

다지점 추계학적 기상모형의 적용

A Study on the Spatial Weather Generator

김남원*, 이정은**
Nam Won Kim, Jeong Eun Lee

요 지

추계학적 기상모형(Stochastic weather generator)은 기상자료의 결측치 보완, 장기간의 기상 시계열 자료 생성, 지역적 기후변화 시나리오의 통계학적 다운스케일링에 적용되어 왔다. 이러한 추계학적 기상모형은 수자원, 농업, 환경, 생태 등의 분야에 적용되어, 수자원 설계, 점/비점오염 거동, 생태 및 수문학적 영향 평가의 중요한 도구로 이용되어 오고 있다. 또한, 최근 가장 큰 이슈가 되고 있는 기후변화의 영향을 평가하는데 필수불가결한 분야이다. 이 분야의 중요한 변화는 과거에는 지점별로 각각 기상자료를 생성하였으나, 최근에는 지점간의 상관성을 고려한 다지점 해석이 계속적으로 연구되어지고 있다. 본 연구에서는 유역규모에 적용하기 타당한 기상자료생성을 위하여 관측지점간의 상관성, 강수장(rainfall field)의 생성, 호우이동(storm movement)을 고려한 추계학적 기상모형을 제안하고, 충주댐 유역을 대상으로 그 적용성을 평가하였다.

핵심용어 : 추계학적 기상모형, 강수장, 호우이동

1. 서론

현재 널리 사용되고 있는 대표적인 추계학적 기상모형인 WXGEN(Sharpley and Williams, 1990)은 지점별로 강수량이 독립적으로 생성된다. 이러한 현상은 강수장의 공간적 간헐성 문제가 발생한다. 따라서, 지점간 상관성이 고려된 강수장 생성에 관련된 Williams 등(2008)이 제안한 추계학적 기상모형에 호우중심형 면적감소계수(Storm-centered Areal Reduction Factor)의 국내연구결과(김남원 등, 2005)를 이용하여, 호우이동이 고려된 다지점 추계학적 기상모형(Spatial stochastic weather generator)을 구축하였다. 강수장의 개념이 적용될 경우, 기존 WXGEN에서 독립적으로 생성된 지점별 강수유무에 따라 조정되어지는 온도, 일사량, 상대습도 또한 합리적인 값으로 개선될 수 있다. 또한, 제안한 기상모형을 이용하여 실제 대상유역 유출량의 재현성을 검토하였다.

2. 모형이론

(1) 강수장(Rainfall field)의 설정

모형의 강수장의 영역을 정의하는 것으로, 대상유역에 영향을 미치는 기상관측지점들의 위치정보를 이용하여 설정하게 된다. 아래식을 이용하여 X(동서)방향, Y(남북)방향의 강수장 영역을 정의한다.

$$RFX = 3 \times (OLX - OSX) \quad (1)$$

$$RFY = 3 \times (OLY - OSY) \quad (2)$$

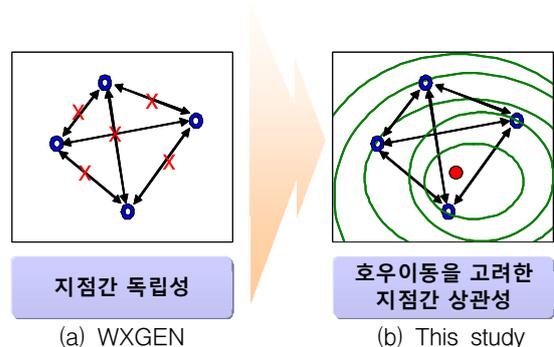


그림 1. 추계학적 기상모형

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원 · 환경연구본부 수자원연구실 연구위원 · E-mail : nwkim@kict.re.kr
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원 · 환경연구본부 수자원연구실 연구위원 · E-mail : jeus22@kict.re.kr

여기서, RFX, RFY : X(동서)방향, Y(남북)방향의 강수장 영역길이, OLX, OLY : 기상관측지점의 X(동서)방향, Y(남북)방향의 최대좌표값, OSX, OSY : 기상관측지점의 X(동서)방향, Y(남북)방향의 최소좌표값이다.

(2) 호우중심(Random storm center)의 설정

강수장의 영역이 설정되면, 호우중심은 아래식을 이용하여 강수장 영역의 임의의 한 지점으로 정의된다.

$$SCX = rnd \times RFX + 2 \times OSX - OLX \quad (3)$$

$$SCY = rnd \times RFY + 2 \times OSY - OLY \quad (4)$$

여기서, SCX, SCY : X(동서)방향, Y(남북)방향의 호우중심좌표, rnd : 임의의 수이다.

(3) 호우중심 강수량(Storm center rainfall)의 크기 결정

호우중심이 정의되면, 호우중심과 각 지점간의 거리에 따라 가중치를 부여하여 미리 구축된 관측지점별 기상매개변수로부터 호우중심의 기상매개변수(표 1)를 생성한다. 생성된 기상매개변수를 기준으로 먼저 강수량의 일별 발생유무와 그 크기를 정의한다. 일별 강수발생유무(건조일 혹은 습윤일)를 모의하기 위해 1차 Markov 연쇄 왜곡모형을 이용하였다. 습윤일에 대한 강수량의 크기는 Nicks(1974)가 제안한 왜곡분포를 이용하여 모의발생하였다.

(4) 지점별 강수량(Subareal rainfall) 생성

호우중심의 강수량 발생유무와 그 크기가 결정되고 난 후, 각 관측지점별 강수량은 아래 식들에 의해 정의된다. 긴 지속기간의 호우에 대하여 넓은 강수장의 범위를 제공하며, 호우중심에서 멀어질수록 작은 강수량의 크기를 정의한다.

$$RF(i) = NSA \cdot SCRF \cdot ZTP(i) / SUM \quad (5)$$

$$ZTP(i) = DRF_d \cdot (1.0+BXCT \cdot X(i)) \cdot (1.0+BYCT \cdot Y(i)) \quad (6)$$

여기서, RF(i) : 각 지점별 강수량(mm), SCRF : 호우중심 강수량(mm), NSA : 소유역 개수, ZTP(i) : 강우지속기간, 기상관측지점과 호우중심의 거리를 고려한 가중치, DRF_d : 지속기간별 거리에 따른 감소계수(김남원 등, 2005), SUM : 각 관측지점 ZTP의 합, BXCT, BYCT : X(동서), Y(남북) 방향 연강수량의 변화율(mm/km), i : 소유역 번호이다.

표 1. 강우생성에 요구되는 매개변수

Variable name	Definition	Unit
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	-

(5) 강수 이외의 기상자료 생성

강수량 생성이후, 각 지점별로 WXGEN(Sharply와 Williams, 1990)에서 제시한 방법으로 일단위의 최대/최소온도, 상대습도, 풍속, 일사량을 모의하였다. 해당일에 강우의 발생은 상대습도와 온도, 일사량에 영향을 미친다. 따라서, 강수 유무를 기준으로 생성된 기상값을 조정하였다.

3. 대상유역 현황 및 모형적용

본 연구의 대상유역으로 충주댐 상류유역을 선정하였다. 유역면적은 6,648km²이며, 대관령, 원주, 제천, 영월, 태백, 충주, 영주 7개 기상관측지점이 위치하고 있다(그림 2). 각 관측지점별로 20년(1986~2005년)의 강우자료에 대하여 표 1에 관한 매개변수를 산정하였다. 또한, 온도, 일사량에 대한 자료생성시 필요한 기상자료간의 상관계수를 분석하였다(그림 3). 강우를 포함한 관측자료의 분석을 통하여 각 지점별로 기상매개변수들을 산정하여, 앞서 제시한 기상모형의 이론을 적용하여 장기간의 기상자료를 생성하였다. 유역모형으로는 SWAT-K(과학기술부, 2007)을 선정하여, 20년간의 기상자료의 관측값과 모의값을 각각 적용하였을 경우에 대하여 유허분석을 수행하여 충주댐 지점 유입량의 재현성을 검토하였다.

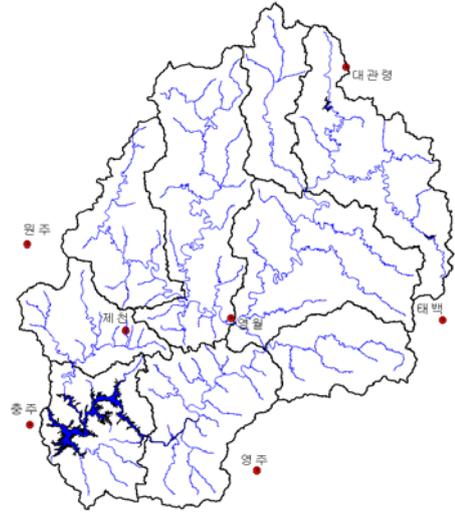


그림 2. 대상유역의 기상관측지점

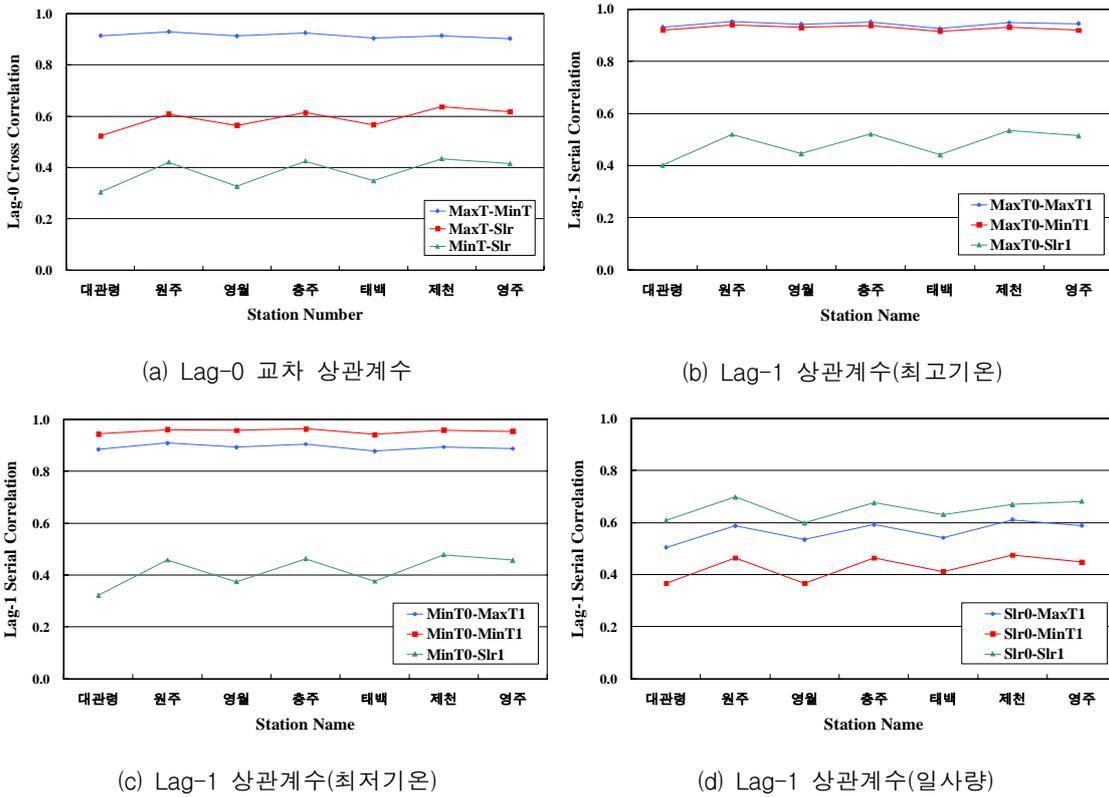


그림 3. 최대/최저 온도, 일사량 자료간의 상관계수

4. 분석결과

그림 4는 1986~2005년의 기간에 대하여 기상자료의 관측값과 생성값을 비교한 유허곡선이다. 기상자료의 관측값을 적용한 경우에 비하여, 생성값을 적용하였을 경우 고유량에서 과소추정되었으며, 중소유량에서는 과대추정되는 경향을 보였다. 이는 일강우의 크기를 재현할 때 큰 강우사상을 과소재현하는 경향이 있으며, 강우장의 생성시 유역전체에 걸쳐 강우가 발생하는 문제로 판단된다. 강우장의 생성시 한계영역을 설정할 수 있는 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단되며, 강우량에 대한 재현성을 높일 수 있는 적정분포형을

선정해야 할 것으로 판단된다.

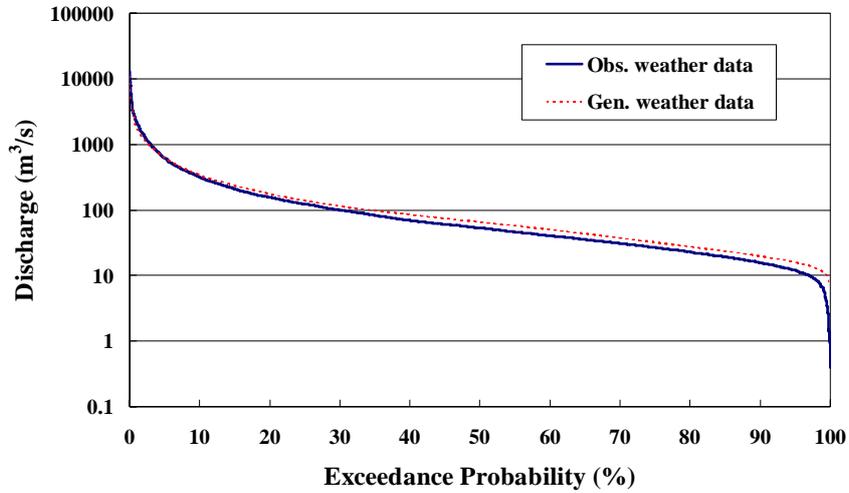


그림 4. 기상자료종류에 따른 유황곡선의 비교(관측 vs. 생성)

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 최근 이슈가 되고 있는 기후변화에 따른 수자원 평가의 중요한 도구인 기후시나리오 적용을 위한 다지점 추계학적 기상모형을 제안하고, 실제 대상유역에 적용하여 유황분석을 수행하여 그 재현성을 검토하였다. 이는 추계학적 방법과 확정론적 방법의 연계적용으로 기상자료의 생성부터 유역유출 시스템에 이르기까지 많은 불확실성이 내포되어 있다. 그러나, 이러한 불확실성을 줄이기 위하여 지속적인 연구를 통하여 문제점을 도출하고, 보다 논리적인 방법의 적용을 통하여 기후변화에 따른 수자원 평가의 타당성을 확보해 나가야 할 것이다.

감사의 글

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

참고 문헌

1. 과학기술부 (2007). 지표수 수문성분 해석시스템 개발, 한국건설기술연구원.
2. 김남원, 원유승, 이정은 (2005). "호우중심형 면적우량 감소계수." 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 1502-1505.
3. Sharpley, A. N. and J. R. Williams, eds. (1990). EPIC-Erosion Productivity Impact Calculator, 1. model docu
4. Williams, J.W., R.C. Izaurralde and E.M. Steglich (2008). Agricultural policy/Environmental extender model : Theoretical documentation, Version 0604, BREC(Blackland Research and Extension Center) Report # 2008-17.