

# PRMS 모형의 국내 적용성 검토에 관한 연구

○정일원\*, 배덕효\*\*

## 1. 서론

수자원은 인류가 생존하는데 필수적인 자원이며, 인류의 문명도 수자원과 밀접한 관계를 가지고 발전하였다. 이러한 수자원은 인류에게 많은 혜택을 가져다 주기도 하지만, 홍수나 가뭄 등 심각한 재해를 가져다 주기도 한다. 가뭄, 효율적인 댐운영 등의 이수문제 해결을 위한 수자원계획에서는 특정 지점의 수문분석을 통한 정확한 장기유출량을 산정하는 것이 중요하다. 수문분석의 가장 좋은 방법은 실측된 유출량 자료를 사용하는 것이나 우리나라의 여건상 아직까지 많은 수문자료들이 축적되어 있지 않으므로 분석의 정확성을 논하기는 힘든 실정이다. 따라서 통상 강우-유출모형을 사용하여 장기유출량을 모의하고 수문분석을 수행해 왔다. 지금까지 국내·외에서는 많은 강우-유출모형이 개발되었고, 그 적용성과 정확도를 분석하여 모형을 수정하거나 새로운 모형을 개발중이다. 1990년대 들어 과거에는 거의 불가능했던 실제 지형정보들이 컴퓨터의 발달과 RS(Remote Sensing) 기술, GIS 관련 기술의 급속한 발전, 영상자료 해석기술의 발전 등에 힘입어 그 적용가능성이 확대되고 있다. 이러한 기술들의 발전으로 강우-유출모형의 입력자료로 사용되는 유역특성인자들을 합리적으로 추정할 수 있게 되어, 추정된 유역특성인자들을 유출해석 과정에 포함하는 정교한 강우-유출모형이 요구되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 강우-유출모형 중 정교한 물리적 수문유출해석을 수행할 수 있는 PRMS(Precipitation Runoff Modeling System) 모형을 선정하여 우리나라 유역에서의 적용성을 검토하고, 이미 국내 유역에 적용되어 그 적용성과 실용성을 검증받은 Tank 모형과의 비교·분석을 통해 유출모의의 정확성을 분석하고자 한다. 연구방법으로 PRMS와 Tank 모형을 피산댐유역에 적용하여 장기유출량을 모의하고, 모의결과의 통계적분석을 통해 두 모형의 장·단점 및 유출모의 정확성을 비교·분석하였다.

## 2. 모형 개요

### 2.1 PRMS(Precipitation Runoff Modeling System) 모형

PRMS 모형은 미국지질조사국(USGS, 1983)에서 개발한 모형으로 유역의 토지이용, 식생피복, 침투홍수량, 토양수분의 변화, 지하수유출 등의 다양한 요소를 고려하기 위해 개발된 확정론적 모형으로 장·단기 유출량 모의뿐 아니라 유사이송의 모의도 가능하다. PRMS 모형은 물리적 수문순환현상을 구성하는 각각의 요소들의 관계를 해석하는 물리법칙과 산정 가능한 유역의 특성을 기초로 임의의 물리적 해석을 갖는 경험식으로 구성되어 있다. 이 모형은 유역을 경사, 경사향, 고도, 식생분포, 토양타입, 강우분포 등의 지형학적 특성이 균질한 소유역으로 나누어 소유역별 유역변수를 산정하고, 유출해석을 실행하여 각 소유역별 수문학적 반응의 합을 유역의 총유역 반응으로 계산한다. PRMS 모형에서는 이러한 소유역을 수문학적 반응단위(Hydrologic Response Unit)라 부른다. PRMS 모형의 입력자료로는 강우량, 최대·최소 기온, 태양복사량 자료가 필요하며, 유역특성인자 산정을 위해 수치고도모델(DEM), 식생도, 토지피복도, 토양도 등의 지형학적

\* 세종대학교 토목환경공학과 석사과정(E-mail : bobilwon@hanmail.net)

Graduate Student, Dept. of Civil and Environmental Engrg., Sejong Univ., Seoul 143-747, Korea

\*\* 세종대학교 수문연구소·토목환경공학과 부교수(E-mail : dhbae@sejong.ac.kr)

Associate Prof., Dept. of Civil and Environmental Engrg., Sejong Univ., Seoul 143-747, Korea

자료가 필요하다. 그림 1은 PRMS의 유역 유출 시스템을 나타낸 것이다.

### 2.2 Tank 모형

Tank 모형은 1961년 일본의 Sugawara가 개발한 모형으로 유역을 여러 개의 저류형 탱크로 가정하여 강우-유출 과정을 모형화한 것으로 하천유출과 관련된 일종의 개념적 수문모형이다. Tank 모형은 이미 국내에 적용되어 그 적용성을 인정받았다. 그림 2는 장기유출 해석에 일반적으로 사용되는 4단 Tank 모형의 유역 개념도를 나타낸 것이다. 일반적으로 Tank 모형은 유역 대수층의 구조에 대응한다는 개념을 가지고 있으며, 4단 탱크모형을 유역의 유출현상에 대응시켜 표현하면 1단 탱크는 지표면유출, 2단 탱크는 중간유출, 3단 및 4단 탱크는 기저유출을 나타낸다.

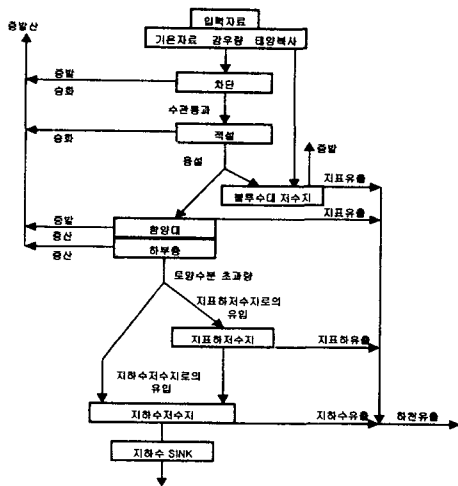


그림 1. PRMS의 유역 유출 시스템

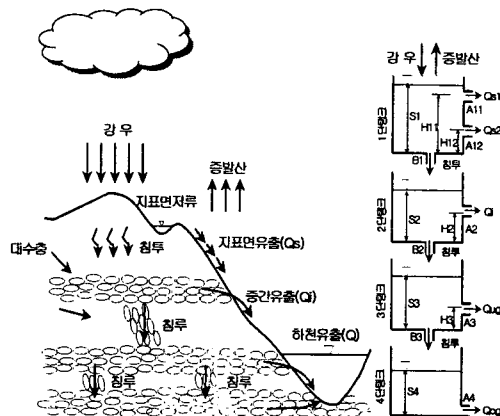


그림 2. 탱크모형의 유역 유출 시스템

### 3. 적용 및 분석

본 연구에서는 적용대상 유역으로 한강유역의 괴산댐유역을 선정 PRMS와 Tank 모형으로 유출량을 모의하였다. 괴산댐유역의 유역면적은 676.9km<sup>2</sup>이며, 유역의 평균고도는 해발 358m, 연평균강수량은 약 1,189mm이다. 유출량계산을 위해 수집한 자연유출량 자료는 한국수자원공사에서 운영하고 있는 댐 유입량 자료를, 기온자료로는 기상청에서 운영하고 있는 충주관측소의 자료를 사용하였다. 유역의 면적강우량은 청천, 연동, 청주, 보은, 속리산, 입석, 미원 강우관측소의 강우량 자료를 이용하여 면적가중법으로 산정하였다. 산정 가능한 유역특성인자는 수치고도모델(DEM)과 식생도, 토양도를 이용하여 산정하였고 나머지 매개변수들은 PRMS 모형에서 제시하고 있는 기준값을 사용하였다. 본 논문에서는 장기유출량 분석을 위해 1982년부터 2000년까지 19년 동안의 유출모의를 수행하였다. 표 1은 각 모형의 매개변수 추정 및 검증에 사용된 자료기간을 나타낸 것이다. 모형의 매개변수 추정방법은 자동추적법을 사용하였다. PRMS 모형의 매개변수 최적화방법은 Rosenbrock 방법(Rosenbrock, 1960)을 사용하였고, Tank 모형은 Powell 방법(Kuester 등, 1973)을 사용하여 최적매개변수를 산정하였다.

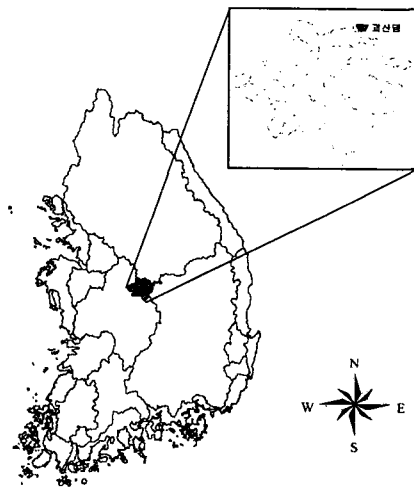


그림 3. 괴산댐 유역현황

표 1. 모형별 매개변수 보정기간 및 검증기간

모형	자료기간	전체자료기간	매개변수 보정기간	매개변수 검증기간
PRMS 모형		1982년~2000년	1991년~2000년	1982년~1990년
Tank 모형		1982년~2000년	1994년~2000년	1982년~1993년

표 2는 모형별 모의결과의 통계치를 제시한 것이다. 표에서 보는 바와 같이 두 모형 모두 유출량이나 유출율에서 거의 일치하고 있어 두 모형 모두 비교적 정확하게 모의 되었다고 판단된다. 상관계수는 두 모형 모두 0.8이상으로 높은 상관성을 나타내었으며, 평균제곱근오차는 5mm/day이하로 적정하게 모의되었다고 판단된다. PRMS 모형과 탱크모형을 비교하면 평균제곱근오차나 상관계수는 PRMS 모형이 좋은 결과를 보였고 유출용적오차는 Tank 모형이 작은 값을 나타내었다. 그림 4는 각 모형의 유출량과 관측량을 비교하여 도시한 것이고 그림 5는 각 유출량을 겹쳐서 도시한 것이다. 두 모형 모두 전체적인 유출패턴은 잘 일치하였지만 저수유출부분에서는 PRMS 모형이 관측유량과 더 정확하게 모의하였다. 이는 PRMS 모형이 Tank 모형보다 갈수유출 해석을 더 정확하게 모의하는 것으로 판단된다.

표 2. 모형별 모의결과의 통계치(전체모의기간)

	평균유출량 (cms)	최대유출량 (cms)	최소유출량 (cms)	유출률 (%)	유출용적 오차(%)	RMSE (mm/day)	상관계수
관측치	13.73	1292.40	0.00	55.6	-	-	-
PRMS 모형	13.97	1156.37	0.00	56.6	1.11	3.04	0.87
Tank 모형	13.58	1116.96	0.17	55.0	-0.16	3.64	0.80

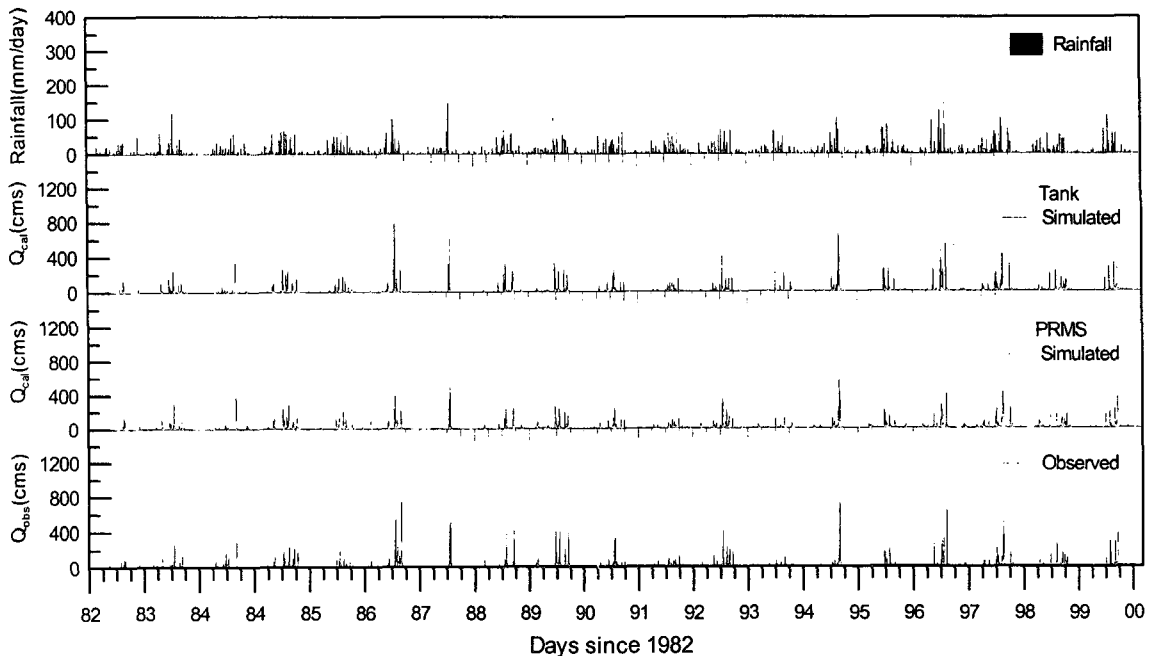


그림 4. PRMS 모형과 탱크모형의 모의유량과 관측유량

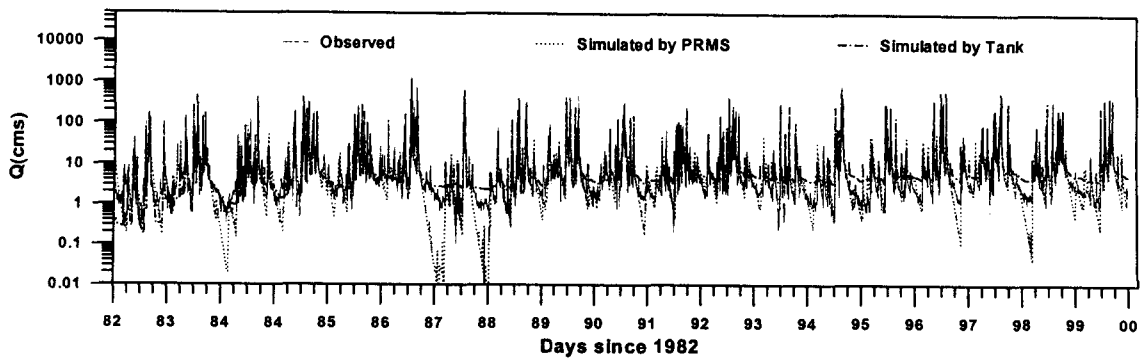


그림 5. 모의유량과 관측유량의 비교

#### 4. 결론

본 연구에서는 PRMS 모형과 탱크모형의 비교를 통해 PRMS 모형의 국내 적용성 및 모의 정확성을 비교·검토하였다. 유출 모의능력에서는 두 모형 모두 우수한 모형으로 판단되었으며 통계적 분석결과 PRMS 모형이 보다 정확한 유출량 모의가 가능하였다. 향후 적용대상유역의 확대를 통한 더 많은 연구가 진행되어야 하겠지만 PRMS 모형은 국내유역에서도 유출모의능력이 탁월하다고 판단되어 우리나라의 수자원계획에 필요한 장기유출량 산정에 적합한 모형으로 사료된다. 향후 기준값을 적용하였던 모형의 매개변수들의 추정에 관한 연구가 지속된다면 더욱 정확한 유역유출분석을 할 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 1-3-1)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- Kuester, J.L. and J.H. Mize. (1973). *Optimization Techniques with Fortran*. McGraw-Hill Company.
- 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 Investigations 83-4238, pp. 1-207.
- Rosenbrock, H.H. (1960). "An automatic method of finding the greatest or least value of a function." *Computer Journal*, 3, pp. 175-184.
- Vijay P. Singh (1995). *Computer models of watershed hydrology*. Water Resources Publications, pp. 281-310.