

HyGIS-TOPMODEL의 천천유역 적용

Application of HyGIS-TOPMODEL to the Cheoncheon Watershed

이재남*, 노재경**
Jae-Nam Lee, Jae-Kyoung Noh

요 지

TOPMODEL은 이론적으로 500km² 정도의 면적을 갖는 유역에 적용 가능한 모형으로 국내연구의 대부분이 단일 홍수사상과 소유역에 적용하여 이루어졌다. 본 연구에서는 유역면적이 289.8km²인 중규모의 천천유역에 적용하여 연속유출의 모의와 중규모 유역에 대한 적용 가능성을 분석하고자 한다.

HyGIS-TOPMODEL을 이용하여 연도별(2002~2005년)로 모의된 수문곡선은 유출 패턴이 관측치와 유사하였고, 첨두유량과 첨두시간 모두 적절한 결과를 나타냈다. 유출용적 오차율은 -32.70~4.59%로 모의유량이 다소 적게 산정되어 평갈수기와 홍수기로 구분하여 비교한 결과 평갈수기의 유출오차가 -65.49%로 전체 유출량에 영향을 주는 것으로 분석되었다. 그러나 정확성을 분석한 결과 일치도는 0.84~0.96, 상관계수는 2004년을 제외하면 0.82 이상으로 관측치와 근접하게 모의했다.

HyGIS-TOPMODEL을 중규모인 천천유역에 적용하여 모의한 결과 연속유출에 대한 수문곡선의 전체적인 패턴이 양호하고 통계분석결과 재현성이 우수하였다. 대상유역 고유의 매개변수 산정에는 추가 연구가 필요할 것으로 검토되며, 국내의 중규모 유역에 대한 적용도 가능하다고 판단된다.

핵심용어 : HYGIS-TOPMODEL, 연속유출모의, 수문분석

1. 서 론

수문분석을 통한 정확한 유출량 산정은 가뭄이나 효율적인 댐 운영에 중요하기 때문에 수자원의 효율적인 관리를 위해서는 장기적이고 체계적인 수자원개발 계획이 필요하다. 이에 대한 기초연구로 한국수자원공사 수자원연구소에서는 수문학적 특성을 연구하기 위해 시험유역을 운영하고, 고품질의 수문자료 생성 및 유출특성을 파악 등의 연구를 진행하고 있다.

본 연구는 용담댐 시험유역인 천천 유역을 대상으로 하였다. HyGIS-TOPMODEL로 연도별(2002~2005년) 유출을 모의하고, 실측유량과 비교하여 연속유출 모의에 대한 가능성을 판단하고자 한

* 정희원 · 충남대학교 대학원 농공학과 석사과정 · E-mail : jnlee@cnu.ac.kr

** 정희원 · 충남대학교 농업생명과학대학 지역환경토목전공 교수 · E-mail : jknoh@cnu.ac.kr

다. 또한 공간적 제약성을 지닌 TOPMODEL을 대상유역에 적용하여 중규모 유역에 대한 적용도 검토하고자 한다.

2. 연구자료

2.1 대상유역 및 관측자료

대상유역은 금강 본류에 위치한 천천 수위관측소 지점의 천천 유역으로 하였다. 용담댐 상류로 평균고도는 EL. 549.13m이고, 평균경사는 15.55%이며, 대부분이 산림으로 이루어져 있다. 금강이 발원하여 하류의 북쪽을 향해 흐르면서 장계천과 우안에서 합류하고, 대상유역을 지나 용담댐으로 유입된다. 유역의 면적은 289.8km²으로 용담댐(930km²) 시험유역 중 면적이 가장 넓기 때문에 댐 운영에 가장 중요한 지점이다.

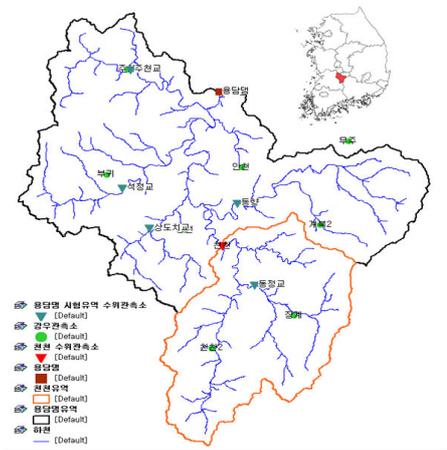


그림 1. 대상유역 현황

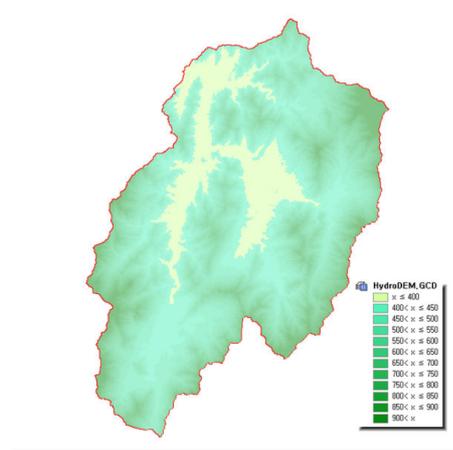


그림 2. 천천관측소 DEM

4개의 우량관측소(상진, 계북2, 장계, 천천2)의 자료를 이용하여 티센다각형법에 의한 유역평균 강우량과 장수 기상관측소의 증발자료를 사용한다. 강우량과 증발량은 mm/hr로 단위 변환을 하고, 모형 검증에 위한 자료는 용담댐일원 수문조사(노재경, 2002~2005)의 성과를 이용한다.

2.2 DEM구축 및 지형지수 분석

HyGIS를 활용하여 1:5,000 수치지도로 대상유역의 수치고도자료(DEM)를 생성한다. 격자의 크기는 일반적인 수문해석 시 50m이하가 적합하다는(Beven,1995) 연구결과와 천천 유역의 규모를 고려하여 30m로 한다. Raw DEM을 Fill Sink와 Remove Flat Area 처리하고 다방향 알고리즘(Multi Flow Direction)을 적용하여 지형지수($\ln(a/\tan\beta)$)를 분석한다.(그림3), 여기서 α 는 등고선 길이당 누가면적이고 $\tan\beta$ 는 지표면 경사이다.

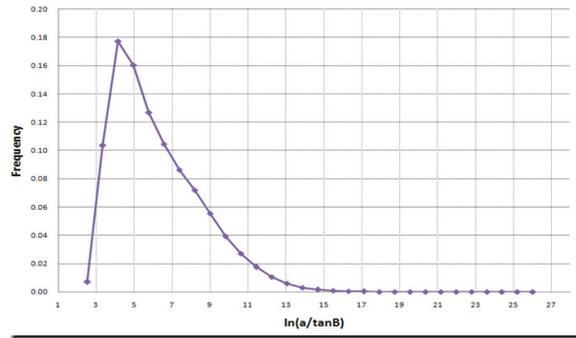


그림3. 지형지수 분석결과

3. 모형의 적용

3.1 매개변수 추정

매개변수의 결정은 목적함수의 최적화를 위한 유전자 알고리즘(Genetic Algorithms:GA)의 자동검정방법과 수동검정방법을 병행하며 최적의 매개변수를 추정한다. 유전자 알고리즘의 자동검정방법을 위해 개체집단의 크기를 25~100개 사이로 구성하고(Mulligan 등, 1998), 각 크기에 따른 세대수의 범위를 1~1000로 설정하여 개략적 매개변수를 구하고, 이 값들을 변화시켜면서 매개변수를 보정하였다. 최적 매개변수를 추정하기 위한 기준으로 침투시간 및 침투유량을 고려하여 적합한 매개변수를 연도별로 최적화 했으며, 표1은 최적 매개변수의 범위이다.

표 1. 최적 매개변수의 범위

매개변수	SZM	T0	TD	CHV	RV	SRMAX	Q0	SR0
범위	0.000198 ~0.0004906	0.5654 ~7.3278	38.9001 ~96.4113	1017.03 ~4693.83	1017.03 ~4693.83	0.00049060 ~0.01787300	0.0000152 ~0.000041	0.0246184 ~0.0992859

3.2 모의결과 및 분석

연도별 최적 매개변수를 이용하여 유출을 모의하여 수문곡선을 나타냈고(그림4~7), 관측유량과 모의유량의 통계분석을 하였다.(표 2)

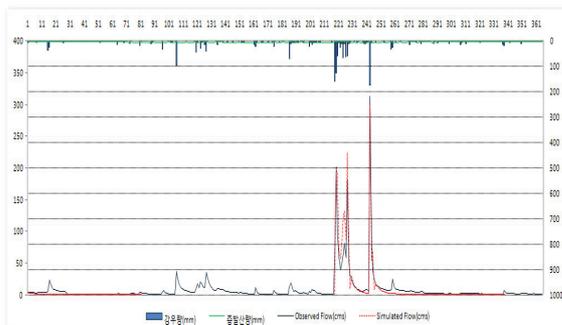


그림 4. 2002년 수문곡선

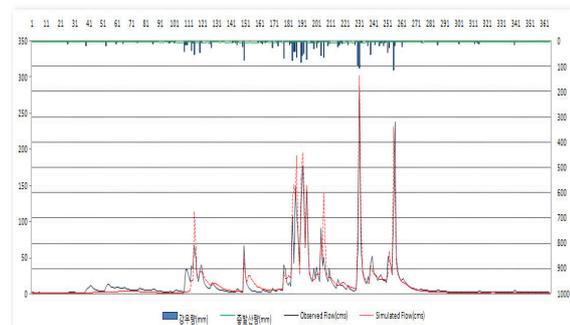


그림 5. 2003년 수문곡선

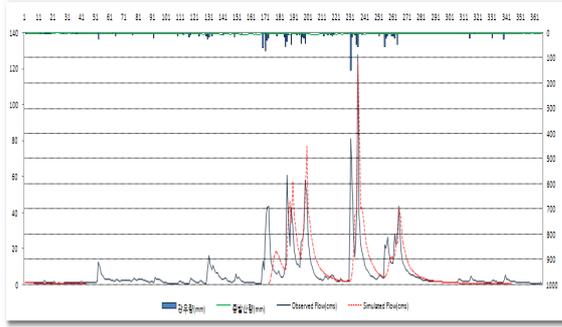


그림 6. 2004년 수문곡선

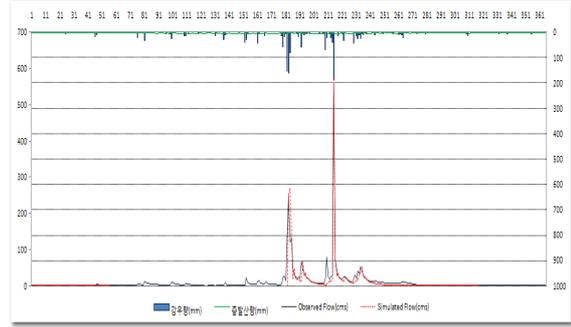


그림 7. 2005년 수문곡선

표 2. 연도별 모의유량 통계분석

년도	Peak Time(day)			PEP	PEV	RMSE	IOA	CC
	Obs	Sim	Pet					
2002	243	243	0	-4.46	-32.70	0.0001272	0.96	0.87
2003	231	231	0	4.70	4.59	0.0001761	0.95	0.82
2004	236	236	0	-2.76	-9.07	0.0001156	0.84	0.53
2005	215	215	0	2.28	-29.43	0.0001682	0.96	0.87

수문곡선을 보면 전체적인 유출패턴은 관측치와 유사하게 발생하였고, 첨두유량과 첨두시간 모두 적절한 결과를 보였다. 유출용적 오차율은 -32.70~4.59%로 모의유량이 다소 적게 산정되었고 평갈수기와 홍수기로 구분하여 비교한 결과 평갈수기의 유출오차가 -65.49%로 전체 유출량에 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 정확성을 분석한 결과 일치도는 0.84~0.96, 상관계수는 2004년을 제외하면 0.82 이상으로 관측치와 근접하게 모의했다.

표 3. 평갈수기, 홍수기의 모의유량 비교

년도	평갈수기(1~5월, 10~12월)				홍수기(6~9월)			
	실측유량 (cms)	계산유량 (cms)	유량차이 (cms)	비율 (%)	실측유량 (cms)	계산유량 (cms)	유량차이 (cms)	비율 (%)
2002	935.59	82.29	-853.30	-91.20	2024.73	1907.55	-117.18	-5.79
2003	1377.02	993.42	-383.61	-27.86	3817.84	4444.24	626.39	16.41
2004	591.80	206.58	-385.22	-65.09	1774.21	1973.59	199.37	11.24
2005	381.88	84.79	-297.09	-77.80	3052.20	2337.45	-714.75	-23.42
평균	821.57	341.77	-479.80	-65.49	2667.25	2665.71	-1.5425	-0.39

4. 결론

HyGIS-TOPMODEL을 이용하여 천천 유역에 적용한 결과 평갈수기에는 모의값이 적게 산정되었으나, 연속유출에 대한 수문곡선의 전체적인 패턴이 양호하고 통계분석결과 재현성이 우수하였다. 대상유역 고유의 매개변수 산정에는 추가 연구가 필요할 것으로 검토되며, 국내의 중규모 유역에 대한 적용성도 가능하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원(2007), HyGIS-TOPMODEL메뉴얼, (주)지오매니아
2. 노재경, 수자원공사(2002~2006), 용담댐일원 수문조사 보고서, 한국수자원공사
3. 배덕효, 김진훈, 권원태(2000), TOPMODEL의 단일유역 홍수예보능에 관한 연구, 한국수자원학회 논문집, 제 33권 1호, pp. 87-97
4. 김경탁, 최윤석, 김주훈(2005), HYGIS-TOPMODEL의 개발, 한국수자원학회, 2005년도 학술발표회 논문집, pp.826-829
5. 이학수, 김남원(2002), 수정 TOPMODEL에 의한 유출해석과 일반화(설마천 유역을 중심으로), 한국수자원학회논문집, 제 35권 3호, pp. 295-306
6. 이지형, 김상현(2002), 지형적 특성을 고려한 지형지수 산정 알고리즘에 관한 연구, 한국수자원학회논문집, 제 33권 3호, pp. 279-288
7. 노재경, 서광석, 김윤호, 이재남(2008), 상류 유량측정에 의한 댐 유입량 산정 개선 평가, 토목학회, 2008년도 학술발표회 논문집
8. Ambrose, B., J. Freer, and K.J Beven, (1996), Application of a generalized TOPMODEL to the small Ringelbach catchment. Vosges. France. Water Resources Research. Vol. 32, pp.2135-2145
9. 조홍제, 김정식, 이근배(2000), TOPMODEL을 이용한 장기유출 해석, 한국수자원학회논문집, 제 33권 4호, pp. 393-405
10. 조홍제, 조인륜(1998), 분포형 유출모형을 이용한 홍수유출 해석, 한국수자원학회논문집, 제 31권 2호, pp. 199-208
11. 김상현, 김경현(1999), 공간적 포화면적의 공간적 연결을 고려한 TOPMODEL의 개선과 적용, 한국수자원학회논문집, 제 32권 5호, pp. 515-524
12. 배덕효, 김진훈(2005), 준분포형 TOPMODEL 개발, 한국수자원학회논문집, 제 38권 10호, pp. 895-906