

기후학적 물수지에 의한 유역의 건조 및 습윤 상황 감시 기법 개발

Development of a Monitoring Technique of Dryness and Wetness in Watershed using Climatic Water Budget

신 사 철* / 황 만 하** / 고 익 환***

Shin, Sha Chul / Hwang, Man Ha / Ko, Ick Hwan

Abstract

Climatic water balance has been applied to obtain quantity of various hydrologic components. Hydrologic information is estimated by comparison between rainfall and evapotranspiration under complex terrain condition. Water deficit is defined as that subtraction of actual supply from climatic demand. The water deficit will occur, when monthly evapotranspiration exceed monthly rainfall. Contrary water surplus is defined as that surplus water after meeting the demand by plants. The water surplus will be occurred when monthly rainfall exceeds monthly evapotranspiration. Finally, the discrete moisture indices were calculated and mapped for the whole watershed to estimate dryness and wetness status using the climatic water balance approach. The result of this study can properly interpret the real drought and non drought. Based upon the results, it can be concluded that the climatic water balance model is useful to monitor water conditions for the watershed.

keywords : Climatic water balance, Water deficit, Water surplus, Moisture indices

요 지

본 연구에서는 기후학적 물수지 방법을 실제 유역에 적용하여 유역 상황을 모니터링하는 방법으로 구축하였다. 이 기후학적 물수지로부터 생성되는 과잉수분량은 유역에서의 지표면 유출 성분을 반영하여 홍수유출의 유추, 치수 구조물의 설치 및 운영에 관한 지표로 활용할 수 있으며, 부족수분량은 가뭄에 대한 정보를 취득할 수 있음을 알 수 있었다. 특히 이러한 두 가지 지표를 합성하여 얻어지는 습윤지표는 유역의 습윤상황뿐만 아니라 건조상황까지도 고려할 수 있으며, 이로부터 2001년 실제 가뭄현상에 대한 분석을 실시한 결과 이 습윤지표가 실제 현상을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서는 유역의 습윤 및 건조상황 감시를 위하여 NOAA/AVHRR자료에 근거한 증발산량 산정결과를 토대로 지표면의 건조를 평가하였으며, 이러한 위성자료의 이용이 가뭄이 되풀이 되고 있는 우리나라에서 가뭄의 조기경보를 위해 효과적인 도구로서 이용될 수 있음을 확인하였다.

핵심용어 : 기후학적 물수지, 부족수분량, 과잉수분량, 습윤지표

-
- * 안동대학교 토목공학과 부교수
Associate Professor, Dept. of Civil Eng., Andong National University, Gyeongbuk, 760-749, Korea
(e-mail: scshin@andong.ac.kr)
 - ** 한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원
Head Researcher, Korea Institute of Water and Environment, KOWACO
(e-mail : hwangmh@kwater.or.kr)
 - *** 한국수자원공사 수자원연구원 연구위원
Director, Korea Institute of Water and Environment, KOWACO
(e-mail: ihko@kwater.or.kr)

1. 서론

인간생활에서 강우량의 부족이나 과다는 피할 수 없는 자연현상으로 이와같은 현상은 홍수 및 가뭄의 형태로 직·간접적으로 막대한 피해를 주고 있다. 이러한 자연재해는 인간으로서 불가항력적인 자연현상이며, 인류의 역사는 이러한 재해를 극복해 오면서 발전해 왔다. 우리는 이러한 자연재해를 방지할 수는 없으나 이를 견딜 수 있는 대비책을 확보함으로써 피해를 어느 정도 줄일 수는 있는 것이다. 유역의 특성을 파악하고 발생할 수 있는 수자원의 양적 불균형에 따른 문제점을 탐지하고 이에 대비하기 위해서는 무엇보다도 신속한 정보가 제공되어야 한다. 또한 이러한 정보를 이용하여 유역 상황을 모니터링하거나 예측하기 위해서는 즉각적이고 연속적인 정보의 수집이 요구된다. 유역차원에서의 정보는 비교적 넓은 지역을 대상으로 하므로 지점에서의 정보 수집방법보다는 공간적 기법 및 원격탐사에 의한 방법을 이용하는 것이 공간적 질적 불균형이 없는 연속적인 자료를 수집하는 효과적인 방법이다.

유역 상황 중 건조상황으로 대표되는 가뭄에 관한 연구는 주로 가뭄을 정량화하여 지수로 나타내는 가뭄 지수를 이용하는 연구가 주를 이루고 있다(예를들어, 윤용남 등, 1997; 김상민, 박승우, 1999; 임경진 등, 2001; 류재희 등, 2002). 그러나 이러한 방법으로 가뭄에 대한 공간적 분포 자료를 생성할 때 기상자료의 획득 지점 여부에 따른 공간적인 자료의 질적 수준 차이가 발생할 수 있다. 이러한 점에서 미국의 NOAA를 중심으로 위성자료를 이용하여 가뭄 분석을 실시함으로써 공간적 가뭄의 질적 불균형을 해소하고자 하였다(Kogan, 1995, 1997; Unganai and Kogan, 1998).

유역에 대한 반응을 감시하기 위해서는 공간자료가 필수적이며, 이를 위하여 공간적으로 특성이 동일한 자료를 이용하여야 한다. 또한 아직 발생되지 않은 미래의 수문상황을 예상하는 것이므로 실수나 오류가 있을 수 있으며 이러한 실수나 오류를 최소화하기 위해서는 정기적이고, 시간적, 공간적으로 특성이 동일한 자료를 이용하여 객관적인 판단에 의한 것이어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 인공위성 자료라는 객관적 자료를 이용하여 본 연구의 핵심적 입력자료인 증발산량을 산정하고 분석결과의 정확도를 제고하고자 하였다. 인공위성 자료를 이용한 수문순환의 파악은 시·공간적으로 변화가 많은 지역에 대하여 동일한 정확도로 지상 자료의 획득이 가능하다는 측면에서 객관적 판단을 가능하게 한다.

유역에서 발생하는 유출현상은 강우에 대한 유역 반

응의 결과로서 나타난다. 한 지점에서의 유출량은 직접 측정하거나 여러 가지 방법에 의해 산정될 수 있으나, 강우 사상에 따른 유역의 반응은 매우 복잡하며, 이러한 매커니즘을 규명한다는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 유역에서의 반응을 파악할 수 있다면, 유역 전체의 상황을 실시간으로 모니터링하여 결과적으로 나타나는 유출현상을 유추할 수 있으며, 유출보다 시간적으로 빨리 나타나는 유역반응을 가상적으로 모의함으로써 유출의 예측 혹은 유역 내 물 이용의 극대화를 꾀할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 기후학적 물수지를 이용하여 물의 공급과 기후학적 물수요와의 비교를 통해 유역의 습윤 및 건조상황을 파악함으로써 유역의 반응을 감시할 수 있는 기법을 개발하고자 한다.

2. 연구의 방법 및 대상유역

2.1 기후학적 물수지

물수지는 수자원개발 및 환경보전 등을 생각할 때 기본이 되는 중요한 개념이다. 물수지의 변화는 인류의 삶에 영향을 미치는 기후 및 생태계에서 중요한 역할을 하며 그 중 강수량, 증발량과 같은 담수요소는 인간의 생활에 직접적인 영향을 준다.

기후학적 물수지는 기후구분을 위하여 Thornthwaite (1948)에 의해 개발된 이래, 다양한 수문기상학적 문제의 정량적 정보를 획득하기 위한 하나의 방법으로 응용되어 왔다(Legates and Mather, 1992; Tateishi and Ahn, 1996). 물의 공급(강수)과 기후학적 물수요(증발산량)와의 비교에 의해 복잡한 지형 조건하에서의 물 보유량 등의 정보가 파악된다. 여기서 부족수분량(water deficit: D)은 기후학적 수요량과 실제 공급량과의 차로 정의되며, 과잉수분량(water surplus: S)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 수분으로 표면류와 지표하유출에 의한 유출량을 포함하고 있다.

기후학적 물수지를 산정하기 위한 입력 자료로는 강우분포, 실제증발산량 분포 및 잠재증발산량 분포가 필요하며, 임의 지점에서의 강우량과 증발산량의 대소관계에 의해 토양수분, 과잉수분량 및 부족수분량을 결정하게 된다(Fig. 1). 월단위의 기후학적 물수지를 산정하기 위해서는 각 월의 토양수분을 추정하여야 하며 본 연구에서는 Donker (1987)에 의해 개발된 토양수분보유능(Soil Water Holding Capacity; Wc)을 이용하는 방법을 이용하였다.

이상과 같은 방법으로 구한 과잉수분량과 부족수분량을 이용하여 수문기상학적 가뭄 파악을 위하여 Shahin (1985)이 미국의 빅토리아호 지역의 수문기상학적 조사를 위하여 사용한 다음과 같은 습윤지표를 이용하였다.

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

여기서, Im_i 는 i 월의 습윤지표, S_i 는 i 월의 과잉수분량(mm), D_i 는 i 월의 부족수분량(mm) 및 PE_i 는 i 월의 잠재증발산량(mm)이다. 또한 이 식으로부터 산정된 습윤지표에 대응하는 기후형태를 Table 1과 같이 분류하였다.

Table 1. Types of Climates Correspond to I_m Value

기후구분	습윤지표
Perhumid	100 and above
Humid	20 to 100
Moist sub-humid	0 to 20
Dry sub-humid	-20 to 0
Semi-arid	-40 to -20
Arid	-100 to -40

이 습윤지표는 부족수분량이 발생하는 경우 부(-)의 값을 갖게 되며 물부족 현상과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단할 수 있다. 물부족 현상을 나타내는 정확한 지표의 범위를 설정할 수는 없으나 Shahin은 습윤지표가 -40이하인 경우 건조지역으로 구분하고 있다. 또한

과잉수분량이 발생하는 경우 습윤지표는 양(+)의 값을 갖게 되며 이는 지표면 유출과 관련된다.

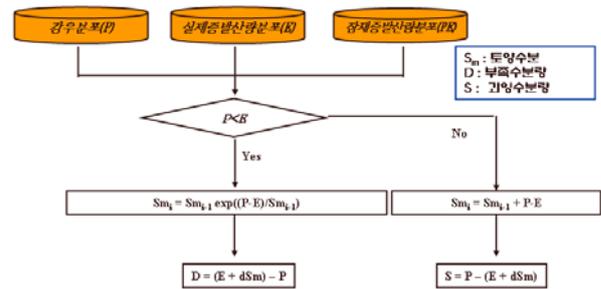


Fig. 1. Flowchart of Climate Water Budget Model

2.2 대상구역 및 사용자료

본 연구의 대상구역은 Fig. 2와 같이 금강서해, 삼교천, 만경강 및 동진강을 포함하는 금강권역으로 구역 구분은 건설교통부의 수자원단위지도에 근거하고 있다. 본 금강권역은 4개의 대권역(금강, 삼교천, 금강서해, 만경동진강 구역)과 20개의 중권역(Fig. 3과 Table 2)으로 구성되어 있으며 총 구역면적은 17,537.00km²이다.

본 연구에서 사용하고 있는 위성자료는 미국의 해양 대기청(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)에 의해 운영되고 있는 NOAA/AVHRR 기상위성 자료이다. NOAA 위성에 탑재되어 있는 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 센서는 주로 구름의 분포와 지표면의 온도분포 등을 관측한다. AVHRR의 가시역 및 근적외영역 자료로부터 구할 수 있는 식생지수는 다양한 분야에서 이용되고 있다. 본 연구에서 이용하고 있는 자료도 이 AVHRR 자료이며 주로 이용하는 대상도 식생지수이다.

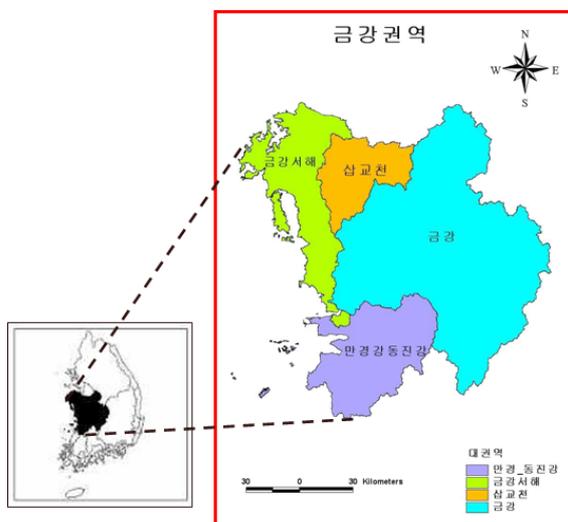


Fig. 2. Study Area(Geum River Area)



Fig. 3. Sub-Basin Delineation

Table 2. Number and Name for Each Sub-Basin

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	금강하구언
5	3005	초강	15	3101	삽교천
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

3. 유역의 건조 및 습윤 상황 감시 기법 개발

3.1 기후학적 물수지를 위한 입력자료 구축

본 연구에서는 유역의 습윤 및 건조 상황을 파악하기 위하여 기후학적 물수지를 이용한다. 이 방법은 인공위성 자료와 기상 자료를 조합하여 분석이 이루어지며 인공위성 자료에서 파악할 수 없는 현상을 직접 기상 및 수문자료에서 취득할 수 있으므로 상호 보완적으로 활용하여 정확성을 기할 수 있다는 장점이 있다.

우선 기후학적 물수지를 이용하기 위해서는 강우량 및 증발산량(잠재증발산량, 실제증발산량)에 대한 분포 정보가 얻어져야 한다. 이러한 분포정보를 바탕으로 기후학적 물수지 모형에 의해 과잉수분과 부족수분이 얻어지며 결과적으로 이를 조합한 습윤지표를 이용하여 유역 상황을 감시하게 된다.

3.1.1 강우량의 공간분포

본 연구의 대상유역은 금강권역으로 한정하고 있으나 강우량 자료의 경우 유역 내에 존재하는 강우관측소 뿐만 아니라 대상유역에 영향을 주는 유역외 강우관측소를 고려하여야 한다. 또한 추후의 연구에서 연구범위를 우리나라 전역으로 확장시키기 위하여 우리나라 전역을 대상으로 강우량 분포도를 작성하였다. 그 후 원하는 유역의 강우분포도는 우리나라 전역의 강우분포도에서 적출하여 사용한다.

본 연구에서는 자료의 획득이 가능한 전국의 기상관측소 중 67개소(Fig. 4)를 대상으로 하였으며, 공간분포를 위하여 사용할 수 있는 여러 방법을 적용하여 최적의 결과를 선정하도록 하였다. 공간분포를 위하여 고려된 방법은 Thiessen법을 비롯하여 Spline법, Kriging법, IDW(역거리가중)법, 등우선법 및 추이분석법을 이용하여 강우분포도를 작성하였다.

이러한 과정에서 얻어진 강우분포도 중에서 IDW (weight=2)에 의한 결과가 기상청에서 인터넷을 통해

제공하는 강우량의 공간분포도와 가장 근사한 양상을 보였으며 이러한 이유에서 본 연구에서는 IDW에 의한 강우분포도를 입력자료로 활용하였다. 이러한 과정을 통하여 결정한 IDW의 선정과정은 연구자들의 주관적 판단이 작용하였다고 볼 수 있다.



Fig. 4. Location Map of Rain Gauge Stations

3.1.2 증발산량의 공간분포

본 연구에서 기후학적 물수지를 적용하기 위해서는 잠재증발산량과 지표면 상황이 고려된 실제증발산량의 분포도가 요구된다. 잠재증발산량은 낮은 초목으로 덮여있는 지표면에서 물부족이 발생되지 않도록 충분한 물의 공급이 이루어질 때의 증발산량으로 정의된다. 임의 지점에 대한 잠재증발산량을 추정하기 위한 경험식은 여러 가지가 제안되어 왔으며 용도에 맞게 사용될 수 있다. 일반적으로 잠재증발산량을 산정하는 경험식은 평균기온만을 변수로 하는 간단한 방법으로부터 다

양한 정보를 필요로 하는 복잡한 방법까지 다양하다. 기온만을 변수로 하는 추정법으로는 Thornthwaite법과 Hamon법 등이 있으며, 증발산량을 평균기온의 함수로 근사적으로 표현하고 있다. 증발산량을 기온의 함수로 표현하는 것은 방사향이 기온과 높은 상관관계가 있다는 이론적 근거를 갖고 있다. 이들의 방법은 많은 정보를 필요로 하는 방법에 비하여 불가피한 이론적 결점도 갖고 있으나 기온 이외의 기상요소가 획득될 수 없는 지역 및 다양한 기상정보의 획득이 어려운 넓은 지역을 대상으로 하는 경우에 유효하게 이용될 수 있다.

본 연구에서는 넓은 지역을 대상으로 하고 있으므로 여러 가지의 기상요소를 필요로 하는 산정방법은 적절하지 않으므로 기온만을 필요로 하는 다음과 같은 Hamon법(Hamon, 1961; 石井, 1989, 1991)에 의하여 금강권역에 대한 잠재증발산량을 산정하였다.

$$PE = 0.14D_0^2 p_t \quad (2)$$

여기서, PE는 잠재증발산량(mm/d)이며 D_0 는 가조시간(12시간=1), p_t 는 평균기온에 대한 포화절대습도(g/m^3)이다. 이 잠재증발산량은 기후학적 물수지의 규명과 실제증발산량의 상한치를 규정하는데 사용된다.

또한 기후학적 물수지를 이용하여 유역의 상황을 감시하기 위해서는 실제증발산량 분포도가 얻어져야 한다. 그러나 지금까지의 지점 증발산량을 구하는 방법으로는 광역면에서의 증발산량 및 그의 공간적 분포의 추정은 곤란하다. 따라서 신사철 등(2006)은 인공위성자료에서 얻을 수 있는 식생지수를 이용하는 방법을 제안하

였다. 이 연구는 식생지수가 그 지점의 식생상태를 표현하고 있으며, 증발산량은 식생상태의 영향을 받으므로 증발산량과 식생지수와의 상관관계에 근거하고 있다. 본 연구에서 필요로 하는 실제증발산량은 기존의 연구(신사철 등, 2006)에서 제시하고 있는 방법을 이용하고 있으므로 상세한 기술은 생략하는 것으로 한다.

3.2 기후학적 물수지의 적용

3.2.1 과잉수분량

강우량이 증발산량을 초과하여 토양수분이 토양수분 보유능을 초과할 경우 과잉수분량이 발생한다. 이 과잉수분량은 토양수분 보유능을 초과하는 양으로서 지표면 유출을 포함하는 양이다. 결국 과잉수분량이 많을수록 유출에 기여하는 양이 증가하게 되며 하천 유출량은 증가한다. 기후학적 물수지 모형에 의해 금강권역을 대상으로 1998년부터 2004년까지의 과잉수분량을 산정하였으며 그 결과를 Fig. 5에 나타내었으며, 소유역별로 표시하면 Fig. 6과 같다. Fig. 5에 표시한 과잉수분량과 이하 부족수분량 및 습윤지표는 1998년 3월부터 2004년 11월까지 연속으로 계산되었으나 본 논문에서의 지면 관계상 3년에 걸친 3개월간의 자료만을 수록하는 것으로 하였다. 특히 봄철에 대한 부족수분량 및 유역의 습윤상황이 관심의 대상이므로 3월과 5월을 중심으로 수록하였다. 또한 Fig. 6에 표시된 각각의 소유역은 상기 Table 2에 나타낸 수자원단위지도상의 중권역을 대상으로 하고 있다.

본 연구는 1998년 3월부터 2004년 11월까지 7개년만에 걸쳐 이루어졌으나 3개년에 걸친 일부 월의 결과만

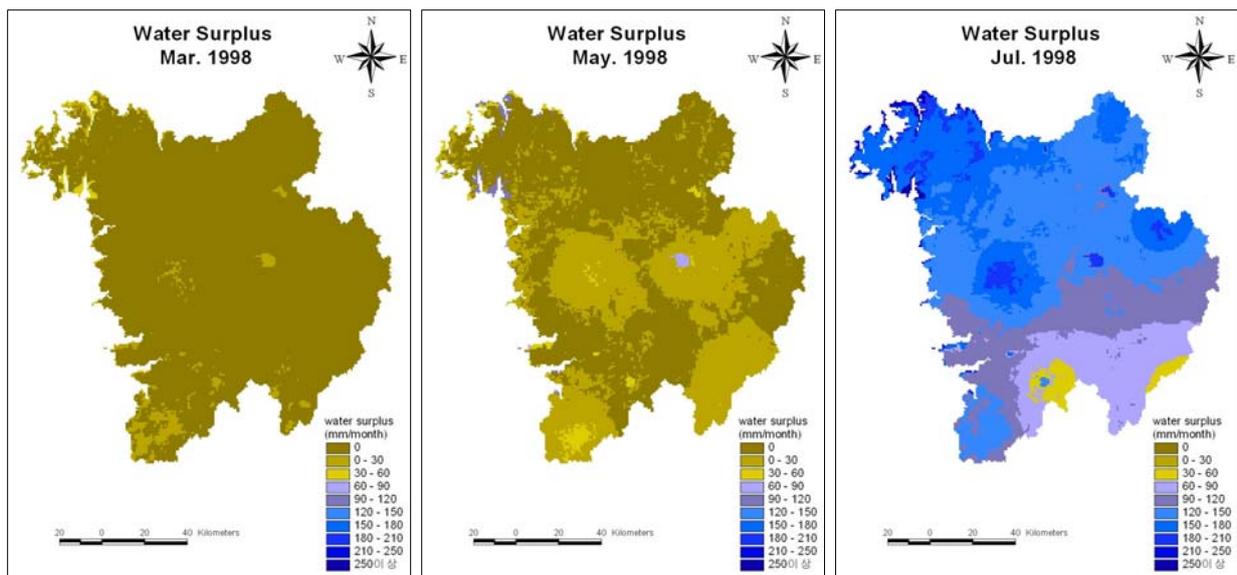


Fig. 5. Distribution of Water Surplus for Geum River Area(continued)

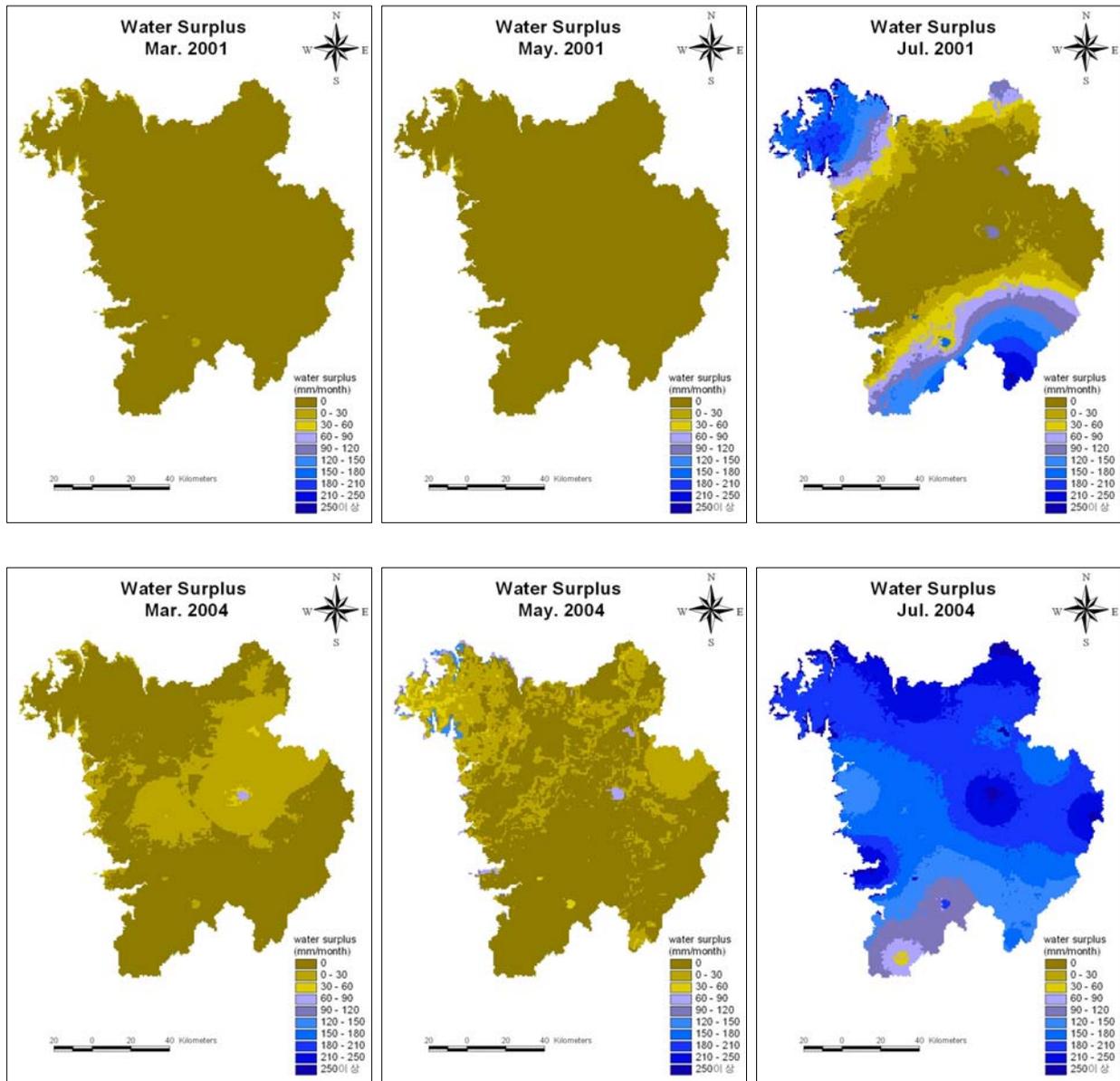


Fig. 5. Distribution of Water Surplus for Geum River Area

을 발취하여 나타내었다. Fig. 6에서 볼 수 있는 바와 같이 일반적으로 6월에 많은 양의 과잉수분이 발생하는 것을 알 수 있다. 특히 1998년과 2004년의 경우 6월에 많은 양의 과잉수분량이 발생하였으며 2003년의 경우 4월에 많은 과잉수분이 발생한 것으로 나타났다. 반면 2001년의 3월, 4월 및 5월에는 과잉수분량이 거의 발생하지 않았으며, 6월에는 아주 미소한 양의 과잉수분이 발생한 정도이다. 이것은 그 해가 가뭄해이었다는 점을 반영하고 있으며 이로부터 하천유출이 상당히 적었음을 알 수 있다. 실제로 2001년은 전국이 대단히 극심한 가뭄을 겪은 해로서 금강권역도 예외없이 3월, 4월 및 5월의 경우 과잉수분량은 대단히 적어 하천수의 공급이 원활하지 못했음을 알 수 있다.

3.2.2 부족수분량

강우량이 증발산량보다 적은 경우 토양수분의 감소를 초래하며 이로 인하여 건조화가 진행되며 결과적으로 부족수분량이 발생한다. 부족수분량이 크면 클수록 물부족으로 이어질 가능성이 그만큼 커지게 되며 관개 등에 의해 물 공급이 이루어져야 한다. 이미 기술한 기후학적 물수지 모형에 의해 금강유역에 대해 1998년부터 2004년까지의 부족수분량을 구하여 그 일부를 Fig. 7에 나타내었다. 또한, Fig. 8은 소유역별로 봄철의 부족수분량을 누적하여 나타낸 것이다.

과잉수분량과는 반대의 현상이 나타나며 비교적 충분한 강우가 발생한 1998년, 2003년 및 2004년에는 많은 양의 부족수분량은 발생되지 않고 있다. 반면 가뭄

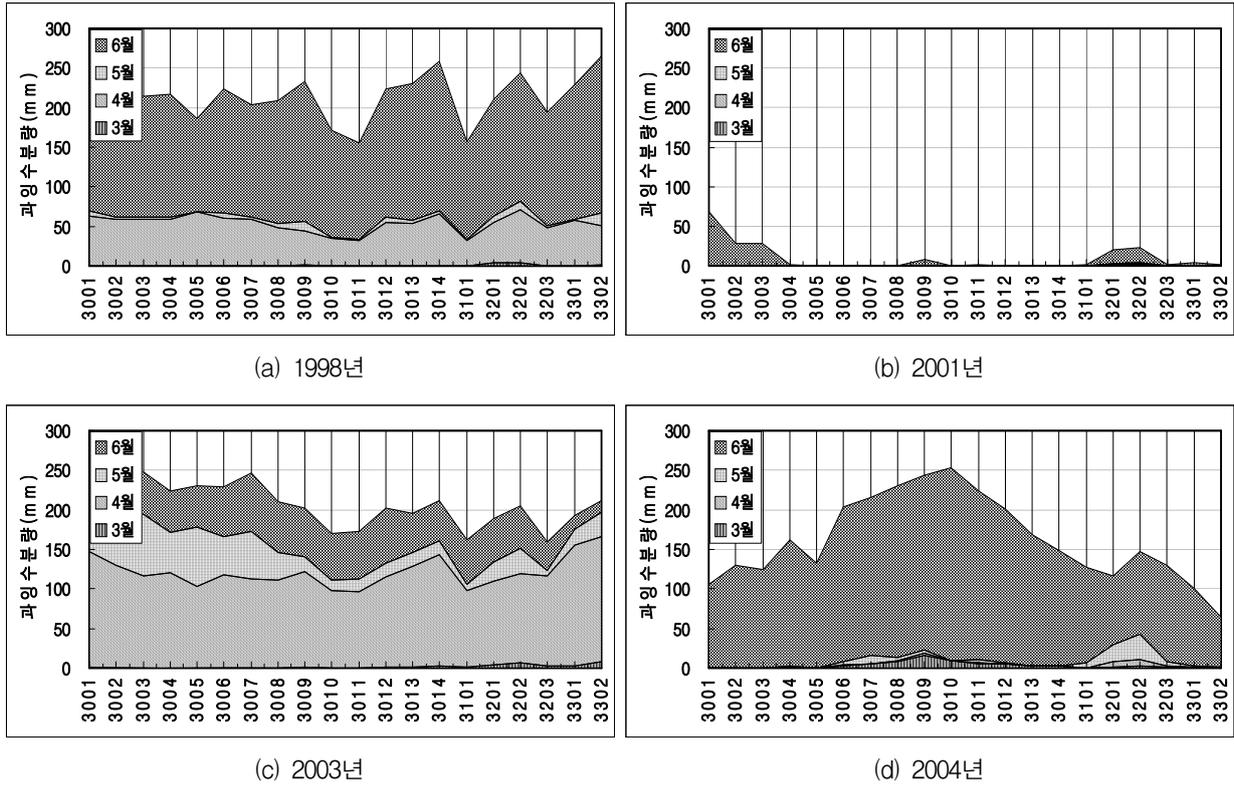


Fig. 6. Cumulative Water Surplus for Each Sub-Basin

해인 2001년에는 많은 양의 부족수분량이 발생하고 있다. 그림에 알 수 있는 바와 같이 2001년 3월부터 발생하고 있는 부족수분량은 4월에도 꾸준히 증가하다가 5월에는 그 증가폭이 현저히 증가하고 있다. 그 후 비교적 충분한 강우가 발생한 6월에도 일부 소유역에는 여전히 부족수분량이 발생하고 있음을 알 수 있다.

3.2.3 습윤지표

상기 부족수분량과 과잉수분량은 각각 건조상태와 습윤상태를 표현한다. 그러나 유역의 상황을 감시하기 위해서는 이들을 모두 반영하는 하나의 지표를 사용하는 것이 편리하다. 따라서 본 연구에서는 부족수분량과 과잉수분량을 조합하여 습윤지표를 산정하고 이 습윤지

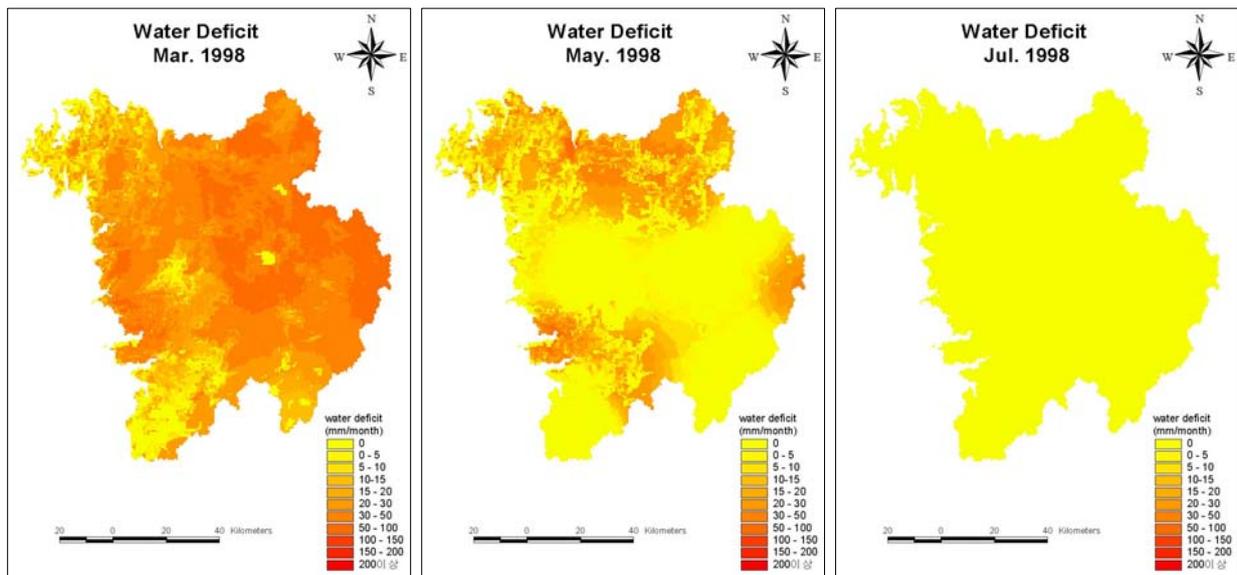


Fig. 7. Distribution of Water Deficit for Geum River Area(continued)

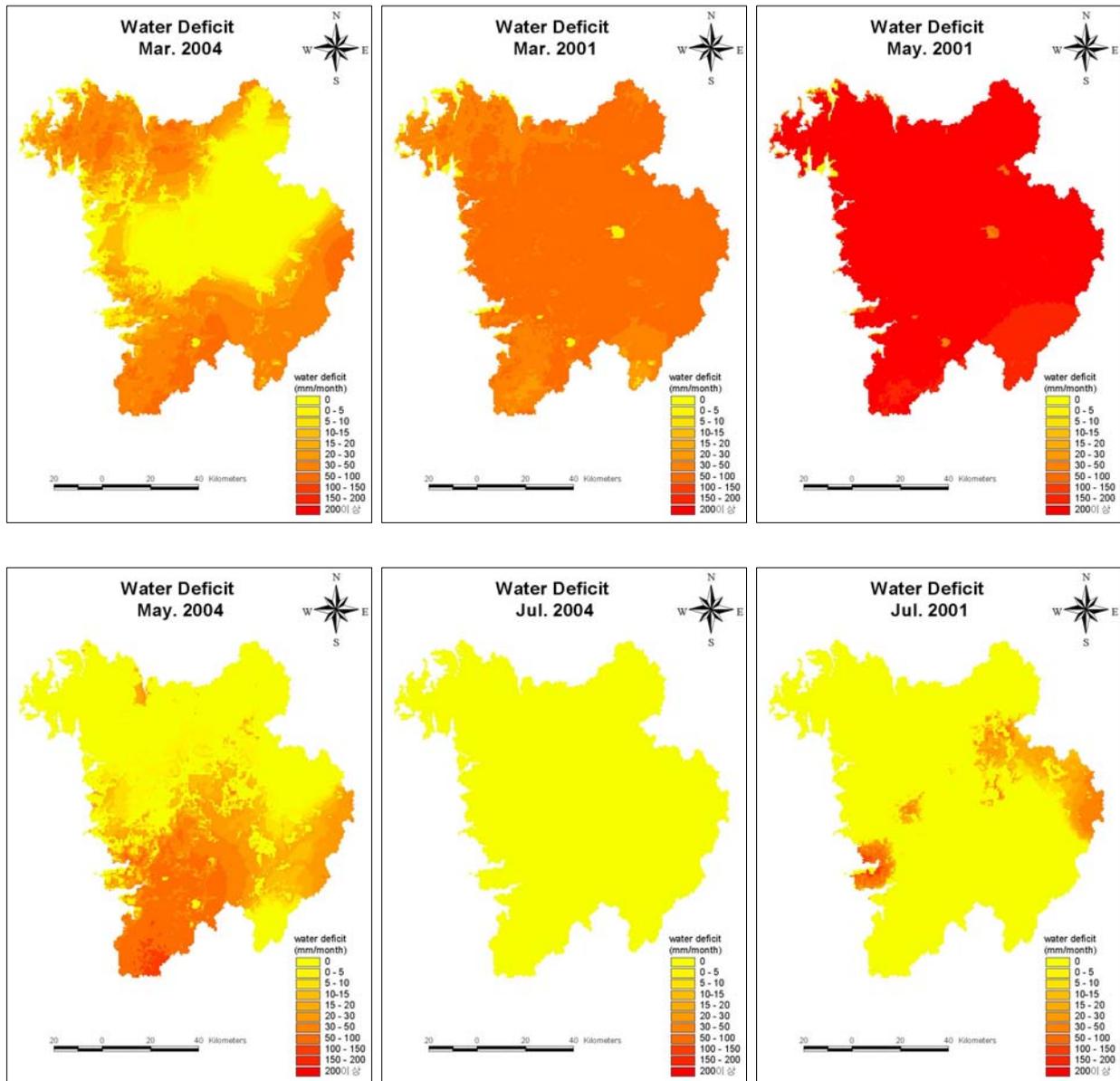


Fig. 7. Distribution of Water Deficit for Geum River Area

표를 통해 유역의 건조 및 습윤상태를 표현한다. 이 습윤지표는 부족수분량이 발생하는 경우 부(-)의 값을 갖으며 기후상태는 건조상태를 표시하고 결과적으로 유역 상황은 건조상태를 나타내는 것으로 판단할 수 있다.

물 부족 현상을 나타내는 정확한 습윤지표의 범위를 설정할 수는 없으나 Shahin은 습윤지표가 -40 이하인 경우 건조지역으로 구분하고 있다. 따라서, 현재의 시점에서 활용할 수 있는 기준을 설정하여 유역의 습윤/건조 상황을 모니터링할 수 있는 체계를 구축하는 것을 목표로 하여 습윤지표가 -40 이하인 경우 유역이 건조 상황으로 판단하기로 하며, 본 연구는 이러한 유역의 습윤/건조 상황의 현상파악에 주목적을 두기로 한다.

지금까지 구한 과잉수분량과 부족수분량 및 잠재증발산량을 이용하여 금강권역에 대한 1998년 3월부터 2004년 11월까지의 습윤지표를 산정하였으며, 그 결과 중 일부를 Fig. 9에 나타내었다. 또한, Fig. 10은 소유역 별로 매년 봄가뭄이 발생하는 기간인 3월부터 5월까지 습윤지표의 변화를 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있는바와 같이 2003년과 2004년은 습윤지표가 대부분 -40 이상을 나타내고 있어 유역은 습윤상태를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 1998년은 부분적으로 물부족 현상이 나타나고 있으나 그 정도는 그다지 심각하지 않은 것으로 판단할 수 있다. 반면 2001년은 습윤지표가 대부분 -40이하를 보이고 있으며 특히 2001년은 그 정

도가 매우 심각한 것으로 나타나고 있다. 권역내의 전라북도 지역은 충청남도 및 충청북도보다는 물부족의 영향을 덜 받고 있는 것으로 나타났으며 6월에는 모든 지

역에서 물부족이 해소되어 습윤지표는 양(+)의 값을 나타내고 있다.

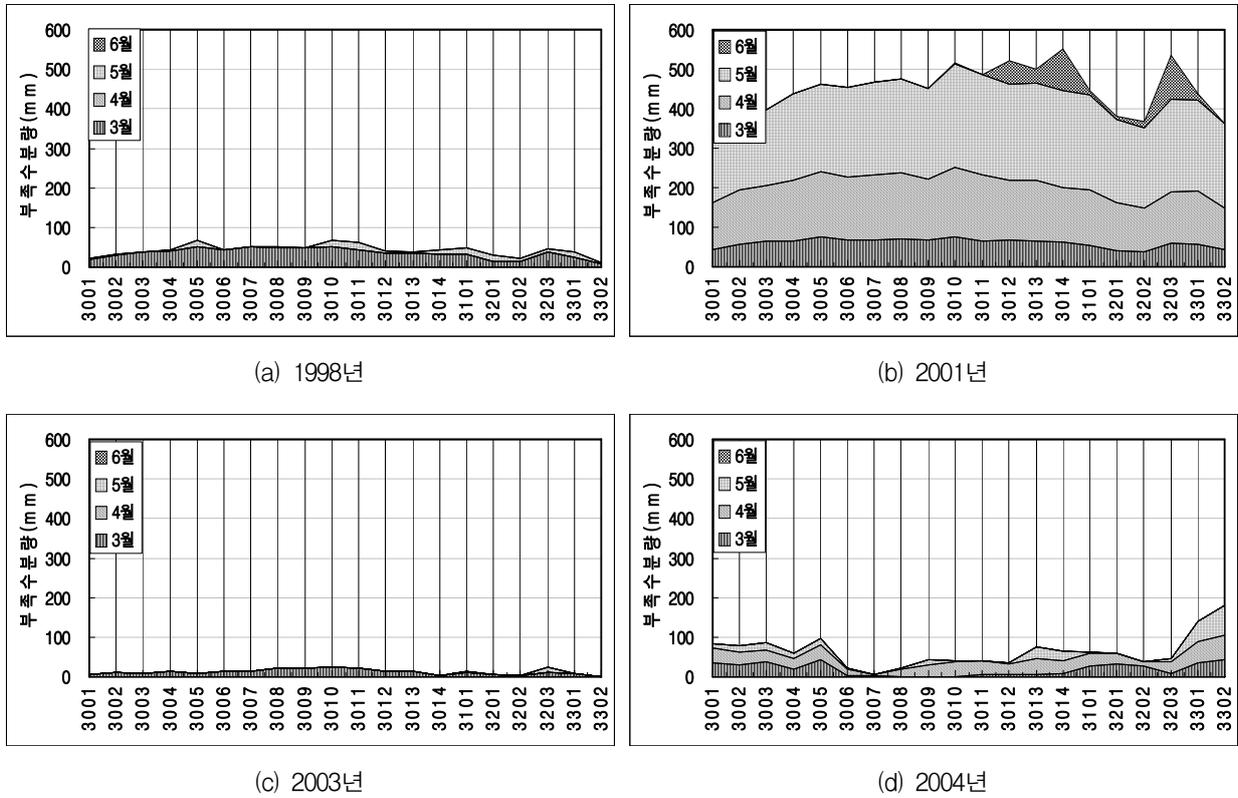


Fig. 8. Cumulative Water Deficit for Each Sub-Basin

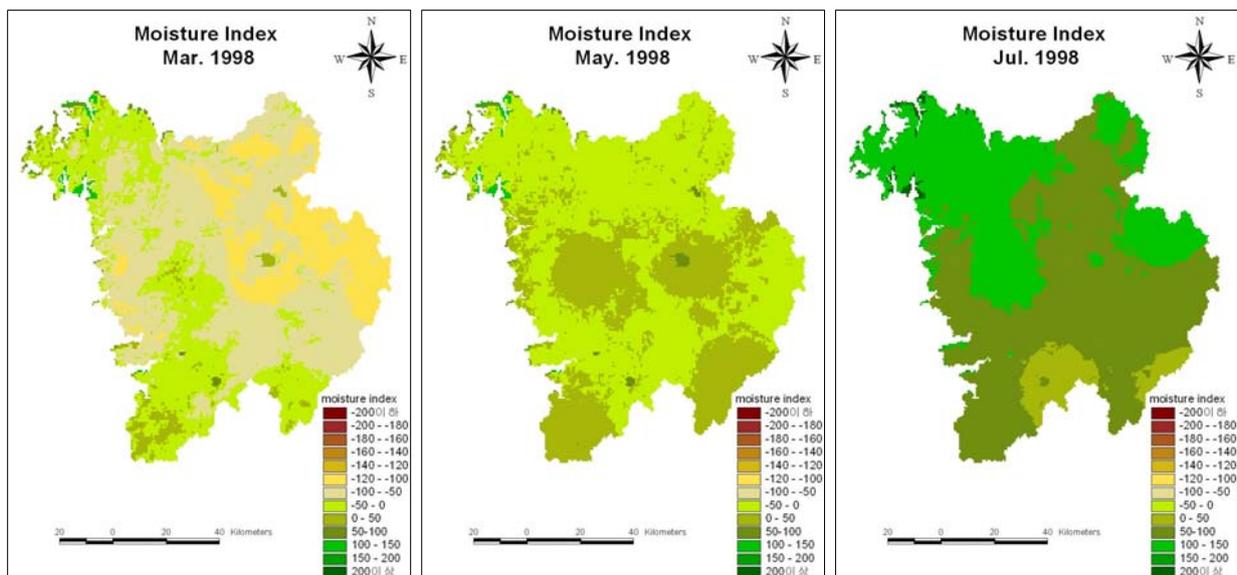


Fig. 9. Distributions of Moisture Index for Geum River Area(continued)

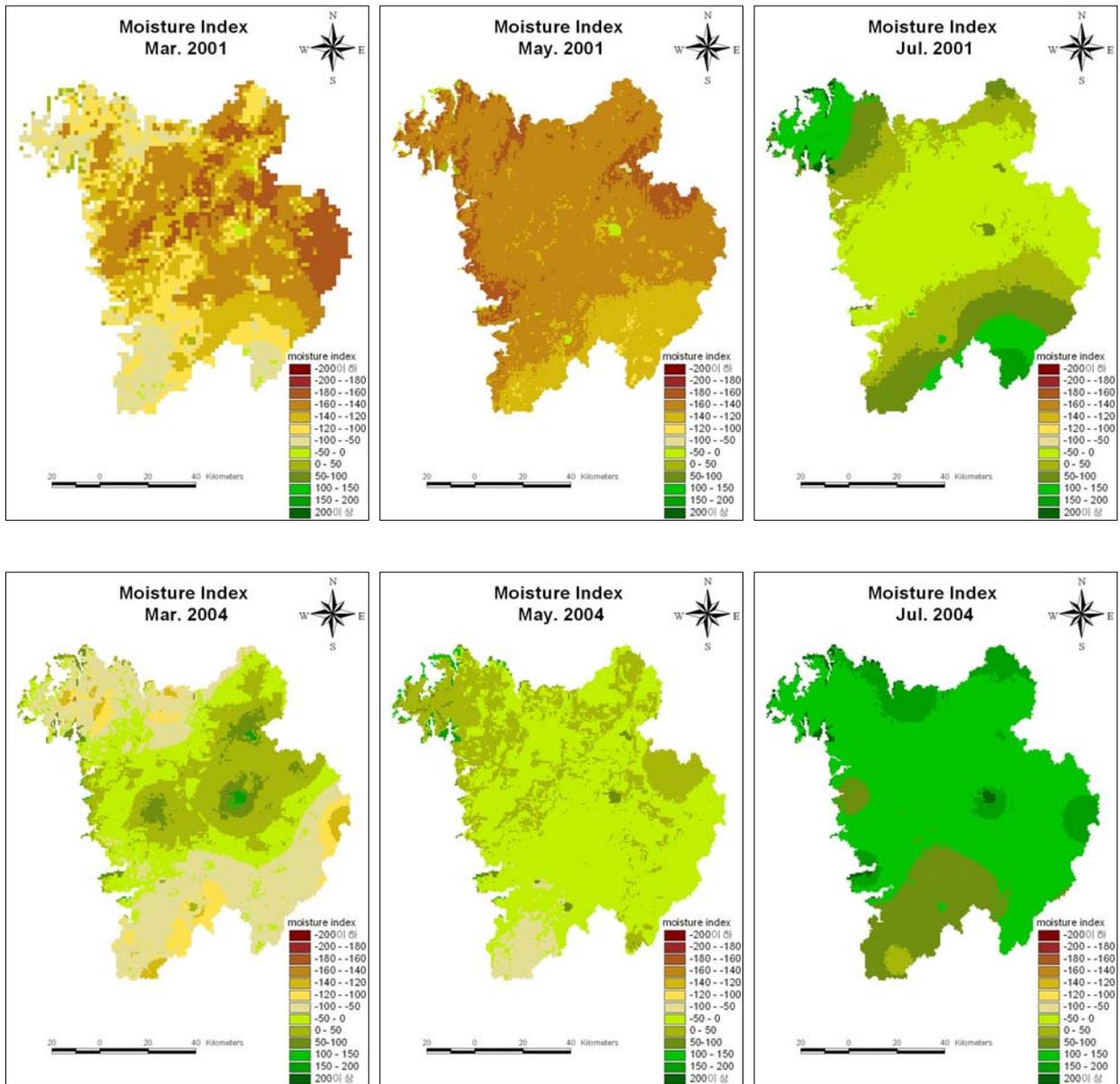


Fig. 9. Distributions of Moisture Index for Geum River Area

4. 결 론

강수량의 과소로부터 기인하는 유역의 건조상황이 지속되는 경우 결국 가뭄으로 이어지며 이러한 현상은 단기적으로는 수개월, 장기적으로는 수년이 지속되기도 한다. 이러한 현상은 시작과 끝이 불분명하여 가뭄이 크게 진행된 후에야 그 상황을 인지하게 되므로 이를 수시로 감시한다는 것은 대단히 중요한 일이다. 그러나 이러한 불분명한 상황을 감시 혹은 예측한다는 것은 실수나 오류를 내포하게 되며 이러한 것들을 최소화하기 위해서는 정기적으로 시간적·공간적으로 자료의 특성이 동일한 자료를 이용하여 객관적인 판단을 하여야 한다. 이런 점에서 기존의 연구에서 다루어온 가뭄지수를

이용한 가뭄정도 파악의 기상학적 접근이 아닌 인공위성 자료를 이용한 간접적 가뭄평가는 가뭄현상의 파악을 시·공간적으로 동일한 정확도로 지상의 자료 획득이 가능하다는 측면에서 객관적인 판단을 가능하게 하고 있다.

본 연구에서는 기후학적 물수지 방법을 실제 유역에 적용하여 유역 상황을 모니터링하는 방법을 구축하였다. 이 기후학적 물수지로부터 생성되는 과잉수분량은 유역에서의 지표면 유출 성분을 반영하여 홍수유출의 유추, 치수 구조물의 설치 및 운영에 관한 지표로 활용할 수 있으며, 부족수분량은 가뭄에 대한 정보를 취득할 수 있음을 알 수 있었다. 특히 이러한 두 가지 지표를 합성하여 얻어지는 습윤지표는 유역의 습윤상황뿐

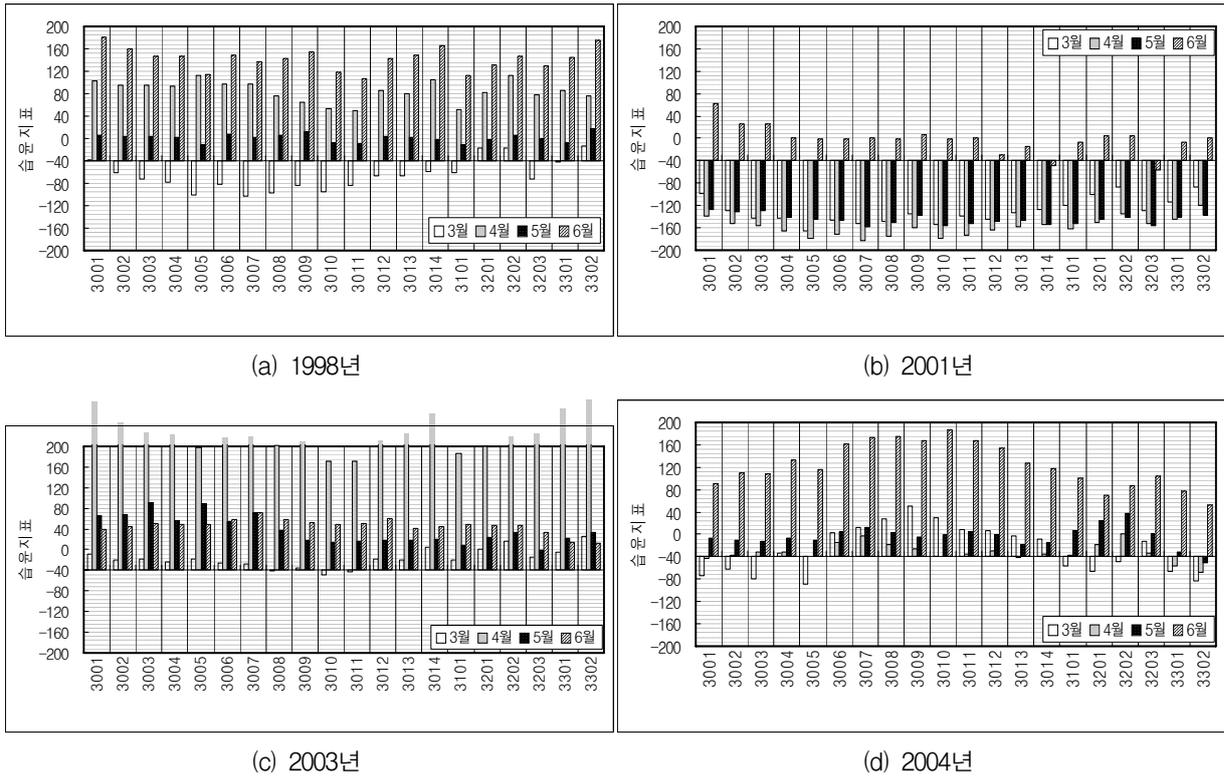


Fig. 10. Mean Moisture Index for Each Sub-Basin

만 아니라 건조상황까지도 고려할 수 있으며, 이로부터 2001년 실제 가뭄현상에 대한 분석을 실시한 결과 이 습윤지표가 실제 현상을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서는 유역의 습윤 및 건조상황 감시를 위하여 NOAA/AVHRR자료에 근거한 증발산량 산정결과를 토대로 지표면의 건습을 평가하였으며, 이러한 위성자료의 이용이 가뭄이 되풀이 되고 있는 우리나라에서 가뭄의 조기경보를 위해 효과적인 도구로서 이용될 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술사업단의 연구비지원(과제번호 1-6-3)에 의해 수행되었습니다. 또한 본 연구에 사용된 위성자료 및 기상자료는 기상청으로부터 제공받은 것입니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

권형중, 신사철, 김성준 (2005). "NOAA/AVHRR 위성 영상을 이용한 기후학적 물수지 분석." **한국수자원학회 학술발표회논문집**. 한국수자원학회
 신사철, 황만하, 고익환, 이상진 (2006). "식생 및 기온

정보를 조합한 증발산량 산정을 위한 간편법 제안." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제39권, 제4호, pp. 363-372.
 신사철, 정수, 김경탁, 김주훈, 박정술 (2006). "NDVI를 이용한 가뭄지역 검출 및 부족수분량 산정." **한국지리정보학회지**, 한국지리정보학회, 제9권, 제2호, pp. 102-114.
 김상민, 박승우 (1999). "우리나라 주요 지점에 대한 가뭄지수의 산정과 비교." **한국농공학회지**, 한국농공학회, 제41권, 제5호, pp. 43-52.
 류재희, 이동률, 안재현, 윤용남 (2002). "가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교 연구." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제35권, 제4호, pp. 397-410.
 윤용남, 안재현, 이동률 (1997). "Palmer의 방법을 이용한 가뭄의 분석." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제30권, 제4호, pp. 317-326.
 임경진, 심명필, 성기원, 이현재 (2001). "다양한 시계열을 이용한 가뭄지표 산정." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제34권, 제6호, pp. 673-685.
 石井正典 (1989). "ハモン式と計器蒸發量を用いた場合の蒸發散係數の比較について." **일본임학회지**, 일본임학회, 제71권, pp.241-245.
 石井正典 (1991). "山地流域を對象とした蒸發散量の推

- 定方法及びそれと林況との關係.” **일본수문·수자원 학회지**, 일본수문·수자원학회, 제4권, 제3호, pp. 45-52.
- Donker, N. H. W. (1987). "WTRBLN : A Computer Program to Calculate Water Balance." *Computer & Geoscience*, Vol. 13, pp. 95-122.
- Hamon, W. R. (1961). "Estimating Potential Evapotranspiration." Proc. Am. Soc. Civil Engineering, *J. of the Hydraulics Divisions*, Vol. 87, pp. 107-120.
- Kogan, F. N. (1995). "Application of Vegetation Index and Brightness Temperature for Drought Detection." *Adv. in Space Res.*, Vol. 15, pp. 91-100.
- Kogan, F. N. (1997). "Global Drought Watch from Space." *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 78, pp. 621-636.
- Legates, D. R. and J. R. Mather (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.
- Tateishi, R. and C. H. Ahn (1996). "Mapping Evapotranspiration and Water Balance for Global Land Surfaces." *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 51, pp. 209-215.
- Thornthwaite, C. W. (1948). "Approach Toward a Rational Classification of Climate." *Geographical Review*, Vol. 38, pp.55-94.
- Unganai, L. S., and F. N. Kogan. (1998). "Drought Monitoring and Corn Yield Estimation in Southern Africa from AVHRR Data." *Remote Sens. Environ.*, Vol. 63, pp. 219-232.
- (논문번호:07-111/접수:2007.10.18/심사완료:2008.01.16)