1 Dynamic Water Quality Simulation Model

Joonwoo Noh, Jeongkon Kim and Sanguk Lee

*K-water Research Institute, Korea Water Resources Corporation, Daejeon 305-730, Korea*

(Manuscript received 8 July, 2009; revised 5 September, 2009; accepted 22 September, 2009)

### Abstract

High turbid water in the River has been one of the major concerns to the downstream residence. Especially in the Nakdong River basin severe turbid water problem occurred in year 2002 and 2003 due to the typhoon Rusa and Maemi consecutively. The main objective of this study is to develop turbid water management system in reservoir downstream of the Nakdong River combining physically based semi-distributed hydrologic simulation model SWAT with 1-dimensional dynamic water quality simulation model. SWAT model covers the area from the upstream of the Imha and Andong reservoir to the Gumi gage station for the purpose of estimating flow rates and suspended sediment of the tributaries. From year 1999 to 2007 runoff simulation for 8 years  $R_{eff}$  and  $R^2$  ranges 0.46~0.9, 0.54~0.99 respectively. Through the linkage of models, outputs of SWAT model such as suspended sediment and flow rates of the tributaries can be incorporated into the 1-dimensional dynamic water quality simulation model, KoRiv1 to support joint reservoir operation considering the turbidity released from Imha and Andong reservoir. The applicability of model simulation has been tested for year 2006 and compared with measured data.

**Key Words** : Turbid water, SWAT, KoRiv1, Suspended sediment, Water quality model

### 1. 서 론

국지적인 집중호우로 상류단에서 발생한 탁수는 저수지로 유입되어 수온약층을 따라 분포하다가

가을철 전도현상을 거치면서 저수지내 전수층으로 확산된다. 저수지의 탁도상승은 하류하천의 탁수장기화를 초래하고 이는 정수장의 수처리 비용을 상승시키며 방류수 자체의 탁도상승 외에도 하천변에서 이루어지는 토목공사, 그리고 강우시 대하천으로 유입되는 지류하천의 탁도증가에 기인한다. 특히 하천수의 탁도상승은 하천의 심미적 기능을 크게 저하시켜 주민들의 직접적인 민원의 대상이

Corresponding Author : Jeongkon Kim, K-water Research Institute, Korea Water Resources Corporation, Daejeon 305-730, Korea  
Phone: +82-42-870-7470  
E-mail: jkkim@kwater.or.kr

된다. 낙동강 수계의 최상류에 위치한 임하댐의 경우 2002년, 2003년에 발생한 태풍 루사 및 매미로 인하여 큰 피해를 입었으며 이러한 탁수피해는 2004년까지 지속되었으며 탁수피해를 경감시키기 위해서 다양한 탁수저감 대책이 수립되었다<sup>1)</sup>. 먼저 저수지로 유입되는 탁수량을 파악하여 저수지 상류지역을 대상으로 유역대책을 수립하기 위하여 기존에 개발된 수문모형을 활용하여 유역에서 발생 가능한 부유사량을 산정하고 이를 정량화함으로써 유역대책 수립의 근거로 활용해야 한다. 이와 병행하여 장기간에 걸친 현장조사와 모니터링 작업이 수행되어야 하며 저수지 수질모의를 통하여 유입된 탁수를 조기배제하기 위한 저수지 운영방안을 수립하고 이와 연계하여 하류단 탁도전파양상을 파악하고 고탁도 방류수의 도달거리 등을 산정할 수 있는 유역-저수지-하류하천의 통합 탁수관리 대책이 수립되어야 한다.

유역에서 발생하는 탁수량을 산정하고자 최근 HSPF나 SWAT과 같은 유역모형의 활용도가 높아지고 있다. 유역에서 발생하는 탁수량을 산정하고자 용담댐 상류유역에 HSPF를 구축하고 저수지로 유입되는 탁수량을 산정하고 CE-QUAL-W2 모형과 연계하여 저수지내 탁수거동을 모의하였다<sup>2)</sup>. 또한 임하 및 안동댐 상류유역에 발생하는 부유사량을 추정하기 위하여 SWAT모형을 구축하였다<sup>3)</sup>. 대청댐으로 유입되는 유역 토양 침식량 산정을 위하여 저수지 상류유역을 대상으로 SWAT 모형을 적용하였으며<sup>4)</sup> 충주댐 상류유역에 대하여 시공간적인 특성을 고려하여 유사발생패턴을 모의한 바 있다<sup>5)</sup>. 현재까지 적용된 유역모형은 대부분의 경우 저수지로 유입되는 탁수 및 오염부하량을 산정하기 위하여 저수지 상류유역을 중심으로 적용되었으나 저수지 하류하천을 대상으로 유입되는 유량 및 오염물 산정에 적용한 경우는 매우 드물다.

본 연구의 주요목적은 유역-저수지-하류하천을 연계한 통합 탁도관리 시스템 구축의 일환으로 하류하천을 대상으로 탁도관리 시스템을 구축하여 저수지 운영을 통한 하류하천의 탁수저감을 달성하고자 함이다. 이를 위하여 임하댐관리수위를 기존운영수위보다 낮추어 운영하면서 상대적으로 탁도가

낮은 안동댐의 방류수와 혼합하여 연계운영을 통한 대상하천의 탁도를 저감하는 방안이 고려되었다. 이러한 저수지 연계운영을 지원하는 하류하천 탁도모의를 위하여 임하 및 안동댐 상류유역을 포함, 구미수위표 지점까지 SWAT 모형을 구축하고 여기서 산정된 지류별 부유사 및 유량값을 1차원 동적 수질 모형의 입력자료로 반영해 줌으로써 보다 신뢰도 높고 효율적인 하류하천 탁도모의가 가능하도록 하였다.

## 2. 자료 및 방법

### 2.1. SWAT 모형의 개요

SWAT 모형은 유역의 물리적 특성 즉 토지이용현황, 토양특성, 및 경사도등을 고려해 균질한 특성을 갖는 하나의 수문반응단위유역(HRU)으로 구분하여 대상유역의 장기유출현상과 더불어 수질변화를 모의한다. SWAT 모형은 최근 들어 단순한 유출모의 뿐만이 아니라 유사 및 수질모의 등 매우 다양한 방면에 폭넓게 적용되었다. 충주댐 상류유역의 적용하여 오염원에 따른 오염부하량 발생특성에 대한 연구를 수행하였고<sup>6)</sup> 기존 SWAT 모형의 단점을 개선하기 위하여 3차원 지하수 유동모형인 MODFLOW모형을 결합하여 지하수위 변화, 함양량 등을 보다 자세히 산정하였다<sup>7,8)</sup>. SWAT 모형의 물 수지 산정은 저류 방정식에 의해 차단, 지표면 유출, 측면 유출, 침투, 기저 유출, 수로 손실, 증발산 등을 고려하여 일 단위로 물 순환을 산정한다.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=0}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - P_{erc} - Q_{gw}) \quad (1)$$

여기서  $SW_t$ 는 최종 토양수분량(mm H<sub>2</sub>O),  $SW_0$ 는 i일의 초기 토양수분량(mm H<sub>2</sub>O), t는 시간 (일),  $R_{day}$ 는 i일의 강수량(mm H<sub>2</sub>O),  $Q_{surf}$ 는 i의 지표유출량(mm H<sub>2</sub>O),  $E_a$ 는 i일의 증발산량(mm H<sub>2</sub>O),  $P_{erc}$ 는 i일의 토양층으로부터 투수층으로의 투수되는 총량(mm H<sub>2</sub>O),  $Q_{gw}$ 는 i일의 회귀 수량(mm H<sub>2</sub>O)이다.

각 HRU로부터 유출을 비롯하여 유사, 영양물질, 농약성분에 대한 부하량이 소유역 단위로 합산되어 이는 다시 하도, 저류지, 저수지 등을 통한 추적 과정을 거쳐 유역출구에서 총량으로 계산된다. SWAT

모형은 Williams와 Berndt<sup>9)</sup>가 제안한 MUSLE 공식을 이용하여 강우와 유출에 의한 유사발생량을 전술한 HRU단위로 산정하게 된다. 각 HRU별 토양유실량은 다음식으로 계산된다.

$$sed = 11.8(Q_{surf} \times q_p \times area_{hru})^{0.56} \cdot K_{USLE} \cdot LS_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \quad (2)$$

여기서,  $Q_{surf}$ 와  $q_p$ (m<sup>3</sup>/s)는 각각 유출량과 침투 유량으로 USLE에서 강우에너지를 대체한 항목이다.  $area_{hru}$ 는 해당 HRU의 면적(ha)이며  $K_{USLE}$ 는 토양침식계수로 다른 인자가 모두 동일한 토양에서 더 쉽게 침식이 발생하는 정도를 나타내므로 각 토양특성에 따라 다르고,  $LS_{USLE}$ 는 지형특성인자로 경사길이와 경사도를 의미하며 특히, 경사길이와 경사도가 클수록 유사량이 크게 추정된다.  $C_{USLE}$ 는 경사지의 피복상태, 식생의 종류, 식생 상태 등 복합적인 조건에 대한 토양 유실량의 영향을 나타내며  $P_{USLE}$ 는 토양보존인자이다.

2.2. 대상유역의 개황 및 입력자료

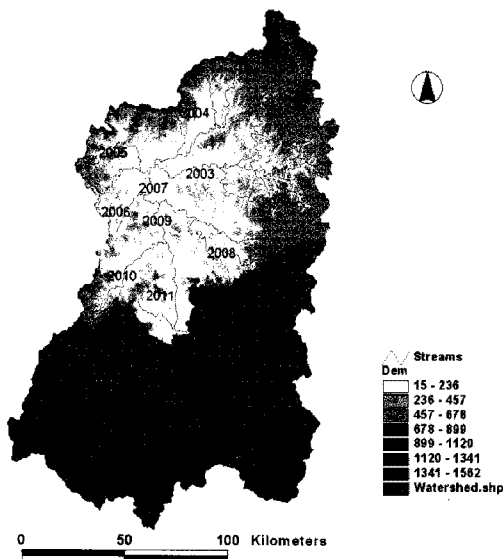
모형의 적용을 위한 입력 자료는 지형자료, 지형자료와 연결된 속성자료, 그리고 기상 및 유역관리에 관련된 자료 등 3가지로 구성된다. 본 연구에서는 ArcView SWAT을 이용하여 국가 수자원관리 종합정보 시스템(Water Management Information System, WAMIS, <http://www.wamis.go.kr>)으로부터 획득한

30 m 해상도의 DEM, 대분류 토지피복도(1:50,000), 그리고 개략토양도(1:250,000)등의 공간정보 자료를 활용하였다. DEM은 모의 시간의 효율을 위해 60m 해상도로 변환하여 사용하였다. 투영 좌표체계는 Transverse-Mercator 법(Bessel 타원체)을 사용하였으며, 매개변수는 한국측지계의 중부 원점값을 적용하였다. Fig. 1에 낙동강수계의 안동댐 유역부터 구미수위표가 위치한 중권역까지 총 11개의 유역을 조합한 유역도를 제시하였다. 대상유역의 면적은 낙동강수계 총 유역면적의 49.2%에 해당되는 11669.2 Km<sup>2</sup>에 해당한다.

SWAT 모형은 장기유출 모의를 위하여 대상유역을 물리학적 특징이 유사한 몇 개의 소유역으로 구분해 주어야 한다. 이를 위하여 DEM, 토양도 및 토지이용도를 기반으로 수위관측소와 오염총량 단위 유역도를 고려하여 총 51개의 소유역으로 구성하였다. Fig. 2(a)와 2(b)는 각각 대상유역의 토양도와 토지이용도를 나타내고 Fig. 2(c) 수위표와 Fig. 2(d)의 오염총량 단위도를 고려하여 Fig. 2(e)와 같이 SWAT 모형의 소유역을 구분해 주었다.

2.3. 유출모의

구축된 모형을 이용하여 1999년 1월 1일부터 2007년 12월 31일까지 8년간 대상유역의 강우-유출 변동을 모의하였다. 1999년부터 2001년까지를 사전 모의기간(warming-period)으로 설정하여 유역의 물



Code	Name	Area(Km <sup>2</sup> )
2001	Andong dam	1628.7
2002	Imha dam	1975.8
2003	Downstream of Andong dam	980.4
2004	Naesung stream	1816.1
2005	Younggang	914.4
2006	Byongsung stream	433.1
2007	Conj. Wichun	224.1
2008	Wichun stream	1405.9
2009	Nakdong gage st.	179.2
2010	Gam stream	1005.3
2011	Waeguan gage St.	1106.2

Fig. 1. DEM of study area.

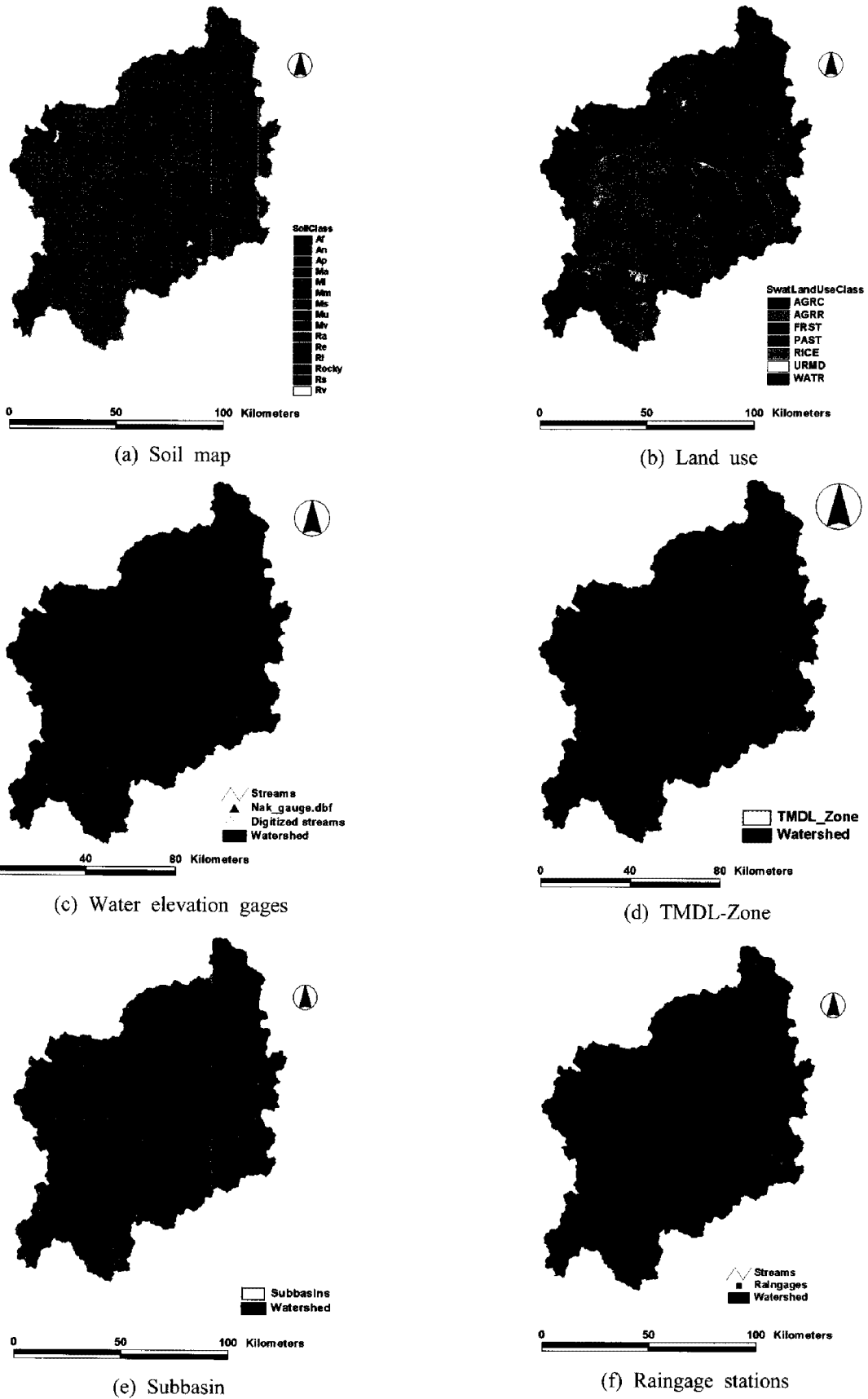


Fig. 2. Input data of SWAT model.

리적인 수문상태를 잘 재현하도록 하였고, 2002~2004년도 까지를 모형의 보정기간으로 보고 매개변수를 산정하였다. 보정된 매개변수를 사용하여 2005~2007년까지 기간을 대상으로 구축된 모형을 검증하였다. 앞서 구축된 모형의 예측성을 정량적으로 평가하기 위하여 식(3)의 Nash-Sutcliffe 계수  $R_{eff}^{10)}$ 와 식(4)의 결정계수  $R^2$ (regression coefficient)를 주요수위표 지점을 대상으로 정리하여 Table 1에 제시하였으며 모의된 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

$$R_{eff} = 1 - \frac{\sum_i^n (Q_{obs,i} - Q_{pred,i})^2}{\sum_i^n (Q_{obs,i} - \overline{Q_{obs,i}})^2} \quad (3)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\left( \sum_i^n Q_{obs,i} \times Q_{pred,i} - n \overline{Q_{obs}} \times \overline{Q_{pred}} \right)^2}{\left( \sum_i^n Q_{obs}^2 - n \overline{Q_{obs}^2} \right) \left( \sum_i^n Q_{pred}^2 - n \overline{Q_{pred}^2} \right)} \quad (4)$$

여기서  $Q_{obs,i}$ 는 i일에 관찰된 유량의 값,  $Q_{pred,i}$ 은 i일에 예측된 모델 유량 값,  $\overline{Q_{obs}}$ 은 평균 관측 값,  $\overline{Q_{pred}}$ 은 평균 모델 예측 값, 그리고 n은 계산된 기간

**Table 1.** Result of the statistical analysis of the simulation result

Water elevation gage station	Year	$R_{eff}$	$R^2$
Gumi	2005	0.02	0.793
	2006	0.88	0.9255
	2007	0.78	0.8511
Sungju	2005	0.64	0.8532
	2006	0.82	0.9393
	2007	0.74	0.8725

을 의미한다.  $R_{eff}$ 과  $R^2$ 은 각각 유출량의 침투 유량의 민감도의 크기와 강우 사상에 따른 유출의 반응 시간에 민감도의 크기를 나타낸다.

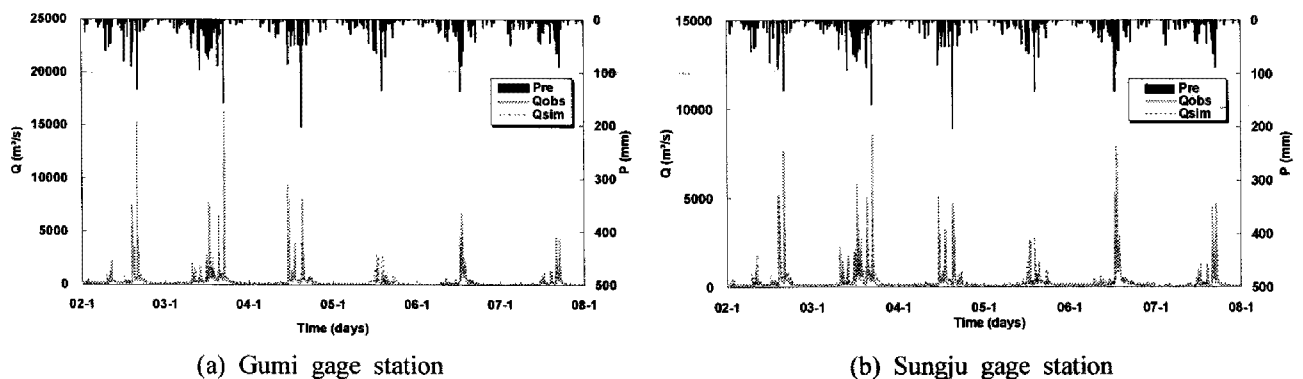
### 2.4. 부유사모의

부유사 모의를 위한 모형의 검보정을 위하여 각 수계별 총량단위유역 말단부에서 수집된 실측값과 비교하기 위하여 수위표 지점 이외에도 오염총량제 단위유역도를 고려하여 SWAT모형의 소유역을 구성하였다. 먼저 본류부 총량단위유역인 낙본E의 말단부에서 모의결과와 비교한 유사량 수문곡선을 Fig. 4(a)에 제시하였으며 지류단 탁도모의 결과를 평가하기 위하여 내성B 단위유역 말단의 유사량 수문곡선을 Fig. 4(b)에 제시하였다. 전반적으로 홍수기시 유사량이 증가하고 갈수기시 감소하는 계절적 변동성에 대한 상관성은 대체로 잘 유지되는 것으로 파악되었다.

## 3. 동적하천수질 모형과의 연계

### 3.1. 동적수질모형의 개요

SWAT 모형은 하도추적 기능이 있어 일별 수리 및 수질 변동해석이 가능하나 시간별 모의가 불가능하고 모의에 소요되는 시간이 매우 길어 비상시 저수지 의사결정 지원도구으로써의 활용도가 다소 떨어지는 단점이 있다. 본 연구에서는 하류하천의 탁도전파를 모의하기 위해서 동적수질 모의모형인 KoRiv1 모형을 구축하여 적용하였다. KoRiv1 모형은 저수지 운영을 지원하기 위하여 CE-QUAL-RIV1 모형을 기반으로 GUI를 개선하여 자료입력을 위한



**Fig. 3.** Comparison of observed and simulated rainfall-runoff analysis.

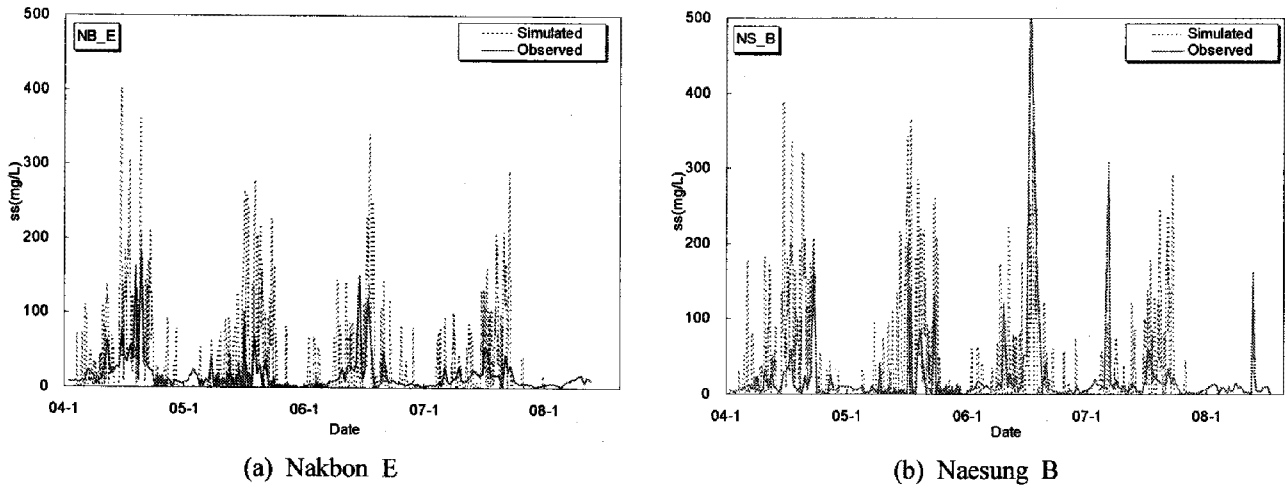


Fig. 4. Comparison of observed and simulated suspended sediment.

전처리 그리고 모의결과 도시를 위한 후처리 기능을 강화한 모형이다. 저수지 방류량 변동에 따른 하류하천의 수리 및 수질변동을 해석할 수 있어 다양한 시나리오 적용을 통하여 최적 방류량을 결정할 수 있다.

모형은 수리 및 수질모듈로 구성되어 있으며 수리모듈의 경우 식 (5)의 연속방정식과 식 (6)에 제시된 운동량방정식을 유한차분기법으로 풀이하여 수심 및 유량 등 수리학적 매개변수를 구한다. 한편 수질모듈의 경우 기 수행된 수리해석을 바탕으로 식 (7)과 같은 이송확산 방정식을 풀이하고 12개 수질인자에 대하여 수질모의를 수행하게 된다.

$$\frac{\partial(A+A_0)}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (5)$$

여기서  $A$ 는 하천단면적을 나타내고  $A_0$ 는 홍수터 면적,  $Q$ 는 유량 그리고  $q$ 는 본류하천으로 유입되는 단위길이당 유량이 된다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(UQ)}{\partial t} + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA \left( S_0 - S_f - \frac{h_E}{\partial x} \right) + qU_q \quad (6)$$

여기서  $U$ 는 유속,  $S_0$  및  $S_f$ 는 각각 하상 및 마찰 경사를 그리고  $h$ 는 수심,  $h_E$ 는 수두손실량이 된다.

$$\frac{\partial(\alpha A)}{\partial t} + \frac{\partial(Q\alpha)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial t} \left( DA \frac{\partial \alpha}{\partial x} \right) + \gamma q + S^* \quad (7)$$

여기서  $D$ 는 난류확산계수를 나타내며 각  $\alpha$ 는 수질항목의 농도,  $\gamma$ 는 지류로 유입되는 측방류의 농

도, 그리고  $S^*$ 는 생성/소멸항을 의미한다.

### 3.2. 동적 수질모형의 구축

기 구축된 SWAT 모형과 연계하여 안동댐 하류 단부터 구미수위표 지점까지 낙동강 본류를 대상으로 Fig. 5와 같이 본류구간 32개, 지류구간 13개 총 45개의 노드로 구성하였다. 임하댐이 위치한 반변천을 포함하여 내성천, 영강, 병성천, 위천, 및 감천 총 6개 지류에 대하여 고려하였다.

먼저 수리해석 모듈의 검증을 위하여 2006년 6월 20일부터 8월 10일까지 기간에 대하여 모의를 수행하고 구미수위표를 기준으로 관측치와 비교하여

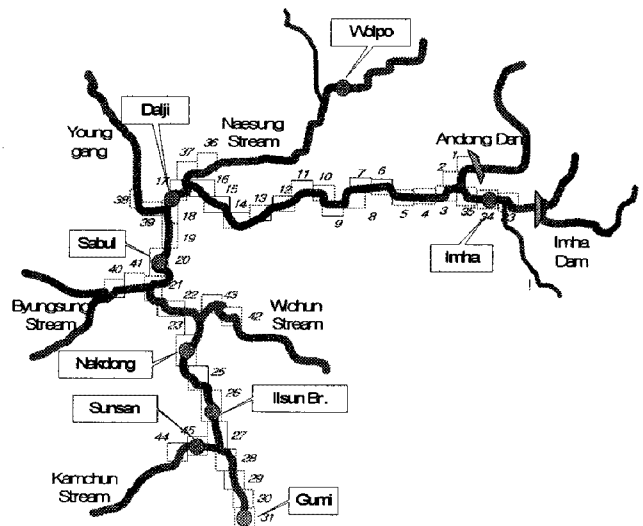


Fig. 5. Water elevation gage in Nakdong River and node number.

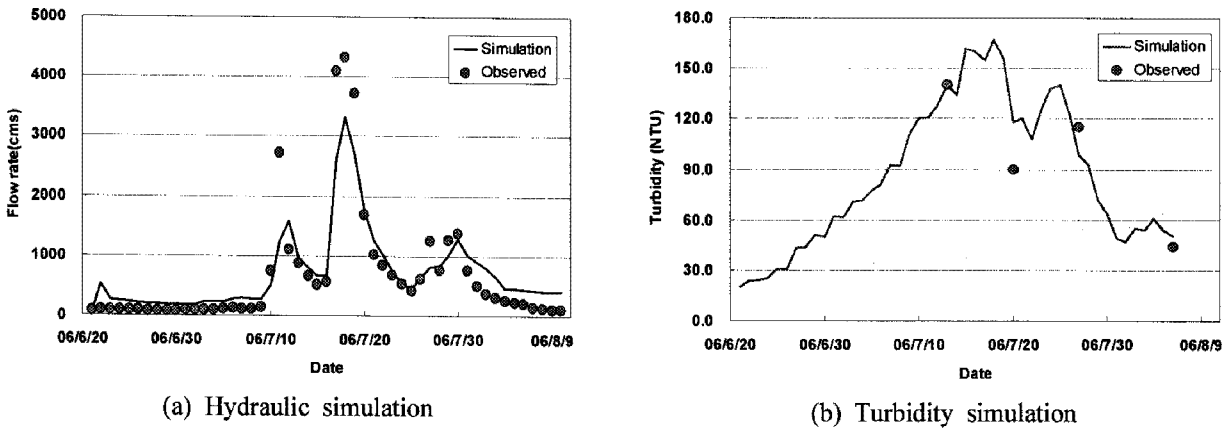


Fig. 6. Result of KoRiv1 model simulation.

Fig. 6(a)에 제시하였다. 비교결과 최대값의 경우 다소 차이가 있었으나 시 공간적인 유량변동 패턴은 비교적 잘 일치하였다. Fig. 6(b)에 구미지점의 일별 탁도변화를 임하댐 관리단에서 측정한 실측자료와 함께 나타내었으며 최대탁도는 7월 18일경 발생하는 것을 알 수 있다. 여기서 안동, 임하댐의 일평균 방류탁도 및 방류량을 최상류 경계조건으로 적용하였고 지류경계조건으로는 월평균 탁도를 적용하였다.

3.3. 저수지 연계운영에 대한 적용

저수지 연계운영을 통하여 고탁도 방류수와 저탁도 방류수를 혼합하여 희석효과에 의한 탁도저감에 대하여 알아보하고자 2006년 7월 1일부터 10월 9일까지 안동, 임하댐으로부터 방류된 방류수의 탁도를 Fig. 7에 제시하였다. 먼저 임하댐의 방류탁도를 살펴보면 7월 11일을 시점으로 탁도가 급격히 증가한

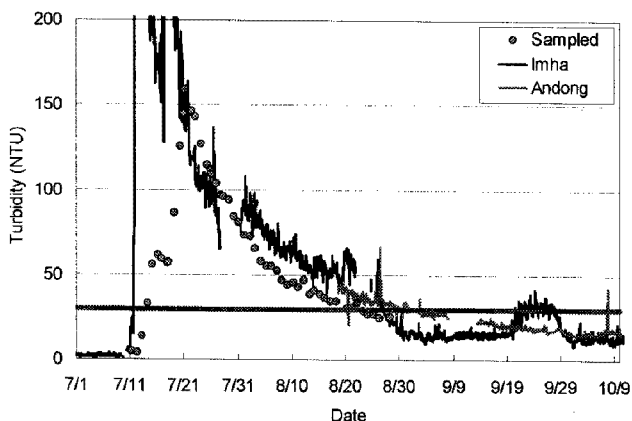


Fig. 7. Comparison of the turbidity variation released from Imha and Andong reservoir.

이후에 비교적 빠르게 감소하여 8월 27일을 기점으로 30 NTU 이하로 떨어지게 된다. 이후 약 25일 동안 방류수 탁도가 30 NTU 미만을 유지하다가 9월 20일부터 향후 10일에 걸쳐 80 NTU까지 올라간다. 한편 안동댐의 경우 임하댐의 경우보다 다소 늦은 7월 22일경 최대탁도를 보였으며 8월 27일을 전후하여 30 NTU 이하로 떨어지게 되며 이후 점진적으로 20 NTU 미만까지 감소하게 된다.

KoRiv1 모형을 적용하기 위하여 상류단 경계조건으로 임하 및 안동댐 방류량과 실측된 탁도자료를 활용하였고 지류단 경계조건으로는 앞서 구축된 SWAT모형으로부터 산정된 유량 및 부유사량을 나머지 5개의 지류에 대하여 적용하였다. 최상류에 위치한 내성천 그리고 최하류에 위치한 감천에 대하여 SWAT 모형을 통해 산정된 모의결과를 Fig. 8에 제시하였다. 모의결과로부터 유출량 증가에 따른 탁도증가 현상이 비교적 잘 표현되었으며 내성천의 경우 7월 14일 및 15일, 그리고 감천의 경우 7월 10일경 최대탁도를 보이는 것으로 모의되었다.

본 연구에서는 2006년 7월 11일부터 9월 30일의 기간을 대상으로 모의를 수행하였다. 모의시점부터 9월 20일까지는 안동 및 임하댐으로부터 방류되는 방류수 탁도가 모두 기준 탁도인 30 NTU를 초과하고 있어 실질적인 연계운영이 불가능한 반면 그 이후에는 임하조정지댐의 방류수 탁도가 30 NTU를 상회하는 반면 안동조정지로부터 방류되는 방류수 탁도는 30 NTU 이하로 유지되고 있어 연계운영을 통한 탁도저감이 가능하다. Fig. 9에 구미지점을 기

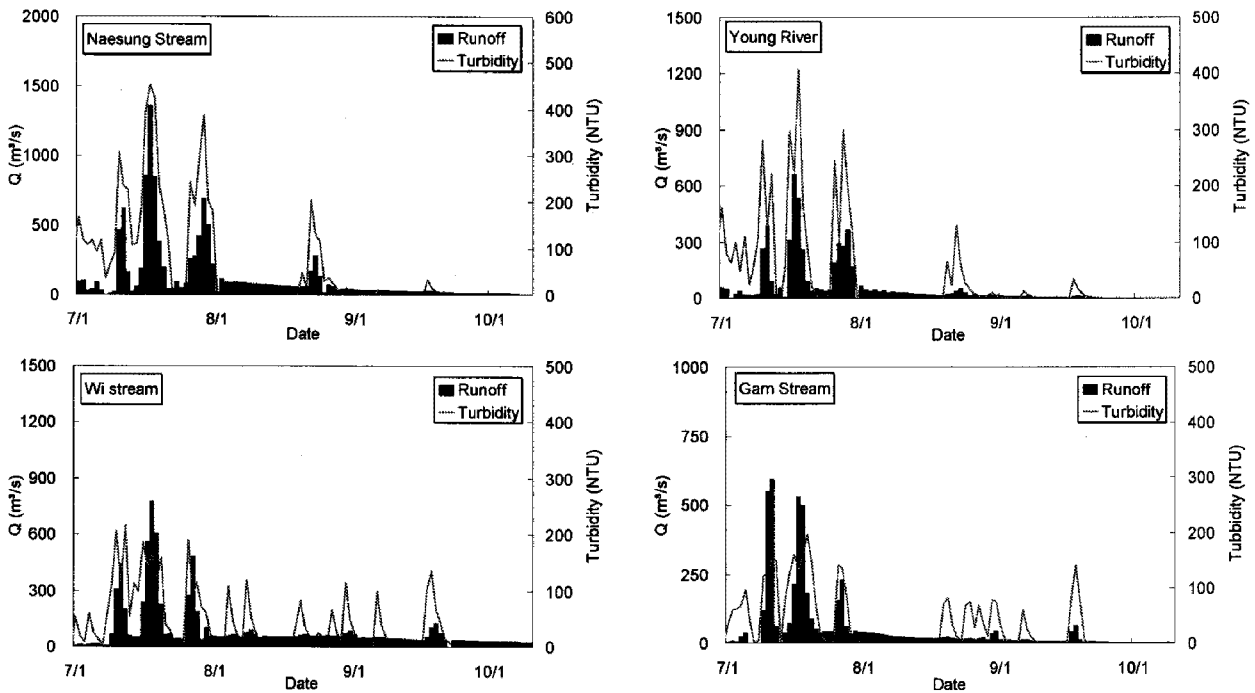


Fig. 8. Flow rate and turbidity at tributaries.

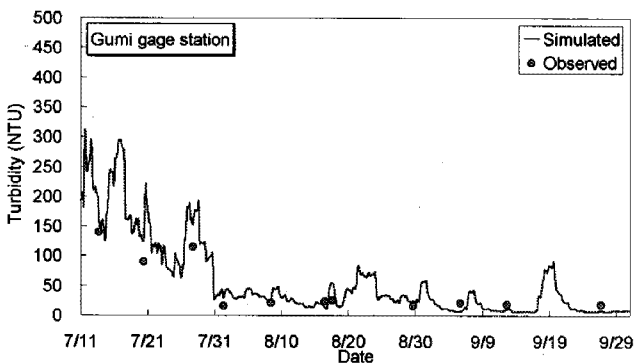


Fig. 9. Result of turbidity simulated at the Gumi gage station.

준으로 모의한 결과를 제시하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

안동 임하댐이 위치한 낙동강 본류하천의 탁도관리를 위하여 저수지 연계운동을 통한 탁도저감을 지원하고자 유역모형과 하천수질모형을 연계한 하류하천 탁도관리 시스템을 구축하였다. 먼저 낙동강 상류단부터 중류부 구미수위표 지점까지 SWAT 모형을 구축하고 유출량 및 유사량 모의를 수행하였다. 1999년부터 향후 8년을 대상으로 유출량 모의를 수행한 결과 낙동강 본류부 주요 수위표지점에

서  $R_{eff}$ 는 0.46~0.9,  $R^2$ 는 0.54~0.99의 범위를 보였다. 한편 유사량의 경우 2004년부터 총량단위유역 말단에서 실측된 유사량 자료를 수집하여 모의값과 비교하였으며 그 결과, 풍수기시 유사량이 증가하고 갈수기시 감소하는 계절적인 특성은 비교적 잘 반영되었으나 실측값과는 다소 큰 차이를 보였다. 이는 수집된 유사량자료가 주로 평갈수기에 집중되어 홍수기 유사발생량을 잘 반영하지 못한 것이 주원인이라 판단된다.

저수지 운영계획을 반영한 효율적인 탁도모의가 가능하도록 동적수질모형인 KoRiv1 모형을 구축하여 홍수기 사상에 대하여 모의를 수행하고 유량 및 탁도모의에 필요한 매개변수를 산정하였다. 산정된 매개변수를 바탕으로 기 구축된 SWAT 모형의 계산 결과를 활용하여 지류별 유량 및 유사발생량에 대한 신뢰성을 높이고자 하였다. 지류별 유출량 및 유사발생량은 강수량과 하천별 유역면적에 비례하는 것으로 나타났으며 내성천 및 영강이 가장 크고 위천, 감천의 순으로 산정되었다. 통상 탁도를 나타내는 단위로는 빛의 투과율을 나타내는 NTU를 사용하는데 유사량을 나타내는 단위로 mg/L를 탁도의 경우 NTU를 사용하고 있어 통상 단위변환에 따르는 계수를 산정하는 절차가 필요하지만 본 연구에



서는 이를 1:1의 관계로 가정하고 모의를 수행하였다. 일본의 경우 하천의 탁한 정도를 육안으로 식별할 수 있는 기준을 30 NTU로 정하고 있어 이를 기준으로 2006년 하절기를 대상으로 안동 및 임하댐으로부터 방류된 방류수 탁도를 상호 비교하여 연계운영에 따른 탁도모의를 수행한 결과 실측값과 모의값이 비교적 잘 일치함을 알 수 있었다.

## 5. 결 론

유역-저수지-하류하천에 이르는 통합 탁수관리 대책을 수립하기 위하여 저수지로부터 방류되는 고탁도 방류수의 하류하천 전파양상을 모의하고 저수지 연계운영을 통한 하류하천 탁도저감을 지원하기 위하여 하류하천 탁수관리 시스템을 구축하였다. 먼저 탁수발생에 취약한 지점을 파악하고 지류별 유량 및 탁수발생량을 산정하기 위하여 안동 및 임하댐 상류단에 구축된 SWAT 모형을 낙동강 중하류부 구미지점까지 확장 구축하였다. 모형의 검보정을 위하여 기존 수위표지점과 오염총량제 단위유역을 기준으로 소유역을 구분하였다. 유출량 검보정을 위하여 1999년부터 2007년까지 8년간 모의를 수행하였으며 오염총량단위유역의 말단에서 측정된 본류 및 지류별 탁도자료를 수집하여 실측치와 비교하였다.

한편 1차원 동적수질모형인 KoRiv1모형을 낙동강 본류부에 구축하여 저수지로부터 방류된 고탁도 방류수를 최상류단 경계조건으로 그리고 SWAT 모형으로부터 산정된 지류단 유량 및 탁도모의 결과를 주요 지류별 경계조건으로 활용하여 하천의 장단기 탁도 변동을 모의하였다. 두 모형의 연계를 통하여 저수지 방류계획에 따른 하류단 탁도변동 양상을 모의할 수 있어 보다 효율적이고 신뢰도 높은 하류하천의 탁도모의가 가능하며 또한 고탁수 조기 방류시 임하, 안동저수지 연계운영을 통한 하류하

천 탁도저감을 달성할 수 있는 저수지 의사결정 시스템으로 활용도가 높을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국수자원공사 연구과제 KIWE-IWMRC-08-06 로 수행되었습니다. 과제수행에 도움을 주신 여러분께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 1) 한국수자원공사, 2008, 저수지 연계운영을 통한 탁도관리방안 연구보고서.
- 2) 이혜숙, 정선아, 박상영, 이요상, 2008, HSPF와 CE-QUAL-W2모형의 연계 적용을 이용한 용담댐 저수지 탁수현상의 모델 연구, 대한환경공학회지, 30(1), 69-78.
- 3) 김정곤, 손경호, 노준우, 이상욱, 2008, SWAT 모형을 이용한 임하·안동 유역의 부유사량 발생량 추정, 대한환경공학회지, 30(12), 1209-1207.
- 4) 예령, 윤성완, 정세웅, 2008, 대청댐 유역 토양 침식량 산정을 위한 SWAT 모형의 적용, 한국수자원학회논문집, 41(2), 149-162.
- 5) 김철겸, 이정은, 김남원, 2007, 충주댐 상류유역의 유사 발생에 대한 시공간적인 특성, 한국수자원학회논문집, 40(11), 887-898.
- 6) 김철겸, 김남원, 2008, 충주댐 유역의 오염원에 따른 오염부하량 발생특성, 수질보전 한국물환경학회지, 24(4), 465-472.
- 7) 김남원, 정일문, 원유승, 2004, 완전 연동형 SWAT-MODFLOW 결합모형 (1) 모형의 개발, 한국수자원학회논문집, 37(6), 499-507.
- 8) 김남원, 정일문, 원유승, 2004, 완전 연동형 SWAT-MODFLOW 결합모형 (2) 모형의 평가, 한국수자원학회논문집, 37(6), 509-515.
- 9) Williams J. R. and H. D. Berndt, 1972, Sediment yield compute with universal equation, J of hydraulic division, proc. of the ASCE, 98, 2087-2098.
- 10) Nash J. E. and J. V. Sutcliffe, 1970, River flow forecasting through conceptual modes part I, J of Hydrology, 10(3), 282-290.