

무심천 유역에 대한 지하수 함양량의 시공간적 변동성 분석

정일문 · 김남원 · 이정우 · 이병주

한국건설기술연구원 수자원연구부
email: imchung@kict.re.kr

요 약 문

This study is to present the method for estimating groundwater recharge with temporal-spatial variability using the SWAT model which can represent the heterogeneity of the watershed. The SWAT model can simulate daily surface runoff, evapotranspiration, soil storage, recharge, and groundwater flow within the watershed. The model was applied to Musimcheon watershed located in the upstream of Mihocheon watershed. Hydrological components were determined for the period 2001 - 2004, and the validity of the results was tested by comparing the estimated runoff with the observed runoff data at the outlet of the catchment. The results of temporal and spatial variations of recharge were presented. This study suggests that variations in recharge can be significantly affected by subbasin slope as well as land use changes.

key word : groundwater recharge, SWAT model, spatial-temporal variability

1. 서론

대표적인 지하수 함양량 추정방법으로 지하수위 변동법 (Sophocleous, 1991; 구민호와 이대하, 2002; Moon 등, 2004), 기저유출 분리법 (박창근, 1996; Arnold와 Allen, 1999), 침투 모델링 방법 (구민호와 김용제, 2003) 등이 있다. 그러나 이들 방법은 집중형 개념을 기반으로 하거나 국지적인 규모로 다뤄지기 때문에 기후조건, 토지이용, 토양조건, 수리지질학적 비균질성에 의한 함양량의 시공간적 변동성을 반영할 수 없는 단점이 있다. 이러한 한계를 극복한 대표적인 연구로서 Arnold 등 (2000)은 준분포형 수문모형인 SWAT (Soil and Water Assessment Tool) 을 이용하여 미시시피강 유역의 지하수 함양량을 추정하는 방법을 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 Arnold 등 (2000)의 방법을 도입하여 SWAT 모형의 국내 실제 유역에의 적용성을 검토하였다. 이를 위해 무심천 유역을 대상으로 SWAT 모형을 이용하여 유역내의 토양 및 토지이용에 따른 비균질성이 고려된 지하수 함양량을 산정하였으며, 또한 산정된 지하수 함양량의 시공간적 변화를 고찰하였다.

2. 본론

SWAT은 미국 농무성 농업연구소 (USDA Agricultural Research Service, ARS)의 Jeff Arnold 등 (1993)에 의해 개발된 것으로 토지이용변화에 따른 물 순환 변화를 해석할 수 있는 준분포형 유출모형이다. 이 모형은 SCS-CN 방법을 이용한 직접유출량 산정, Penman-Monteith식

표 1. 연평균 물수지 계산 결과 (2002년-2004년)

년 도	강수량(mm)	유출량(mm)	증발산량(mm)	함양량(mm)	함양률(%)
2002	1281.7	712.1	573.7	220.1	17.2
2003	1581.7	922.9	550.5	406.4	25.7
2004	1505.8	965.6	537.1	345.1	22.9
평 균	1305.6	763.8	520.4	275.7	21.1

청주수위 관측소 지점의 연별 물수지 계산 결과를 표 1에 제시하였다. 강수 대비 함양량의 비인 함양율은 17.2 % - 25.7 % 까지 변화하는 것으로 나타났으며, 평균값은 21.1 %로 계산되었다. 물수지 계산 결과에서 볼 수 있듯이 지하수 함양량은 강수량에 크게 의존하고 있으며, 2002년과 2003년과 같이 강수량 증가율에 비해 함양량 증가율이 훨씬 큰 것을 알 수 있다. 이는 강수량의 연간 총량뿐만 아니라 강우의 시간적인 분포 또한 함양량에 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 따라서 강수량, 토양수분량 등 함양에 영향을 미칠 수 있는 인자들의 시간적인 변동성을 고려하여야만 보다 실제적인 지하수 함양량이 산정될 수 있을 것으로 판단된다.

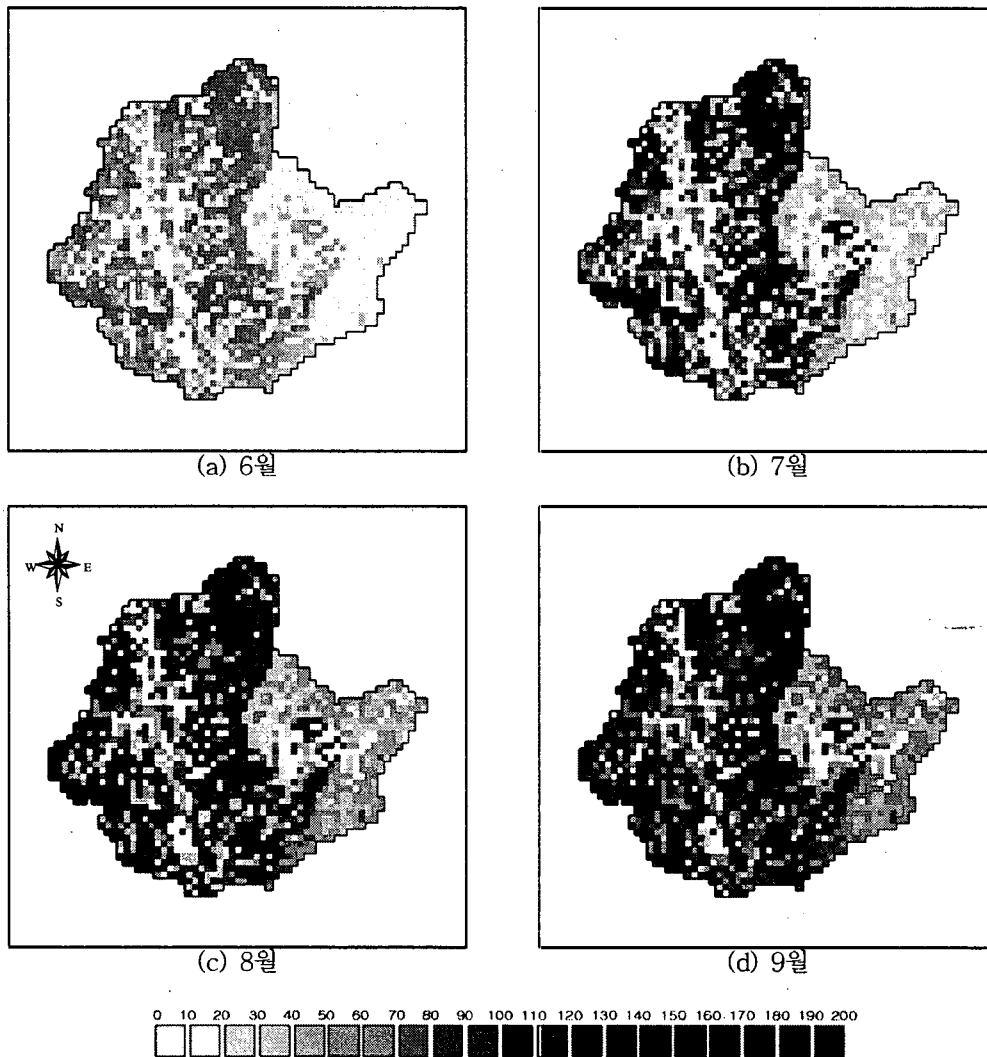


그림 4. 지하수함양량의 공간적 분포(2003년 6월-9월)

그림 4는 2003년 6월부터 9월까지의 월 지하수 함양량의 공간적인 변화를 나타낸 것이다. 지하수 함양량의 공간적 분포를 명확하게 드러내고 있으며, 시간적으로도 함양량 편차가 두드러지게 나는 것을 확인할 수 있다. 그림에서 우측인 무심천 상류부는 함양량이 적게 산정되었는데, 이는 지형경사가 급해서 대수층으로의 함양보다는 경사에 의한 중간유출이 지배적이기 때문인 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구는 SWAT 모형을 이용한 무심천 유역의 지하수 함양량 산정에 관한 것으로 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 무심천 유역에 대해 모형을 구동한 바, 토지이용의 변화뿐만 아니라 유역경사와 같은 지형인자에 의한 영향으로 시공간적으로 함양량의 편차가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.
- (2) 지하수 함양량은 한 지역 내에서 시공간적으로 현저한 변화를 나타냄에 따라 기존의 집중형, 개념적 모형으로는 정확한 산정이 어려우므로 분포형 개념으로 접근하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 2005년도 건설교통부와 한국건설교통기술평가원의 건설기술기반 구축사업(과제번호: 05기반구축 A03-01)과 광업진흥공사의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

4. 참고문헌

1. 구민호, 김용제 (2003). “침투 모델을 이용한 국내의 기후 환경에서 발생하는 지하수 함양 특성 분석.” 지질학회지, 제39권 제2호, pp.249-261
2. 구민호, 이대하 (2002). “지하수위 변동법에 의한 지하수 함양량 산정의 수치해석적 분석.” 지질학회지, 제38권 제3호, pp.407-420
3. 박창근 (1996). “우리나라 지하수 개발가능량 추정: 1.개념정립과 기법의 개발.” 지하수환경, 제3권 제1호, pp. 15-20
4. Arnold, J. G. and P. M. Allen (1999). “Automated methods for estimating baseflow and groundwater recharge from streamflow records.” Journal of the American Water Resources Association, Vol. 35, No. 2, pp. 411-424
5. Arnold, J. G., R. S. Muttiah, R. Srinivasan, and P. M. Allen(2000). “Regional estimation of base flow and groundwater recharge in the Upper Mississippi river basin.” Journal of Hydrology, Vol. 227, pp.21-40
6. Moon, S. K., Nam C. Woo, and Kwang S. Lee (2004). “Statistical analysis of hydrographs and water-level fluctuation to estimate groundwater recharge.” Journal of Hydrology Vol. 292, pp. 198-209
7. Sophocleous, M. A. (1991). “Combining the soil water balance and water level fluctuation methods to estimate natural groundwater recharge : practical aspects.” Journal of Hydrology Vol. 124, pp. 229-241