

# SWSI 가뭄지수를 보완한 준분포형 수문학적 가뭄평가 연구

## A Study on Semi-distributed Hydrologic Drought Assessment Modifying SWSI

권형중\* / 박현진\*\* / 홍대의\*\*\* / 김성준\*\*\*\*  
 Kwon, Hyung Joong / Park, Hyun Jin / Hong, Dae Oui / Kim, Seong Joon

### Abstract

A hydrological drought index, MSWSI (Modified Surface Water Supply Index) was suggested based on SWSI. South Korea was divided into 32 regions considering the distribution of available gauge station of precipitation, dam storage, stream water level and natural groundwater level. The indices estimated in the regions represent a spatially distribution of drought. Monthly MSWSI was evaluated for the period of 1974 and 2001. The result was compared with PDSI and checked the applicability of the suggested index in our hydrologic drought situation.

**keywords** : MSWSI, hydrological drought, PDSI

### 요 지

수문학적인 가뭄평가를 위하여 SWSI 가뭄지수를 보완한 MSWSI 개발하였다. MSWSI의 적용을 위하여 가뭄에 영향을 미치는 수문인자가 동질한 지역 즉, 댐, 하천, 지하수, 강수 지역으로 전국을 32개의 지역으로 분할하였다. 각각의 지역에 MSWSI를 적용하여 공간적으로 준분포형의 수문학적 가뭄 정보를 획득하였으며, 시간적으로 1974년부터 2001년까지의 한달 간격으로 평가하였다. 과거 가뭄사상년도에 대하여 기상학적 가뭄지수인 PDSI와의 비교, 분석을 통하여 수문학적인 가뭄 평가 결과에 대하여 검증하였다.

**핵심용어** : MSWSI, 수문학적 가뭄, PDSI

### 1. 서 론

최근 주기적으로 만성적인 가뭄이 심화되어 있고 갈수록 가뭄으로 인한 피해가 대형화되어 있는 추세이나 정부의 가뭄관리는 사후 대책에만 국한되어 있어 사전

재해관리 차원의 대처가 미흡하고, 가뭄상황을 파악할 수 있는 객관적 지표가 명확하지 않으며 가뭄 모니터링과 조기경보 기준이 미비하여 이에 대한 사전대비계획 및 대응체계 마련을 위한 체계적인 연구 및 종합적인 대책이 부족한 실정이다.

\* 건국대학교 대학원 지역건설환경공학과 박사과정  
 Ph. D. Candidate, Dept. of Rural Engrg., Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, 143-701 Seoul, Korea.  
 (e-mail: kwonhj@konkuk.ac.kr)

\*\* 한국수자원공사 조사설계처 대리  
 Assistant Manager, Water Resources Investigation & Planning Dept., Korea Water Resources Corporation, San 6-2, Yeonchuk-dong, Daedeok-gu, 306-711 Daejeon, Korea

\*\*\* 한국수자원공사 조사설계처 과장  
 Manager, Water Resources Investigation & Planning Dept., Korea Water Resources Corporation, San 6-2, Yeonchuk-dong, Daedeok-gu, 306-711 Daejeon, Korea

\*\*\*\* 건국대학교 사회환경시스템공학과 부교수  
 Associate Prof., Dept. of Civil & Environ. System Engrg., Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, 143-701 Seoul, Korea.

한국수자원공사(2002)에서 구축한 가뭄관리 시스템에서는 PDSI (Palmer Drought Severity Index), SPI (Standard Precipitation Index), SWSI (Surface Water Supply Index) 가뭄지수를 월별로 산정하고 그 분포도를 제공하고 있다. PDSI와 SPI는 각각 기상자료와 강수량자료만을 이용하여 가뭄을 평가하는 기상학적인 가뭄지수로 알려져 있으며, SWSI는 지표의 물공급체계를 고려하여 유역단위로 가뭄을 평가할 수 있어 가장 수문학적인 가뭄지수로 알려져 있다. 한국수자원공사의 가뭄정보시스템에서 제공하는 SWSI는 전국을 4개의 권역(한강, 낙동강, 금강, 섬진·영산강 권역)으로 나누어 강우 및 댐저수율 자료를 이용하여 권역별로 하나의 가뭄지수를 산정하고 있는 실정이다. 류제희 등(2002)은 낙동강 유역의 가뭄평가를 위하여 여러 가뭄지수들을 비교한 연구에서 강우, 댐저류량, 모의에 의한 하천유출량으로서 SWSI를 산정하여 타 가뭄지수와 비교한 결과, SWSI는 강우발생에 의한 기상 및 기후학적 가뭄과 저수지의 저수량에 의한 수문학적 가뭄을 접목시켜 저수지의 용수공급지표로서의 그 활용성이 충분히 있는 것으로 검토한 바 있다. 이동률 등(2003)은 가뭄모니터링시스템을 위한 가뭄정보 기준을 마련하는데 있어서 SWSI는 각 월의 저수율 상황을 반영하여 물공급원의 상황을 파악할 수 있는 지표로서 다목적댐에서 생·공용수를 공급하는 지역의 가뭄정보 기준을 마련하는데 사용한 바 있다.

SWSI를 이용한 가뭄평가에 대한 지금까지의 연구들을 살펴보면 SWSI 가뭄지수는 하천유출 및 저수량을 입력자료로 사용하고 있어 우리나라의 수문학적 가뭄을 평가하는데 활용성이 있는 것으로 분석되고 있다. 하지만, 이러한 연구들은 제한된 입력자료로서 넓은 지역에 하나의 지수로서 수문학적인 가뭄을 평가하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 가뭄에 영향을 미치는 수문인자(강수, 하천유출, 댐유입, 지하수위)가 동일한 지역으로

전국을 32개 지역으로 분할하고, 기존의 SWSI 입력자에 지하수위 인자를 추가하여 지표수문 및 지하수문 모두 고려할 수 있는 수문학적 가뭄평가 방법을 제안하고, 과거 가뭄년도의 가뭄상황에 대하여 그 결과와 타 가뭄지수와의 비교, 분석을 하고자 한다.

## 2. 수문학적 가뭄평가 방법의 기본 이론

SWSI의 입력인자로는 용설, 강우, 하천유량, 저수량 자료가 사용되고 있다. 국내에서 적용된 SWSI의 입력인자로서 강우 및 댐저류량이 사용되어 왔는데, 수문학적 가뭄평가를 위해서는 강우 및 댐저류량 뿐만 아니라 지표수문특성 및 지하수문특성을 동시에 고려하여 가뭄을 평가해야 한다. 따라서, 기존의 입력자료에 하천유량 및 지하수위 자료를 추가하여 가뭄을 평가하고자 한다. 또한, 전국을 사용 가능한 입력인자와 일정 지역의 가뭄에 영향을 줄 수 있는 인자의 종류와 형태를 분류하여 전국을 준분포형 형태로 가뭄을 평가하고자 한다.

가뭄평가를 위한 입력자료 현황은 Table 1과 같다. 강우자료는 기상청 산하의 71개소 기상관측소의 자료 중 30년 이상의 기상자료 확보를 위하여 자료보유 년도가 1974년 이전의 기상관측소 61개소의 자료를 사용하였다. 하천유량자료는 한국수자원공사의 수자원종합정보시스템(WAMIS)의 하천수위관측소 자료를 이용하였으며, 전국 335개의 관측소 중에서 자료보유 기간과 가뭄의 반응 정도를 분석하여 14개의 수위관측소를 선정하였다. 댐유입자료는 한국수자원공사에서 관리하는 주요 댐(소양강, 충주, 안동, 임하, 합천, 대청, 섬진강) 유입량자료를 사용하였다. 지하수위자료는 국가지하수정보센터에서 관리하는 226개의 전국지하수관측공 수위자료를 사용하였다. 자료의 보유기간과 전국적인 분포형태를 고려하여 1995, 1996년에 설치/운영된 관측공 자료 중 가뭄의 반응 정도를 분석하여 21개의 지하수관측공 자료를 사용하였다.

Table 1. The number of stations of each hydrological component

Basin name	Total				Selected			
	Precipitation	Stream flow	Dam inflow	Ground-water	Precipitation	Stream flow	Dam inflow	Ground-water
Han	18	102	7	74	15	4	2	8
Nakdong	24	94	17	79	19	3	3	7
Geum	14	86	5	65	13	4	1	3
Seomjin	6	25	5	24	6	2	1	1
Yeongsan	5	28	1	24	5	1	0	2
Jeju	4	0	0	0	3	0	0	0
Total	71	335	35	266	61	14	7	21

\* 자료 : 국가지하수정보센터(<http://www.gims.go.kr/>)  
 국가수자원관리종합정보시스템(<http://www.wamis.go.kr/>)  
 기상청(<http://www.kma.go.kr/>)

Table 2. Drought classifications of SWSI

Value	condition	Value	condition
4 or more	extreme wet	-2 to -1	mild drought
3 to 4	severe wet	-3 to -2	moderate drought
2 to 3	moderate wet	-4 to -3	severe drought
1 to 2	mild wet	-4 or less	extreme drought
-1 to 1	near normal		

SWSI를 산정하기 위해서는 가뭄에 영향을 미치는 수문인자를 결정하고 결정된 각종 수문인자들을 통계학적으로 분석하여야 하며, Shafer & Dezman (1982)은 각종 수문인자에 확률의 개념을 추가하여 수문인자들의 비교 및 조합이 가능하도록 개발하였다. 즉, 유역의 각 수문인자를 각 월별로 시계열을 구성한 뒤 각 월별 시계열을 정규화함으로써 확률밀도함수를 구하고 이로부터 얻어진 누가확률분포함수로부터 비초과확률을 산정하였다. 이렇게 산정된 각종 수문인자의 비초과확률과 가중계수로부터 Eq. (1)에 의하여 산정되며, 그 값이 의미하는 바는 Table 2와 같다.

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

여기서, PN은 비초과확률이며, a, b, c, d는 각 수문인자의 가중계수(a+b+c+d=1), sp는 적설인자(snowpack component), pcp는 강수인자(precipitation component), sf는 하천유출인자(streamflow component), rs는 저류량인자(reservoir component)이다.

Shafer & 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. 또한, 유역의 특성에 따라 용수공급 수문인자가 달라짐을 의미하며, 가뭄을 평가할 때 고려되어야 하는 수문인자가 유역에 따라 달라짐을 의미한다.

본 연구에서는 가뭄에 영향을 미치는 수문인자의 종류에 따라 전국을 세분하고자 하였으며, 또한 지하수위 인자를 추가하여 지표 및 지표하 수문특성을 반영할 수 있는 가뭄평가지수를 개발하고자 하였다. 세분된 유역의 대표되는 가뭄지수를 산정하기 위해서는 유역의 수문인자 관측소(key station)를 선정하는 과정이 선행되

어야 한다. 선정된 key station을 이용하여 전국을 준분포형 가뭄평가 형태로 유역을 분할하였다. 각 분할된 유역은 가뭄에 영향을 미치는 인자의 개수에 따라 사용되는 입력인자의 개수와 가중치의 개수가 달라진다. 본 연구에서 개발하고자 하는 가뭄평가지수는 기존의 SWSI와 차별되는 점은 식의 형태에서는 지하수위 인자를 추가하였고, 적용 형태에서는 전국을 4개의 대권역이 아닌 유역의 물 공급 체계를 고려하여 세분한 유역을 사용한다는 것이다. Eq. (1)을 보완하여 다음과 같은 MSWSI (Modified SWSI)를 개발하였다.

$$MSWSI = \frac{a \times PN_{pcp} + b \times PN_{sf} + c \times PN_{rs} + d \times PN_{gw} - 50}{12} \quad (2)$$

여기서, PN은 비초과확률이며, a, b, c, d는 각 수문인자의 가중계수(a+b+c+d=1), pcp는 강수인자(precipitation component), sf는 하천유출인자(streamflow component), rs는 댐유입량인자(dam inflow component), gw는 지하수위인자(groundwater component)이다.

### 3. 입력자료 분석 및 가공

#### 3.1 강우자료

강우관측소 key station을 선정하기 위하여 자료의 보유기간을 확인하여 1974년 이전의 자료부터 현재까지 강우 자료를 보유하고 있는 관측소를 선정하였다. 강우 자료는 61개소 기상관측소의 지점 강우로서, 본 연구에서는 지점 강우자료를 공간강우자료로 변환하기 위하여 표면내삽법(IDW: Inverse Distance Weight)을 이용하여 유역평균강우를 계산하였다. 표면내삽법은 지점간의 거리를 가중 평균하여 인접한 지점간을 내삽하는 방법으로서 IDRISI32(Clark Labs, 1987) 소프트웨어를 사용하였다. 선정된 key station으로서 1974년 1월부터 2003년 12월까지 월 강우자료에 대한 표면내삽을 통하여 월 공간강우분포도를 작성하였고, 이를 이용하여 유역별로 월 강우자료를 계산하였다. Fig. 1은 1974년 1월 강우량의 공간분포도를 나타내고 있고, Table 3은 이를 이용하여 안동댐유역의 월 강우량을 계산한 예이다.

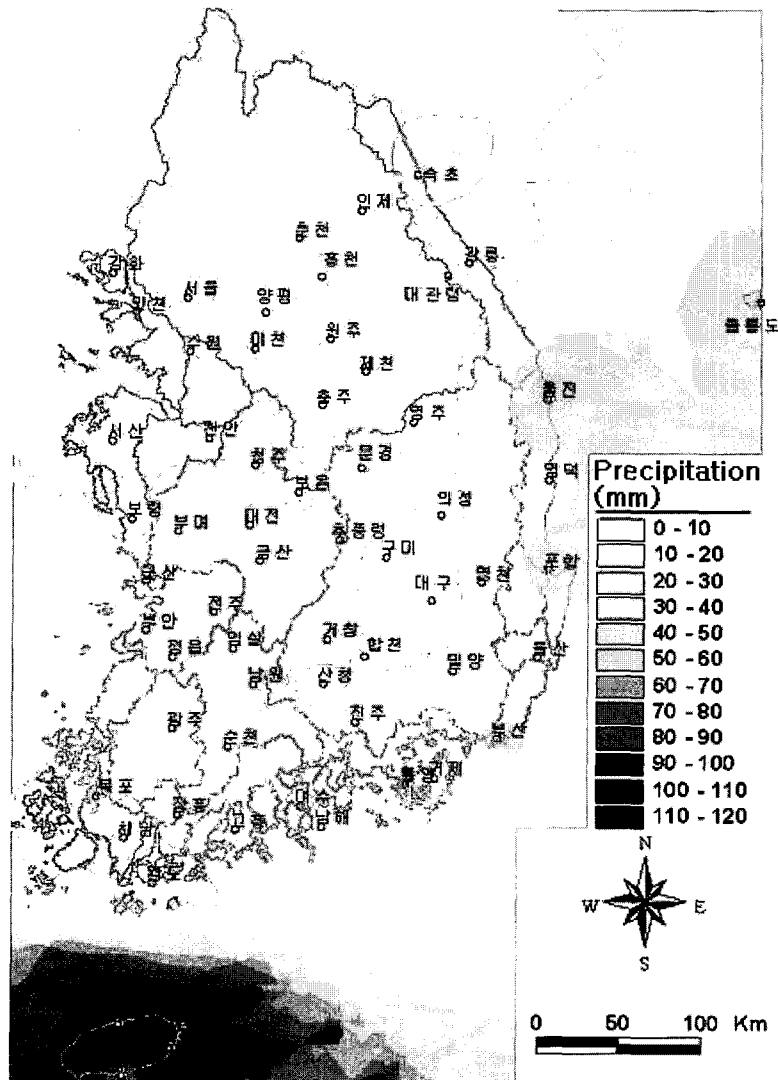


Fig. 1. Monthly precipitation map

### 3.2 하천수위자료

하천수위자료는 한국수자원공사에서 관리하는 수자원종합정보시스템의 하천수위관측소를 대상으로 분석하였다. 총 335개의 관측소 중에서 자료보유년도 및 가뭄에의 하천수위 반응 정도를 분석하여 14개의 관측소를 key station으로 선정하였다. 하천수위관측소의 key station 선정 과정은 다음과 같다. ① 주하천(국가하천, 지방1급하천)의 수위를 관측하는 관측소 선정, ② 자료의 보유기간이 충분한(과거 30년 이상) 관측소 선정, ③ 조석의 영향(해안에 인접한 관측소)을 받는 관측소 제외, ④ 같은 수계 내의 인접한(약 5km) 관측소 중 1개의 관측소 선정, ⑤ ①~④의 과정을 통하여 총 59개의 하천수위관측소 선정, ⑥ 강우에 의한 하천수위 반응 유무 분석, ⑦ 시계열 분석을 통한 가뭄에 대한 반응 정도 분석, ⑧ ⑥~⑦의 과정을 통하여 59개의 관측소 중 14

개의 관측소를 key station으로 선정하였다. Table 4는 선정된 key station에 대한 분석표이다. 가뭄에 대한 하천수위의 반응 정도를 알아보기 위하여 2001년 봄 가뭄에 대하여 분석하였다.

### 3.3 지하수위자료

지하수위자료는 지하수정보센터에서 관리하는 지하수위관측공 자료를 대상으로 분석하였다. 지하수위관측공은 1995년부터 현재까지 신설하여 총 266개소의 관측공이 있으며, 본 연구에서는 자료의 보유기간을 고려하여 1995년과 1996년에 설치하여 관측된 52개 관측공의 지하수위자료를 사용하였다. 52개의 관측공 중에서 가뭄에 대한 반응 정도를 분석하여 21개의 key station을 선정하였다. Table 5는 지하수관측공 key station에 대한 분석표이다.

Table 3. Monthly precipitation (Andong-dam watershed, unit: mm)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1974	29.5	30.2	47.6	149.3	164.5	71.0	323.3	142.1	62.5	49.9	17.7	32.4
1975	20.4	27.2	106.7	121.7	104.9	99.3	275.0	93.7	240.2	104.6	109.7	29.7
1976	5.1	113.6	45.2	72.7	21.3	105.1	82.9	386.8	52.4	68.0	39.5	57.6
1977	9.0	0.9	49.7	200.6	35.6	106.9	93.8	145.6	120.5	56.7	122.1	29.5
1978	38.9	52.2	53.3	44.1	16.1	267.6	207.2	312.3	71.1	129.6	35.7	48.3
1979	61.7	51.1	99.5	94.1	109.0	243.6	136.2	173.6	141.7	20.1	6.9	26.6
1980	33.0	6.0	54.2	160.9	107.7	152.6	274.2	257.5	138.0	59.8	29.6	17.1
1981	19.2	16.1	45.5	40.6	34.8	106.3	206.3	243.2	228.1	12.7	41.6	9.7
1982	11.1	28.3	54.8	30.7	68.8	28.2	151.0	246.0	9.8	31.8	82.3	16.7
1983	19.8	18.3	64.3	116.1	39.5	142.4	214.7	187.0	150.5	67.0	10.5	14.0
1984	3.6	15.3	18.7	119.3	58.0	184.6	221.3	183.4	230.9	19.2	79.0	22.9
1985	4.7	23.3	60.6	67.9	120.5	66.6	192.5	228.5	246.4	144.1	29.5	16.0
1986	11.7	22.0	31.1	28.8	66.3	167.1	175.8	198.5	80.5	130.8	10.3	48.9
1987	38.0	70.7	50.3	47.7	73.0	128.0	344.8	368.0	25.8	43.1	70.1	16.2
1988	6.9	26.9	38.7	52.1	41.8	118.7	413.5	74.8	171.6	29.5	16.6	5.1
1989	117.2	65.1	108.1	19.6	57.8	152.5	277.9	165.3	174.1	53.2	119.0	46.9
1990	48.8	134.2	63.5	87.1	94.8	257.2	192.0	126.3	280.4	33.0	65.8	9.8
1991	24.3	45.3	63.6	77.2	87.6	73.8	326.3	306.5	165.3	8.4	6.4	106.2
1992	51.1	13.8	73.6	85.2	63.6	30.1	200.9	220.0	191.9	35.3	16.0	38.7
1993	47.6	77.4	44.9	67.9	149.3	157.0	316.9	475.1	70.5	49.6	63.9	16.4
1994	24.7	15.1	29.8	33.9	131.8	176.2	68.9	148.1	34.8	171.6	57.4	7.3
1995	13.9	13.4	80.5	55.7	63.1	78.3	149.5	353.6	59.4	33.5	15.3	3.4
1996	29.9	20.1	114.6	56.0	39.0	256.1	154.7	121.8	46.5	65.1	59.8	24.0
1997	15.5	21.8	29.2	53.8	189.1	132.4	308.5	141.1	95.5	9.9	151.6	65.8
1998	53.9	47.4	26.5	131.1	101.4	216.3	381.1	385.0	206.6	90.3	26.1	21.5
1999	2.7	12.1	85.3	136.6	148.3	185.7	158.8	349.1	395.0	76.8	26.2	4.5
2000	56.1	43.0	20.3	44.7	65.8	150.3	142.7	307.9	323.9	24.1	50.4	7.4
2001	48.0	61.6	12.3	15.3	18.8	208.0	111.0	55.0	182.4	143.5	14.6	19.4
Average	30.2	38.3	56.2	78.9	81.1	145.1	217.9	228.4	149.9	62.9	49.1	27.2
Standard deviation	24.8	31.6	27.8	47.0	46.3	66.5	92.6	108.0	96.3	45.4	39.3	22.7

Table 4. Selected streamflow observation stations sensitive to drought situation

Basin name	Station name	Station code	Distance from dam* (km)	Reaction degree to drought	Statistical data (m) (2001. 1 - 2001. 5)			Start of recoding
					Min.	Max.	Ave.	
Han River	Jeonru	HS-1	160.3	normal	-0.67	0.50	-0.09	1962
	Ganhyun	HS-9	64.9	normal	1.19	1.50	1.33	1962
	Yeosu	HS-11	60.2	sensitive	0.66	1.41	0.79	1962
Anseong-cheon	Yangyeong	AS-6	28.9	sensitive	0.35	1.74	0.71	1962
Nakdong River	Dalji	NS-1	62.2	sensitive	0.55	1.43	0.91	1962
	Gumi	NS-4	129.2	sensitive	-1.62	-0.12	-1.19	1962
	Jeongam	NS-9	103.2	normal	0.19	1.91	0.90	1962
Geum River	Gongju	GS-2	48.6	sensitive	0.32	1.41	0.60	1915
	Jindu	GS-3	62.4	sensitive	-1.74	-0.28	-1.46	1962
Sapgyo-cheon	Suchon	SGS-4	31.2	normal	0.16	0.65	0.27	1955
	Guman	SGS-5	24.9	normal	-0.99	0.86	-0.06	1962
Seomjin River	Daegang	SJS-4	45.7	normal	-0.18	0.68	0.03	1962
	apnok	SJS-5	72.1	normal	0.01	1.32	0.38	1917
Yeongsan River	Naju	YS-5	65.1	normal	0.58	0.58	0.58	1945

\* Note: Used dams are Soyanggang(Han), Andong(Nakdong), Daecheong(Geum) and Seomjingang(Seomjin)  
 Values of other stations are distance from tide embankments

Table 5. Selected groundwater level observation stations sensitive to drought situation

Basin name	Station name	Station code	Distance form main stream* (km)	Reaction degree to drought	Reaction degree for streamflow level	Statistical data (m) (2001.1 - 2001.5)			Start of recoding
						Min.	Max.	Ave.	
Han River	Gimpo	HG-1	1.9	sensitive	sensitive	0.23	1.36	0.80	1997.04
	Singok	HG-2	4.8	normal	normal	33.59	33.74	33.67	1996.04
	Yulhyeon	HG-6	0.1	sensitive	sensitive	46.40	46.94	46.65	1997.04
	Munmak	HG-7	0.3	normal	normal	53.91	54.58	54.14	1997.04
	Gageum	HG-8	0.3	normal	normal	51.39	52.11	51.65	1996.01
	Goam	HG-10	8.7	sensitive	sensitive	265.04	265.91	265.53	1997.07
	Guiun	HG-11	6.1	normal	normal	5.34	8.17	7.14	1997.04
Anseong-cheon	Seonggeo	AG-1	10.1	normal	normal	46.07	46.36	46.21	1997.04
Nakdong River	Myungho	NG-1	0.1	normal	normal	196.88	197.27	196.99	1997.04
	Yecheon	NG-3	3.5	sensitive	normal	84.08	85.70	85.24	1996.04
	Gongseong	NG-4	17.4	sensitive	normal	77.80	78.36	78.15	1997.04
	Namsan	NG-7	9.9	normal	normal	63.81	66.58	65.04	1997.04
	Hapcheon	NG-8	2.1	normal	normal	44.19	44.76	44.45	1997.04
	Chojeon	NG-10	0.1	normal	normal	15.23	15.68	15.36	1996.04
	Sanne	NG-12	21.3	normal	normal	198.46	198.88	198.61	1997.04
Geum River	Daeso	GG-1	12.6	normal	normal	84.68	86.06	85.64	1997.04
	Gadeok	GG-3	1.9	sensitive	sensitive	73.68	75.19	74.18	1996.04
Sapgyo-cheon	Yesan	SGG-1	0.1	normal	normal	7.38	7.85	7.64	1997.04
Seomjin River	Ipmyeon	SJG-2	1.8	normal	normal	77.09	79.26	77.56	1997.04
Yeongsan River	Yudeok	YG-2	0.1	normal	normal	15.76	16.14	16.03	1996.01
	Samdo	YG-3	0.1	normal	normal	3.37	4.04	3.54	1997.04

\* Note: Used main stream is national stream

### 3.4 댐유입량자료

댐유입량자료는 한국수자원공사에서 관리하는 주요 댐 관측소 7개소의 월 유입량 자료를 사용하였다. 한강 수계에서는 소양강댐, 충주댐, 낙동강수계에서는 안동댐, 임하댐, 합천댐, 금강수계에서는 대청댐, 섬진/영산강수계에서는 섬진강댐의 유입량 자료를 사용하였다.

## 4. 수문학적 가뭄지수의 적용

### 4.1 MSWSI의 적용을 위한 구역분할

MSWSI는 유역단위로 적용하게 개발되었으며, 기존의 SWSI 지수 산정시 전국을 4개의 대권역으로 분할하여 각 대권역을 대표하는 하나의 지수를 산정하는 반면, 본 연구에서는 전국을 32개의 지역으로 분할하여 MSWSI를 산정하고자 한다. MSWSI 산정시 각 지역에 적용되는 수문인자의 종류를 고려하여 다음과 같은 4가지 방법으로서 분할을 실시하였다. ① 주요댐 지역 분할, ② 하천수위관측소 key station을 유역출구로 한 분할, ③ 지하수위관측공 key station 지역 분할, ④ 동질

의 강우 특성에 의한 지역 분할을 수행하였다. Fig. 2 및 Table 6은 전국 분할현황을 나타내고 있다.

### 4.2 지하수위 인자의 영향 분석

Shafer & Dezman (1982)은 SWSI를 이용하여 수문학적 가뭄을 평가하는데 있어 겨울철에는 용설인자를 사용하고, 여름철에는 용설인자를 하천유출인자로 대체하여 가뭄을 평가하였다. 우리나라의 경우 적설이나 용설량의 모니터링 시스템이 없는 관계로 용설인자의 사용이 불가능하다. 강원도 산간지역 즉, 소양강댐 및 충주댐 유역에서 3월에서 4월까지 용설에 의한 하천유출 및 댐유입량이 증가하는데 이를 관측하는 시스템이 구축되지 못한 실정이다.

산지유역이나 해안에 인접한 유역의 경우 SWSI의 입력인자인 강수, 용설, 하천유출, 저수율 인자 중 대부분의 유역에서 강수인자를 제외하고 관측되는 수문인자가 없는 실정이다. 이러한 유역에 여러 수문인자를 관측하는 시스템이 신설되지 못한 이유이기도 하지만 강수인자를 제외하고 가용한 수자원이 부족하다는 것을 반증하는 것이다. 따라서 관수로에 의한 용수의 공급이

이루어지지 않는 유역에서는 가뭄 발생시 관정을 개발하여 지하수를 이용하는 유역이 대부분이며, 가뭄 발생시 뿐만 아니라 평상시의 용수공급에도 지하수를 이용하는 실정이다.

권 등(2005)은 산지의 지하수 개발량을 평가하기 위하여 지하수를 이용한 사례를 조사한 바 있는데 속초시 쌍천지구의 경우 지하댐 건설을 통하여 약 50일의 무강우 지속 기간동안 1일 약 40,000톤의 지하수 공급이 가능하여 과거의 물부족 현상이 사라진 상태라고 밝힌바 있다. 또한, 농업기반공사에서는 경상북도 영일군, 충청남도 공주시, 전라북도 정읍군 등 여러 지역에서 지하댐 건설을 통하여 1일 약 30,000톤의 용수를 공급하여 가뭄시 각종 용수의 공급을 원활하게 수행하고 있다.

이와 같이 해안유역과 산지유역과 같은 관수로에 의한 댐 수혜를 받지 못하는 지역에서는 지하수 개발을 통하여 각종 용수의 공급이 이루어지며, 광역 상수도

및 지방 상수도를 통하여 용수 공급이 이루어지는 일부 시·군·구에서도 지하수를 이용하여 가뭄을 극복하고 있다. 즉, 수문학적 가뭄평가에 있어 지하수는 가뭄을 완화시키는 효과가 있으며 지하수 인자를 추가하여 수문학적 가뭄을 평가해야 하는 필요성을 나타내고 있다.

수문학적 가뭄을 평가하기 위하여 추가된 지하수위 인자는 하천에 인접한 지하수위 관측공의 자료를 사용하였으며, 하천으로부터 거리에 따라 지하수위 추가에 따른 MSWSI 결과를 분석하였다. 지하수 관측공의 자료기간의 부족으로 인하여 1994년, 1995년 가뭄에 대해서는 분석하지 못하였으며 2001년 가뭄에 대하여 분석하였다. 지하수위 인자를 사용하는 유역에 대하여 지하수 관측공의 하천으로부터의 거리를 4등급으로 나누어 지하수위 인자를 추가한 경우와 그렇지 않은 경우의 편차에 대한 월별 평균값과 표준편차를 나타내었다 (Table 7).

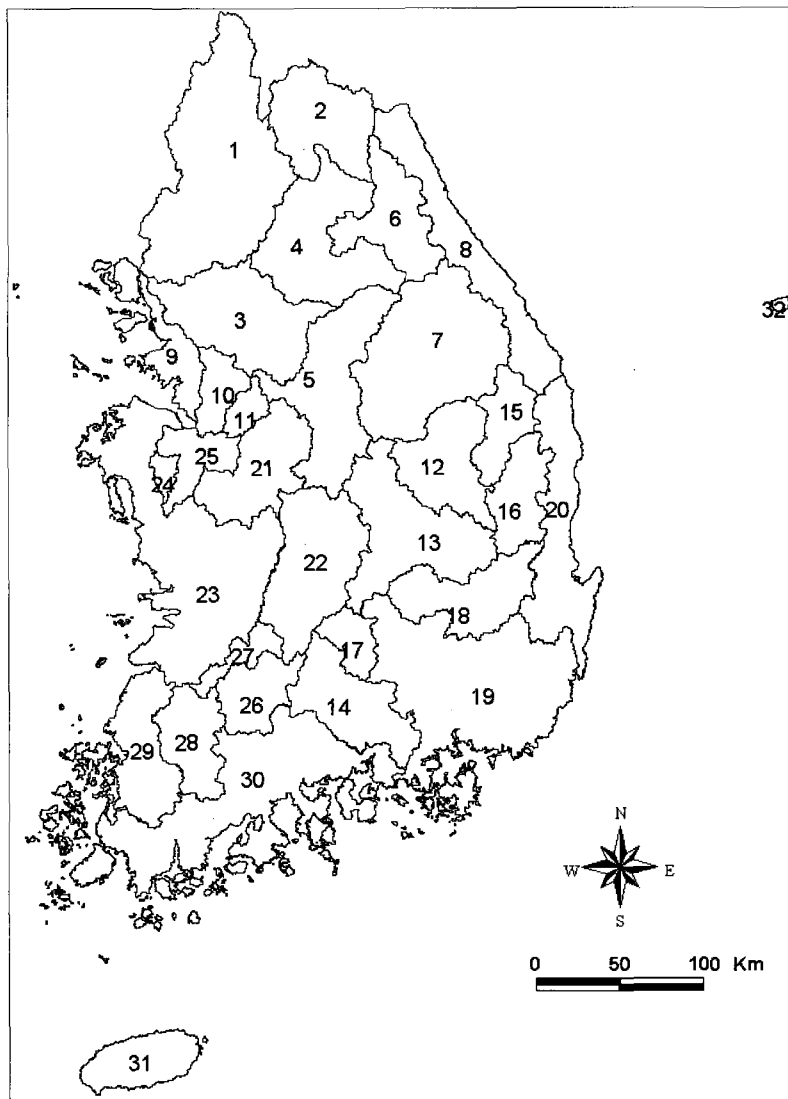


Fig. 2. Watershed division for applying MSWSI

Table 6. Used key station type of each watershed

Basin name	Watershed No.	Watershed type	Station existence			Input data
			Dam	Stream	Ground water	
Han River	1	Groundwater	-	-	-	P
	2	Groundwater	-	-	-	P
	3	Stream	-	O	O	S, G, P
	4	Stream	-	O	-	S, P
	5	Stream	-	O	O	S, G, P
	6	Dam	O	-	-	D, P
	7	Dam	O	-	O	D, P, G
	8	Groundwater	-	-	O	G, P
	9	Groundwater	-	-	-	P
Anseong-cheon	10	Groundwater	-	-	-	P
	11	Stream	-	O	O	S, G, P
Nakdong River	12	Stream	-	O	O	S, G, P
	13	Stream	-	O	O	S, G, P
	14	Stream	-	O	O	S, G, P
	15	Dam	O	-	O	D, P, G
	16	Dam	O	-	-	D, P
	17	Dam	O	-	-	D, P
	18	Groundwater	-	-	O	G, P
	19	Groundwater	-	-	O	G, P
	20	Groundwater	-	-	-	P
Geum River	21	Stream	-	O	O	S, G, P
	22	Dam	O	-	-	D, P
	23	Groundwater	-	-	-	P
Sapgyo-cheon	24	Stream	-	O	-	S, P
	25	Groundwater	-	-	O	G, P
Seomjin River	26	Stream	-	O	O	S, G, P
	27	Dam	O	-	-	D, P
	30	Groundwater	-	-	-	P
Yeongsan River	28	Stream	-	O	O	S, G, P
	29	Groundwater	-	-	-	P
Jeju-do (Ulleung-do)	31	Groundwater	-	-	-	P
	32	Groundwater	-	-	-	P

P: precipitation, S: streamflow, G: groundwater, D: dam inflow

Table 7. Deviation of MSWSI of each distance between groundwater level observation station and main stream

Month	Less than 1 km		1 to 5 km		6 to 10 km		More than 10 km	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
1	1.40	0.89	1.32	1.51	1.33	0.67	1.57	0.87
2	1.53	0.99	0.55	0.25	1.12	0.68	1.32	1.03
3	1.29	0.77	1.02	0.86	2.19	0.95	1.95	0.75
4	0.44	0.49	0.23	0.17	1.02	1.27	0.81	0.75
5	0.33	0.29	0.18	0.17	0.40	0.21	0.88	0.84
6	0.62	0.44	1.04	0.52	0.79	0.71	0.47	0.26
7	0.24	0.15	0.64	0.46	0.43	0.28	0.45	0.31
8	0.13	0.11	0.30	0.31	0.09	0.07	0.24	0.20
9	0.31	0.24	0.20	0.16	0.45	0.45	0.28	0.32
10	1.26	0.68	0.86	0.49	1.49	0.37	1.47	1.37
11	0.77	0.65	0.62	0.53	1.18	0.60	1.18	0.72
12	1.50	1.21	0.54	0.25	1.34	1.00	2.39	1.32
Average	0.82	0.58	0.63	0.47	0.99	0.61	1.08	0.73



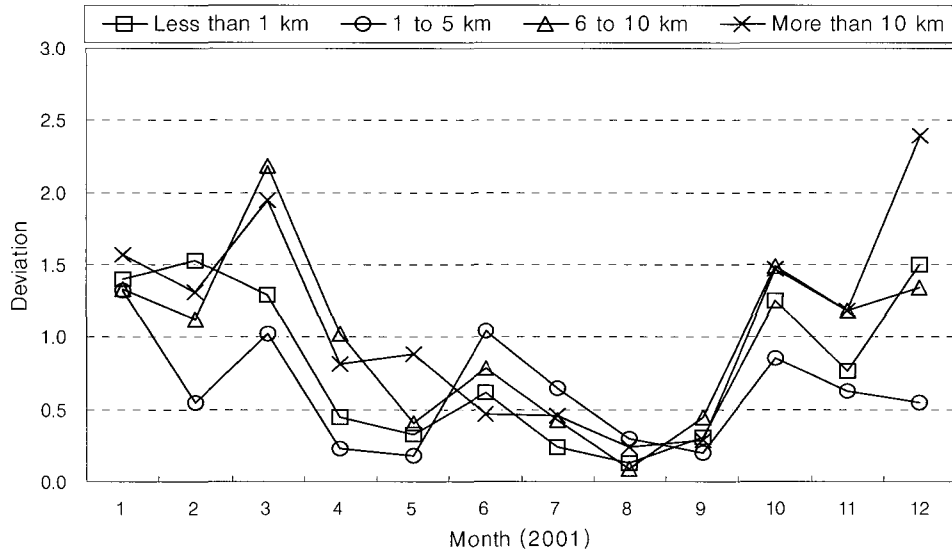


Fig. 3. Average of MSWSI deviation of each distance between groundwater level observation station and main stream

Fig. 3에 의하면 추가 사용된 지하수위 인자를 관측하는 지하수 관측공의 하천으로부터의 거리가 짧을수록 지하수위 인자를 추가한 경우와 그렇지 않은 경우의 편차가 작은 것으로 나타났다. 즉, 하천으로부터의 거리가 5 km 미만의 경우 월 평균값이 0.63에서 0.82로서 1 이하의 편차를 보이고 있다. 2001년 가뭄이 극심하였던 4월부터 9월까지의 편차는 평균 0.39, 그 외 월에서는 1.05를 보여 가뭄이 발생하는 기간에서는 그 편차가 더욱 작은 것을 나타나 수문학적 가뭄평가에 있어 지하수위 인자의 추가에 따른 오차가 발생하지 않음을 확인하였다.

### 4.3 MSWSI의 적용

MSWSI를 산정하기 위해서는 유역의 가뭄에 영향을 미치는 수문인자를 결정하고 결정된 각종 수문인자들을 통계학적으로 분석하여야 하며, Shafer & Dezman (1982)은 각종 수문인자에 확률의 개념을 추가하여 수문인자들의 비교 및 조합이 가능하도록 하였다. 각각의 수문인자로 이루어진 시계열을 분석하여 월별 확률밀도 함수를 산정하고, 이를 이용하여 누가확률분포함수를 산정하여 각 수문인자의 비초과확률을 작성하였다. 또한, 각 수문인자가 유역에 미치는 가중치를 산정하기 위해서는 각종 수문인자가 그 유역에 작용하는 잠재적인 모든 영향을 고려하여야 하나 이를 실제 정량화하기는 어렵다. 따라서, 각종 수문인자의 상대적인 기여를 첨가하여 가중계수를 취하는 Mckee et al. (1992) 방법을 채택하였다.

각 수문요소는 계절에 따라 유역에 미치는 기여도가 다르다. 예를 들면, 수자원 이용에 있어 어떤 유역의 저수량보다 그 유역의 강수량이 더 중요한 요소인 시기 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 가중계수도 유입량이 강수량보다 크게 되어 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.

작성된 비초과확률 및 가중계수를 이용하여 식 2를 이용하여 1974년부터 2001년까지의 MSWSI를 산정하였다(Fig. 4).

Fig. 4로 미루어 볼 때, 90년대 이후 극심한 가뭄으로 조사되었던 1994-1995년 및 2001년 가뭄에 대하여 MSWSI 값이 잘 추적하는 것으로 판단된다. 특히, 1994년 7월, 9월에 발생했던 1차, 2차 가뭄피해에 대하여 MSWSI 값은 -3.45, -2.78로서 심한 가뭄상태를 표현하고 있으며, 1995년 6월의 가뭄피해(94, 95 가뭄조사 보고서, 농림부)에 대하여 -2.72, 2001년 5월 및 8월에 대하여 -2.72, -2.93을 나타내고 있어, 전국평균 MSWSI는 과거 가뭄년도의 월별 가뭄상황 및 심도를 잘 표현하고 있다.

우리나라의 가뭄상황은 지역별로 편차를 보이는데, 산정된 MSWSI의 지역별 가뭄 표현 여부와 지역적인

수문량에 따른 영향을 살펴보기 위하여, 1994-1995년 및 2001년 가뭄에 대하여 도별 수문량 및 MSWSI, PDSI를 비교, 분석 하였다. 1994년의 경우, 1월부터 7월까지의 전국평균강수량이 평년강수량의 63%에 불과하였으며 특히, 가뭄이 극심했던 영·호남 지역은 50-60%에 불과했다. 7월말 현재 전국평균 저수율은 28%로서 평년저수율보다 48%가 부족하였고 영·호남 지역은 10-20%를 기록하였으며, 7월의 1차 가뭄피해에 이어 9월에 2차 가뭄피해가 발생했다. 1995년의 경우, 1월부터 6월까지 전국평균강수량은 평년강수량의 72%에 불과하였으며 6월말 현재 전국평균저수율을 평년저수율보다 23%가 부족하였다. 1994년도에 지속되어진 가뭄이 8월에 정상급수로 전화되면서 포항지역을 제외하고 가뭄이 전부 해갈 되었다. 2001년의 경우, 3월부터 5월까지 24mm에서 377mm로서 평년의 12-74%의 적은 강수량과 경기, 충청, 영남지역에서 평년대비 20-30%의 낮은 저수율로 인하여 봄철 극심한 가뭄이 발생하였으며, 6월에 가장 피해가 극심했다. 기상학적 가뭄지수로 알려진 PDSI와 수문학적 가뭄지수인 MSWSI, 월별 수문량을 비교하기 위하여 1994년은 극심한 가뭄피해 기간인 6월에서 9월까지, 1995년은 5월부터 8월까지, 2001년은 5월부터 6월까지를 대상으로 분석하였다.

1994년 가뭄이 극심했던 6월부터 9월까지의 도별 평년대비 강수량 및 저수율은 가뭄의 1차, 2차 피해기간인 7월, 9월에 낮은 값을 보이고 있다. 특히 경북지역의 7월 강수량이 18.1%로 가장 낮은 강수량을 보였으며, 전북지역의 7월 저수율이 9%로 가장 낮은 저수율을 나타냈다(Table 8). 권역별 평년대비 유출율은 한강권역을 제외한 모든 권역에서 낮게 나타났으며, 특히 섬진강 권역의 7월 유출율이 3.7%로 가장 낮게 나타났는데 이는 7월 전북, 전남 지역의 강수량이 각각 35.4%, 26.8%로 낮은 데 기인한 것으로 판단된다(Table 9). 남부지방을 중심으로 극심한 가뭄피해가 발생했던 1994년

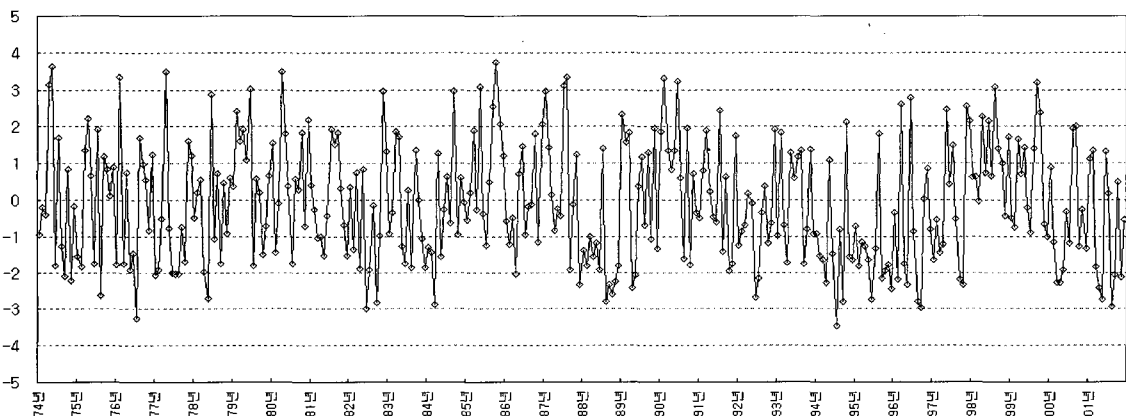


Fig. 4. Average MSWSI from 1974 to 2001

Table 8. Percent of precipitation and reservoir storage amount to normal year of each province in 1994

Month		Gyeong gi	Gang won	Chung buk	Chung nam	Jeon buk	Jeon nam	Gyeong buk	Gyeon nam
Precipitation (%)	6	60.8	63.7	92.4	89.7	64.8	27.8	72.8	36.9
	7	33.8	35.7	30.7	40.4	35.4	26.8	18.1	33.2
	8	88.0	70.6	122.0	80.1	87.0	92.9	22.4	30.3
	9	48.5	32.2	36.4	50.0	21.4	21.0	27.6	25.4
Reservoir storage (%)	6	56	40	36	39	29	50	61	59
	7	60	49	54	41	9	15	34	20
	8	86	72	69	67	21	52	22	34
	9	84	75	68	72	13	38	14	22

\* '94, '95 전국 가뭄조사 보고서 (농림부, 1995)

Table 9. Percent of stream runoff amount to normal year of in 1994 (unit : %)

Month	Han	Nakdong	Geum	Seomjin	Yeongsan
6	45.9	29.3	93.6	11.9	26.6
7	69.4	16.5	38.0	3.7	11.6
8	70.1	8.7	53.1	24.5	55.7
9	72.2	4.3	18.7	7.0	18.6

\* '94, '95 전국 가뭄조사 보고서 (농림부, 1995)

Table 10. Drought indices of each province in 1994

Month		Gyeong gi	Gang won	Chung buk	Chung nam	Jeon buk	Jeon nam	Gyeong buk	Gyeon nam
P D S I	6	0.77	0.96	1.22	0.30	-1.33	-1.37	1.32	-0.62
	7	-0.55	-0.34	-0.06	-0.79	-2.20	-2.05	0.03	-1.29
	8	-0.88	-0.55	-0.27	-0.75	-2.40	-2.09	-0.96	-1.75
	9	-0.99	-1.67	-0.73	-1.20	-2.88	-2.43	-2.43	-2.37
M S W S I	6	-1.34	-1.15	-1.91	-2.34	-1.39	-1.79	-1.05	-0.04
	7	-3.51	-3.10	-3.35	-3.68	-3.55	-3.75	-3.25	-3.57
	8	-1.61	-1.10	-1.02	-0.01	-1.83	0.45	1.29	2.49
	9	-3.04	-2.61	-2.68	-3.21	-2.99	-2.91	-3.09	-1.68

의 가뭄지수를 살펴보면 PDSI는 7월의 1차 가뭄피해가 발생하였음에도 불구하고 전북, 전남지역에 각각 -2.20, -2.05로 보통가뭄, 경남지역에 -1.29로 약한 가뭄을 제외하고 전국이 정상상태를 나타내고 있으며, 9월의 2차 피해에 대하여도 경기와 충북지역은 정상상태를 나타내고 나머지 지역들은 보통가뭄 이하를 표현하고 있어 수문학적인 물부족 상태를 표현하기에 적합한 지수가 아닌 것으로 판단된다. 반면 MSWSI는 전국 대부분의 지역에서 -3 이하의 심한가뭄을 나타내어 수문학적인 가뭄 상황을 표현하고 있다(Table 10).

1995년의 가뭄진행 상황은 1월부터 5월까지의 적은 강수량으로 인해 6월말에 가장 낮은 저수율과 극심한 가뭄이 발생하였다. 하지만 7월과 8월에 전국적으로 약 500mm에서 최대 800mm에 가까운 강수량이 발생하여 8월말에 제한급수에서 정상급수로 전환되면서 대부분

의 지역에서 가뭄이 해갈되었다. 같은 기간 동안 PDSI는 5-7월에는 남부지방을 중심으로 심한가뭄 이하를 표현하고 있고 가뭄이 해갈된 8월에도 여전히 남부지방에는 보통가뭄 이상을 표현하고 있어 수문학적인 가뭄 해갈 상황을 표현하지 못하였다. 반면 MSWSI는 5-7월에 전국 대부분을 보통가뭄으로 표현하고 있으며 가뭄이 최대로 발생한 6월에는 가뭄이 심화된 것으로 표현하고 있다. 가뭄이 해갈된 8월에는 전국을 모두 정상상태 이상으로 표현하고 있어 수문학적인 가뭄 해갈 상황을 잘 표현하고 있다(Table 11 and Fig. 5).

2001년의 가뭄은 3월부터 5월까지의 적은 강수량으로 인하여 5월에 가뭄이 발생하여 6월 중순에는 전국적으로 제한급수가 최대에 달하였으며 특히 충남지역의 경우 제한급수 인원이 12,590명으로 가장 큰 가뭄피해가 발생하였다. 이러한 가뭄피해에 대하여 5월의 PDSI

Table 11. Drought indices of each province in 1995

Month		Gyeonggi	Gangwon	Chungbuk	Chungnam	Jeonbuk	Jeonnam	Gyeongbuk	Gyeonam
P D S I	5	-0.22	-1.11	-0.98	-1.47	-3.43	-2.27	-3.19	-3.01
	6	-0.83	-1.47	-1.44	-1.95	-3.93	-2.43	-3.30	-3.41
	7	-0.65	-1.39	-1.64	-2.65	-4.06	-2.48	-3.53	-3.29
	8	1.26	0.68	-0.50	0.23	-3.47	-2.61	-2.97	-3.33
M S W S I	5	-1.52	-2.08	-2.37	-1.78	-1.57	-0.72	-1.80	-1.68
	6	-2.65	-2.36	-2.43	-2.40	-1.92	-2.30	-2.50	-2.64
	7	-1.32	-0.99	-1.06	-2.42	-2.17	-2.52	-1.52	-1.61
	8	2.12	3.80	2.62	-0.32	0.25	0.81	1.15	3.18

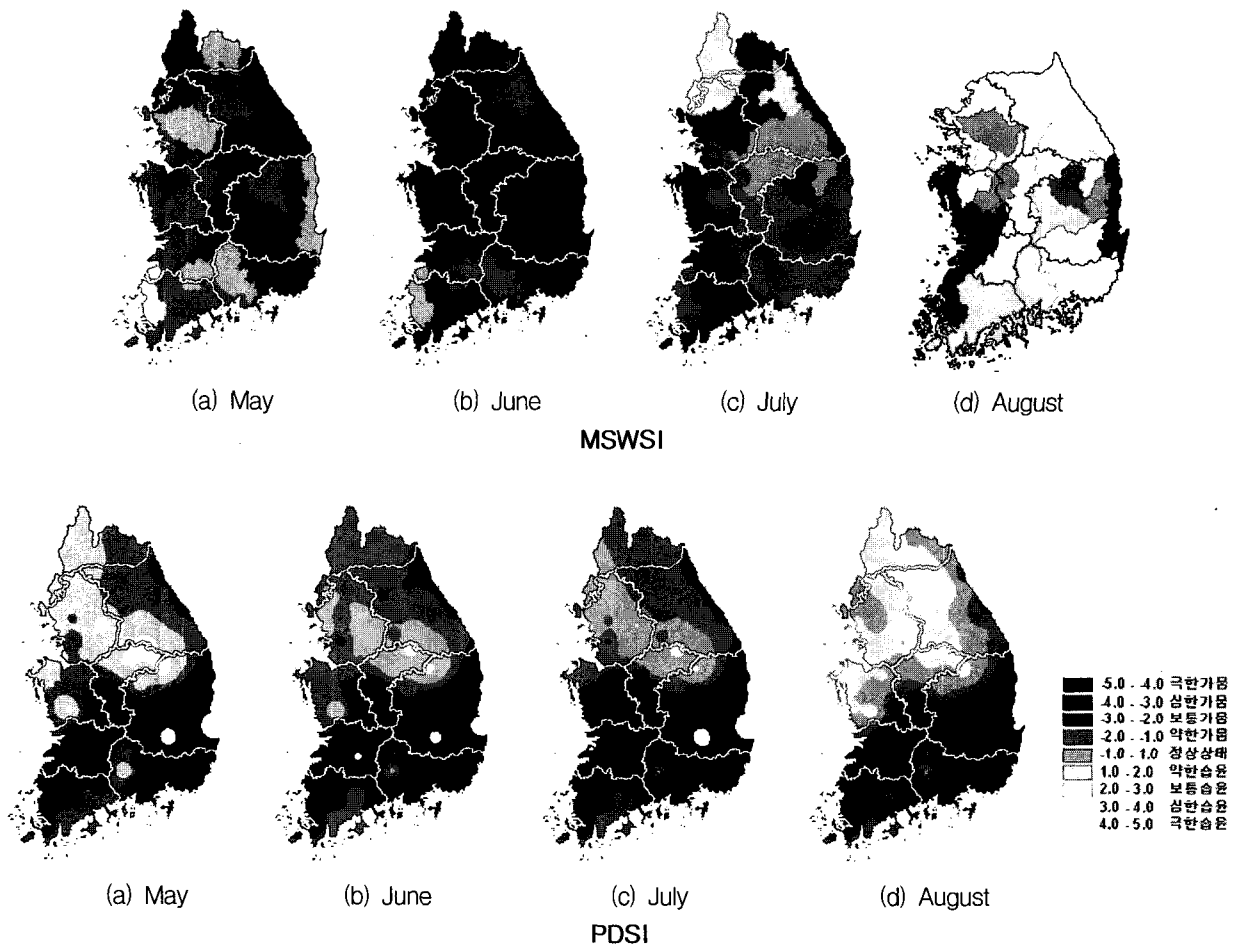


Fig. 5. Drought maps in 1995

는 경기지역의 약한가뭄을 제외하고 전국이 정상상태를 나타내고 있는 반면 MSWSI는 경남지역의 정상상태를 제외하고 전국을 가뭄상태로 표현하고 있어 전국의 낮은 저수율을 반영하여 2001년 5월의 전국적인 용수부족 상황의 수문학적인 가뭄상태를 잘 표현하고 있는 것을 확인하였다. 하지만 2001년 6월의 최대 가뭄피해 상황에 대하여 MSWSI는 전국적으로 가뭄이 해갈된 것으로 나타내어 6월의 수문학적인 가뭄상태를 표현하지 못하고 있다. 그 이유는 6월의 최대 가뭄피해는 16일에

발생되었으나 18일부터 30일까지 전국적으로 200mm에서 300mm의 많은 강수량이 발생하여 6월의 MSWSI는 -0.71에서 3.58로 산정되어 정상상태로 표현하고 있다 (Table 12 and fig. 6). 2001년 6월과 같이 월 초기에 무강우 일수가 지속되어 가뭄피해가 발생한 후 월 후기에 많은 강수량이 발생한 경우에는 한달 간격의 가뭄평가는 해당 월의 가뭄을 잘 반영하지 못하는 한계를 나타내었다. 따라서 한달 이하 즉, 15일 간격 혹은 1주일 간격의 수문학적 가뭄평가가 필요함을 확인하였다.

Table 12. Drought indices and hydrological amounts of each province (May, 2001)

	Gyeong gi	Gang won	Chung buk	Chung nam	Gyeong buk	Gyeon nam	Jeon buk	Jeon nam
Precipitation (%)	20	28	12	22	19	29	26	35
Reservoir storage (%)	42	42	46	46	47	67	59	59
MSWSI	-2.0	-2.5	-2.9	-2.8	-2.6	-0.9	-2.2	-3.3
PDSI	-1.8	-0.9	-0.1	0.0	0.3	0.3	0.1	0.1

\* 2001 전국 가뭄조사 보고서 (한국수자원공사, 2001), 가뭄관리 종합대책 수립연구 (한국수자원공사, 2002)

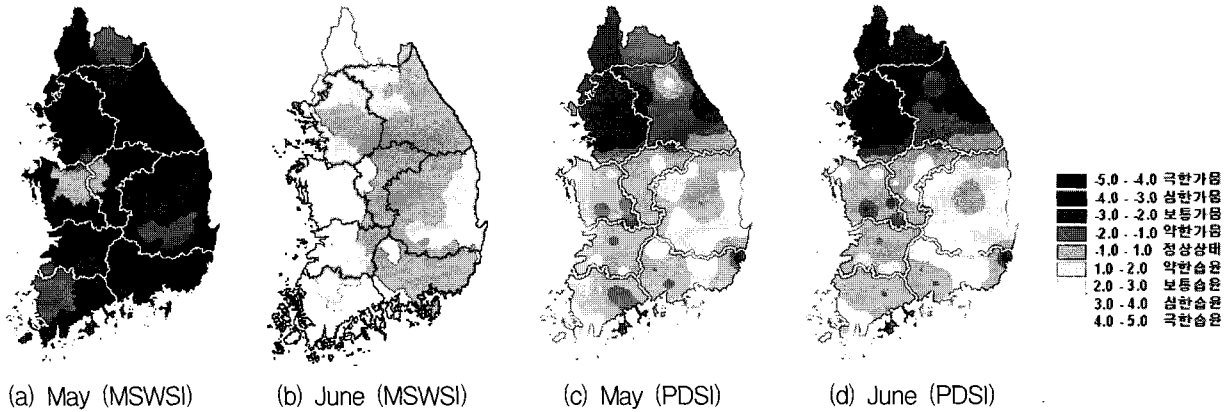


Fig. 6. Drought maps in 2001

#### 4. 요약 및 결론

수문학적인 가뭄평가를 위하여 SWSI 가뭄지수를 보완하여 MSWSI를 개발하였다. MSWSI의 적용을 위하여 가뭄에 영향을 미치는 수문인자가 동질한 그룹 즉, 댐유역, 하천유역, 지하수유역으로서 전국을 32개의 유역으로 분할하여 적용하였다. 본 연구를 요약하면 다음과 같다.

- ① MSWSI의 입력자료로서 강우, 하천수위, 댐저수율, 지하수위자료를 사용하였다. 강우자료는 기상청 산하의 61개소의 기상관측소 자료를 사용하였고 유역에 대한 평균강우량을 추출하기 위하여 공간강우자료로서 변환한 후 각각의 유역에 대하여 년도별/월별 평균강우량을 추출하였다. 하천수위자료는 총 335개의 하천수위관측소 중에서 자료보유년도 및 가뭄에의 하천수위 반응 정도를 분석하여 14개의 관측소를 key station으로 선정하였다. 댐저수율자료는 한국수자원공사에서 관리하는 주요 댐 관측소 7개소의 월 저수율 자료를 사용하였다. 지하수위자료는 지하수정보센터에서 관리하는 지하수위관측공 자료를 대상으로 1995년과 1996년에 설치하여 관측된 52개 관측공 중 가뭄에 대한 반응 정도를 분석하여 21개의

key station을 선정하였다.

- ② MSWSI를 산정하기 위해서 지역의 가뭄에 영향을 미치는 수문인자를 결정하고 결정된 각종 수문인자에 확률의 개념을 추가하여 시계열을 분석을 통하여 월별 확률밀도함수를 산정하고, 이를 이용하여 누가확률분포함수를 산정하여 비초과확률을 작성하였다. 가중계수를 구하기 위해서 각종 수문인자의 상대적인 기여를 첨가하여 가중계수를 취하는 Mckee 방법을 채택하였다.
- ③ 1974년부터 2001년까지의 MSWSI 가뭄지수를 산정한 결과, 1994년 7월, 9월에 발생했던 1차, 2차 가뭄피해에 대하여 MSWSI 값은 -3.45, -2.78로서 심한 가뭄상태를 표현하고 있으며, 1995년 6월의 가뭄피해에 대하여 -2.72, 2001년 5월 및 8월에 대하여 -2.72, -2.93을 나타내고 있어, 과거 가뭄년도의 월별 가뭄상황 및 심도를 잘 표현하였다.
- ④ 전국을 32개의 지역으로 분할하고 각각의 지역에 대하여 MSWSI를 산정하여 준분포형 형태의 지역적인 수문학적 가뭄평가가 가능하였다. 또한, 제한급수 및 운반급수와 같은 우리나라의 수문학적 가뭄상태를 표현하는데 있어 MSWSI가 적합한 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국수자원공사의 가뭄모니터링체계 구축 방안 개발 과제의 일환으로 본 연구에 사용된 연구비는 한국수자원공사로부터 지원 받았음

## 참 고 문 헌

권형중, 임혁진, 박남식, 김성준 (2005). 유역의 지형 및 토양특성을 고려한 지하수 개발량 평가, **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제25권, 제1B호, pp. 19-25.  
농림부 (1995). 94, 95 가뭄조사 보고서.  
류재희, 이동률, 안재현, 윤용남 (2002). 가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교 연구, **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제35권, 제4호, pp. 397-410.  
이동률, 이대희, 강신욱 (2003). 가뭄 경보기준과 모니터링 시스템, **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학

회, 제36권, 제3호, pp. 375-384.  
한국수자원공사 (2002). 가뭄관리 종합대책 수립연구, 한국수자원공사 연구보고서.  
한국수자원공사 (2001). 2001 전국 가뭄조사 보고서.  
Clark Labs, 1987, IDRISI32 User's manual.  
McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993). "The relationship of drought frequency and duration of time scales", *8th Conference on Applied Climatology, Jan., Anaheim, CA*, pp. 179-184.  
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.  
(논문번호:05-118/접수:2005.08.22/심사완료:2006.07.14)