

SWAT와 TANK 모형에 MODSIM을 결합시킨 물수지 모델구축

Developing a Water Budget Model Combined SWAT and TANK Model with MODSIM

장경수*, 지홍기**, 이순탁***

Kyung Soo Jang, Hong Kee Jee, Soon Tak Lee

요 지

본 연구에서는 지금까지 국내에서 주로 사용되고 있는 대표적인 집중형 모형인 TANK 모형과 국·내외적으로 적용성이 점차 확대되고 있는 GIS 기반의 준분포형 모형인 SWAT(Soil Water Assessment Tool) 모형을 각각 MODSIM 모형과 연계하여 유역 내 이수상황을 고려한 하천 자연유하량을 분석하였으며, 두 연계 모형 간의 비교분석을 통해 SWAT 모형의 국내 유역에 적용성 및 두 모형의 갈수기 하천 자연유하량 산정의 정확성을 검토하였다.

적용대상 유역으로 유역 내 이수활동이 이루어지고 있는 합천댐 유역을 선정하였으며, 합천댐 유역에 최근 10년간(1997년 ~ 2006년)의 장기유출량을 산정해본 결과 두 모형 모두 유출률에서는 연도별로 관측치와 다소 차이를 나타낼 때도 있지만 그 이외에 평균제곱근 오차는 3.339 이하, 결정계수 및 모형의 효율성 계수는 0.707 이상으로 나타남으로써 SWAT-MODSIM 모형과 TANK-MODSIM 모형 모두 장기 일유출량 추정 및 유역 전반의 통합관리 측면에서 그 적용성 및 활용이 우수하다고 판단된다.

핵심용어 : TANK, SWAT, MODSIM, SWAT-MODSIM, TANK-MODSIM

1. 서 론

하천의 환경기능은 갈수시의 수질변화와 밀접한 관계에 있다. 갈수시에 수질변화가 어떻게 일어나는가는 그 하천에 흐르는 유량과 매우 밀접한 관계에 있기 때문이다. 또한 갈수시 하천의 자연유하량은 그 하도에 배출된 오염부하에 대해 어느 정도의 희석이 이루어 질 수 있는가에 큰 영향을 미치는 항목이며 오염총량제를 정착시키기 위하여 반드시 산정되어야 하는 항목이다.

이에 본 연구에서는 지금까지 국내에서 주로 사용되고 있는 대표적인 집중형 모형인 TANK 모형과 국·내외적으로 적용성이 점차 확대되고 있는 GIS 기반의 준분포형 모형인 SWAT(Soil Water Assessment Tool) 모형을 각각 MODSIM 모형과 연계하여 유역 내 이수상황을 고려한 하천 자연유하량을 분석하였다.

2. 대상유역의 특성 및 연구방법

2.1 대상유역의 특성

본 연구에서는 합천댐 상류유역을 대상으로 5개의 소유역으로 분할하여 각 소유역에 대한 일 유출량 및 용수수요량을 분석하였으며, 합천댐 상류 유역도 및 소유역 분할도는 그림 1 ~ 그림2에 나타내었다.

* 정회원·남원건설엔지니어링 수자원부E-mail : whiteveis@hanmail.net

** 정회원·영남대학교 건설환경공학부 교수E-mail : hkjee@yu.ac.kr

*** 정회원·영남대학교 건설환경공학부 석좌교수E-mail : leest@yu.ac.kr

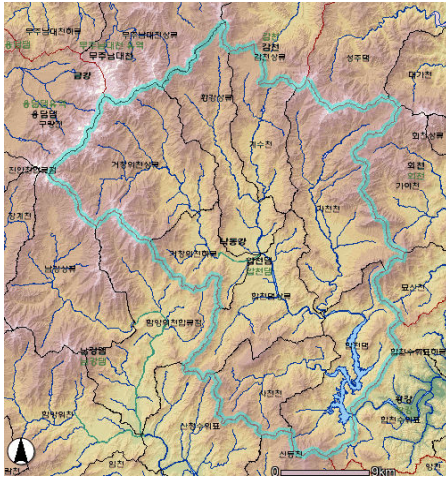


그림 1. 합천댐 유역도

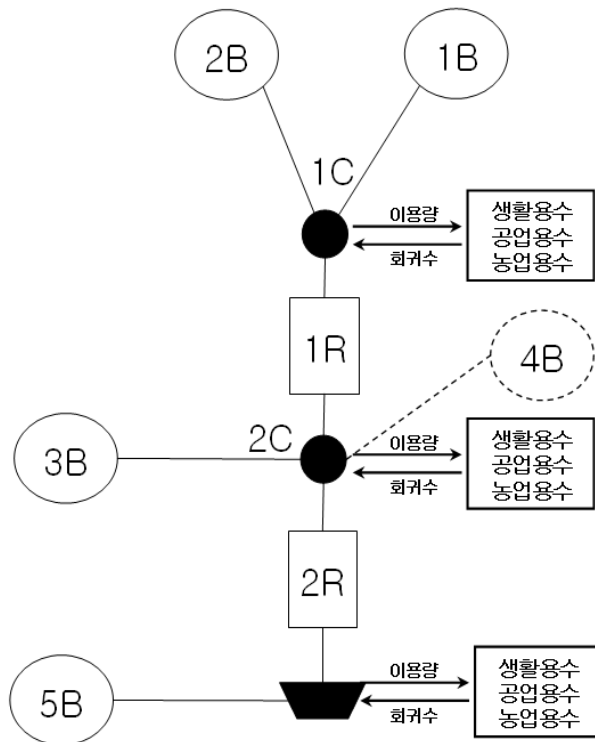


그림 2. 합천댐 소유역 분할도

2.2 입력자료 구축

SWAT 모형을 구축하는 공간정보의 기본적인 틀을 제공하는 기본도인 수치고도모형(DEM)은 30m×30m로 추출하였으며, 1:25,000 수치지형도 제작에 사용되는 1:37,500 항공사진과 1:50,000 수치지용도를 혼합하여 구축된 1:25,000 토지이용도를 사용하였으며, 토양도는 1:50,000 개략토양도를 사용하였다. 또한 SWAT 및 TANK 모형의 입력자료인 강수량, 최대/최저온도, 증발량 등의 기상자료는 합천댐 상류유역내에 위치한 거창관측소의 자료를 이용하였다.

MODSIM 모형의 입력자료인 회수수는 생·공용수의 65%, 농업용수의 35%를 적용하였으며, 물수지 모식도는 그림 3에 나타내었다.



기 호	유 역 명
1B	거 창 지 구
2B	위 천 지 구
3B	남 상 지 구
4B	가 조 지 구
5B	합 천 댐 지 구

그림 3. 합천댐 상류지역의 물수지 모식도

2.3 모형의 적용방법

합천댐 상류유역의 5개의 소유역별로 연속 장기유출 모형인 SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 모형과 TANK 모형을 이용하여 일유출량 추정에 적용하였다. 모의된 값을 다시 물수지 분석 프로그램인 MODSIM 모형의 입력자료로 이용하여 모의하였으며, 연구흐름도를 그림 4에 나타내었다.

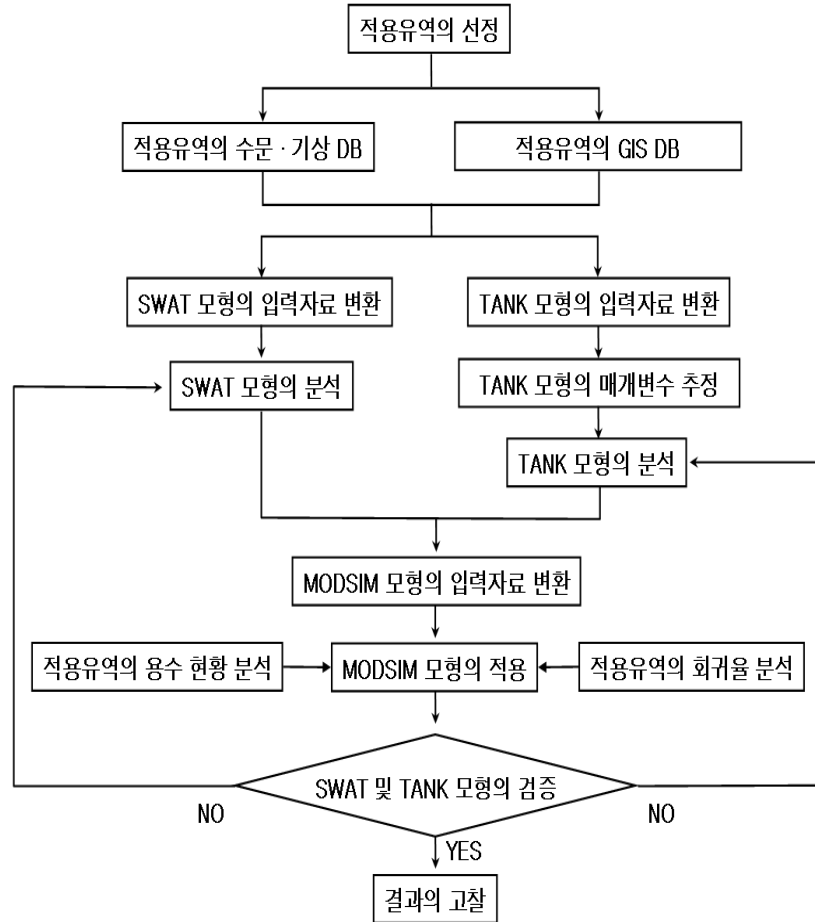


그림 4. 연구의 흐름도

3. 모형의 적용결과

3.1 모형의 검증

합천댐 유역에 1997년부터 2006년까지 10년간의 유출량에 대해 관측치와 모의치를 비교·분석하여, SWAT-MODSIM 모형과 TANK-MODSIM 모형의 적용성을 검증하였으며, 그 결과를 표 1 및 그림 5 ~ 그림 6에 나타내었다.

표 1. 모형 모의와 관측 유출량의 통계적 결과

평가기준 모형	평균 유출률(%)		평균제곱근 오차(mm/day)	결정계수	모형의 효율성계수
	관측	모의			
S-M 모형	62.461	67.162	3.339	0.772	0.707
T-M 모형	62.461	55.454	2.893	0.841	0.828

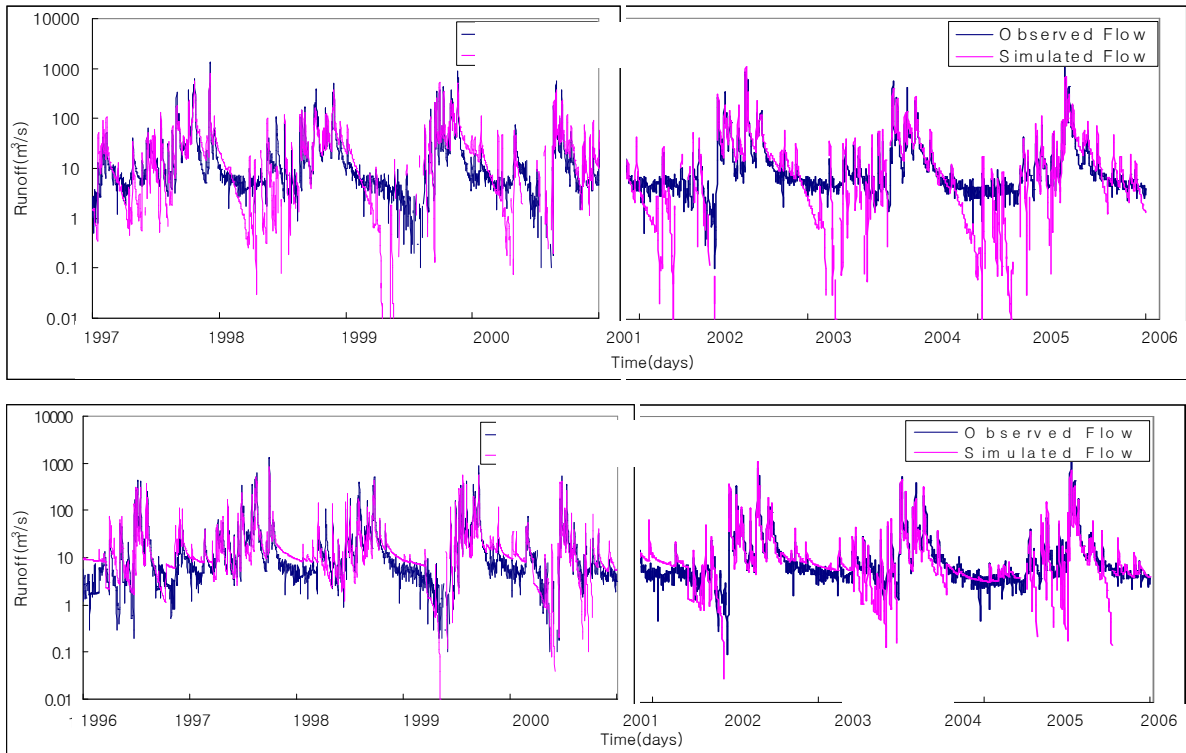


그림 5. S-M 모형(위) 및 T-M 모형(아래)의 모의결과

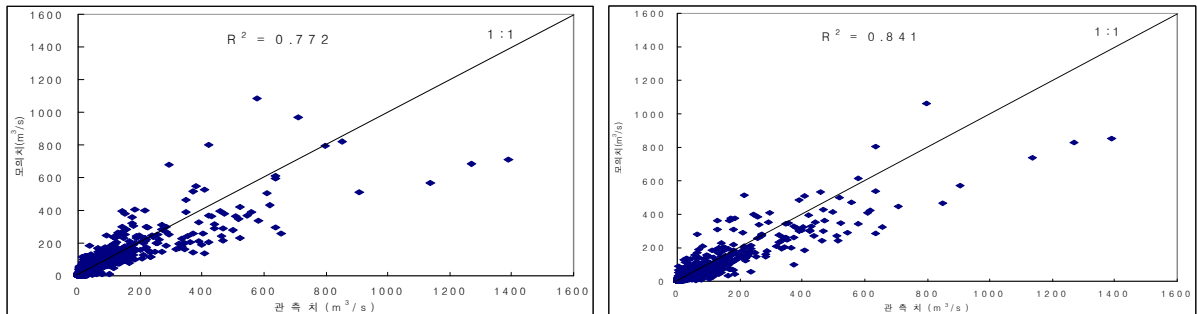


그림 6. S-M 모형(왼쪽) 및 T-M 모형(오른쪽)의 일유출량의 산포도

3.2 갈수기와 홍수기 분석

연중 6월~9월을 홍수기로, 그 이외의 시기를 갈수기로 구분하여 두 모형을 비교하였으며 그 결과는 표 2와 같다.

표 2. 갈수기와 홍수기의 모의결과 비교

구 분	통계치	평균 유출량 (mm)	평균제곱근 오차(mm/day)	결정계수	모형의 효율성계수
갈수기	S-M 모형	228.5	1.32	0.67	0.51
	T-M 모형	246.2	0.84	0.75	0.72
	관측치	201.4	-	-	-
홍수기	S-M 모형	727.5	5.46	0.76	0.76
	T-M 모형	543.2	4.86	0.83	0.81
	관측치	687.7	-	-	-

4. 결론

본 연구에서는 지금까지 국내에서 주로 사용되고 있는 대표적인 집중형 모형인 TANK 모형과 국내·외적으로 적용성이 점차 확산되고 있는 분포형 모형인 SWAT 모형의 비교분석을 통해 SWAT 모형의 국내 유역에 적용성 및 두 모형의 하천 자연유하량 산정의 정확성을 검토하였다.

기상관측소와 강우관측소로부터 얻은 강수량, 온도, 일사량, 풍속, 상대습도 자료와 각 소유역에 대한 토지이용 및 토양도를 결합하여 합천댐 유역에 SWAT 모형을 적용하였다. 기존에 산정되어 있는 TANK 모형의 매개변수를 보정하고 이를 5개로 분할된 합천댐의 소유역에 각각 적용하여 유출량을 산정하였으며, 각 강우유출 모형의 유출량을 MODSIM 모형에 입력자료로 활용하여 유역내 물수지분석을 수행하였다.

지금까지의 연구 수행 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 기존의 장기유출모의에서는 적용되지 않은 유역내 이수상황을 물수지분석 모형인 MODSIM 모형을 이용하여 분석에 적용하였으며, 이로부터 갈수기의 하천 자연유하량 산정에 유역내 이수상황을 고려하였다.
- 2) 합천댐 유역에 최근 10년간(1997년~2006년)의 장기유출량을 산정해본 결과 두 모형 모두 유출물에서는 연도별로 관측치와 다소 차이를 나타낼 때도 있지만 그 이외에 평균제곱근 오차는 3.339 이하, 결정계수 및 모형의 효율성 계수는 0.707 이상으로 나타남으로써 S-M 모형과 T-M 모형 모두 장기 일유출량 추정 및 유역 전반의 통합관리 측면에서 그 적용성 및 활용이 우수하다고 판단된다.
- 3) 최근 10년간의 평균유출물의 경우 S-M 모형은 실측치와 약 5%의 차이를 보이는데 비해 T-M 모형은 약 7%로 분석되었으나 결정계수 및 모형의 효율성계수의 경우 S-M 모형은 0.707 이상, T-M 모형은 0.828 이상으로 T-M 모형의 정확성이 높게 나타났다. 또한 갈수기의 모의유출량을 비교한 결과 S-M 모형의 결정계수 및 모형의 효율성 계수는 0.51 이상인데 반해 T-M 모형은 0.72 이상으로 T-M 모형의 정확성이 높게 나타났다. 그러므로 갈수기의 하천 자연유하량 산정에는 T-M 모형이 우수한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 과학기술부(2007), 유역 물 관리 운영 기술 개발.
2. 건설교통부(2004), 황강하천정비기본계획보고서.
3. 한강수계관리위원회(2006), 유역내 하천유지 가능 유하량 해석 2년차 보고서
4. 정일원(2004), 국내유역에서의 장기유출모형의 적용성에 관한 연구, 석사학위논문, 세종대학교.
5. 과학기술부(2004), 지표수 수문성분 해석기술 개발.
6. 한국수자원학회(2003), 제11회 수공학 워크샵 교재.
7. 건설교통부(1997), 수자원 관리기법 개발연구조사.
8. K. E. Saxton, W. J. Rawls(2006), Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions, SOIL SCI. SOC. AM. J., Vol. 70, pp.1569-1578.
9. I. G. Bekiaris, I. N. Panagopoulos, M. A. Mimikou(2005), Application of The SWAT Model in The Ronnea Catchment of Sweden, Global NEST Journal, Vol 7. No 3, pp. 252-257.
10. Pikounis M., Varanou E., Baltas E., Dassaklis A., Mimikou M.(2003), Application of The SWAT Model in The Pinios River Basin under Different land-use Scenarios, Global Nest: the Int. J. Vol 5, No 2, pp. 71-79.
11. S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams(2002), Soil and Water Assessment Tool, Theoretical Documentation Version 2000, Texas Resources Institute, College Station, Texas.
12. S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan, J.R. Williams(2002), Soil and Water Assessment Tool, User's Manual Version 2000, Texas Resources Institute, College Station, Texas.