

# 포아송과정을 이용한 가뭄의 공간분포특성 검토

유철상<sup>1)</sup>, 안재현<sup>2)</sup>

## 1. 서론

가뭄이나 홍수와 같은 극치사상의 특성화 또는 정량화는 그 대상 과정이 무엇이나에 따라 크게 다르다. 특히 홍수와 가뭄의 경우가 극단적으로 대조되는 극치사상의 특성을 잘 나타내 준다. 먼저, 홍수의 경우는 최대 유량을 이용해 상대적으로 쉽게 특성화되는데 반해, 가뭄의 경우는 그 지속기간, 평균심도 및 최대 심도 등 다양한 특성을 함께 살펴야 한다. 두 경우 모두 그 재현특성의 중요성은 재론의 여지가 없다. 그러나, 아직까지 가뭄의 여러 측면을 함께 고려하여 그 특성을 정량화 할 수 있는 방법론은 개발되어 있지 않다.

현재까지도 이러한 가뭄의 해석은 주로 RUN의 개념(Yevjevich, 1967)을 이용하는 경우가 일반적이다. 즉 주어진 절단수준(truncation level)에 대해 가뭄의 지속기간, 가뭄의 심도, 가뭄의 발생간격 등을 정의한 후 이를 시계열 분석하여 그 특성을 찾아보고자 하는 것이다(Chang, 1991; Wang and Salas, 1989). 최근에는 마코프 연쇄(Markov chain)를 이용하여 그 전이특성을 살펴보기도 한다(Chang and Kleopa, 1991). 마코프 연쇄를 적용하여 그 재현 및 지속특성을 함께 살펴보기도 하며(Fernandez and Salas, 1999a; 1999b), Bernoulli 시행 또는 DARMA(Discrete Auto Regressive Moving Average) 모형을 적용시키기도 한다(Chung and Salas, 2000).

포아송과정(Poisson process)을 이용하는 경우도 위의 경우와 크게 다르지는 않다. 포아송 과정을 따르는 경우 그 발생특성이 마코프 연쇄와 유사하게 나타난다는 것은 이미 알려진 사실이다(Rodriguez-Iturbe, 1986; Rodriguez-Iturbe et al., 1987). 그러나 포아송과정을 이용하는 경우는 다른 모형을 이용하는 경우에 비해 아주 큰 장점을 가지고 있다. 이는 포아송과정을 이용하는 경우만이 모형의 확장이 용이하다는 점이다. 즉, 가뭄의 발생을 포아송과정으로 모의하는 경우 그 지속기간이나 평균심도를 독립적으로 모형화하여 붙이기에 유리하다. 이는 간단히 포아송과정이 연속과정이라는 점에 기인한다.

본 연구는 포아송과정을 적용하여 가뭄의 재현 및 지속특성을 정량화 해 보는 것을 목적으로 한다. 특히, 가뭄의 공간분포 특성 파악을 위해 관측길이가 서로 다른 자료에 포아송과정을 적용하는 경우의 장·단점 등을 파악해 보고자 한다. 이를 통해 가뭄의 해석에 대한 포아송과정의 적용성을 파악할 수 있을 것이다.

## 2. 대상지역 및 자료

본 연구의 대상은 경기도 지역으로 한다. 경기도 지역은 국가하천인 한강의 하류유역과 임진강의 중·하류 유역을 포함하며 기타 안성천과 같은 지방하천 유역으로 구성되어 있다. 경기도 지역에는 다양한 길이의 기상자료가 가용하며, 자료의 질도 여타 지역에 비해 좋은 편이다. 본 연구에서는 기상청과 건설교통부 산하 43개 우량관측소의 월 강수량 자료를 이용하여 연구를 수행하였다.

## 3. 가뭄지수의 구성

수집된 강수 자료는 McKee 등(1993)이 제안한 SPI(Standardized Precipitation Index) 가뭄지수로 정량화 하여 분석에 이용하였다. SPI를 산정하기 위해서는 우선 시간단위별 누가강수 시계열을 구성하여야 하며 이는 이동 누가에 의한 방법으로 월 강수량을 시간단위에 따라 연속적으로 중첩하여 구한다. 즉, 각 월을 기준으로 하여 시간단위별로 해당하는 누가강수 시계열을 산정하게 되며 이를 누가된 월수로 나누어 고려해준 월에 따른 이동 평균 강수계열을 획득하면 된다. 지속시간별 시계열이 구성되면 이 시계열을 월별로 분석하

1) 고려대학교 토목환경공학과 부교수 (E-mail : envchul@korea.ac.kr)

2) 서경대학교 토목공학과 조교수 (E-mail : wrr@skuniv.ac.kr)

여 적정 확률분포형을 산정하고 산정된 적정 확률분포형을 이용하여 개개 변량의 누가확률을 산정한 후, 표준 정규 분포에 적용시켜 표준강수지수를 산정하게 된다.

#### 4. 포아송과정을 이용한 가뭄의 공간분석

본 연구에서 추정하고자 하는 가뭄의 지속특성은 궁극적으로는 가뭄의 연속적인 발생특성과 같다. 따라서 이러한 연속된 가뭄의 발생확률도 포아송 과정을 이용하여 추정할 수 있다. 이와 유사하게 가뭄의 재현특성은  $t$ 년 동안 가뭄이 전혀 발생하지 않을 확률로 나타낼 수 있다. 마지막으로, 가뭄의 평균 재현기간은 단순히 포아송 과정의 매개변수의 역수로 나타난다. 그러나 평균 지속기간은 각 지속기간별 발생확률을 지속기간과 곱하여 계산할 수 있다. 이러한 과정을 통해 관측자료에 나타난 가뭄의 재현 및 지속 특성을 모형의 그것과 비교할 수 있으며 이를 통해 모형의 적절성을 파악할 수 있다.

가뭄의 거동특성 분석을 위해서는 적절한 절단수준의 설정이 필요하며 그 설정도 어떤 지수를 사용하는가에 따라 달라진다. 일반적으로는 가뭄지수의 개발에 따라 제안된 상태의 분류를 기준으로 하게 된다. 그러나, 이러한 기준, 즉 가뭄을 정의하는 절단수준(truncation level)에 대해 가뭄의 재현 특성이 포아송 분포를 따르는 지를 확인해야 한다. 그렇지 않을 경우 포아송분포의 적용은 어렵다. 본 연구의 결과 기준 SPI의 약한 가뭄의 기준인 -1.0 및 강한 가뭄의 경우인 -1.5와 -2.0에 대해 포아송분포를 따르는 지를 확인하였다. 아울러 추후의 분석도 가뭄 기준 -1.0, -1.5 및 -2.0의 모든 경우에 대해 수행하였다.

유철상(2002)의 연구에서 살펴본 바와 같이 포아송 과정을 이용하여 가뭄의 재현 및 지속 특성을 정량화할 수 있다. 본 연구에서는 특히 관측자료의 분석에서 확연히 드러나지 않는 가뭄의 공간적 발생 및 지속 패턴을 모형을 이용함으로써 확인하는 것이 본 분석의 초점이다. 부연하여 설명하면, 가뭄의 발생은 연속적인 과정 속에서의 현상이므로 간헐적으로 발생한 사상에서뿐만 아니라 전체 자료를 고려하여서도 추출할 수 있다는 것에 근거한다. 따라서, 장기간의 관측기록이 존재하는 경우는 두 경우가 일치하는 결과를 줄 것이나, 짧은 관측기록만이 존재하는 경우는 모형과 관측기록에 의한 결과가 크게 다를 수 있다. 본 연구에서 기대하는 결과도 지점마다 관측기록의 길이가 달라 궁극적으로 공간적 패턴을 왜곡시키는 결과를 줄 수 있으므로 모형을 이용하면 보다 일관된 공간패턴을 유도할 수 있지 않을까 하는 것이다. 본 연구에서는 다양한 가뭄기준에 대해 관측치를 이용한 결과와 모형에 의한 결과를 비교하였다(그림 1 - 4).

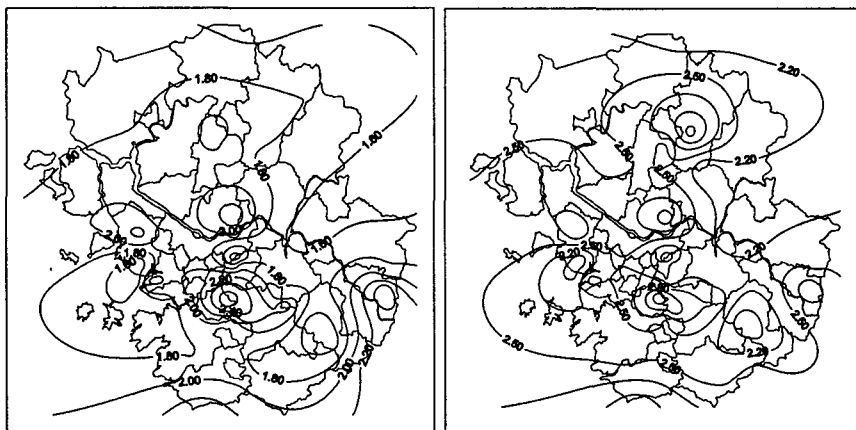


그림 1. 관측된 가뭄과 모형 결과의 비교: 지속특성 (지속기간 3개월 SPI; 기준 -1.0)

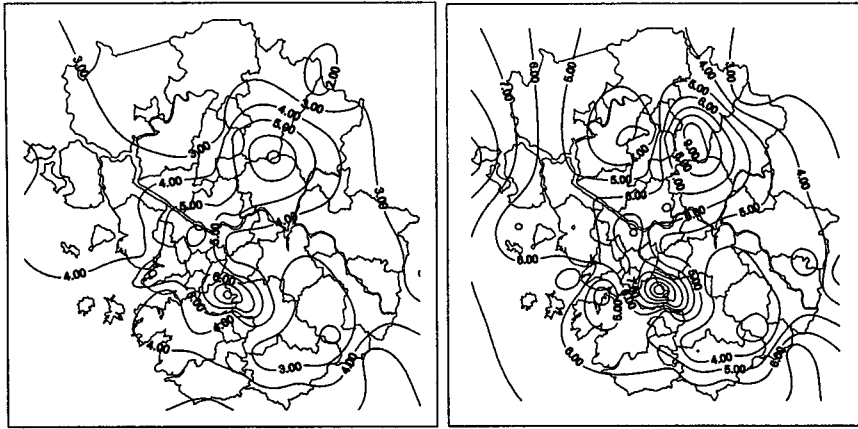


그림 2. 관측된 가뭄과 모형 결과의 비교: 지속특성 (지속기간 12개월 SPI; 기준 -1.0)

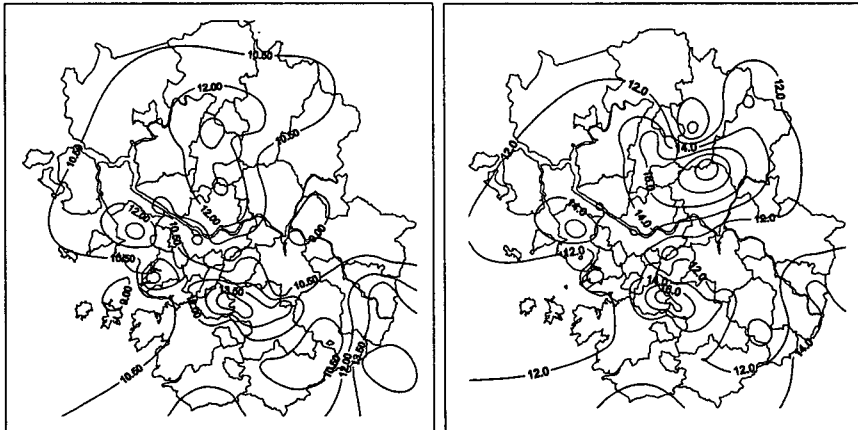


그림 3. 관측된 가뭄과 모형 결과의 비교: 재현특성 (지속기간 3개월 SPI; 기준 -1.0)

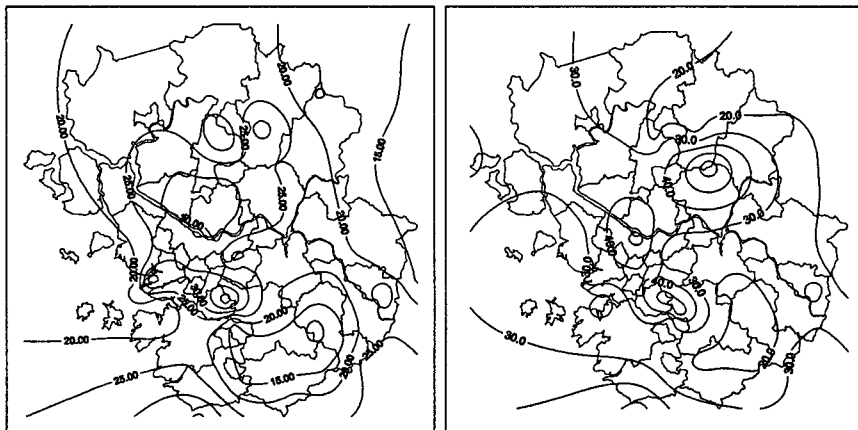


그림 4. 관측된 가뭄과 모형 결과의 비교: 재현특성 (지속기간 12개월 SPI; 기준 -1.0)

## 5. 결론

본 연구에서는 경기도 지역을 중심으로 관측자료에 근거하여 아울러 포아송과정을 적용하여 가뭄의 재현 및 지속특성을 정량화 해 보았다. 본 연구에서는 관측된 월 강수량 자료를 가뭄지수인 SPI로 변환하여 분석에 이용하였다. 특히, 가뭄의 공간분포 특성 파악을 위해 관측거리가 서로 다른 자료에 포아송과정을 적용하는 경우의 장·단점 등을 파악해 보고자 하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 포아송 과정을 이용한 가뭄의 정량화는 특히 관측기록이 짧은 경우에 유리한 것으로 나타났다. 특히, 공간적으로 가까운 위치에 있는 두 지점의 특성은 관측기록의 길이에 덜 민감하며, 따라서 전체적으로 유사한 특성을 나타냄을 확인할 수 있었다.

(2) 지점별 관측기록의 길이가 크게 다른 경우 모형에 의한 가뭄의 공간적 특성 파악이 단순히 관측자료를 이용한 경우에 비해 우월할 수 있다. 본 연구의 경우에 있어서도 모형을 이용한 경우 가뭄의 공간분포가 관측을 직접 분석하여 얻은 가뭄의 공간분포보다 뚜렷하게 나타남을 확인할 수 있었다.

## 6. 참고문헌

- 유철상 (2002). 포아송 과정을 이용한 가뭄의 재현 및 지속특성 분석, 한국수자원학회 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 1262-1267.
- Chang, T. J. (1991). Investigation of precipitation droughts by use of Kriging method, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE*, 117(6), pp. 935-943.
- Chang, T. J. and Kleopa, X. A. (1991). A proposed method for drought monitoring, *Water Resources Bulletin*, 27(2), pp. 275-281.
- Chung, C. and Salas, H. D. (2000). Drought occurrence probabilities and risks of dependent hydrologic processes, *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, 5(3), 259-268.
- Fernandez, B. and Salas, J. D. (1999a). Return period and risk of hydrologic events. I. Mathematical formulation, *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, 4(4), 297-307.
- Fernandez, B. and Salas, J. D. (1999b). Return period and risk of hydrologic events. II. Applications, *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, 4(4), 308-316.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J (1993) The relationship of drought frequency and duration of time scales, Department of Atmospheric Science Colorado State University, Fort Collins, CO B0523.
- Rodriguez-Iturbe, I. (1986). Scale fluctuation of rainfall models, *Water Resources Research*, Vol. 22, No. 9, pp. 15S-37S.
- Rodriguez-Iturbe, I., Febres De Power, B., and Valdes, J. B. (1987). Rectangular pulses point process models for rainfall: Analysis of empirical data, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 92, No. D8, pp. 9645-9656.
- Yevjevich, V. (1967). An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts, *Hydrology Papers No. 23*, Colorado State University, Fort Collins, USA.
- Wang, D.-C. and Salas, J. D. (1989). Stochastic modeling and generation of droughts, *Hydrologic Engineering 89 Proceedings*, ASCE.