

SWAT 모형을 이용한 농업용 저수지 관개특성 분석

Analysis of Characteristics for Irrigation Reservoir using SWAT Model

김동주*·박기욱**·조진훈***

Dong-Ju Kim·Ki-Wook Park·Jin-Hoon Jo

요 지

본 연구에서는 SWAT 모형의 국내 적용을 위해 농업용저수지의 관개특성을 분석하기 위한 자료 구축과 적용성 분석을 실시하였다. SWAT 모형의 입력자료는 토지이용도, 토양도, 강우관측자료를 사용하였으며 HOMWRS의 입력자료는 토지이용도, 강우 자료로 유출량을 산정하였다.

본 연구는 소규모의 관개용 저수지와 논농사가 주로 행하여지는 전형적인 우리나라의 농촌용수지구인 이동저수지 상부유역인 농업소유역에 SWAT 모형을 적용하였다. 이 지구는 관개지구의 환원수량, 저수지의 여수로 방류량 및 용수 사용량 등에 따라 저수지의 유입하천 및 하류하천의 장기유출량에 복잡한 형태로 영향을 미치고 있다. 그러므로 이러한 복잡한 농업용 소유역에서의 장기유출량 해석 기술을 정립하고자 이동저수지 유역을 12개의 대표적인 소유역으로 분할하였으며 우선적으로 저수지의 영향이 있고 없느냐에 따라 4개의 소유역인 미산교, 목방교, 덕성교, 재인교의 소유역을 선정하였고 이 지점에서 관측된 장기유출량 자료를 이용하여 일별, 월별 장기유출량 추정을 실시하였다. 추정한 결과 저수지가 설치되어 있지 않은 미산교, 목방교에서의 일별, 월별 장기유출량은 실측치와 매우 가까운 값을 보였다. 그러나 상류지점에 저수지가 설치되어 있는 덕성교와 재인교에서의 장기유출량은 관측값과 유사한 경향을 보이고 있으나 실측값과 차이를 보이고 있었다. 그러므로 향후에 이루어질 연구는 저수지의 영향, 환원수량, 관개수량이 장기유출량에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다.

핵심용어 : SWAT-K, 농업용저수지, 환원수량

1. 서론

수자원 계획 및 관리에서 가장 중요한 요소는 우량, 하천수위, 유량 등의 기초수문자료이다. 자료는 신뢰성이 있어야 하며 동시에 지속적인 관측에 의해 장기간의 자료가 축적되어야 한다. 대부분의 시험유역은 소유역이기 때문에 유역의 수문순환과정이 상대적으로 단순하고 해석이 용이하다는 장점이 있다. 하지만 유역내에 저수지와 같은 저류시설이 있을 경우 저수지의 운영이 하류지역의 유출에 영향을 미치므로 이에 대한 고려가 필요하다.

본 연구의 목적은 수문관측자료를 지속적으로 축적하고, 농촌유역의 정확한 물순환 과정을 파악하는 데 있으며 수집된 자료를 이용하여 홍수 및 갈수 유출특성을 분석하고, 시험유역의 연구성과가 수자원개발 분야에 활용될 수 있도록 하는데 있다.

* 정회원 · 한국농촌공사 농어촌연구원 · E-mail : cop7042@ekr.or.kr
** 정회원 · 한국농촌공사 농어촌연구원 · E-mail : pku@ekr.or.kr
*** 정회원 · 한국농촌공사 농어촌연구원 · E-mail : jhjo@ekr.or.kr

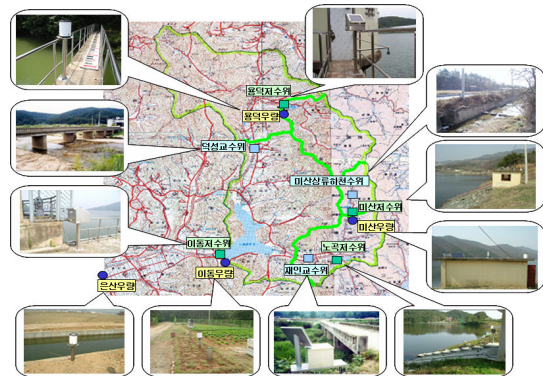
2. 연구방법

1) 대상지구

본 연구의 대상지구는 농촌유역에서의 수문관측기의 수문자료를 구축을 위해 한국농촌공사 농어촌연구원에서 운영하고 있는 이동시험유역을 선정 하였다. 위치는 경기도 용인시 이동면에 위치한 이동저수지 유역이다. 유역면적 9,300ha이며 유역내 3개의 강우관측지점과 2개의 하천수위 관측지점의 관측자료를 활용하여 강우와 유출특성에 대해 분석하였다. 분석에 사용되는 수문관측자료는 2002년부터 2005년까지의 관측자료를 활용하였다.

<표 1> 시험지구 유역의 특성

구 분	유역면적 (ha)	토지이용 (ha)				수문관측
		임야	논	밭	기타	
용 덕	1,250	1,135 (90.8%)	49 (3.9%)	27 (2.2%)	39 (3.1%)	저수위
미 산	422	400 (90.5%)	-	10 (2.3%)	32 (7.2%)	저수위
이 동	9,300	6,801 (73.1%)	1,460 (15.7%)	347 (3.7%)	692 (7.4%)	저수위
덕성교	4,244	3,440 (81.0%)	505 (12.0%)	135 (3.0%)	164 (4.0%)	하천수위
재인교	1,600	1,220 (76.0%)	238 (15.0%)	63 (4.0%)	79 (5.0%)	하천수위



<그림 1> 시험지구 위치도 및 관측기 전경

<표 2> 우량관측소 관측기기 내역

지점명	관측기기	측정단위	자료수집 전원	설치 위치	기존 관측유무
용 덕	자기우량계 (전도형)	0.2mm	데이터로거 건 전 지	용덕저수지 (취수탑)	기존관측 (저수형원통식)
미 산	자기우량계 (전도형)		데이터로거 건 전 지	미산저수지 (관리사)	
이 동	자기우량계 (전도형)		데이터로거 건 전 지	이동저수지 (관리사)	

<표 3> 저수위 및 하천수위 관측내역

구 분	지점명	관측기기	전원	설치위치	비 고
저수위	용 덕	초음파식수위계	태양전지	용덕저수지	TM
	미 산	압력식수위계	태양전지	미산저수지	TM
	이 동	초음파식수위계	태양전지	이동저수지	TM
하천수위	덕 성	초음파식수위계	태양전지	덕성교	용덕저수지 하류하천 / TM
	재 인	초음파식수위계	태양전지	재인교	미산저수지 하류하천 / TM

2) 실험방법

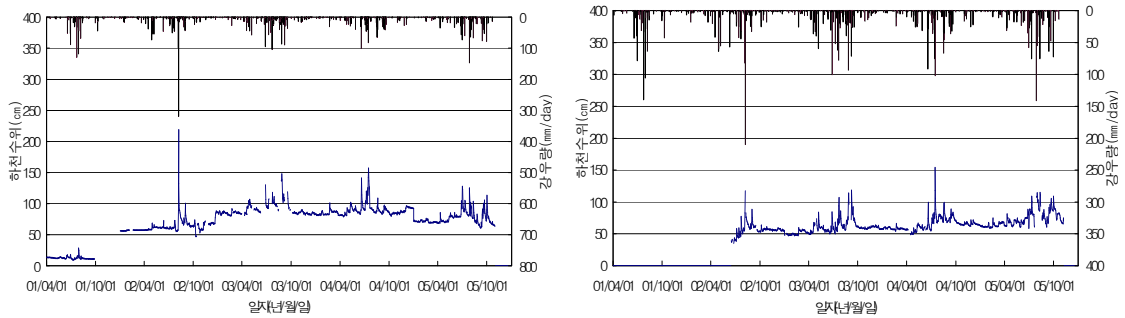
시험지구의 농업저수지 및 농촌유역에서의 유출량을 관측하기 위해서 하천수위 관측지점 2개소인 덕성교, 재인교에 설치 운영하고 있다. 이들 하천은 용덕저수지와 미산저수지에서 방류되어 이동저수지로 유입하는 하천이다. 하천수위 관측지점의 자료는 수위자료와 하천단면측량, 수위-유량 관계식을 구축하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 하천 수문관측

덕성교지점의 하천수위 자료는 <그림 2>와 같이 강우량에 따라 하천수위는 높아지고 있으며 장

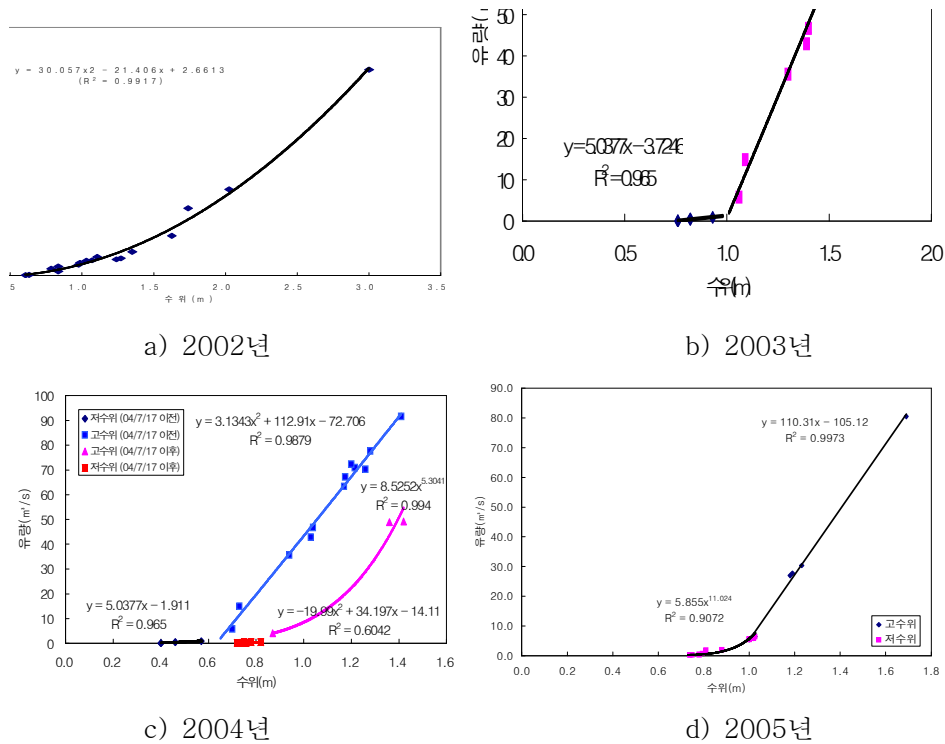
마전선이나 태풍의 호우로 인하여 수위가 급격히 높아진다. 덕성교지점 상류 100m지점에 가동보를 설치하여 관개기간의 하천수위가 낮아지는 것으로 나타났으며 2001년 하천수위는 시범운영으로 인하여 하천의 실측 수위를 측정하여 수위값이 작게 나타났다. 2002년부터는 목자판을 설치하여 목자판 수위눈금에 맞게 수위를 관측하였다. 해마다 집중호우로 인하여 하천의 단면 및 유로가 변경되고 하천정비사업으로 하천의 수위 변화 폭이 크게 나타났다. 재인교지점의 하천수위 자료는 상류지점에 자동보를 설치하여 평수기와 관개기간의 하천수위가 낮아지는 것으로 나타났다.



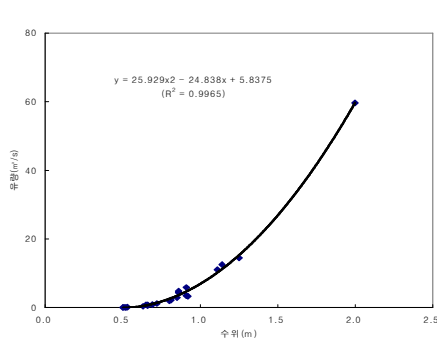
<그림 2> 년도별 하천수위변화

<그림 3> 및 <그림 4>는 하천수위관측 지점의 수위-유량관계를 나타낸 것으로 하천수위를 이원화하여 고수위와 저수위를 구분하여 수위-유량관계를 산정하였다. 저수위는 평수기에 유속측정을 하고 고수위는 태풍이나 장마전선에 의한 홍수기일 때 고수위의 유속측정을 하였다. 수위-유량관계식은 하천의 단면변화에 따라 각각 유량을 측정하여 곡선식을 적용하였다.

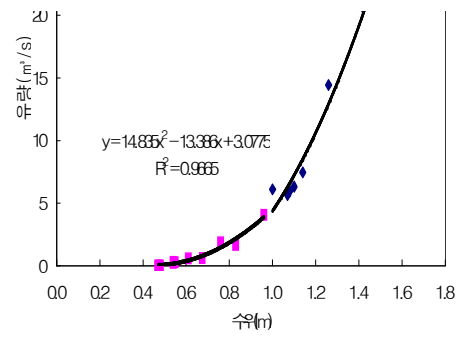
저수위의 관계식은 직선식으로 나타났는데 이는 하천단면의 넓고 수심이 낮아서 유속측정한 값이 일정하게 나타났으며 유량값이 적게 나오는 관계로 판단된다.



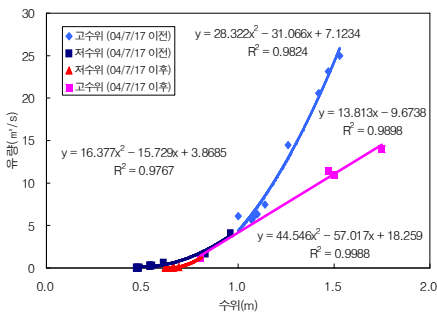
<그림 3> 수위-유량관계(덕성교지점)



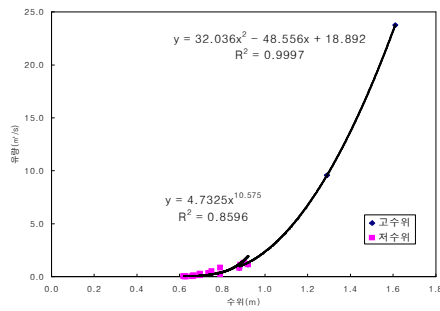
a) 2002년



b) 2003년



c) 2004년



d) 2005년

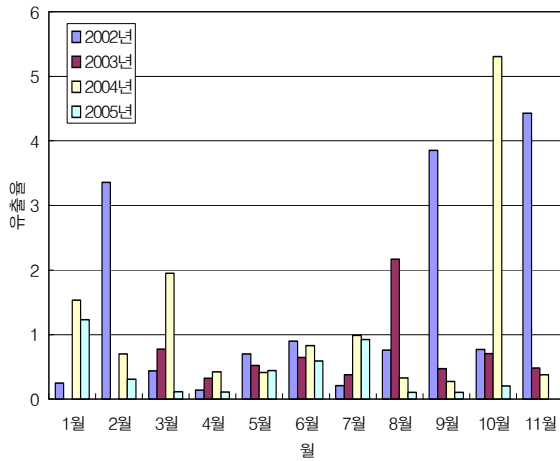
<그림 4> 수위-유량관계(재인교지점)

2) 하천 유출 특성

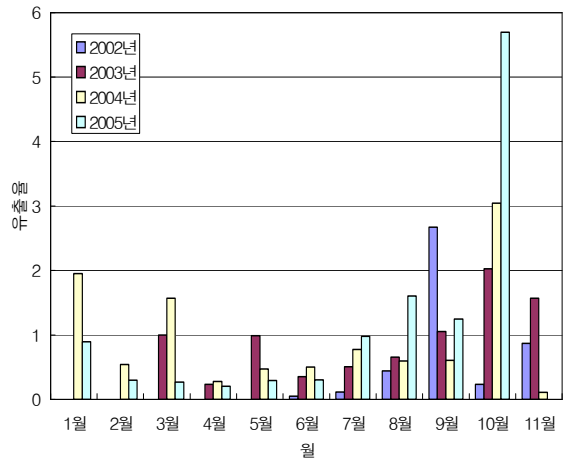
시험지구 덕성교 하천수위관측지점의 2002년부터 2005년까지의 유출을 보면 2002년 강우량 1,431mm에 대해 0.68, 2003년은 0.78, 2004년 0.65, 2005년 0.38의 유출율을 나타내었다. 재인교 하천수위관측지점의 경우 2002년 819mm에 대해 0.37, 2003년은 0.69, 2004년 0.60, 2005년 1.16의 유출율을 나타내었다.

하천유출량의 월별 변화는 덕성교 하천수위관측지점의 유출율이 7월~9월 사이에 높게 나타났는데 이는 장마전선 및 태풍의 영향으로 판단되며 결빙기간인 1월~3월 사이에도 강우량 비해 기저유출로 인하여 유출율이 높게 나타났다. 덕성교지점의 하천유출율은 년평균 0.62의 나타났다. 재인교 지점 역시 덕성교와 비슷한 경향을 보이고 있으며 하천유출율의 년평균은 0.70으로 나타났다. 전반적으로 하천의 유출율의 변화를 보면 결빙기인 12월~3월 사이와 장마기간이 끝나고 태풍의 영향으로 인해 유출율이 높게 나타났다.

재인교 지점의 2005년 10월의 경우 높은 유출율을 보이고 있는데 이는 재인교 상류 미산저수지의 여수토 개보수 공사로 인하여 저수지에서 방류를 하여 높은 유출율을 보이고 있다.



a) 덕성교

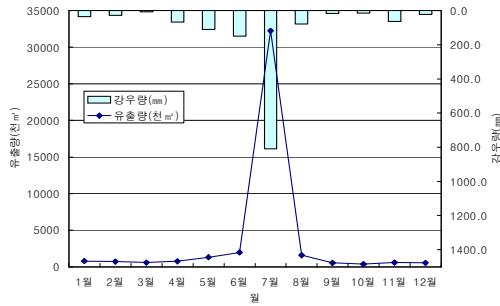


b) 재인교

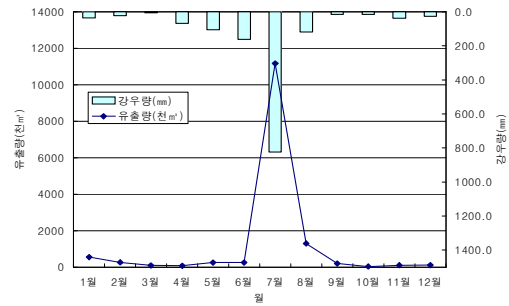
<그림 5> 년도별 하천유출율

3) 하천 수문관측

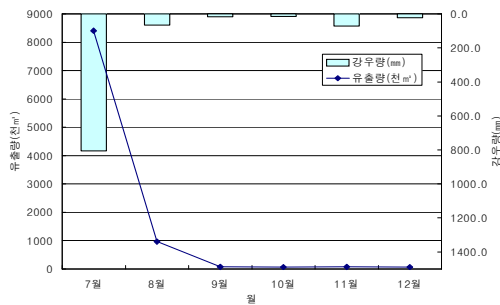
시험지구의 하천관측지점은 5개소로 덕성교, 한덕교, 목방교, 미산교, 재인교 하천유출량 자료는 <그림 6>과 같이 강우량에 따라 유출량은 높아지고 있으며 장마전선이나 태풍의 호우로 인하여 급격히 증가한다. 한덕교 유출자료는 목방교유역에 포함하여 제외하였다.



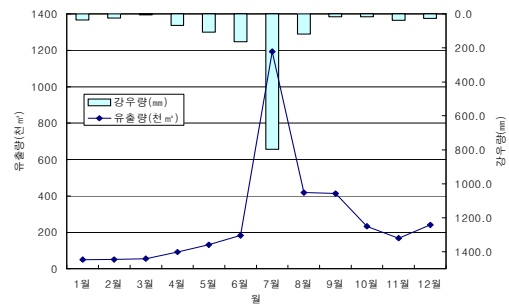
a) 덕성교



b) 재인교



c) 목방교

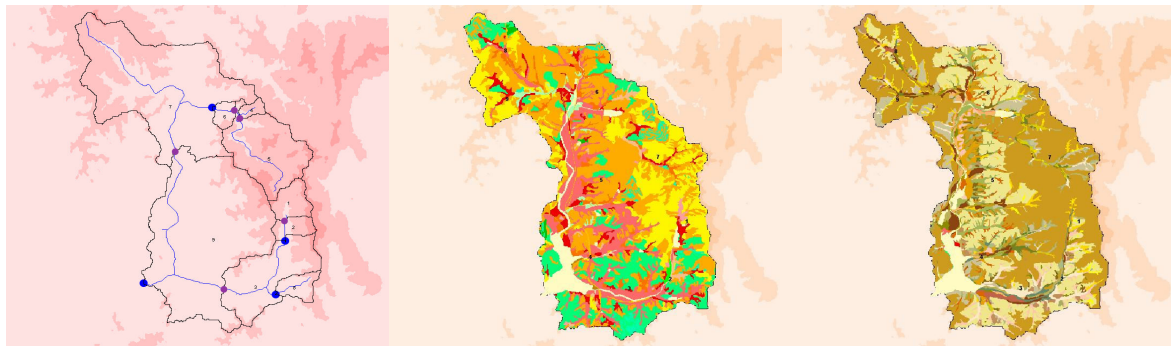


d) 미산교

<그림 6> 년도별 하천수위변화

4) 수문모형의 구동

시험지구에 적용한 수문모형은 한국농촌공사에서 사용하는 HOMWRS와 SWAT 모형을 선택하여 유출량을 산정하였다. HOMWRS의 유역 유출량 산정은 DIROM 모형 및 가지야마식으로 산정되며 일단위 및 순단위 유역 유출량을 산정한다. 무계측 유역에 적용 가능한 DIROM모형과 유역특성을 고려하여 소유역을 3개까지 분할이 가능하다.

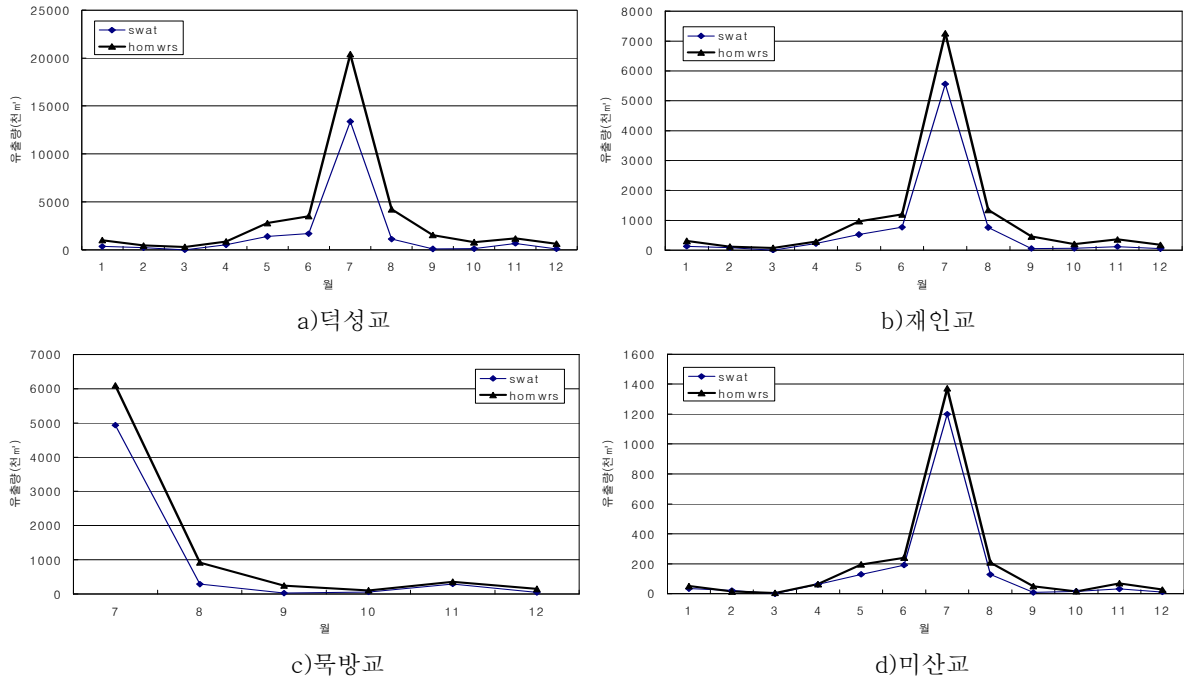


a) DEM 및 관측지점 b) 토지이용도 c) 토양도
 <그림 7> SWAT 모형의 기초자료 구축

SWAT모형은 장기간의 연속적인 분포형 매개변수형 수문·수질모형이다. 이 모형은 장기간동안의 미계측유역의 수자원관리, 유수량, 비점오염원 부하량등을 예측할 수 있다. 또한 GIS를 이용하여 공간과 시간이 고려된 데이터를 입력하고 다양한 수문학적 과정을 모의하여 장기간동안의 하천유출량을 예측할 수 있는 모형이다. <그림 7>은 SWAT 모형을 구동하는데 필요한 기초자료를 나타낸 것이다.

5) 수문모형의 결과 비교

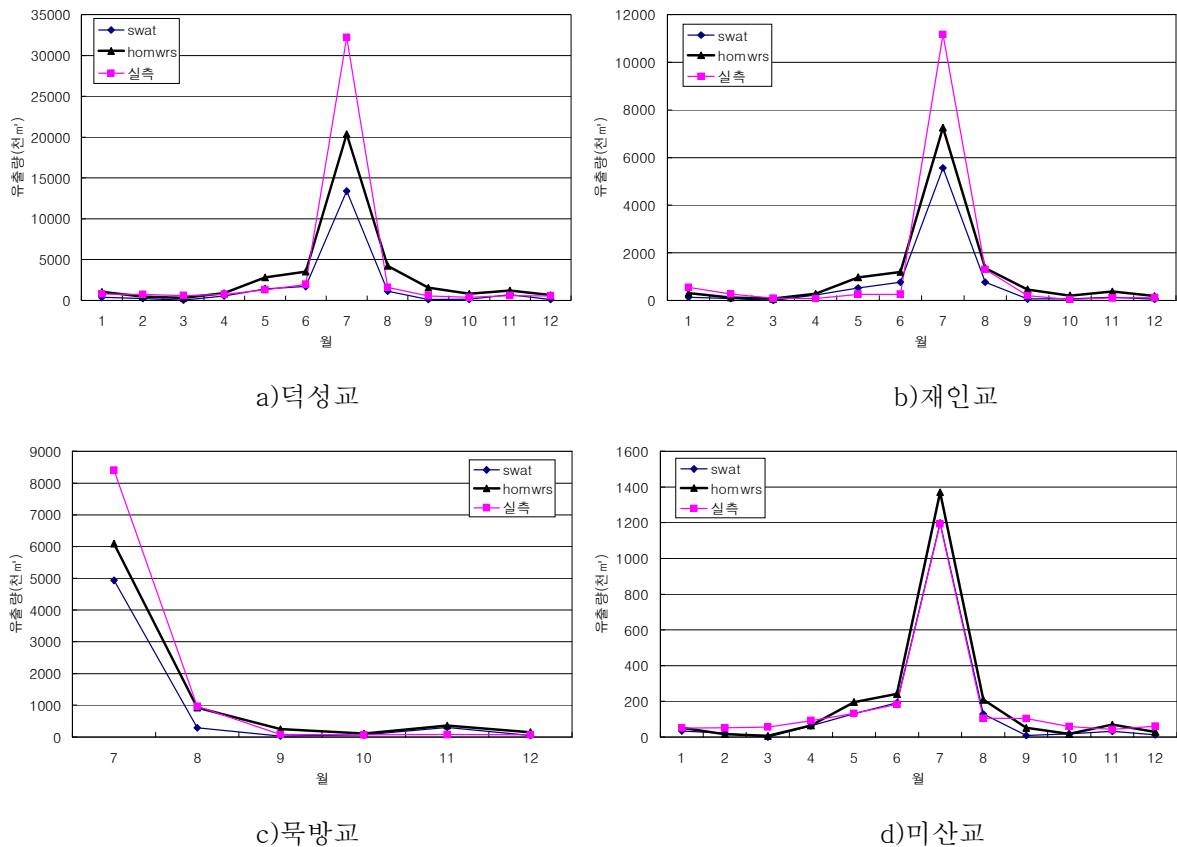
<그림 8>는 SWAT모형과 HOMWRS의 구동결과이다. 두 모형의 유출결과를 비교하여 나타낸 것으로 SWAT의 유출값이 대체적으로 적게 나타났는데 이는 SWAT모형에서 기초자료만으로 구동하였으며 모형의 매개변수를 보정하지 않은 상태에서 구동하였다.



<그림 8> 수문모형의 구동결과

덕성교와 재인교의 경우는 홍수기에 많은 양의 차이를 보이고 있는데 상류 저수지의 저수지 운영에 대해 고려하지 않고 구동한 결과 이다. 그리고 목방교와 미산교는 자연하천 상태의 유출량은 비슷한 값을 보이고 있다.

이 두 모형의 비교한 결과 자연하천 상태에서는 비슷한 값을 보이고 있으나 하천 상류의 저수지와 같은 수리시설물이 있을 SWAT모형의 경우 하천 유역에서의 유출량은 적은량을 보이고 있으며 HOMWRS의 경우는 저수지를 고려하지 않아 SWAT 보다 많은 양의 값을 나타는 것으로 보인다. 또한 <그림 9>는 실측 유출량과 비교한 그림으로 덕성교, 재인교에서 보는거와 같이 SWAT 모형의 유출량이 적게 나타났고 실측값이 높게 나타났다. 모형의 유출량 패턴을 보면 평수기에는 비슷하게 보이고 있으나 홍수기에는 많은 양의 차이를 보이고 있다. 덕성교 지점의 평균 유출량을 보면 SWAT모형은 1,651 천 m^3 이며 HOMWRS는 3,155천 m^3 , 실측은 3,500천 m^3 으로 나타났으며 재인교는 SWAT이 695천 m^3 , HOMWRS 1,064천 m^3 , 실측이 1,201천 m^3 으로 나타났다. 두지점에서 보면 HOMWRS와 실측값은 비슷하였으나 SWAT는 적게 나타났다. 그리고 목방교의 평균 유출량은 SWAT 619천 m^3 , HOMWRS 885천 m^3 , 실측은 1,610천 m^3 으로 나타났고 미산교는 SWAT 153천 m^3 , HOMWRS 193천 m^3 , 실측이 269천 m^3 으로 나타났다. 이 두지점은 상류 저수지가 없으며 자연하천 상태에서의 유출값으로 SWAT모형과 HOMWRS의 모형은 비슷한 값을 보이고 있으며 실측은 높은 값을 보이고 있다.



<그림 9> 수문모형의 결과와 실측과 비교

4. 결론

시험지구의 농촌유역에서의 유출량을 관측하기 위해 하천수위 관측지점 2개소를 운영하고 있으며 이들 관측지점의 하천유출량 자료를 분석하여 일별, 월별 유출량 및 유출율을 산정하였다.

시험지구 덕성교 지점의 하천유출률은 연평균 0.62이며 재인교 지점은 0.70으로 나타났다. 일반 산지유역에 비하여 높은 유출율을 보이고 있는데 이는 일반 산지유역과는 달리 유역내 농업용 저수지와 관개구역이 산재하여 강우전 저수지의 저수량과 관개기의 용수공급의 영향을 받고 있음을 알 수 있으며 농촌유역의 유역물수지나 유역유출 분석시 유역내의 저수지 규모와 관개면적을 고려한 분석이 필요함을 말해주고 있다.

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단(과제번호 2-2-3, 50%)과 한국농촌공사(50%)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, 1999, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구.
2. 한국건설기술연구원, 2000, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구.
3. 문종필 김태철, 2006, SWAT2000 모형을 이용한 갑천수계의 소유역별 유출량 추정, 한국농공학회논문집 제48권 제5호.
4. KARICO, Research on Improvement of Rural Water Supply and Operation of the Experimental Site, 2002.
5. KICT, Operation and Research on the Hydrological Characteristics of the Experimental Catchment-Review of Duration of Design Storm-, 2001.