

미래 기후변화에 따른 용설의 변화가 유역수문에 미치는 영향  
- 소양강댐, 충주댐 유역 -

신형진<sup>1</sup>, 강수만<sup>1</sup>, 권형중<sup>1</sup>, 임혁진<sup>1</sup>, 김성준<sup>2</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 지역건설환경공학과, <sup>2</sup>건국대학교 사회환경시스템공학과

**Snowmelt impact on watershed hydrology under the projected climate change : a case study at Soyanggang-dam and Chungju-dam watersheds**

H. J. Shin<sup>1</sup>, S. M. Kang<sup>1</sup>, H. J. Lim<sup>1</sup>, H. J. Kwon<sup>1</sup>, and S. J. Kim<sup>2</sup>

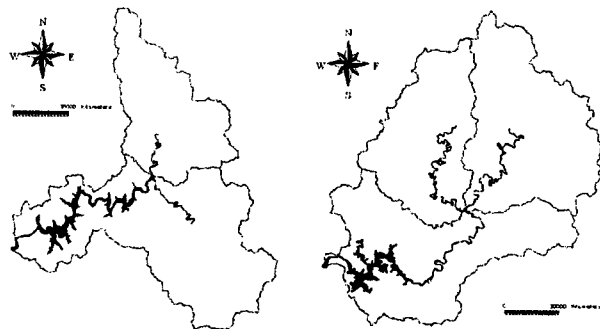
<sup>1</sup>Department of Rural Engineering, Konkuk University <sup>2</sup>Department of Civil and Environmental System Engineering, Konkuk University

(\*Correspondence: kimsj@konkuk.ac.kr)

## 1. 서 언

지구온난화로 인한 기후패턴의 변화는 기온의 상승, 강수패턴의 변화, 증발산량의 증가 및 유출의 계절적 변동 등을 초래하여 미래의 수문 순환과정은 과거와는 다른 양상으로 변화될 수 있다. 우리나라의 경우, 여름철에 집중된 강우의 변화에 치중하여 기후변화가 수자원에 크게 영향을 줄 것이라고 일반적으로 생각할 수 있겠으나, 기후변화에 따른 겨울철의 적설 및 용설이 유역수문에 미치는 영향 또한 현재 유역이 가지는 수자원 부족량 및 댐 유입량을 크게 변화시켜, 댐관리 및 운영에 크게 영향을 줄 가능성이 있다. 그 동안의 유역수문 연구들은 용설에 의한 유출을 제대로 고려하지 못하여 왔다. 특히 북동부 산악지역에서의 봄철 용설영향은 당해 년의 수자원관리 및 운영에 큰 영향을 주는 인자로 작용하게 된다. 따라서 미래의 기후변화에 의한 국내 수자원의 계절적 변화를 정확하게 평가하기 위해서는 용설을 고려하는 장기 유출모형을 이용하여 기후변화가 유역의 용설 유출량과 수자원에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다. 최근, Kite 등(1994)은 Machenzie 유역의 CCC GCM2 자료를 사용하여 하천유량의 변화를 분석하였다.

본 연구에서는 소양강댐 유역과 충주댐 유역을 대상으로 하여, 기후변화에 의한 수문변화를 모의하기 위한 목적으로 개발된 준분포형 장기 유출해석 모형인 SLURP (Semi-distributed Land Use-based Runoff Process) 모형을 이용하여 기후변화에 따른 용설의 변화를 분석하고자 한다.



## 2. 재료 및 방법

### 2.1 SLURP 모형의 입력자료 구축

본 연구의 대상 지역은 북동부 산악지역에 위치한 용설에 의한 유출이 그림 1.대상유역 :소양강댐 유역, 충주댐 유역

영향을 받는 소양강댐 유역 면적은 2,703km<sup>2</sup> 충주댐 유역면적은 6,661km<sup>2</sup>이다 (그림 1). 기상기상관측자료는 대기온도, 강수량, 이슬점온도, 풍속, 일조시간, 상대습도 등이며 1998년부터 2001년까지의 기상자료를 입력하였다. 수문자료는 일단위 댐 유입량 자료를 사용하였다.

현재 IPCC의 정보분배센터(Data Distribution Center)에서는 기후변화에 의한 일관된 영향연구를 위해 IS92a 및 SRES 시나리오에 의한 다수의 GCMs 결과들을 제공하고 있다. 기후변화 시나리오는 2002년 사회, 경제, 환경 등을 고려한 4가지 골격의 온실가스배출시나리오로써 크게 A-B축(경제지향-환경지향), 1-2축(지구주의지향-지역주의지향)으로 분류된다. 본 연구에서는 SRES 특별보고서에서 제안된 A2, B2 시나리오의 CCCma CGCM2 모의 결과값을 사용하여 유출의 영향을 알아보고자 2050년, 2100년의 기상자료와 융설의 영향을 고려하기 위해 snow water content를 획득하여 입력하였다.

장기적인 유출모형 분석시 융설과 관련된 매개변수를 추정하는 하나의 기법으로서, NOAA/AVHRR 위성영상 자료와 GIS의 표면내삽기법을 이용하여 적설분포지역 및 적설심을 추출하였다.

### 3. 결과

#### 3.1 모형의 검·보정과 매개변수 결정

본 연구에서는 1998, 2000, 2001 3년간의 유출량 자료를 이용 모형을 보정하였다. 모형의 검증은 보정 매개변수의 평균값들을 통해 1999년 유출량을 모의 하였다. 그 결과 경향이 잘 반영하고 있다 (그림 2. 3). SLURP 모형의 매개변수 최적화를 위해 민감도분석과 SCE-UA 최적화기법(Duan 등, 1994)을 이용하였으며 매개변수추정의 최적화 척도로 Nash-Sutcliffe (Nash와 Sutcliffe, 1970) 모형효율을 사용하였다 (표1, 2).

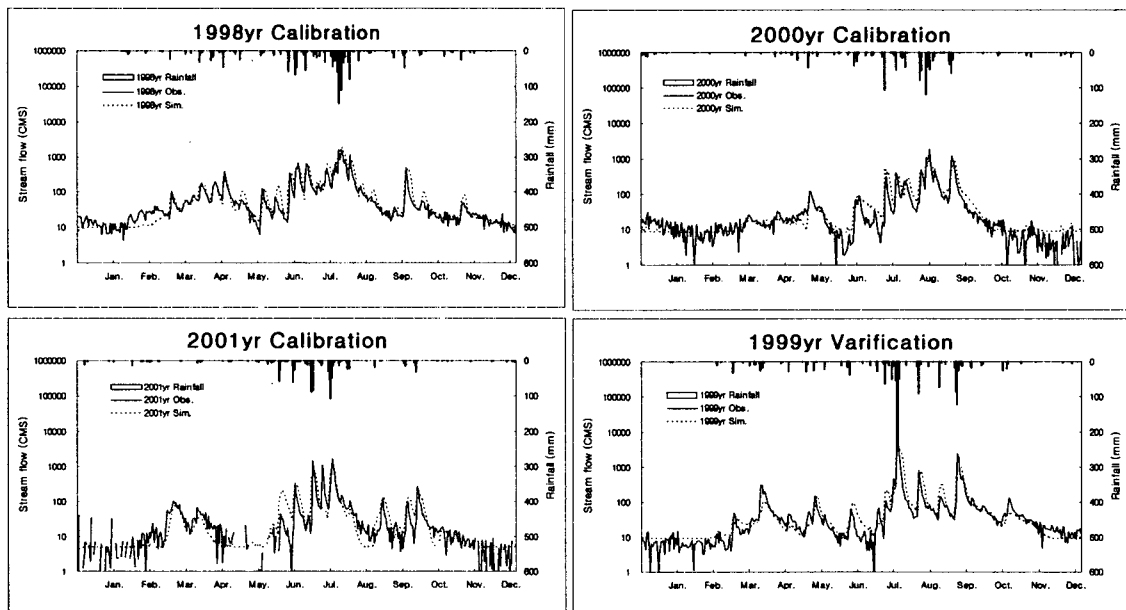


그림 2 소양강댐 유역 검/보정

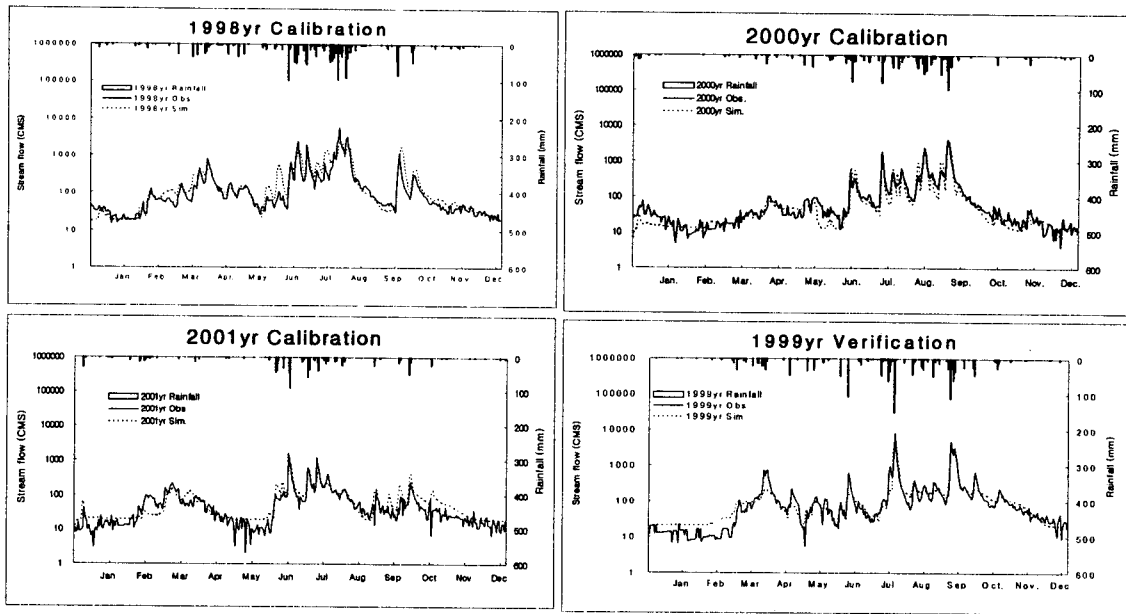


그림 3 충주댐 유역 검/보정

표1. 소양강댐 유역 모의 결과 정리

year	Observation		Simulation		Statistical summary				Note
	P(mm)	S(mm)	P(mm)	S(mm)	RMSE	C	N_S	1~5월 N_S	
1998	1770	1093	1453	1018	0.36	2.02	0.83	0.65	c
2000	1282	700	1271	733	0.49	2.87	0.73	0.78	c
2001	1090	538	979	524	0.59	3.36	0.68	0.60	c
1999	1778	1139	1636	1187	0.62	4.18	0.60	0.42	v

표2. 충주댐 유역 모의 결과

year	Observation		Simulation		Statistical summary				Note
	P(mm)	S(mm)	P(mm)	S(mm)	RMSE	C	N_S	1~5월 N_S	
1998	1743	1075	1964	1199	0.41	2.33	0.83	0.69	C
2000	1331	678	1097	564	0.40	2.77	0.84	0.00	C
2001	908	337	830	337	0.41	1.93	0.52	0.57	C
1999	1703	913	1628	823	0.35	3.14	0.84	0.47	V

P : Precipitation, S : Streamflow, C : Coefficient of variation, N\_S : Nash\_ Sutcliffe, V : Verification, C : Calibration.

### 3.2 기후변화를 통한 유출량분석 (2050, 2100yr)

CGCM2 모의 결과값을 통해 충주댐 유역의 2050년, 2100년 유출량을 모의하였다. 모의 결과 A2와 B2 시나리오 모두 4월에서 6월 사이의 유출량의 변화가 두드러지게 나타나고 있는데 대상유역이 북동부산악지역에 위치하고 있어 융설의 영향이 반영된 것으로 보여진다. SLURP의 경우 중대규모유역의 융설의 영향을 평가할

수 있게 설계된 수문모형으로 강수를 강우와 강설로 나누어 모의하게 되는데 기후 변화에 따라 일 평균기온이 증가함으로써 적설이 융설로 변화하는 시간간격이 짧아지면 적설 및 융설분포면적이 감소되고 4월에서 6월 사이에 융설의 양이 반영된 것으로 판단된다 (그림 4).

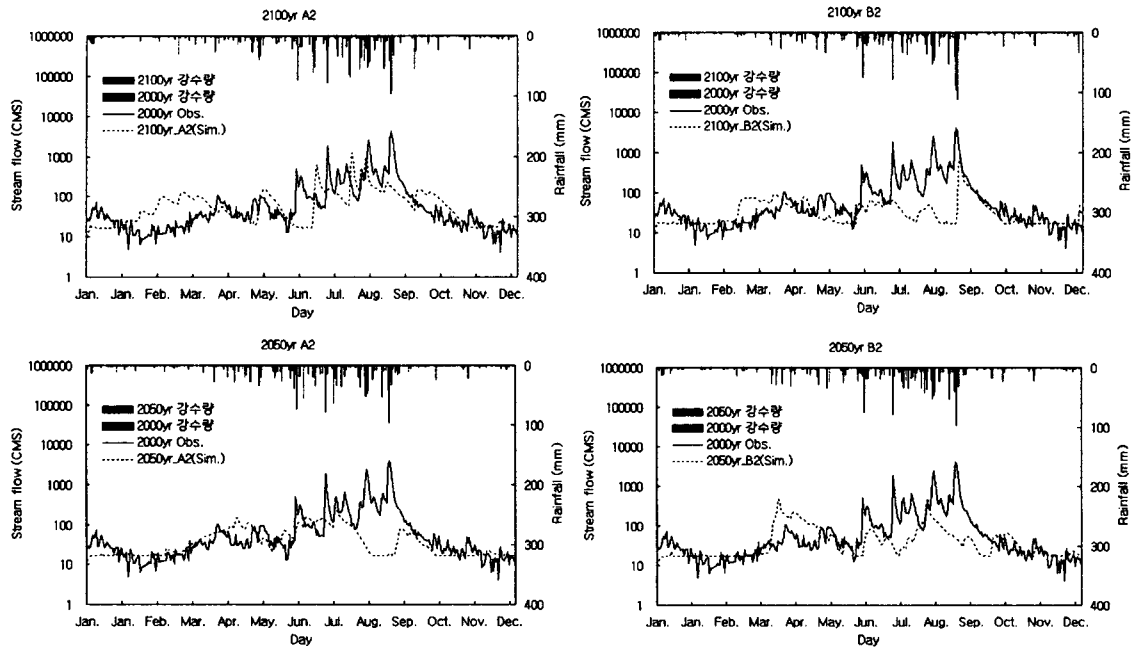


그림 4. 2000년 유출량을 이용하여 2050, 2100년 A2, B2 모의

#### 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 : 1-9-2)에 의해 수행되었습니다.

#### 인용문헌

- Duan, Q., S. S. S. Sorooshian, and V. K. Gupta, 1994: Optimal use of the SCE-UA global optimization method for calibrating watershed models. *Journal of Hydrology* 158, 265-284.
- Kite, G. W., A. Dalton, and K. Dion, 1994: Simulation of streamflow in a macroscale watershed using general circulation model data. *Water Resources Research* 30(5), 1547-1559.
- Nash, J. E., and J. V. Sutcliffe, 1970: River flow forecasting through conceptual model: Part 1 - A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10(3), 282-290.