

1994년 고온 및 가뭄의 기상학적 특성과 산업에의 영향

송병현, 홍성길, 최영진

1. 서 론

1994년 장마가 예년보다 일찍 끝난 후 본격적으로 시작된 여름은 유난히 길고 유례없는 무더위와 가뭄으로 시민들은 연일 고생하였으며 산업 현장에서도 조업 환경의 변화로 많은 애로를 겪어야 했다. 또한 기상학적인 특성에 많은 영향을 받는 농작물의 생산 과정에서도 가뭄과 고온으로 많은 피해를 겪었다.

본 연구에서는 1994년 여름의 고온과 가뭄 실태를 기상학적인 측면에서 살펴보고 이런 현상의 예측 가능성을 알아본다. 또한 여름의 고온과 가뭄시의 각 산업에 미친 영향을 살펴봄으로써 이에 대한 대비책을 마련하는 기초적 자료로 제공하고자 한다.

2. 기상 분석

가. 기상상황

1994년 여름은 고온다습한 북태평양 고기압 세력이 평년보다 일찍 발달하여 장마기간동안 장마전선이 주로 중부 이북지방에 정체하면서 비활성 기간이 길었다. 이 때문에 남북기류의 흐름이 약하여 우리나라 부근과 중국 동해안에 저기압의 발생이 적었다.

우리나라 북쪽 극부근의 찬공기 소용돌이가 약해졌는데 이는 중·고위도대(40° N~60° N) 부근의 지오폠펜셜 고도가 정편차로 강하여 북쪽의 찬 기류가 차단됨에 따라, 평년과 같이 상층의 제트기류의 사행을 타고 남하하지 못하고, 북위 40° 이북에서 동서로 진행하였다. 그리고 우리나라는 동풍에 의한 훅 현상과 더운 남서풍으로 인하여 전국적으로 높은 기온분포를 보였다.

대기 순환류도 불균형을 이루어 에너지 수송등 열수지의 불규칙성을 보였다. 즉, 중·고위도 부근에 남고 북저형 기압패턴 하에서 고압대가 장기간 정체하면서 일사량이 강하고 대기 안정으로 대기의 정체가 강하였다(그림 1).

해수면 온도를 보면 서태평양 해수면 온도가 평년보다 높은 분포를 보였다. 이에 따라 적도 부근에 하층의 동풍 계열 바람이 강하여 북태평양 고기압이 서쪽으로 확장하였으며 우리나라 부근과 남쪽 태평양상의 해수면온도 편차가 평년보다 1~2℃ 정도 높은 분포를 보였다.

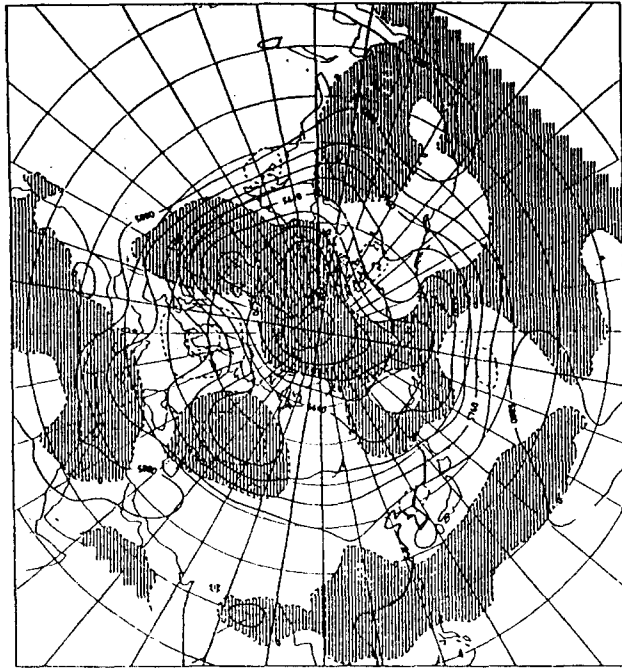


그림 1. 1994년 7월 북반구 500hPa 월평균 평균 고도 및 평년 편차도.

나. 강수량 부족과 짧은 장마

강수의 부족으로 7월초에 남부지방으로부터 시작된 가뭄은 전국적으로 확산되어 1952년이래 가장 극심한 가뭄해로 기록되었다.

1994년 여름의 강수량은 200~700mm로써(그림 2) 평년대비 30~70% 수준이었으며, 특히 경북내륙과 전남내륙, 남부 해안지방은 평년에 비해 약 400~500mm의 강수량이 부족하였다. 무강수 지속일수는 전국 관측소별로 29~49일의 분포를 보였다.

1994년 장마의 시작은 평년과 비슷하였으나 평년 장마기간인 31일보다 8~16일 정도 짧은 기간만 장마가 진행되어 남부지방은 15일, 중부지방은 8일정도 일찍 종료되었다. 또한 장마기간중 비오는날도 적었는데 지역별로 보면 중부지방의 강수일수는 8~14일로 평년(18일)보다 4~6일 적었으며 남부지방은 5~11일로 평년(17일)보다 6~9일이 제주는 5~6일로 평년(17일)보다 11~12일 적었다. 장마기간의 강수량은 평년의 10~50% 수준을 기록하여 남부지방이 40~370mm, 중부지방이 80~400 mm로써 평년보다 20~250mm 적었다. 또한 강수량의 지역적 차가 심했다는 점도 1994년 장마시의 특징이다.

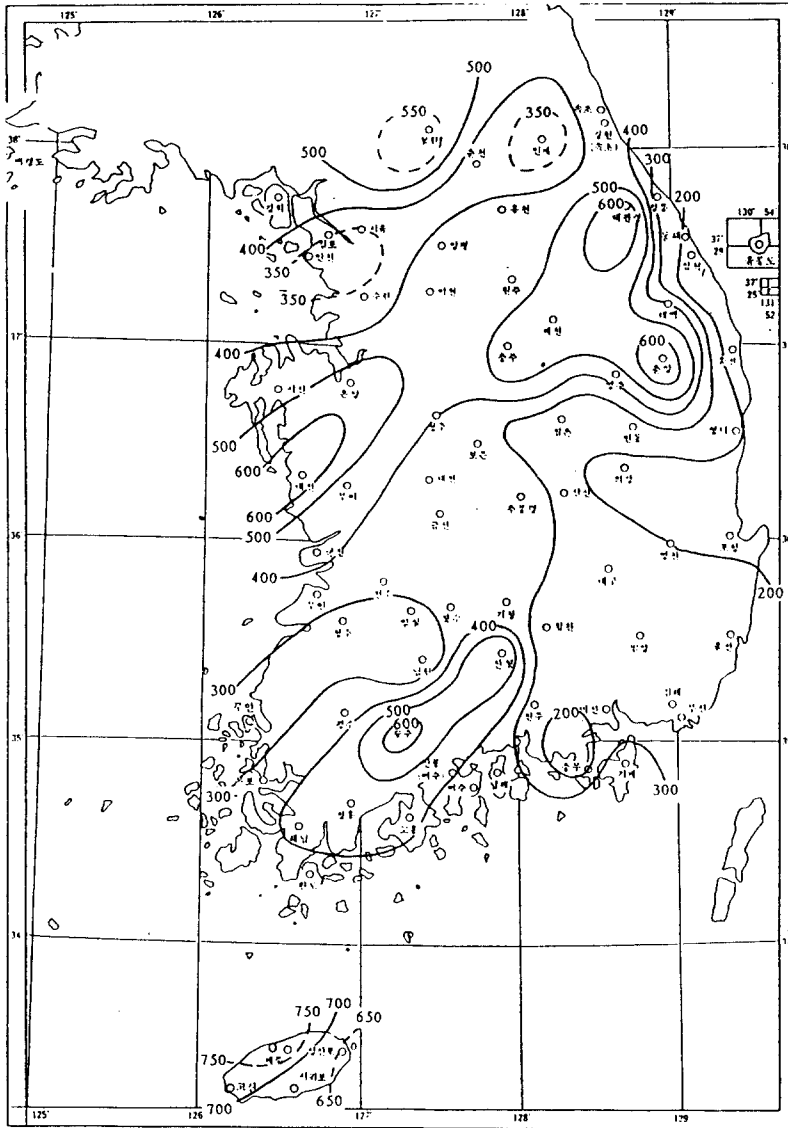


그림 2. 1994년 6~8월 강수량 분포도.

다. 가뭄 지수 분석

가뭄의 진행 상태나 심한 정도를 객관적인 수치로 표현한 가뭄지수는 가뭄의 경향과 잠재 정도를 파악하는데 유용한 수단이다.

가뭄에 대한 기준은 다양하며 가뭄을 표현하는데 사용되는 변수들도 여러가지가 있으나 본 연구에서는 Palmer 가뭄지수를 사용하여 근년의 가뭄 현황을 살펴 보았다. Palmer 가뭄지수 산출법은 Thornthwaite의 물수지방법을 도입하여 기후학적으로 추정된 강수량과 실제 강수량의 누적된

효과를 계산하여 수치로 표현한 것이다(최영진 외 1994).

간단하게 Palmer 가뭄지수의 계산 절차를 요약하면 다음과 같다.

$$PDSI_{ij} = 0.877 PDSI_{i,j-1} + \frac{1}{3} Z_{ij}$$

$$PDSI_{11} = \frac{1}{3} Z_{ij}$$

이 식에서 PDSI는 Palmer 가뭄지수(Palmer Drought Severity Index)이고 Z_{ij} 는 습윤이상계수로써 기후학적 추정강수량등의 값을 이용하여 계산하게 된다.

가뭄지수를 산출하기 위해 사용된 자료는 남한지역 25개 관측지점에서 1961년부터 1995년 1월 까지의 월평균 기온과 월강수량이다. Palmer 가뭄지수는 11단계의 범위로 나누어 가뭄 상태를 표현하게 된다.

Indices	Drought Severity	Indices	Drought Severity
above 4.0	Extreme Moist Spell	-0.9 to -0.5	Incipient Drought
3.0 to 4.0	Very Moist Spell	-1.9 to -1.0	Mild Drought
2.0 to 2.9	Usual Moist Spell	-2.9 to -2.0	Moderate Drought
1.0 to 1.9	Moist Spell	-3.9 to -3.0	Severe Drought
0.5 to 0.9	Incipient Moist Spell	below -4.0	Extreme Drought
0.4 to -0.4	Near Normal		

1994년 서울의 가뭄지수는 1982년 이래 가장 낮은 값에 머물고 있음을 알 수 있다. 가뭄지수가 가장 낮은 지역은 대구로 최저 -4.8 정도이며 대전, 부산등지도 가뭄지수가 -2.0 이하로 나타나 심한 가뭄상태임을 보여주고 있다(그림 3).

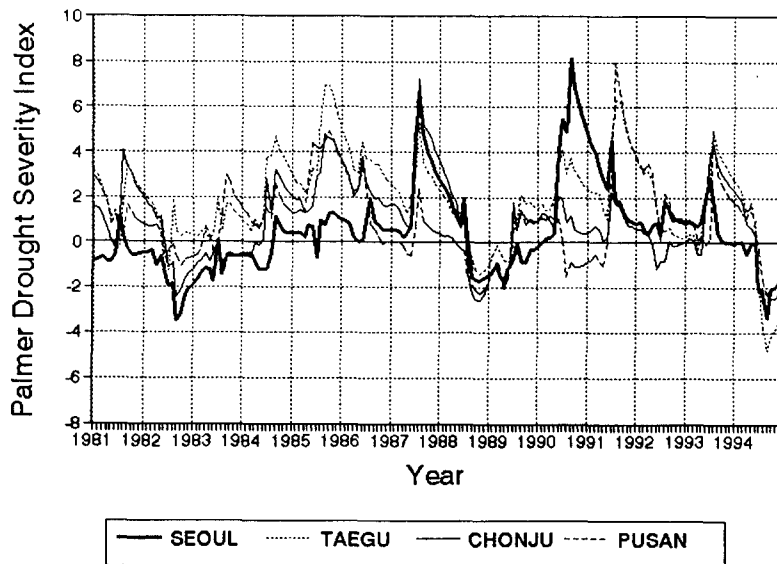


그림 3. 전국 주요 지역의 월별 Palmer 가뭄지수(1981년 1월~1995년 1월).

3. 고온 및 가뭄의 예측 노력

장기예보는 단기 또는 중기예보에 비해 예보기간이 길므로 수명이 길고 규모가 큰 장파 또는 초장파인 행성규모 파(Planetary-scale flow)등의 구조와 역학을 이해해야 한다. 이러한 장파와 초장파는 저기압과 같은 중관규모의 요란과 에너지를 주고 받으며 대규모 지형 또는 대륙 간의 열적 차이에 의해 영향을 받아 성숙하는 것으로 알려져 있다. 대규모 현상 중에서 특히 시베리아 고기압의 변동, 블로킹(Blocking)의 발생과 쇠퇴 등은 우리나라의 기상에 많은 영향을 미치는 것들이다. 또한 엘니뇨-남방진동(EI Nino- Southern Oscillation, ENSO)은 이미 전지구적으로 이상기상을 일으키는 중요한 원인으로 주목되어 많은 연구가 수행되어 왔으며 ENSO의 발생을 예보하려는 노력도 지속되고 있다. 대류권에서 발생하는 이러한 현상 이외에도 성층권에서 일어나는 성층권 돌연승온(Stratospheric Sudden Warming, SSW), 준 2년진동(Quasi-Biennial Oscillation, QBO)등도 장기예보 분야에서는 고려하여야 할 중요한 요소들이다. 즉, 대류권 뿐만 아니라 성층권에서의 대기 대순환의 변동을 이해하여야만 장기예보의 정확도를 높일 수 있는 것이다.

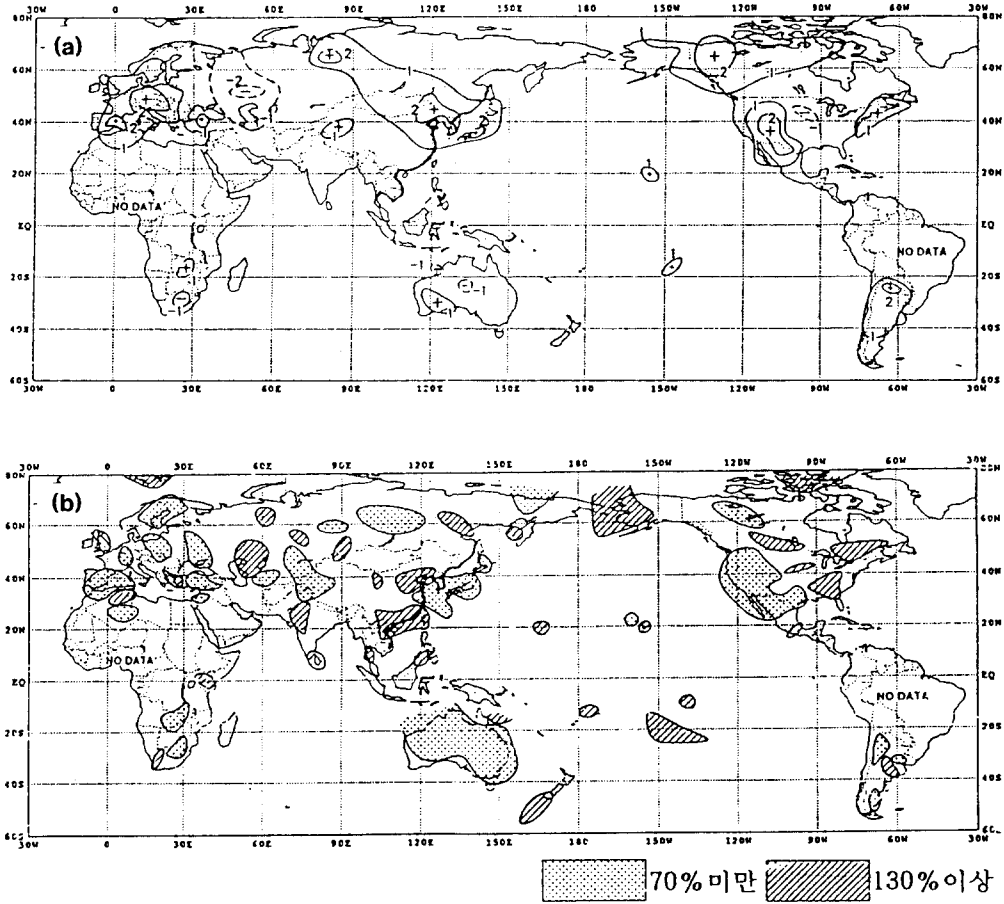


그림 4. 1994년 여름철(6, 7, 8월) 평균기온 편차도(a) 및 강수량 비율 분포도(b).

기상청에서는 매월 28일경에 월간 기상전망을 발표하고 있고 2월, 5월, 8월과 11월 20일경에 각 계절에 대한 계절전망을 발표하고 있다. 최근까지 기상청의 장기예보는 기후 역학을 근거로 한 객관적 방법보다는 실험적, 경험적 방법을 주로 사용하고 있다. 이는 전지구적 기후자료의 부족과 아울러 연구 여건의 미성숙 및 전문 인력의 부족, 또한 이를 활용할 컴퓨터설비 등의 미비로 인한 것이었다. 그러나 최근에는 이러한 여건이 많이 개선되어 장기예보에 대한 연구가 가능해졌으며 현재 기초적인 조사와 연구가 추진되고 있는 단계이다.

기상청에서의 전망과 결과를 보면 1994년 여름철 기온과 강수량은 평년과 비슷하게 전망하였었다. 장마시작시기등 6월의 기온은 비교적 예보와 비슷한 경향을 보였으나 7월들어 북태평양 고기압의 이상발달로 장마의 조기 종료와 이상고온이 지속되어 당초의 기온, 강수량 예보가 빗나갔다. 1994년 여름철과 같은 기상현상은 우리나라 뿐만 아니라 일본, 중국 북부, 유럽등에서도 나타나서 이상기상으로 분석되었다(그림 4).

기상청에서는 장기예보의 정확도를 높이기 위한 지속적인 노력을 진행하고 있다. 기상연구소에서는 장기예보기법 개발에 대한 연구를 하고 있으며 기상청 예보국에서는 컴퓨터를 이용한 전구모델 결과를 활용하는 예보를 실시하고 있는데 약 10일후의 예보를 하는데 사용하고 있다. 컴퓨터를 이용한 장기적인 예보를 위해서는 기후 시스템을 모두 고려한 거대한 전지구 모델이 요구되는데 이 모델 운용은 현 단계에서는 활용되지 않고 있으나 기상연구소에서 충분한 연구를 한 후 이용할 계획이다. 특히 1995년부터 수문순환에 초점을 맞춘 대기대순환 모델(General Circulation Model) 운용을 추진중이다. 예보국에 장기예보과를 신설하고 장기예보를 전담시킬 계획도 갖고 있다.

4. 고온 및 가뭄이 산업에 미치는 영향

1) 농업

농업은 기상 영향에 가장 민감한 산업이다. 1994년 여름의 고온과 가뭄은 여러 작물의 정상적인 성장 및 결실에 필요한 적절한 평년의 기후조건을 제공하지 못하여 작물에 따라서는 많은 감수가 있었던 것으로 나타났다. 그러나 미국의 경우는 8월 초부터 가뭄이 해소된 지역이 많고 일조량이 풍부하여 후기 성숙 여건이 좋아 재배면적의 감소에도 불구하고 생산량이 증가한 것으로 집계되었다(그림 5).

2) 수산업

고온 및 가뭄은 담수 및 해수의 온도 상승 및 수질 악화를 유발하여 수중 생물 환경에 영향을 주었다. 강이나 호수의 수량이 줄면서 용존산소량(BOD)이 감소하고 물고기들이 급격히 상승한 수온을 견디지 못하여 폐죽음을 당하기도 하였다.

3) 제조산업

연일 무더위가 지속되면서 산업 현장의 작업 환경이 열악해져 제조업 분야의 생산 효율을 떨어뜨렸다. 뿐만 아니라 가뭄으로 공업용수의 원활한 공급이 어려웠던 호남 남부 및 영남 동해안 지역 업체들은 작업을 단축하거나 중단하는 사태를 빚기도 하였다.

4) 대기 환경

북태평양 고기압 세력의 장기간 정체로 비가 오지 않고 공기의 정체가 심하여 대기오염물질이 축적되고 일사량 증가에 의한 광화학적 반응이 활발하여 지상 오존량도 많아져 대도시 시민들의 건강을 위협하였다.

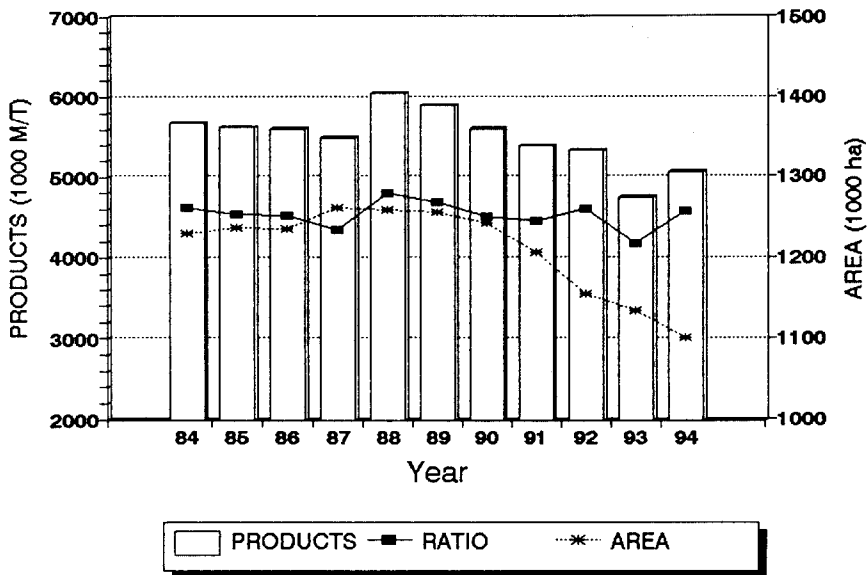


그림 5. 연도별 미곡 총생산량, 단위면적당 소출량 및 재배면적(농림수산부 1995).

5. 요약

기후값으로 본 1994년 여름의 가뭄과 고온은 이상기상에 속하였다. 1994년 여름의 Palmer 가뭄지수는 전국적으로 낮은 분포를 보였는데 최근 가뭄이 심했던 1982년과 1988년보다 더 낮은 값이었다. 가뭄에 대한 장기 예측 노력이 진행되고 있으나 현 단계에서는 정확한 예측이 어려운 실정이다. 전국적으로 확산된 가뭄은 산업 여러 분야에 피해를 주었으며 이의 파급 효과가 긴 시간 동안 지속되기도 한다. 여름철 고온 및 심한 가뭄등은 이상기상에 속하는데 이런 이상기상 및 장기 기후 예측을 위하여 다각적인 연구와 분석이 필요하다. 기상청과 기상연구소에서는 장기 기상 예측 기법의 개발, 새로운 조직의 신설 등으로 이에 대처해 나가고 있다.

6. 참고 문헌

기상연구소, 1993 : 우리나라 가뭄에 관한 연구-강수량 변동에 관한 기후학적 특성 연구, MR 93A-005.

기상청, 1995, 여보사례 분석집

최영진, 최병철, 김현미 1994 : 한국의 기후자료를 이용한 PALMER 가뭄지수와 습윤이상 지수의 비교 분석, 제 35회 수공학 연구발표회 논문집.

Palmer, W.C. 1965 : Meteorological Drought Res. Pap. No.45, U.S. Weather Breau.

WMO, 1975 : Drought and Agriculture, Technical Note No. 138.