

분포형 지표수-지하수 연계모형 구조변화에 따른 장기유출 특성 분석

Analysis of the Long Term Runoff by changing the structure of the distributed Hydrologic Model

주정균*, 이도훈**, 이은태***
Jung Gyun Ju, Do Hun Lee, Eun Tae Lee

요지

본 연구는 지표수 및 지하수 순환 구조 파악을 위한 해석 기술의 개발에 공헌하는 것을 그 목적으로 하고 있다. SWAT와 MODFLOW 순차적 연계모형의 구조변화를 통해 신뢰성 있는 장기유출모형 개발 연구를 수행하였다. 대상구역으로는 국내 IHP 대표구역의 하나인 보청천 유역을 대상으로 하였으며 모형의 적용성을 검증하기 위하여 보청천 유역의 기대교 수위 관측 지점 실측 유출량자료와 SWAT-MODFLOW 연계 프로그램의 모의 유출량 자료를 검토하였다. 그 결과 유출량의 경우 모의치가 실측치에 많이 접근하는 것을 볼 수 있었다. 모형의 적합성 판단기준의 하나로 선택된 Nash-Sutcliffe 효율지수(EI)는 0.64로써 계산된 값이 0과 1.0사이에 있으나 모형의 우수성을 판단하기엔 무리가 있다. 향후 투수계수 이외의 매개변수를 산정하여 매개변수에 대한 보정과 동시에 홍수시 유출량의 차이를 좁히는데 연구의 중점을 두면 모형의 완성도를 높일 수 있을 것이며 또한 신뢰성 있는 지하수 순환량을 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어 : SWAT-MODFLOW 순차적 연계모형, 유출량, 보청천, 효율지수

1. 서론

본 연구에서 사용된 순차적 연계모형은 준 분포형 강우유출모형인 SWAT 모형과 분포형 지하수 유동 해석 모형인 MODFLOW 모형을 순차적으로 연계한 모형으로 개념적, 해석적 방법으로 지하수 유동을 해석하는 SWAT모형의 단점을 MODFLOW모형으로 보완하고 있다. 순차적 연계모형의 기본 개념은 SWAT 모형을 사용하여 일별 장기 강우 유출 해석 후 총 유출성분 중 직접유출량과 함양성분을 분리한다. 이렇게 분리된 함양성분을 다시 MODFLOW 모형의 입력자료로 사용하여 기저유출량을 산정해 내고 이를 유역의 출구점에서 SWAT 모형의 직접유출량 자료와 순차적으로 합성하여 총유출자료를 구성하게 된다.

일반적으로 지하수의 함양은 비교적 낮고 평탄한 지형에서 이루어지며, 고도가 일정수준 이상이 되면 침투된 강우는 중간유출 등의 직접유출 성분으로 변환되는 것으로 알려져 있다. 그러나 SWAT모형에서의 지하수 함양구역이 정의되어 있지 않기 때문에 함양을 MODFLOW 모형에 반영할 기준이 없으므로 본 연구에서는 소유역별 함양구역으로 설정한 후 유출계산을 시행하였다. CASE별 SWAT- MODFLOW 순차적 연계 모형의 결과치를 비교하여 우수한 모형을 채택하여 나가는 방식을 택했다.

* 학생회원 · 주정균 경희대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : animal_joo@orgio.net
** 정회원 · 이도훈 경희대학교 토목공학과 교수 · E-mail : dohlee@khu.ac.kr
*** 정회원 · 이은태 경희대학교 토목공학과 교수 · E-mail : etlee@khu.ac.kr

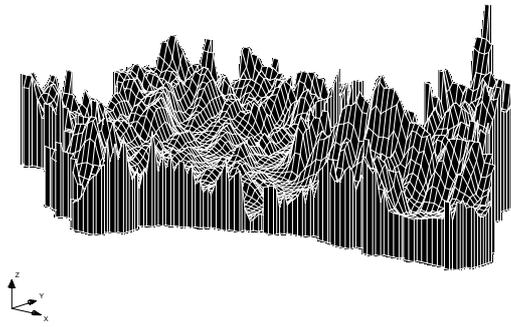


그림 1. 보청천 유역의 형상 MODFLOW
(Bottom Elevation constant 80m)

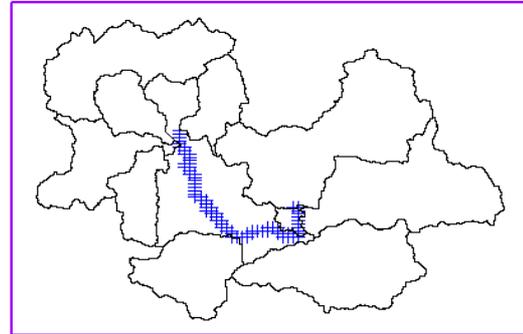


그림 2. 소유역별 함양구역

2. 모형의 구축

SWAT 모형의 Soil Database를 Pedo-Transfer Function 계열의 Soil Water Characteristics program 을 이용하여 구축하였다. Soil Database 구축시 토양 통별 입력자료로는 각각의 층별 깊이, 물리 화학적 특성과 수분저장능력, 비중, 유기물함유량, 점토, 실트, 모래의 함양비율, 투수계수 등이 있다. 국가지하수 정보센타에 나와 있는 자료를 이용하여 해당유역을 대표하는 보은관측소와 마로관측소의 대수층과 암반층별로 나와 있는 투수계수를 각각 산술평균한 후 두 관측소의 대수층 투수계수 산술평균값을 전체유역에 동일하게 적용하였다. 새로이 구성된 경계조건의 수위관측소는 기대, 탄부, 이평교이며 결측된 수위자료의 보정을 위해 국제수문개발계획(IHP) 보고서(90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97)의 수위-유량곡선과 유량자료를 이용하였다. 또한 새로이 구성된 모형에서 각기 매개변수들이 모형에 미치는 영향을 분석하고 본 모의유역에서의 적당한 매개변수를 추정하였으며 연계모형 자료의 불확실성을 포함하고 있는 요소의 제거와 시스템 보정을 하였다.

3. 장기유출 모의 결과

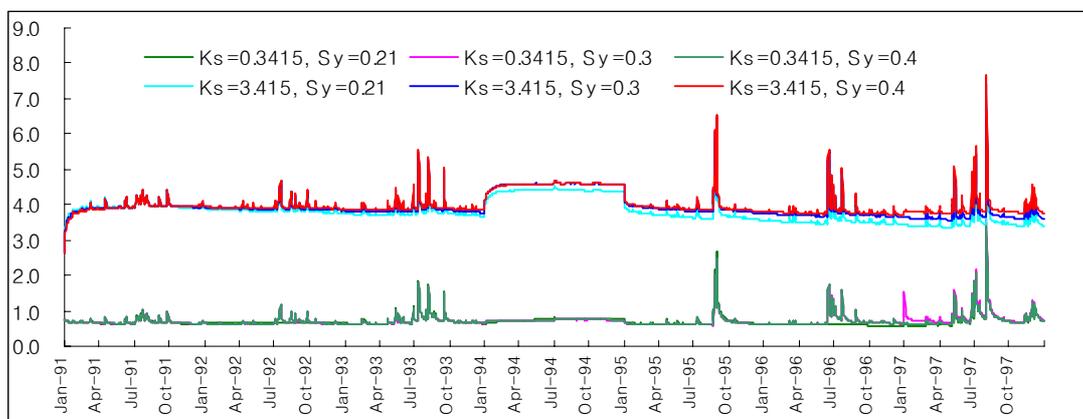


그림 3. 투수계수와 비산출률에 따른 기저유출량

투수계수와 비산출률을 매개변수로 놓고 그 값을 보정해 본 결과 그림 3 과 같은 결과가 나왔다. 그림 3 에서와 같이 비산출률의 경우 기저유출에 그다지 많은 영향을 미치지지는 못한다. 반면에 투수계수는 그 영향이 큰 것으로 보아 MODFLOW 모형의 결과값인 기저유출의 매개변수로 적당하다고 분석된다.

표 1. 투수계수와 비산출률에 따른 유출량의 비교

	Ks =0.3415 Sy = 0.3	Ks =0.3415 Sy = 0.4	Ks = 3.415 Sy = 0.3	Ks = 3.415 Sy = 0.4	실측 유출량
93-97 총유출량 (CMS)	12,971.84	12,953.64	18,883.90	19,005.01	19,094.98
일 평균 유출량 (CMS)	7.10	7.09	10.34	10.41	10.46
EI	0.6337	0.6335	0.6418	0.6420	1

본 결과는 SWAT 모형의 Soil Database를 Pedo-Transfer Function 계열의 Soil Water Characteristics program을 이용하여 구축하였으며 Modflow 모형의 투수계수와 비산출률을 매개변수로 정하여 실행한 결과값이다. 투수계수 보정 후 효율지수(EI)는 거의 차이가 없으나 총유출량과 일평균 유출량은 실측치에 많이 접근하고 있다. 그러나 그림 4 에서 년 최대치 유출량의 경우 오차가 유출량이 커질수록 커지는데 이는 홍수시 유출량 산정에 오차가 큼을 나타낸다.

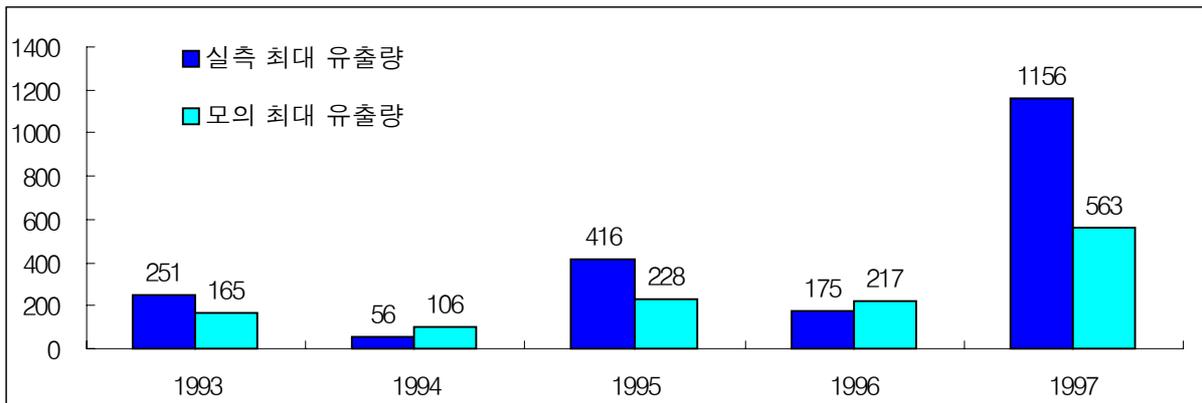


그림 4. 실측-모의 년 최대치 유출량의 비교

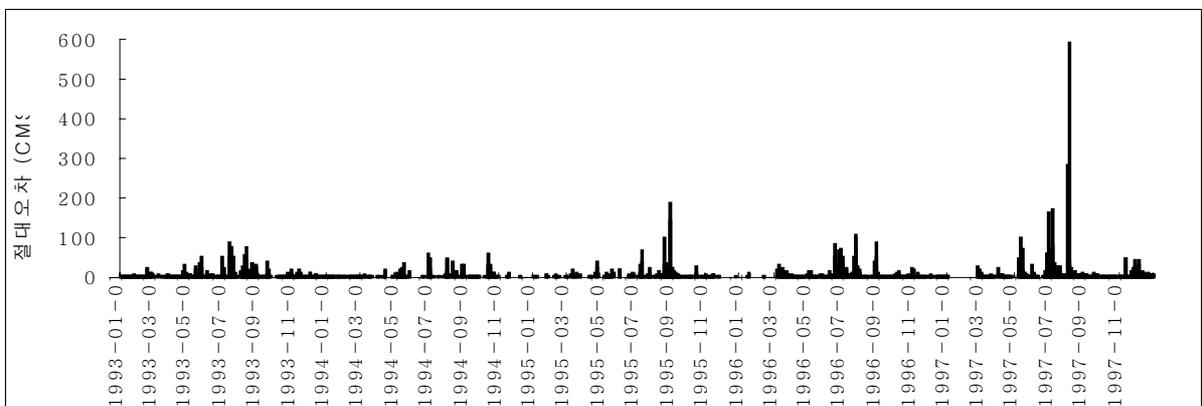


그림 5. 실측-모의 일 유출량의 절대오차

4. 결론

본 연구에서는 SWAT-MODFLOW 모형을 이용하여 대상유역의 장기 유출성분을 모의했으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- ① 모의된 장기유출성분의 효율지수는 0.64로서 모형의 우수성을 말하기는 어려우나 향후 투수계수 이외의 매개변수를 산정하여 보정을 함과 동시에 홍수시 유출량의 차이를 줄히는데 연구의 중점을 두면 모형의 완성도를 높여 신뢰성 있는 지하수 순환량을 추정할 수 있다고 사료된다.
- ② 투수계수의 경우 유출량에 가장 큰 영향을 주는 매개변수중의 하나임이 분석되었다.

SWAT-MODFLOW 연계모형을 구성함에 있어 명확한 토양의 수리특성 및 물리적 특성이 제시되어 있지 않아 토양 Database에 불확실성이 다량 포함되었다. 이를 보완하여 PEDO-TRANSFER FUNCTION 계열의 프로그램을 이용한 토양 Database의 구축을 시도해 보았지만, 이 역시도 추정치 이므로 정확한 토양의 수리특성치를 산출해 내는데는 한계가 있었다. 따라서, 토양통에 대한 명확한 토양의 수리특성치가 조사된다면 보다 신뢰성 있는 모형의 구축이 가능할 것으로 사료된다. 또한 MODFLOW 모형을 구성함에 있어 대수층 조사 자료가 빈약해 투수계수 및 비저류계수, 비산출율 등의 특성치를 공간적으로 반영하지 못하고 단순화 시켜 모형에 반영함으로써 모형의 오차 발생의 주된 원인이 되었다. 향후 정밀 지하수문지질도가 구축이 되어 대수층의 특성을 공간적으로 반영한다면 보다 신뢰성 있는 모형의 구축이 가능할 것으로 사료된다.

사사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술 개발사업단의 연구비 지원(과제번호:2-2-1)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 이도훈 (2002) 지하수 순환을 고려한 장기유출 특성해석 2002년 수자원의 지속적 확보기술사업 개발 pp. 88-95
2. 이동률, 윤용남 (1996) 우리나라의 지하수 함양량 추정과 분석 대한토목학회 논문집, 제 16권, pp. 321~334
3. 김현준 (2002) “장기 강우-유출모형 구조비교” 수자원의 지속적 확보기술개발 사업 보고서.
4. 허 준 (2004) 지하수 순환을 고려한 장기유출모형의 개발 및 적용에 관한 연구 경희대학교석사학위논문