

제주 서귀포 지역의 지하수 함양량 추정

Estimate Groundwater Discharge of Seoguipo in Jeju Island

이남훈*, 이효정**, 김동필***, 안승섭****

Nam Hun Lee, Hyo Jung Lee, Dong Pill Kim, Seung Seop Ahn

요 지

제주도는 연평균 강우량이 1,975mm에 달하는 우리나라 최대의 다우지역이며, 투수성이 높은 화산성 지질의 특성으로 인해 상시 하천이나 강이 존재하지 않으며, 하천의 유출은 수백 mm이상의 호우 시에만 짧게 발생하며, 나머지 기간은 건천상태를 유지하고 있다. 이러한 제주의 수문지질 환경은 모든 용수를 지하수에 의존하게 했다. 본 연구에서는 제주도의 하천특성을 적절히 고려할 수 있고, 모든 물순환 성분이 물리적 기반하에서 해석되고 비교적 입력자료의 구축이 용이하며, 장기적인 모의가 가능한 SWAT 모형을 이용하여 제주도 서귀포 지역에 포함된 예레천, 궁산천, 보목천의 실제증발산량 및 직접유출량을 산정하고 이를 다시 물수지 방법을 이용하여 지하수 함양량을 추정하였다(2002~2008). 각 소유역별 평균 지하수 함양율은 예레천 유역은 40.75%, 궁산천 유역은 39.15%, 보목천 유역은 42.87%로 나타났다. 위의 결과는 제주도 수문지질 및 지하수자원 조사(III)를 이용하여 비교·검정하였으며, 비교·검정 결과, 서귀포 지역의 평균 함양량 및 평균 함양율과 비슷한 값을 보였다. 향후 정확한 자료의 확보와 다년간의 자료를 이용하여 정확하고 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 실제증발산량, 직접유출량, 지하수 함양량

1. 서 론

제주도는 연평균 강우량이 1,975mm에 달하는 우리나라 최대의 다우지역이며, 투수성이 높은 화산성 지질의 특성으로 인해 상시 하천이나 강이 존재하지 않으며, 하천의 유출은 수백 mm이상의 호우 시에만 짧게 발생하며, 나머지 기간은 건천상태를 유지하고 있다. 이러한 제주의 수문지질 환경은 모든 용수를 지하수에 의존하게 했다. 지하수 함양은 토양으로 침투한 강수 중에서 일부가 대수층으로 유입되는 과정으로 기후, 토양과 토지이용, 지형 지하시질 등의 영향을 받아 국지적으로 큰 차이가 나타난다. 따라서 어떤 지역의 지하수 함양에 대한 산정과 공간적 분포에 대한 규명은, 해당 지역의 수자원 개발 계획 수립과 토지이용의 변경 등 지역개발계획을 수립하기 위한 필수적인 과정이다. 특히 수자원의 대부분을 지하수에 의존하는 제주도는 지하수 함양에 대한 중요성을 인식하고 일찍부터 함양량 산정을 위한 노력을 기울여 왔다. 지금까지 제주도 지하수의 함양량 추정 방법으로는 토양 물수지 분석방법과 기저유출 분석방법, 침투율 산정(SCS-CN방법) 및 지하수위 곡선법 등이 있다. 물수지 분석은 일정유역내의 강수량 직접유출량, 증발산량 및 지하수 함양량 등 수문요소들 간에 수문평형이 유지되는 상태로 가정하여, 물의 유입과 유출 사이의 상호 관계로 수행한다. (농업기반공사, 2000). 제주도의 물수지 분석에 사용되었던 침투율 산정 방법이나 토양 수분법 등 대부분의 방법들이 각각의 수문 요소들의 오차를 제거하는 것이 어렵기 때문에 정확성을 검증하기 힘든 단점이 지적된바 있으며, 물수지 분석에 이용되는 수문요소들에 대한 정확성을 높이기 위하여 격자기반의 지하수 함양공간 추정(안중기 외, 2006) 방법과 상시하천에 대한 유출특성 연구(하규철 외, 2008) 등의 시도를 통하여 정확성을 높이는 노력이 계속되고 있다. 본 연구에서는 제주도의 하천특성을 적절히 고려할 수 있고, 모든 물순환 성분이 물리적 기반하에서 해석되고 비교적 입력자료의 구축이 용이하며, 장기적인 모의가 가능한 SWAT 모형을 이용하여 제주도 서귀포 지역에 포함된 예레천, 궁산천, 보목천의 실제증발산량 및 직접유출량을 산정하고 이를 다시 물수지 방법을 이용하여 지하수 함양량을 추정하였다(2002~2008).

2. 대상유역

본 연구 대상 유역인 제주도는 <그림 1>과 같으며, 연구대상 유역인 서귀포는 제주도 4개의 대유역 중 남부유역에 속하며, 동사서면은 매우 완만한 경사(3~5°)를 이루고 있고, 남북 방향에서는 약간 급한 경사(5° 내외)를 보인다. 전체 지형은 해발고도에 따라 200m 이하인 해안지역 993km²(54.3%), 200~600m 사이의 중산간지역이 589km²(32.2%), 그리고 600m이상에서 한라산 정상부근까지의 산악지역이 246km²(13.5%)를 차지한다. <그림 2>는 제주도 서귀포 유역의 소하천 분류도이며, 12개의 하천 중 예레천, 궁산천, 보목천에 실제 증발산량 및 직접유출량을 산정하고 이를 다시 물수지 방법을 이용하여 지하수 함양량을 추정하였다.

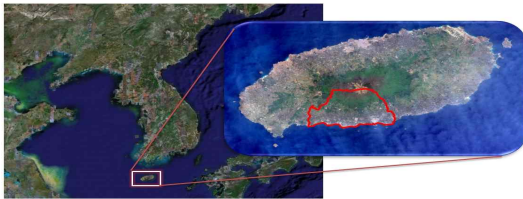


그림 1 연구대상 유역

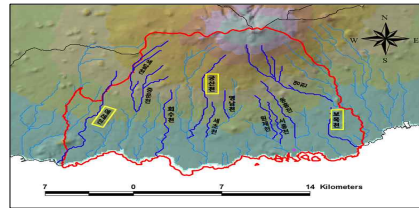


그림 2 연구대상유역의 소하천 분류도

3. 적용 결과 및 분석

3.1 SWAT 모형의 입력자료 구축

1) 기상자료

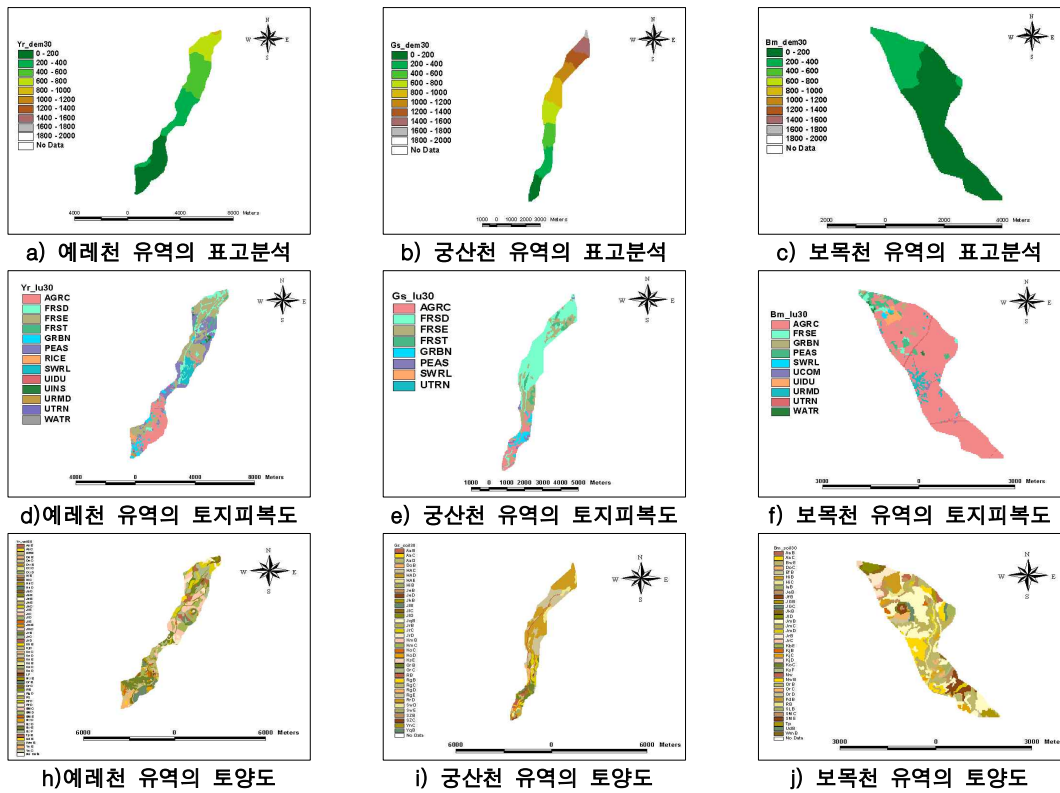
SWAT 모형에서 유출량 산정에 사용되는 기본적인 수문·기상자료는 일별강수량자료인 제주, 고산, 서귀포, 성산 기상대의 2002년 1월부터 2008년 12월까지의 자료를 입력자료로 사용하였으며, 기상자료로서 강우량, 최고·최저기온, 태양복사량, 풍속, 습도를 입력자료로 사용하였다. <표 1.>은 연구대상지역내 소하천 유역 특성 및 강우관측소 현황이다.

<표 1> 연구대상지역내 소하천 유역 특성 및 강우관측소 현황

유역	유역면적(km ²)	적용기간	강우관측소 현황
예레	14.93	2002. 1. 1~2008. 12. 31	제주, 고산, 서귀포, 성산
궁산	9.07		
보목	7.22		

2) GIS 자료의 구축

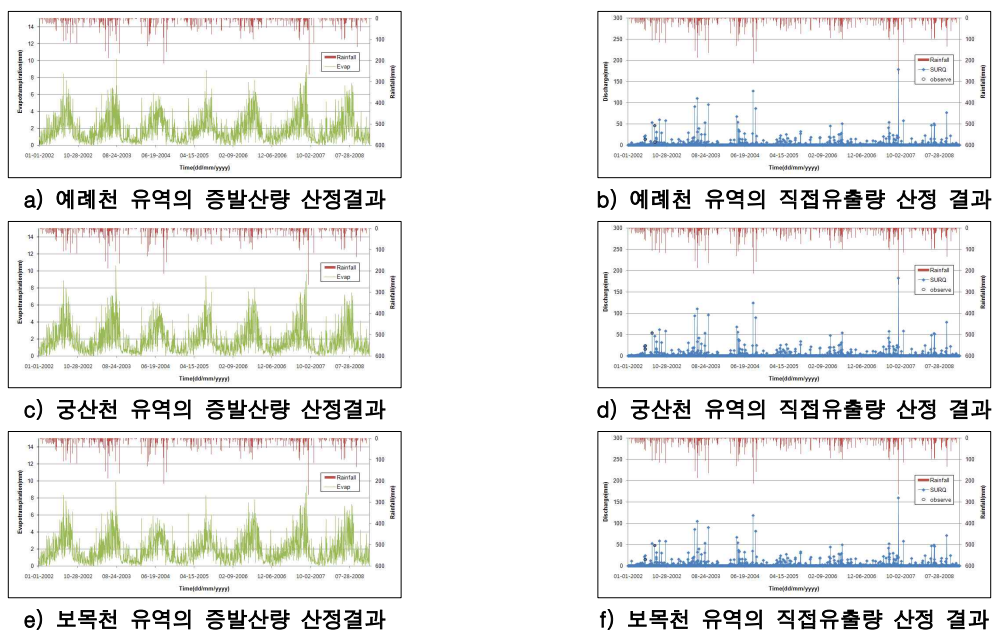
SWAT 모형의 적용을 위하여 GIS 입력자료를 환경부와 농업과학기술원에서 DEM, 토지피복도, 정밀토양도를 제공받아 GIS 기본자료와 토양속성에 대한 DATABASE를 구축하였다.



〈그림 3〉 연구대상유역의 GIS 자료 구축

3.2 SWAT모형을 이용한 증발산량 및 직접유출량 산정

예레천, 공산천, 보목천 유역의 직접유출량 및 증발산량 산정결과는 〈그림 4〉와 같다.



〈그림 4〉 연구대상유역의 증발산량 및 직접유출량 산정 결과

예레천, 궁산천 유역은 2002년의 3회 실측유출량 자료를 이용하여 검정하였고, 보목천 유역은 2002년 2회 관측자료를 이용하여 검정하였다. 이러한 결과는 실제증발산량 및 직접유출량의 실측자료를 확보하고 연속적인 자료를 확보한 후에 검정을 한다면 좀 더 확실한 결과 값이 나올 것이라 판단된다.

3.3. 물수지 방법에 의한 지하수 함양량 추정

예레천, 궁산천, 보목천 유역의 지하수 함양량 산정 결과는 <표 2와 같다>

<표 2> 연구대상지역의 지하수 함양량 산정 결과

년도		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
강우량(mm)		1899.00	2309.00	2038.00	1413.00	1781.00	2195.00	1693.00
예레천	함양량(mm)	814.91	1003.60	820.08	539.93	733.47	894.42	652.06
	함양율(%)	42.91	43.46	40.24	38.21	41.18	40.75	38.52
궁산천	함양량(mm)	777.42	938.71	783.42	520.37	710.02	864.39	642.21
	함양율(%)	40.94	40.65	38.44	36.83	39.87	39.38	37.93
보목천	함양량(mm)	852.15	1056.57	869.96	572.50	767.11	932.69	688.53
	함양율(%)	44.87	45.76	42.69	40.52	43.07	42.49	40.67

예레천 유역은 년도별 지하수 함양량 산정결과 2002~2008년도의 함양율 폭은 38.21%~43.46%로 나타났으며, 연구기간 전체로 보면 평균 1904mm의 강우량에 평균함양량이 779.78mm로 평균함양율이 40.75%로 나타났다. 궁산천 유역은 년도별 지하수 함양량 산정결과 2002~2008년도의 함양율 폭은 36.83%~40.94%로 나타났으며, 연구기간 전체로 보면 평균함양량이 748.08mm로 평균 함양율이 39.15%로 나타났다. 보목천 유역의 년도별 지하수 함양량 추정결과 2002~2008년도의 함양율 폭은 40.52%~45.76%로 나타났으며, 연구기간 전체로 보면 평균 함양량이 819.93mm로 평균 함양율이 42.87%로 나타났다. 위의 결과를 토대로 물수지 방법에 의한 지하수 함양량과 함양율을 비교·검정한 결과 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(Ⅲ)보고서의 제주도 서귀포 유역의 기존 평균 함양량과 함양율이 비슷한 값을 보였다.

4. 결론

본 연구는 제주도에서 지하수 함양량 추정시 SWAT 모형을 이용하여 제주도 서귀포 유역에 포함된 예레천, 궁산천, 보목천의 실제증발산량 및 직접유출량을 산정하고 이를 다시 물수지 방법을 이용하여 지하수 함양량을 추정하였다(2002~2008). 지하수 함양량 추정 결과 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(Ⅲ)의 SCS-CN법에 의한 물수지 결과를 토대로 비교·검정 하였으며, 비교·검정 결과 서귀포 유역 일대의 지하수 함양량과 함양율이 유사하게 나타났다. 향후 정확한 자료의 확보와 다년간의 자료를 이용하여 정확하고 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 안중기, 이용두, 황종환, 2006, 격자기반의 토양물수지방법에 의한 지하수함양의 공간분포 추정, 한국지하수토양환경학회지, vol. 11, No. 1, pp. 65~76.
2. 나한나, 구민호, 차장환, 김용제, 2006, 지하수 모델링의 주요 수문 요소에 대한 민감도 분석 사례 연구, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 59~63.
3. 제주특별자치도 수자원본부, 2002, 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(Ⅲ), pp. 69~152.
4. Davis, G. H., Lee, C. K., Bradley, E. and Payne, B. R., Geohydrologic interpretation of a valcanic island from environmental istopes, Water Resour. Res., 6, 99-109, 1970.