

황룡강 유역의 장기유출분석을 위한 HSPF 모형 연구

A Study on HSPF Model for Long-Term Runoff Analysis in Whangyong River Basin

박남희* · 김 철**

1. 서 론

우리나라는 지형학적으로 전국토의 약 70% 이상이 산악지형이고, 기후적으로 연평균강우량의 2/3가 6~9월에 집중되어 있다. 최근에는 엘니뇨, 라니냐 같은 기상이변으로 계절라식 집중호우가 빈번해지는가하면 장기간의 가뭄이 계속되기도 한다. 이와 같은 강우의 집중현상으로 인해 홍수재해를 당하고 있으며 연간 강수총량의 50%~70%가 하천에서 바다로 바로 흘러가 버린다. 따라서 수자원의 효율적인 이용을 위해서는 용수의 안정적 공급대책을 세워야 할 것이다.

수자원 개발 계획은 치수와 이수계획이라 할 수 있고, 치수는 홍수피해방지를 위해서 단기간의 호우사상에 대한 침투유량을 구해서 이에 대응하는 것이고, 이수는 용수를 안정적으로 공급하기 위해 일 단위 이상의 장기유출을 파악하여 계획하는 것이다. 장기유출은 저수지의 저수용량결정, 저수지관개용수의 이용, 갈수기의 이수계획수립, 하천유지용수량결정 등에 이용되며, 장기 수자원 계획을 수립하기 위해서는 장기유출량의 정확한 추정이 매우 중요한 사항이다.

본 연구에서는 황룡강유역을 대상으로 장기유출을 분석하기 위하여 미국환경부(EPA)에서 개발한 HSPF모형의 적용성을 검토하였다. HSPF 모형은 수자원 및 수질계획을 세우기 위해 개발된 모형으로서 유출계산은 토양함수량 산정모형을 채택하고 있다. 대상지역으로 선정한 황룡강유역은 1976년 장성댐을 축조하여 농업용수로 이용하고 있으며 따라서 갈수기에는 하천을 유지하기 위한 유지용수량이 부족한 실정으로서 수질이 점점 악화되어 가고 있다.

2. 모형의 소개

HSPF 모형의 유출량관련 연산기능은 PERLND(Pervious Land Segment), IMPLND(Impervious Land Segment), RCHRES(Stream Reach) 등 3가지로 구분되어진다. 강수량은 4개의 토양수분저류인 표층(Surface zone), 상층부(Upper zone), 하층부(Lower zone), 지하수층(Groundwater zone)에

* 호남대학교 환경연구센터 연구원

**호남대학교 토목환경공학과 부교수

저류된다. 투수지형의 물이동은 지표수 유출, 복류수 유출, 지하수 유출의 3가지 경로를 통해 일어나는데 각 경로에 따라 시간차이가 발생하며 하천유량이 산출된다. RCHRES에서의 유출량 계산은 연속방정식을 이용하고있다. RCHRES에 연속방정식을 적용하기 위해서는 하천단면에 대한 자세한 자료가 필요하다.

3. 자료수집 및 구축

(1) 지형자료

황룡강유역은 영산강 본류에 유입하는 제1지류로 유역면적은 566.04km², 유로연장은 61.9km이다. 수집한 지형자료는 지형도, 수치지도, 토양도 등이다. 수치지도는 1 : 5,000축척을 수집하였고, 토양도는 1 : 50,000축척의 자료를 농업기반공사에서 수집하여 입력하였다. 수집된 지형자료를 이용하여 추출한 자료를 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> 지형자료

지형자료	축척	구축방법	추출 자료
수치지도	1 : 5,000	GIS	수치고도모형(DEM)
지형도	1 : 50,000	중이벡터라이징	하천망, 토지이용도
토양도	1 : 50,000	중이벡터라이징	토양형의 분류

또한 지형자료를 GIS 소프트웨어인 ArcView를 이용하여 유역내의 유출특성인자인 유역경사, 하천길이, 유역면적 등을 추출하였다. HSPF를 적용할 때 필요한 하상단면자료를 황룡강하천정비기본계획(1985, 전라남도)을 수집하여 구축하였다.

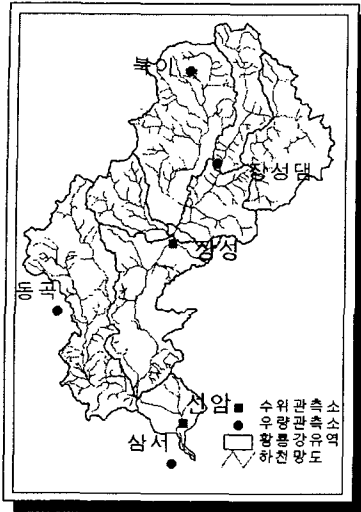
(2) 수문자료

영산강유역 전체에 대한 우량관측소는 건설교통부에서 관할하는 관측소 28개소가 설치되어 있으며 황룡강유역에 영향을 주는 강우관측소는 북이, 장성, 삼서 동곡 등 4개소가 있다. 강우자료는 1998년부터 2000까지의 시우량자료를 수자원정보시스템(2002)과 건설교통부(1998, 1999)에서 수집하여 비교 분석하였다. 수위관측소는 황룡강유역내에 건설교통부에서 관할하는 관측소 2개소가 있으며 선암과 장성이 있다. 수위자료는 1998년부터 2000년까지의 시수위자료를 수자원정보시스템과 건설교통부에서 수집하여 비교 분석하였다. <그림 1>에 황룡강유역의 관측소 위치를 나타내었다. 수위관측소에 대한 수위유량곡선식은 건설교통부(1998, 1999)를 이용하였다.

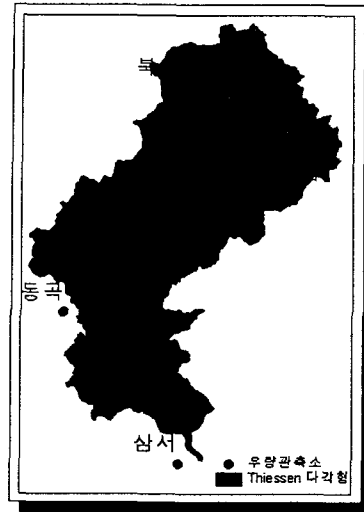
(3) 기상자료

대상지역의 기상자료는 광주지방기상청의 기상자료를 이용하였으며 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지의 기상월보의 기상자료를 입력하였다. 입력자료는 증발량, 이슬점온도, 운량, 최고온도, 최저온도, 풍속, 운량, 이슬점이며 광주지방기상청에서 관측되지 않는 증발량은 목포지방기상청의 기상자료를 이용하였다. 강우자료는 기상청의 자료를 사용하지 않고 건설교통부 우량관측 자료를 사용하였다. 강우관측자료를 점우량에서 면우량으로 환산하기 위해 Thiessen 다각형을 작성하였

다. <그림 2>에 Thiessen 다각형을 나타내었고, Thiessen 가중치를 복이는 0.17, 장성은 0.43, 삼서는 0.33 동곡은 0.07로 하였다.



<그림 1> 황룡강유역의 관측소



<그림 2> Thiessen 다각형

4. 적용 결과

본 연구의 대상지역은 토지이용이 대부분 임야지역과 농지이므로 불투수층은 고려하지 않고 투수층만 고려하여 모의하므로 PERLND, RCHRES 모듈을 이용하였다. 대상유역은 하천을 중심으로 3구간으로 구분하였으며 각 구간의 토지이용은 임야와 농지로 되어있다. 토지이용자료는 지형도를 이용하여 입력하였으며 셀 사이즈가 30×30인 그리드로 만들어 <표 2>와 같이 면적을 구하였다.

<표 2> 구간별 토지이용

구분	RCH 1		RCH 2		RCH 3	
	셀 수	Area(km ²)	셀 수	Area(km ²)	셀 수	Area(km ²)
농지	11,522	10.370	70,014	63.0126	112,933	101.640
임야	112,460	101.214	149,821	134.840	136,539	122.885
계	123,982	111.584	219,835	197.8526	249,472	224.525

1999년의 황룡강유역 강우, 유출량관측자료를 모형의 보정에 이용하였으며 유출 매개변수의 최대값과 최소값을 입력하여 영향을 가장 많이 미치는 매개변수를 선정하였다. 선정된 매개변수는 토양의 하층부와 상층부의 수분저장능력(LZSN, UZSN), 투수능지표(INFLILT), 중간유출수(INTFW) 등 4개이다. 이 선정된 매개변수를 이용하여 모형의 최적화를 실시하였다.

최적화의 방법은 <표 3>에 나타난 것과 같이 4개의 매개변수의 3개의 값을 선택하여 각각을 조합하여 81개의 경우를 만들었다. 81경우에 대한 모의 결과를 관측치와 비교하여 RMS 에러(RMSE)를 계산하여 그 결과를 <표 4>에 나타내었다.

<표 3> 매개변수의 경우

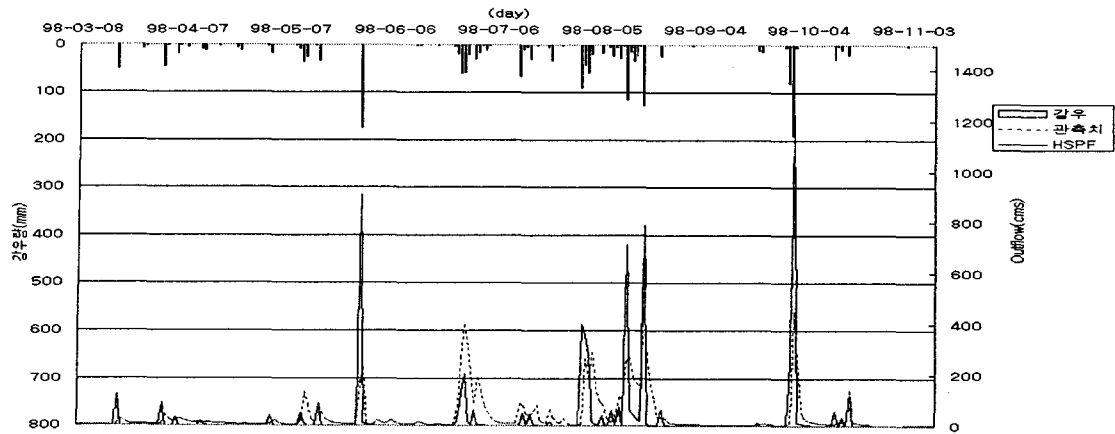
LZSN		INFILT		UZSN		INTFW	
1	3.0	1	0.01	1	0.1	1	0.5
2	5.5	2	0.13	2	0.5	2	0.6
3	8.0	3	0.25	3	1.0	3	0.7

<표 4>에서 알 수 있는 바와 같이 RMSE가 가장 작은 값은 CASE 3233이며 이때의 UZSN의 값은 8.0, INFILT의 값은 0.13, UZSN의 값은 1.0, INTFW의 값은 0.7이다.

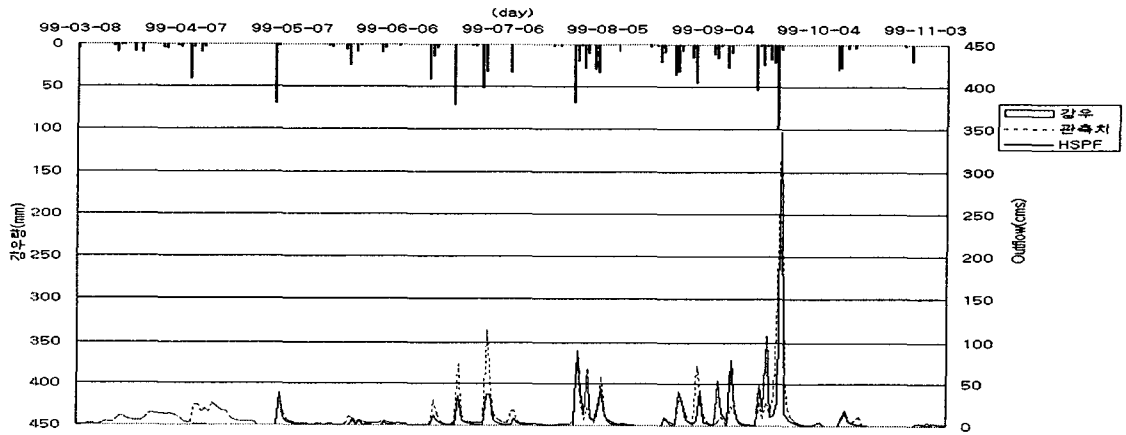
이 변수 값들을 적용하여 1998년과 2000년의 강우자료에 대해 유출모의를 실시하였다. 그 결과를 선암지점에서의 관측자료와 비교하여 <그림 3>~<그림 5>에 나타내었다. 계산된 값과 관측치에 대한 RMSE는 1998년이 82.45, 1999년이 12.17, 2000년이 32.70이고, 상대오차는 1998년이 32%, 1999년이 5%, 2000년이 9%이다.

<표 4> RMSE

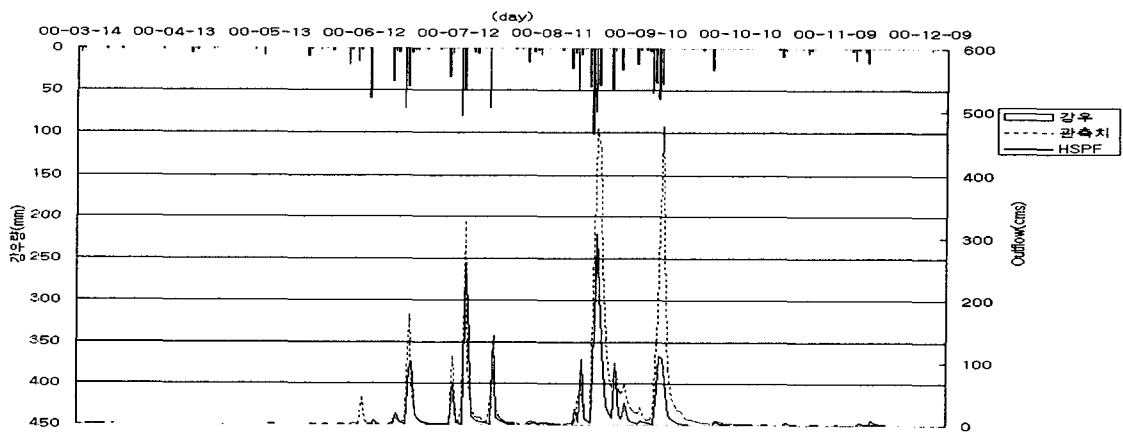
CASE	RMS	CASE	RMS	CASE	RMS
1111	39.158	2111	37.768	3111	35.118
1112	39.348	2112	37.456	3112	35.081
1113	39.115	2113	37.122	3113	34.262
1121	38.661	2121	34.554	3121	32.315
1122	38.858	2122	34.242	3122	31.902
1123	38.824	2123	33.874	3123	31.552
1131	37.837	2131	32.010	3131	31.712
1132	38.099	2132	31.703	3132	30.937
1133	37.885	2133	31.762	3133	30.712
1211	27.920	2211	21.665	3211	19.082
1212	25.826	2212	19.724	3212	17.364
1213	22.970	2213	18.292	3213	15.969
1221	27.042	2221	18.198	3221	14.888
1222	25.342	2222	18.198	3222	13.473
1223	22.126	2223	15.614	3223	13.290
1231	25.964	2231	15.732	3231	13.012
1232	24.268	2232	14.760	3232	12.302
1233	21.386	2233	13.602	3233	12.168
1311	19.344	2311	14.786	3311	14.141
1312	18.220	2312	13.941	3312	12.744
1313	17.296	2313	13.150	3313	12.378
1321	18.744	2321	13.082	3321	12.565
1322	17.701	2322	12.522	3322	12.623
1323	16.870	2323	12.340	3323	12.795
1331	17.348	2331	12.503	3331	12.781
1332	17.003	2332	12.333	3332	12.906
1333	16.345	2333	12.449	3333	12.984



<그림 3> 관측치와 계산치비교(선암, 1998)



<그림 4> 관측치와 계산치비교(선암, 1999)



<그림 5> 관측치와 계산치 비교(선암 2000)

5. 결 론

본 연구에서는 황룡강유역을 대상으로 장기유출을 분석하기 위하여 미국환경부에서 개발한 HSPF모형의 적용성을 검토하였다. 대상지역에 대한 HSPF 모형의 매개변수에 대한 분석을 실시하였다. 모형의 유출 매개변수들 중 유출에 가장 많이 영향을 미치는 매개변수는 토양의 하부층과 상부층의 수분저장능력(LZSN, UZSN), 투수능지표(INFLILT), 중간유출수(INTFW) 등 4개이고, 이 매개변수를 최적화한 결과 UZSN은 8.0, INFILT는 0.13, UZSN은 1.0, INTFW는 0.7로 계산되었다. 최적매개변수를 사용하여 계산한 값과 관측 값에 대한 RMSE는 1998년이 82.45, 1999년이 12.17, 2000년이 32.70로 계산되었다. 상대오차는 1998년이 32%, 1999년이 5%, 2000년이 9%로 계산되었다. 대상유역에 대한 장기유출분석을 위해 HSPF 모형이 유용하게 적용할 수 있음을 확인하였고 향후 신뢰성있는 수문자료를 통해 매개변수를 지속적으로 보정 및 검증하는 작업이 필요하다.

6. 참고문헌

- 기상청 (1998. 1.~2000. 12.), 기상월보.
- 건설교통부 (1998, 1999), 한국수문조사연보.
- 수자원정보시스템 (2002), <http://wamis.kowaco.or.kr>.
- 신용노, 권오현 (1996), 장기 유출 모형의 매개변수 산정 및 적용, 한국수자원학회발표 논문집, pp 360~368.
- 임상준 (2001), HSPF 모델을 이용한 비점오염부하량 산정에 관한 연구, 충남대학원 석사논문.
- 전라남도 (1985), 황룡강·개천 하천정비기본계획.
- 한국수자원공사 (1996), 낙동강수계 실시간 최적저수관리 시스템 개발 보고서.
- Bicknell, B., J. Imhoff, J. Kittle, A. Donnigan, R. Johanson, T. Barnwell (1996), *Hydrologic Simulation Program-FORTRAN User's Manual*, USEPA.
- Phillip J. Zarriello (1999), *A Precipitation -Runoff Model for part of the Ninemile Creek Watershed near Camillus, Onondaga County, New York*, USGS.
- P. Hummel, J. Kittle, Jr., M. Gray (2001), *WDMUutil, A Tool for Managing Watershed Modeling Time-Series Data User's Manual*, USEPA.
- USEPA, Office of Water (2001), *Better Assessment Science Intergrating point and Nonpoint Sources User's Manual*, USEPA.
- USEPA, Office of Water (2000), *BASINS Technical Note 6. Estimating Hydrology and Hydraulic Parameters for HSPF*, USEPA.
- USEPA, Office of Water (2000), *BASINS Technical Note 3. NPSMHSPF Simulation Module Matrix*, USEPA.
- USEPA, Office of Water (2000), *BASINS Technical Note 1. Creating Hydraulic Funtion Tables (FTABLES) for Reservoirs in BASINS*, USEPA.