

## 가뭄현황정보 제공 시스템 구축

○이동률<sup>1)</sup>, 강신욱<sup>2)</sup>, 이대희<sup>3)</sup>, 정의택<sup>4)</sup>

### 1. 머리말

우리나라의 가뭄대책은 사전에 준비된 가뭄대비계획보다는 이미 가뭄이 상당히 진행된 후 수행되는 긴급가뭄대책에 의존하고 있다. 그러나 지속적으로 반복되는 가뭄이라는 자연 재해에 대해서 현재와 같은 긴급대책들은 체계적이고 조직적인 사전 가뭄경감대책으로 확장되어야 할 필요성이 있다. 사전 가뭄경감 대책이 절실해지는 이유는 물 공급 시설의 지속적인 확대에도 불구하고 최근에 들어 가뭄의 발생이 빈번하고 가뭄 심도와 피해는 더욱 심화되고 있기 때문이다. 1994~1995년 가뭄과 2001년 봄가뭄시 우리나라의 가뭄 대처에서 나타나듯이 가뭄대비계획은 충분한 준비가 되어 있지 못하고 가뭄이 심한 지역을 정부가 일방적으로 지원하는 형식의 긴급대책들이 대부분이다.

가뭄이 본격화되기 전의 대비계획과 가뭄의 진행에 따른 적절한 대응책 수립을 위해서는 가뭄 심도의 조기확인과 현 가뭄 상황의 정확한 이해가 필요하다. 가뭄 관련 사항들이 수자원 전문가와 물 공급 담당 관리자로부터 일반 시민들에 이르기까지 여러 분야의 사람들에게 가능한 폭넓게 인지될수록 가뭄 대처와 피해 경감 효과는 증대될 수 있다.

본 연구에서 수립한 가뭄현황정보 제공 시스템은 가뭄의 시·공간적인 전개과정의 조기확인을 통하여 물 수요자와 공급자들이 가뭄에 대비함으로써 피해경감을 최대한 유도하기 위해 구축되었다. 제공 자료는 강수량, 가뭄지수, 저수율 등 가뭄을 여러 측면에서 정량화하여 파악할 수 있는 항목들이다. 신속하고, 체계적으로 가뭄자료(기상, 수문자료)를 수집하고 분석하여 많은 이용자들이 손쉽게 접근할 수 있는 Web 환경의 정보 제공 시스템의 구축은 가뭄대비계획에서 가장 중요한 요소이다.

### 2. 외국의 가뭄감시 시스템

가뭄감시체계를 수립하고 웹사이트를 통해 가뭄상황을 실시간으로 제공하고 있는 나라는 미국과 호주가 있다. 미국의 가뭄감시체계는 NDMC(National Drought Mitigation Center)를 중심으로 미국 전역에 걸쳐 가뭄지수를 비롯한 수자원 관련 항목들에 대한 파악이 이루어지고 있다. 호주는 주로 농업활동을 지원하고자 가뭄감시체제를 운영하고 있다.

호주의 가뭄감시 시스템은 1997년에 만들어졌으며 전적으로 호주 기상국의 자료에 의존한다. 또한 이 기관에서 정보의 생산과 제공이 이루어지고 있다. 가뭄의 심도를 규정할 지표로는 강수량만을 이용한다. 강수량이라는 1차 지표를 이용하여 SPI(Standard Precipitation Index)와 같은 2차 지표를 산정하지는 않으며, 지속기간 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36개월 동안의 강수량 부족량 지도를 작성하

---

1) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 수자원연구그룹장 (E-mail: dryi@kict.re.kr)  
2) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원 (E-mail: sukang@kict.re.kr)  
3) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원 (E-mail: davelee@kict.re.kr)  
4) 한국수자원공사 조사기획처 과장(jet@kowaco.or.kr)

여 제공하는 방식을 채택하고 있다. 강수량 부족량 지도는 1개월 단위로 갱신하고 있고 강수량 부족량을 3개의 범주로 분류하여 가뭄의 심도를 제시하고 있다.

미국 가뭄감시체계는 미국 농무부, 상무부와 NDMC가 공동으로 수립하였다. 이 시스템은 6가지의 가뭄지표와 기상감시 지표를 종합적으로 다루고 있으며 주단위로 작성하여 Web를 통해 다양한 이용자에게 정보를 제공하고 있다. 시스템의 운영은 Nebraska 대학교에 설치되어 있는 NDMC에서 수행하고 있고, 50개주, Puerto Rico, 태평양 영토에 대해서 가뭄 정보를 제공하고 있다.

가뭄감시체계에 사용되고 있는 6가지 가뭄지표는 표 1과 같다.

표 1. 미국 가뭄감시체계의 5단계 가뭄 분류

가뭄 단계	가뭄분류	PDSI or <sup>1)</sup> CMI	SMI <sup>2)</sup> (%)	DS <sup>3)</sup> (%)	PNP <sup>4)</sup>	SPI <sup>5)</sup>	SVHI <sup>6)</sup>
D0	비정상적 건조	-1.0~-1.9	21~30	21~30	75%이하 3개월간	-0.5~-0.7	36~45
D1	보통 가뭄	-2.0~-2.9	11~20	11~20	70%이하 3개월간	-0.8~-1.2	26~35
D2	심한 가뭄	-3.0~-3.9	6~10	6~10	65%이하 6개월간	-1.3~-1.5	16~25
D3	극심 가뭄	-4.0~-4.9	3~5	3~5	60%이하 6개월간	-1.6~-1.9	6~15
D4	매우 극심 가뭄	-5.0 이하	0~2	0~2	65%이하 12개월간	-2.0이하	1~5

【주】 1) Palmer Drought Index or Crop Moisture Index 2) Soil Moisture Index 3) Daily Streamflow  
4) Percent of Normal Precipitation 5) Standardized Precipitation Index 6) Satellite Vegetation Health Index

가뭄감시체계에 구성되어 있는 정보는 '가뭄모니터', '기상예측', '현재 상황', '과거 정보' 등 크게 4가지 항목으로 구분할 수 있다. '가뭄모니터'에는 현재의 가뭄지도와 최근 12주 동안의 가뭄상황 지도를 연속하여 제시하고 있다. '기상예측'에는 기온, 강수량 예측지도와 계절별 가뭄예측지도를 미국기상청의 기상예측센터에서 제공하고 있다. 미농무부에서는 계절별 유량예측지도를 제공하고 있고, 기상예측 자료에 의해 PDSI(Palmer Drought Severity Index)와 토양수분 예측지도를 제공한다. '현재상황'에서는 강수량, 기온과 과거자료를 사용하여 PDSI에 의해 유도된 CMI(Crop Moisture Index) 가뭄지도와 강수량만을 입력자료로 하여 계산한 SPI 가뭄 지도, 주단위로 계산된 가뭄영향지도, 예년강수량 대비 강수비율 지도 및 USGS(미지질조사국)의 수문관측소에서 관측한 유량의 과거대비 유량비율 지도 등 현재의 가뭄상황을 판단할 수 있는 다각적인 자료를 제공하고 있다. '과거 정보'에서는 1999년부터 가뭄지도와 가뭄상황을 요약한 문서 정보도 제공하고 있다. 또한 주목할만한 점은 단순히 현재의 가뭄상황만을 제시하는 것이 아니라 가뭄에 따른 작물과 가축, 물공급, 하천, 지하수, 저수지 등에 미치는 영향, 화재 위험성 등도 제시하고 있으며 현재의 가뭄상황이 호전되고 있는지 악화되고 있는지의 진행 상황까지 제공하고 있다는 것이다.

미국의 가뭄감시는 NDMC외에도 USGS와 주(State)단위의 활동이 있다. USGS에서 운영하는 가뭄조기확인시스템은 과거 유량자료에 대비하여 실시간 하천유량 부족분을 도표로 작성하여 18개주와 미국전역에 걸쳐 제공하고 있다. USGS의 자료는 타 기관의 정보와 함께 연결되어 종합적으로 가뭄을 판단할 수 있는 기반이 마련되어 있다. NDMC, USGS 등 연방정부 차원에서의 가뭄감시체계뿐만 아니라 Colorado주를 비롯한 여러 주에서 자체적으로 가뭄지수를 산정하고 가뭄단계를 설정하여 가뭄단계에 따른 조치사항을 명시하고 있다.

### 3. 시스템 설계

본 연구에서 구성한 가뭄현황정보 시스템은 크게 3가지의 정보를 제공한다. 이들 3가지 정보는

가뭄상황 파악을 위한 수자원정보와 가뭄을 정량화할 수 있는 가뭄지수 및 지역적 가뭄의 심각성을 분석할 수 있는 물수급현황이다.

가뭄의 상황을 짐작하거나 판단할 수 있는 자료인 수자원 관련 정보로는 강수량, 저수율, 수질, 지하수, 하천현황 등이 있다. 수자원정보는 수자원공사, 기상청, 홍수통제소 등 우리나라의 수자원 관련 기관의 웹사이트에 원자료를 상세히 제공하고 있으므로 이러한 기관들의 웹사이트에서 정보를 얻어 가뭄상황의 파악에 주안점을 두고 자료를 정리, 가공하여 자료를 제공한다. 또한 좀 더 상세한 정보를 얻기 원하는 이용자들의 요구를 충족시키기 위해 자료를 얻을 수 있는 기관으로 직접 연결되도록 하였다.

그리고 강수량 등 원자료를 이용하여 가뭄지수를 산정하고, 산정된 가뭄지수의 전국적인 공간 분포 현황을 제공하고 있다. 가뭄지수에 의한 가뭄상황의 판단시, 어떤 하나의 가뭄지수가 모든 면에서 우수할 수는 없으며 용수공급수원별, 지역규모별 각각 장점이 있으므로 우리나라의 여건에 부합하는 여러 가뭄지수를 선정하고 선정된 가뭄지수의 산정치를 종합적으로 고려할 필요가 있다. 제 곱할 가뭄지수를 선정하기에 앞서 각 가뭄지수의 장단점을 비교하면 표 2와 같다.

본 시스템에서 제공하는 가뭄지수는 일반적으로 널리 이용되고 있는 PDSI와 SPI이다. PDSI는 가뭄의 지속기간이 길고 큰 가뭄을 적절히 표현하는 지표로 판단되고, SPI는 관개기의 경우와 같이 시기적으로 강수량에 민감하게 반응하는 농업용수의 과부족 정도를 표현하기에 적절한 지표로 판단된다. SPI는 지속기간 규모별로 강수부족분을 산정하므로 다양한 분야에 그에 맞는 지속기간 단위의 지수를 산정하여 적용할 수 있다. 예를 들어, 단기간 지속기간단위는 농작물에 이용될 수 있고, 장기간의 시간단위는 수자원공급관리에 이용될 수 있다.

표 2. 가뭄지수 산정 방법 장단점 분류

지 수	장 점	단 점
정상강수 백분율	• 단일지역 또는 계절을 비교함에 있어 상당히 유효함	• 쉽게 오류에 빠질 수 있음 • 정규분포형을 보장할 수 없음
표준강수 지수 (SPI)	• 다양한 지속기간에 대해 산정될 수 있음 • 가뭄의 조기 경보 제공 • 다른 방법보다 간단함	• 이전에 산정된 지수값이 변할 수 있음 • 입력자료로 강우량만 고려됨
파머가뭄 심도지수 (PDSI)	• 최초의 포괄적인 가뭄 지수 • 지역의 기후적 상이성을 고려	• 가뭄의 출현 시기가 지체될 수 있음 • 산악지역이나 극한 기후 상태가 빈번한 지역은 정확도가 떨어짐 • 복잡하며, 불명확하고 고유한 지속기간
토양수분 지수 (CMI)	• 잠재적인 농업 가뭄 정의할 수 있음	• 농업 가뭄에 국한
지표수 공급지수 (SWSI)	• 각 유역의 상이한 물공급 여건을 반영함 • 계산이 비교적 단순하고 지표수 공급을 반영할 수 있음	• 자료 수집 관측점 또는 물 관리의 변화시 새로운 산정방식 필요 • 각 유역마다 상이하므로 유역간 비교가 제한됨
개척국 가뭄지수	• 기온 요소를 포함하므로 증발산을 고려	• 지수가 각 하천 유역마다 상이하므로 유역간 비교가 제한됨
십분위수 10단계	• 강우에 대한 정확한 통계치 제공	• 정확한 계산을 위해서는 장기간의 기후 자료 기록 필요

이용자는 산정된 지수와 강수량 자료를 2차 가공한 정상강수 백분율의 결과를 포괄적으로 검토하여 의사결정시 참고하여야 한다. 그러나 가뭄지수와 강수량에 의해 표현될 수 있는 지표가 가뭄 상황을 완벽하게 표현할 수는 없다. 가뭄지수의 높고 낮음과 강수량의 많고 적음이 어느 정도 실제 가뭄 상황을 대별할 수는 있으나, 각 지표가 한계성을 가지고 있고 지역별로 특수한 용수이용 조건이 존재할 수 있기 때문이다. 이에 대한 하나의 예가 2001년 전국적인 극심한 봄가뭄에도 불구하고 광역상수도가 공급되는 지역에서는 최소한 생활용수로 인한 어려움은 없었다는 사실이다.

이와 같이 가뭄상황을 파악하기 위해 제시하고 있는 가뭄지수 등의 수치와 실제 상황과의 어긋난 부분을 보완하기 위해서는 우리나라의 물수급체계의 파악이 필요하다. 물수급의 구성망을 파악하여 가뭄지수 등으로 표현된 가뭄 지역과 중첩함으로써 실제적인 가뭄의 민감도에 근접하기 위한 방안으로 물수급 현황을 시스템에 포함하였다. 실제적인 가뭄민감도와 관련이 있다고 판단되는 상수도보급을 현황, 관개전율 등의 자료를 수집하고 정리하여 지도상에 공간분포시켰다.

#### 4. 시스템 구축

본 시스템은 앞서 밝힌 기본 설계 방향에 따라 가뭄 정보의 획득을 손쉽게 하기 위하여 웹 프로그램으로 구성하였다. 가뭄지수의 산정에 이용된 강수량 자료는 기상청관측소의 자료이고 매월 초에 갱신되는 자료들을 입수하여 재산정하고 있다. 저수율 등 수자원정보로 제공하고 있는 자료는 한국수자원공사와 홍수통제소의 제공자료를 가뭄상황을 파악할 수 있는 수준의 간략화한 형태로 정리하여 제공하고 있으며, 더 자세한 정보를 원하는 사용자를 위해서 정보를 소유하고 있는 기관으로 연결시켰다.

시스템의 명칭은 가뭄현황정보 (Information of Drought Conditions)라고 명명하였고 시스템의 메인 페이지는 그림 1과 같다. 시스템의 구성은 '시스템구축배경', '가뭄이란?', '강수량', '가뭄지수', '저수율, 하천유량', '물수급현황', '관련사이트'로 이루어진다. 여기에 소식란을 추가하여 '우리나라의 과거 가뭄'과 '언론에 비친 가뭄' 등 최근 관심이 되고 있는 주제에 대한 내용을 담고 있다.

각 항목에 포함하고 있는 내용을 살펴보면 '시스템구축배경'과 '가뭄이란?' 항목에는 연구배경과 연구목적 등을 기술하고 가뭄의 정의와 가뭄지수에 대한 일반적인 내용을 소개하는 형식으로 가뭄과 시스템에 대한 기초지식을 제공하고 있다. 그 외 다른 항목들에는 현 가뭄상황을 파악할 수 있는 자료들을 부분별로 정리하였다. 마지막으로 '관련사이트'에는 외국의 가뭄감시시스템과 우리나라의 가뭄 수준을 파악하는데 이용될 수 있는 자료를 제공하고 있는 사이

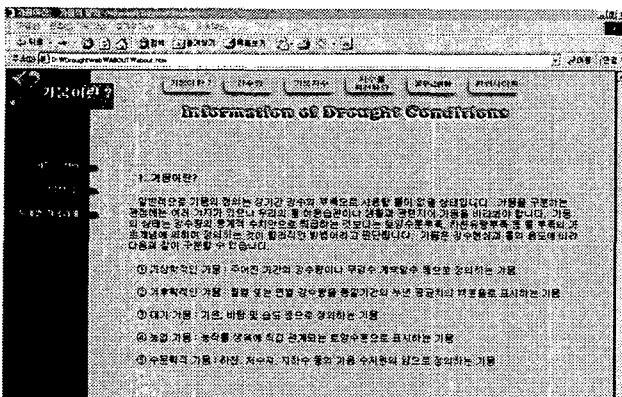
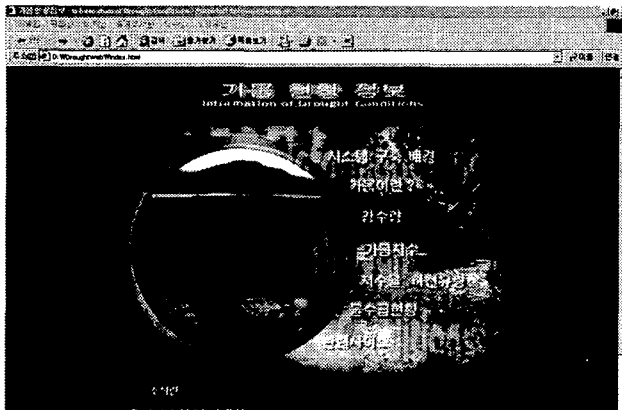


그림 1. 시스템의 초기화면 등 웹페이지

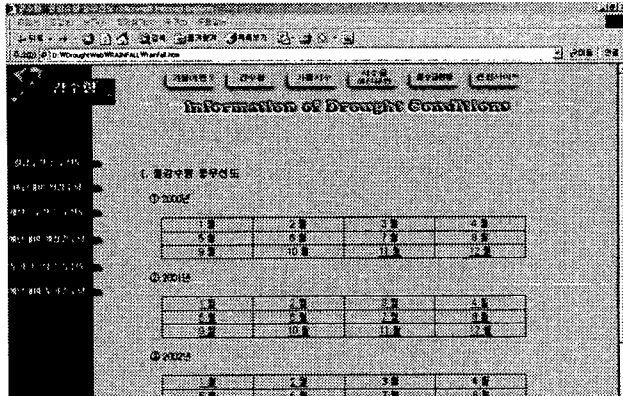


그림 1. 시스템의 초기화면 등 웹페이지(계속)

므로 관측지점이 적음으로 인해 발생될 수 있는 단점을 가능한 제거하였다. 또한 향후 건설교통부의 우량관측자료를 이용한다면 보다 정확한 공간가뭄정보를 얻을 수 있을 것이다.

그림 2는 시스템에서 제공하는 자료로 각 지표에 의한 가뭄상황을 공간분포시켜 나타내고 있다. 공간분포를 시키기 위해 이용한 지도는 우리나라에서 구성되는 다른 자료와 일관성을 유지할 수 있도록 수자원공사에서 작성한 수자원단위지도와 행정구역을 나타내었다. 각 지표의 공간분포는 최근 12개월간의 자료를 분석하여 제시하는 것을 원칙으로 하여 가뭄의 진행상황에 대한 비교가 가능하도록 하였다. 강수량 자료는 6개의 소항목으로 세분화하였다. 월별강수량과 함께 그 연도의 누가강수량과 계절강수량을 관측지점별로 계산하여 공간분포시켰고 그러한 강수량이 예년과 비교하여 어느 정도인지를 파악할 수 있도록 각각에 대한 예년 대비 강수량을 제시하였다. 가뭄지수 중 SPI는 지속기간별로 산정될 수 있는 지수이며, 관심분야에 따라 적합한 지속기간이 다를 수 있으므로 1, 3, 6, 9, 12개월의 5개 지속기간에 대해 작성하였다.

또한 지역별로 실제적인 가뭄의 심도와 밀접한 상관성이 있는 저수 현황과 하천 현황에 대한 자료를 구성하였다. 자료는 전국을 4대 권역, 즉 한강, 낙동강, 금강, 영산·섬진강으로 구분하고 다목적댐의 저수현황과 각 권역별 주요 지점의 하천 현황을 표와 그림으로 제시하였다.

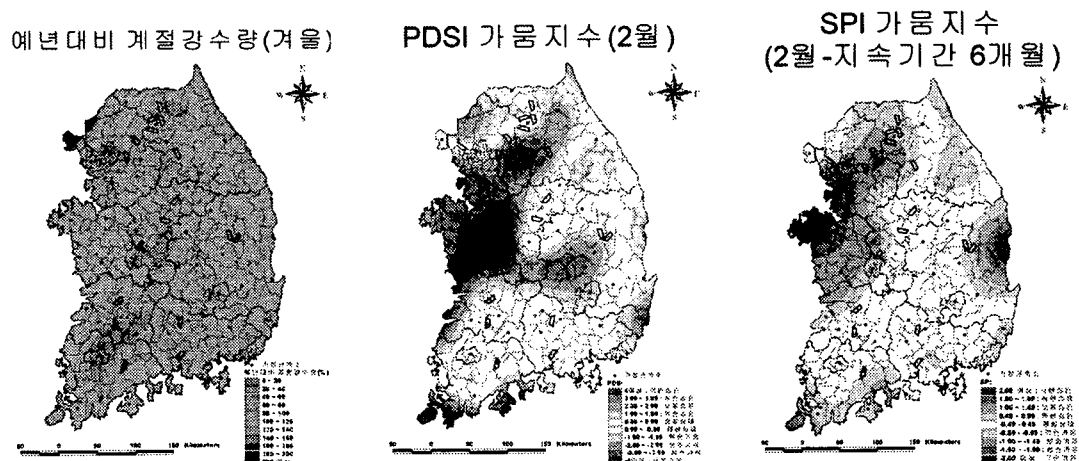
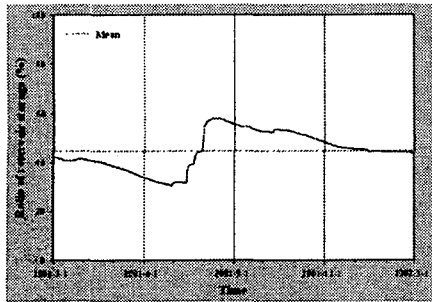


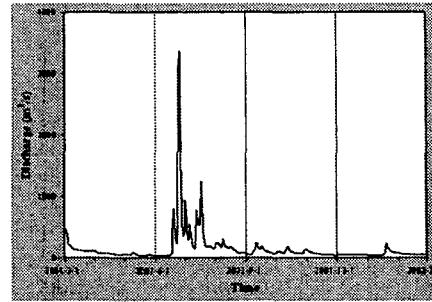
그림 2. 각 지표에 의한 가뭄상황의 공간분포

트를 연결하였다.

본 시스템에서 가뭄의 지표로서 제공하고 있는 자료인 강수량과 각 지수는 가뭄상황을 지역별로 신속하게 파악할 수 있도록 지도상에 공간분포시켰다. 자료의 축적된 양과 신뢰성 및 획득의 용이성 등을 고려하여 기상청의 자료만을 이용하여 결과치를 얻고 제공하는 실정이므로 관측지점이 조밀하지 못한 지역도 있다. 그러나 관측소의 위치가 우리나라 전역에 걸쳐 고르게 분포되어 있고 Kriging 기법으로 지점별 자료를 공간분포 시키고 있으

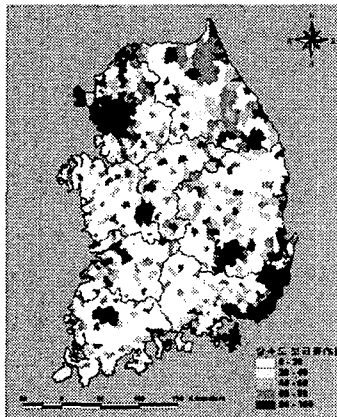


(a) 소양강댐 저수율

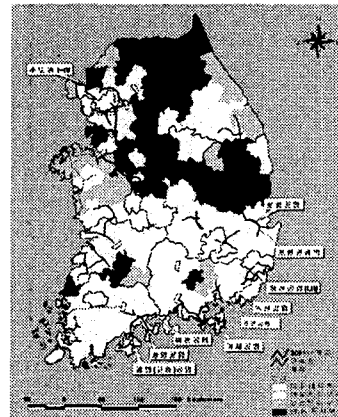


(b) 낙동강 하천 유량(진동 지점)

그림 3. 수자원 현황 파악을 위한 시스템의 제공 자료



상수도 보급율



2001년 봄가뭄시 용수부족 지역

그림 4. 물수급 현황을 제시하기 위한 시스템의 제공 자료

## 5. 맺음말

본 연구에서 구축한 시스템은 가뭄정보를 제공하기 위한 시험시스템으로서 가뭄의 조기확인을 통해 물 수요자와 공급자들이 가뭄에 사전 대비할 수 있도록 가뭄현황정보를 제공하기 위해 작성되었다. 본 시스템은 가뭄현황을 파악할 수 있는 정도의 자료를 제공하고 있으나 시스템이 운영되면서 상황에 맞게 지속적으로 보완되어야 할 것이다. 또한 시스템의 개선점으로는 가뭄지표로 제공되는 자료들이 대체로 기상학적인 요소를 많이 포함하고 있으므로 수문학적인 항목과 물수급 현황이 반영된 지표의 제공이 필요하다는 것이다. 이러한 지표는 수문학적 조건이나 물수급 조건이 인자로 포함되는 가뭄지수를 산정하는 방법과 미국 NDMC와 같이 가뭄지수, 저수율 등 원자료에 의해 산정된 2차 지표들의 조합에 의해 3차 지표를 개발하는 방법이 있을 수 있다.

## 참고문헌

1. Australia Queensland government, Drought Situation Reports(<http://www.longpaddock.qld.gov.au>)
2. Donald A. Wilhite, Mark D. Svoboda, Drought Early Warning Systems in the Context of Drought Preparedness and Mitigation
3. Michael Hayes, Drought Indices
4. U.S. National Drought Policy Commission(2000), Preparing Drought in the 21<sup>st</sup> Century