

〈기술정보〉

가뭄의 원인과 예측

최 영 진*

1. 서 언

가뭄은 인간이 극복하기 가장 힘든 자연재해로 사회, 경제 및 환경에 막대한 피해를 준다. 1970년대와 1980년대 초반에 계속된 아프리카 북부지역의 가뭄은 수많은 인명을 기아로 숨지게 했으며, 수백만의 사람들의 생계를 위협하였고, 이지역 국가의 경제를 어렵게 했을 뿐만 아니라, 자연 생태계의 파괴를 초래 하였다. 가뭄은 짧게는 한 계절에서 1년, 길게는 십여년까지 지속되는 등 시간규모가 다양하며, 그 시작과 끝을 명확하게 정의하기 힘들고, 차츰차츰 누적된 효과가 천천히 나타나기 때문에 가뭄이 한참 진행된 뒤에야 가뭄을 인식하게 되어 그 피해가 커지는 경향이 있다.

이러한 문제에 적절히 대처하기 위해서는 먼저 가뭄의 감시(monitoring) 시스템이 구축되어야 하고, 가뭄의 발생 빈도와 지속기간 등의 기후 특성의 분석을 바탕으로한 경보시스템이 마련되어야 하겠다. 가장 중요한 것은 물론 가뭄의 원인 분석과 적어도 한계절에 대한 장기예보가 이루어 져야 한다는 것이다. 여기서는 1994년 WMO의 WCP의 11차 회의의 보고서 자료를 바탕으로 우리나라의 가뭄에 관한 논의를 하고자 한다.

가뭄을 monitoring하기 위해서는 객관적이고 널리 적용될 수 있는 가뭄의 정의와 적절한 가뭄지수가 필요하다. 현재 전세계적으로 100여개의 가뭄지수가 사용되고 있다. 대부분의 가뭄지수는 강수량을 중요한 변수로 사용하고 있으나, 최근에는 지

표의 물과 에너지 수지를 기초로 한 연구들이 진행되고 있다. 우리나라에서도 가뭄을 객관적으로 평가하기 위한 기초 연구로서, Palmer방법에 따른 가뭄 지수모델을 제작하였으며(기상연구소, 1993), 현업에 활용하기 위해 모델 개선 작업을 하고 있으며, 이를 통해 기후 특성을 적절히 표현하는 가뭄지수를 활용하여 가뭄 경보 시스템을 구성할 수 있을 것으로 생각된다.

가뭄의 원인에는 여러가지가 복합되어 있는데, 현재까지도 완전히 설명되지는 못하고 있다. 몇가지 가능한 원인은 엘니뇨현상으로 잘 알려져 있는 비정상적 해수면 온도 분포 패턴과, 비선형적 기후 시스템의 행태를 들 수 있다. 또한 산업활동과 개발로 인한 대규모 토지의 용도 변화와 산림의 황폐화, 지하수의 지나친 개발로 인한 지하수의 고갈 등도 가뭄을 강화 시키는 한 원인으로 지적되고 있다.(WMO, 1994)

2. ENSO와 가뭄

강수량의 변동과 ENSO(El Nino and Southern Oscillation)현상이 관련이 있다는 것이 많은 연구결과에 나타나 있다. 예를 들면, Bhalme(1983)는 인디아에서 3-6년 마다 재현되는 대규모 가뭄 현상이 ENSO와 연관이 있다고 했다. Rasmusson and Carpenter(1983)는 25개의 엘니뇨중에서 21개경우에 여름(6-9월)강수량이 기후값보다 작았으며, 몬순이 잘 발달하지 못하는 것이 적도 동태평양의 SST(Sea Surface Tempera-

* 기상연구소 응용기상연구실

ture) 분포와 관련이 있음을 보이고 있다. 이밖에도 Shukla and Paolino(1983), Ropelewski and Halpert(1986), Holland(1986)등등 많은 연구가 ENSO가 가뭄과 관련이 있다고 말하고 있다.

서태평양 적도 고기압의 세기와 위치는 적도 SST와 밀접한 관계가 있으며(Fu and Li,1978, Li and Shen,1979) 적도 태평양의 SST는 또한 아열대 고기압(sub-tropical High)에 영향을 주는 헤들리 및 워커 순환의 강도와 패턴에 연쇄적인 영향을 준다(Kousky,1984). 남북 온도 경도가 점점 커지고, 동서 온도 경도는 적도를 따라 작아지며, 동태평양 적도 지역의 SST는 양의 편차의 분포를 형성한다. 동태평양의 아열대 고기압의 강도 변동이 SST의 변동을 초래하고, SST의 변동이 서태평양 아열대 고기압의 변동을 유도한다(Ye, 1987). 이 서태평양 아열대 고기압이 동아시아의 여름 몬순과 강수량에 우세한 영향을 준다고 알려져 있다. 우리나라의 강수량 변동도 역시 ENSO현상과 관련이 있는것으로 보여진다. 그러나 이러한 현상의 영향이 모든 곳에서 일률적으로 나타나는 것은 아니다. 어떤 지역에서 심한 가뭄이 진행되는 동안 지구의 다른 지역에서는 엄청난 폭우와 폭풍이 일어나고 있으며, 그영향이 뚜렷하게 나타나지 않는 곳도 있다. 또한 한 지역에서 이러한 상관관계가 절대적인 것은 아니다. 대기 자체가 가지는 비선형적 행태로 인하여 이러한 현상들의 예측은 아직도 해결되지 못하고 있다.

3. 우리나라의 가뭄 발생과 원인

우리나라의 연강수량은 지역에따라 다르지만 대체로 1300-1400mm정도이며, 연강수량의 60-80%가 6-9월의 4개월에 집중 되어 있다. Fig.1 은 서울의 1961년 부터 1994년까지의 연강수량의 변동을 보인 것이다. 1962, 1973, 1975, 1982, 1988년과 1994년은 연강수량이 각각 기후값의 72%, 68%, 78%, 69%, 56%,와 77%로 가뭄이 심했던 해였다. Fig.2와 비교해서 보면, 1962년은 엘니뇨가 없었던 해이고, 1973년과 1988년은 반 엘니뇨해, 그리고, 1975년, 1982년 1991년과 1994년말에는 엘니뇨가 나타났다. 한편 1986년에

도 엘니뇨가 발생했지만 연강수량은 적지 않았다. 앞서 소개한 일련의 연구 결과와 같은 해석이 우리나라에서도 가능하다고 생각 되지만, 장기예보 또는 기후 예보에 사용되기 위해서는 많은 부분이 연구 과제로 남아 있다.

그러면 여기서, 최근에 관심이 되고 있는 1994년의 가뭄을 살펴 보기로 하겠다. 우기(6-8월)의 강수량으로 보면 1994년은 511.9mm로 1982년의 471.8mm 다음으로 적은 양을 기록 하였다. 이와 같은 현상의 원인은 예년보다 일찍 발달한 북태평양 고기압이 장마가 시작되자마자 장마 전선을 북쪽으로 밀어 올려 장마 전선이 제대로 발달하지 못하였으며, 강력한 북태평양 고기압이 장기간 우리나라 상공에 정체해 있었기 때문으로 해석되고 있다. Fig.3은 우리나라 주요 도시의 1994년 1월 부터 1995년 1월까지의 강수량을 기후값과 비교해서 보인것이다. 여기서 사용한 기후값은 1961년에서 1990년의 30년간의 평균값이다. 건기에는 기후값이 대략 30mm 안팎으로 1994년 겨울에 관측된 강수량이 비정상적이라고 보기는 어렵다. 1994년 겨울에 가뭄피해가 크게 된것은 우기인 여름의 강수량이 평년의 50%도 안되었고, 비가 오는 날이 적었으며, 기온은 30년내에 최고를 기록한 바, 표층수와 토양의 수분 증발량은 많았으며, 9월에 태풍의 영향이 있었으나 표층수와 토양 수분이 충분히 복구되지 못한 상태에서 건기를 맞게되어, 가뭄효과가 누적되어 나타났기 때문으로 생각된다. 또, 농사와 관련하여 4,5월의 강수량도 중요한 관심의 대상인데, 건기에 접어드는 10월부터 6개월 정도 계속적으로 토양 수분의 증발이 계속된 상태에서 물이 필요하게 되므로 이동성 고, 저기압의 순환 패턴이 잘 발달하지 않으면, 바로 심각한 가뭄으로 이어 지게 마련이다. 통계적으로 볼때, 우리나라의 3월은 50mm내외의 강수량을 보이는 건기이고, 4월에는 이동성 저기압에의한 강수를 기대할 수 있으나 그양이 많지 않으므로, 충분한 강수량은 여름에나 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 대체로 엘니뇨가 지난 다음의 여름은 평년값이거나 그이상의 강수를 볼 수 있었으므로 이러한 기대는 통계적으로 가능하다. 이렇게 보면, 한계절의 가뭄이 1년정도 까지 영향을 주는 것을 알 수

있다.

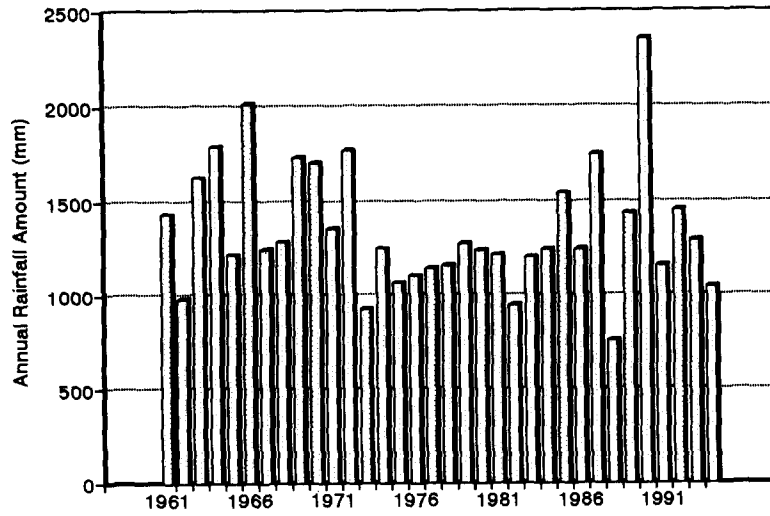


Fig. 1. Time series of annual rainfall in Seoul.

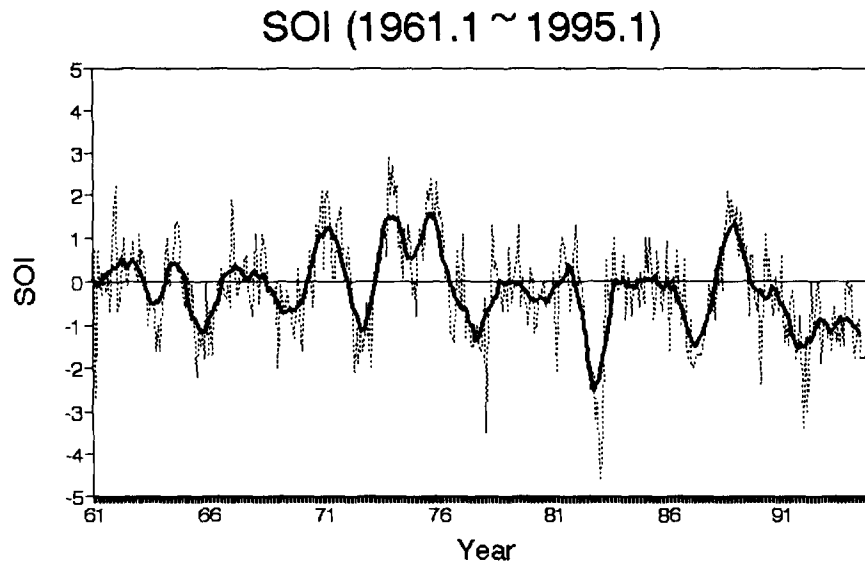


Fig. 2. Time series of monthly values of the Southern Oscillation Index (SOI), i.e., the difference between the sea-level pressure anomalies at Tahiti and Darwin(Tahiti-Darwin). The solid line shows the twelve-month running mean.

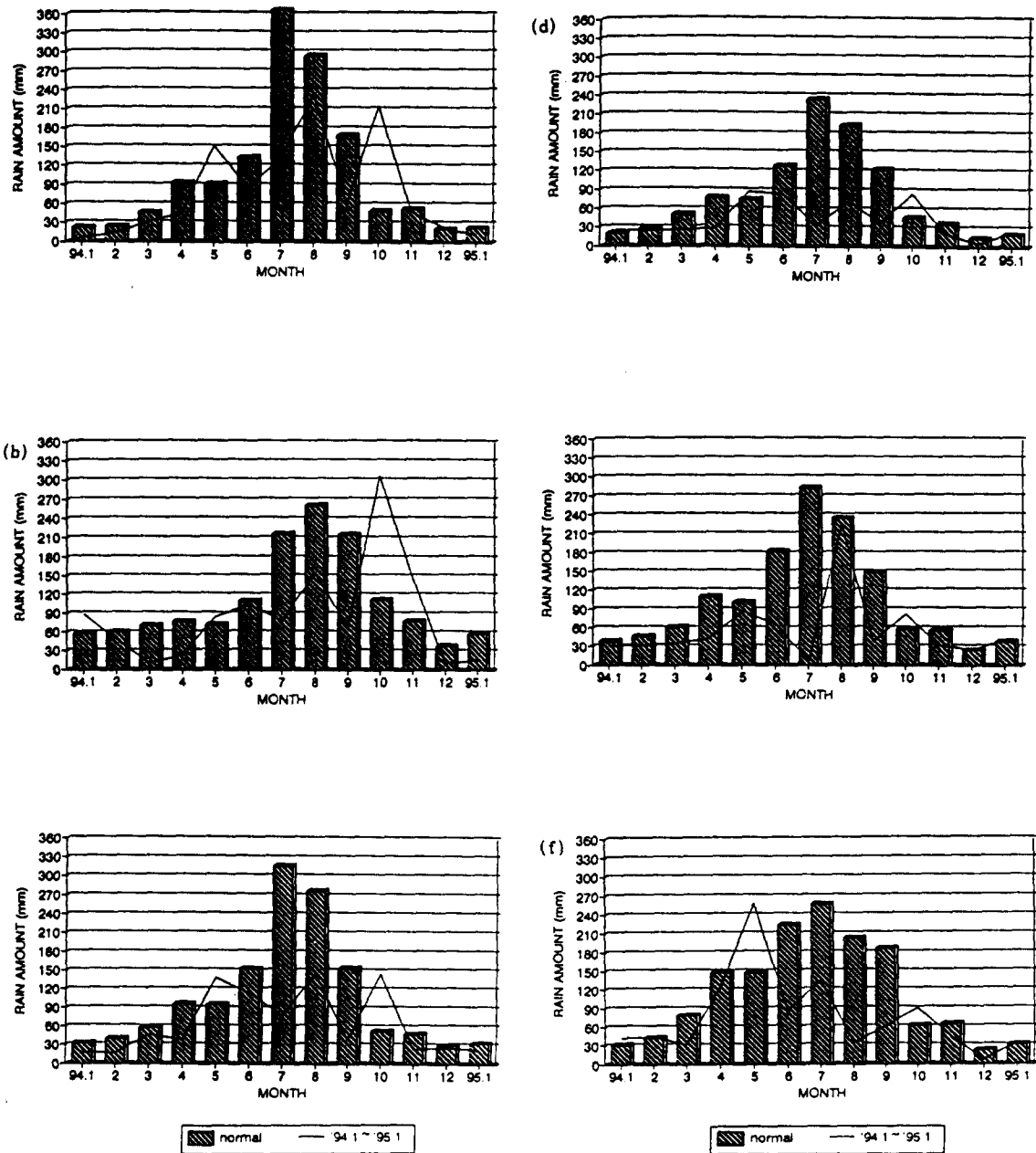


Fig. 3. Comparison climatic values and observed rain amount from Jan.1994 to Jan. 1995.(a)Seoul, (b) Kangnung, (c)Taejon, (d)Taegu, (e)Kwangju (f)Pusan.

4. 결 언

가뭄은 여러가지 원인들이 복합된 결과로서 나타난다. 그중에서 가장 중요한 원인으로서는 엘니뇨현상과 적도 태평양의 SST분포 패턴의 변화와 이로 인한 몬순 순환의 변화등이 알려져 있다. 그러나 우리나라의 경우에 엘니뇨해의 강수량 부족 현상은 엘니뇨 보다 5-6개월 앞선 여름철에 이미 일어난 현상이라는 점에서 강수량 변동의 장기예측을 위한 많은 연구과제들이 남아 있음을 생각할 수 있다. 또 한 원인으로 지적 되는 것은 온실기체의 증가로 인한 지구온난화와 그로 인한 기후 변동이다. 대기 중의 CO₂ 농도가 현재의 두배로 증가할 경우의 기후 변화 시나리오에 의하면 우리나라의 연강수량은 약 15% 정도 증가하고 겨울철 강수량은 감소할 가능성이 많은 것으로 예측되고 있다(기상연구소, 1994). 강수량 변동의 장기 또는 기후 예보는 대기 과학 분야의 커다란 연구 과제로 남아 있지만, 같은 크기의 기후 변화에 인간이 어떻게 대처해야 하는 가는 국토 개발과 재해 대책에 관한 정책 수립의 과제로 생각된다. 과도한 토지의 용도 변경과 지하수의 과용은 가뭄을 강화시키는 방향으로 대기에 영향을 줄 것이다.

참 고 문 헌

1. 기상연구소, 1993 : 우리나라 가뭄에 관한 연구, MR 93 A-005, 80pp.
2. 기상연구소, 1994 : 기후변화 협약 관련 국가보고서 작성 및 대응 방안 연구 : 기상부문, 110pp.
3. Bhalme H.N., Mooley D.A. and S.K.Jadhav, 1983 : Fulctuations in the drought/flood are over India and relationships with the Southern Oscillation, Mon.Wea.Rev., 111, 86-94.
4. Fu,C. and K.R.Li, 1978 : Teh effects of tropical ocean to the Western Pacific subtropical high, Oceanic Selections, 2(2), 16-21.
5. Li K. and S.Y.Shen, 1979 : Some facts about the effect of the Rasmusson E.M. and T.H. Carpenter, 1983 : The relationship between eastern equatorial pacific sea surface temperature and rainfall over India and Sri Lanka, Mon.Wea.Rev. 111, 517-528.
6. Ropelewski,C.F., and M.S.Helpert, 1986 : North American precipitation and temperature patterns associated with El Nino Southern Oscillation (ENSO). Mon.Wea.Rev., 114, 2352-2362.
7. Shukla,J., and D.A.Paolino, 1983 : The southern oscillation and long range forecasting with the summer monsoon rainfall over India. Mon.Wea.Rev., 111, 1830-1837.
8. WMO, 1994 : Drought and desertification, WMO/TD-No. 605,68pp.

1. 기상연구소, 1993 : 우리나라 가뭄에 관한 연구,