

유역의 지하수 함양량 및 기저유출량 산정에 관한 연구

이도훈¹⁾, 이은태²⁾, ○ 한형구³⁾

1. 서론

지하수 순환량은 수자원의 장기 계획에 고려되는 중요한 하나의 지표로서 최근에 발생한 가뭄과 기상 이변 현상의 이유로 관심이 더욱 증대되고 있는 실정이다.

이러한 지하수 순환량 중에 개념적 물리량인 지하수 함양량과 기저유출량을 합리적으로 추정하고 적합한 수자원 계획과 관리를 해당 소유역에 적용한다는 것은 사실상 어려운 일이다.

본 연구에서는 GIS를 이용하여 지표수와 지하수를 연계한 수문모형인 SWAT 프로그램으로 유역의 장기 유출 특성을 규명해 보고자 하였다.

2. 모형의 개요

SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 프로그램은 장기간에 걸친 다양한 토양속성과 토지 이용 그리고 관리상태의 변화에 따른 크고 복잡한 유역의 유출량, 유사량 및 농화학량의 영향을 예측하기 위한 모형으로서 USDA Agricultural Research Service(ARS)의 Dr. Jeff Arnold(1998)에 의해서 개발되었다.

SWAT프로그램에서 모의되는 물수지(water balance)방정식은 다음과 같다.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

여기서, SW_t 는 최종 토양수 함유량(mmH_2O)이며 SW_0 는 i day동안 초기 토양수 함유량(mmH_2O), R_{day} 는 i day동안 강수량(mmH_2O), Q_{surf} 는 i day동안 지표면 유출량(mmH_2O), E_a 는 i day동안 증발산(evapotranspiration)량(mmH_2O), W_{seep} 는 i day동안 토양층에서 통기대로 들어가는 물의 양(mmH_2O), Q_{gw} 는 i day동안 환원수(return flow)량(mmH_2O)이다.

3. 모형의 적용 및 결과

1) 유역의 개황

본 연구 유역은 안성천 수계의 공도 수위 관측소를 출구점으로 하는 유역으로 설정하였으며 유역 면적은 약 302km²에 이른다. 또한 기상분석을 위하여 안성천 유역내 수원관측소 1개소의 상대 습도, 풍속, 최고온도, 최저온도 증발량 등을 분석하여 입력자료로 활용하였다.

우량관측소는 용인, 양감, 성환, 원삼, 진위, 안성, 수원, 이상 7개의 1998년의 일 우량값을 이용하였다.

-
- 1) 경희대학교 토목건축공학부 부교수
 - 2) 경희대학교 토목건축공학부 교수
 - 3) 대전 엔지니어링 수자원부

2) 모형의 구성

① 수치지도자료

본 연구에서는 1:25,000의 수치지도를 이용하여 등고선 자료를 추출한 후 DEM을 생성하여 소유역을 분할하고 이것을 기초자료로서 활용하였다.

또한 재현되는 하천을 더욱 명확히 표현하기 위해서 그림 3.1에 나타난 것처럼 수치지도에서 추출한 하천망도 (Digitized stream network)를 Burn in 작업을 통해 DEM에 중첩시켜 일정한 높이를 더해 줌으로써 고도차이가 나지 않는 불명확한 하류지역의 고도를 수정하여 하천을 정확하게 표현해 주도록 하였다.

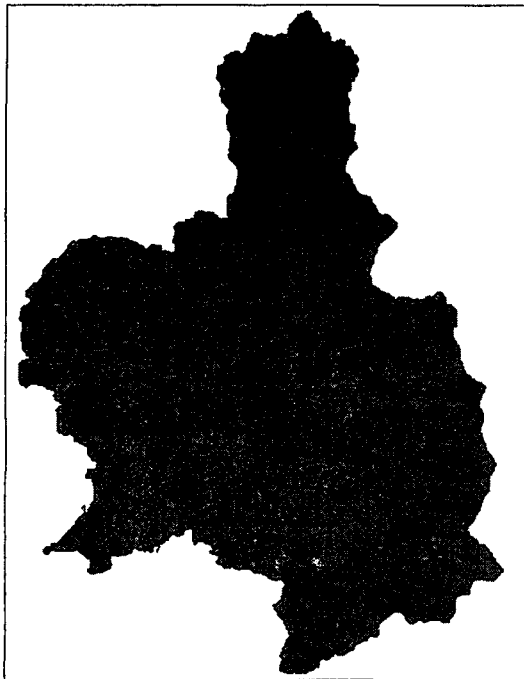


그림 3.1 공도구역의 소유역 분할도

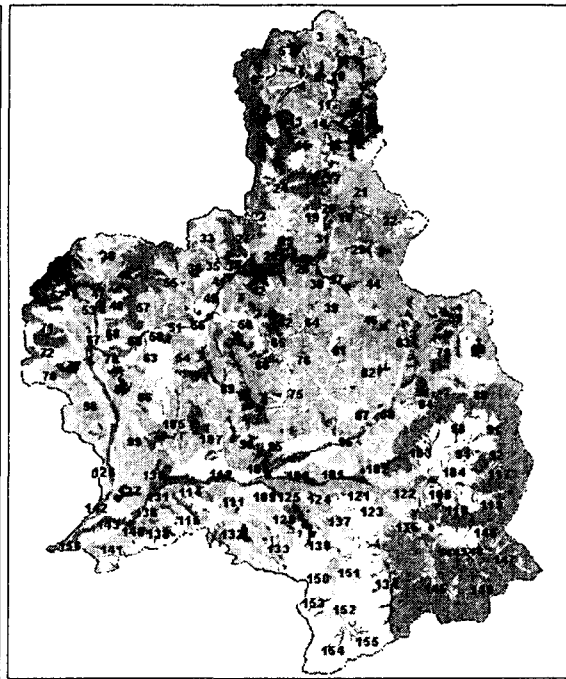


그림 3.2 공도구역의 정밀토양도

② 토양도

본 연구에서 사용한 토양도는 농업과학 기술원에서 실시하고 있는 토양도 전산화 사업을 통해서 구축된 1:25,000의 정밀 토양도를 이용하였으며 이 토양도는 토양통별로 구성되어 있고 토양통에 따른 입력자료로는 각각의 층깊이, 물리 화학적 특성과 수분저장능력, 비중, 유기물함유량, 점토, 실트, 모래의 함양비율, 투수성, 수리전도도 등을 입력하였다.

토양통별로 산출된 면적을 살펴보면 공도 구역에서 가장 크게 산정된 면적의 토양기호는 GpC로서 전체 구역에 대한 면적비가 약 24.5%이고 고평통이며 표토의 토성은 미사질 식양토이다. 그 다음으로 많은 토양통의 면적비는 BeB로서 약 9.6%이고 백산통이며 토성은 양토인 것으로 나타났다.

③ 토지이용도

토지이용현황도는 한국건설기술연구원에서 NGIS 주제도 사업의 일환으로 1:25,000 수치지형도 제작에 사용되는 1:37,500 항공사진과 1:5,000 수치지형도를 혼합 활용하여 구축된 1:25,000 토지이

용현황도를 사용하였다.

표 3.1에서 보면 토지피복 상태별로 면적과 비율의 결과치를 나타내고 있는데 산림지대 중에서 혼합림지대가 약 43%로 가장 많은 부분을 차지하고 그 다음으로 많은 토지피복 상태는 논이 약 23%, 침엽수림이 약 16%, 활엽수림이 8.74%로 나타났다.

본 연구유역인 공도 유역은 산림지대와 논지대가 약 91%로서 피복상태의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

표 3.1 공도 유역의 토지이용현황

토지이용 현황	기 호	면 적 [ha]	면적비율 (%)
Residential-High Density	URHD	16.68	0.06
Range-Grasses	RNGE	535.06	1.77
Water	WATR	461.73	1.53
Institutional	UINS	249.5	0.83
Forest-Deciduous	FRSD	2640.41	8.74
Forest-Evergreen	FRSE	4828.69	15.99
Forest-Mixed	FRST	13205.69	43.73
Agricultural Land-Generic	AGRL	456.9	1.51
Rice	RICE	7066.71	23.4
Residential-Medium Density	URMD	268.42	0.89
Orchard	ORCD	470.79	1.56

3) SWAT 프로그램의 결과

SWAT 프로그램은 각 소유역별로 산정되고 소유역당 하천으로의 유입량, 유출량, 하천손실량, 유사량 등의 결과치를 알 수 있지만 본 연구에서는 유출량 자료를 가지고 검증하여 보았다.

실측 유출량을 가장 유사하게 모의하는 값을 도출하기 위해서 먼저 그리드(grid) 크기별로 유출량을 산정하여 분석하였다. 그리드 격자크기는 10×10과 20×20, 30×30으로 나누어 유출량을 모의하였는데 그리드 격자크기 10×10에서 실측량 값과 가장 유사한 값을 나타내었다. 그것은 등고선 간격이 10m였고 그 위에 재현되는 하천망도가 실제 지형과 가장 유사하게 표현되어 도출된 결과인 것으로 사료되었다.

표 3.2 함양량과 기저유출량의 비교

	강우량 (mm)	실측유출량 (mm)	모의유출량 SWAT	기저유출량 SWAT	함양량 SWAT
4 월	104.0	81.4	84.0	27.84	58.38
5 월	45.0	84.0	49.6	38.43	27.82
6 월	133.0	107.0	94.6	33.39	55.15
7 월	181.0	236.0	179.6	49.44	61.08
8 월	405.0	375.2	457.5	68.16	98.13
9 월	218.0	71.8	143.3	68.50	47.03
10 월	37.0	65.3	74.6	59.97	29.49
11 월	74.0	81.0	66.3	41.43	47.42
합 계	1197.00	1101.79	1150	387.14	424.50

SWAT프로그램의 강우량에 대한 함양량비는 35.46%로 산정되어 강우량의 비교적 많은 부분이 함양되는 것으로 나타났으며, 또한 기저유출에 대한 유출량의 비는 월별 대략 32%~38%로서 유

출량의 비교적 많은 양이 기저유출에 의한 것으로 분석되었다.

동절기인 12, 1, 2, 3월을 제외한 98년 총 실측유출량 값은 1102mm이고 SWAT 프로그램의 모의값은 1150mm로 대략 비슷한 값을 보였다.

또한 98년의 모의 유출량과 실측 유출량의 결정계수는 0.73으로서 비교적 상관성이 있는 것으로 판명되었으며 월별 결정계수를 산정해 본 결과 10월의 값이 0.94로서 실측치의 유출량을 가장 유사하게 모의한 것으로 나타났다.

표 3.3 함양량과 기저유출량 결과치 분석

	강우량 (mm)	실측유출량 (mm)	기저유출량 SWAT	함양량 SWAT
1998	1197	1101.79	387.14	424.5
유출량대 함양량과 기저유출량(%)			32.34	38.5
강우량대 함양량과 기저유출량(%)			35.14	35.5

4. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 공도지점의 수위-유량 곡선(Rating curve)으로 구한 실측 유량치와 다양한 입력변수들을 사용하는 GIS와 연계한 AVSWAT 프로그램의 모의 유량치를 비교하여 유역에 대한 모형의 타당성을 검토하고 적용성을 시험해 보고자 하였으며 신뢰성 있는 지하수 순환량을 추정하여 보고자 하였다.

SWAT 프로그램으로 산정된 공도 유역의 기저유출량은 하천의 유출에 많은 양을 기여하고 강우량의 높은 비율이 함양되는 것으로 분석되었다.

또한 결과 비교 분석시에 년단위로 기저유출량과 함양량 추정치를 분석하는 것이 월단위로 추정치를 분석하는 것보다 장기 유출 모형에 있어서는 더 적합할 것으로 판단됨으로 수년간의 결과치를 비교 분석하여야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 경기도 (1996) 안성천수계 하천정비기본계획
2. 김경수, 조기태 (2000) 대청댐 유역의 기저유출분리를 통한 기저유량 산정에 관한 연구
Journal of the Korean Society of Groundwater Environment, Vol 7, No.1, pp. 15~19
3. 김현준 (2002) 장기 강우-유출모형의 구조비교 수자원의 지속적 확보기술 개발사업 보고서
4. 이동률, 윤용남 (1996) 우리나라의 지하수 함양량 추정과 분석 대한토목학회 논문집, 제 16권, pp. 321~334
5. 이도훈 외 2인(2002) 일유량 자료에 기초한 기저유출량 및 함양량 산정 한국수자원학회 논문집
6. 정광욱 (2002) 분당 신도시 개발에 따른 탄천유역의 기저유출량 변화 서울대학교 석사학위논문
7. 한형구(2003) 유역의 함양량 및 기저유출량 산정에 관한 연구 경희대학교 석사학위논문
8. Neitsch, S. L and J. G. Arnold, J. R. Kiniry, J. R. Williams (2001) Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation. Grassland, Soil and Water Research Laboratory Agricultural Research Service