

## 가뭄모니터링 시스템 구축:

## I. 정량적 가뭄모니터링을 위한 가뭄지수의 적용성 분석

Development of Drought Monitoring System:

## I. Applicability of Drought Indices for Quantitative Drought Monitoring

이 주 현\* / 정 상 만\*\* / 김 성 준\*\*\* / 이 명 호\*\*\*\*

Lee, Joo Heon / Jeong, Sang Man / Kim, Seong Joon / Lee, Myung Ho

## Abstract

This study is to develop the drought monitoring system of Korea using drought indices such as PDSI, SPI and MSWSI. To analyze the applicability of three different drought indices, monthly based drought indices have been calculated using various kinds of meteorological and hydrologic data. Also past drought events have been investigated to compare the simulation results, which are the severity, duration and locations using monthly drought indices. The drought map which is made by using PDSI shows the best accordance with past drought events in its severity and duration as well. Also SPI(3) shows good accordance with past drought events. As a results of this study, we concluded that three different drought indices can be used as an effective tool for quantitative drought monitoring.

**keywords** : PDSI, SPI, MSWSI, Drought Index, Drought Map

## 요 지

본 연구에서는 한반도에 대한 가뭄모니터링 시스템을 구축하기 위하여 각종 기상 및 수문자료를 활용하여 우리나라 전역에 대한 PDSI, SPI 및 MSWSI 등의 가뭄지수를 월단위로 산정하였으며 산정된 각종 지수들이 어느 정도로 과거에 발생했던 가뭄을 정량적으로 재현하는가를 분석하였다. 분석을 위하여 1994년, 1995년 및 2001년에 발생했던 가뭄의 가뭄피해 조사기록을 이용하였고 본 연구에서 이용되는 3가지의 가뭄지수들이 가뭄감시를 위한 가뭄지표로 활용할 수 있는가를 판단하기 위하여 과거 가뭄에 대한 재현정도, 가뭄단계의 일치성 및 상관관계를 분석하였다. 분석결과, PDSI, SPI(3), SPI(6), MSWSI 순으로 과거 가뭄 모니터링에 대한 정확성을 나타냈고 특히 가뭄의 심도 및 지속기간을 비교 분석한 결과에서도 상당히 우수한 결과를 보여 가뭄모니터링을 위한 지표로 충분히 활용될 수 있

\* 정희원 · 중부대학교 사회기반시스템공학과 부교수

Associate Professor, Department of Civil Engineering., JoongBu Univiversity., Chubu, Kumsan, Chungnam-do 312-702, Korea.  
(e-mail: leejh@joongbu.ac.kr)

\*\* 정희원 · 공주대학교 건설환경공학부 방재연구센터 교수

Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, DPRC, Kongju National University, 182 Singwan-dong, Gongju-si, Chung nam-do, 314-701, Korea  
(e-mail: smjeong@kongju.ac.kr)

\*\*\* 정희원 · 건국대학교 사회환경시스템공학부 부교수

Associate Professor, Department of Civil & Environmental System Engineering, Konkuk University, Hwayang-Dong, Gwangjin-Gu, Seoul 143-701, Korea  
(e-mail: kimsj@konkuk.ac.kr)

\*\*\*\* 남원건설엔지니어링 사원

Namwon Keonseol Engineering Co. LTD, Kwanyang-dong, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, 1608-4, Korea.  
(e-mail: dlaudgh3333@hanmail.net)

다는 결론을 얻었다.

**핵심용어** : 파머가뭄심도지수 , 표준강수지수, 지표수공급지수, 가뭄지수, 가뭄도

## 1. 서론

최근 들어 지구촌은 지구온난화에 따른 기후변화에 의해 홍수 및 가뭄 등 자연재해가 빈발하고 있고, 산업화와 도시화에 따른 물수요가 급증하고 각종 오염수의 증가로 수질오염이 심화되어 사용가능한 물의 양은 점점 줄어드는 심각한 상황을 맞고 있다. 이와 같은 여러 가지의 자연재해 중 가뭄은 그 특성상 홍수 등 기타 자연재해와는 달리 진행속도가 느리므로 시간적으로 대처할 여유가 많기 때문에 비록 진행중인 상태라 하더라도 그 진행상황을 초기에 감지한다면 가뭄에 의한 피해를 최소화할 수 있다. 즉, 가뭄심도 및 진행상황을 모니터링하여 그 진행상황을 물 공급 담당자 및 일반인들에게 알려줄 수 있다면 가뭄에 대한 신속한 대처와 피해경감 효과를 기대할 수 있다.

가뭄과 관련하여 기존에 수행된 조사와 기존 연구로서 임경진 등(2001)은 강우량, 일최고기온, 유출량, PDSI(Palmer Drought Severity Index) 등의 4가지 기후학적 시계열의 확률 개념을 이용하여 가뭄감시지표를 개발하여 낙동강 권역에 적용하였으며 강우량 지표와 PDSI를 가뭄감시를 위해 추천하였다. 이동률(1998)은 우리나라 기후조건을 이용하여 PDSI를 산정하고 이를 이용하여 엘니뇨의 영향과 상관분석을 실시하였고, 김선주 등(1995)은 미국의 서부지역에서 개발된 SWSI(Surface Water Supply Index)를 우리나라 지형과 수문학적 특성에 맞게 바꾸어 강수량과 저수량만 고려하는 용수공급지수로 제시하였다. 류재희 등(2002)은 강수량, 저수량 그리고 유출량 계열을 이용한 SWSI를 유역에 적용하여 PDSI, SPI(Standardized Precipitation Index)와 비교·분석하여 그 특성을 분석하였다.

외국에서 진행된 연구로서 McKee et al.(1995)은 Colorado의 Fort Collins 지방을 대상으로 PDSI와 SPI의 상관성을 분석하였고, Guttman(1998)은 스펙트럼 분석을 이용하여 미국 전역의 PDSI와 SPI를 비교하였다. Rao et al.(1996)은 강우량, 유출량, 일최고기온, PHDI 등의 4가지 기후학적 시계열의 확률 개념을 이용하여 가뭄감시지표를 개발하여 Indiana 주에 적용하여 표준화된 유출지수, PHDI를 가뭄감시를 위해 추천하였다.

이상의 다양한 연구들은 기존에 개발된 가뭄지수들이 각각 독립적으로 가뭄을 평가할 수 있는 한계가 있

으며, 하나의 지수보다는 다양한 지수들을 복합적으로 이용하는 것이 바람직하고 또한 추정치가 아닌 실측자료를 이용하여 가뭄을 평가해야 한다고 제안하고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 기상학적 가뭄심도를 표현하기 위한 가뭄지수인 PDSI, SPI와 수문학적 가뭄심도를 표현하는 지표수공급지수인 MSWSI(Modified Surface Water Supply Index)를 우리나라 전역에 대하여 산정한 후 이를 통하여 가뭄을 모니터링하고 정량화하는 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 가뭄의 정의 및 가뭄지수 분석

### 2.1 가뭄의 정의

가뭄은 학문분야의 관심에 따라 여러 가지 정의가 제시되어 있다. Palmer(1965)는 "주어진 지점에서 실제 수분공급이 기후적으로 필요한 수분공급보다 적은 수개월 또는 수년의 기간이 지속되는 현상"으로 정의하였으며 Dracup et al.(1980)은 물부족의 특성, 평균기간, 절단수준(Truncation Level), 지역화 접근의 네 가지 기준에 의해 가뭄을 정의하는 분류법을 제시하였으며, Wilhite and Glantz(1985)는 가뭄의 정의에 대한 광범위한 고찰을 통해 여섯가지 범주로 분류하였고 U. S. Weather Bureau 에서는 가뭄을 "평균 충분한 강우가 있던 곳에서 작물과 동물의 생활에 해를 끼치거나 생활용수나 발전소의 운영에 공급되는 물을 고갈시킬 만큼 장기간의 심각한 강우부족"으로 정의하였다. 이처럼 가뭄은 기후와 지역에 따라 각기 다른 의미를 함축하고 있다.

### 2.2 가뭄지수

일반적으로 가뭄은 장기간 강수의 부족으로 사용할 물이 없는 상태이고, 가뭄의 평가는 부족한 용수의 정도를 시·공간에 대해 측정하는 것이라 볼 수 있다. 이러한 가뭄을 평가하기 위한 지표로 주로 사용하는 방법은 가뭄지수를 이용하는 것이다. 가뭄지수는 강우, 용설, 하천, 지하수 등 단일의 자료를 이용하여 가뭄 상황을 파악할 수도 있으나 이를 이용하여 조합된 하나의 지표로 산정할 수 있다. 이렇게 가뭄을 평가함으로써 원 자료보다 좀 더 유용한 평가를 할 수 있다.

가뭄평가를 위해 실제 이용되고 있는 지수들은 이용

자들의 목적에 맞게 다양하게 연구되어 왔으며 국내외에서 가장 일반적으로 이용되는 가뭄지수는 정상강수백분율(Percent of Normal Precipitation), 표준강수지수(SPI : Standardized Precipitation Index), 파머가뭄심도지수(PDSI : Palmer Drought Severity Index), 지표수공급지수(SWSI : Surface Water Supply Index), 작물수분지수(CMI : Crop Moisture Index), 미국 개척국 가뭄지수(RDI : Reclamation Drought Index), 십분위수(Deciles)등이 있다.

본 연구에서는 SPI, PDSI와 SWSI의 보완적인 MSWSI(Modified SWSI) (권형중 등, 2005)를 가뭄지표로 활용하였다. 그러나 이러한 가뭄지수들은 가뭄평가에 있어 절대적인 지표가 아니다. 즉, 하나의 지수가 모든 조건에서 나머지 지수들보다 우위에 있지는 않으며, 각 지수들의 특징에 따라 사용 측면에서 좀 더 적합한 가뭄평가를 할 수 있다는 것이다. 따라서 의사결정을 위한 가뭄지수의 이용은 하나 이상의 가뭄지수를 참고하는 것이 유용하다고 할 수 있다.

SPI(Mckee et al., 1995)는 특정한 시간에 대한 계산 시간단위를 3, 6, 9, 12개월 등과 같이 설정하고, 시간단위별로 강수 부족량을 지수화 하여 산정하는 방법이며 PDSI(Palmer, 1965)는 강수량과 기온 자료뿐만 아니라 지역적 유효토양수분량에 근거하여 산정되고 입력자료로부터 증발산량, 함양량, 유출량 및 손실량을 포함하여 물수지방정식의 모든 기본적인 사항들이 결정된다.

기존의 PDSI 및 SPI 등의 두 가지 가뭄지수가 강수 및 증발산과 같은 기상학적인 자료를 이용하여 가뭄을 평가한다는 점에서 기상학적 가뭄을 모니터링 하는데 매우 효과적으로 이용될 수 있지만 실제 가뭄상황은 기상학적 가뭄에 이은 장기적인 물공급 시설의 용수공급 능력 저하와 같은 현상에 의해서도 가뭄현상이 나타날 수 있으며 이러한 수문학적 가뭄을 평가할 수 있는 지수로서 SWSI가 사용되어 왔다. SWSI는 지표의 물공급체계를 고려하여 유역단위로 가뭄을 평가할 수 있으며 하천유출 및 댐의 저수량을 입력자료로 사용하고 있어 우리나라의 수문학적 가뭄을 평가하는데 활용성이 있는 것으로 분석되고 있다.(류재희 등, 2002; 이동률 등, 2003; 권형중 등, 2005)

Shafer and Dezman (1982)은 콜로라도 유역에 적용함에 있어 겨울에는 적설 인자와 유출인자 중 적설인자만을 고려하여 사용하고 여름철의 경우에는 적설인자를 유출인자로 대체하여 사용하였다. 또한, 저수지가 없는 지역의 경우 저류량 인자를 제외하여 가뭄지수를 산정하였으며, 가중계수는 겨울철과 여름철의 각 수문인자의 유역에 대한 기여를 재산정하여 사용하였다. 이것은

각 수문인자가 유역의 용수공급 능력에 미치는 영향이 계절에 따라 변함을 의미한다.

우리나라의 경우 적설이나 용설량의 모니터링 시스템이 없는 관계로 용설인자의 사용이 불가능하며 산지 유역이나 해안에 인접한 유역의 경우 SWSI의 입력인자인 강수, 용설, 하천유출, 저수율 인자 중 대부분의 유역에서 강수인자를 제외하고 관측되는 수문인자가 없는 실정이다. 따라서 해안유역과 산지유역과 같은 관수로에 의한 댐 수해를 받지 못하는 지역에서는 지하수 개발을 통하여 각종 용수의 공급이 이루어지며, 광역상수도 및 지방 상수도를 통하여 용수 공급이 이루어지는 일부 시·군·구에서도 지하수를 이용하여 가뭄을 극복하고 있다(권형중 등, 2005).

따라서 본 연구를 통하여 국내실정에 맞게 수정되어 개발된 MSWSI는 가뭄에 영향을 미치는 강수, 지하수위, 하천유출, 댐 유입량으로 구성되어 있으며, 각 인자들을 통계학적으로 해석하고 인자의 유역 기여도를 가중치로 사용함으로써 유역을 대표하는 하나의 지수를 얻게 된다.

$$MSWSI = \frac{a \times PN_{pcp} + b \times PN_{sf} + c \times PN_{rs} + d \times PN_{gw} - 50}{12} \quad (1)$$

- 여기서, PN : 비초과확률,
- a, b, c, d : 각 수문인자의 가중계수(a+b+c+d=1),
- pcp : 강수인자(precipitation component),
- sf : 하천유출인자(streamflow component)
- rs : 댐유입량인자(dam inflow component),
- gw : 지하수위인자(groundwater component)

기존의 SWSI로서 수문학적인 가뭄을 평가하는 방법은 전국을 4개의 대권역 즉, 한강, 낙동강, 금강, 섬진·영산강으로 분류하고 강수량과 저수량만을 사용하여 가뭄지수를 산정하여 지역적인 물부족 현상을 파악하기가 불가능 하였다. 본 연구에서 사용한 MSWSI는 지역적인 물공급 특성을 반영하기 위하여 사용가능한 수문관측소 자료(하천유출, 댐 유입량, 지하수위)를 선정하고 전국을 유역 분할하여 유역별로 적용하였다.(권형중 등, 2005)

MSWSI의 적용을 위하여 한반도 전체를 Fig. 2와 같이 댐유역, 하천유역, 지하수유역, 강수유역으로 분할하고, 분할된 32개 유역에 대하여 MSWSI를 산정하였으며 산정과정은 Fig. 1과 같다.

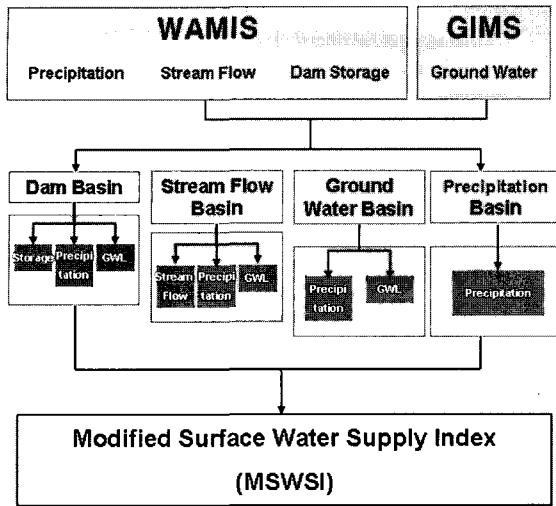


Fig. 1. Concepts of MSWSI Calculation

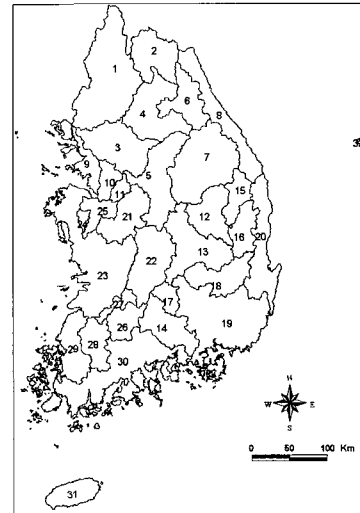


Fig. 2. Subwatershed division for applying MSWSI

### 2.3 가뭄지수의 산정

가뭄지수를 산정하기 위하여 한국수자원공사에서 관리·운영하고 있는 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS, <http://www.wamis.go.kr>), 국가지하수정보센터(GIMS, <http://www.gims.go.kr>)와 기상청에서 제공하는 실시간 일자료(강수, 기온, 하천수위, 댐 유입량, 지하수위)를 가뭄지수산정을 위한 입력 인자로 활용하였다. PDSI, SPI는 기상관측소별로 계산한 후 역거리법에 의해 공간분포 시키는 방법을 이용하였으며 MSWSI는 MSWSI 산정시 각 지역에 적용되는 수문인자의 종류를 고려하여 다음과 같은 4가지 방법으로서 전국의 유역 분할을 실시하였다. ① 주요댐 유역 분할, ② 하천수위관측소 key station을 유역출구로 한 분할, ③ 지하수위관측공 key station 지역 분할, ④ 동질의 강우 특성에 의하여 분할된 유역(32개 유역)을 이용하여 계산하였다.(권형중 등, 2005)

기상자료는 기상청 산하의 전국 61개소의 강수량 및 기온 자료를 이용하였으며 PDSI, SPI, MSWSI 산정에 공통으로 사용되었다. Fig. 3은 본 연구에서 사용된 기상관측소 현황을 나타낸 것이다. MSWSI 산정을 위한 댐 유입량 자료는 Table 1과 같이 한국수자원공사에서

관리/운영하고 있는 주요 댐 관측소 7개소의 월 유입량 자료를 사용하였고 유량자료는 WAMIS에서 제공되고 있는 전국의 335개 관측소 중 Table 2와 같이 11개 관측소의 수위자료와 수위-유량 곡선식을 이용하여 유량 자료로 변환하여 사용하였으며 지하수위 자료는 GIMS에서 1995년부터 현재까지 설치/운영 중인 320개의 지하수관측공 중 Table 3과 같이 15개 관측공의 수위자료를 사용하였다(권형중 등, 2005).

#### 2.3.1 SPI 산정

SPI(Mckee et al., 1995)는 강수량 자료를 이용하며 기상 관측소별로 계산하였으며 계산된 SPI를 역거리법에 의하여 수치지도상에 공간분포시켜 행정구역(시군구)별, 중권역별로도 산정이 가능하도록 하였다. Fig. 4는 SPI 가뭄지수 산정을 위한 흐름이다.

#### 2.3.2 PDSI 산정

PDSI(Palmer, 1965)는 강수량과 기온 자료를 이용하며, 기상 관측소별로 계산된다. 기상 관측소별로 계산된 PDSI값을 공간분포시켜 행정구역(시군구)별, 중권역별로 산정하였다. PDSI 산정을 위한 흐름을 Fig. 4에 나타내었다.

Table 1. Available data for multi-purpose dam storage

Dam	Code	Available data (year)	Dam	Code	Available data (year)
Chungju	1003110	1986 ~ 2006	Hapchun	2015110	1989 ~ 2006
Soyanggang	1012110	1974 ~ 2006	Daechung	3008110	1981 ~ 2006
Andong	2001110	1977 ~ 2006	Sumjingang	4001110	1975 ~ 2006
Imha	2002110	1992 ~ 2006			

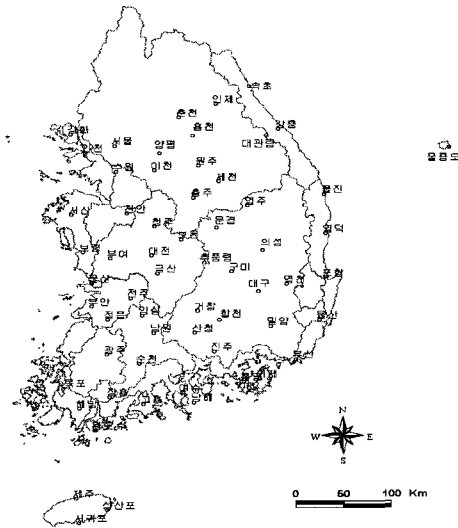


Fig. 3. Automated Surface Observing Systems

Table 2. Water level gaging stations

Station	Code	Available data (year)
YeoJu	1007630	1962 ~ 2006
Cheong-pyung	1015645	1962 ~ 2006
Jeonryu	1019675	1962 ~ 2006
Yangryong	1101628	1962 ~ 2006
Dalji	2007640	1962 ~ 2006
Kumi	2011640	1962 ~ 2006
Jungam	2019655	1962 ~ 2006
Jindu	3012650	1979 ~ 2006
Kuman	3101655	1962 ~ 2006
Aprok	4006680	1962 ~ 2006
Naju	5004620	1962 ~ 2006

Table 3. Ground water gaging stations

Station	Code	Available data (year)	Station	Code	Available data (year)
JC/GA	1003M01	1997 ~ 2006	HC/HC	2016M01	1997 ~ 2006
WJ/MM	1006M02	1997 ~ 2006	JJ/CJ	2019M03	1996 ~ 2006
GP/GP	1019M01	1997 ~ 2006	KS/NS	2021M03	1997 ~ 2006
CA/SG	1101M01	1997 ~ 2006	CW/GD	3011M04	1996 ~ 2006
DH/GW	1302M01	1997 ~ 2006	YS/YS	3101M02	1997 ~ 2006
BH/MH	2001M02	1997 ~ 2006	GS/IM	4004M01	1997 ~ 2006
YC/YC	2004M01	1996 ~ 2006	KJ/YD	5001M02	1996 ~ 2006
SJ/KS	2006M01	1997 ~ 2006			

### 2.3.3 MSWSI 산정

MSWSI는 전국을 32개 구역으로 분할하여 MSWSI 구역 단위로 계산된다. 각 구역별로 선정된 입력자료들의 월별 통계치(평균, 표준편차)를 계산한 후, 특정 월의 자료와 평균, 표준편차를 이용하여 비초과확률을 계산한다. 입력 인자별 월별 평균치를 이용하여 해당 월의 가중치를 계산한 후, 이를 앞서 계산된 비초과확률과 MSWSI 계산식에 따라 최종적인 MSWSI값을 산정하게 된다. MSWSI산정 순서도는 Fig. 5와 같다.

한편 MSWSI를 산정하기 위해서는 각 수문인자가 구역에 미치는 가중치를 산정하여야 한다. 가중계수를 구하기 위해서는 각종 수문인자가 그 구역에 작용하는 잠재적인 모든 영향을 고려하여야 하나 이를 실제 정량화하기는 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 각종 수문인자의 상대적인 기여를 추가하여 가중계수를 취하는 Mckee(1995) 방법을 채택하였다.

각 수문요소는 계절에 따라 구역에 미치는 기여도가 다르다. 예를 들면, 수자원 이용에 있어 어떤 구역의 저수량보다 그 구역의 강수량이 더 중요한 요소인 시기가

있을 수 있고, 강수량 인자 자체만 평가하더라도 시기별로 강수량의 상대적인 크기가 다르다.

각 인자의 가중계수를 구하기 위해서는 먼저 각 인자의 월별 평균치를 최고값으로 나누어 각 수문인자의 월별 무차원량을 구한다. 월별로 산정된 두 수문인자의 무차원량에 의해 월별로 각 인자가 차지하는 가중치를 결정하게 되며 월별로 각 인자의 가중계수의 합은 1이 된다.

이때, 주의할 사항은 초기에 각 인자간의 중요도를 부여하지 않았다면, 각 인자의 12개월의 가중계수를 합한 값은  $6(12(\text{개월수})/2(\text{인자수}))$ 이 되어야 한다는 것이다. 그러나 각 인자의 월별 평균치와 최고값 간의 편차가 근접하고 있는 정도에 따라 각 인자의 12개월의 가중계수 합산치가 달라질 수 있으며, 편차 정도에 따라 각 인자별 중요도가 심하게 왜곡될 수 있다. 예를 들면, 강수량 인자의 월 최고치 값은 다른 월에 비해 상당히 크고, 유입량의 최고치는 다른 월과 비교하여 거의 차이가 없다고 하면, 두 인자의 월별 무차원량은 대부분의 월에서 유입량의 값이 강수량보다 크게 되고 월별

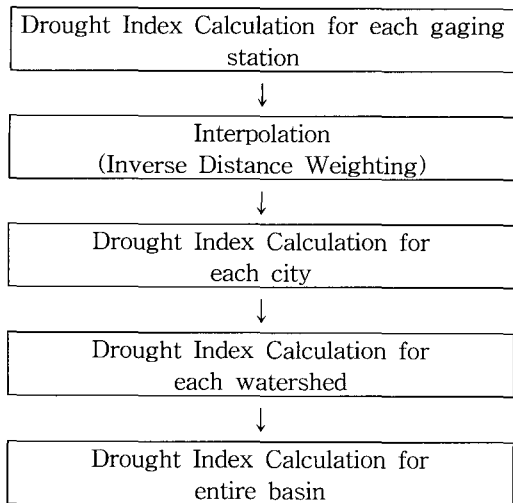


Fig. 4. Algorithms for estimating drought index

가중계수도 유입량이 강수량보다 크게되어 결국 모든 월에서 MSWSI가 유입량에 의해 좌우되게 된다. 이러한 가중계수 산정 방식에서 유발될 수 있는 왜곡을 제거하기 위해서는 1차 산정된 각각의 월별 가중계수에 6을 곱하고 합산치로 나누어주는 방법이다. 이렇게 구해진 무차원량에 의해 다시 월별로 두 인자가 차지하는 가중계수를 구하게 되며, 이 경우도 월별 두 인자의 가중계수의 합은 1이 된다. 가중계수 계산 방법은 다음과 같은 절차로 계산된다.

- ① 초기 가중치를 셋팅하고, 각각의 입력자료의 월별 평균값을 나열한 후 최고값을 구한다.
- ② 입력자료별로 최고값에 월평균값을 나누어 월별 무차원계수를 구하고, 다시 합계를 구한다.
- ③ 합계에 다시 월별로 나누어주어 1차 계수를 구하고 다시 합계를 구한다.
- ④ 1차 계수의 월별 1차 인자별/월별 가중치를 구한다.
- ⑤  $12(\text{개월수})/3(\text{인자수})=4$ 를 각 월별 가중치에 곱하여 다시 합계를 구한다.
- ⑥ 5의 월별 가중치를 5의 합계로 나누어 다시 무차원계수를 구한다.
- ⑦ 인자별/월별 최종 가중치를 구한다.

### 3. 가뭄지수별 적용성 분석

본 연구에서 가뭄을 정량적으로 모니터링하기 위하여 선정된 가뭄지수의 가뭄심도 표현정도를 확인하기 위하여 과거 가뭄사상들을 전국적인 가뭄, 지역적인 가뭄으로 분류하여 그 적용성을 검토하였다. 전국적인 가뭄은 SPI와 PDSI의 경우 역거리 가중법으로 산정된 전국평균 값을 사용하였으며 MSWSI의 경우 23개 유역

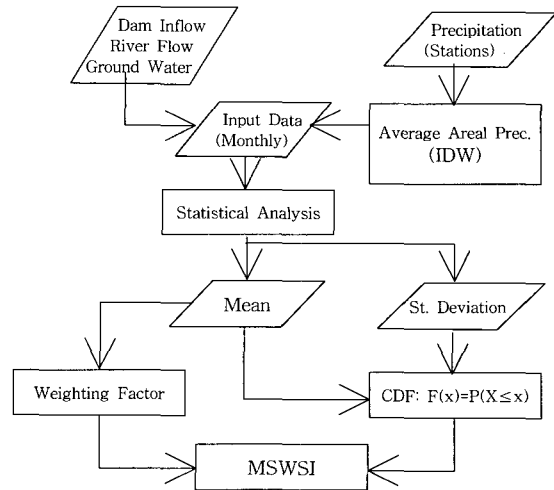


Fig. 5. Flow chart (MSWSI calculation)

별로 산정된 MSWSI 값을 이용하여 면적가중평균으로서 전국평균 값을 산정하여 가뭄이 발생하였던 년도, 연강수량 부족년도 및 농업적 가뭄년도와 비교·검토하였으며, 지역적인 가뭄은 행정구역 단위로 1994, 1995년 및 2001년의 각각의 가뭄지수를 월 단위로 산정하여 가뭄피해 조사지역(제한급수, 격일계급수, 급수중단 등 생활용수공급, 농업가뭄 피해)과 비교·검토하였다.

### 3.1 전국적인 가뭄

Table 4는 과거 가뭄심도 평가를 위해 검토된 가뭄년도와 상대적인 연강수량 부족으로 인해 농업적 피해가 발생한 년도를 나타낸다. Table 4를 보면 가뭄이 발생하였던 해인 1973, 1978, 1982, 1994, 1995, 2001년과 상대적인 연강수량 부족년 및 농업적 가뭄피해년도가 정확히 일치한다. 농업적 가뭄피해연도는 가뭄으로 조사된 연도 이외에도 크고 작은 농업적 가뭄피해가 다른 연도에서도 발생하였다. 따라서 본 연구에서는 지수별 전국적인 가뭄평가 정도를 분석함에 있어서 가뭄발생연도와 상대적인 연강수량 부족년 및 농업제해 발생 연도 모두의 경우에 대해서 검토하였다.

#### 3.1.1 PDSI

본 연구에서는 1971년부터 2001년까지 전국평균 값이 심한가뭄과 극심한 가뭄에 해당하는 -3이하로 산정된 년도를 가뭄이 발생한 년도로 설정하였다. Fig. 4에서 ○로 표시된 것은 가뭄년으로 조사되었던 6개년도(1973, 1978, 1982, 1994, 1995, 2001년)를 표시한 것이고 △으로 표시된 것은 농작물 피해에 따른 농작물 피해 발생년을 표시, 상대적인 강수량 부족년은 □으로 나타낸 것이다. Fig. 6에 나타난 것과 같이 전국적인 가뭄

Table 4. Year of below the annual average precipitation and agricultural drought impact (KOWACO, 2002)

Year	Historical Drought Year	Year of below the annual average precipitation	Year of Agricultural Drought Impact
1900		1906, 1907, 1909	1906, 1907, 1909
1910		1912, 1913, 1917	1912, 1913, 1917
1920		1924, 1929	1924, 1927, 1929
1930	1939(Jun)	1932, 1935, 1938, 1939	1932, 1935, 1938, 1939
1940		1942, 1943, 1944, 1949	1942, 1943, 1944, 1949
1950		1951	1951, 1952
1960	1967(Sep), 1968(Jun)	1967, 1968	1962, 1963, 1965, 1967, 1968
1970	1973(May), 1978(May)	1977	1973, 1975, 1976, 1977, 1978
1980	1982(Jul)	1982, 1988	1981, 1982, 1988
After 1990	1994(Sep), 1995(Aug) 2001(May)	1994, 1995, 2001	1992, 1994, 1995, 2001

( ): Last month of drought persist

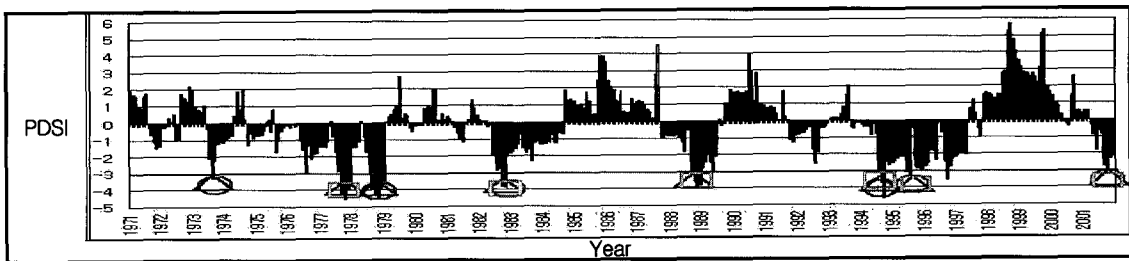


Fig. 6. PDSI (1971~2001)

은 9개 연도에 걸쳐서 가뭄이 발생했던 것으로 나타나고 있으며 과거 가뭄과 비교·검토한 결과 6개 연도의 과거가뭄사상과 일치하는 것을 볼 수 있다. 또한 농업적 가뭄의 경우에는 1971년 이후의 농업적 가뭄만 고려했을 때 총 12회 중에서 8개 연도가 농업적 가뭄사상과 일치하는 것을 볼 수 있으며 상대적인 강수량 부족년도 역시 정확하게 일치하고 있음을 알 수 있다. 그리고 가뭄으로 표현되지 못한 다른 연도 역시 PDSI가 거의 -3에 가까운 값을 나타내고 있어 전반적으로 PDSI가 전국적인 가뭄을 잘 표현해주는 것으로 평가되었다.

### 3.1.2 SPI

1971년부터 2001년까지 전국에 대한 지속기간별(1, 3, 6, 9, 12개월) SPI 값을 산술평균하여 심한가뭄과 극심한 가뭄에 해당하는 SPI 값 -1.5이하를 가뭄이 발생한 것으로 설정하였다. Fig. 7에서 SPI(1)은 1978년과 1995년 가뭄에만 반응하고 SPI(3)는 과거가뭄조사 기록상의 가뭄년도 중 4개년도, 농업적 가뭄은 7개 년도를 상대적 강수량 부족년도는 4개 년도를 심한 가뭄으로 표현하고 있음을 알 수 있다. 또한 SPI(6), SPI(9)와 SPI(12)는 과거 가뭄년도를 표현해주고 있지만 과거 가뭄년과 농업적 가뭄의 가뭄 표현에 있어 과소평가하는 경향이 있어 지속기간 3개월인 SPI(3)이 SPI 중 과거 가뭄을 가장 잘 표현하는 것으로 분석되었다. 이것은 SPI의 지속기간이 길어질수록 강우가 발생했던 기록이

무강우 월과 평균됨으로써 SPI 값이 상대적으로 크게 나타나게 되는 현상인 것으로 분석되었다.

### 3.1.3 MSWSI

1974년부터 2001년까지 전국평균 MSWSI값을 월별로 나타내어 심한가뭄과 극심한 가뭄에 해당하는 MSWSI가 -3이하를 가뭄이 발생한 것으로 보았다. Fig. 8을 보면 1974년부터 2001년까지 4개 연도의 과거 가뭄만을 표현하며 가뭄심도의 표현에 있어서도 다른 지수에 비해서 상대적으로 큰 값을 나타내는 것으로 분석되었다.

Table 5는 Table 4에서 조사되었던 과거의 가뭄기록을 바탕으로 하여 1971년부터 2001년까지 전국평균 PDSI와 지속기간별 SPI, MSWSI가 가뭄을 어느 정도 잘 표현하는 가를 나타낸 것이다. 각 지수별로 과거 가뭄연도로 조사된 6개 년도를 표현했을 경우는 ○로 표시하고 농업적 가뭄은 △로 표시, 상대적 강수량 부족년도는 □으로 나타낸 것이다. 음영을 준 부분은 본 연구에서 각 가뭄지수별로 가뭄을 정량적으로 표현하고 과거 가뭄을 검증하기 위해 기준이 된 과거가뭄년도, 연강수량 부족년도 및 농업적 가뭄 발생년을 나타낸 것이다. Table 5를 통하여 알 수 있듯이 분석결과 PDSI, SPI(3), MSWSI, 및 SPI(6), SPI(12) 순으로 전국적인 가뭄을 잘 재현하고 있음을 알 수 있다.

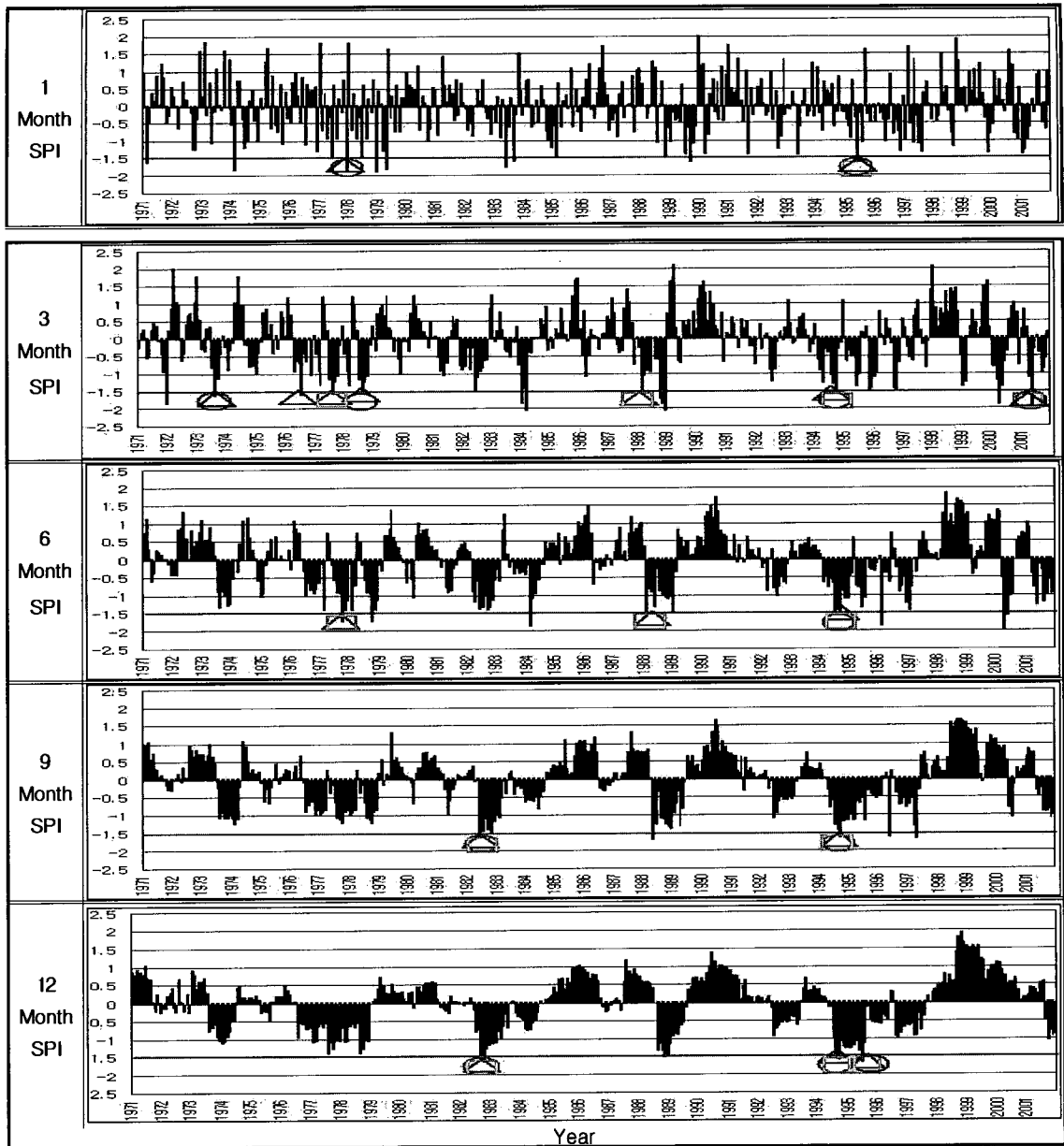


Fig. 7. SPI (1971~2001)

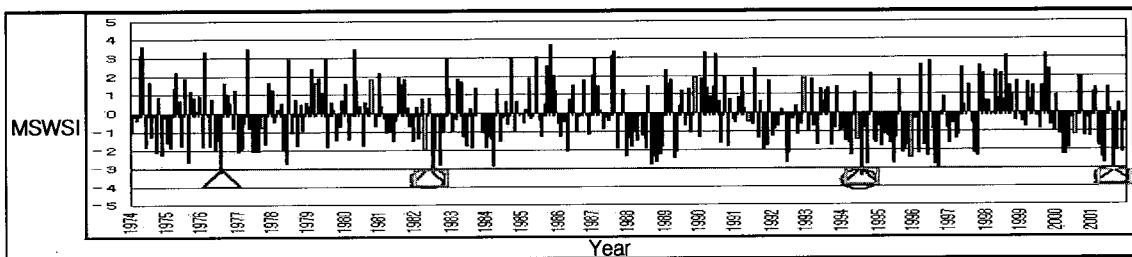


Fig. 8. MSWSI (1971~2001)

### 3.2 지역적인 가뭄에 대한 적용성 분석

#### 3.2.1 과거 가뭄사상의 선정

한반도에서 발생했던 가뭄이 전국적인 경우도 있지

만 경우에 따라서 특정 지역에 국한돼서 가뭄이 발생하는 경우가 많다. 또한 전국적인 가뭄의 경우에도 지역적으로 가뭄심도가 다르게 나타날 수 있으므로 본 연구에서는 가뭄지수가 어느 정도로 지역적인 가뭄을 잘 표



Table 5. Accuracy of drought indices (1971~2001)

Year	PDSI	SPI(1)	SPI(3)	SPI(6)	SPI(9)	SPI(12)	MSWSI
1971							-
1972							-
1973	○,△		○,△				-
1974							
1975							
1976			△				△
1977	△,□		△,□	△,□			
1978	○,△	○,△	○,△				
1979							
1980							
1981							
1982	○,△,□				○,△,□	○,△,□	○,△,□
1983							
1984							
1985							
1986							
1987							
1988	□,△		□,△	□,△			
1989							
1990							
1991							
1992							
1993							
1994	○,△,□		○,△,□	○,△,□	○,△,□	○,△,□	○,△,□
1995	○,△,□	○,△,□					
1996							
1997							
1998							
1999							
2000							
2001	○,△,□		○,△,□				○,△,□

○ : Historical Drought Year, △ : Year of Arricultural Drought Impact, □ : Year of below the average annual precipitation

현하는 지를 분석하여 보았다.

본 연구에서는 가뭄지수의 지역적인 가뭄심도 표현 정도를 검증하기 위하여 1994, 1995, 2001년 가뭄시 조사되었던 가뭄피해지역현황, 제한 급수지역과 피해지역을 기준으로 과거가뭄과 비교·검토하였다. 1994~1995년의 가뭄피해지역은 “가뭄기록조사 보고서”(건설교통부, 1995)를 이용하여 조사하고, 2001년의 가뭄피해지역

은 “2001 전국 가뭄조사 보고서”(한국수자원공사, 2001), “가뭄기록조사보고서”(건설교통부, 2002)자료를 토대로 조사하였다. Fig. 9~Fig. 12는 1994~1995년 가뭄과 2001년 가뭄시 조사되었던 가뭄의 피해지역 및 제한급수지역을 표시한 것이며 Table 6은 행정구역별로 가뭄피해지역을 조사한 것이다.



Fig. 9. Water supply restricted area (1994~1995)

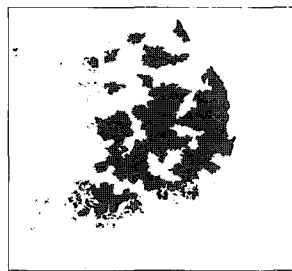


Fig. 10. Drought impact area (1994~1995)



Fig. 11. Water supply restricted area (2001)

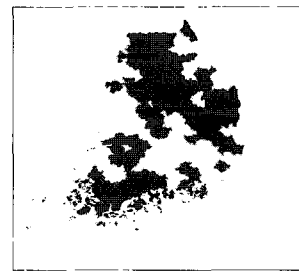


Fig. 12. Drought impact area (2001)

Table 6. Drought impact area (MOCT,1995; 2002)

Province	Drought Impact Area (City)	
	1994~1995	2001
Kyung Gi	Yeoju, Hwasung, Paju	Yongin, Hwasung, Icheon, Ansong, Pocheon Yangju, Yeoju, Yangpyung, Gapyung, Namyangju
Kang Won	Donghe, Sokcho, Chooncheon Hongcheon, Cheolwon, Kosung	Sokcho, Chooncheon, Hongcheon, Hoingsung, Youngwol Jungsun, Cheolwon, Hwacheon, Yangku, Kosung, Wonju
Choong Book	Choonju, Jecheon, Danyang	Choonju, Jecheon, Danyang, Eumsung, Jicheon
	Chungjoo, Chungwon, Goisan, Youngdong, Boeun	Chungjoo, Boeun, Chungwon, Goisan Youngdong, Okcheon
Choong Nam	Boryung, Kongju, Seocheon Nonsan, Buyeo, Cheongyang	
Jeon Book	Jeonju, Iksan, Jinan, Mooju, Jangsu	Kunsan, Iksan, Jinan
	Namwon, Kochang, Jeongeup Kimje, Imsil, Soonchang	Jeongeup, Kimje, Wanju, Imsil, Soonchang
Jeon Nam	Sinan, Mooan, Henam, Naju, Wando, Koksung Damyang, Yanggwang, Jangheung, Kwangyang, Koore, Koheung, Bosung, Youngam, Jindo	Yeosu, Sooncheon, Naju, Kwangyang, Kangjin Wando, Sinan, Koksung, Koore, Koheung Bosung, Hwasoon, Jangheung, Hanpyung, Henam
Kyung Book	Pohang, Andong, Youngduk, Kyungju, Eusung Sungju, Kyongsan, Chilgok, Uljin, Moonkyung Kimchun, Youngchun, Sangju, Chungsong, Youngyang	Kyungju, Andong, Moonkyung, Youngchun, Koonwe Eusung, Chungsong, Youngju, Youngyang, Chilgok, Yecheon, Bonghwa, Uljin, Youngduk
Kyung Nam	Tongyoung, Euryung, Changnyung, Yangsan, Namhe	Masan, Keoje, Tongyoung, Yangsan, Euryung Kosung, Namhe, Haman
	Keochang, Masan, Ulsan, Changwon, Sacheon Hadong	Hadong

1994~1995년 가뭄은 1994년 7월 16일부터 가뭄피해가 커지기 시작해서 95년 4월 30일에 94~95년 가뭄이 종료되었다. 1994년 최대가뭄발생일은 1994년 7월 26일과 9월 5일이고 가장 피해가 많았던 기간은 1995년 2월 10에서 2월 20일인 것으로 조사되었다. 또한 1995년 가뭄은 4월에 해갈되었으나 6월부터 다시 시작하여 8월까지 중부지방에 막심한 피해를 주었다. 2001년 가뭄은 2000년 하반기부터 시작되어 다소 진정되었다가 다시 2001년 3월부터 6월 중순까지 경기·충북·경기북부 등 중부지방과 서남부해안지역을 중심으로 극심했던 봄 가뭄으로 가뭄의 진행은 2000년 10월에 시작하여 2001년 1월과 2월에는 예년에 비해 매우 많은 강설량을 보였으나 3월부터 6월 중순까지의 강수량이 지나치게 적어 하천 유출량은 계속 감소하였으며, 6월 중순이전까지 중부지방과 경기북부지방에서 대부분의 중소하천이 바닥을 드러내기 시작하는 극심한 가뭄이었다(건설교통부, 1995, 2002).

3.2.2 가뭄피해지역과 지역적 가뭄평가

지역적으로 각 지수가 가뭄을 평가하는 정도를 알아보기 위하여 최근에 발생한 가뭄인 1994, 1995, 2001년 가뭄을 기준으로 PDSI, SPI, MSWSI를 산정하여 한반

도에 대한 가뭄도(Drought Map)를 작성하였으며, 1994~1995년 가뭄피해지역과 2001년 가뭄피해지역들을 기준으로 가뭄평가 결과를 지역적으로 비교 검토하였다. Table 7은 본 연구에서 사용한 가뭄지수인 PDSI, SPI, MSWSI의 지수범위별 가뭄심도를 나타낸 것이다.

Table 7. Classification of drought severity

Range	PDSI, MSWSI		SPI	
	Condition	Legend	Condition	Legend
> 4	Extremely Wet		Extremely Wet	
4~3	Very wet			
3~2	Moderately Wet			
2~1	Slightly Wet		Very wet	
1~-1	Near Normal		Moderately Wet	
-1~-2	Mild Drought		Moderately Dry	
-2~-3	Moderate Drought		Severely Dry	
-3~-4	Severe Drought		Extremely Dry	
-4 >	Extreme Drought			

Table 8은 1994, 1995, 2001년의 가뭄으로 인해 조사되었던 가뭄피해지역의 각 연도별 가뭄지수를 산정한 표이다. PDSI와 MSWSI는 -3이하, SPI는 -1.5이하를 심한가뭄이 발생한 것으로 보았으며 가뭄피해지역들의 가뭄지수들이 심한가뭄이 발생한 것으로 표현하는 것은 음영으로 표시하였다. SPI(1)은 2001년을 제외하면 가뭄에 대해 반응이 약한 것으로 나타났으며 SPI(9)와

SPI(12) 역시 가뭄에 대한 반응정도가 둔감한 것을 볼 수 있다. Table 9의 가뭄피해지역과 1994, 1995, 2001년 가뭄지수와의 일치율을 보면 PDSI는 최대 84.5%의 일치성을 보이고 SPI(3), SPI(6)는 100%에서 67.5%의 일치성을 보이며 MSWSI는 최대 34.9%의 일치성을 보여 PDSI, SPI(3), SPI(6)가 가뭄에 민감하게 반응하는 것으로 분석되었다.

Table 8. Drought index of drought impact area for each drought year

Drought Impact Area	1994(Sep)							1995(Aug)						
	PDSI	SPI(1)	SPI(3)	SPI(6)	SPI(9)	SPI(12)	MSWSI	PDSI	SPI(1)	SPI(3)	SPI(6)	SPI(9)	SPI(12)	MSWSI
Dalsung	-5.34	-1.21	-1.95	-1.99	-1.96	-1.89	-1.70	-4.48	0.62	-0.5	-0.56	-0.65	-0.87	4.17
Ganghwa	-4.26	-0.69	-1.58	-1.2	-1.33	-1.37	-1.77	-0.92	1.07	0.54	0.2	0.08	0.5	1.81
Hwasung	-4.87	-0.58	-1.22	-1.23	-1.41	-1.56	-0.16	6.37	2.22	1.91	1.81	1.68	1.59	4.16
Paju	-4.51	-0.68	-1.2	-1.09	-1.26	-1.31	-2.07	3.78	1.86	1.43	1.21	1.08	1.21	4.16
Donghe	-4.51	-1.01	-1.57	-1.5	-1.48	-1.45	-2.35	-2.22	1.21	0.96	0.5	0.13	0.44	4.15
Samchuk	-4.78	-1.02	-1.86	-1.68	-1.63	-1.52	-2.35	-1.96	0.69	0.0	-0.09	-0.38	-0.06	4.15
Chungjoo	-3.73	-1.04	-1.72	-1.36	-1.36	-1.28	-2.17	4.01	2.17	1.43	1.27	1.08	0.96	3.79
Youngdong	-4.74	-1.36	-2	-1.81	-1.77	-1.7	-2.17	-3.14	1.87	0.11	-0.19	-0.36	-0.52	2.33
Jeonju	-4.79	-1.33	-1.74	-1.67	-	-1.57	-2.54	-4.09	0.79	-0.65	-0.83	-0.85	-1.07	1.99
Jinan	-4.84	-1.11	-1.79	-1.69	-	-1.62	-2.54	-4.0	0.95	-0.59	-0.78	-0.82	-0.95	-2.20
Sinan	-4.67	-1.19	-1.28	-1.68	-1.85	-1.59	-1.12	-3.97	-0.06	-0.97	-1.23	-1.15	-1.11	1.27
Wando	-4.69	-1.22	-1.01	-1.48	-1.59	-1.35	-1.54	-3.62	-0.67	-0.81	-0.95	-0.85	-0.90	1.27
Andong	-4.56	-1.32	-2.13	-1.71	-1.69	-1.59	-2.97	-2.77	1.32	-0.03	-0.16	-0.35	-0.55	0.65
Bonghwa	-4.3	-1.16	-1.96	-1.43	-1.43	-1.29	-1.85	1.19	0.95	0.06	0.02	-0.22	-0.13	2.5
Keochang	-4.79	-1.18	-1.6	-1.61	-1.62	-1.55	-3.13	-4.03	0.44	0.77	0.8	-0.82	-0.85	1.85
Changwon	-4.87	-1.17	-1.64	-1.71	-1.16	-1.7	-3.13	-4.43	-0.41	-0.75	-0.78	-0.86	-1.09	4.17

Drought Impact Area	2001(May)						
	PDSI	SPI(1)	SPI(3)	SPI(6)	SPI(9)	SPI(12)	MSWSI
Pocheon	-3.39	-2.03	-2.36	-1.48	-0.87	-0.19	-3.34
Yangju	-3.12	-1.94	-2.4	-1.49	-0.88	-0.14	-3.34
Sokcho	-2.61	-1.76	-2.33	-2.22	-0.59	-0.06	-3.66
Hwacheon	-3.3	-2.18	-2.36	-1.52	-0.92	-0.34	-1.95
Eumsung	-2.64	-1.75	-2.28	-1.34	-0.46	-0.54	-3.76
Jincheon	-2.45	-1.78	-2.33	-1.38	-0.46	-0.67	-3.76
Jeongeup	-1.53	-1.53	-2.16	-1.1	-0.24	1.36	-3.48
Kimje	-1.68	-1.59	-2.25	-1.05	-0.13	1.6	-3.48
Yeosu	-1.53	-1.38	-1.93	-1.54	-0.99	-0.26	-2.43
Jindo	-1.59	-1.16	-1.83	-1.12	-0.24	0.6	-2.43
Henam	-1.7	-1.22	-1.88	-1.16	-0.29	0.62	-2.43
Youngam	-1.63	-1.33	-1.94	-1.21	-0.35	0.72	-2.17
Kyungju	-1.3	-0.35	-1.92	-1.23	-0.32	-0.39	-3.18
Youngju	-1.81	-1.1	-2.06	-1.07	0.07	0.21	-3.57
Uljin	-2.25	-1.04	-2.2	-1.29	0.09	-0.12	-3.18
Youngduk	-1.91	-0.52	-1.99	-1.13	0.01	-0.16	-3.18
Masan	-1.09	-1	-1.91	-1.39	-0.57	0.08	-3.16
Tongyoung	-1.34	-1.13	-1.8	-1.42	-0.61	0.11	-3.16

Table 9. Percentage of accordance between drought impact area and drought index

1994(Sep)	NCDI	NCDA	PA(%)	1995(Aug)	NCDI	NCDA	PA(%)	2001(May)	NCDI	NCDA	PA(%)
PDSI	77	88	87.5	PDSI	53	82	64.63	PDSI	11	83	13.25
SPI(1)	0	88	0.00	SPI(1)	0	82	0.00	SPI(1)	34	83	40.96
SPI(3)	57	88	64.77	SPI(3)	0	82	0.00	SPI(3)	83	83	100
SPI(6)	59	88	67.05	SPI(6)	0	82	0.00	SPI(6)	7	83	8.43
SPI(9)	59	88	67.05	SPI(9)	1	82	1.22	SPI(9)	0	83	0.00
SPI(12)	53	88	60.23	SPI(12)	1	82	1.22	SPI(12)	0	83	0.00
MSWSI	21	88	23.86	MSWSI	0	82	0.00	MSWSI	29	83	34.94

NCDI : Number of city which drought index appears severe or extreme drought

NCDA : Number of city which belongs to drought impact area

PA : Percentage of accordance between NCDI and NCDA

1994, 1995, 2001년의 지역별 PDSI, SPI, MSWSI를 산정한 후 가뭄도를 작성하여 1994~1995년 가뭄피해지역과 2001년 가뭄피해지역들을 기준으로 가뭄평가 결과를 지역적으로 비교 검토하였으며 Fig. 13에 1994년의 월별 PDSI 가뭄도를 제시하였다. Fig. 13의 1994년 월별 PDSI를 이용한 가뭄도를 보면 1월부터 6월까지 한강권역은 약한가뭄으로 표현되며 한강권역을 제외한 모든 지역은 정상상태로 표현되고 다만 6월에 영산·섬진강 권역과 금강 권역지역은 약한 가뭄이 온 것을 볼 수 있다. 그리고 7월이 되면서 한강권역과 영산·섬진강 권역은 심한가뭄과 극한가뭄으로 표현되며 9월에는 거의 모든 권역이 극한가뭄으로 표현된다. 이는 이번 연구에 가뭄의 지시자로 이용한 PDSI가 앞서 언급했던 1994년 가뭄의 최대가뭄발생월인 1994년 7월과 9월을 잘 표현해 주고 있는 것으로 볼 수 있다. 그리고 10월이 되면서 한강권역과 금강권역 북부지역은 정상상태, 영산·섬진강 권역, 금강권역 남부지역, 낙동강 권역은 심한가뭄 및 극한가뭄으로 표현되어 가뭄이 끝나지 않고 있는 것으로 나타나며 12월까지 이런 상황은 계속 되는 것으로

나타난다. 이는 1994~1995년 가뭄으로 인한 피해가 가장 많은 지역이 경남, 경북, 전남, 전북으로 기록된 과거가뭄을 PDSI가 잘 표현하는 것으로 분석된다.

Fig. 14는 1994년의 월별 SPI(3) 가뭄도이다. Fig. 9 - Fig. 12를 통하여 나타내었던 제한급수 지역 및 가뭄피해지역과 SPI(3) 지수를 이용하여 구현된 가뭄도를 비교해 보면 1994년 SPI(3)는 한강권역이 보통가뭄과 정상상태인 것으로 표현된다. 이는 1994년도와 1995년도에 한강권역은 일부 지역을 제외하고는 제한급수와 가뭄피해지역에 들어가지 않는 것을 적절하게 표현해주는 것으로 분석되며 금강권역과 영산·섬진강 권역, 낙동강 권역은 제한 급수 구역을 가뭄지역으로 표현하기는 하지만 과소 평가하는 경향이 있는 것으로 분석된다. 1994~1995년 가뭄이 1994년 7월에 시작해서 그 해 7월과 9월에 가장 심한가뭄이었음을 감안할 때 1994년 SPI(3)는 7월에 가뭄이 심해져서 9월에 가뭄의 심도가 깊고 지역도 넓게 표현하여 가뭄을 잘 표현하는 것으로 분석된다.

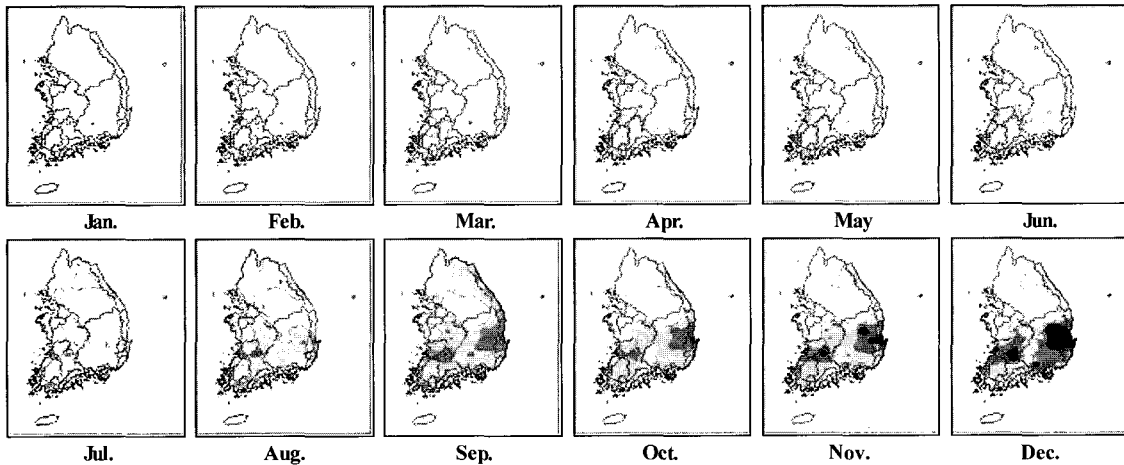


Fig. 13. Monthly PDSI map (1994)

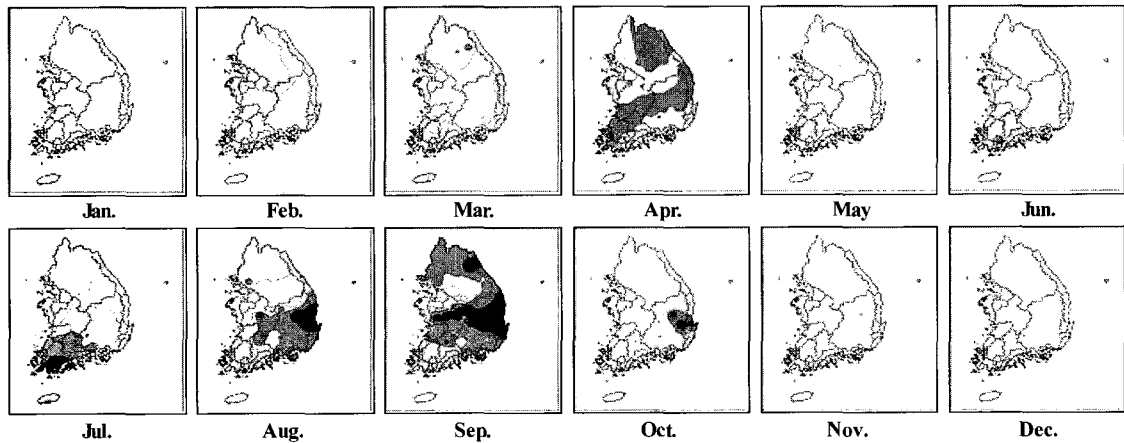


Fig. 14. Monthly SPI(3) map (1994)

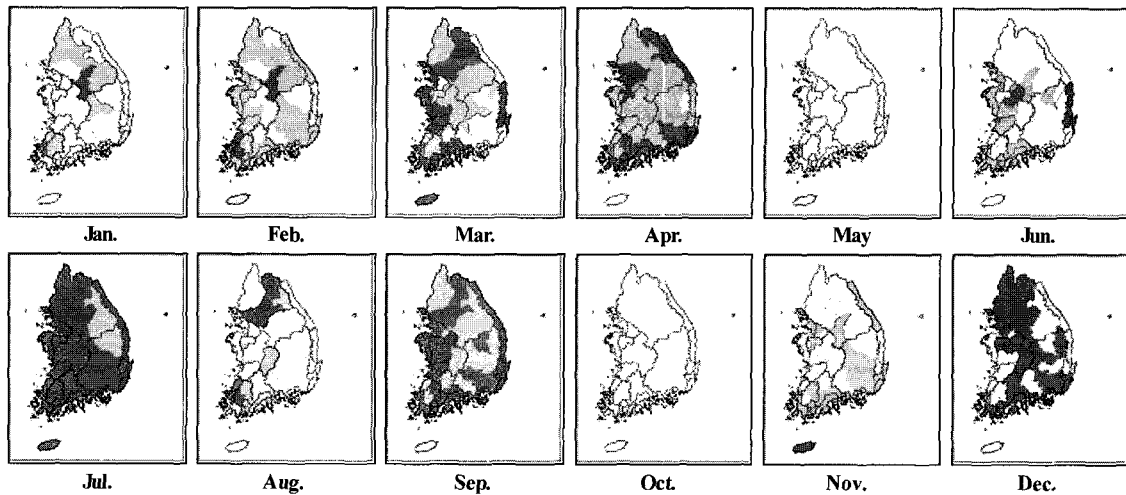


Fig. 15. Monthly MSWSI map (1994)

Fig. 15는 1994년의 월별 MSWSI 가뭄도이다. MSWSI의 월별 가뭄도를 분석해보면 1월부터 4월까지 가뭄이 지속적으로 심해지는 것으로 나타나다가 5월, 6월에 가뭄이 완화되어 7월에 다시 가뭄이 전국적으로 심해지는 것을 볼 수 있다. 또한 9월도 가뭄이 심한 것으로 표현되어 1994~1995년 가뭄이 심했던 7월과 9월을 잘 표현하고 있다. MSWSI는 수문학적 가뭄지수로서 월별 수문량에 따라 민감하게 반응하는 경향을 나타낸다. 1994년의 경우 1월부터 7월까지의 강수량이 예년에 비해 63%에 불과하여 7월에 극심한 1차 가뭄피해가 발생하였다. 1월부터 7월까지의 가뭄분포도를 살펴보면 SPI와 PDSI와는 달리 4월에 전국적으로 극심한 가뭄으로 표시하고 있는데 이는 월평균강수량이 60mm 이내로 적은 강수량을 반영하고 있으며, 5월에는 전국평균 강수량이 145.5mm로서 일시적으로 가뭄을 해갈한 것으로 표현하고 있으며 이는 SPI와 PDSI와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 8월에는 남부 일부 지역을 제외하고 강수율과 저수율이 회복되어 전국적으로 약한가뭄과 정상상태를 나타내고 있어 SPI와 PDSI와는 달리 지표의 수문량에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

본 연구는 다양한 분야에 대해 특정 목적을 가지고 있는 가뭄지수들 중에 기상학적 가뭄지수인 PDSI, SPI와 수문학적 가뭄지수인 MSWSI를 조합하여 신뢰성 있는 가뭄 감시를 위한 가뭄지수 개발을 위해 가뭄을 정량화하는 방법을 제시하였다. 본 연구에서 분석된 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 각 지수의 전국적인 가뭄 표현 현황을 분석하기 위하여 1971년부터 2001년 자료를 이용하여 각 지수

별 가뭄심도를 구하여 최근에 발생했던 가장 극심했던 가뭄과 비교 검토한 결과 전국적인 가뭄은 여러 가지의 가뭄지수 중에서 PDSI, SPI(3), SPI(6), MSWSI가 비교적 잘 표현하는 것으로 분석되었다.

- 2) 지역적인 가뭄을 각 지수들이 표현하는 정도를 검증하기 위해서 가뭄연도별 가뭄피해지역이 정확하게 조사된 1994, 1995, 2001년의 가뭄을 기준으로 적용하였으며 PDSI와 MSWSI는 9단계, SPI는 7단계로 가뭄심도를 설정하여 가뭄도를 작성하여 지역별로 분포시켜 분석한 결과 PDSI는 지역별 가뭄상태를 잘 표현하고 특히 농업적 가뭄을 정확하게 표현하는 것으로 분석되었으며 SPI(3), SPI(6)은 지역별 가뭄피해 지역의 정량적인 표현은 양호하나 가뭄의 진행 상황은 PDSI에 비해서 반응이 낮은 것으로 분석되었다.

- 3) 전국을 4개의 대권역으로 분류하고 강수량과 저수량 자료를 사용하여 평가하던 기존의 SWSI를 이용한 가뭄평가를 지양하고 지역적인 물공급 특성 및 수문학적인 가뭄특성을 평가하기 위하여 전국을 32개의 유역으로 분류하고 강수량, 하천유출량, 댐 유입량, 지하수위 자료를 사용하여 가뭄을 평가함으로써 SPI와 PDSI가 반영하지 못하는 지역적인 수문학적 물부족 현상을 반영할 수 있었다.

- 4) 본 연구에서 검토된 지수별 가뭄모니터링 결과는 과거 2개 년도의 가뭄사상을 기준으로 분석되었으므로 추후 보다 많은 가뭄사상과 현지 모니터링을 통하여 재차 수정·보안되어야 하며 본 연구에서 지향하는 목표가 가뭄을 여러 가지의 지수를 활용하고 조합하여 종합적으로 정량화할 수 있는 기법을 제시하는 것이지만 가뭄지수란 각각이 개발되면서 고유

의 특성을 갖고 있기 때문에 목적에 부합하는 가뭄 지수를 활용하여 가뭄을 정량화하는 방법이 선행적으로 검토된 후에 종합적으로 지수를 활용하여 가뭄을 평가해야 된다고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부, 한국수자원공사에서 수행중인 가뭄관리모니터링체계 수립 연구용역의 일환으로 완성되었으며 연구와 관련된 세심한 지원에 감사드립니다.

## 참고 문헌

건설교통부 (1995). **가뭄기록조사 보고서**.  
 건설교통부 (2002). **가뭄기록조사 보고서**.  
 국가수자원관리종합정보시스템 (WAMIS) 홈페이지.  
<http://www.wamis.go.kr>  
 국가지하수정보센터(GIMS) 홈페이지. <http://www.gims.go.kr>  
 권형중, 임혁진, 박남식, 김성준 (2005). "유역의 지형 및 토양특성을 고려한 지하수 개발량 평가." **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제25권, 제1B호, pp. 19-25.  
 김선주, 이광야, 신동원 (1995). "관개용 저수지의 한발 지수 산정." **한국농공학회지**, 제6호, pp. 103-111.  
 류재희, 이동률, 안재현, 윤용남 (2002). "가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교 연구." **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제35권, 제4호, pp. 397-410.  
 이동률 (1998). **한국과 미국대륙의 가뭄에 대한 엘리뇨의 영향**, 책임연구과제 보고서, 건기연 98-078, 한국건설기술연구원.  
 이동률, 이대회, 강신욱 (2003). "가뭄 정보기준과 모니터링 시스템." **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학

회, 제36권, 제3호, pp. 375-384.  
 임경진, 심명필, 성기원, 이현재 (2001). "다양한 시계열을 이용한 가뭄지표 산정." **한국수자원학회 논문집**, 제34권, 제6호, pp. 673-685.  
 한국수자원공사 (2001). **2001년 가뭄기록조사 보고서**  
 Dracup, J. A., Lee, K. S. and Paulson, Jr., E. G. (1980), "On the Definition of Droughts." *Water Resources Research*, 16(2), pp. 297-302  
 Guttman, N. B. (1998). "Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index." *J. of the American Water Resources Association*, 34(1), pp. 113-121.  
 McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J. (1995). "Drought Monitoring with Multiple Time Scales Preprints." *9th Conference on Applied Climatology*, 15-20 January, Dallas, TX, pp. 233-236.  
 Palmer, W. C. (1965). *Meteorological drought, Research paper*. No. 45, U.S. Weather Bureau  
 Rao, S. N., Dwivedi., S. L. and Nigam., S. N. (1996). "Effect of drought on oil, fatty acids and protein contents of groundnut(*Arachis hypogaea* L.)seeds." *ARTICLE Field Crop Research*, 68, pp. 125-133  
 Shafer, B. A. and Dezman, L. E. (1982). "Development of surface water supply index to asses the severity of drought condition in snowpack runoff areas." *Proc. Western Snow Conf.*, pp. 164-175.  
 Wilhite, D. A., and Glantz, M. H. (1985), "Understanding the drought phenomenon : The role of difinition." *Water international*, 10, pp. 111-120.

(논문번호:05-158/접수:2005.12.22/심사완료:2006.08.24)