

# 화산도서지역에서의 장기 유출량 산정에 관한 연구

## A Study of Long-Term Runoff analysis in Volcano Island

이남훈\*, 이효정\*\*, 김동필\*\*\*, 안승섭\*\*\*\*

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

### 요 지

우리나라의 대표적인 화산도서지역인 제주도는 연 평균 강우량이 1,975mm로 우리나라 최대 다우지역이며, 투수성이 좋은 다공질 화산암류 및 화산회토로 이루어져 있어 지하수 함양율이 총 강우량의 48.5%로 국내에서 가장 높은 수문지질 여건을 지니고 있다. 또한, 강우 후에는 143개의 하천 중 6개의 하천을 제외한 나머지 하천에서 내륙과 달리 평상시 건천의 형태로 유지되고 있으며, 지표수의 발달이 매우 빈약하다. 이러한 연유로 인해 제주도는 수자원의 대부분을 지하수에 의존하고 있으며, 향후 지속적인 수자원을 확보하기 위해서는 지표수의 개발이 절실하게 필요한 실정이다. 제주도는 지하수와 관련된 연구는 부분적으로 진행되어 왔으나 제주도 하천에 대한 유량 관측과 수문모형을 적용하여 유출량을 산정하는 연구는 거의 없는 편이다. 본 연구에서는 장기 강우-유출 모형인 SWAT 모형을 이용하여 상시 유출이 이루어지고 있는 제주도 서귀포 유역에 포함되는 예레천, 궁산천, 영천을 선정하였으며, SWAT 모형의 입력자료인 기상자료와 지형자료(DEM, Land Use, Soil Type)를 구축하여 직접유출량 및 실제증발산량을 산정하였다.(2002. 01. 01~2008. 12. 31) 각 년도별 평균 직접유출량 및 평균 실제증발산량 산정 결과 예레천 유역은 570.14mm, 444.15mm로 나타났으며, 궁산천은 570.51mm, 585.41mm이며, 영천은 444.15mm, 602.51mm로 나타났다. 위의 연구결과는 장기 일 유출량 모의에 대하여 전체적으로 우수한 결과를 보이고 있으며, 향후 많은 유출량 자료를 확보하여 본 연구의 결과와 비교·검정한다면 제주도 하천의 장기 일 유출량 모의 할 수 있을 것이라 판단된다. 또한 제주도의 유역 전반의 통합 관리 측면에서 뛰어난 적용성과 폭 넓게 활용함으로써 우수한 연구 결과를 도출할 것으로 판단된다.

**핵심용어 : SWAT, 장기유출해석, 직접유출량, 실제증발산량**

### 1. 서 론

우리나라의 대표적인 화산도서지역인 제주도는 연 평균 강우량이 1,975mm로 우리나라 최대 다우지역이며, 투수성이 좋은 다공질 화산암류 및 화산회토로 이루어져 있어 지하수 함양율이 총 강우량의 48.5%로 국내에서 가장 높은 수문지질 여건을 지니고 있다. 또한, 강우 후에는 143개의 하천 중 6개의 하천을 제외한 나머지 하천에서 내륙과 달리 평상시 건천의 형태로 유지되고 있으며, 지표수의 발달이 매우 빈약하다. 이러한 연유로 인해 제주도는 수자원의 대부분을 지하수에 의존하고 있으며, 향후 지속적인 수자원을 확보하기 위해서는 지표수의 개발이 절실하게 필요한 실정이다. 제주도는 지하수와 관련된 연구는 부분적으로 진행되어 왔으나 제주도 하천에 대한 유량 관측과 수문모형을 적용하여 유출량을 산정하는 연구는 거의 없는 편이다. 본 연구에서는 장기 강우-유출 모형인 SWAT 모형을 이용하여 장기간에 걸친 유역내의 유출량을 산정하고 연구대상 유역으로는 제주도 서귀포 유역의 상시 유출이 이루어지고 있는 예레천, 궁산천, 영천으로 선정하였으며, SWAT 모형의 입력자료인 기상자료와 지형자료(DEM, Land Use, Soil Type)를 구축하여 직접유출량 및 실제증발산량을 산정하였다.(2002. 01. 01~2008. 12. 31) 이러한 연구 결과는 국내 물 관련 계획의 수립과 물관리, 지역간 물 분쟁 등의 해결에 유용하게 활용될 것으로 기대되며, 화산도서 지역인 제주도에 적용함으로써 효율적이고 영구적인 수자원 관리에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 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 993km<sup>2</sup>(54.3%), 200~600m 사이의 중산간지역이 589km<sup>2</sup>(32.2%), 그리고 600m이상에서 한라산 정상부근까지의 산악지역이 246km<sup>2</sup>(13.5%)를 차지한다. <그림 2>는 제주도 서귀포 유역의 소하천 분류도이며, 12개의 하천 중 예레천, 궁산천, 영천에 실제증발산량 및 직접유출량을 산정하였다.



그림 1 연구대상 유역

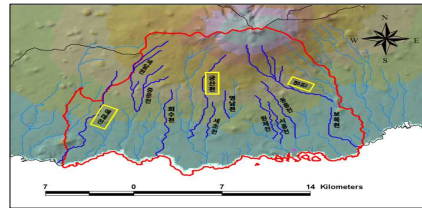


그림 2 연구대상유역의 소하천 분류도

## 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.

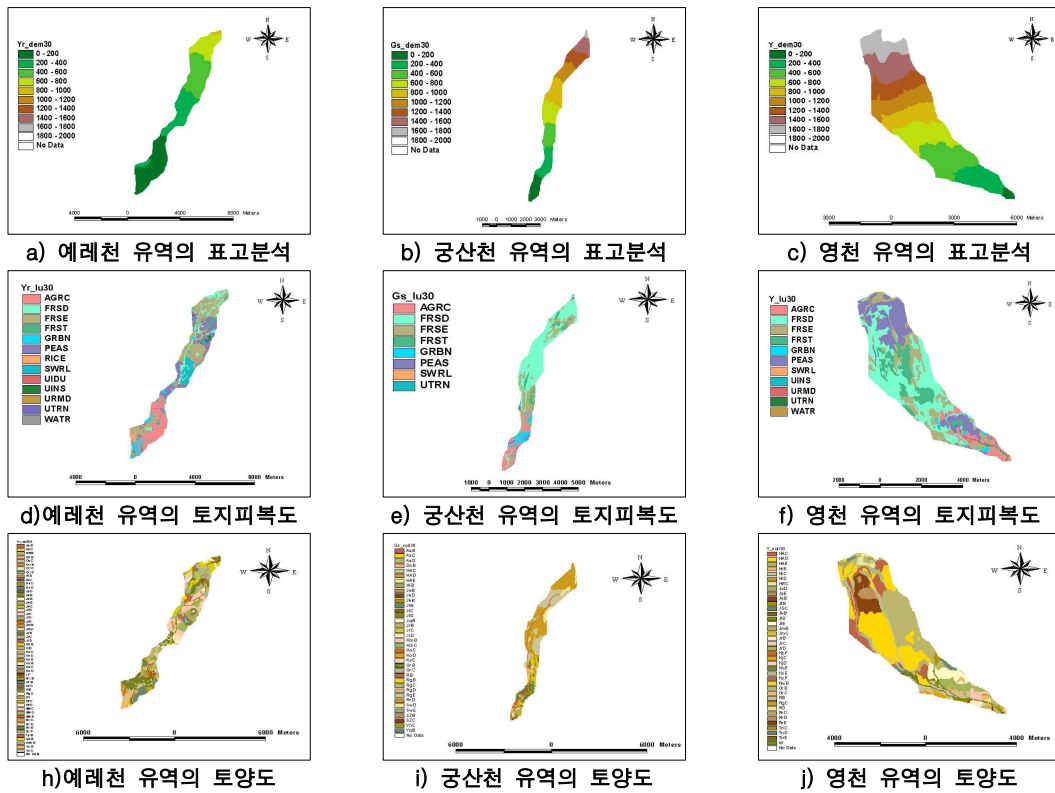
<표 1> 연구대상지역내 소하천 유역 특성 및 강우관측소 현황

유역	유역면적(km <sup>2</sup> )	적용기간	강우관측소 현황
예레	14.93	2002. 1. 1~2008. 12. 31	제주, 고산, 서귀포, 성산
궁산	9.07		
영천	18.91		

SWAT 모형은 소유역 각각에 대한 수문자료와 기상자료가 입력자료로 사용도지만, 대상유역의 소유역에 대한 각각의 입력자료는 존재하지 않는다. 이런 경우 SWAT 모형에서는 각 소유역의 출구지점에서 인접한 기상관측소와 자료를 각 소유역별 수문·기상 자료로 산정된다. 따라서 본 연구대상지역인 제주도 서귀포 유역은 서귀포 기상자료를 이용하였다.

#### 2) GIS 자료의 구축

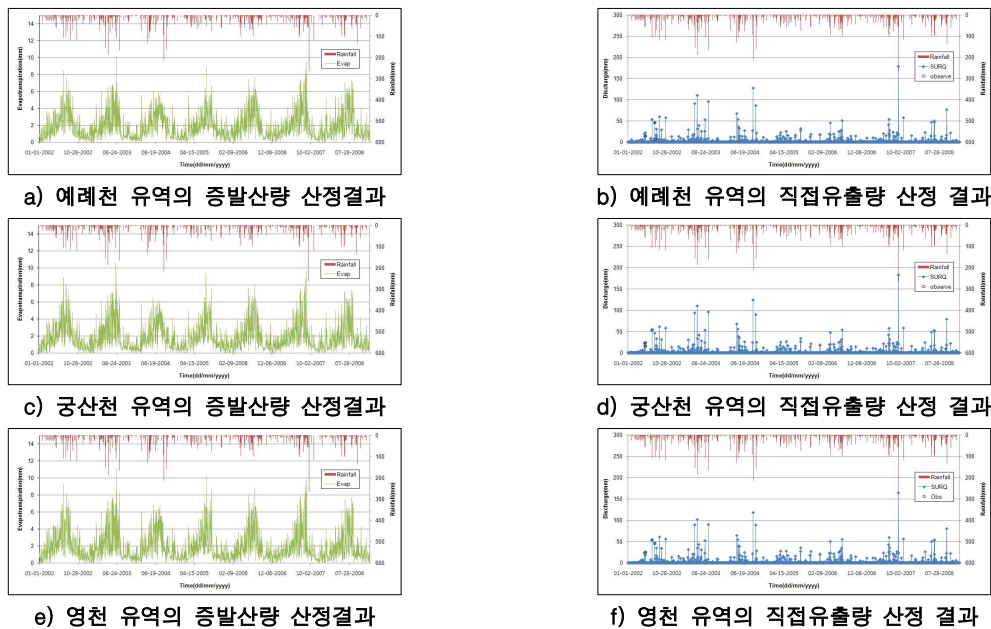
SWAT 모형의 적용을 위하여 GIS 입력자료를 환경부와 농업과학기술원에서 DEM, 토지피복도, 정밀토양도를 제공받아 GIS 기본자료와 토양속성에 대한 DATABASE를 구축하였다.



<그림 3> 연구대상유역의 GIS 자료 구축

### 3.2 SWAT모형을 이용한 증발산량 및 직접유출량 산정

예레천, 공산천, 보복천 유역의 직접유출량 및 증발산량 산정결과는 <그림 4>, <표 2>와 같다.



<그림 4> 연구대상유역의 증발산량 및 직접유출량 산정 결과

〈표 2〉 연구대상지역의 실제증발산량 및 직접유출량

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	실제증발산량(mm)	577.08	558.67	542.03	541.46	589.98	597.61	584.19
	직접유출량(mm)	507.01	746.74	675.89	331.61	457.56	702.97	456.75
	증발율(%)	30.39	24.20	26.60	38.32	33.13	27.23	34.51
	유출율(%)	26.70	32.34	33.16	23.47	25.69	32.03	26.98
공산천	실제증발산량(mm)	598.02	582.05	554.31	543.33	577.90	578.22	559.78
	직접유출량(mm)	523.56	788.24	700.27	349.30	493.09	752.39	491.01
	증발율(%)	31.49	25.21	27.20	38.45	32.45	26.34	33.06
	유출율(%)	27.57	34.14	34.36	24.72	27.69	34.28	29.00
영천	실제증발산량(mm)	485.13	481.21	447.79	421.99	436.21	429.72	409.91
	직접유출량(mm)	526.69	790.43	702.62	366.34	534.85	773.74	522.90
	증발율(%)	25.55	20.84	21.97	29.86	24.49	19.58	24.21
	유출율(%)	27.73	34.23	34.48	25.93	30.03	35.25	30.89

연구대상 유역인 제주도 서귀포 유역은 연속적인 실측 직접유출량의 자료는 확보 할 수 없었으며, 2003년 이전의 직접유출 또는 실측 관측 자료를 이용하여 보정하였다 위의 연구결과는 제주도 수문지질 및 지하수 자원 종합조사(Ⅲ)의 서귀포 유역의 실제증발산량과 직접유출량을 비교·검정하였고, 기존의 평균 실제증발산량과 직접유출량이 비슷한 값을 보였다.

#### 4. 결론

제주도 수자원은 육지부와는 상이한 수문지질학적 특성으로 인해 대부분 지하수에 의존하고 있으나, 지표수의 이용과 개발, 하천에 대한 유량관측과 수문모델을 적용하여 하천 유출량을 산정한 연구는 거의 없는 편이다. 따라서 본 연구에서는 제주도 서귀포 유역의 예레천, 공산천, 영천에 SWAT 모델을 이용하여 실제증발산량 및 직접유출량을 산정하였다. 산정결과 SWAT 모델은 장기 일 유출량 모의에 대하여 전체적으로 우수한 결과를 보이고 있으며, 향후 보다 많은 유출량 자료를 확보하여 본 연구의 결과와 비교·검정한다면 제주도 하천의 장기 일 유출량 모의를 할 수 있을 것으로 판단된다. 이와 같은 연구는 제주도 유역 전반의 통합관리 측면에서 뛰어난 적용성과 폭넓은 활용 및 우수한 연구결과를 도출 할 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. 김남원, 원유승, 정일문, 2004, 완전 연동형 SWAT-MODFLOW 결합모형(1) 모형의 개발, 2004년도 한국수자원학회논문집 Vol. 37 No.6, pp. 499~507.
2. 문덕철, 2004, 제주도 주요하천의 기저유출량 산정에 관한 연구, 제주대학교 대학원 석사학위 논문, pp. 1~5
3. 제주특별자치도 수자원본부, 2002, 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(Ⅲ), pp. 69~152.
4. Andres. G. and R. Egger, A new tritium interface method for determining the recharge rate of deep groundwater in the Bavarian Molasse basin, Journal of Hydrology, 82, 27-38, 1985.