

# 하천수위와 지하수위에 대한 가뭄특성 분석

## Analysis of Drought Characteristics for River and Groundwater Stages

김형수\* · 김명구\*\* · 윤용남\*\*\* · 김정환\*\*\*\*

### 1. 서 론

가뭄에 관한 연구의 궁극적인 목적이 가뭄의 감시(monitoring)와 예측(forecasting)이라고 볼 때, 우선 가뭄의 객관적 정의나 기준이 필요할 것이다 (최영진 등, 1994). 가뭄은 비가 오지 않거나 적게 오는 기간이 오랫동안 지속되는 현상이라고 말할 수 있으나, 사실상 가뭄에 관한 정확한 정의를 단정하기는 힘들다. Palmer (1965)는 가뭄을 “ 주어진 지점에서 실제 수분공급이 기후적으로 필요한 수분공급보다 적은 수개월 또는 수년의 기간이 지속되는 현상”으로 정의하였으며, Yevjevich(1967)는 가뭄을 객관적으로 정의하기 위하여 절단수준(truncation Level)과 그에 따라 결정되는 물 부족에 관한 자료계열의 통계적 속성인 런(run)을 이용하여 가뭄을 정의하고 분석하였다. 즉, 적절한 절단수준을 선택하고 그 값에 따라 가뭄의 시작과 종료점, 가뭄기간, 그리고 가뭄심도 및 강도를 정의한 것이다. 또한 Sen(1980)은 수문학적 가뭄의 통계학적인 분석에 런(run)을 이용하였고, Dracup 등(1980)은 지속기간과 절단수준을 이용하여 수문현상을 가뭄, 저수, 풍수, 홍수로 분류하여 제시하였다. 이처럼 많은 학자들은 절단수준을 수문현상에 적용하여 가뭄의 심도 및 기간을 정의하는 기준으로 주로 사용하여 왔다.

최근에 와서는 이러한 절단수준이 수문현상의 분석에 사용되는 하나의 방법으로 자리잡아 “절단수준법(method of truncation level)”으로 불리게 되었으며 이에 대한 연구가 폭넓게 시도되었다. Wang과 Salas(1989)는 절단수준법에 따라 유출량을 분류한 후, 선형 및 비선형 추계학적 모형을 이용해 가뭄사상을 재현하여 두 모형을 비교하였다. Chang과 Stenson(1990)은 도시위치법(plotting position method)으로 유출자료의 재현기간에 따른 가뭄을 정의하고, 절단수준법으로 정의된 가뭄과 비교하여 가뭄기간 및 심도를 분석하였으며, Chang과 Kleopa(1991)는 가뭄의 발생을 파악하기 위해서 절단수준법을 하천유량, 강수량, 지하수, 기온, 호수수위등과 같은 여러 수문사상에 적용하였고 절단수준에 따른 가뭄기간의 조건부 확률을 산정하였다.

가뭄의 해석에 있어서 중요한 것은 그 지속기간의 해석이며 절단수준법은 지속기간을 해석하

---

\* 선문대학교 건설공학부 전임강사

\*\* 고려대학교 토목환경공학과 석사과정

\*\*\* 고려대학교 토목환경공학과 교수

\*\*\*\* 고려대학교 토목환경공학과 박사과정 수료

는데 매우 유용하다. 따라서, 본 연구에서는 지하수위와 하천수위 자료에 대해 절단수준법을 이용, 가뭄의 지속기간과 가뭄의 심도를 결정하고 그 관계를 분석하고자 한다.

## 2. 절단수준값과 조건부 확률값의 결정

절단수준법이 가뭄사상의 분석에 이용되는 이유는 단기간에 발생했다가 소멸되는 홍수의 특성과는 달리 가뭄은 장기간 지속된다는 특징을 가지고 있으며, 따라서 어떤 수문사상이 가지는 절단수준 이상이나 이하의 값에 대한 분석을 통해 가뭄의 지속기간 및 심도 등에 대한 정의가 가능하기 때문일 것이다.

Chang(1991)은 기존의 절단수준법을 변형한 절단수준법을 제안하였다. 즉, 절단수준을 결정하기 위해 먼저 각 지점의 과거 자료를 올림차순으로 재배열한 뒤 유량, 강우량, 수위등에 대한 절단수준을 식 (1)과 같이 결정하였고, 지하수위 강하고나 온도등에 대해서는 식 (2)와 같은 공식을 제안하였다. 식 (1)과 (2)의 절단수준 결정방법에 차이가 나는 이유는 가뭄기간동안 유량, 강우량, 수위등은 작아지고 지하수위 강하고나 온도등은 커지기 때문이다.

$$i = \frac{100 - X}{100} N \quad (1)$$

$$i = \frac{X}{100} N \quad (2)$$

여기에서,

$i$  = 절단수준에 따른 시계열의  $i$  번째 위치

$X$  = 임의 절단수준 (%)

$N$  = 시계열의 총수

유량, 강우량, 수위 그리고 지하수위 강하고, 온도등에 대한 절단수준법의 도식적 모형은 그림 1과 2에 도시하였다. 임의 절단수준  $X$ 는 70%, 80%, 90%, 95%를 적용하였고 70%미만은 현실적으로 가뭄으로 느끼기에는 낮은 절단수준이기 때문에 적용하지 않았다. 가뭄의 특성을 결정하기 위하여 Chang(1991)은 조건부 확률을 식 (3)과 같이 제안, 적용하였다.

$$P [A/B] = \frac{N [A \cap B]}{N [B]} \quad (3)$$

여기에서,

$P [A/B]$  = 임의 절단수준  $B$ 에서 보다 높은 절단수준  $A$ 로 갈 확률

$N [A \cap B]$  = 절단수준  $A$ 로 발전 가능한 임의 절단수준  $B$ 의 가뭄기간사상군의 개수

$N [B]$  = 임의 절단수준  $B$ 에서의 가뭄기간사상군의 개수

식 (3)은 70%에서 80%로 발전할 조건부 확률이 0.3이라면 절단수준 70%의 가뭄사상중에 30%가 절단수준 80%의 가뭄사상으로 발전할 것임을 의미한다. 수위는 작을수록 가뭄이 심각해지므로 그림 1과 같이 절단수준의 값이 0에 가까울수록 가뭄의 정도가 더하고 지하수위 강하고는 그림 2와 같이 절단수준의 값이 클수록 가뭄의 정도가 더 커짐을 알 수 있다.

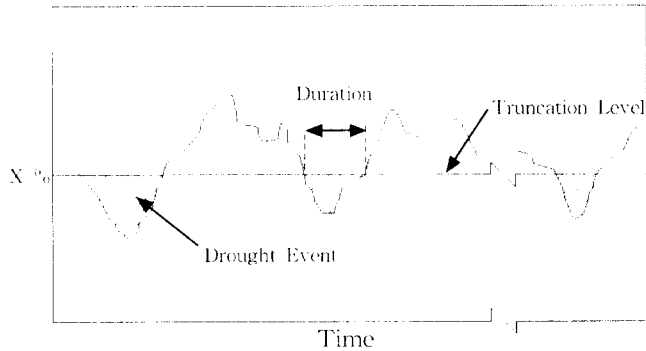


그림 1. 유량, 강우량, 수위에 대한 절단수준의 도식적 가뭄분석

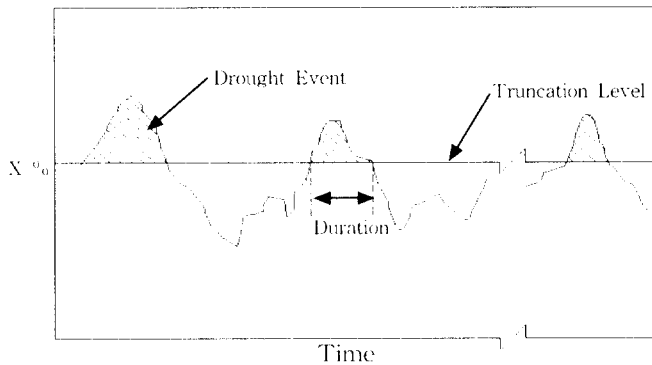


그림 2. 지하수위 강하고나 온도에 대한 절단수준의 도식적 가뭄분석

가뭄을 나타내는 인자들로서 통상적으로 가뭄발생 지속기간(drought duration), 가뭄발생의 심도(drought severity), 가뭄발생 강도(drought intensity)등을 이용하나 Chang(1991)은 평균 가뭄발생 지속기간과 어떤 위험수준의 가뭄이 보다 높은 위험수준으로 발전할 조건부 확률을 사용하였다. 그러나, 본 연구에서는 가뭄발생 지속기간, 가뭄발생의 심도 및 조건부 확률을 이용하여 분석을 실시하고자 한다.

### 3. 하천수위와 지하수위의 적용 및 분석

본 연구에서는 평창강 유역의 상안미 지점(IHP 연구보고서, 1990-1994)의 하천수위와 지하수위 자료를 이용하였으며, 분석에 이용한 지하수관련 자료는 수위 강하도가 아닌 지하수위이므로 수위와 같은 특성을 갖는다. 따라서, 본 연구에서는 수위와 지하수위자료 모두 식 (1)을 이용하여 절단수준을 결정하였다. 상안미 지점의 수위와 지하수위에 대한 절단수준별 가뭄발생 특성치들을 표 1에 나타내었다. 표 1을 보면 가뭄발생 총기간, 가뭄발생 지속기간군의 총수, 평균가뭄발생 심도등은 가뭄의 특성을 잘 표현하고 있다. 그러나, 평균가뭄발생 기간은 수위와 지하수위에서 차이를 보이고 그 크기 또한 절단수준별로 다르다는 것을 알수 있다. 이는 절단수준별로 산정된 총가뭄기간을 가뭄발생 지속기간군의 총수로 나눈 결과이며, 수위와 지하수위에 대해 평균가뭄발생 기간이 서로 다른 것은 수위와 지하수위의 변동폭이 서로 다를 것을 알수 있다.

표 1. 수위와 지하수위 분석결과

절단수준 (%)	수위				지하수위			
	70%	80%	90%	95%	70%	80%	90%	95%
절단값 (m)	0.44	0.38	0.28	0.21	5.48	5.34	5.18	5.04
가뭄발생 총기간 (day)	556	372	159	73	537	367	182	92
가뭄발생 지속기간군의 총수	37	17	7	8	23	20	16	4
평균가뭄발생 기간 (day)	15	22	23	9	23	18	11	23
평균가뭄발생 심도(m·day)	183.1	105.9	35.5	13.6	2813.3	1892.4	918.0	455.0

Chang(1991)이 제안한 식 (3)은 건기와 우기가 뚜렷한 우리나라에서는 수위의 폭이 크므로 적당하지 않으며 수문사상의 특성에 따라 식의 타당성이 적합하지 않은 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는  $N[B]$ 를 임의 절단수준  $B$ 에 포함되는 수위 또는 지하수위의 가뭄심도로 변환시켜 계산하였다.

Chang의 방법(표 2)으로 조건부 확률을 구한 값은 90%에서 95%로 발전할 조건부 확률값이 수위의 경우 1을 초과하고 지하수위의 경우는 급속히 감소하는 비현실적인 값이 나왔으나 본 연구의 방법(표 3)을 수위와 지하수위에 적용한 결과 타당한 조건부 확률값을 얻을 수 있었으며, 수위와 지하수위 분석결과에서 90%에서 95%으로의 조건부 확률이 이전 조건부 확률보다 크게 나온 이유는 총기간은 줄었지만 절단수준 90%에서 95%으로 발전하는 비율이 80%에서 90%로 발전하는 비율보다 크기 때문이다.

표 2. 수위와 지하수위의 조건부 확률 (Chang의 방법)

조건부 확률	수위	지하수위
70%→80%	0.4595	0.8696
80%→90%	0.4118	0.8000
90%→95%	1.1429	0.2500

표 3. 수위와 지하수위의 조건부 확률(본 연구 방법)

조건부 확률	수위	지하수위
70%→80%	0.5785	0.6727
80%→90%	0.3354	0.4851
90%→95%	0.3819	0.4957

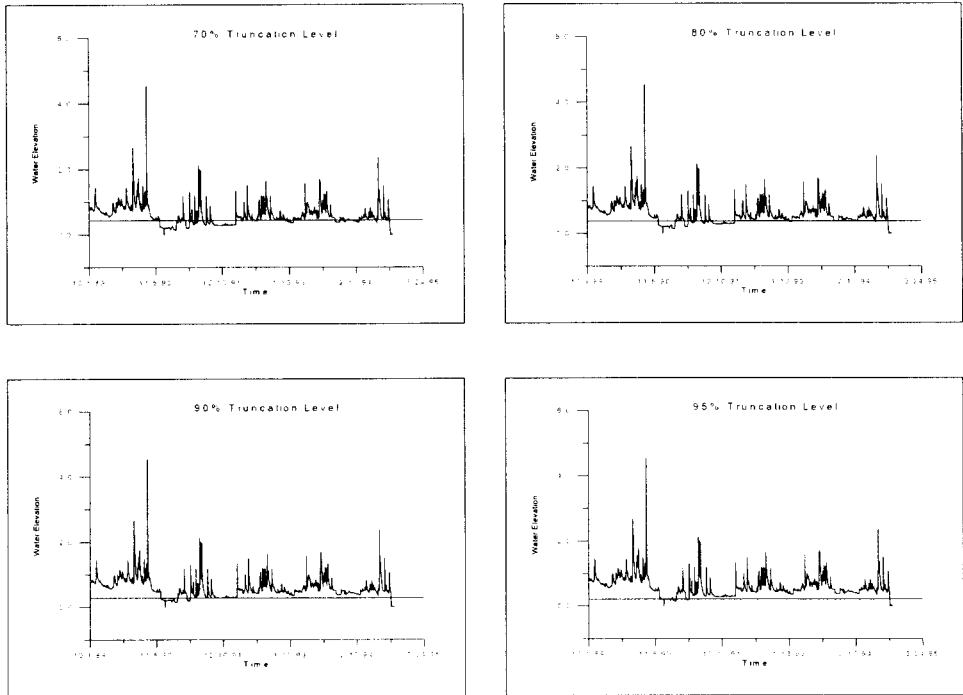


그림 3. 수위의 절단수준

수위와 지하수위의 절단수준에 따른 가뭄특성의 비교를 위하여 그림 3과 4에 각 자료에 대한 절단수준들을 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 수위와 지하수위가 비슷한 경향을 보이고 있으며 본 연구에서 적용한 절단수준법의 가능 확률의 경향도 수위와 지하수위가 비슷함을 알 수 있

다. 수위와 지하수위 모두 70%의 가뭄심도가 보다 높은 수준으로 발전할 경향이 높은 반면 90%의 가뭄심도에서는 비슷한 수준에 머무는 양상을 파악할 수 있다.

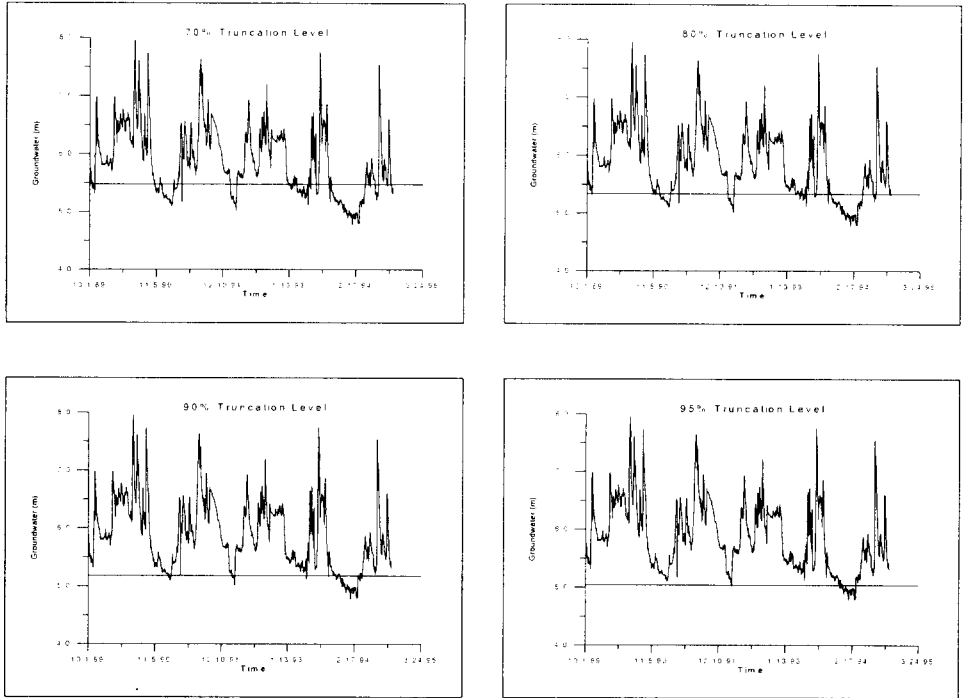


그림 4. 지하수위의 절단수준

#### 4. 결 론

본 연구에서는 기존의 절단수준법을 수위와 지하수위에 변형, 적용하였고 가뭄기간시 수위와 지하수위와의 관계를 분석하였다. 가뭄분석에 있어 절단수준의 적용은 가뭄의 정도를 결정하는데 있어서 필수적인 요소인 가뭄발생 기간과 심도를 계산할 수 있고 이들을 통해 저수지 운영 및 조절에 중요한 역할을 할 수 있을 것이다. 또한 수위와 지하수위와의 관계를 효과적으로 추정해냄으로써 가뭄기간동안 수위와 지하수위의 적절한 활용을 모색해 볼 수도 있을 것이다. 그리고 조건부 확률을 구함으로써 가뭄의 정도를 결정하여 그에 따른 대응책을 마련할 수도 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서 고려한 가뭄인자들은 수위와, 지하수위와의 관계만을 분석하였으나 그밖에 가뭄에 많은 영향을 주는 수문사상들(유량,강우량, 증발산량, 기온등) 을 고려하여 그 관계를 분석할 수 있다면 보다 더 효과적인 가뭄감시와 운영을 할 수 있을 지도 모른다. 또한 이러한 수문사상들을 한 유역에 적용할 수 있다면 유역 전체의 가뭄해석을 보다 더 신뢰성 있게 해석 할 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구를 위해 자료를 제공해 주신 서남대학교 토목공학과 박상우 교수님께 감사드립니다.

## 5. 참고 문헌

- 1) 국제수문개발계획 (IHP) 연구보고서(1990-1994), 건설교통부.
- 2) 최영진, 김현미, 최병철(1994) "한국의 기후자료를 이용한 PALMER 가뭄지수와 습윤이상 지수의 비교분석", 한국수공학연구발표회논문집, pp.233-241.
- 3) Chang, T.J. and X.A. Kleopa(1991). "A Proposed Method for Drought Monitoring." Water Resource Bulletin, Vol. 27, No. 2, pp. 275~281.
- 4) Chang, T.J.(1991). "Investigation of Precipitation Droughts by Use of Kriging Method." J. of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 117, No. 6, pp. 935~943.
- 5) Chang, T.J. and J.R. Stenson(1990). "Is it Realistic to Define A 100-year Drought for Water Management?" Water Resource Bulletin, Vol. 26, No. 5, pp. 823~829.
- 6) Dracup, J.A., K.S. Lee and E.G. Paulson, Jr.(1980). "On the Definition of Droughts." Water Resources Research, Vol. 16, No. 2, pp. 297~302.
- 7) Palmer, W.C.(1965). "Meteorologic Drought. U.S. Department of Commerce", Weather Bureau, Research Paper No.45, pp. 58.
- 8) Sen, Z.(1980). "Statistical Analysis of Hydrologic Critical Droughts." J. of the Hydraulics Division, ASCE 106(HY1), pp. 99~115.
- 9) Wang, D. and J.D. Salas(1989). "Stochastic Modeling and Generation of Droughts." '89 Proceedings of National Conference on Hydraulic Engineering, HY Division, ASCE, New Orleans, pp. 50~57.
- 10) Yevjevich, V.(1967). "Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts." Hydrology Papers, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.