

SWAT2000 모형을 이용한 갑천수계의 소유역별 유출량 추정

Streamflow Estimation for Subbasins of Gap Stream Watershed by Using SWAT2000 Model

문종필* · 김태철**,†

Jong-Pil Moon · Tai-Cheol Kim

Abstract

Geographic Information System has extended to higher assessment of water resources. GIS linking with hydrological model becomes a trend in water resource assessment modeling. One of the most popular models is SWAT2000 which have effectiveness in multi-purpose processes for predicting the impact of land management practices on water, sediments and chemicals yields in large complex watershed with varying soils, land uses, and management conditions over long period of time.

In this study, SWAT2000 model was applied to Gap stream watershed in Daejeon city where TMDL (Total Maximum Daily Load) Regulation would be implanted. The Gap Stream watershed was partitioned into 8 subbasins, however, only 3 out of 8 subbasins were observed for having practical gauged data on the basis of streamflow from the year of 2002 to 2005. Gauged streamflow data of Indong, Boksu and Hoeduck stations were used for calibration and validation of the SWAT Streamflow simulation. Estimation Efficiency Analysis (COE), Regression Analysis (R^2), Relative Error (R.E.) were used for comparing observed streamflow data of the 3 subbasins on the daily and monthly basis with estimated streamflow data in order to fix optimized parameters for the best fitted results. COE value for the daily and monthly streamflow was ranged from 0.45 to 0.96. R^2 values for daily and monthly streamflow ranged from 0.51 to 0.97. R.E. values for total streamflow volume ranged from 3 % to 22.5 %. The accuracy of the model results shows that the SWAT2000 model can be applicable to Korean watersheds like the Gap Stream watershed that needs to be partitioned into a number of subbasins for TMDL regulation.

Keywords : GIS, SWAT2000, Subbasins, Streamflow Estimation, TMDL

* 충남대학교 농업과학연구소

** 충남대학교 농업생명과학대학

† Corresponding author. Tel.: +82-42-821-5797

Fax: +82-42-821-8883

E-mail address: dawast@cnu.ac.kr

I. 서론

최근에는 지리정보시스템(GIS)의 도입으로 유역 경사, 유로연장, 유역면적, 형상계수 등 지형의 공간적인 특징 및 차이를 쉽게 분석할 수 있고 대상 유역을 연구자의 의도대로 적절한 규모의 소유역으로 분할할 수 있다. 또한 소유역별 경작지의 형태, 토양의 피복상태, 토양 및 지질의 종류등 여러가지 다양성에 대한 분석이 매우 신속하고 용이하게 이루어지므로 GIS를 연계한 유출량 추정모형이 주로 많이 사용되고 있다.

미국 농무성(USDA)에서 개발된 SWAT2000 모형¹⁾은 GIS를 연계한 분포형 수문순환모형으로서 다양한 입력자료를 이용하여 강우에 따른 유역의 복잡한 현상을 모의할 수 있는 모형이다. 본래 SWAT 모형은 농촌지역에서 강우시 발생하는 비점오염원 부하량 산정시 유출량을 모의하는데 사용되었으며 최근에는 도시지역의 유출량을 추정할 수 있도록 알골리즘이 개선되어 있어 도시지역의 불투성지역에 대한 유출량 추정도 가능하게 하였다. 또한 10개 이상의 소유역 분할이 가능하고 각각의 소유역 단위의 모형 수행결과도 동시에 획득할 수 있어 소유역단위의 유출량추정이 가능한 모형이라 할 수 있다.

소유역단위의 유출량 추정은 홍수도달시간이 짧은 소유역에 집중호우가 발생했을 경우 홍수량에 대한 정확한 예측에 의하여 홍수시 발생하는 재해를 예방하는데 중요하며 홍수기에 하천으로 배출되는 유출량이 전체 유출량의 50%이상을 차지하고 있고 이때 비점오염원 발생이 가장 많이 이루어지므로 비점오염원에 대한 부하량 산정시에도 홍수기의 유출량을 정확하게 추정하는 것은 보다 효율적인 수자원 관리를 위해서 매우 중요하다.

본 연구에서는 대전광역시 3대 하천인 유등천, 대전천, 갑천의 수위관측지점인 복수, 인동, 회덕지점에 SWAT2000 모형을 이용하여 유출량을 추정하고 검증하여 그 적용성 여부를 판단하고자 한다.

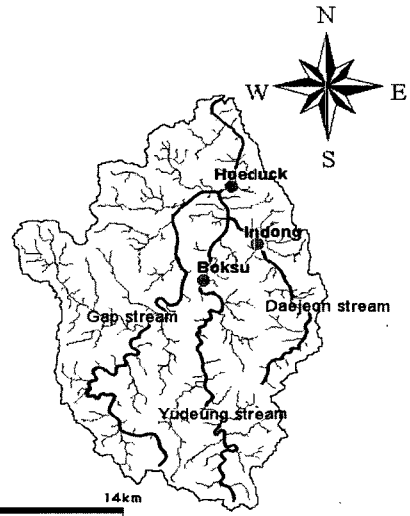


Fig. 1 Gap Stream watershed map

II. 재료 및 방법

1. 시험유역

대전광역시를 관통하고 있는 3대 하천의 수위관측지점을 기준으로 하여 인동지점(대전천), 복수지점(유등천), 회덕지점(갑천하류)을 소유역 및 갑천 전체에 대한 보정 및 검증지점으로 설정하였고 2개 지점(인동, 복수)에서 2005년 유량조사를 수행하였다. 또한 이 지점들은 과거의 유량조사에 의해 장기간의 자료가 축적되어 있어 모형의 객관적인 보정 및 검증을 할 수 있는 지점들이다.

2. SWAT2000 모형

SWAT2000 모형은 장기간의 연속적인 분포형 매개변수형 수문·수질모형이다. 이 모형은 장기간 동안의 미계측유역의 수자원관리, 유사량, 비점오염원 부하량 등을 예측할 수 있다. 또한 GIS를 이용하여 공간과 시간이 고려된 데이터를 입력하고 다양한 수문학적인 과정을 모의하여 장기간동안의 하천유출량을 예측할 수 있는 모형이다.¹⁾

가. GIS 입력자료

1) 갑천유역에 대한 GIS 자료 구축²⁾

갑천유역에 대한 수치표고자료(DEM), 토지피복 지도, 토양도, 수계도를 구축하였으며 GIS 자료의 좌표체계는 TM 좌표(중부원점)를 사용하였다.

가) 수치표고자료(DEM)

SWAT2000 모형의 실행을 위해 GIS 자료를 구축하였으며 갑천수계에 대한 수치표고자료(DEM)를 환경부에서 제공받았으며 자료의 형식이 미국의 지질조사국(USGS)에서 발행되는 DEM 자료와 동일하므로 SWAT2000 모형 적용에는 문제점이 없다.

나) 토지피복지도

토지피복지도(중분류)는 환경부에서 제공되는 자료를 사용하였으며 1992년 미국의 USGS에서 발행하는 LANDSAT TM 영상자료로부터 무감독 분류법에 의해 얻어진 자료이며 미국의 영상 자료를 동일하게 사용하고 있어 해상도 및 축척이 문제가 되지 않고 토지피복의 분류체계도 미국의 USGS 토지피복 분류체계 및 유럽의 토지피복체계의 내용을 비교·검토하여 우리나라 실정에 맞게 검토한 것으로 OECD 환경통계작성 등 국가간 환경협력에도 염두를 두어 작성한 것이므로 SWAT2000 모형적용에는 무리가 없다. 특히 논에 대한 분류는 일반 미국의 농지와 분류하기 위하여 RICE 라는 토지분류를 사용하였다.

다) 토양도

토양도는 농촌진흥청의 농업과학기술원에서 제공 받은 개략토양도(1:250,000)를 사용하였고, 각 토양통에 관련된 속성과 SWAT2000 매뉴얼에서 제시하는 계산법으로 12개의 토양통에 대한 토양침식계수(K)를 포함한 21개의 토양관련 데이터베이스를 구축하였다.

라) 수계도

한국수자원공사¹³⁾에서 제공된 갑천수계에 대한 GIS 자료를 획득하여 모형에 적용하였다.

나. 수문기상자료¹¹⁾

대전 지점의 일별 강수량자료 및 기후자료를 2002년 1월부터 2005년 12월까지의 자료를 입력하였으며 최대, 최소온도를 포함한 기온자료와 일사량자료는 대전관측소의 자료를 이용하였고 풍속과 상대습도는 대전과 금산관측소의 자료를 사용하였다.

3. 유출량 조사

모형의 검정을 위하여 2005년 인동지점과 복수지점에 대해 유량조사를 실시하였으며 유량조사에 의해 작성된 인동지점의 2005년 수위-유량 곡선식은 다음과 같다.

$$Q = 0.231 H^{7.376} \quad (0.96 < H < 2.75) \quad (H = h + 1)$$

여기서 Q = 유량(m³/s) 이고 h 는 관측수위(m)

또한 모형의 검정을 위한 유출량 자료를 확보하기 위하여 2002년부터 2005년까지 인동 지점의 수위에 적용된 연도별 수위 - 유량곡선식^(6),7),8) 은 다음과 같다.

2005년 유량측정성가에 의해 유도된 복수지점의 수위-유량 곡선식은 다음과 같다.

$$Q = 1.725(h + 0.172)^{8.01} \quad (1 < h < 1.57)$$

$$Q = 318.469(h - 1.247)^{0.693} \quad (1.57 < h < 2.67)$$

여기서 Q = 유량(m³/s) 이고 h 는 수위(m)

Table 1 Yearly stage-discharge equations for Indong Station

Year	Stage - discharge equation	Range
2002~2003	$Q = 7.627h^{0.892}$	$0.01 \leq h \leq 0.26$
	$Q = 44.17h^{2.191}$	$0.26 < h \leq 1.89$
2004~2005	$Q = 0.231H^{7.376}$	$0.96 < H \leq 2.75$ (H = h + 1)

Table 2 Yearly stage-discharge equations for Boksu Station

Year	Stage - discharge equation	Range
2002	$Q=0.041(h+0.782)^{7.027}$	$0.16 \leq h \leq 1.14$
	$Q=-45.840h^2+472.963h-476.06$	$1.14 < h \leq 2.88$
2003~2004	$Q=35.166(h-0.430)^{3.672}$	$0.78 \leq h \leq 1.80$
	$Q=248.070(h-1.290)^{1.182}$	$1.80 \leq h \leq 2.95$
2005	$Q=1.725(h+0.172)^{8.01}$	$1.00 < h < 1.57$
	$Q=318.469(h-1.247)^{0.693}$	$1.57 < h < 2.67$

Table 3 Yearly stage-discharge equations for Hoeduck Station^(6,7,8)

Year	Stage - discharge equation	Range
2002~2003	$Q=227.841(h-0.614)^{1.349}$	$0.67 \leq h \leq 3.95$
2004~2005	$Q=234.477 \times (h-0.68)^{1.667}$	$0.73 \leq h \leq 2.65$
	$Q=436.918 \times (h-1.1)^{1.1389}$	$2.65 < h \leq 4.07$

모형의 검정에 사용될 유출량 자료를 확보하기 위하여 2002년부터 2005년까지의 복수지점 수위 자료에 적용된 연도별 수위 - 유량곡선식^(6,7,8)은 다음과 같다.

회덕지점의 유출량 산정을 위해서는 한국수문조사연보 및 금강홍수통제소에서 제공하는 수위자료와 연도별 수위 - 유량곡선식을 사용하였으며 적용된 연도별 수위 - 유량곡선식은 다음과 같다.

4. SWAT2000 모형의 유출량 매개변수

가. 지표면 유출 매개변수^(2,5,9,12)

유출량의 오차가 큰 경우 지표면 유출이 전체 유출량을 크게 좌우하므로 지표면 유출 매개변수인 1) 유출지수(CN) 2) 유역경사(SLOPE) 3) 토양수분 저류능(SOIL-AWC) 4) 평균경사길이(SLSUBBSN)를 보정하였고 매뉴얼에서 제시된 보정절차²⁾에 따라 민감도가 큰 매개변수¹²⁾ 1) 과 2)를 먼저 보정하고 3) 과 4)에 대한 보정은 나중에 실시하였다.

Table 4 SWAT2000 parameters for surface flow calibration

Parameter	Range
Runoff Curve Number (CN)	35 - 98
Average Slope of Subbasin (SLOPE)	0.0 - 0.6
Average Slope Length (SLSUBBSN)	0 - 150
Available Water Capacity (SOL_AWC)	0 - 1

나. 지하수 유출 매개변수^(2,3)

지하수 유출에 대한 보정을 위하여 BASEFLOW 프로그램에 의하여 기저일수(BASEFLOW DAYS) 및 감수곡선계수(ALPHA FACTOR)의 값을 각각 결정하였고 SWAT 2000 모형의 INPUT 파일인 GW화일의 매개변수인 GW_DELAY 및 ALPHA_BF에 각각 입력하여 지하수 유출량을 보정하였다.

Table 5 SWAT2000 parameters for baseflow calibration

Parameter	Range
Baseflow Recession Constant (ALPHA_BF)	0.0 - 1.0
Delay Time for Aquifer Recharge(days) (GW_DELAY)	(-)

5. 모형 실행결과에 대한 평가 방법³⁾

모형의 평가를 위하여 평가지수(COE), 결정계수(R²), 상대오차값(R.E)을 가지고 분석 및 평가에 사용하여 객관적인 평가가 이루어지도록 하였다.

평가지수법¹⁰⁾은 보통 수문모형의 평가에 주로 사용되고 있으며 평가지수(COE)는 다음과 같이 정의된다.

$$COE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\beta_{mi} - \beta_{ci})^2}{\sum_{i=1}^n (\beta_{mi} - \bar{\beta}_m)^2}$$

여기서 COE는 유출량에 대한 평가지수, n은 비교

일수, β_{mi} 는 관측유출량, β_{ci} 는 추정유출량,
 $\bar{\beta}_m$ 는 전기간에 걸친 평균 유출량

COE는 $-\infty$ 에서 1까지의 값을 가지며 이상적인 경우에 $COE = 1$ 이고 이것은 추정값과 관측값과의 관계에 대해 1:1로 동일함을 나타낸다. COE 가 0 보다 큰 것은 추정값과 실측값이 서로 긍정적인 관계를 가지는 것이고 이것은 실측된 자료를 대신하여 추정된 자료를 사용할 수 있도록 하는 것이다. 또한 회귀분석에 의한 결정계수(R^2)값을 평가지수와 함께 제시하여 더욱 정확하게 평가하였다. 보정 기간동안의 유출량 총량에 대한 비교는 상대오차를 이용하여 평가하였다.

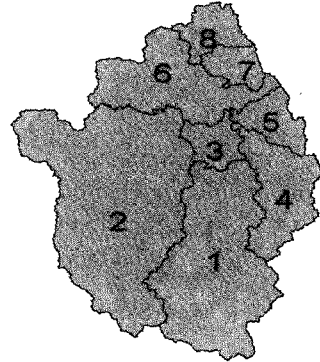


Fig. 2 Subbasins of Gap Stream Watershed

III. SWAT2000 모형의 적용

1. 갑천수계의 소유역 분할

시험대상 유역을 수치고도자료(DEM)를 이용하여 Table 6와 Fig. 2와 같이 8개의 소유역으로 분할하였다.

2. 모형의 보정

모형의 보정을 위하여 복수, 인동, 회덕지점의 2002년부터 2003년까지의 자료를 가지고 유출량

에 대해 매개변수보정을 실시하였다.

가. 유출량 최적 매개변수 결정

SWAT2000모형의 매뉴얼²⁾에서는 지표면 유출 보정을 위해 유출지수(CN)와 유역경사(SLOPE)를 보정⁹⁾할 것을 권고하고 있으므로 유출지수(CN)와 유역경사(SLOPE)를 보정하고 만족한 결과를 얻지 못하여 sol파일에 있는 토양수분 저류능(SOLAWC)과 평균경사길이(SLSUBBSN)를 조정하였다. 또한 지하수 유출에 대한 보정을 위하여 인동, 복수, 회덕지점의 2002, 2003년의 일별 유출량을 가지고 보정을 실시하였으며 BASEFLOW 프로그램에 의하여 인동, 복수, 회덕지점에 대한 기저일수(BASEFLOW DAYS) 및 감수곡선계수(ALPHA FACTOR)를 결정하였다.

SWAT2000 모형에서 산정한 월별 유출량과 실측 유출량을 보정한 결과 다음 Table 7과 같은 최적 매개변수를 결정하였다.

나. 보정결과 및 고찰

보정기간(2002~2003년)동안의 인동, 복수, 회덕지점의 실측 유출량과 SWAT추정 일별, 월별, 총유출량을 비교하여 최대한 실측치에 가깝도록 보정을 하였으나 Table 7에 제시된 값 이상으로 개선할 수 없었으며 결정된 최적 매개변수를 모형의 점정에 사용하였다.

Table 6 Partitioned subbasins of Gap Stream watershed

ID	Subbasins (SWAT2000)	Area(km ²)
1	Yudeung Stream Upstream (Boksu)	160.42
2	Gap Stream Upstream	249.08
3	Yudeung Stream Downstream	22.08
4	Daejeon Stream Upstream (Indong)	61.55
5	Daejeon Stream Downstream	25.88
6	Gap Stream Downstream 1 (Hoeduck)	85.31
7	Gap Stream Downstream 2	19.65
8	Gap Stream Downstream 3	25.04

Table 7 Optimized streamflow parameters for 3 subbasins

Parameter	Subbasin		
	ID 4 (Indong)	ID 1 (Boksu)	ID 6 (Hoeduck)
CN	Initial CN + 4	Initial CN + 8	Initial CN + 2
SLOPE	0.328	0.264	0.096
SLSUBBSN	0.038	0.050	60.976
SOL_AWC	Initial SOL_AWC + 0.05	Initial SOL_AWC	Initial SOL_AWC
ALPHA FACTOR	0	0.0087	0.0075
GW_DELAY	0	115	132

일별 유출량에 대한 COE 지수는 0.48에서 0.70까지의 값을 보였으며 결정계수(R^2)는 0.51에서 0.69의 값을 보였다. 일별 유출량에 대한 결과는 유의성은 있으나 상대적으로 좋은 결과를 얻지 못하였으며 결과를 더욱 개선할 수 없었던 이유중의 하나는 정밀 토양도가 아닌 개략 토양도를 사용한 것으로 미국에서 개발된 모형인 만큼 앞으로 우리나라의 유역특성에 맞는 데이터베이스 구축이 필요하다.

월별 유출량에 대한 평가결과 COE지수는 0.61

에서 0.86의 값을 보였으며 결정계수(R^2)가 0.77에서 0.87의 값을 보였다. 총유출량에 대한 상대오차는 11%에서 22.5%를 보였다.

월별 유출량 및 총유출량에 대한 평가결과는 매우 우수하여 SWAT2000 모형으로 월단위 이상의 유출량 산정에는 문제점이 없을 것으로 판단되었다.

3. 모형의 검정

모형의 검정을 위하여 2004년부터 2005년 자료

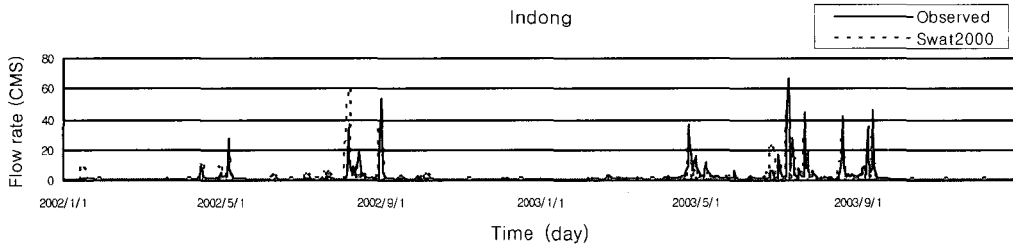


Fig. 3 Daily comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Indong

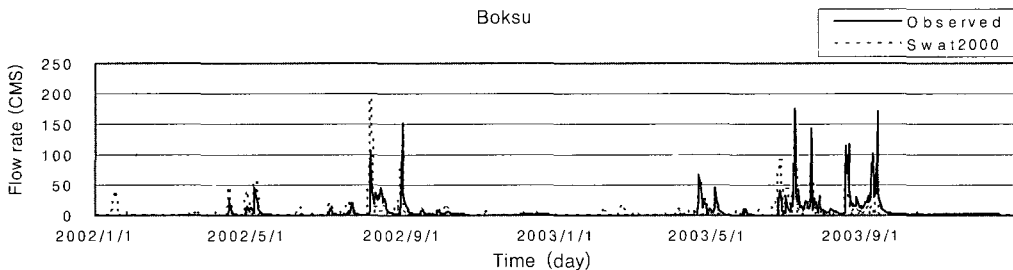


Fig. 4 Daily comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Boksu

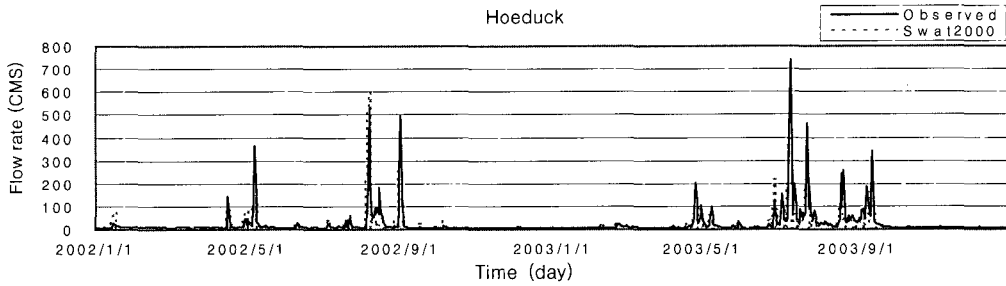


Fig. 5 Daily comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Hoeduck

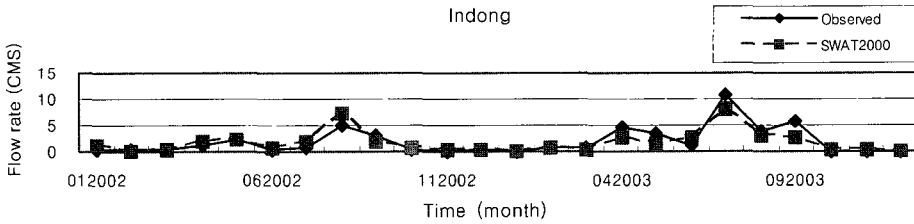


Fig. 6 Monthly comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Indong

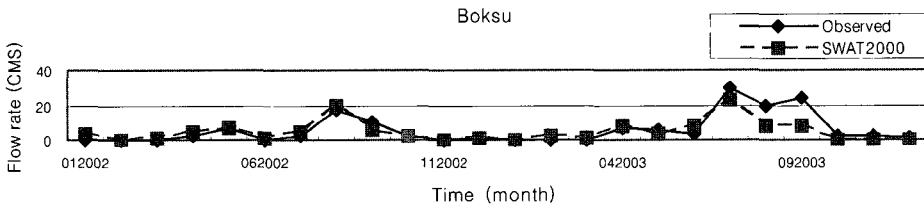


Fig. 7 Monthly comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Boksu

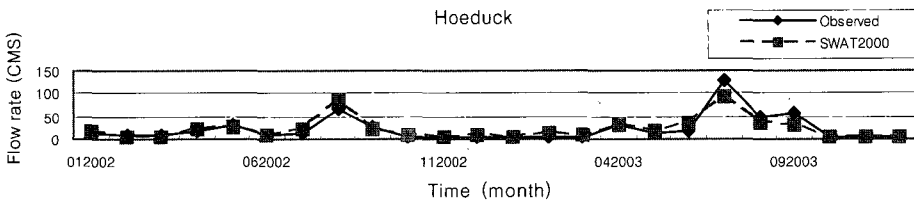


Fig. 8 Monthly comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Hoeduck

Table 8 Calibration result for streamflow (2002~2003)

Station	Estimated calibration results for streamflow				
	Daily		Monthly		Total volume
	COE	R ²	COE	R ²	R.E.
Indong	0.48	0.51	0.62	0.77	11%
Boksu	0.50	0.52	0.74	0.80	22.5%
Hoeduck	0.67	0.69	0.86	0.87	11%

를 가지고 유출량에 대해 검정을 실시하였다.

가. 검정결과 및 고찰

일별, 월별, 총유출량에 대한 검정을 실시하였으며 일별, 월별 유출량에 대해 COE 지수, 결정계수로 검정결과를 평가하였고 총유출량에 대해서는 상대오차를 이용하여 평가하였으며 그 결과는 다음과 같다.

Table 9 Validation result for streamflow (2004~2005)

Station	Estimated Validation Results for Streamflow				
	Daily		Monthly		Total Volume
	COE	R ²	COE	R ²	R.E.
Indong	0.45	0.55	0.71	0.74	3%
Boksu	0.55	0.57	0.90	0.93	18%
Hoeduck	0.80	0.79	0.96	0.97	16%

인동, 복수, 회덕지점의 실측 유출량과 SWAT 추정 일별, 월별, 총유출량을 비교하였으며 일별 유출량에 대한 COE 지수는 0.45에서 0.80까지의 값을

보였으며 결정계수(R²)는 0.55에서 0.79의 값을 보였다. 월별 유출량에 대한 평가결과 COE지수는 0.71에서 0.96의 값을 보였으며 결정계수(R²)가 0.74에서 0.97의 값을 보였다. 검정기간(2004~2005년)동안의 총유출량에 대한 상대오차는 3%에서 18%를 보였으며 일별 유출량은 인동지점을 제외하고는 0.5이상의 COE 값을 보여 적용성이 있음을 보였으며 월별 유출량 및 총유출량은 매우 양호하였다. 보정기간에 대한 SWAT유출량은 실측 유출량과 가장 오차가 적도록 반복적인 매개변수 보정이 이루어진 최적 매개변수를 사용하였으므로

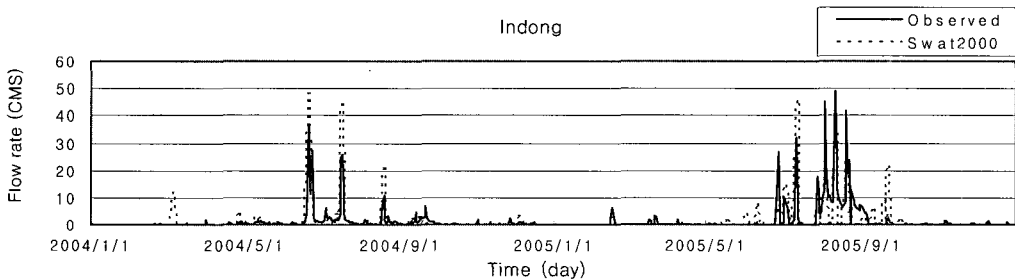


Fig. 9 Daily Comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Indong

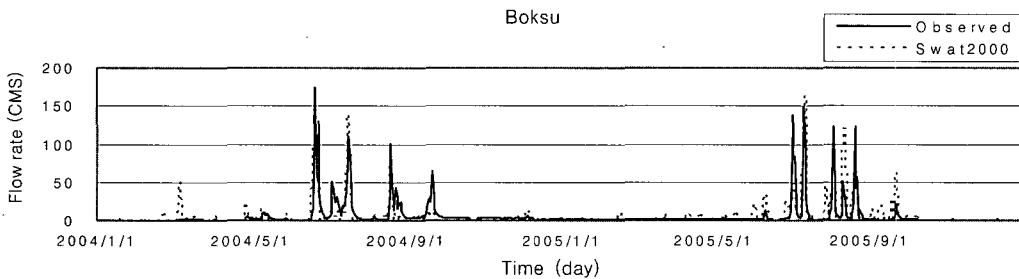


Fig. 10 Daily comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Boksu

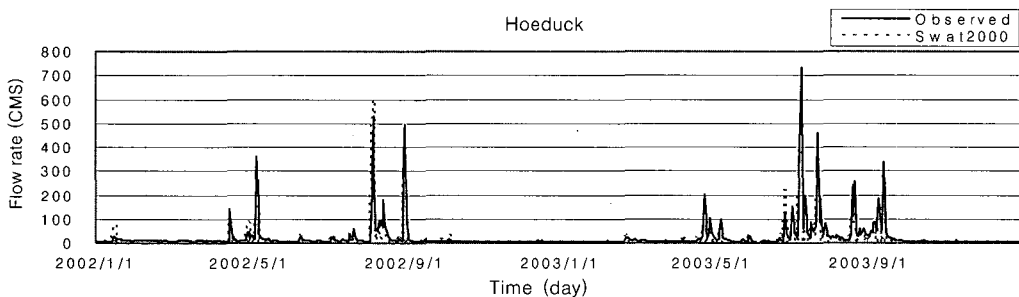


Fig. 11 Daily Comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Hoeduck

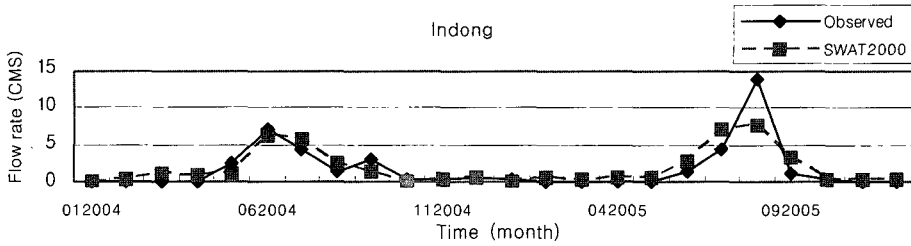


Fig. 12 Monthly comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Indong

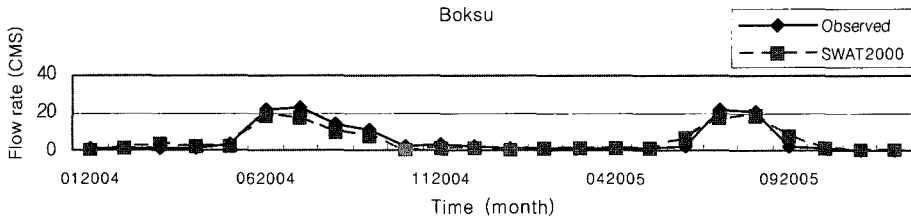


Fig. 13 Monthly comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Boksu

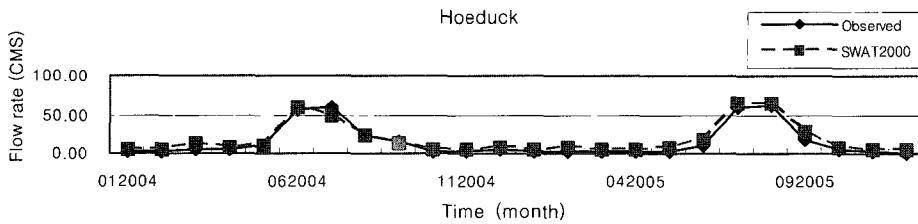


Fig. 14 Monthly comparison between SWAT2000 flow and observed flow for Hoeduck

평가결과에 대한 값이 검정기간보다 좋은 값을 보였다. 오염원에 대한 유달 부하량 산정에 필요한 월별 유출량 및 총 유출량은 개략 토양도를 사용하여 분석을 하여도 매우 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 갑천수계의 유달부하량을 산정하기 위한 유출량 추정을 위해 SWAT2000 모형을 적용해도 문제점이 없으며 소유역 분할에 의해 다수의 소유역을 동시에 분석할 경우에 더욱 효율적임을 알 수 있었다. 또한 관측자료가 없는 미계측지역에 적용할 수 있는 아주 우수한 유출 모형이라 할 수 있다.

IV. 결 론

대전광역시 3대 하천인 대전천(인동), 유등천(복수), 갑천(회덕)유역에 SWAT2000 모형을 적용하

여 갑천수계를 8개의 소유역으로 분할하였고 2005년 유량조사를 실시하였으며 모형의 매개변수 보정 및 검정을 통하여 소유역별 일별, 월별 유출량을 동시에 추정하고 평가하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모형의 검정을 위하여 인동과 복수지점에서 2005년 유량조사를 실시하여 2005년 인동, 복수지점의 수위-유량관계식을 개발하였다.

2. 복수, 유성, 인동, 회덕지점에 적합한 SWAT 2000 모형의 유출매개변수인 유출곡선지수, 유역경사, 경사평균길이, 토양수분상태, 기저일수(BASE-FLOW DAYS) 및 감수곡선계수(ALPHA FACTOR)에 대한 최적의 값을 결정하였다.

3. 최적 매개변수를 이용한 복수, 인동, 회덕지점에 대하여 SWAT2000 모형을 검증한결과 일별,

월별, 총유출량 추정 값에 대해서 일단위는 COE 지수가 0.45~0.80, 결정계수가 0.51~0.79의 값을 보였으며 월단위로는 COE 지수가 0.62~0.96, 결정계수가 0.74~0.97의 값을 보였고 총유출량에 대한 상대오차는 3%~22.5%의 값을 보여 월별 유출량과 총유출량 추정에 대해서는 3개 지점 모두 양호한 결과를 보였다.

4. 대전광역시 갑천수계에 SWAT2000 모형을 적용한 결과 소유역 분할에 의한 소유역별 유출량 추정이 동시에 가능하고 갑천수계와 같이 도시지역 및 비도시지역이 혼용되어 있어 토지이용이 매우 복잡한 지역에도 적용이 가능하였다.

5. GIS에 의한 다수의 소유역 분할과 소유역 단위의 실행결과 동시획득 및 매개변수 결정은 소유역 분할에 의한 유역관리에 있어 매우 우수한 모형으로 기대할 수 있으며 월단위 이상의 유출량 추정에는 SWAT2000 모형이 매우 정확하게 예측하였다.

본 연구는 대전환경기술개발센터의 2005년도 연구개발사업 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

References

1. Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S. and J. R. Williams, 1998, Large-area hydrologic modeling and assessment: Part 1. Model development, J. American Water Resources Association 34(1), pp. 73-89.
2. Di Luzio, M., Srinivasan, R. and J. G. Arnold. 2001. Soil and Water Assessment Tool ArcView Interface Manual. Version 2000. Temple, TX: Blackland Research Center Texas Agricultural Experiment Station
3. Moon, J., Srinivasan, R. and J. H. Jacobs, 2004, Stream Flow Estimation Using spatially Distributed Rainfall in the Trinity River Basin, Texas, Transaction of The ASAE 47(5), pp. 1445-1451.
4. Kim, C. G., 2005, About the Standard of Comparing and Evaluating Agricultural Non-point Source Water Quality Models. Magazine of the Korean Society of Agricultural Engineers, 45(4), pp. 47-52.
5. Kim, T. C., Park, S. K. and J. P. Moon, 1997, Estimation of Curve Number by DAWAST Model, Journal of Korea Water Resources Association, 30(5), pp. 423-430.
6. Ministry of Construction and Transportation, 2002, Flood Discharge Measuring Survey Report in Gab stream Watershed.
7. Ministry of Construction and Transportation, 2003, Flood Discharge Measuring Survey Report in Gab stream Watershed.
8. Ministry of Construction and Transportation, 2005, Flood Discharge Measuring Survey Report in Gab stream Watershed.
9. Moon, J. P. and T. C. Kim, 2001, Real-time Flood Forecasting Model for Irrigation Reservoir Using Simplex Method, Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers, 43(2), pp. 85-93.
10. Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models. Part I. A Discussion of Principles. Journal of Hydrology 10(3), pp. 282-290.
11. <http://daejeon.kma.go.kr>
12. <http://faculty.abe.ufl.edu/~klc/abe6254/swatapp03.pdf>
13. <http://www.wamis.go.kr>