

## 가뭄이 생태계에 미치는 영향<sup>1)</sup>

강 상 준<sup>2)</sup>

충북대학교 명예교수

물은 지구탄생 역사에서 최초로 생긴 물질 중 하나이며 지구상에서 가장 풍부한 자원이다. 우주공간에서 보면 지구 대부분이 푸른색을 띠고 있는 것은 물이 많기 때문이고 그래서 지구를 ‘물의 행성(The Water Planet)’이라고 하는 것이다.

물은 지구표면의 80%를 점유하고 있으나 이 중 97%는 바닷물이고 약 3%만이 민물(담수)이다. 이 민물 가운데 73%는 우리들이 직접 이용할 수 없는 빙하(Glacier)와 빙원(Ice cap)과 같은 얼음인 것이다. 인류처럼 동물도 식물도 물에 의존하여 살아간다. 그런데 지금 전 세계는 가뭄으로 몸살을 앓고 있다. 가뭄은 기후변화로 일어나는 가장 큰 단일 위협이고 그 영향은 전 지구적이다.

### 가뭄의 정의

UN 가뭄 및 사막화 방지협약(UN Convention to Combat Drought and Desertification 1994)은 “가뭄이란 자연적으로 일어나는 현상으로 강우량이 정상적인 수준 이하일 때 발생하며 수문학적 불균형을 일으켜 육상자원의 생산 시스템에 불리하게 영향을 미친다(Drought means the naturally occurring phenomenon that exists when precipitation

had been significantly below normal recorded levels, causing serious hydrological imbalances that adversely affect land resource production systems)”라고 정의한다.

세계기상기구(WMO 1986)는 “가뭄이란 지속적으로 장기간에 걸친 강우량의 부족(Drought means a sustained deficiency in precipitation)”이라고 정의했다. 어느 정의에서든 가뭄은 장기간에 걸쳐 지속적인 강우량이 평균 이하일 때 발생한다고 한 것은 공통의 사실이다.

### 가뭄의 유형

환경, 경제 그리고 사회에 미치는 가뭄의 영향은 여러 가지이다. 가뭄이 미치는 강도나 범위에 따라서 3가지 유형으로 구분한다. 기상학적 가뭄(Meteorological drought)이란 강우량의 부족, 강우량의 강도 혹은 강우량의 변화 자체에 의해 나타난다. 그리고 고온, 폭풍, 강한 햇빛과 같은 다른 기후요인에 의해 더 악화되기도 한다. 이런 형의 가뭄은 지하로 침투되는 물의 감소, 증발산량의 증가, 지하수 재충전의 감소 등이 포함된다. 가뭄이 장기간 계속되어 토양속의 물이 부족하게 되면 식물에 수분 스트레스가 생기게

1)Impacts of Drought to Ecosystem

2)KANG, Sang-Joon, Prof. Emeritus, Chungbuk National University, Cheongju  
E-mail: kangsj@chungbuk.ac.kr, kangsj1940@gmail.com

되는데 이를 농업적 가뭄(Agricultural drought)라 하며, 한계 수분에 이르게 되면 작물의 수확량은 감소하고 더욱이 질까지 나빠지게 된다. 이 외에도 가능성이 있는 농업적 가뭄의 영향은 토양침식이 일어나게 되고 흩먼지까지 날리게 되는 것이다.

한편 수문학적 가뭄(Hydrological drought)은 강우량의 부족으로 지표수와 복류수(subsurface water)의 공급에 영향을 미치게 된다. 가뭄이 지속된 뒤 비가 내려 지표수가 늘어나고 또 정상적인 지하수위에 다시 도달하기 까지는 시간이 필요하기 때문에 수문학적 가뭄은 기상학적 가뭄 이후에 나타나게 되는 것이다. 수문학적인 가뭄으로 하천 유량의 감소, 습지의 소실은 물론 저수지의 경우 저수량의 감소로 수질도 나빠지게 된다. 결과적으로 가뭄은 경제적 영향(Economic

impacts), 사회적 영향(Social impacts), 환경적 영향(Environmental Impacts)을 미치게 되는 것이다(그림 1).

사회경제적 영향(Socioeconomic impacts)의 대표적인 것은 물, 식량, 수력발전을 포함한 경제적 상품과 서비스 공급이 더 이상 계속될 수 없게 되는 것이다. 특히 농업에 종사하는 농부와 가축생산에 종사하는 축산업자가 우선 그 고통을 받게 되는 것이다. 더 나아가 농산물에 의존하는 산업 역시 그 다음 피해자가 되는 것이다. 결과적으로 소비자는 식료품이나 기후에 예민한 상품 및 서비스에 더 많은 돈을 지불하게 된다. 가뭄에 의한 이러한 사회 경제적 영향은 기상학적 요인의 흑독함뿐 아니라 가뭄의 영향을 받는 사람들의 취약성에 의존하는 비율에 비례하여 변하게 된다.

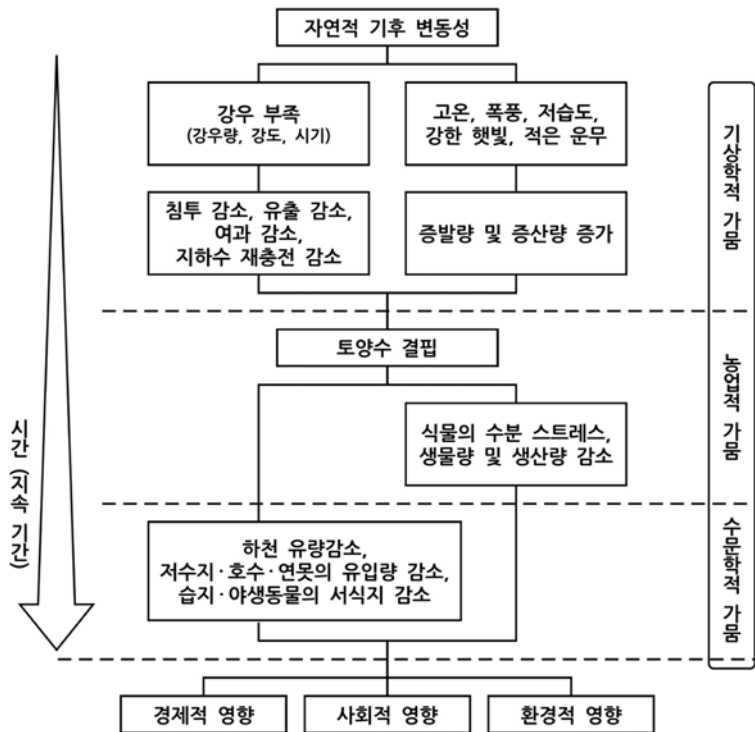
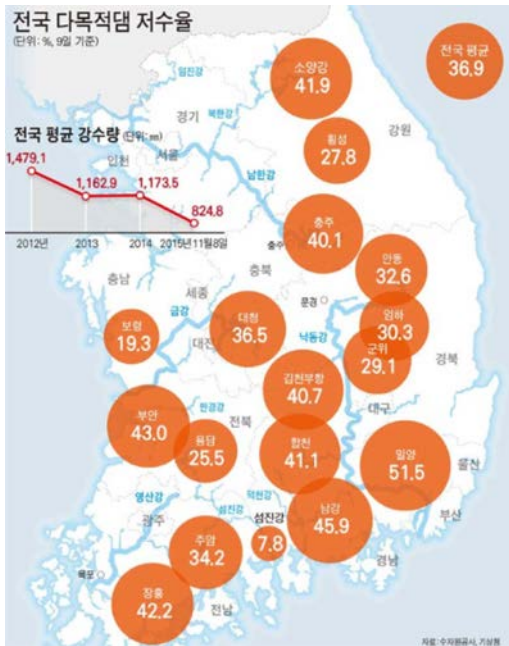


그림 1. 가뭄 유형(Drought types)이 나타나는 순서(NDMC 2006)

### 우리나라의 가뭄주기

지금 우리나라에서도 물 부족으로 국민들이 불안하다고 걱정을 하고 있으며 관계당국도 물 부족을 해결하기 위해 동분서주하고 있는 실정이다. 42년만의 혹독한 가뭄 때문에 전국의 강과 하천, 저수지의 물은 말라 버려 18개 다목적댐 저수율이 30%대로 낮아졌고, 내년 1~2월까지 더 많은 비나 눈이 내리지 않으면 식수는 물론 농업용과 산업용 물이 모자라게 될 것이고 이대로 방치한다면 엄청난 재앙이 올 수도 있을 것이다(그림 2, 그림 3).

과거의 강우분석을 통하여 우리나라에서 매년 발생하는 국지적인 가뭄은 강우의 계절적인 변동성으로 봄 가뭄과 가을 가뭄이 나타나지만 대형 가뭄은 4~6년 주기로 나타난다고 한다(그림 4, Seo et al. 2012). 그러나 지금의 가뭄은 주기적인 가뭄에 겹쳐 지구온난화로 일어나는 가뭄이기 때문에 더욱 심각하다는 것이다.



다. 북미와 남미대륙에서도 엘리뇨는 피해가 지 않고 멕시코, 심지어는 브라질의 아마존 유역까지 가뭄에 고통을 받고 있다(그림 5. Global Drought Information System, 2014).

### 가뭄이 생태계에 미치는 영향

가뭄은 여러 가지 방법으로 생태계에 영향을 미친다. 인류처럼 동물도 식물도 물에 의존하여 살아간다. 가뭄이 발생하면 먹이공급이 줄어들고 그들의 서식지 역시 줄어들게 된다. 그 피해가 일시적인 경우에는 가뭄이 회복되면 어느 정도 정상적으로 돌아가지만, 장기간에 걸친 가뭄일 경우에는 영원히 회복되지 않은 때도 있다.

가뭄은 육상생태계에서 중요한 물리적 스트레스로 작용하여 식물생장의 저하, 산불의 발생 및 수목의 사망률(Mortality) 증가, 탄소흡수 기능의 감소, 생물권과 대기권의 상호작용(Biosphere-atmosphere interaction) 등

에 직간접적인 영향을 미친다(Bin *et al.* 2014).

일반적으로 싱싱한 나무는 125~200%의 수분을 유지하지만, 가뭄이 계속되면 수분함량이 100% 이하로 줄어들게 되고 이 때 부터 수분 스트레스를 받게 되며 생장이 느려지거나 정지되고 정상적인 나무에 비해 병충해에 취약해 진다. 활엽수는 수분부족에 따라 단기간 내에 잎이 조위(凋萎, Wilting)가 시작되나 침엽수는 조위가 나타나지 않고 2년 정도는 침엽이 그대로 붙어있지만 가뭄 후 2년째부터 1년생 잎 보다는 2년생 잎이 노랗게 변하기 시작하면서 탈락된다(그림 6). 가뭄 스트레스를 받은 나무는 병충해의 침입, 산불의 취약성은 물론 가뭄은 나이테의 성장을 감소시킨다.

가뭄이 지속되면 어쩔 수 없이 수계생태계에도 영향이 미치게 된다. 저수지, 호수, 연못의 수위저하, 습지의 소실, 어류나 야생동물의 감소 또는 파괴, 야생동물의 먹이 및



그림 6. 수분 스트레스로 인하여 조위(凋萎)가 일어난 소나무(좌)와 느티나무(우)



그림 7. 대청호의 쓰레기와 녹조현상

먹을 물의 부족으로 야생동물의 질병 발생, 멸종위기종의 스트레스 증가 등이 그것이다.

가뭄이 지속되어 댐, 저수지, 연못의 수량이 줄어들게 되면 수온이 높아지고 수체가 안정된 조건에서는, 특히 남조류(Blue-green algae)의 번성, 소위 유해한 녹조현상(Harmful Algal Blooming)이 일어나게 된다. 특히 남조류 증식은 수질저하는 물론 수계생태계의 생물서식을 어렵게 한다(그림 7).

가뭄으로 인한 물 부족도 심각한 이슈이지만 수질이란 관점에서 보면 해마다 발생하는 녹조현상이 더 큰 문제이다. 1988년 대청호에서 최초로 발생, 1996년부터 오염원을 제거해야 한다는 목소리가 해마다 있어 왔지만 20여년이 지난 지금도 똑 같은 소리만 반복하고 있다.

녹조현상은 수중생태계 파괴로 인한 어류 등 재래종 동물의 사멸, 서식지 이동, 종 다양성 감소, 개체군 변화, 먹이사슬의 차단 등 수계생태계에 미치는 영향은 차치하더라도 식수의 질이 나빠지게 되고 정수비용이 증가할 것이기 때문이다.

어류의 경우, 수계가 말라버리면 종 자체도 절멸될 수 있다. 가뭄이 지속되면 유입수가 없어 물이 희석되지 않으므로 생화학적 산소요구량(BOD)이 증가하며 용존산소(DO)가 감소되거나 거의 무산소 상태가 되므로 어류는 스트레스를 받게 된다. 특히 수온의 상승은 어류의 생활사에 크게 영향을 미치게 되는 가장 중요한 구동력(Driving force factor)이 되는 것이다.

수서곤충(수서 대형무척추동물)은 수계환경의 변화에 예민하게 반응하므로 담수생태계의 건강여부를 판단하는 지표로 사용된다. 일 수온 변화 또는 연간 수온 변화는 수서곤충의 발생에 매우 큰 영향을 미치고 중간 경쟁이나 생활사의 성공 여부를 결정한다. 단기간의 가뭄에는 회복력이 있으나 장기간

의 가뭄에는 수계의 생물구조(Fauna) 자체가 바뀌게 되는 것이다(Everard 1996).

가뭄은 수계생태계의 먹이망을 붕괴시킨다. 특히 어류의 먹이자원인 수서곤충이 심하게 영향을 받고 가뭄이 지속되면 생물 다양성의 25%가 감소되며, 하루살이가 가장 심하게 영향을 받는다고 한다. 습지식물은 토양의 물에 의존하여 살아간다. 가뭄의 스트레스에 비교적 강한 식물은 살아남지만 약한 식물은 죽게 된다.

### 정점을 넘어 선 지하수

지하수를 이용하자는 요구에 따라 일부지역에서는 지하수 관정을 파기 시작하였다. 2015년 11월 현재까지 이미 760여개 이상의 관정을 뚫었다고 한다. 지하수의 양은 우리가 생각하는 것 보다 적으며 무한정 공급되는 것은 더욱 아니다.

Famiglietti 박사(미국항공우주국 제트추진연구소 2014)에 의하면, 전 세계의 거대한 대수층(지하수층) 37개 가운데 미국, 중국, 인도, 프랑스 등의 1/3이 지속가능한 정점(Tipping point)을 넘어 섰다고 한다. 이 말은 대수층으로 보충되는 물의 양보다 뽑아 쓰는 물의 양이 더 많다는 뜻이다.

이들 지하수는 수 천년 동안 축적된 것으로 비나 눈에 의해 서서히 보충되는 것이다. 관정을 파서 물을 끌어 쓰기 때문에 이들 대수층은 스트레스를 받고 있으며, 전 인류가 사용하는 물의 35%가 바로 지하수인 것이다. 미국의 캘리포니아에서는 지하수 60%를 이미 뽑아 썼고 남은 양은 겨우 40% 미만으로 알려지고 있다.

지하수의 양은 우리가 생각하는 것 보다 적으며 무한정 공급되는 것은 더욱 아니다. 구체적인 자료는 없으나 우리나라에서도 언제 지하수 고갈현상이 나타날지 모르는 일

이다. 늦은 감은 있으나 전 국민이 물 절약에 적극 동참함으로써 가뭄을 대처하는 자세가 요구된다고 하겠다. 더우기 “나는 물을 절약하고 있는가?”하고 자문해 볼 필요가 있을 것이다.

### 참고문헌

- Bin, H., X. Cui, H. Wag, and A. Chan. 2014. Drought: The most important physical stress of terrestrial ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*. 34:175-183.
- Everard, M. 1996. The importance of periodic drought for maintaining diversity in the freshwater environment. Proceeding of “Annual Scientific Meeting Life at the Extremes. p. 1-50.
- Global Drought Information System. 2014. [www.drought.gov/gdm/content](http://www.drought.gov/gdm/content)
- NDMC (National Drought Mitigation Center). 2006. What is drought? <http://drought.unl.edu/>
- Seo, J.W., J.H. Lee and C.J. Kim. 2012. Analyses on Trends, Periodicities and Frequencies of Korea Drought Using Drought indices. *J. Korean Water Assoc.* 45:75-89.
- WMO. 1986. Report on drought and countries affected by drought during 1974-1985. WCP-118, Geneva.