

# SWSI 기반의 준분포형 수문학적 가뭄평가기법 개발

Development of Semi-Distributed Hydrological Drought Assessment Method  
Based on SWSI (Surface Water Supply Index)

권형중\* · 김성준\*\*

Kwon, Hyung Joong · Kim, Seong Joon

\* 건국대학교 사회환경시스템공학과 박사후 연구원, [kwonhj@konkuk.ac.kr](mailto:kwonhj@konkuk.ac.kr)

\*\* 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 부교수, [kimsj@konkuk.ac.kr](mailto:kimsj@konkuk.ac.kr)

## 요 지

전국의 수문학적인 가뭄평가를 위하여 SWSI 가뭄지수를 보완한 MSWSI 개발하였다. MSWSI의 적용을 위하여 가뭄에 영향을 미치는 수문인자가 동일한 지역 즉, 댐, 하천, 지하수, 강수 유역으로 전국을 32개 및 112개의 유역으로 분할하여 적용함으로써 준분포형으로 수문학적 가뭄을 평가하는 동시에 개발된 가뭄평가 기법의 유역분할 개수에 따른 적용성을 검토하였다. 각 유역에 MSWSI를 적용하여 공간적으로 준분포형의 수문학적 가뭄 정보를 획득하였으며, 시간적으로 1974년부터 2001년까지의 1개월 및 1주 간격으로 평가하여 가뭄평가 분석시간 단위에 따른 적용성을 검토하였다. 과거 가뭄사상년도(1994, 1995, 2001년)의 가뭄조사 기록에 대하여 본 연구 결과를 검증하였으며, 기상학적 가뭄지수인 PDSI와 개발된 수문학적인 가뭄평가지수의 결과에 대하여 비교, 분석하였다.

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 사전 대비계획 및 대응체계 마련을 위한 체계적인 연구 및 종합적인 대책이 부족한 실정이다.

류재희 등(2002)은 낙동강 유역의 가뭄평가를 위하여 여러 가뭄지수들을 비교한 연구에서 강우, 댐저류량, 모의에 의한 하천유출량으로서 SWSI를 산정하여 타 가

뭄지수와 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 가뭄경보 기준을 마련하는데 있어서 SWSI는 각 월의 저수율 상황을 반영하여 물공급원의 상황을 파악할 수 있는 지표로서 다목적댐에서 생·공용수를 공급하는 지역의 가뭄경보 기준을 마련하는데 사용한 바 있다.

본 연구에서는 가뭄에 영향을 미치는 수문인자(강수, 하천유출, 댐유입, 지하수위)가 동일한 지역으로 전국을 32개, 112개 유역으로 분할하고, 기존의 SWSI 입력

인자에 지하수위 인자를 추가하여 지표수문 및 지하수문 모두 고려할 수 있는 수문학적 가뭄평가 방법을 제안하였다. 또한 과거 가뭄년도의 가뭄상황에 대하여 주단위 및 월단위 분석을 시행하여 가뭄분석 단위에 대한 적용성을 검토하였다.

## 2. 기본이론

Shafer & Dezman (1982)은 SWSI를 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 세분화하고자 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 선행되어야 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 가뭄평가지수의 기존 SWSI와 차별되

는 점은 식의 형태에서는 지하수위 인자를 추가하였고, 적용 형태에서는 전국을 4개의 대권역이 아닌 유역의 물 공급 체계를 고려하여 세분한 유역을 사용한다는 것이다. 기존의 SWSI식을 보완하여 다음과 같은 MSWSI (Modified SWSI)를 개발하였다.

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

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. 입력자료의 구축 및 유역분할

MSWSI에 사용되는 입력자료를 구축하기 위해서는 해당 수문자료를 관측하는 관측소의 관측자료를 분석하여 양질의 수문자료를 보유하고 있는 관측소(key station)를 선별하여야 한다.

강우관측소 key station을 선정하기 위하여 기상청의 76개 지상기상관측소 자료의 보유기간을 확인하여 1974년 이전의 자료부터 현재까지 강우 자료를 보유하고 있는 관측소 61개소를 선정하였다.

하천수위자료는 한국수자원공사에서 관리하는 수자원종합정보시스템의 하천수위관측소를 대상으로 분석하였다. 총 335개의 관측소 중에서 자료보유년도 및 가뭄에의 하천수위 반응 정도를 분석하여 53개의 관측소를 key station으로 선정하였다.

지하수위자료는 지하수정보센터에서 관리하는 지하수위관측공 자료를 대상으로 분석하였다. 지하수위관측공은 1995년부터 현재까지 신설하여 총 266개소의 관

측공이 있으며, 본 연구에서는 자료의 보유키간을 고려하여 1995년부터 1997년까지 설치하여 관측된 97개 관측공의 지하수위자료를 사용하였다. 97개의 관측공 중에서 가뭄에 대한 반응 정도를 분석하여 31개의 key station을 선정하였다.

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

MSWSI는 유역단위로 적용하게 개발되었으며, 기존의 SWSI 지수 산정시 전국을 4개의 대권역으로 분할하여 각 대권역을 대표하는 하나의 지수를 산정하는 반면, 본 연구에서는 선정된 key station을 바탕으로 전국을 32개 및 112개의 유역으로 분할하여 MSWSI를 산정하였다.

#### 4. 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 수문인들의 비교 및 조합이 가능하도록 하였다. 각각의 수문인자로 이루어진 시계열을 분석하여 월별 확률밀도 함수를 산정하고, 이를 이용하여 누가확률 분포함수를 산정하여 각 수문인자의 비초과확률을 작성하였다. 또한, 각 수문인자가 유역에 미치는 가중치를 산정하기 위해서는 각종 수문인자가 그 유역에 작용

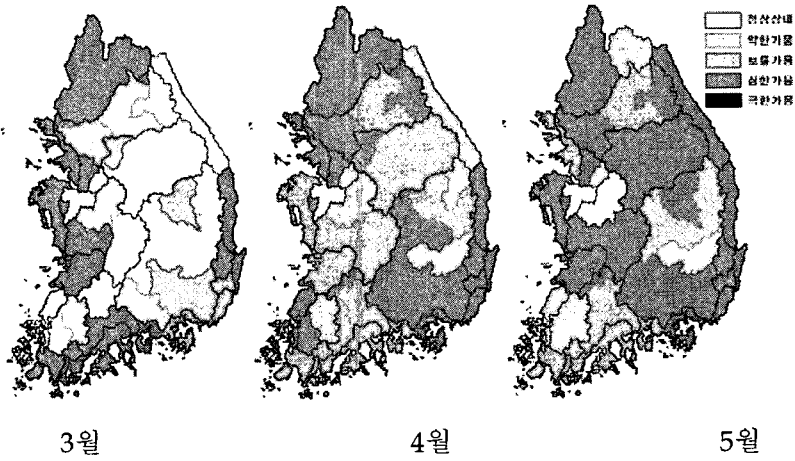
하는 잠재적인 모든 영향을 고려하여야 하나 이를 실제 정량화하기는 어렵다. 따라서, 각종 수문인자의 상대적인 기여를 첨가하여 가중계수를 취하는 Mckee et al. (1992) 방법을 채택하였다.

우리나라의 가뭄상황은 지역별로 편차를 보이는데, 산정된 MSWSI의 지역별 가뭄 표현 여부와 지역적인 수문량에 따른 영향을 살펴보기 위하여, 1994-1995년 및 2001년 가뭄에 대하여 MSWSI를 적용하였다. 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·호남지역은 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 해결 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. 수문학적 가뭄지수인 MSWSI, 월별 수문량을 비교하기 위하여 1994년은 극심한 가뭄피해 기간인 6월에서 9월까지, 1995년은 5월부터 8월까지, 2001년은 5월부터 6월까지를 대상으로 분석하였다.

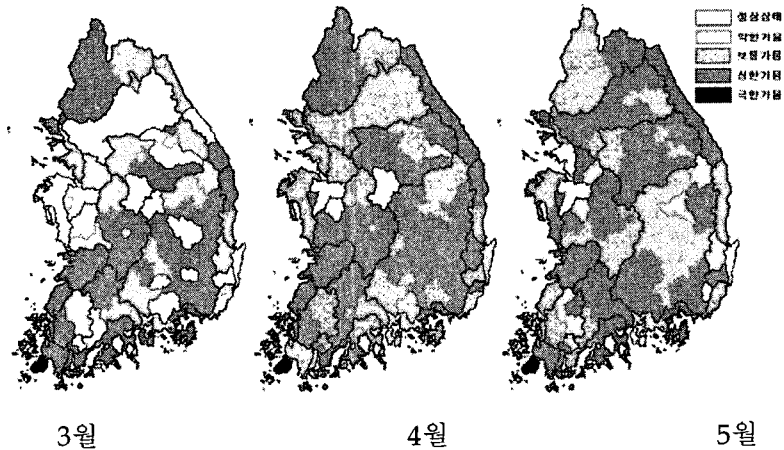
<표 1> 도별 MSWSI 적용 결과

년	월	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남
1994	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
1995	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
2001	5	-2.0	-2.5	-2.9	-2.8	-2.2	-3.3	-2.6	-0.9

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

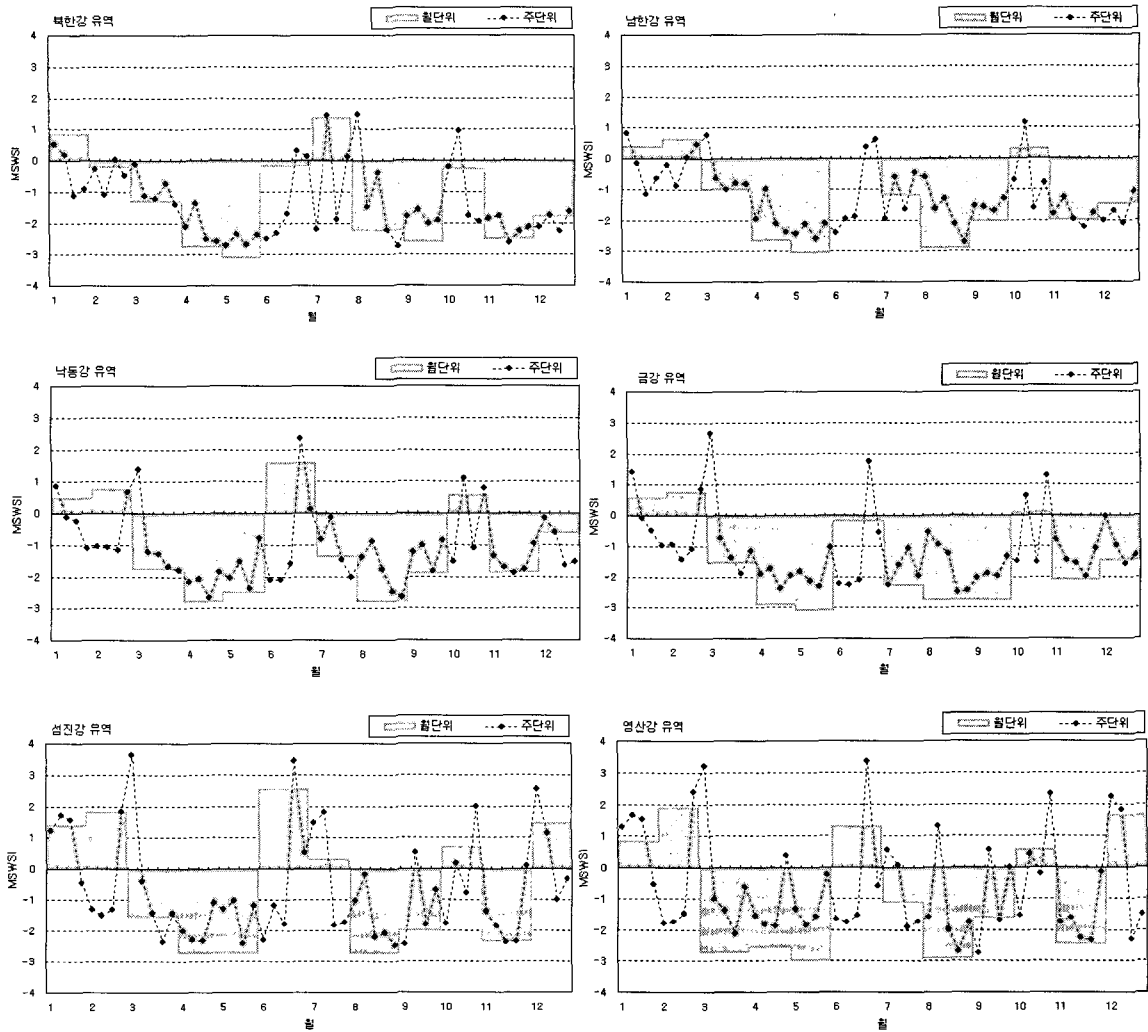


(a) 32개 유역에 대한 적용 결과



(a) 112개 유역에 대한 적용 결과

<그림 1> 유역분할 개수에 따른 MSWSI 적용 결과 (2001년)



<그림 2> 대권역별 월단위 및 주단위 적용 결과 (2001년)

### 5. 요약 및 결론

본 연구는 SWSI를 보완한 식을 이용하여 유역 분할된 전국을 준분포형으로 수문학적인 가뭄을 평가하는 기법을 제시하였다. SWSI는 유역 단위의 수문학적 가뭄을 평가하기 위하여 개발된 지표로서 용설량, 강수량, 하천유출량, 저수지 저류량을 입력 인자로서 유역별, 계절별로 입력 인자를 선택적으로 적용하여 유역의 수문학적 가뭄을 평가한다.

준분포형 가뭄평가를 위하여 전국을

물공급 형태가 동일한 유역으로 나누고 유역 분할 개수에 따른 가뭄 표현 적용성을 검토하기 위하여 32개 및 112개로 나누어 적용하였고, 기존의 1개월 단위의 가뭄평가에서 1주 단위의 가뭄평가를 수행하였다. 적용 결과를 과거 가뭄사상에 검증한 결과 112개 유역으로서 주단위 가뭄평가의 결과가 실제 가뭄 발생 현상과 일치함을 확인하였으며 특히, 가뭄심화 기간에 대하여 1주일 간격의 수문학적 가뭄평가가 필요함을 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구는 한국수자원공사의 가뭄관리 정보체계수립용역의 연구비로 진행되었음.

### <참 고 문 헌>

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.

류재희, 이동률, 안재현, 윤용남 (2002). "가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교 연구", 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, Vol. 35(4), pp. 397-410.

이동률, 이대희, 강신욱 (2003). "가뭄 경보기준과 모니터링 시스템", 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, Vol. 36(3), pp. 375-384.

한국수자원공사 (2001). 2001 전국 가뭄조사 보고서.