

# 기후학적 물수지에 의한 금강유역 가뭄사례 분석

## Case analysis of the drought events in Geum river basin with climatic water balance.

김주철\*, 안정민\*\*, 이상진\*\*\*, 황만하\*\*\*\*

Joo Cheol Kim, Jung Min Ahn, Sang Jin Lee, Man Ha Hwang

### Abstract

Water related disasters frequently occur in these days due to global warming and climatic change. This give us that the trend of mal-distribution of available water resources would be increased and the environment of water resources management getting much worse. Therefore the establishment of the effective strategy should be required for water resources management urgently. In this paper the hydrological characteristics and corresponding social phenomena of the drought events in Geum river basin are inspected in depth. The word, social phenomena, means not the quantitative damage but the qualitative social influences and its main characters are analyzed by the collections of the mass media articles. This study will be helpful in prognosticating the future drought occurrence and the establishment of counterplan to them.

*Key words:* Climatic water balance, drought events, Social phenomena

### 1. 서론

최근 지구온난화 및 기후변화로 인한 물 관련 재해들이 빈번하게 발생하고 있다. 이를 수문학적 관점에서 고려해 본다면 물 순환과정 내 성분별 거동특성의 변화로 해석할 수 있을 것이다. 우리나라의 경우 과거에 비하여 유역의 건조현상(예를 들어 봄 가뭄)이나 국지성 호우(혹은 돌발홍수)에 의한 재난 발생(신현석 등, 2004; 이주현 등, 2006)이 증가추세에 있으며 이는 유역단위의 물 관리 차원에서 가용 수자원의 시/공간적 편재(偏在)현상의 심화를 암시하는 것으로 장래 수자원 관리환경이 어려워질 것임을 시사하고 있다. 따라서 이에 적절하게 대응하기 위하여 유역의 습윤/건조 상황에 대한 지속적인 모니터링을 바탕으로 효율적인 물 관리 전략의 수립이 절실히 요구된다 할 수 있다. 근래 GIS 및 R/S를 기반으로 한 지리정보처리 기술의 발달은 광범위한 유역 규모의 습윤/건조 상황에 관한 정보의 수집을 가능하게 하고 있다. 유역차원에서의 정보는 비교적 넓은 지역을 대상으로 하므로 지점에서의 정보수집방법보다는 공간적 기법 및 R/S에 의한 방법을 이용하는 것이 공간적/질적 불균형이 없는 연속적인 자료를 수집하는 효과적인 방법이다. 따라서 이러한 시도는 대규모 유역관리 측면에서 유역의 습윤/건조 상황에 관한 정량적인 정보를 제공할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 기후학적 물수지 방법(신사철 등, 2008)에 의해 금강유역의 가뭄사

\* 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [kjoocheol@hanmail.net](mailto:kjoocheol@hanmail.net)  
\*\* 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [ahnjm80@naver.com](mailto:ahnjm80@naver.com)  
\*\*\* 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [sjlee@kwater.or.kr](mailto:sjlee@kwater.or.kr)  
\*\*\*\* 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : [hwangmh@kwater.or.kr](mailto:hwangmh@kwater.or.kr)

상들에 대한 수문학적 특성을 살펴보고 이에 대응하는 사회적 현상을 분석해 보고자 한다. 여기서 사회적 현상이란 가뭄발생에 따른 정량적인 피해 규모보다는 정성적인 사회적 영향을 나타내기 위한 것으로 각종 언론매체를 통하여 보도된 금강유역에 대한 가뭄관련 기사를 수집하고 그 특성을 분석하기로 한다. 이러한 분석은 향후 유역의 가뭄발생의 예건이나 가뭄발생에 따른 대처방안을 수립하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

## 2. 기후학적 물수지에 의한 유역의 습윤/건조 상태의 분류

Fig. 1은 기후학적 물수지 개념에 대한 모식도로서 실제 물수지 산정을 위한 입력 자료로는 강우분포(P), 실제증발산량분포(E), 잠재증발산량분포(PE)가 필요하며 임의지점에서의 강우량(공급량)과 증발산량(수요량) 사이의 대소 관계에 의해 토양수분(Sm), 과잉수분량(S) 및 부족수분량(D)을 결정하게 된다(신사철 등, 2008).

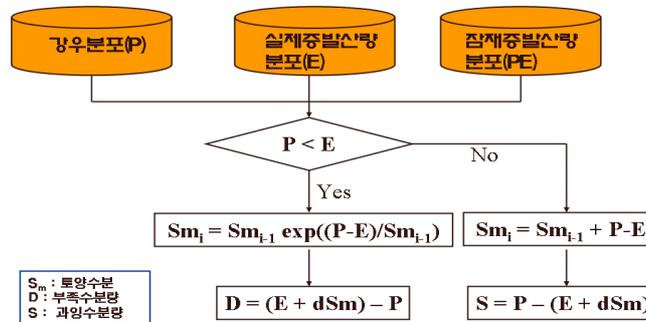


Fig 1. Flow chart of climatic water budget model

Fig. 1의 과정을 통하여 산정되는 과잉수분량과 부족수분량을 잠재증발산량과 결합하여 Thornthwaite(1948)은 다음과 같은 습윤 지표를 제안하였다.

$$Im_i = \frac{100(S_i - 0.6D_i)}{PE_i} \quad (1)$$

여기서  $Im_i$ 는  $i$ 월의 습윤 지표,  $S_i$ 는  $i$ 월의 과잉수분량(mm),  $D_i$ 는  $i$ 월의 부족수분량(mm) 그리고  $PE_i$ 는  $i$ 월의 잠재증발산량(mm)을 나타낸다. 본 연구에서는 Eq. (1)로부터 산정되는 월별 습윤 지표의 누적확률밀도함수(cumulative density function; CDF)  $P(x)$ 를 이용하여 유역의 습윤/건조 상태를 분류하여 보았다. Table 1은 상기한 과정에 따라 설정한 습윤/건조 상태의 분류기준으로서 건조와 습윤은 각각 강(Strong), 중(Mild), 약(Weak) 그리고 정상은 건조정상(DN, Dry Normal), 정상(N, Normal), 습윤정상(WN, Wet Normal)으로 세분화하여 보았다. 이로부터 Eq. (1)을 통하여 산정된 습윤 지표를 Table 1의 기준에 따라 분류하여 유역의 습윤/건조 상태를 파악할 수 있으며 만약 고려하는 습윤 지표가 건조의 범주에 속할 경우 대상유역에서는 가뭄사상이 발생할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

Table 1 Classification criteria of Wet/Dry state by  $P(x)$

Wet/Dry condition		Symbol	$P(x)$	
			Lower limit	Upper limit
Dry	Strong Dry	SD		0.111
	Dry	D	0.111	0.222
	Weak Dry	WD	0.222	0.333
Normal	Dry Normal	DN	0.333	0.444
	Normal	N	0.444	0.555
	Wet Normal	WN	0.555	0.666
Wet	Weak Wet	WW	0.666	0.777
	Wet	W	0.777	0.888
	Strong Wet	SW	0.888	

### 3. 금강유역의 과거 가뭄사상

금강유역의 과거 주요 가뭄사상들에 대하여 월별 습윤 지표를 Eq. (1)을 이용하여 산정하고 전술한 기준(Table 1)에 따라 분류하여 보았다. Fig. 2는 산정된 월별 습윤 지표를 시계열 형태로 도시해 본 것으로 그림 중앙의 세 직선은 각각 약한 건조(WD), 건조(D), 강한 건조(SD)의 상한계를 의미한다. 이상의 분류과정에서 총 39개의 월별 습윤 지표가 건조 상태로 나타났으며 Fig. 2에서 보는 바와 같이 건조 상태의 지속양상에 따라 총 11개의 가뭄사상(원으로 표시)을 선별할 수 있었다. 여기서 주목할 만한 사항은 2001년에 대한 산정결과로서 하절기(6, 7, 8월) 및 일부기간(10월)을 제외한 대부분의 월별 습윤 지표가 건조 상태에 해당함을 확인할 수 있다. 실제로 2001년은 대표적인 갈수년(渴水年)으로 파악되며 2000년 이후 거의 매년 동절기와 춘절기에 건조 상태가 나타나는 것으로 보여 금강유역의 경우 봄 가뭄의 발생 빈도가 전반적으로 증가추세에 있는 것으로 분석된다.

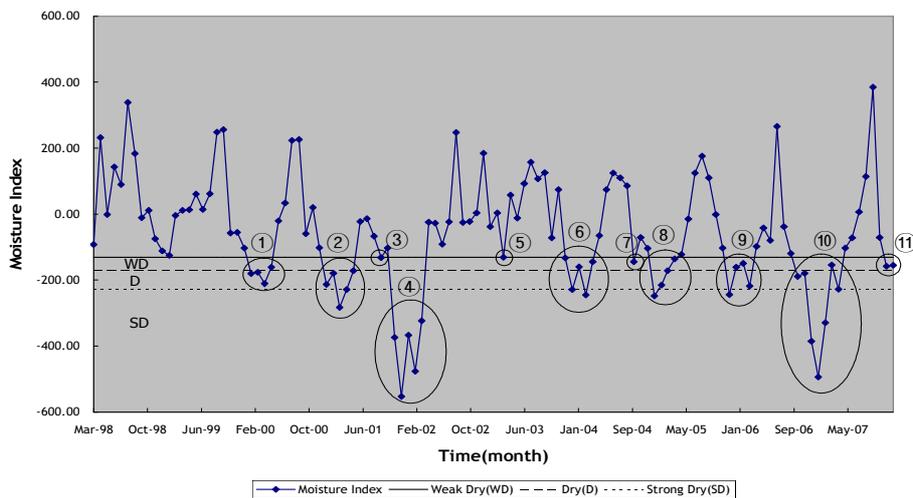


Fig. 2 Time series of monthly moisture index

11개 가뭄사상들 중 2개 사상(④, ⑩번 사상)은 강한 건조, 5개 사상(①, ②, ⑥, ⑧, ⑨번 사상)은 건조, 4개 사상(③, ⑤, ⑦, ⑪번 사상)은 약한 건조의 범주에 해당하는 것으로 나타났다. 건조

상태별 지속기간의 경우 1) 강한 건조 : 5~7개월, 2) 건조 : 4~5개월, 3) 약한 건조 : 1~2개월로 건조 상태의 지속기간이 길수록 가뭄심도가 커지는 경향을 확인할 수 있다. 건조 상태별 평균저수율은 대청댐의 경우 1) 강한 건조 : 35~45%, 2) 건조 : 45~55% 3) 약한 건조 : 55~60% 정도로 나타나 가뭄심도에 따라 저수율이 낮아지는 비교적 일관성 있는 경향을 찾을 수 있다. Table 2는 상기한 가뭄사상들에 대한 사회적 현상을 정리한 것이다.

**Table 2 Social phenomena based on drought events**

year	month	wet/ dry	No	main social phenomena
2000	5	D	①	- 기온상승에 따른 수온변화와 가뭄으로 4대강 수질 악화
2001	4	D	②	- 전국 40~45일째 건조주의보/강수량 예년대비 9~30% ⇒ 봄 가뭄 심각/일부지역 격일 급수제 시행
	5			- 봄 가뭄으로 전국 11개 다목적댐 평균저수율 38% ⇒ 대청댐 44.5%
	6			- 가뭄 지속으로 인하여 금산군, 공주시, 천안시 일부지역 제한급수 예정 - 금강호 담수자원 공급시설부족으로 적극 활용 불가 - 극한가뭄 지속으로 가뭄피해 확산 ⇒ 삽교호 농업용수 단수 - 바닷물의 역류로 염해 ⇒ 충남 태안군 야산 샘물에서 염분 섞여 나와 물 공급 중단 - 17일부터 사흘간 내린 비로 가뭄사실상 해갈
	9	WD	③	- 가을가뭄으로 11개 다목적댐 평균저수율 40.4% ⇒ 대청댐 37.9% - 대청댐 수위 63.17m ⇒ 대전지역 물 사용이 많은 시설 주2회 휴무제 - 8개 용수전용댐 평균저수율 46.4% - 가을가뭄으로 4대강 수질 악화
2002	2	SD	④	- 13개 다목적댐 평균저수율 35.6% ⇒ 용담댐 20.7%, 대청댐 40.9% - 전국 18,000여개 농업용 저수지 평균저수율 72% ⇒ 30% 미만 283개소 - 다목적댐 저수율 35.1% ⇒ 대청댐 40.7%
	3			- 전국 21개 시·군 제한급수 ⇒ 93,000 여명 생활 용수난 - 4대강 수질악화 ⇒ 금강 수계 댐 방류 급감/오염도 급상승
2004	2	D	⑥	- 겨울가뭄 ⇒ 충청지역 평균 강수량 16.5mm/평년 절반수준 - 충북 영동, 옥천, 진천, 음성, 보은군 등지 식수부족현상 - 농업용 저수지 평균저수율 94% ⇒ 2003년 태풍매미의 영향
2006	2	D	⑨	- 겨울가뭄으로 용담댐 저수율 39.9% ⇒ 만경강 수질악화
	10	SD	⑩	- 충청지역 도내 평균 강수량 평년 대비 34% 수준 ⇒ 밭작물 수확감소/산간지역 식수난 - 충남 서천, 태안, 당진군 등지 가뭄으로 인한 생활용수 고갈 - 전북지역 도내 강수량 평년대비 32~40% 수준 ⇒ 밭작물 생육지연
2007	1			- 강수량 감소로 전국 15개 다목적댐 평균저수율 42.3% ⇒ 보령댐 29.3% - 충남 도내 농업용 저수지 저수율 66.1% - 전북지역 겨울가뭄 심각 ⇒ 1월 강수량 평년대비 25%/도내 농업용 저수지 저수율 68%/대아, 경천, 구이, 동화저수지 등 주요 저수지 저수율 50% 이하
	2			- 겨울가뭄으로 군산 도서지역, 논산 일부 등지 식수난

상기한 금강유역의 가뭄사례별 분석 결과를 정리해 보면 다음과 같다. 우선 약한 건조(WD)의 범주에 속하는 가뭄의 경우 지속기간은 대개 1개월을 초과하지 않으며 해당 월의 적은 강수량(약 50mm 이하)이 주된 원인으로 작용한다. 따라서 유역의 상태가 상당히 습윤한 경우에도 한시적으

로 발생했다가 해결되는 양상을 보일 것이며 연중 어느 기간에도 발생 가능한 것으로 예상된다. 또한 해결 시점의 강우량은 약 50mm 정도의 월 강우량이면 충분할 것으로 판단된다.

건조(D)의 범주에 속하는 가뭄은 대부분 선행 및 후속 홍수기 4개월 누가 강우량(금강 유역의 경우 평균 969.11mm 이상)이 비교적 충분하여 해당 사상의 전후에 발생한 다른 가뭄사상들과는 독립적인 형태로 나타난다. 지속기간은 대개 4~5개월 정도로 주로 겨울가뭄에서 봄가뭄으로 지속되는 경향을 보인다. 선행 홍수기 직후의 3개월(10, 11, 12월) 누가강우량이 비교적 적을 경우(금강유역의 경우 약 100mm 이하) 건조 상태가 빠르게 진행되어 겨울가뭄이 발생하고 월 평균 강우량이 약 20mm/month 이하인 기간이 일정기간 지속되면 봄가뭄으로 발전하게 된다. 해결 시점의 월 강우량은 약 50~200mm 정도로 후속 홍수기 누가강우량과 맞물려 유역의 완전한 해결이 이루어진다. 만약 후속 홍수기의 누가 강우량이 적게 발생하는 경우 해당 사상은 후속 사상에 영향을 주게 되어 강한 건조 상태 가뭄의 원인이 되기도 한다.

강한 건조(SD)의 범주에 속하는 가뭄은 주로 선행 홍수기의 부족한 강우로 인하여 유역이 충분히 해결되지 않은 상태에서 발생하는 양상을 보인다. 따라서 만약 선행 홍수기 4개월 누가강우량이 예년평균에 비하여 작을 경우(약 50~70%) 선행 가뭄사상 보다 심도가 큰 연쇄적인 후속 가뭄사상의 발생빈도가 높아지는 것이다. 또한 홍수기 4개월 누가강우량이 일정량 이상(예년 평균 70~90%)이 되는 경우에도 총량의 대부분이 하절기 장마기간에만 집중될 경우(즉, 초가을 태풍이 상륙하지 않는 경우) 늦여름 폭염과 함께 건조 상태가 빠르게 진행되어 가을가뭄이 발생할 가능성이 높아지게 된다. 이는 겨울가뭄 및 봄가뭄으로 발전하여 상당히 장기간에 걸친 대규모의 가뭄사상으로 이어지게 된다.

## 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원(1-6-3)에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 신사철, 황만하, 고익환(2008) 기후학적 물수지에 의한 유역의 건조 및 습윤 상황 감시 기법 개발, 한국수자원학회논문집, 41(2), pp. 173-184.
2. 신현석, 김홍태, 박무종(2004) GIS와 GCUH를 이용한 돌발홍수 기준우량 산정의 타당성 검토 연구, 한국수자원학회논문집, 37(5), pp. 407-424.
3. 이주현, 정상만, 김재한, 고양수(2006) 가뭄모니터링 시스템 구축: II. 정량적 가뭄 모니터링 및 가뭄전망기법 개발, 한국수자원학회논문집, 39(9), pp. 801-812.
4. Thornthwaite, C.W. (1948) An approach toward a rational classification of climate, Geographical Review, 38, pp. 55-94.