

# PRMS 모형의 괴산댐유역과 충주댐유역의 적용

구혜진<sup>1)</sup> · 전경수<sup>2)</sup> · 오윤근<sup>3)</sup> · 성영두<sup>4)</sup>

## 1. 서 론

장기 유출은 일 단위 이상의 연속적인 수문 현상이며, 장기 유출량을 정확하게 예측하는 일은 이수 측면에서 대단히 중요하다. 특히, 일 단위의 장기 유출 해석은 저수지의 저수 용량 결정과 저수지 관개 용수의 다목적 이용, 갈수기 광역화에 따른 이수·치수 계획 수립, 담수호 부영양화 현상의 해석을 위한 일 유입량의 추정, 저수지 유사침전량 계산을 위한 하천유황곡선의 작성, 하천 유지 용수량 결정 등 합리적인 수자원의 개발, 관리와 계획 수립에 이용된다. 그러므로 일 단위의 장기 유출량을 정확하게 추정할 수 있는 유출 해석이 필요하다. 괴산댐유역과 충주댐유역의 장기유출량을 산정하기 위해 총괄형 또는 분포형 매개변수 모형으로 설계된 PRMS 모형(Precipitation Runoff Modeling System; Leavesley 등, 1983)을 사용하였으며, 본 연구에서 사용된 PRMS 모형은 모듈러 모델 시스템(MMS, Modular Modeling System; Leavesley 등, 1996)에 포함된 모듈이다.

## 2. 모형의 구성

### 2.1 대상유역 및 소유역 분할

본 연구에서는 괴산댐유역과 충주댐유역을 대상으로 장기유출량을 산정하였다. 대상유역의 범위는 표 1에 나타내었다. 달천은 충청북도 보은군 내곡리면 사내리의 속리산 천왕봉(EL. 1,057.7 m)으로부터 발원하여 남류, 서류, 북류가 교차하면서 화양천, 동진천, 음성천 등이 유입하고 계속 북류하여 넓은 평야지와 충주시를 우안에 두고 남한강에 유입한다. 괴산댐은 남한강 지류인 달천(達川)을 가로질러 만든 댐이며, 댐의 축조로 이루어진 칠성호가 괴산군 칠성면·문광면(文光面)·청천면(靑川面)의 3개 면에 걸쳐 있다. 괴산댐유역의 유역면적은 총 671 km<sup>2</sup>, 유로연장은 80.01 km에 달한다. 충주댐 수계는 표고 1,000~1,500 m의 태백산맥에서 발원해 주천강, 평창강의 송천, 골지천 등의 지류를 통하여 댐 지점에 모이게 된다. 충주댐은 충주시 동북방 약 6.5 km의 차령산맥 협곡단에 위치하고 있으며, 댐 지점 하상표고는 68 m이다. 유역면적은 6,648 km<sup>2</sup>, 평균하폭은 100~200 m이다. 유역의 평균경사는 댐 지점에서 평창강 하류까지 대략 1.5/1,000이며, 상류 쪽으로 갈수록 증가하여 발원점(표고 1,577m)에서는 235/1,000의 경사를 갖는다. 유역 내의 지질은 댐 상류는 주로 퇴적암으로 되어 있고, 지류의 상류는 퇴적암을 둘러싸고 있는 화성암과 변성암으로 되어있다. PRMS 모형의 적용을 위한 유역의 분할은 한강유역조사 사업에서 수행된 유역분할 기준을 사용하였다. 괴산댐유역과 충주댐유역의 유역도는 그림 1과 2에 도시하였다.

표 1. 대상유역의 범위

중권역	유역	표준유역코드	표준유역수	유역면적 (km <sup>2</sup> )	지배기상관측소
1001~1003	충주댐유역	100101~100319	49	6661.58	충주, 영월, 제천, 원주
1004	괴산댐유역	100401~100406	6	676.73	충주

- 1) 성균관대학교 토목환경공학과 대학원
- 2) 성균관대학교 토목환경공학과 부교수
- 3) 유신코퍼레이션 수자원부 이사
- 4) 한국수자원공사 조사기획처 유역조사부 부장

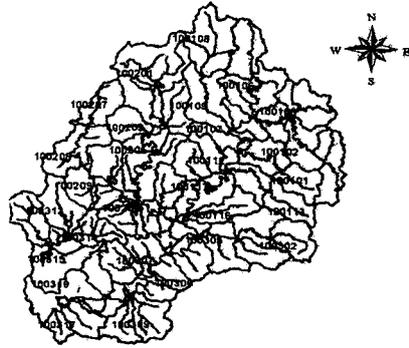


그림 1. 충주댐유역의 유역도



그림 2. 괴산댐유역의 유역도

## 2.2 모형의 매개변수 산정

매개변수는 수문응답단위에 따라 결정되는데, 수치표고모형, 토양도 및 식생도의 자료를 수집하고 GIS를 사용하여 매개변수 추정하였다. 자료로부터 추출된 일부 매개변수의 산정은 다음과 같다. 우선 수치표고모형으로부터 유역의 면적, 표고, 경사 및 경사향 등을 산정하고 경사 및 경사향에 따라 최고·최소 기온 조절계수를 결정한다. 토양도로부터 유역의 토양유형과 토양심도를 추출하여 토양유형에 따른 토양수분량을 산정하고, 토양대의 최대수분량은 토양심도와 토양수분량의 곱으로 계산한다. 식생도로부터 유역의 식생유형과 식생유형에 따른 식생근입깊이, 여름과 겨울의 식생밀도, 식생에 의한 강수차단량(여름강우, 겨울강우, 겨울강설)을 산정한다. 함양대의 최대수분량은 식생근입깊이의 최소값과 토양수분량의 곱으로 계산하며, 적설이 쌓여있는 지표의 식생덮개에 대한 단파복사량의 전달계수는 겨울식생밀도의 함수로 계산한다.

## 2.3 수문·기상 자료의 수집 및 정리

모형의 보정과 검증에 사용된 유출자료는 괴산댐유역의 경우 1982년~2000년, 충주댐유역의 경우 1986년~2000년 동안 관측된 자료이다. PRMS 모형을 이용한 유출모의를 위해 최소한으로 요구되는 입력자료는 강수량과 일 최고·최저기온자료이다. 본 연구에서는 강수량으로 대상유역의 티센면적강우를 사용하였고, 기상자료로는 충주 기상관측소의 지점자료를 대표자료로 사용하였다.

## 3. 모형의 적용

### 3.1 모형의 보정 및 검증

태양복사량 계산방법으로 도일계수와 최고기온의 관계를 이용하는 방법, 잠재증발산량을 계산방법으로 하몬방법(Hamon method)을 설정하여 유출모의를 수행하였다. 수치표고모형, 식생도 및 토양도로부터 추출한 매개변수들은 모형의 보정에 사용하지 않았다. 괴산댐유역의 경우 보정에 사용된 기간은 1988년~2000년이고, 검증에 사용된 기간은 1982년~1987년이다. 충주댐유역의 경우 보정에 사용된 기간은 1991년~2000년이며, 검증에 사용된 기간은 1986년~1990년이다. 모형의 보정은 시뮬레이션에 의한 방법을 사용하였으며, 보정기간의 총 유출량 상대오차와 월별 유출량에 대한 RMS 오차를 감소시키는 방법을 사용하였다.

민감도 분석 결과로부터 보정에 사용할 매개변수를 선택하여 보정기간의 총 유출량, 월별 유출량을 조정하고, 유출수문곡선의 형태를 맞추는 방식으로 모형의 보정을 수행하였다. 총 유출량 상대오차를 감소시키기 위해 잠재증발산량을 계산하는데 사용되는 하몬계수를 조정하였다. 하몬계수와 잠재증발산량은 비례관계에 있으므로 총 유출량을 증가시키기 위해 1월~12월에 해당하는 하몬계수를 동일하게 감소시켰다. 월별 유출량

RMS 오차를 감소시키기 위해 하문계수, 최고기온감율, 최소기온감율, 지표하저수지 흐름과 지하수저수지 흐름에 관련된 매개변수들을 조정하였다. 7, 8, 9월의 유출량 오차는 해당하는 월의 하문계수의 값을 조정하여 감소시켰으며, 최고기온감율, 최소기온감율 매개변수들을 조정하여 응설에 의한 3, 4월의 유출량을 조정하였다. 지표하저수지 흐름과 지하수저수지 흐름에 관련된 매개변수들을 조정하여 모의된 유출수문곡선이 관측수문곡선과 유사하도록 조정하였다. 모형의 보정 및 검증결과는 표 2와 같다. 총 유출량의 상대오차와, 월별 유출량의 RMS 오차를 나타내었다. 괴산댐유역의 경우 모든 기간에 대해 모형의 보정 전보다 후에 두 오차가 모두 감소하였다. 충주댐유역의 경우 보정기간에 총 유출량의 상대오차는 감소하였지만 월별 유출량의 RMS 오차는 증가하였다. 그러나 검증기간과 전체기간의 두 오차는 모형 보정 후에 모두 감소하였다.

표 2. 모형의 보정 및 검증결과

유역	구분	모형보정 전			모형보정 후		
		보정기간	검증기간	전체기간	보정기간	검증기간	전체기간
괴산댐유역	총 유출량 상대오차	0.019	0.079	0.038	-0.006	0.063	0.012
	월별 유출량 RMS오차	0.599	0.600	0.561	0.454	0.379	0.391
충주댐유역	총 유출량 상대오차	0.028	0.063	0.041	-0.015	0.028	0.002
	월별 유출량 RMS오차	0.554	0.950	0.581	0.570	0.504	0.442

모형 보정 결과 전체기간동안 괴산댐유역은 약 54 %의 유출률을 나타내었고, 충주댐유역은 약 63 %의 유출률을 나타내었다. 괴산댐유역과 충주댐유역의 유출량체적과 유출률은 표 3과 표 4 및 그림 3과 그림 4에 나타내었다.

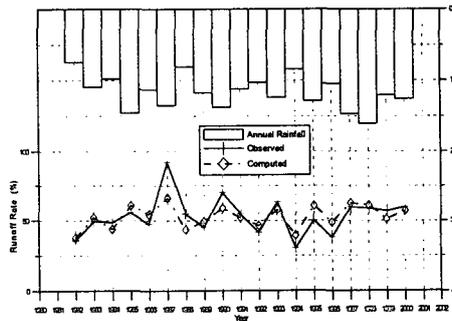


그림 3. 괴산댐유역의 연유출률

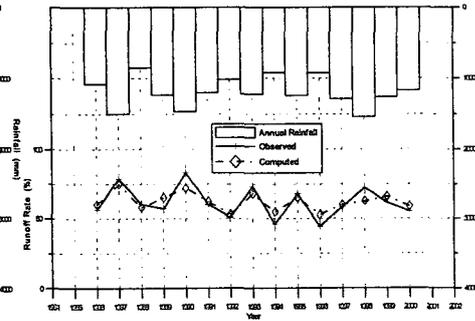


그림 4. 충주댐유역의 연유출률

표 3. 괴산댐유역의 유출량체적 및 유출률

연도	댐유입량 (10E6 m <sup>3</sup> )	최적화전 (10E6 m <sup>3</sup> )	최적화후 (10E6 m <sup>3</sup> )	강우량 (10E6 m <sup>3</sup> )	댐유입량 유출률	최적화전 유출률	최적화후 유출률
1982	179.78	183.3	189.79	503.7	36%	36%	38%
1983	363.3	370.84	383.1	734.8	49%	50%	52%
1984	321.15	274.04	289.32	659.9	49%	42%	44%
1985	548.79	579.32	596.96	983.0	56%	59%	61%
1986	362.17	405.95	415.02	761.5	48%	53%	54%
1987	841.35	595.96	603.94	912.8	92%	65%	66%
1988	299.43	231.06	238.07	546.7	55%	42%	44%
1989	359.28	376.3	391.99	794.8	45%	47%	49%
1990	649.16	531.47	545.65	928.7	70%	57%	59%
1991	413.05	379.58	393.58	756.1	55%	50%	52%
1992	289.04	307.83	322.74	696.6	41%	44%	46%
1993	530.01	473.36	483.23	838.5	63%	56%	58%
1994	172.08	218.34	224.12	569.3	30%	38%	39%

표 4. 충주댐유역의 유출량체적 및 유출률

	평균유입량 (10E6 m <sup>3</sup> )	최적화전 (10E6 m <sup>3</sup> )	최적화후 (10E6 m <sup>3</sup> )	강우량 (10E6 m <sup>3</sup> )	평균유입량 유출률	최적화전 유출률	최적화후 유출률
1986	4050.94	4131.74	4329.77	7167.19	56%	57%	60%
1987	7902.94	7267.06	7463.91	9969.72	79%	72%	74%
1988	3971.83	3637.56	3814.50	5632.37	60%	55%	58%
1989	5306.02	5798.17	6045.69	8217.06	57%	62%	65%
1990	9123.64	7621.36	7850.02	9740.56	83%	70%	72%
1991	4509.44	4469.42	4678.15	7986.57	60%	59%	62%
1992	3467.37	3413.50	3611.93	6764.17	51%	50%	53%
1993	5926.81	5283.73	5486.53	8133.79	73%	65%	67%
1994	3070.69	3421.76	3654.46	6112.00	46%	51%	55%
1995	5644.61	5222.12	5415.51	8283.67	67%	62%	65%
1996	2739.87	3075.58	3268.99	6139.31	44%	50%	53%
1997	4800.97	4703.98	4928.86	8574.12	58%	57%	60%
1998	7072.31	5966.99	6161.80	10250.84	72%	60%	62%
1999	6004.02	6193.18	6414.53	8397.59	61%	63%	66%
2000	4456.38	4607.57	4767.64	7768.07	55%	57%	59%
평균	5203.19	4987.58	5192.82	7942.47	63%	60%	63%

#### 4. 결 론

피산댐유역과 충주댐유역을 대상으로 모듈러 모형 시스템(MMS)를 기반으로 하는 PRMS 모형의 일모의 모드를 사용하여 장기유출량을 산정하였다. PRMS 모형은 유역을 동질한 유역특성을 나타내는 수문응답단위로 구분하여 유역특성을 고려한다. 본 연구에서는 수문응답단위를 소유역으로 구성하였으나 더 정밀하게 유역을 구분할 필요가 있다면 MMS의 전처리 모형인 Weasel을 사용할 수도 있다. 피산댐유역과 충주댐유역을 대상으로 모형을 보정하고 검증하였다. 모형의 보정은 시물레이션에 의한 방법으로 보정기간의 총 유출량 상대오차와 월별 유출량의 RMS 오차를 감소시키는 방법을 사용하였다. 보정에 사용된 매개변수로는 하문계수, 최고·최소기온감율, 지표하저수지 흐름과 지하수저수지 흐름에 관련된 매개변수들이 있다. 모형 보정 결과 피산댐유역의 경우 총 유출량 상대오차는 0.012, 월별 유출량 RMS오차는 0.391로 나타났고, 충주댐유역의 경우 총 유출량 상대오차는 0.002, 월별 유출량 RMS오차는 0.442로 나타났다. 모형 보정 후 오차는 대체적으로 감소하였고, 모의된 유출수문곡선도 관측수문곡선과 유사한 경향을 나타내어 모형의 보정이 적절히 이루어졌다고 판단되었다. 유출모의 전체기간동안 피산댐유역의 유출률은 약 54 %, 충주댐유역의 유출률은 약 63 %로 산정되었다.

본 연구는 한강유역조사사업(건설교통부, 한국수자원공사)의 일환으로 수행되었으며, 한강유역조사사업의 장기유출 모형(PRMS 모형)에 관한 연구는 진행 중에 있다.

#### 5. 참고문헌

- 노재경, (1991). 토양 수분 저류에 의한 일 유출량 유역 모형, 박사학위논문, 서울대학교
- 배덕효, 조원철 (1995). 물리적·개념적 연속 유출모형에 의한 유출해석 韓國水資源學會 論文集, 제28권 제6호, pp. 193-202.
- 배덕효, 오재호, (1998). 용설유출 모형에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
- 임창수, (2000). 증발산량 산정에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
- Leavesley, G.H., Lichty, R.W., Troutman, B.M., and Saindon, L.G., (1983). Precipitation-runoff modeling system-User's manual, U.S. Geological Survey Water Resources Investigation Report 83-4238.
- Linsley, R. K., JR., Kohler, M. A., and Paulhus, J. L., (1958). Hydrology for Engineers, New York, McGraw-Hill, pp. 151-155.
- Vijay P. singh, (1995). Computer Models of Watershed Hydrology. , Water Resources Publications