

# NDVI를 이용한 가뭄발생지역 검출 및 부족수분량 산정

## Drought Detection and Estimation of Water Deficit using NDVI

신사철\*·김경탁\*\*·김주훈\*\*·박정솔\*\*\*

Sha Chul Shin, Kyung Tak Kim, Joo Hun Kim, Jung Sool Park

### 요 지

본 연구의 목적은 낙동강 권역을 대상으로 가뭄지역을 검출하고 부족수분량을 산정하는 방법을 개발하는 것이다. 위성자료는 임의 지점에 대하여 지속적이고 반복적인 관측 자료를 제공하므로 가뭄 감시를 위해 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구에서는 증발산량과 정규식생지수(Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)가 밀접한 상관성이 있는 점에 착안하여 MODIS 영상으로부터 얻어진 NDVI와 기상자료 중 기온자료를 이용하여 증발산량을 산정하는 간편법을 제안하였다. 또한, 가뭄 분석을 위해 위성자료로부터 얻어진 증발산량 자료를 이용하여 기후학적 물수지 모형에 의해 부족수분량을 산정하여 물부족의 심도를 파악하였다. 본 연구의 결과로서 가뭄 분석에 있어서 위성영상의 활용이 대단히 유용하다는 것을 보여주고 있다.

**핵심용어** : 가뭄, MODIS, NDVI, 부족수분량

## 1. 서 론

가뭄은 인간으로서 불가항력적인 자연현상으로 우리는 가뭄발생을 방지할 수는 없으나 가뭄을 견딜 수 있는 대비책을 확보함으로써 그 피해를 어느 정도 줄일 수는 있을 것이다. 본 연구는 가뭄에 따른 경제적 손실 및 환경요인 등의 변화를 최소화하기 위하여 가뭄현상을 인공위성 자료로부터 파악하고자 하는 의도에서 시작되었다. 현재 선진국에서는 가뭄현상을 사전에 탐지하는 것을 시작으로 가뭄 발생시 취하여야 할 적절한 대응까지를 포함하는 종합적인 가뭄관리 체계를 구축하고 있다. 이를 위해서는 위기관리(crisis management)와 위험관리(risk management)를 포함하는 포괄적인 관리시스템이 요구된다. 지금까지 우리나라의 경우 가뭄에 대한 대응은 위기관리측면에 비중을 둔 것으로서 가뭄이 발생되면 이에 대한 대응수준에 불과하였다고 말할 수 있다.

본 연구에서는 위험관리의 근간을 이루는 가뭄지역의 실시간 모니터링을 가능하게 하고 그 심도를 파악할 수 있도록 인공위성 자료를 활용하는 연구를 수행하고자 한다. 이에 본 연구는 기후학적 가뭄감시를 위하여 비교적 해상도가 우수한 MODIS(MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) 영상자료를 이용하여 빈번하게 발생되고 있는 가뭄현상을 조기에 탐지하고 이에 대한 적절한 대응 체계를 구축할 수 있는 하나의 방법론을 제시하는데 목적이 있다.

## 2. 연구방법 및 대상유역

### 2.1 기후학적 물수지

\* 정회원 · 안동대학교 토목공학과 교수 · E-mail : scshin@andong.ac.kr  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : ktkim1@kict.re.kr  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail : jh-kim@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : parkjs@kict.re.kr

본 연구에서는 기후학적 물수지를 계산하고 이로부터 생산되는 부족수분량을 이용하여 어느 임의 지점에서의 부족수분상황을 파악하였다. 기후학적 물수지는 기후 구분을 위하여 Thornthwaite(1948)에 의해 개발된 이후 여러 가지 다양한 수문기상학적 문제의 정량적 정보를 획득하기 위한 하나의 방법으로 응용되어 왔다(Legates and Mather, 1992; Tateishi and Ahn, 1996).

기후학적 물수지를 위한 개략적인 흐름도는 그림 1과 같다. 기후학적 물수지를 산정하기 위한 입력 자료로는 강우분포, 실제증발산량 분포 및 잠재증발산량 분포가 필요하며, 임의 지점에서의 강우량과 증발산량의 대소 관계에 의해 토양수분 및 부족수분량을 결정하게 된다. 본 연구에서는 Donker(1987)가 제시한 월 잠재증발산량, 강우량 및 토양수분보유능(Soil Water Holding Capacity ; WC)을 이용하여 토양수분을 산정하는 방법을 적용하였다.

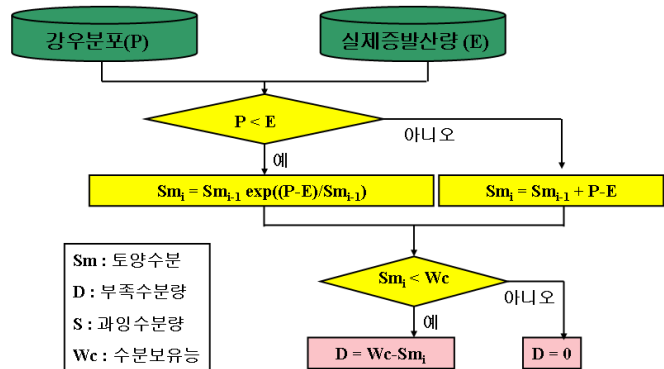


그림 1. 기후학적 물수지의 흐름도

## 2.2 대상구역

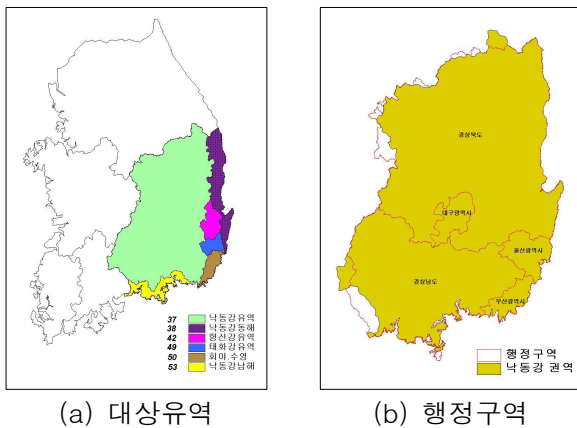


그림 2. 연구 대상지역

본 연구를 위한 대상구역은 낙동강권역이며 수자원단위지도 상의 낙동강 권역은 6개의 대권역(낙동강유역, 낙동강동해, 형산강유역, 태화강유역, 회야수영, 낙동강남해)으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 그림 2와 같이 낙동강 유역에 국한하지 않고 6개의 대권역 전체를 대상으로 하였다.

본 연구에서 사용한 NDVI는 NASA의 EOS Data Gateway에서 제공받은 해상도 250m의 MODIS NDVI 16일 합성자료를 월단위로 변환한 자료로 분석기간은 전국적으로 가뭄이 심각했던 2001년을 대상으로 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 강우량의 공간분포

2001년 3월부터 6월 중순까지 전국적으로 기상 관측 이래 최악의 봄가뭄이 계속되면서 기상 재앙이라는 말까지 나올 정도의 극심한 가뭄으로 커다란 사회경제적 파장을 일으켰다. 2001년 3월부터 5월까지의 봄철 강수량은 예년 강수량의 20~30% 정도로 매우 건조한 상태를 보였으며, 비교적 강우가 적었던 2000년에 비해서도 대단히 적은 강우량을 보이고 있다.

본 연구에서는 자료의 획득이 가능한 전국의 기상관측소 중 낙동강 권역에 위치한 22개 기상관측소에서 획득된 지점별 강우량을 IDW(Inverse Distance Weighted)법을 이용하여 공간분포도로 작성하였다. 그림 3은 2001년 3월~10월의 공간분포도 중 극심한 가뭄을 겪었던 3월부터 5월의 공간분포도이다. 이와 같이 공간 분포화된 강우량 자료를 이용하여 가뭄현상이 주로 발생하는 봄철(3월~6월)의 강우량 통계를 수자원단위지도

상의 대권역과 광역시/도를 대상으로 누적하여 표시하면 그림 4와 같다.

### 3.2 증발산량의 공간분포

NDVI로부터 실제증발산량을 산정하는 방법을 개발하기 위해서는 우선 분석에 사용할 실제증발산량이 필요하다. 이와 같은 기준으로 사용되어질 실제증발산량은 관측에 의한 정확한 값이어야 하나 넓은 지역을 대상으로 실제증발산량을 직접 구한다는 것은 불가능한 일이므로 본 연구에서는 보완관계식을 이용하여 실제증발산량을 산정하였다.

증발산량 산정 및 기후학적 물수지를 넓은 지역에 적용하기 위하여 지표면의 특성이 유사한 몇 개의 항목으로 분류하는 것이 필요하며, 이를 위하여 본 연구에서는 식생의 특성이 유사한 지역을 그룹화하여 5개 등급으로 분류하였다.

어느 지점의 NDVI가 그 지점의 식생상태를 잘 표현하고 있다는 것은 일반적으로 입증된 사실이다. 또한 증발산량은 식생상태의 영향을 받으므로 증발산량과 NDVI의 상관관계를 생각할 수 있으며, 증발산량과 NDVI는 기상조건에 밀접한 관계를 가지므로 증발산량, NDVI, 기상조건의 상관관계를 생각할 수 있다. 여러 기상자료 중에서 기온은 자료의 획득이 용이하며 무엇보다도 증발산량과 대단히 높은 상관성을 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 지역적 피복특성이 고려된 공간자료의 형태로 주어지는 NDVI와 기상관측 지점별로 얻어지는 기온을 통계적 방법으로 공간분포화 한 자료를 변수로 실제증발산량을 산정하는 관계식을 개발하였다. 증발산량을 산정하기 위한 다중회귀분석은 보완관계식에 의해 기준증발산량을 종속변수로 하고 독립변수로서 NDVI(변수명: ndvi)와 기온(변수명: temp)을 사용하여 결과적으로 어느 임의의 지점에서 실제증발산량을 산정할 수 있는 추정식을 구하였다.

증발산량과 식생의 변화 양상에는 약간의 시간적 차이가 발생함을 고려하여 본 연구에서는 식생의 활성화도 변화에 따라 성수기와 비성수기를 구분하여 회귀분석을 실시하였다. 다중회귀분석을 통해 얻어진 회귀방

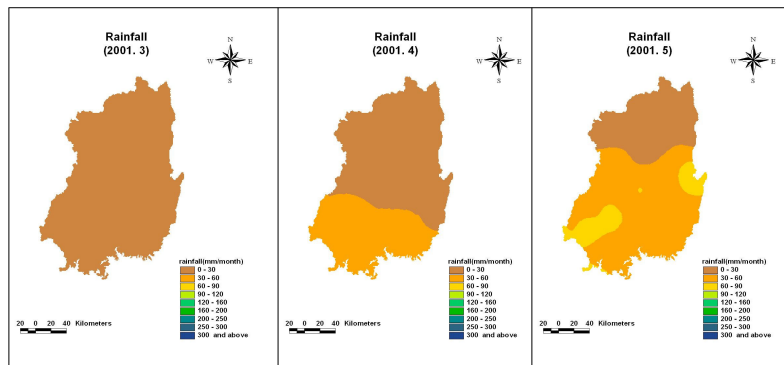


그림 3. 강수량 공간분포도 (2001.3~2001.6)

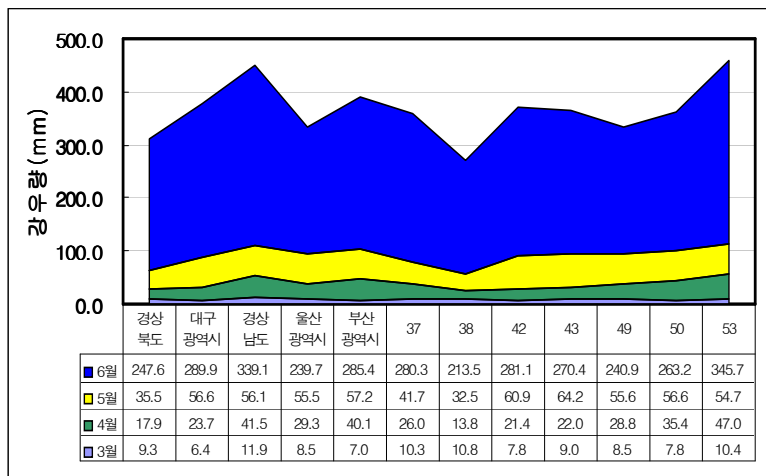


그림 4. 3개월 누적강수량 (2001년)

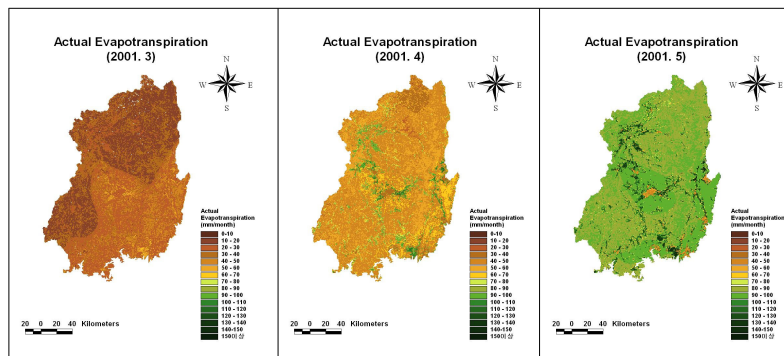


그림 6. 실제증발산 분포도 (2001년 3월~5월)

정식을 결정계수( $R^2$ )로 적합도 검증을 하여 얻어진 식은 표 1과 같으며, 보완관계식에 의한 증발산량과 본 연구에서 개발한 회귀방정식을 이용해 제작한 실제증발산 분포도는 그림 6과 같다.

표 1에서 알 수 있는 바와 같이 회귀방정식의 결정계수는 0.8~0.9 정도의 높은 값을 보이고 있음을 알 수 있다. class 2의 경우 대부분 도시 지역에 상당하는 지역으로 식생보다는 기상요소에 강하게 영향을 받게 되므로 정확도는 가장 낮게 나타나고 있으나, 대체로 적용 가능한 수치를 보여주고 있다.

표 1. 실제 증발산 추정을 위한 회귀식

vegetation classes	Mar. - Aug.		Sep. - Nov.	
	regression equations	$R^2$	regression equations	$R^2$
class 2	$E=-4.6584+51.1963ndvi+2.0275temp$	0.8629	$E=12.0076+24.67110ndvi+0.5869temp$	0.7181
class 3	$E=12.7019-129.4350ndvi+8.6472temp$	0.8464	$E=-10.4135+37.9157ndvi+2.9422temp$	0.9243
class 4	$E=-28.7969+149.2442ndvi+1.4429temp$	0.9033	$E=-67.9469+144.8689ndvi+1.7992temp$	0.9075
class 5	$E=-63.3284+179.7303ndvi+1.8544temp$	0.8940	$E=-94.4658+148.7670ndvi+2.9786temp$	0.9225

### 3.3 부족수분량의 분포

본 연구에서는 이상에서 기술한 기후학적 방법에 의해 낙동강 유역에 대하여 부족수분량의 분포를 통하여 가뭃지역을 검출하고 그 심도를 파악하였다. 강우량이 증발산량보다 적은 경우 토양수분의 감소를 초래하며 이로 인하여 건조화가 진행될수록 부족수분량이 발생한다. 부족수분량이 클수록 가뭃으로 이어질 가능성이 그만큼 커지게 되며 관개 등에 의해 물 공급이 이루어져야 한다.

그림 7은 기후학적 물수지 모형에 의해 심각한 가뭃이 발생하였던 2001년을 대상으로 낙동강유역에 대한 부족수분량을 구하여 그 결과를 나타낸 것이며, 그림 8은 연구대상 유역에 위치하고 있는 수자원단위지도상의 대권역과 광역시/도에 대하여 3월부터 6월까지의 부족수분량을 누적한 것을 나타낸 것이다.

2001년 3월부터 경상북도 지역을 중심으로 부족수분량이 발생하고 있음을 알 수 있으며, 4월에도 부족수분량은 꾸준히 증가하다가 5월에는 그 증가폭이 현저히 증가하고 있다. 이와 같은 현상은 4월과 5월에 어느 정도의 강우가 발생했음에도 불구하고(그림 3) 이보다 증발산량의 크기가 더 크게 나타나 물 부족은 더욱 심화되는 것이다. 2001년 3월에는 대구광역시와 부산광역시의 부족수분량이 가장 크게 나타났으나 4월과 5월로 진행하면서 경상북도의 부족수분이 가장 큰 것으로 나타나고 있다. 그러나 6월의 경우 비교적 많은 강우가 발생함으로써 부족수분량은 발생하지 않으며 가뭃은 해소된 것으로 나타나고 있다. 이로부터 부족수분량이 2001년의 극심한 가뭃상황을 잘 묘사해 주고 있음을 알 수 있다.

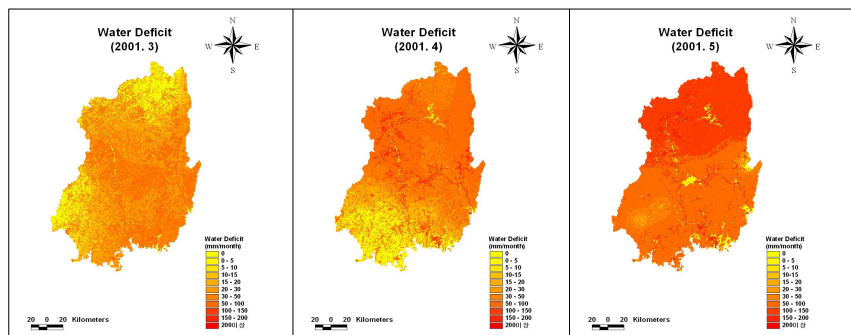


그림 7. 부족수분량 분포도 (2001년 3월 ~ 5월)

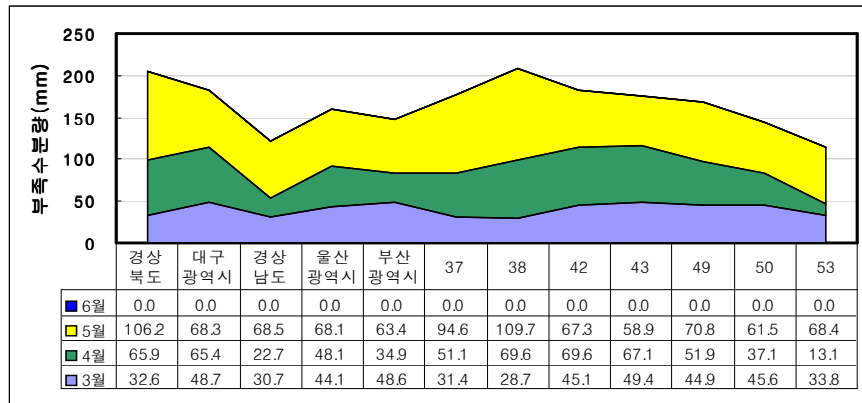


그림 8. 부족수분량 누적 (2001년 3월 ~ 6월)

#### 4. 결론 및 활용방안

본 연구는 낙동강 권역에 대한 가뭄 상황을 감시하고 그 상황을 해소하기 위한 필요강우량의 산정을 위하여 인공위성 자료라는 객관적 자료에 의한 분석을 실시하였다. 가뭄평가의 방법으로 기존의 연구에서 다루어온 가뭄지수를 이용한 가뭄정도 파악의 기상학적 접근이 아닌 인공위성에 의해 획득되는 식생정보를 이용하여 간접적으로 가뭄을 평가하는 기법을 이용하였다. 본 연구는 가뭄의 실시간 감시를 위하여 원격탐사의 활용이 대단히 유용하다는 것을 제시하였으며, 비록 가뭄현상이 복잡하게 나타난다 하더라도 NDVI는 지표면의 건습을 평가하는 기본적인 입력 자료로 활용될 수 있음을 보여 주고 있다. 또한 본 연구에서 사용하고 있는 MODIS 영상 자료는 현지점에서 시계열 자료의 취득이 가능하면서 어느 정도의 공간해상도를 확보할 수 있는 최선의 방안이 될 것이다.

그러나 이러한 광역적 가뭄분석의 목적은 가뭄의 조기 탐지 및 예측을 목적으로 하는 것으로 지역적인 구체적 대응 방안 모색 및 농업적 가뭄 혹은 수문학적 가뭄에 대비하기 위해서는 현장 상황을 지속적으로 감시하고 관리하는 체계가 동시에 구축되어야 한다. 궁극적으로 종합적인 가뭄관리 체계가 구축되기 위해서는 본 연구의 결과인 모니터링과 예측을 바탕으로 하는 위험관리 시스템과 현장 대응을 위한 위기관리 시스템인 지역적 가뭄관리 체계가 동시에 구축·운영되어야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 공공기술연구회의 일반연구사업(사업명 : 위성자료 공공활용 연구-위성영상을 이용한 하천정보 생산 및 활용에 관한 연구)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Donker, N. H. W. (1995). WTRBLN : A Computer Program to Calculate Water Balance. Computer & Geoscience. Vol. 13, pp. 95 ~ 122.
2. Legates, D. R. and J. R. Mather. (1992). An Evaluating of the Average Annual Global Water Balance. Geographical Review, Vol. 82, pp. 253 ~ 267.
3. Shin, S. C., and M. Sawamoto. (1996). Evaluation of the Annual Water Balance through Vegetation Monitoring. International Conference on Water Resources & Environment Research, pp.635 ~ 642.
4. 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.
5. Thornthwaite, C. W. (1948). Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review, Vol. 38, pp.55 ~ 94. (Legates and Mather(1992)에서 인용)