

NDVI를 이용한 습윤지표를 기준으로 습윤 및 건조상황의 분류 방법 제안*

김주철¹ · 신사철^{2*} · 이상진¹ · 황만하¹

Suggestion of Method to Classify Moisture or Dryness Condition from Moisture Index Obtained by NDVI*

Joo-Cheol KIM¹ · Sha-Chul SHIN^{2*} · Sang-Jin LEE¹ · Man-Ha HWANG¹

요 약

NOAA/AVHRR 자료를 이용하여 얻어진 습윤지표 시계열 자료는 기왕의 연구로부터 지역의 습윤 및 건조 상황을 파악하는데 유용한 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 금강유역에 대하여 기후학적 물수지 모형에 의하여 얻어진 습윤지표를 습윤 및 건조 기후조건으로 구분하기 위하여 재분류하였다. 습윤지표와 지역의 가뭄상황을 비교해 본 결과 지역의 습윤지표가 습윤/건조 상황의 탐지뿐만 아니라 징후의 감지, 지속기간 및 강도의 추정에도 대단히 유효함을 알 수 있었다. 본 연구에서는 누적통계량에 따라 습윤지표를 기후구분으로 분류하는 단순화된 방법을 제시하였다. 또한 습윤지표의 정확성 검증을 위하여 습윤지표와 동일한 지역에서 발생한 지역적 실제 가뭄현상과의 비교를 통해 본 습윤지표의 활용성을 검토하였다.

주요어 : 습윤지표, 금강, 습윤/건조상황, 지역적 실제가뭄현상

ABSTRACT

Moisture Index time series derived from NOAA/AVHRR data have showed to be useful for humid and arid states. The humid/arid states of the Geum river basin are classified by means of the moisture index estimated from the climatic water budget model. Validations showed that the moisture index has excellent ability to detect humid/arid conditions and to measure time of its onset, intensity and duration. In this study, a simple method to classify the moisture index is proposed by statistical distribution condition. Also, the moisture index is compared with the regional actual state to detect drought area.

KEYWORDS : Moisture Index, Geum River, Humid/Arid States, Regional Actual State

2009년 9월 3일 접수 Received on September 3, 2009 / 2009년 12월 10일 수정 Revised on December 10, 2009 / 2009년 12월 15일 심사완료 Accepted on December 15, 2009

* 이 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술사업단의 지원으로 수행되었음.

1 한국수자원공사 수자원연구원 K-water Institute, Kwater

2 안동대학교 토목공학과 Dept. of Civil Engineering, Andong National University

※ 연락처자 E-mail : scshin@andong.ac.kr

서론

최근 지구온난화와 기후변화에 관련된 각종 징후들이 여러 분야에서 주요 화두로 자주 등장하고 있다. 이들은 주로 평균기온의 상승이나 강우패턴의 변동 등과 같은 기상학적 특성 변화를 중심으로 다루어지고 있는데 이를 수문학적 관점에서 유추해 본다면 물 순환과정(hydrological cycle)내 성분별 거동양상의 변화로 해석할 수 있을 것이다. 예를 들어 평균기온의 상승은 중요한 수문기상학적 인자 중의 하나인 증발산량의 변화를 초래하게 된다. 증발산현상은 물 순환과정의 한 부분을 구성하는 요소로서 이의 변화는 유역의 습윤 및 건조 상황이나 유출특성에 직접적으로 영향을 미치게 된다. 또한 이러한 변화들은 연쇄적으로 나머지 물 순환과정들에 복합적으로 영향을 주게 되어 결국 물 순환과정 전반에 걸쳐 과거와는 다른 각종 수문기상학적 특성들을 양산하게 될 것이다.

우리나라의 경우 과거에 비하여 그 규모나 빈도가 증가추세에 있는 물 부족(예를 들어 봄 가뭄) 현상이나 국지성 호우(혹은 돌발홍수)에 의한 재난 발생 등이 이러한 예로서 지적되고 있음을 확인 할 수 있다(신현석 등, 2004; 이주헌 등, 2006). 이러한 경향들을 유역 단위 물 관리 차원에서 고려해 보면 가용 수자원의 시·공간적 편재현상의 심화로 해석할 수 있을 것이다. 이는 과거보다 현저히 증가한 각종 물 수요에 대하여 장래 물 공급환경이 점차 어려워질 것임을 시사하는 것으로 이에 대응하기 위하여 합리적인 유역관리 전략이 반드시 필요할 것이다.

유역의 특성을 파악하고 발생할 수 있는 수자원의 양적 불균형에 따른 문제점을 탐지하여 그에 대비하기 위해서는 무엇보다도 신속한 정보의 제공이 우선되어야 한다. 또한 이러한 정보를 이용하여 유역의 습윤 및 건조 상황을 모니터링하거나 예측하기 위해서는 즉각

적이고 연속적인 정보의 수집이 요구된다. 근래 GIS(Geographic Information System) 및 원격탐사를 기반으로 한 지리정보처리 기술의 발달은 광범위한 유역규모의 습윤 및 건조 상황에 관한 정보의 수집을 가능하게 하고 있다. 이와 관련하여 대표적인 국내 연구사례로서 이주헌 등(2006)은 주로 유역의 건조 상황(가뭄)에 주목하여 우리나라 전역을 대상으로 한 정량적인 가뭄모니터링 시스템의 구축을 시도한 바 있다(한국수자원공사, 2006). 비슷한 시기에 신사철 등(2006a)은 위성영상(NOAA/AVHRR) 자료로부터 추출한 식생정보(NDVI)를 기온정보와 결합하여 증발산량을 추정할 수 있는 간편법을 제안하였다. 유역차원에서의 정보는 비교적 넓은 지역을 대상으로 하므로 지점에서의 정보수집방법보다는 공간적 기법 및 원격탐사에 의한 방법을 이용하는 것이 공간적 혹은 질적 불균형이 없는 연속적인 자료를 수집하는 효과적인 방법이다(신사철 등, 2008). 따라서 이들의 시도는 대규모 유역관리 측면에서 유역의 습윤 및 건조 상황에 관한 양질의 정보를 제공할 수 있는 체계적인 시스템 개발을 위한 기초 연구로서 평가할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 기 수행된 연구결과(신사철 등, 2008; 신사철 등, 2006b; 신사철과 안태용, 2007)를 바탕으로 기후학적 물수지(Thornthwaite, 1948) 방법에 의하여 1998년부터 2004년까지의 금강 유역에 대한 습윤지표를 산정하였다. 그러나 습윤지표가 유역의 습윤 혹은 건조상태를 반영한다고 하나 습윤지표에 익숙하지 않은 사용자의 경우 직관적으로 이 지표만을 이용하여 유역의 상황을 판단하기에는 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 습윤지표를 통계학적 분포특성에 따라 유역의 습윤 및 건조 상황으로 분류하는 방법을 제안하였으며, 이를 바탕으로 당시 사회적 현상과의 연관성 등을 통하여 가뭄을 평가하는 방법을 제안하였다.

연구 방법

1. 기후학적 물수지

수자원의 합리적 이용을 위하여 물수지는 기본이 되는 중요한 개념이다. 그 중에서 기후학적 물수지는 기후구분을 위하여 Thornthwaite(1948)에 의해 개발된 이래 다양한 수문기상학적 문제의 정량적 정보를 획득하기 위한 수단으로 응용되어 왔다(Legates and Mather, 1992; Tateish and Ahn, 1996).

물의 공급과 기후학적 물수요와의 비교에 의해 복잡한 자연지형 하에서의 물이동에 대한 정보가 파악된다. 부족수분량(water deficit)은 기후학적 수요량과 실제 공급량과의 차이로 정의되며, 과잉수분량(water surplus)은 식물에 의한 수요량 이상의 수분량으로 정의된다. 여기서 부족수분량은 식생의 성장을 유지하기 위하여 관개 등에 의해 공급되어야 할 양이며, 과잉수분량은 지하에 침투하는 양과 하천수에 의해 손실되는 부분으로 표면류와 지표하유출에 의한 유출을 포함하고 있다.

그림 1은 기후학적 물수지에 대한 개념도로써 실제 물수지를 산정하기 위한 입력 자료로는 강우 분포, 실제증발산량 분포 및 잠재증발산량 분포가 필요하며 임의지점에서의 강우량과 증발산량의 대소 관계에 의해 토양수분, 과잉수분량 및 부족수분량을 결정하게 된다.

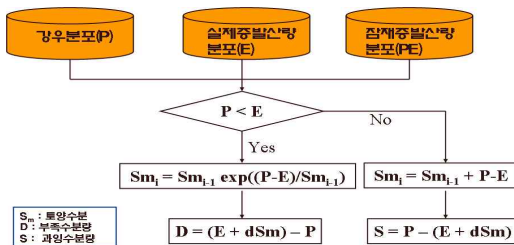


그림 1. 습윤지표 산정을 위한 기후학적 물수지 모형의 흐름도

그림 1의 과정을 통하여 산정되는 과잉수분량과 부족수분량은 각각 초과강우성분과 부족강우성분을 포함하는 것으로 이를 결합하여

Shahin(1985)은 다음식과 같은 습윤지표를 제안하였다.

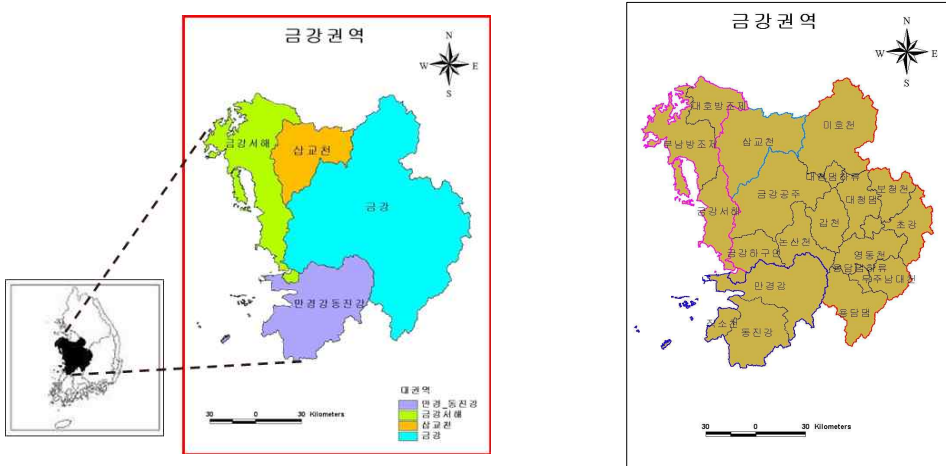
$$Im_i = \frac{100(S_i - 0.6D_i)}{PE_i} \quad (1)$$

여기서 Im_i 는 i 월의 습윤지표, 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 습윤지표는 부족수분량이 발생하는 경우 음(-)의 값을 갖게 되며 물 부족 현상과 관련이 있는 것으로 판단할 수 있다. 물 부족 현상을 나타내는 정확한 지표의 범위를 설정할 수는 없으나 Shahin(1985)은 습윤지표가 -40 이하인 지역을 건조지역으로 구분하고 있다. 또한 과잉수분량이 발생하는 경우 습윤지표는 양(+)의 값을 갖게 되며 이는 지표면 유출과 관련된다. 본 연구에서는 신사철 등(2008)이 식 (1)에 따라 금강유역에 대하여 산정한 월별 습윤지표를 통계학적 분포특성에 따라 구분하여 유역의 습윤 및 건조 상황을 분류하는데 이용하였다.

2. 대상유역 및 사용자료

본 연구는 국토해양부의 수자원단위지도에 근거한 금강권역을 대상 유역으로 하고 있다. 금강은 전라북도 장수군 장수읍에서 발원하여 충청남·북도를 거쳐 충청남도과 전라북도의 도계를 이루면서 군산만으로 유입되는 우리나라 제 3의 하천이다. 특히 본 금강권역에는 금강이외에도 호남평야의 관개를 담당하고 있는 만경강과 동진강을 포함하고 있다. 이 금강권역에는 그림 2(a)와 같은 4개의 대권역(금강, 삽교천, 금강서해, 만경동진강 유역)과 그림 2(b)와 같은 20개의 중권역으로 구성되어 있으며 총 유역면적은 17,537.00km²이다.

본 연구에서 분석용으로 사용하고 있는 위성자료는 미국의 해양대기청(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)에



(a) 금강권역

(b) 소유역구분

번호	중권역번호	중권역명	번호	중권역번호	중권역명
1	3001	용담댐	11	3011	미호천
2	3002	용담댐 하류	12	3012	금강공주
3	3003	무주남대천	13	3013	논산천
4	3004	영동천	14	3014	금강하구연
5	3005	조강	15	3101	삼교천
6	3006	대청댐 상류	16	3201	대호방조제
7	3007	보청천	17	3202	부남방조제
8	3008	대청댐	18	3203	금강서해
9	3009	갑천	19	3301	만경강
10	3010	대청댐 하류	20	3302	동진강

(c) 각 소유역별 중권역번호

그림 2. 대상유역

의해 운영되고 있는 NOAA/AVHRR 기상위성 자료이며 우리나라 기상청의 협조를 받아 취득하였다. 사용자자료의 기간은 1998년부터 2004년까지 7개년간이며, 구름이 적고 왜곡이 없는 자료를 선별하여 3월부터 11월의 자료를 대상으로 월단위 분석을 실시하였다.

NOAA/AVHRR로부터 직접 가뭄현상을 포착할 수 있는 정보를 제공받을 수 없으므로 간접적으로 가뭄을 판단할 수 있는 정보를 추출하여야 한다. 어느 지역에 가뭄이 발생하면 어떠한 형태로든 그 지역의 식생 상태에 영향을 주게 된다. 가장 일반적인 현상은 가뭄이

발생하면 식생이 물부족에 의한 스트레스를 받게 되며 그 결과로서 식생의 활성도가 저하하게 된다. 따라서 현시점에서 인공위성자료에서 가뭄파악을 위한 시점은 식생판독으로부터 출발하는 것이 일반적이다.

원격탐사로부터 식생의 활성도에 따른 특성을 규명하기 위해 다양한 식생지수가 개발되었다. 그 중 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)라 알려진 정규화 식생지수가 가장 널리 이용되고 있으며 인공위성 영상자료로부터 지표면의 식생피복과 관련된 정보를 얻기 위한 수단으로 사용되어 왔다. 본 연

구에서도 획득한 NOAA/AVHRR 자료를 이용하여 NDVI를 산정하여 분석에 활용하고 있다.

결과 및 고찰

1. 습윤지표의 도수분포

본 연구에서는 유역의 습윤 및 건조 상황을 파악하기 위하여 전술한 기후학적 물수지 모형을 이용한다. 기후학적 물수지 모형을 적용하기 위해서는 강우량과 증발산량 분석 자료가 필요하며 이들의 대소관계에 의해 부족수분 혹은 과잉수분이 발생한다. 이때 발생하는 부족수분량은 토양수분의 감소를 초래하는 것으로 인하여 건조화가 진행되며 결과적으로 가뭄으로 발전될 수 있는 현상을 의미한다. 과잉수분량은 총 강우성분 중 초과강우에 상당하는 부분으로 과잉수분량이 많을수록 직접유출에 기여하는 양이 증가하게 되며 하천유출량으로 기여한다. 이와같이 기후학적 물수지에 의하여 부족수분량과 과잉수분량을 산정하게 되며 이는 각각 가뭄에 관한 정보와 홍수에 관한 정보를 제공한다고 볼 수 있다. 이러한 부족수분량과 과잉수분량이 각각 가뭄과 홍수에 관한 정보를 제공하고 있으나 사용자에 따라서는 이를 조합한 하나의 지표가 보다 더 유용하게 이용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이 두 자료를 이용하여 물부족과 물과잉현상을 포함하는 하나의 지표로서 습윤지표를 이용한다.

전술한 바와 같이 본 연구에서는 NOAA/AVHRR 자료를 이용하여 정규화식생지수(NDVI)를 산정하고 기후학적 물수지에 의하여 1998년부터 2004년까지 7개년간의 습윤지표를 산정하였다. 그 산정과정은 기존의 연구(신사철 등, 2008)에 자세하게 기술하고 있으므로 여기서는 생략하기로 한다. 표 1은 7개년간의 습윤지표를 가장 낮은 순위로부터 정리한 것으로 습윤지표가 낮을수록 건조상태임을 나타낸다. 분석기간 중에 극심한 가뭄이 발생한 2001년도에 습윤지표가 가장 낮은 값을 보이고 있다. 가뭄의 경우

지속기간이 길어지면서 많은 피해가 발생하는 바 2개월 이상 낮은 습윤지표를 나타내고 있는 것은 2001년 3~5월, 2000년 3~5월 및 2001년 8~10월로서 대표적인 가뭄기간에 해당한다.

표 1. 습윤지표가 낮은 순위

순 위	년 월	습윤지표
1	2001-11	-221.11
2	2001-04	-164.90
3	2001-05	-145.44
4	2001-03	-138.95
5	2000-03	-123.43
6	2004-10	-118.24
7	2000-05	-112.97
8	2000-04	-97.92
9	2001-09	-90.03
10	1998-03	-76.46
11	2002-03	-75.05
12	2000-10	-55.96
13	2002-06	-55.66
14	2003-10	-53.32
15	2001-10	-46.89
16	2001-08	-43.01

월별 습윤지표의 분포특성을 조사하기 위하여 발생도수를 산정하여 도수분포도를 작성하였다. 이때 이용한 계급의 수는 Sturge(Haan, 2002)에 의해 제안된 방법에 따라 계급수 7을 적용하였다. 그림 3은 이로부터 작도된 습윤지표의 도수분포도를 나타낸 것이며, 그림 4는 이를 이용하여 산정한 누가확률분포도로서, 본 연구에서는 도시된 누가확률 점들에 대하여 5차 다항식 형태의 회귀식을 작성하여 임의 누가확률에 대한 습윤지표의 추정에 적용하였다.

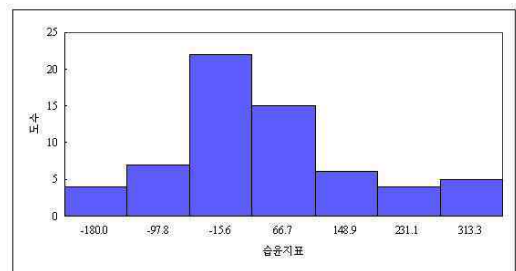


그림 3. 습윤지표에 대한 히스토그램

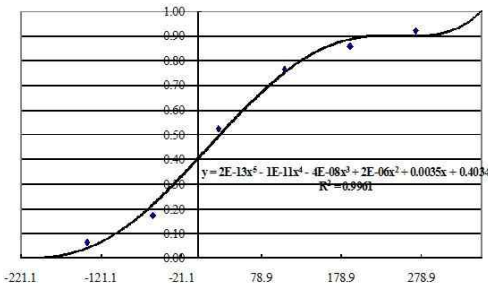


그림 4. 습윤지표의 누가확률분포와 근사식

2. 유역의 월별 습윤/건조 상황의 분류

습윤지표의 누가확률에 따라 유역의 습윤 및 건조 상황을 다음과 같이 분류하였다. 우선 기왕 최대치(354.4)와 최소치(-221.1)에 따라 극한습윤(EH, Extreme Humid)과 극한건조(EA, Extreme Arid) 조건을 정의하고 양자 사이의 구간을 누가

표 2. 습윤지표에 대응하는 습윤/건조 조건 분류

Humid/Arid condition		Symbol	Lower limit	Upper limit	Range
Extreme Arid		EA	-	-221.1	-
Arid	Severe Arid	SA	-221.1	-97.7	123.4
	Mild Arid	MA	-97.7	-54.8	43.0
	Weak Arid	WA	-54.8	-20.2	34.6
Normal	Arid Normal	AN	-20.2	11.7	31.9
	Normal	N	11.7	43.4	31.7
	Humid Normal	HN	43.4	77.4	34.0
Humid	Weak Humid	WH	77.4	118.5	41.2
	Mild Humid	MH	118.5	198.1	79.6
	Severe Humid	SH	198.1	354.4	156.3
Extreme Humid		EH	354.4	-	-

확률 $P(x)$ 에 따라 습윤($0.666 < P(x)$, Humid), 정상($0.333 < P(x) < 0.666$, Normal), 건조($P(x) < 0.333$, Arid)로 3등분 하였다. 다음으로 세 구간을 누가확률의 등간격에 따라 다시 3등분 하여 총 9개의 습윤/건조 상황을 설정하였다. 표 2는 상기 과정에 따라 본 연구에서 설정한 습윤/건조 상황의 분류기준으로서 건조와 습윤은 각각 강(Severe), 중(Mild), 약(Weak) 그리고 정상은 건조정상(AN, Arid Normal), 정상(N, Normal), 습윤정상(HN, Humid Normal)으로 세분화하였다.

금강유역의 월별 습윤지표를 표 2의 기준에 따라 분류하였다. 표 3은 대상기간에 대한 월별 습윤/건조 상황을 정리한 것으로서 대표적인 갈수년인 2001년의 전반에 걸친 건조 상황이 잘 묘사되고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 표 3의 결과를 통하여 임의 시기에 대한 유역의

표 3. 금강유역의 습윤/건조 상황 분류표(1998~2004)

년/월	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
3	MA	HN	SA	SA	MA	WA	AN
4	WH	N	SA	SA	WH	SH	WA
5	AN	N	SA	SA	N	N	AN
6	MH	HN	AN	AN	MA	HN	MH
7	WH	N	WH	N	AN	SH	MH
8	SH	HN	SH	WA	SH	MH	WH
9	MH	SH	SH	MA	AN	MH	WH
10	N	SH	MA	WA	N	WA	SA
11	N	WH	N	SA	WH	WA	WA

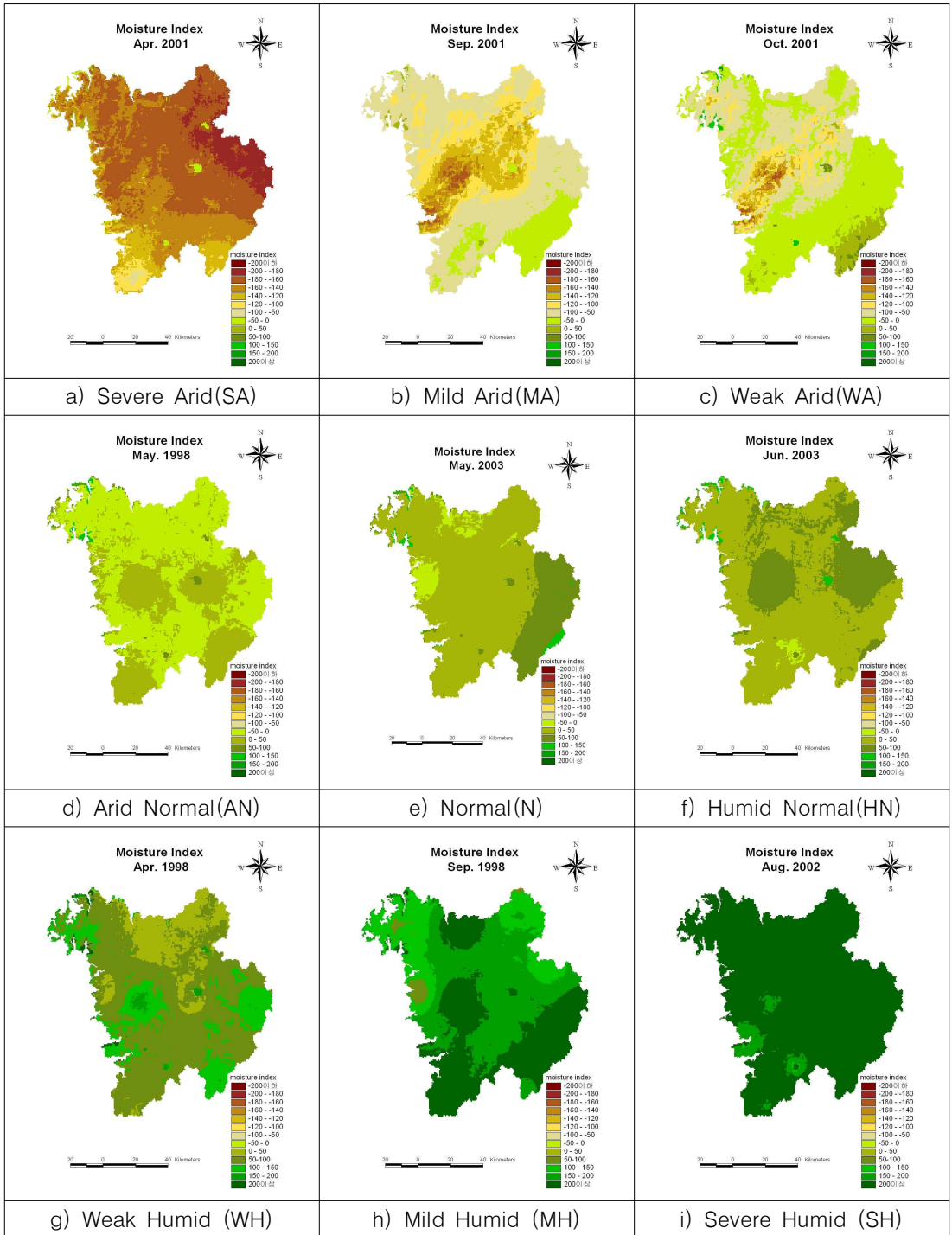


그림 5. 습윤지표에 대응하는 습윤/건조 상황도

습윤 및 건조상황을 하나의 특성으로 제시할 수 있으며, 정성적으로 제시되고 있는 습윤 및 건조상태에 대한 과학적 근거를 제시하고 있다고 볼 수 있다. 또한 그림 5는 표 3의 습윤/건조 기준에 해당하는 금강유역 습윤지표의 분포도를 도시한 것이다. 분류된 기준에 따라 습윤지표 분포도가 잘 표현하고 있음을 알 수 있다.

3. 습윤지표에 따른 사회현상 조사

이상과 같이 월별로 습윤지표를 산정하고 이를 다시 건조 및 습윤상황을 파악할 수 있도록 재분류하였다. 그러나 이러한 습윤지표 및 재분

류항목이 실제 가뭄상황을 얼마나 잘 묘사하고 있는지를 평가하기는 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 연속적인 가뭄이 발생하여 비교적 사회적 문제가 야기되었던 2000년과 2001년 봄가뭄을 대상으로 당시의 신문기사를 토대로 습윤지표와 사회현상을 비교 검증하기로 하였다.

우선 우리나라에서 통상적으로 가뭄이 발생하고 있는 봄철(3월~6월)의 누적 강우량을 중권역별(그림 2 참조)로 구하여 강우현상 만으로 가뭄이 발생할 수 있는 해를 유추하였다. 그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 2000년과 2001년의 경우 3, 4, 5월의 강우가 극히 적어 가뭄발

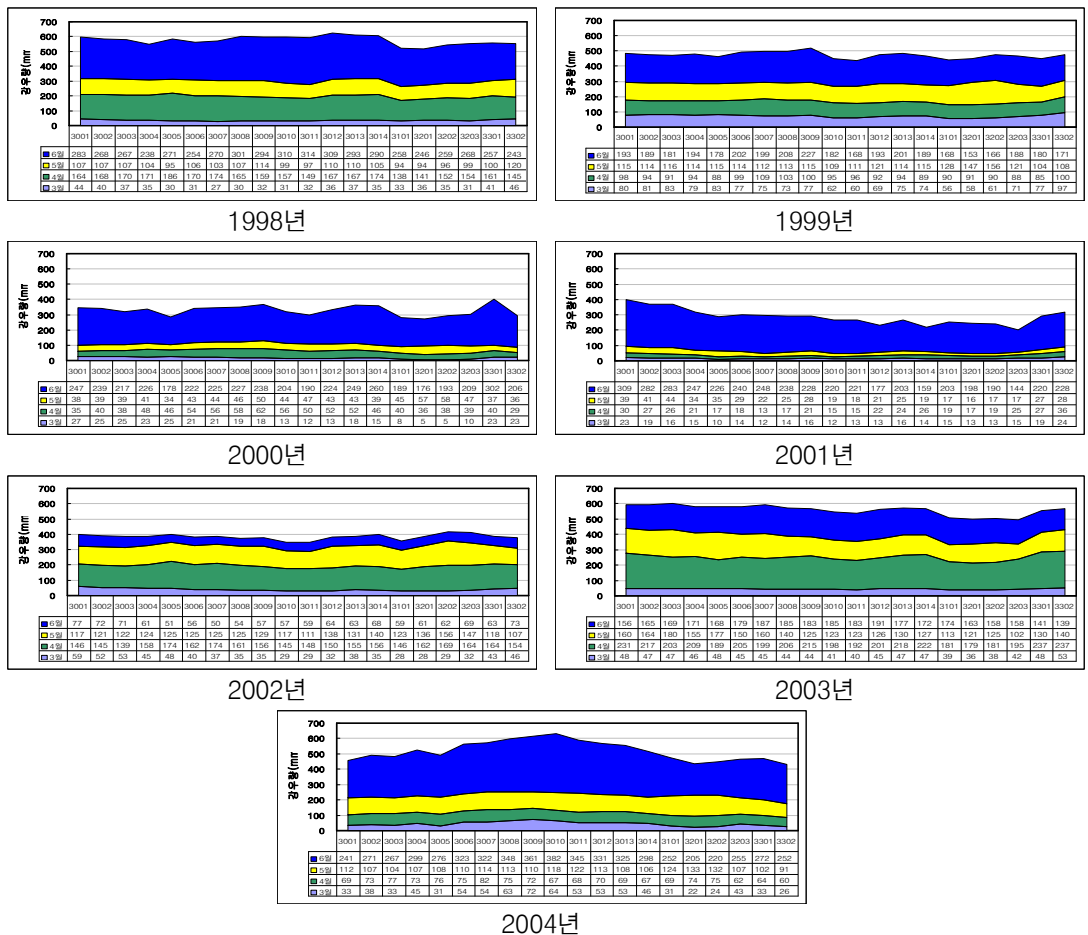


그림 6. 금강유역의 누적강우량(3~6월)

생 가능성이 있으며 실제로 우리나라 전역에 극심한 가뭄을 가혹하였다. 반면에 2002년과 2003년 3월의 경우 비교적 적은 강우량으로 인하여 약한 가뭄을 예상할 수 있으며 4월 이후의 정상적인 강우량으로 인하여 심한 가뭄으로 발전하지 않았음을 예상할 수 있다. 이러한 현상은 표 3의 분류표에서도 잘 나타나고 있어 실제 강우량과 본 연구에서 분류하고 있는 분류상황과 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있다.

그림 7은 2000년도에 대한 가뭄관련 신문기사와 본 연구에서 얻은 습윤지표와의 상관성을 나타낸 것이다. 2000년 3월의 경우 습윤지표가 상당히 낮은 값을 보이고 있어 심한 건조로 분류되었으며 당시 신문기사(한국경제신문, 2000

년 3월 21일)에는 “봄가뭄 극심..중부 건조주의보 한달째”라는 기사로 유추해 보아 당시의 사회현상과 습윤지표 상에서 나타나고 있는 건조상태 및 서울, 경기, 강원지역 건조상태를 잘 반영하고 있다고 볼 수 있다. 계속하여 4월과 5월에도 전국의 봄 가뭄이 심각함을 알 수 있는 많은 신문 기사가 보여지고 있으며 이러한 봄 가뭄은 습윤지표에도 잘 반영되고 있음을 알 수 있다. 일시적으로 5월말에 발생한 적은 강우에 의해 5월의 습윤지표는 4월에 비해 약간 호전된 것으로 나타나고 있으나 여전히 건조상태임을 보여주고 있다. 결국 2000년 5월 26일부터 27일까지 발생한 많은 비에 의해 가뭄 상황이 종료(한국일보, 2000년 5월 27일)되

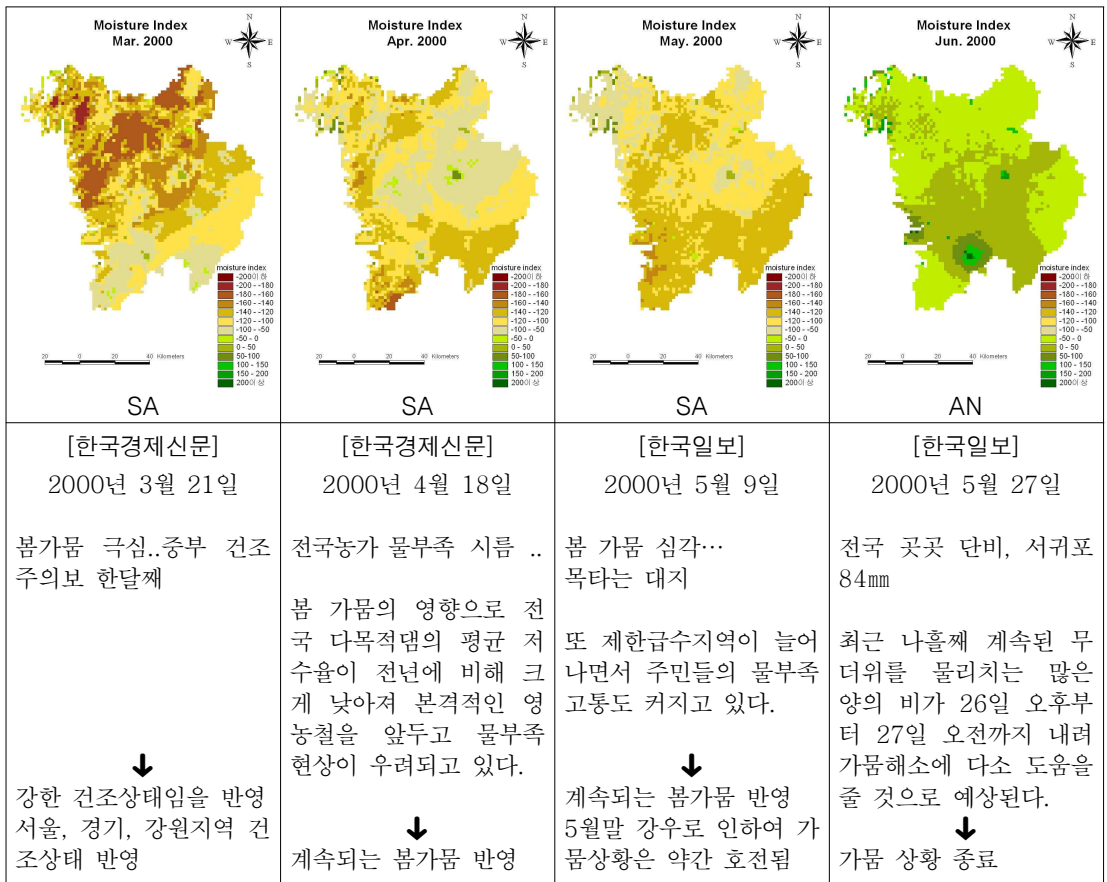


그림 7. 2000년도의 사회현상과 습윤지표와의 연관성

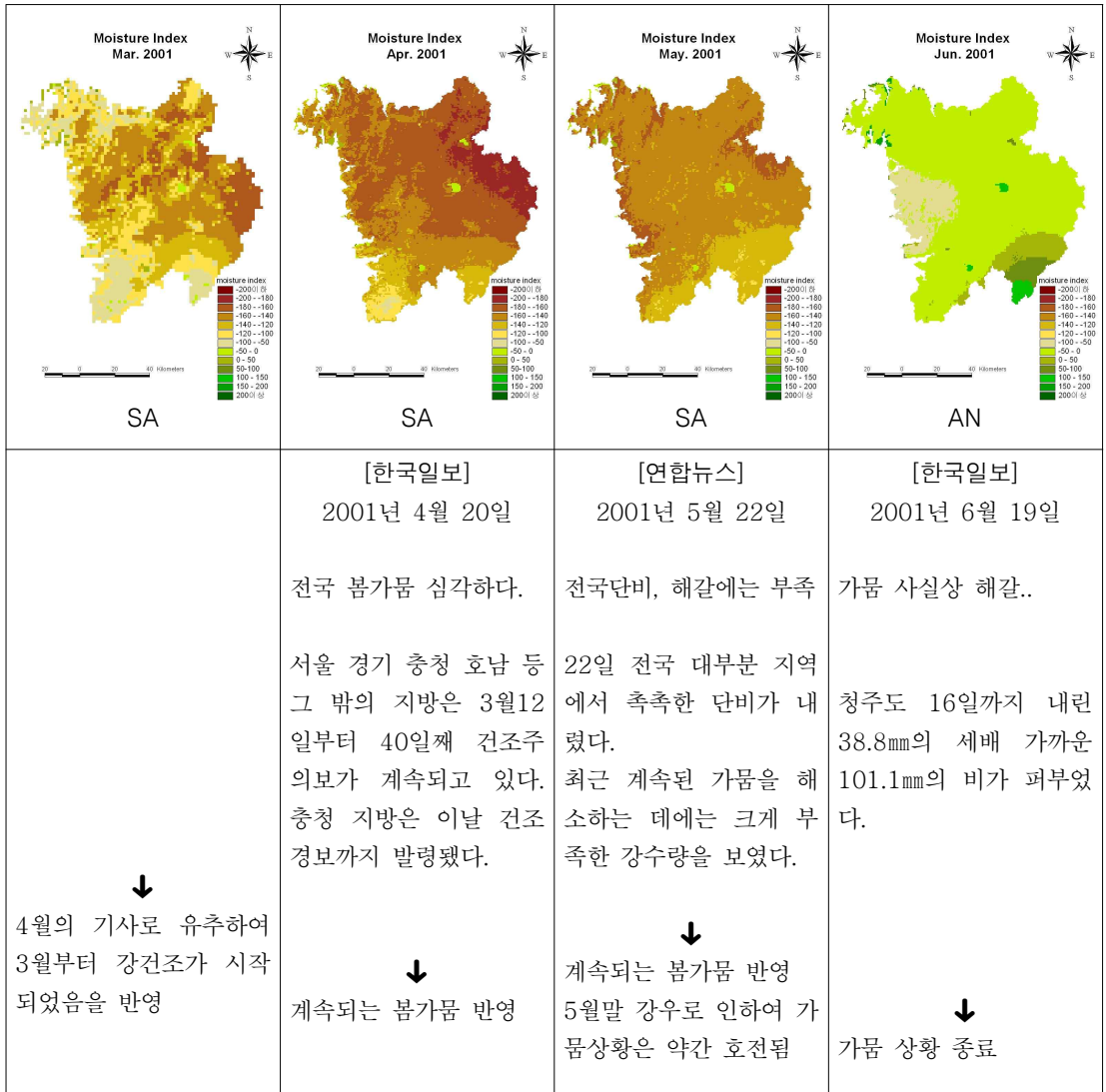


그림 8. 2001년도의 사회현상과 습윤지표와의 연관성

있음을 알 수 있으며 이러한 현상은 습윤지표에도 잘 나타나 있음을 알 수 있다.

그림 8은 가뭄이 극심했던 2001년도에 대한 가뭄관련 신문기사와 본 연구에서 얻은 습윤지표와의 상관성을 나타낸 것이다. 2001년 3월 및 4월의 경우 습윤지표가 상당히 낮은 값을 보이고 있어 심한 건조로 분류되었으며 당시 신문기사(한국일보, 2001년 4월 20일)에 “강원 동해안과 영남지방은 지난달 7일부터 현재까


지 45일째, 서울, 경기, 충청, 호남 등 그 밖의 지방은 3월12일부터 40일째 건조주의보가 계속되고 있다”고 보도하고 있다. 이와같이 4월의 기사로부터 알 수 있는 현상이 습윤지표에서 동해안 및 영남지방의 강한 건조상황으로 잘 반영되고 있음을 알 수 있다. 5월 22일에 전국적으로 단비가 내려 발작물 성장 등 농사에 어느 정도 도움이 됐지만 계속된 가뭄을 해소하는 데에는 크게 부족한 강수량으로 보

도되고 있다. 이와같이 약간 호전되는 양상은 습윤지표에서 정확히 재연되고 있음을 알 수 있다. 또한 6월 17일부터 내린 호우로 인하여 사실상 가뭄이 해결된 것으로 보도되고 있으며 이러한 현상은 습윤지표에도 반영되어 6월에 가뭄현상이 종료됨을 알 수 있다.

결 론

NDVI를 이용하여 기후학적 물수지 방법을 통한 습윤지표는 유역의 습윤상황뿐 만 아니라 건조상황까지도 고려할 수 있으며, 이로부터 금강유역의 습윤 및 건조상황을 분류하여 본 결과 2000년과 2001년의 연 전반에 걸친 건조 상황이 잘 묘사되고 있으며 이 습윤지표가 실제 현상을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다. 또한 본 연구에서 산정된 습윤지표의 사용성을 제고하기 위하여 누가확률에 따라 분류하여 기후상태로 구분하는 방법을 제안하였으며 사회현상과의 연관성을 통하여 본 습윤지수의 정확성을 검증하고자 노력하였다. 그 결과 분류된 기후구분이 2000년과 2001년의 실제 가뭄상황을 잘 묘사하고 있는 것으로 판단되었다. 그러나 매우 복잡하게 나타나는 가뭄현상의 전부를 포착한다는 것은 불가능한 일이므로 결과의 정확성 검증을 위한 다각도의 노력이 이루어져야 한다. 본 연구의 성과로서 타당한 결과를 제시할 수 있다면 가뭄 발생 시 각종 기상조건의 시나리오 설정을 통하여 가뭄이 되풀이 되고 있는 우리나라에서 가뭄의 조기경보를 위해 효과적인 도구로서 이 용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원(1-6-3)에 의해 수행되었습니다. 또한 NOAA 자료를 제공해 주신 기상청에 감사드립니다. 

참고 문헌

- 류경식, 황만하, 맹승진, 이상진. 2007. 유역관리 모형을 이용한 금강유역 유출특성 해석. 한국물환경학회지 23(4):527-534.
- 신사철, 황만하, 고익환, 이상진. 2006a. 식생 및 기온정보를 조합한 증발산량 산정을 위한 간편법 제안. 한국수자원학회논문집 49(4):363-372.
- 신사철, 정수, 김경탁, 김주훈, 박정술. 2006b. NDVI를 이용한 가뭄지역 검출 및 부족수분량 산정. 한국지리정보학회지 9(2):102-114.
- 신사철, 황만하, 고익환. 2008. 기후학적 물수지에 의한 유역의 건조 및 습윤 상황 감시 기법 개발. 한국수자원학회논문집 41(2):173-184.
- 신사철, 안태용. 2007. 인공위성 자료를 활용한 광역증발산량의 산정방법 개발. 한국지리정보학회지 10(2):71-81.
- 신현석, 김홍태, 박무중. 2004. GIS와 GCUH를 이용한 돌발홍수 기준우량 산정의 타당성 검토 연구. 한국수자원학회논문집 37(5):407-424.
- 이주현, 정상만, 김제한, 고양수. 2006. 가뭄모니터링 시스템 구축: II. 정량적 가뭄 모니터링 및 가뭄진망기법 개발. 한국수자원학회논문집 39(9):801-812.
- 한국수자원공사. 2004. 실시간 물 관리 운영 시스템 구축 기술 개발. 13-174쪽.
- 한국수자원공사. 2006. 가뭄관리정보체계 수립 보고서.
- Haan, C.T. 2002. Statistical methods in hydrology. Iowa State Press. 378pp.
- Hamon, W.R. 1961. Estimating potential evapotranspiration. Proc. Am. Soc. Civil Engineering, J. of the Hydraulics Divisions. Vol. 87, pp. 107-120.
- Legates, D.R. and Mather, J.R. 1992. An evaluating of the average annual global water balance. Geographical review. Vol. 82, pp. 253-267.
- Shahin, M. 1985. Hydrology of Nile basin. Elsevier. 562pp.
- Tateishi, R. and C.H. Ahn. 1996. Mapping evapotranspiration and water balance for global land surfaces. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. 51:209-215.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review. Vol. 38, pp. 55-94. 