

# 장기수문자료를 위한 추계학적 기상모의발생

## Stochastic Weather Generation for Daily Time-Series Data

김남원\*, 이정은\*\*

Nam Won Kim, Jeong Eun Lee

### 요 지

현재 수자원 분야에서는 기후변화와 이에 대비한 안정적인 물공급을 위한 수자원 계획이 요구되는 시점이다. 따라서, 신뢰성있는 장기간의 유량자료를 확보하기 위하여 추계학적 기상모의자료를 이용하여 유역의 장기간에 걸친 공간적인 유량자료를 생성하고자 하였다. 본 연구에서는 한강유역에 대하여 추계학적인 방법을 이용하여 장기간의 기상자료(강수량, 최대/최소 온도, 일사량, 상대습도, 풍속)를 생성하였다. 기상모의생성을 위하여 WXGEN(Sharply와 Williams, 1990)을 이용하였다. 기상모의 발생순서는 우선 강수량을 독립적으로 모의생성하였다. 이후 최대/최소 온도, 일사량, 상대습도는 약한 상관성을 가진다는 가정으로 모의생성한 후, 해당일의 강수유무를 기준으로 값을 조정하였다. 마지막으로 풍속은 독립적으로 모의생성하였다. 모의생성된 장기간의 기상자료를 장기유출모형인 SWAT-K의 입력자료로 활용하여 한강유역에 대하여 장기간의 유량자료를 모의-분석하였다. 이러한 연구는 추계학적 방법과 확정론적 방법의 연계적용으로 수자원 설계 및 계획에 적극 활용될 수 있을 것이다.

**핵심용어** : 추계학, 기상모의, WXGEN, 장기유출모의, SWAT-K

### 1. 서론

수자원 분야에서는 관측지점에서의 하천유량, 강우량 기록이 대표적인 시계열 자료이다. 국내 강우량 자료는 전국적으로 양질의 장기간 자료를 축적하고 있으나, 하천유량 자료는 그러하지 못한 실정이다. 유출모형의 입력자료인 강우 및 기상자료가 확보된다면, 하천유량은 강우-유출관계를 이용하여 장기간의 자료를 확보할 수 있다. 또한, 기후변화와 이에 대비한 안정적인 물공급을 위한 수자원 계획을 위하여 신뢰성있는 장기간의 유량자료 확보는 무엇보다 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 강우량 자료뿐만 아니라 국내에서는 연구가 미흡한 기상자료(온도, 상대습도, 풍속, 일사량) 기록의 통계학적 특성을 이용하여 한강유역에 대하여 추계학적인 방법을 이용하여 장기간의 기상자료(강수량, 최대/최소 온도, 일사량, 상대습도, 풍속)를 생성하였다. 기상모의생성을 위해서는 WXGEN(Sharply와 Williams, 1990)을 이용하였으며, 강우-유출관계 적용을 위한 장기유출모형으로는 SWAT-K(과학기술부, 2007)를 채택하였다. 모의된 장기간의 기상자료를 SWAT-K의 입력자료로 활용하여 한강유역에 대하여 장기간의 유량자료를 모의-분석하였다. 추계학적인 방법으로 생성한 기상모의자료를 이용하여 유역의 장기간에 걸친 공간적인 유량자료를 확보하여 신뢰성 있는 수자원 평가 및 계획수립이 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

### 2. 연구방법

SWAT-K에서 요구되는 기상입력자료는 일단위의 강수량, 최대/최소온도, 상대습도, 풍속, 일사량이 필요

\* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수자원연구실 책임연구원 · E-mail : [nwkim@kict.re.kr](mailto:nwkim@kict.re.kr)

\*\* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수자원연구실 연구원 · E-mail : [jeus22@kict.re.kr](mailto:jeus22@kict.re.kr)

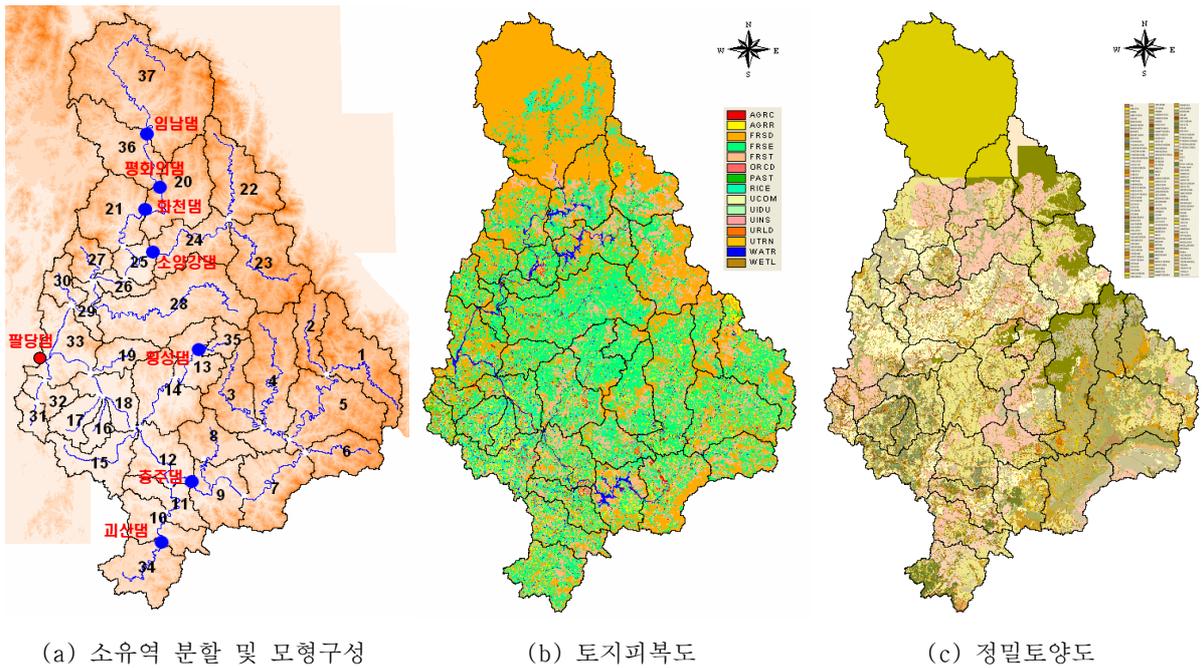
하다. 추계학적 기상자료 생성을 위해 기상모의발생 모형인 WXGEN(Sharply와 Williams, 1990)을 이용하였다. 우선 강수를 독립적으로 모의생성하기 위해 Markov 연쇄 왜곡모형 혹은 Markov 연쇄 지수모형을 이용하였다. 먼저, 1차 Markov 연쇄모형은 습윤일 혹은 건조일을 정의하기 위해 사용된다. 습윤일을 모의 발생할 경우 왜곡분포 혹은 지수분포는 강수량을 모의 발생시키기 위하여 사용된다. 해당일에 강우의 발생은 상대습도와 온도, 일사량에 큰 영향을 미친다. 강수량 발생이후, 최대/최소 온도, 일사량, 상대습도를 모의발생하였으며, 강수 유무를 기준으로 생성된 값을 조정하였다. 마지막으로 풍속을 독립적으로 모의발생시켰다. 모의발생된 기상자료를 SWAT-K의 입력자료로 활용하여 한강유역에 대하여 장기간의 유량자료를 획득하였다. 표 1은 기상자료생성시 요구되는 변수로 각 기상자료별로 월별 통계치가 필요하며, 상대습도를 위해서는 일평균 이슬점 온도의 통계치를 이용한다.

표 1. 기상자료생성에 요구되는 변수

Variable name	Definition	Unit
TMPMX(mon)	Average daily max. air temperature for month	℃
TMPMN(mon)	Average daily min. air temperature for month	℃
TMPSTDMX(mon)	Standard deviation for daily max. air temperature in month	℃
TMPSTDMN(mon)	Standard deviation for daily min. air temperature in month	℃
PCPMM(mon)	Average total monthly precipitation	mm
PCPSTD(mon)	Standard deviation for daily precipitation in month	mm
PCPSKW(mon)	Skew coefficient for daily precipitation in month	-
PR_W(1,mon)	Probability of a wet day following a dry day in month	-
PR_W(2,mon)	Probability of a wet day following a wet day in month	-
PCPD(mon)	Average number of days of precipitation in month	-
RAINHHMX(mon)	Max. 0.5 hour rainfall in entire period of record for month	mm
SOLARAV(mon)	Average daily solar radiation for month	MJ/m <sup>2</sup> /day
DEWPT(mon)	Average daily dew point temperature for month	℃
WINDAV(mon)	Average daily wind speed for month	m/s

### 3. 대상유역 현황 및 모형구축

대상유역은 팔당댐 지점을 최종출구점으로 하는 한강유역으로 유역면적은 23,800 km<sup>2</sup>이며, 북한지역의 경우 자료의 정확도가 다소 낮은 상태이다. 기본입력자료인 수문기상자료(강수량, 기온, 습도, 풍속, 일사량)와 수치지형도(DEM, 토지이용도, 토양도)의 경우, 남한지역은 미계측 유역이 없으나, 북한지역의 경우, 미계측 유역이 일부 존재하며 자료의 검증 또한 충분히 이루어지지 못한 상황이다. 북한지역의 수문기상자료는 세계기상통신망(GTS)을 통해 원산, 평강, 장진 관측소의 수문기상자료(강수량, 기온, 습도, 풍속)를 수집하였으며, 토지피복도는 환경부 대분류를 이용하였으며, 토양도는 FAO(1995)에서 제공한 10km의 공간해상도를 가진 자료를 이용하였다. 토양속성은 두개의 층(0~30cm와 30~100cm 깊이)으로 구분되며, 입자크기 분포, 용적밀도, 유기탄소함량, 포화수리전도도 등과 같은 토양특성은 Reynolds 등(1999)과 Rosetta 모형을 사용하여 정의된 값이다. 지표면 유출모의를 위해 SWAT-K에서 개선된 시간가중평균 CN 방법(Kim and Lee, 2008)을 적용하였으며, 연속방정식과 Manning의 식을 이용하여 비선형 저류방정식을 이용한 하도추적을 적용하였다(김남원 등, 2007).



(a) 소유역 분할 및 모형구성

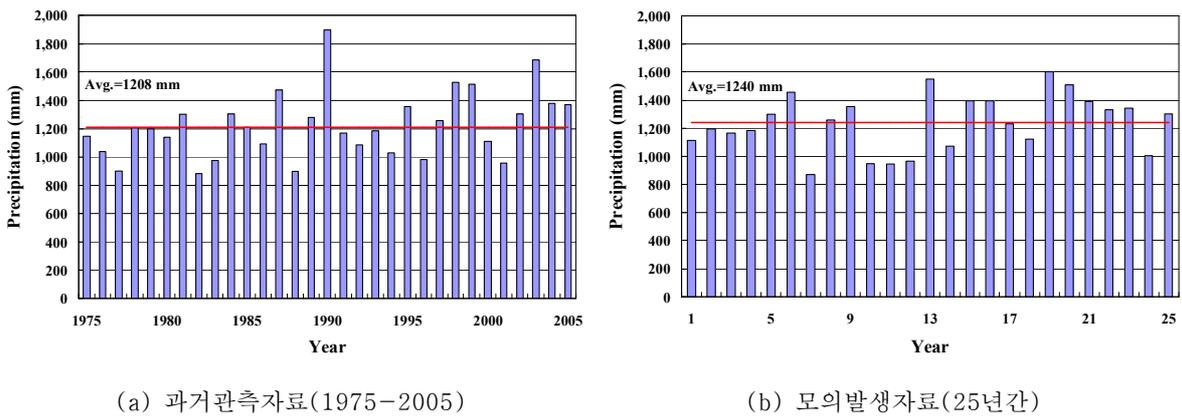
(b) 토지피복도

(c) 정밀토양도

그림 1. 대상유역 현황 및 수치주제도

#### 4. 분석결과 및 결론

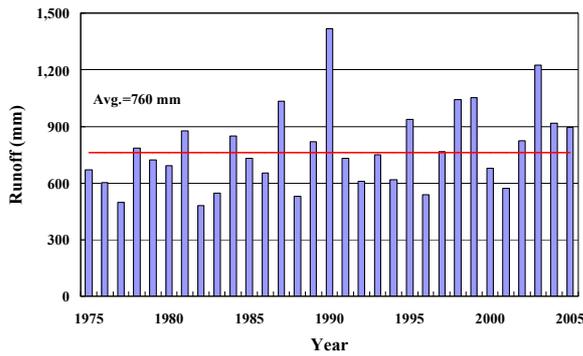
그림 2는 1975-2005년 과거자료의 통계적 특성치를 이용하여, 한강유역에 대하여 25년간의 기상자료를 생성한 결과를 나타내 있다. 과거관측자료의 연평균 강수량에 비하여 모의생성된 강수량의 연평균값은 2.7 % 크게 나타났다. 발생한 수문기상자료를 이용하여 유출모의에 의한 유출고를 비교해보면, 과거관측자료에 비하여 모의발생자료는 4.6 % 증가, 유출율의 경우, 62 %에서 64 %로 1.9 % 가량 증가한 결과를 보였다(그림 3). 이는 증발산량이 37%에서 35%로 감소했기 때문이다.



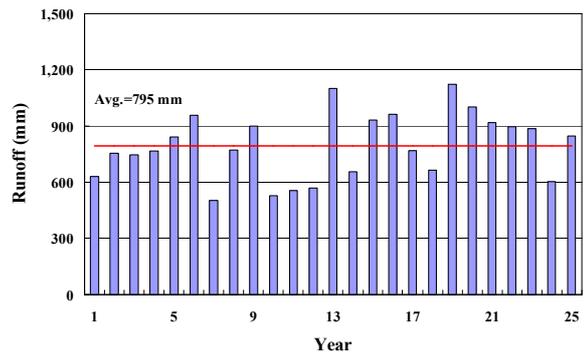
(a) 과거관측자료(1975-2005)

(b) 모의발생자료(25년간)

그림 2. 한강유역의 강우 생성결과



(a) 과거관측자료(1975-2005)



(b) 모의발생자료(25년간)

그림 3. 한강유역의 유출량 생성결과

## 5. 요약 및 결론

본 연구에서는 신뢰성있는 장기간의 유량자료를 확보하기 위하여 추계학적인 방법을 이용하여 생성한 기상모의자료를 이용하여 유역의 장기간에 걸친 공간적인 유량자료를 생성하였다. 현재 수자원 분야에서는 기후변화와 이에 대비한 안정적인 물공급을 위한 수자원 계획이 요구되는 시점이다. 향후 가능한 기후 시나리오 분포를 획득하기 위해서는 예측기간에 대해 여러번 모의를 수행하여야 할 것이다. 이러한 연구는 추계학적 방법과 확정론적 방법의 연계적용으로 수자원 설계 및 계획에 적극 활용될 수 있을 것이다.

## 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-2-3)에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 과학기술부 (2007). 지표수 수문성분 해석시스템 개발, 한국건설기술연구원.
2. 김남원, 이정우, 이병주, 이정은 (2007). "비선형 저류방정식을 이용한 일 단위 하도추적법." 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제27권, 제5B호, pp. 533-542.
3. Kim, N. W. and J. Lee (2008). "Temporally weighted average curve number method for daily runoff simulation." Hydrological Processes, Vol. 22, pp. 4936-4948.
4. Reynolds, C. A. and T. J. Jackson, and W. J. Rawls (1999). Estimating Soil Water-Holding Capacities by Linking the FAO Soil Map of the World with Global Pedon Databases and Continuous Pedo-transfer Functions, Agricultural Research Service, Technical Report.
5. Sharpley, A. N. and J. R. Williams, eds. (1990). EPIC-Erosion Productivity Impact Calculator, 1. model documentation. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Tech. Bull. 1768.