

# 금강유역의 가뭄사상과 사회적 현상



**김 주 철**  
한국수자원공사 수자원연구원  
통합물관리연구단 연구원  
kjoocheol@kwater.or.kr



**황 만 하**  
한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원  
hwangmh@kwater.or.kr

## 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 유역규모의 습윤/건조 상황에 관한 정보의 수집을 가능하게 하고 있다. 유역차원에

서의 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 기고에서는 기후학적 물수지 방법(신사철 등, 2008)에 의해 금강유역의 가뭄사상들에 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 예견이나 가뭄발생에 따른 대처방안을 수립하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

## 2. 기후학적 물수지에 의한 유역의 습윤/건조 상태의 분류

기후학적 물수지에 대한 개념은 기후의 분류를 위하여 Thornthwaite(1948)에 의하여 개발된 이래 다양한 수문기상학적 문제에 대한 정량적 정보의 획득 수단으로 응용되어 왔다(Legates and Mather, 1992; Tateish and Ahn, 1996). Fig. 1은 기후학적 물수지 개념에 대한 모식도로서 실제 물수지 산정을 위한 입력 자료로는 강우분포(P), 실제증발산량분포(E), 잠재증발산량분포(PE)가 필요하며 임의지점에서 강우량(공급량)과 증발산량(수요량) 사이의 대소

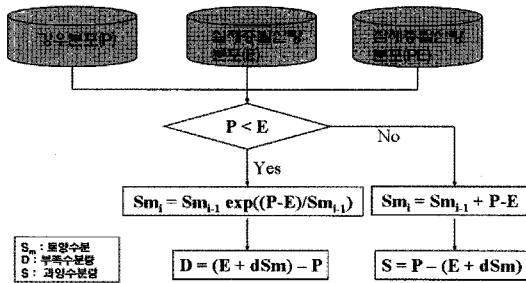


Fig. 1. Flow chart of climatic water budget model

관계에 의해 토양수분(Sm), 과잉수분량(S) 및 부족수분량(D)을 결정하게 된다(신사철 등, 2008). 여기서 과잉수분량은 식물에 의한 수요량 이상의 수분 그리고 부족수분량은 기후학적 수요량과 실제공급량 사이의 차로 정의된다.

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. 이 습윤 지표는 부족수분량이 발생하는 경우 음(-)의 값을 갖게 되며 물 부족 현상과 관련이 있는 것으로 판단할 수 있다. 또한 과잉수분량이 발생하는 경우 습윤 지표는 양(+)의 값을 갖게 되며 이는 지표면 유출과 관련된다. 본 기고에서는 Eq. (1)로부터 산정되는 월별 습윤 지표의 누가확률밀도함수(cumulative density function; CDF)  $P(x)$ 를 이용하여 유역의 습윤/건조 상태를 분류하여 보았다. 여기서 누가확률이란 어떤 사상이 특정한 크기의 변량보다 작거나 같은 변수를 가질 확률을 의미하는 것으로 일정 기간 동안 수집된 표본 집단에 대한 도수분포도로부터 추정할 수 있다. 하지만 도수분포도의 형상은 적용된 계급구간의 크기나 개수에 크게 영향을 받아 모집단과 다른 특성을

나타낼 수 있음이 잘 알려져 있다. 따라서 본 기고에서는 특정한 도수분포도의 작성 과정을 거치지 않고 월별 습윤 지표의 크기에 따른 순위(rank)를 자료의 개수로 나누어 누가확률을 직접 추정할 수 있도록 하였다(Haan, 2002). 이에 따른 실제 습윤/건조 상태 분류 과정은 다음과 같다. 우선 기왕 최대치와 최소치에 따라 극한습윤(EW, Extreme Wet)과 극한건조(ED, Extreme Dry) 조건을 정의하고 양자 사이의 구간을 누가확률  $P(x)$ 에 따라 습윤( $0.666 < P(x)$ , Wet), 정상( $0.333 < P(x) < 0.666$ , Normal), 건조( $P(x) < 0.333$ , Dry)로 3등분 하였다. 다음으로 각 구간을 누가확률의 등간격에 따라 다시 3등분 하여 총 9개의 습윤/건조 상태를 설정하였다. 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.

### 3. 금강유역의 과거 가뭄사상

금강유역의 과거 주요 가뭄사상들에 대하여 월별 습윤 지표를 Eq. (1)을 이용하여 산정하고 전술한 기준(Table 1)에 따라 Table 2와 같이 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

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	

Table 2. Classification of monthly Wet/Dry state

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1		DN	DN	D	SD	N	SD	SD	WD	SD
2		DN	D	D	SD	WW	WD	D	WD	SD
3	DN	WN	D	SD	SD	WD	SD	D	D	WD
4	SW	WW	D	D	WN	WW	WD	WD	DN	D
5	WW	WW	WD	D	WN	WN	N	DN	N	DN
6	SW	WW	WN	WN	DN	W	W	WN	N	N
7	W	WW	WW	WN	WN	SW	W	W	SW	WW
8	SW	W	SW	N	SW	W	W	SW	WN	W
9	SW	SW	SW	WD	WN	W	W	W	DN	SW
10	WN	SW	N	DN	WN	N	WD	WW	D	N
11	WW	N	WW	SD	WW	W	N	DN	D	WD
12	N	N	DN	SD	SW	WD	DN	SD	SD	WD

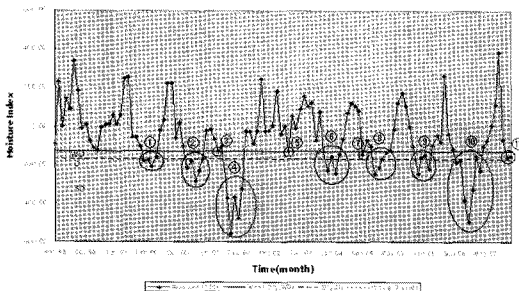


Fig. 2. Time series of monthly moisture index

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. 3~5는 각각 약한 건조(WD), 건조(D), 강한 건조(SD)에 해당하는 금강유역의 월별 습윤 지표를 도시한 것이다.

금강유역의 월별 습윤 지표와 기존 연구에서 개발된

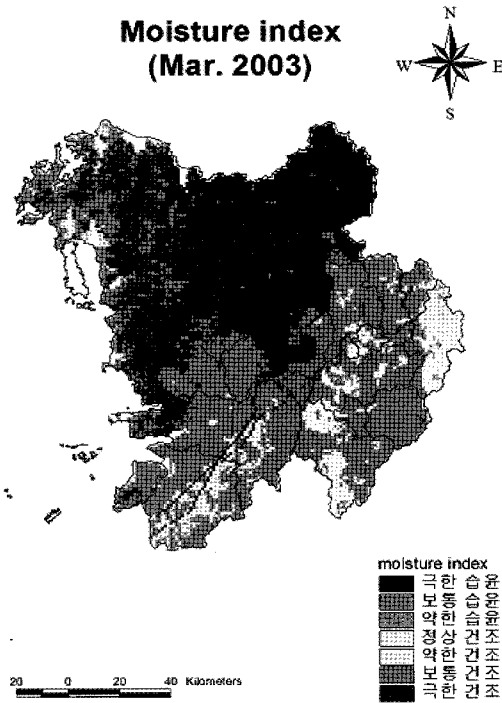


Fig. 3. WD monthly moisture index

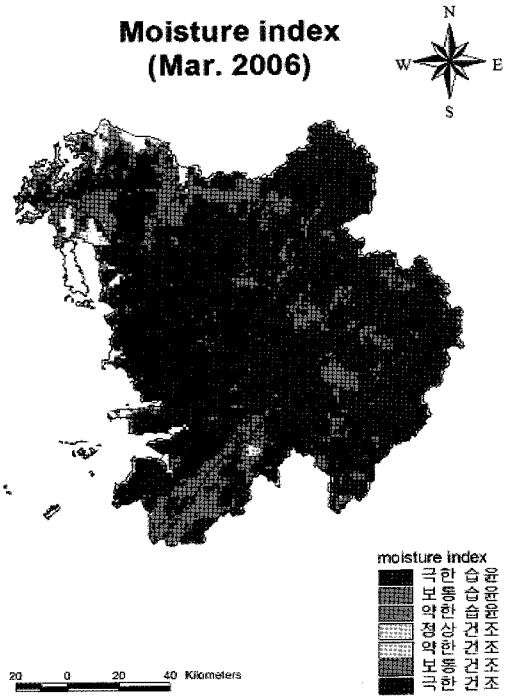


Fig. 4. D monthly moisture index

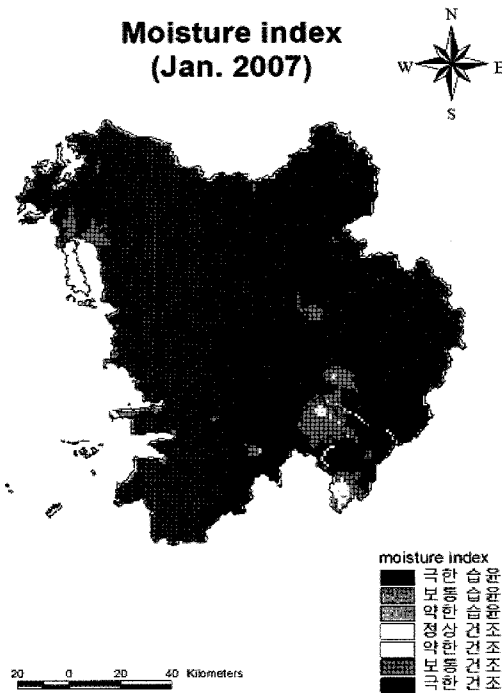


Fig. 5. SD monthly moisture index

RRFS 모형(류경식 등, 2007)의 토양수분상태를 나타내는 SMI를 Fig. 6과 같이 동일한 시간 축 위에 도시하여 보았다. 여기서 습윤 지표와 SMI는 비교적 유사한 거동특성을 나타냄을 확인할 수 있다. 하지만 전절에서 선별된 대부분의 기물사상들에 대한 SMI값들이 상당히 크게 나타나고 양자 사이의 상관계수 역시 0.5 정도로 낮게 산정되어 보다 정량적인 분석을 위해서는 추후 자료가 더욱 축적되어야 할 것이다.

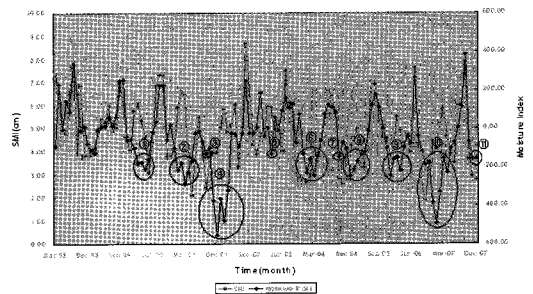


Fig. 6. Time series of monthly moisture index & SMI

Table 3. Characteristics of SMI with respect to wet/dry state

wet/dry state		average	St. deviation	average	ST. deviation
Dry	SD	4.50	0.97	4.26	1.25
	D	4.52	1.42		
	WD	3.77	1.26		
Normal	DN	4.23	1.20	4.44	1.07
	N	3.95	0.68		
	WN	5.15	0.94		
Wet	WW	5.09	0.94	5.82	1.33
	W	5.61	1.16		
	SW	6.69	1.36		

Table 3은 습윤 지표의 분류 기준(Table 1)에 해당하는 SMI의 평균과 표준편차를 정리한 결과이다.

### 3.1 가뭄사상별 주요 특성

전절에서 선정된 11개 가뭄사상들에 대한 전반적인 특성을 Table 4와 같이 정리하여 보았다. 여기서 5월의 습윤 지표는 해당기간에 대한 월별 습윤 지표의 평균값을 나타내고 7, 8월의 저수율은 금강유역 내 2개 다목적 댐의 평균저수율을 의미한다. 6월의 건조 상태는 5월의 습윤 지표를 Table 1의 기준에 따라 분

류해 본 것으로 이로부터 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. 단 약한 건조인 ⑩번 사상은 본 기고의 대상기간에 포함되지 않은 2008년 동절기 및 춘절기 가뭄사상의 일부로 보여 진다(이후 세부 분석에서는 제외). 따라서 금강유역의 경우 약한 건

Table 4. Main characteristics of the selected drought events

No.	start	end	duration (month)	moisture index	wet/dry state	storage ratio(%)	
						Yongdam	Daecheong
①	2000. 2.	2000. 5.	4	-182.06	D		0.54
②	2001. 1.	2001. 5.	5	-214.74	D	0.07	0.46
③	2001. 9.	2001. 9.	1	-132.14	WD	0.26	0.37
④	2001.11.	2002. 3.	5	-418.79	SD	0.21	0.40
⑤	2003. 3.	2003. 3.	1	-131.17	WD	0.50	0.60
⑥	2003.12.	2004. 4.	5	-181.89	D	0.45	0.54
⑦	2004.10.	2004.10.	1	-144.33	WD	0.69	0.61
⑧	2005. 1.	2005. 4.	4	-192.38	D	0.43	0.49
⑨	2005.12.	2006. 3.	4	-193.22	D	0.38	0.53
⑩	2006.10.	2007. 4.	7	-279.64	SD	0.49	0.50
⑪	2007.11.	2007.12	2	-156.56	WD	0.70	0.69

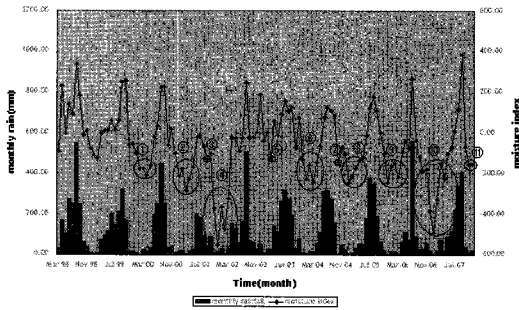


Fig. 7. Monthly hyetograph and the corresponding moisture index

조 상태의 가뭄사상은 지속기간이 1개월을 초과하지 않는 것으로 판단된다.

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. 그러나 ③번 사상의 경우 약한 건조의 범주에 포함됨에도 불구하고 37%의 낮은 저수율을 보이는 바 이는 2001년 전반에 걸친 건조 현상에 중속적인 결과로서, 연초에 발생한 ②번 가뭄사상이 하절기의 부족한 강우로 인해 충분히 해소되지 않았기 때문에 나타나는 현상으로 보인다. 용담댐의 경우 대청댐과는 다소 상

이한 경향을 나타내는 것을 볼 수 있는데 이는 담수 시점부터 현재까지의 운영기간이 충분히 길지 않은 것에 기인하는 것으로 판단된다.

Fig. 7은 월별 습윤 지표와 강우량을 동일한 시간 축 위에 도시한 것으로 매년 6~9월의 우기 4개월을 제외하고는 가뭄사상들이 빈번하게 발생함을 확인할 수 있다.

월별 습윤 지표와 강우량 사이의 상관정도를 파악하기 위하여 각 가뭄사상들을 중심으로 연총강우량을 6~9월, 10~12월, 1~5월의 기간으로 구분하여 분석하여 보았다. Table 5는 각 가뭄사상들에 대한 평균 습윤 지표와 기간별 누가강우량을 건조 상태의 범주에 따라 정리해 본 것으로 마지막 행은 1998년~2007년 기간에 대한 각 누가강우량의 평균을 나타낸다. 두드러진 특징으로 강한 건조와 건조 상태의 가뭄사상들은 각각 6~9월 및 10~12월의 누가강우량의 규모에 영향을 받는 것을 확인할 수 있다. 6~9월의 누가강우량이 예년평균 이하일 경우 10~12월의 누가강우량이 예년수준에 해당함에도 불구하고 강한 건조에 해당하는 가뭄이 발생하고 있으며 반대로 10~12월의 누가강우량이 예년평균 이하일 경우 6~9월의 누가강우량이 예년수준에 해당함에도 불구하고

Table 5. Antecedent cumulative rainfalls of the selected drought events

wet/dry state	drought event		cumulative rainfall		
	No	moisture index	Jun~Sep	Oct~Dec	Jan~May
SD	④	-418.79	516.25	111.17	342.20
	⑩	-279.64	748.61	106.62	207.22
D	②	-214.74	1142.59	87.90	76.62
	⑨	-193.22	1095.59	85.65	207.99
	⑧	-192.38	1059.27	71.86	149.65
	①	-182.06	873.99	201.51	82.67
	⑥	-181.89	1047.14	122.59	197.28
WD	⑦	-144.33	1059.27	71.86	149.65
	③	-132.14	1142.59	87.90	76.62
	⑤	-131.17	796.46	134.56	313.56
average during 1998~2007 period			969.11	109.29	203.13

건조에 해당하는 가뭄이 발생하는 것을 알 수 있다. 따라서 상기한 두 기간의 누가강우량에 대한 지속적인 모니터링은 가뭄의 예측에 있어 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 약한 건조의 경우 뚜렷한 경향을 찾을 수 없었다.

매년 6월부터 이듬해 9월까지의 기간을 대상으로 Table 5에 수록된 총 10개 사상에 대한 개별적인 특성분석을 수행하였다.

1) 1999년 6월~2000년 9월

2000년 2월부터 5월까지 총 4개월에 걸쳐 평균 습윤 지표가 -182.06인 건조(D)의 범주에 속하는 ①번 사상이 발생하였다. 선행 및 후속 홍수기 누가강우량은 각각 873.99mm, 1142.59mm로서 ①번 사상을 전후하여 대상유역은 완전히 해갈 상태에 있음을 Fig. 8의 습윤 지표로부터 확인할 수 있다. 본 사상의 발생은 선행 3개월(11, 12, 1월) 누가강우량이 39.69mm에 불과한 것에 기인한 것으로 가뭄지속기간(2, 3, 4, 5월) 누가강우량은 총 73.83mm (18.46mm/month)로서 동절기 및 춘절기의 적은 강우량으로 인한 장기간의 봄가뭄 양상을 보여준다. 본 사상의 경우 해갈이 발생하는 월이 홍수기의 시점인 6월(196.83mm)로서 전술한 바와 같이 충분히 해갈되어 후속 가뭄사상에 영향을 주지 않은 것으로 판단된다. 이 시기의 주요한 사회현상으로는 기온상승에 따른 수온변화와 봄가뭄으로 인한 금강을 비롯한 4대강의 수질이 급속히 악화되는 경향을 보였다.

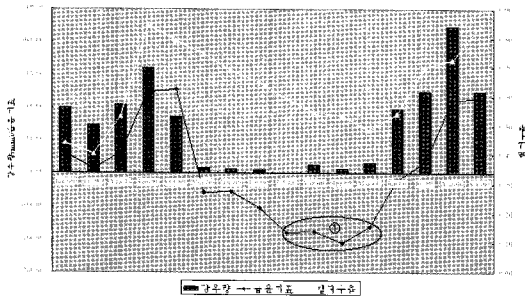


Fig. 8. Drought event during 1999.6. - 2000.9

2) 2000년 6월~2002년 9월

②번 사상은 2001년 1월~5월 5개월에 걸쳐 발생한 평균 습윤 지표가 -217.47인 건조 상태(D)의 범주에 속하는 가뭄으로 선행 및 후속 홍수기 누가강우량은 각각 1142.59mm, 516.25mm로 나타났다. 본 사상의 경우 선행 3개월(10, 11, 12월) 누가강우량은 87.60mm, 가뭄지속기간(1, 2, 3, 4, 5월) 누가강우량은 76.62mm(15.32mm/month)로 ①번 사상과 마찬가지로 동절기 및 춘절기의 적은 강우량으로 인한 장기간의 봄가뭄 양상을 보인다. 여기서 주목되는 사항은 후속 홍수기 누가강우량으로서 이는 Table 5의 6~9월 홍수기 평균누가강우량(969.11mm)의 약 53%에 불과한 양이다. 따라서 2001년 홍수기 동안 충분한 해갈이 이루어지지 않았음을 Fig. 6의 습윤 지표로부터 확인할 수 있다. 해갈이 발생하는 6월의 강우량은 ①번 사상과 유사하게 200.32mm로 나타나지만 후속 3개월(7, 8, 9) 누가강우량이 315.93mm에 불과하여 후속 사상에 대한 상당한 영향을 주었다. 이 시기에는 장기간의 건조주의보 및 전국 11개 다목적댐의 평균저수율이 38%(대청댐 : 44.5%)로 크게 하락되었음이 보도되었는데 금강유역의 경우 삼교호의 농업용수 단수와 함께 금산군, 공주시, 천안시 등지에서 제한급수가 시행되었음을 확인할 수 있다.

2001년 9월 1개월 동안 발생한 ③번 사상은 평균 습윤 지표가 -132.14인 약한 건조(WD)의 범주에 속하는 가뭄으로 해당 월의 강우량이 40.75mm로 나타났다. 실제로 본 사상은 홍수기 중에 발생한 것으로

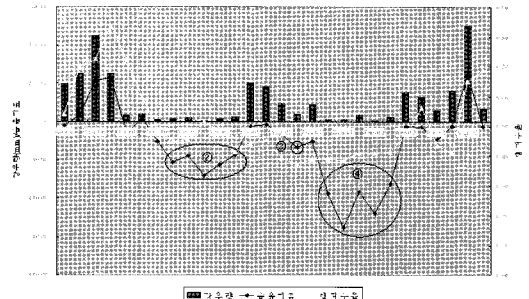


Fig. 9. Drought event during 2000.6. - 2002.9

로 이는 ②번 사상의 불충분한 해갈로 인하여 발생한 것으로 생각된다. 이러한 경향은 이후 2001년 11월 ~2002년 3월 5개월에 걸쳐 평균 습윤 지표가 -418.79인 강한 건조(SD)의 범주에 속하는 ④번 사상의 발생으로 이어지고 있다. 이로부터 금강유역의 강한 건조의 가뭄은 선행 가뭄의 불충분한 해갈과 가뭄 지속기간 동안의 적은 양의 강우 등의 복합적인 원인들로 인하여 발생할 수 있음이 예상된다. 이 시기에는 지속된 가뭄에 따른 다목적댐 저수율의 하락(대청댐 : 37.9%)과 함께 4대강 수질악화 등이 주요 사안으로 보도되었는데 특히 농업용 저수지의 평균저수율이 72%로 떨어지고(30% 미만 283개소) 전국 21개 시군에서 제한급수를 시행하였음을 확인할 수 있다. 대전 지역의 경우 물 사용이 많은 목욕탕이나 수영장과 같은 시설은 주2회 휴무제를 시행한 것으로 나타났다.

### 3) 2002년 6월~2003년 9월

2003년 3월 1개월 동안 평균 습윤 지표가 -131.17인 약한 건조(WD)의 범주에 속하는 ⑤번 사상이 발생하였다. 선행 및 후속 홍수기 누가강우량은 796.46mm, 1047.14mm로 이 들은 각각 태풍 RUSA와 매미가 발생한 기간에 해당하여 전반적으로 유역이 습윤 상태에 있음을 Fig. 10의 습윤 지표 및 댐 저수율로부터 확인할 수 있다. 가뭄지속기간(3월)의 누가강우량은 28.04mm로 해당 월의 비교적 적은 강우량이 본 사상을 발생시킨 것으로 판단된다.

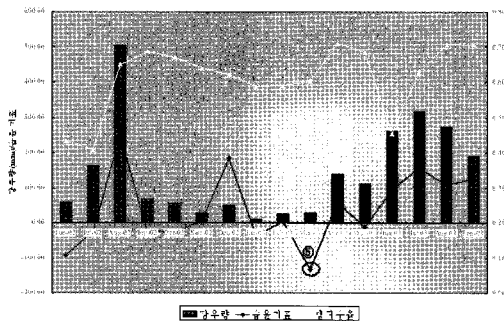


Fig. 10. Drought event during 2002.6. - 2003.9

해갈 시점인 4월의 강우량은 139.92mm 나타났고 이 기간 동안은 특별한 사회적 피해양상은 기록되고 있지 않았다.

### 4) 2003년 6월~2004년 9월

2003년 12월~2004년 4월 5개월에 걸쳐 평균 습윤 지표가 -181.89인 건조(D)의 범주에 속하는 ⑥번 사상이 발생하였다. 선행 및 후속 홍수기 누가강우량은 각각 1047.14mm, 1059.27mm로 해당 사상을 전후하여 대상유역은 완전한 해갈 상태에 있음을 Fig. 11의 습윤 지표로부터 확인할 수 있다. 본 사상의 경우 선행 3개월(9, 10, 11월) 누가강우량은 303.97mm, 가뭄지속기간(12, 1, 2, 3, 4월) 누가강우량은 97.79mm(19.56mm/month)로 전자보다는 후자의 영향으로 인하여 발생한 것으로 판단된다. 따라서 동절기의 급격한 강우량 감소로 인하여 발생한 겨울가뭄이 봄가뭄으로 지속되어 가는 양상을 보여 준다. 해갈시점인 5월의 강우량은 110.48mm로 충분한 양의 후속 홍수기 누가강우량과 맞물려 유역의 완전한 해갈이 이루어졌음을 확인할 수 있다.

이 시기의 주요한 사회현상으로는 겨울가뭄으로 인한 충북지역의 식수부족 현상이 보고되고 있음에도 불구하고 태풍 매미의 영향으로 농업용 저수지 평균저수율은 94%에 육박함을 확인할 수 있다.

### 5) 2004년 6월~2005년 9월

본 기간에는 2004년 10월 1개월 동안 평균 습윤

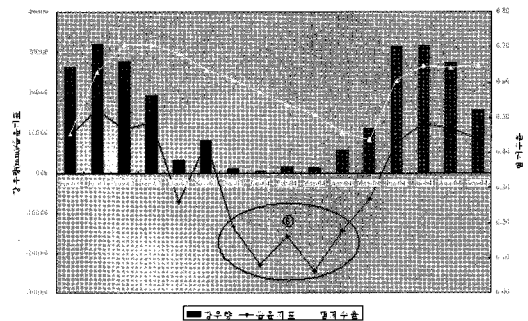


Fig. 11. Drought event during 2003.6. - 2004.9



지표가 -144.33인 약한 건조(WD)의 범주에 속하는 ⑦번 사상과 2005년 1월~2005년 4월 4개월에 걸쳐 평균 습윤 지표가 -192.38인 건조(D)의 범주에 속하는 ⑧번 사상이 연쇄적으로 발생하였다. 두 사상의 선행 및 후속 홍수기 누가강우량은 각각 1059.27mm, 1095.59mm로 두 사상을 전후하여 유역의 완전한 해갈이 이루어졌음을 Fig. 12의 습윤 지표로부터 확인할 수 있다.

⑦번 사상의 경우 가뭄지속기간(10월) 누가강우량이 2.78mm로 해당 월의 적은 강우량이 가뭄현상을 발생시켰음을 알 수 있다. 이는 전술한 ⑥번 사상과 유사한 경향으로 이로부터 금강유역의 약한 건조 상태의 가뭄은 주로 해당 월의 강우량에 지배를 받는 것으로 판단된다. 해갈 시점인 11월의 강우량은 44.81mm로 나타났고 이 시기에 대한 특별한 사회 현상은 보고되지 않고 있다.

⑧번 사상은 선행 3개월(10, 11, 12월) 누가강우량이 71.86mm, 가뭄지속기간(1, 2, 3, 4월) 누가강우량 96.04mm(24.01mm/month)로 10월에 발생한 약한 건조 상태의 가뭄이 겨울가뭄과 봄가뭄으로 발전되어 가는 양상을 보여준다. 해갈 시점인 5월의 강우량은 비교적 적은 양인 53.61mm로 불완전한 해갈이 예상되는데 잇따른 후속 홍수기의 충분한 누가강우량으로 충분한 해갈이 이루어졌음을 Fig. 12의 습윤 지표로부터 확인할 수 있다. ⑦번 사상과 마찬가지로 특별한 사회적 피해는 발생되지 않았다.

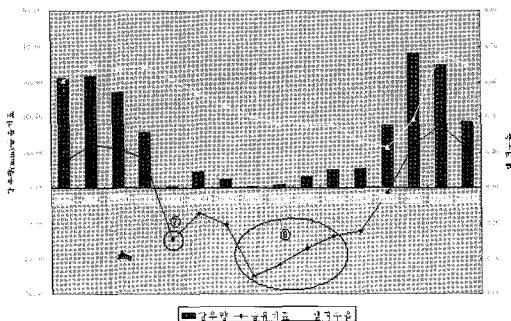


Fig. 12. Drought event during 2004.6. - 2005.9

### 6) 2005년 6월~2006년 9월

2005년 12월~2006년 3월 4개월에 걸쳐 평균 습윤 지표가 -193.22인 건조(D)의 범주에 속하는 ⑨번 사상이 발생하였다. 선행 및 후속 홍수기 누가강우량은 1095.59mm, 748.61mm로서 전자의 경우 유역의 해갈에 상당히 기여했음을 알 수 있으나 후자의 경우 7월 한 달간의 강우량(561.90mm)이 총량의 75%를 차지하여 이후 기간의 습윤 지표가 급격하게 하락함을 Fig. 13으로부터 확인할 수 있다. 본 사상의 경우 선행 3개월(9, 10, 11월) 누가강우량은 269.81mm로 비교적 양호한 것으로 보이지만 이 중 9월의 강우량(187.28mm)이 총량의 약 70%를 차지하여, 이후 선행 2개월(10, 11월) 간의 부족한 강우량으로 인하여 습윤 지표가 하락하는 양상을 보인다. 특히 가뭄지속기간(12, 1, 2, 3월) 누가강우량이 38.02mm(9.51mm/month)로 상당한 규모의 겨울가뭄이 발생함을 볼 수 있다. 해갈 시점인 4월의 강우량은 64.78mm로 나타났다. 이 시기에는 겨울가뭄으로 인하여 용담댐의 저수율이 39.3%로 하락하여 만경강의 수질악화를 초래하였음이 보고되고 있다.

### 7) 2006년 6월~2007년 9월

2006년 10월~2007년 4월 총 7개월에 걸쳐 평균 습윤 지표가 -279.64인 강한 건조(SD)의 범주에 속하는 ⑩번 사상이 발생하였다. 선행 및 후속 누가강우량은 748.61mm, 1083.50mm로서 후자의 경우

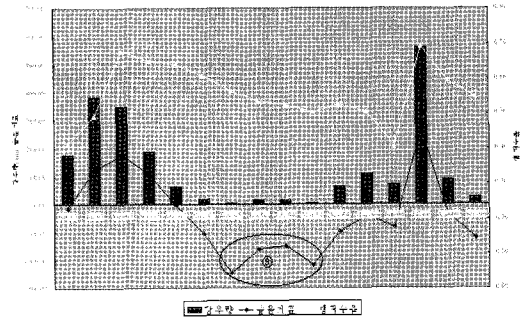


Fig. 13. Drought event during 2005.6. - 2006.9

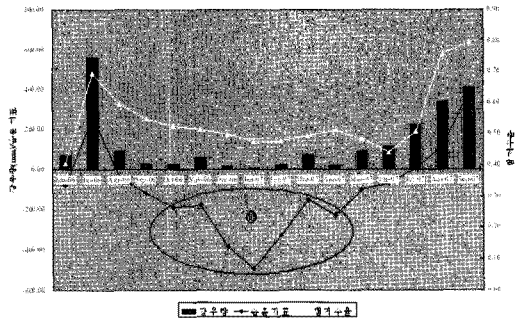


Fig. 14. Drought event during 2006.6. - 2007.9

유역의 해갈에 충분히 기여했음을 Fig. 14의 습윤 지표로부터 확인할 수 있다. 하지만 전자의 경우 ⑨번 사상에서 언급한 바와 같이 홍수기 총강우량의 75%가 7월 한 달에 집중하여 이후 선행 2개월(8, 9월) 누가강우량이 홍수기임에도 불구하고 116.54mm에 불과하였다. 특히 이 기간이 하절기임을 감안할 때 폭염 등으로 인하여 유역은 빠르게 건조해감을 예상할 수 있는데 이로부터 가을가뭄이 발생하여 겨울가뭄 및 봄가뭄이 상당히 장기간 지속되는 양상을 보여준다. 이로부터 홍수기 강우량의 경우 총량뿐만 아니라 월별 분포형태 역시 가뭄사상에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다. 가뭄지속기간(10, 11, 12, 1, 2, 3, 4월) 누가강우량은 223.51mm(31.93mm/month)로 나타났다. 해갈 시점인 5월의 강우량은 90.34mm로 충분한 후속 홍수기 강우량에 의하여 완전한 해갈이 이루어졌음을 확인할 수 있다. 이 시기에는 주로 발작물의 수확감소와 함께 산간지역의 식수난 그리고 충남 일부지역의 생활용수 고갈 등이 주요 이슈로 등장하고 있다. 특히 충남/전북 지역의 농업용 저수지의 저수율이 68% 이하로 하락하였음이 보고되고 있다.

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 강우량(약 50mm 이하)이 주된 원인으로 작용한다. 따라서 유역의 상태가 상당히 습윤한 경우에도 한시적으로 발생했다가 해갈되

는 양상을 보일 것이며 연중 어느 기간에도 발생 가능한 것으로 예상된다. 또한 해갈 시점의 강우량은 약 50mm정도의 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. 해갈 시점의 월 강우량은 약 50~200mm 정도로 후속 홍수기 누가강우량과 맞물려 유역의 완전한 해갈이 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 해갈되지 않은 상태에서 발생하는 양상을 보인다. 따라서 만약 선행 홍수기 4개월 누가강우량이 예년평균에 비하여 작을 경우(약 50~70%) 선행 가뭄사상보다 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.

Table 6은 가뭄사상별 주요 사회적 현상을 건조 상태와 함께 정리한 것이다.

Table 6. 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 - 비닷물의 역류로 염해 ⇒ 충남 태안군 야산 샘물에서 염분 섞여 나와 물 공급 중단 - 17일부터 사흘간 내린 비로 가뭄사실상 해갈
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
	3			- 다목적댐 저수율 35.1% ⇒ 대청댐 40.7% - 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 16.5/평년 절반수준 - 충북 영동, 옥천, 진천, 음성, 보은군 등지 식수부족현상 - 농업용 저수지 평균저수율 94% ⇒ 2003년 태풍매미의 영향
	2			⑨
2006	10	SD	⑩	- 충북지역 도내 평균 강수량 평년 대비 34% 수준 ⇒ 발작물 수확감소/산간지역 식수난 - 충남 서천, 대안, 당진군 등지 가뭄으로 인한 생활용수 고갈 - 전북지역 도내 강수량 평년대비 32~40% 수준 ⇒ 발작물 생육지연
				2007
	2			

#### 4. 2009년 상반기의 금강유역의 수문상황

본 절에서는 전절에서 수행된 금강유역의 가뭄사상 특성 분석 및 사회현상 조사결과를 바탕으로 습윤 지표가 산정되지 않은 2008년의 건조 상태를 추

론하고 2009년 춘절기의 가뭄발생을 예측하여 보았다. Fig. 15는 2007년 6월~2008년 12월 기간에 대한 월 강우량, 습윤 지표 및 댐 저수율을 도시한 것으로 습윤 지표는 위성영상 자료가 가용한 2007년 12월까지의 산정 결과만 수록하였다. 여기서 우선

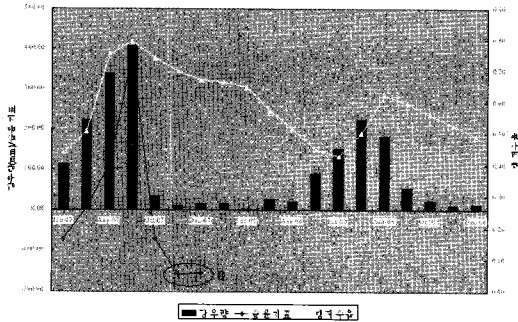


Fig. 15. Drought event during 2007.6. - 2008.12

2007년의 홍수기 4개월 누가강우량은 1083.50mm로 대상 유역이 습윤한 상태에 있음이 예상된다. 특히 홍수기 중점인 9월의 강우량 및 댐 저수율은 각각 406.49mm, 79%로 상당히 습윤한 상태에 있음은 Fig. 12로부터 확인할 수 있다. 하지만 10~12월 3개월 누가강우량이 62.48mm에 불과해 전절에서 언급한 비와 같이 빠른 건조 상태의 진행과 함께 겨울 가뭄의 발생이 예상되며 1월~4월 4개월 누가강우량 역시 66.42mm(16.60mm/month)로서 건조(D) 상태 범주의 봄가뭄으로의 발전이 추론된다. 주목할 만한 사항은 2008년 홍수기의 누가강우량으로서 612.84mm로 나타나 있다. 이는 예년 평균의 65%에 해당하는 양으로 상기한 겨울가뭄 및 봄가뭄의 불완전한 해갈을 암시한다. 따라서 2008년 5월의 90mm 강우량으로 잠시 소강상태에 있던 건조 상태는 보다 큰 규모의 후속 가뭄사상으로 출현할 것이 추론된다. 특히 홍수기 강우량의 대부분이 하절기(6, 7, 8월) 3개월에 집중되어 있고 10~12월 3개월간의 누가강우량이 47.36mm에 불과해 상대적으로 빠른 가을가뭄의 출현과 함께 겨울가뭄 및 2009년 봄가뭄의 지속적 발전이 예상된다. 이러한 가뭄의 발전 양상은 향후 강우량의 발생규모에 따라 많은 변화를 보일 것이 예상되지만 예년보다 낮은 강우가 발생될 경우에는 앞서 검토한 강한 건조(SD)의 범주에 해당하

는 ④, ⑩번 사상과 유사한 형태로 2009년 4, 5월까지 지속될 것으로 예상된다.

### 참고문헌

- 류경식, 황만하, 맹승진, 이상진(2007) 유역관리모형을 이용한 금강유역 유출특성 해석, 한국물환경학회지, 23(4), pp. 527-534.
- 신사철, 황만하, 고익환(2008) 기후학적 물수지에 의한 유역의 건조 및 습윤 상황 감시 기법 개발, 한국수자원학회논문집, 41(2), pp. 173-184.
- 신현석, 김홍태, 박무중(2004) GIS와 GCUH를 이용한 돌발홍수 기준우량 산정의 타당성 검토 연구, 한국수자원학회논문집, 37(5), pp. 407-424.
- 이주현, 정상만, 김재한, 고양수(2006) 가뭄모니터링 시스템 구축: II. 정량적 가뭄 모니터링 및 가뭄 전망기법 개발, 한국수자원학회논문집, 39(9), pp. 801-812.
- Haan, C.T. (2002) Statistical methods in hydrology, Iowa State Press, pp. 30-31.
- Legates, D.R. and Mather, J.R.(1992) An evaluating of the average annual global water balance, Geographical review, 82, pp. 253-267.
- Tateishi, R. and Ahn, C.H.(1996) Mapping evapotranspiration and water balance for global land surfaces, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 51, pp. 209-215.
- Thorntwhaite, C.W. (1948) An approach toward a rational classification of climate, Geographical Review, 38, pp. 55-94.