

Palmer의 방법을 이용한 가뭄의 분석

윤용남*, 안재현**, 이동률***

1. 서론

가뭄은 지역과 가뭄의 의미를 받아들이는 사람들의 관심사에 따라 다르게 정의될 수 있다. 과거의 가뭄연구로부터 가뭄에 대한 여러가지 정의들이 제시되었는데, Palmer(1965)는 가뭄(Drought)을 “주어질 지점에서 실제수분공급이 기후적으로 필요한 수분공급보다 적은 수개월 또는 수년의 기간이 지속되는 현상”으로 정의하였다.

본 연구에서는 가뭄의 심도를 표시하는 방법으로 일반적으로 사용되며, 가뭄의 가장 큰 원인이 되는 수문기상학적 인자들인 강수량, 증발산량 등을 월수분수지 모형에 적용하여 가뭄의 지수를 정량적으로 나타낼 수 있는 Palmer의 방법을 우리나라 지역에 적용하여, 지역적인 계속기간별 가뭄지수의 산정을 통해 우리나라 지역의 가뭄의 시·공간적인 특성에 대하여 연구하였으며, 특히 1994-1995년 가뭄을 중심으로 우리나라 가뭄의 특징을 분석하였다.

2. Palmer의 가뭄지수 산정방법

Palmer의 가뭄지수 산출방법은 기후적으로 상이한 특징을 가지는 미국내의 Iowa와 Kansas 지역을 중심으로 여러 지역의 강수량 및 기온, 일조시간 등의 자료를 사용하여 만들어진 것으로 잠재증발산을 추정한 후, 대상지역의 실제 강수량과 기후적으로 필요한 강수량의 차를 계산하여 지역적인 가뭄지수를 얻는 것이다.

2.1 잠재증발산의 추정

잠재증발산(PE)을 산정하는 방법에는 여러가지가 있으나, Palmer는 Thornthwaite 등(1942)이 제안한 월열지수법(Monthly heat index method)를 사용하였으며 그 방법은 다음과 같다.

$$PE = 1.62B \left(\frac{10t}{J} \right)^a \text{ cm/month} \quad (1)$$

$$\text{여기서, } J = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{t_n}{5} \right)^{1.51}, \quad t = \text{월평균기온}(\text{°C})$$

$$a = (675 \times 10^{-9})J^3 - (771 \times 10^{-7})J^2 - (179 \times 10^{-4})J + 0.49239$$

표 1. 월별, 위도(북위)별 보정계수 B

위도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
35.0	0.870	0.850	1.030	1.090	1.210	1.210	1.230	1.160	1.030	0.970	0.860	0.850
36.0	0.864	0.846	1.030	1.094	1.216	1.218	1.238	1.164	1.032	0.968	0.854	0.842
37.0	0.858	0.842	1.030	1.098	1.222	1.226	1.246	1.168	1.034	0.966	0.848	0.834
38.0	0.852	0.838	1.030	1.102	1.228	1.234	1.254	1.172	1.036	0.964	0.842	0.826

* 고려대학교 토목환경공학과 교수

** 두산엔지니어링 수자원부

*** 한국건설기술연구원 수자원연구실

것이다. 그러므로 미국과 기후 및 지역적인 특성이 다른 우리나라에 맞는 새로운 방식을 개발하여 야만 Palmer의 가뭄지수 산정방법을 우리나라에 올바르게 적용시킬 수 있을것이다.

이에따라 우리나라의 대상지점별 자료를 이용하여 Palmer의 방법에 따라 수분수지분석을 실시한 후, 각각의 필요한 계수들을 산정하여 우리나라의 지역적, 기후적 특성을 반영하는 가뭄지수 (X)의 산정공식을 식(6)과 같이 개발하였다.

$$X_i = 0.945X_{i-1} + \left(\frac{Z_i}{4.275} \right) \quad (6)$$

위의 작업을 위해 비교적 자료보유기간이 길고 지역적으로 고루게 분포되어있는 강릉, 서울, 포항, 대구, 전주, 울산, 광주, 여수, 제주 등의 9개 지점을 대상지역으로 선정하였으며, 1954년 1월부터 1994년 12월까지의 월강우량과 월평균기온 자료를 사용하였다.

3.2 Palmer의 방법과 개발된 방법의 비교

Palmer의 방법을 각각 미국과 우리나라의 대상지역에 적용하여 구해진 가뭄지수 산정 공식의 비교를 위하여 각각의 방법에 의해 계산된 최대 가뭄기간별 $\sum Z$ 의 가뭄지수 -4에 해당하는 선을 하나의 그래프상에 그림 1.과 같이 도시하였으며 도시된 실선과 점선은 각각 원래의 Palmer식과 국내적용 Palmer식을 통해 산정된 $\sum Z$ 를 표시하고 있다.

거의 비슷한 양상을 보이는 두 직선에서 가뭄지속기간이 20개월을 넘지않을때는 원래의 Palmer 방법을 통해 산정된 $\sum Z$ 가 더 큰값을 보이며, 20개월을 초과할때는 국내적용 Palmer 방법의 $\sum Z$ 가 더 큰 양상을 보임을 알 수 있다. 또한 40개월의 지속기간 동안 $\sum Z$ 값의 변화폭은 국내적용 Palmer 방법을 통해 산정된 값이 더 작게 나타나고 있다.

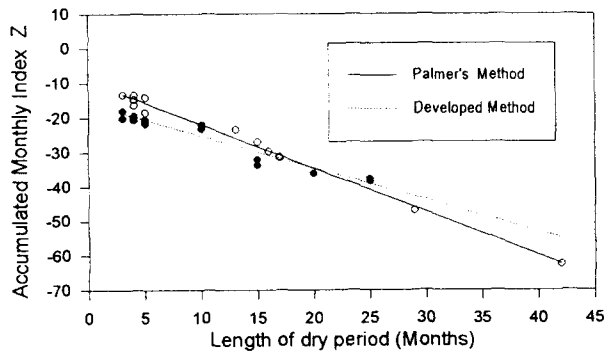


그림 1. 각각의 방법으로 산정된 $\sum Z$ 의 비교

그림 2는 원래의 Palmer식과 국내적용 Palmer식을 이용하여 각각 포항과 대구 지역에서의 가뭄지수를 산정하여 표시한 것으로서 거의 유사한 값과 양상을 보이며, 국내적용 Palmer식으로 계산된 값의 변화폭이 원래의 Palmer식에 의한 가뭄지수 변화폭보다 약간 작게 나타남을 알 수 있는데 이것은 그림 1.에서 보여주는 $\sum Z$ 의 변화폭과 같은 결과를 나타낼 수 있다.

이를 통해 우리나라보다 건조지역과 습윤지역의 변화 범위가 더 크며 훨씬 넓은 대상지역을 가지는 미국지역의 상황을 고려하면, 국내지역에 적용되어 유도된 Palmer의 가뭄지수 산정공식에 의해 보다 더 타당한 범위의 값을 산정할 수 있음을 알 수 있다.

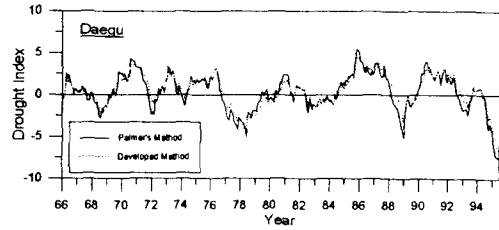
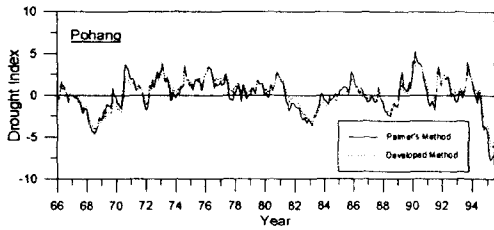


그림 2. 각각의 공식으로 산정된 포항과 대구지점의 가뭄지수 비교

4. 결과분석 및 고찰

4.1 주요 가뭄기간별 가뭄지수 분석

우량관측소별 강우량 자료의 빈도분석을 실시한 결과 60년대 이후에 우리나라에서 발생한 주요 가뭄기간은 1967년-1968년, 1977년-1978년, 1981년-1982년, 1987년-1988년, 1994년-1995년으로 나타났다. 따라서 각 지점별로 이 기간에 대해 지속기간 12, 24개월의 최대 평균 가뭄지수를 산정해서 주요가뭄기간 동안의 가뭄심도의 공간적 변동을 비교분석하여 보았다. 가뭄의 심도는 주요가뭄기간중 가뭄지속기간별 최대 평균 월 가뭄지수를 기준으로 분석하였고, 그 결과를 정리하면 표 3. 과 같으며 그림 3.과 4.는 12개월 지속기간에 대한 가뭄기간별 가뭄지수도를 나타낸 것이다.

표 3. 가뭄기간별 지역적인 가뭄의 분포

가뭄기간	전국적인 상황	우심지역 및 심도
'67 - '68	전남 극심, 경남해안지역 약 -3, 그외 지역은 -1~-2의 심도	전남 : -4~-6
'77 - '78	남부지방을 제외한 전국이 -2 정도의 심도	남부지방 : -3~-4
'81 - '82	경북 일부를 제외한 전국이 약 -1.5의 심도를 가짐	경북 일부 : 약 -3
'87 - '88	중부지방이 약간 심함, 나머지 지역은 약 -2의 심도	경기, 강원 : -3~-4

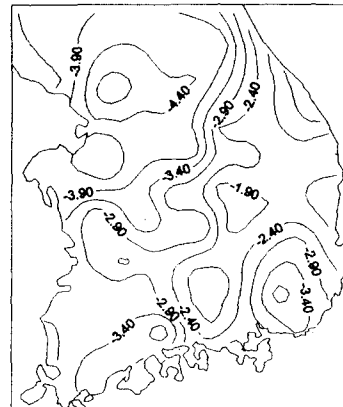
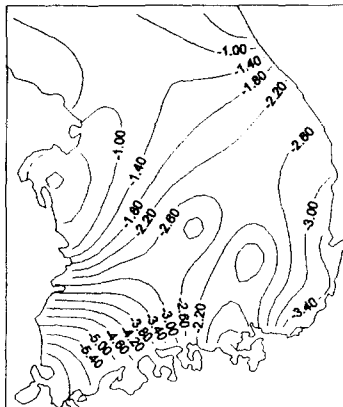


그림 3. 67년~68년 12개월지속 전국가뭄지수도

그림 4. 87년~88년 12개월지속 전국가뭄지수도

4.2 전국 기왕최대 Palmer 가뭄지수도의 작성

4.1절에서 산정된 분석대상지점별, 월별 가뭄지수를 지속기간 12, 24개월을 대상으로 평균하여 지속기간별 평균 월가뭄지수를 산정한 후, 최대의 가뭄심도를 나타낸 기간 및 그 기간동안의 평균 월가뭄지수를 지점별로 작성하여 전국적인 기왕최대가뭄의 공간적 분포 특성을 그림 5와 그림 6에 표시하였다. 이를 통해 대구를 중심으로 한 경상북도 지역과 전주, 남원, 광주를 연결하는 전라남북도 지역에서 -4~-7의 최대가뭄심도를 가졌음을 알 수 있으며, 서울을 중심으로 한 경기도 지역에서 -4~-5의 최대가뭄심도를 나타내었다.

위의 분석을 통해 전국적으로 전라남북도와 경상북도가 가뭄우심지역이며 가뭄에 대한 대비가 특별히 다른 지역에 비해 강화되어야 함을 알 수 있다. 또한 상대적으로 심도는 덜하지만 서울을 포함하는 경기 지역의 가뭄도 무시할 수 없음을 알 수 있다.

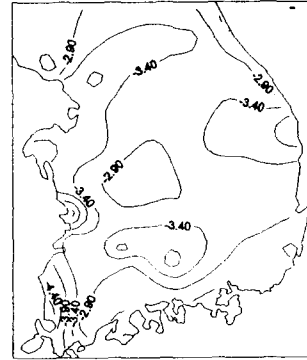
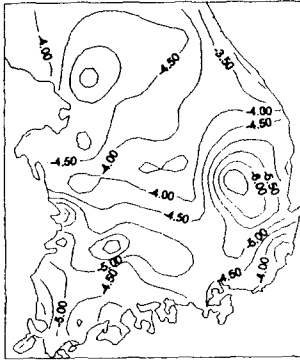


그림 5. 전국의 12개월지속 기왕최대가뭄지수도 그림 6. 전국의 24개월지속 기왕최대가뭄지수도

4.4 '94-'95 가뭄의 분석

'94-'95 가뭄의 대상기간동안 월 강수량 및 기온자료를 사용하여 지점별로 지속기간 12, 24개월 최대 평균 월 가뭄지수를 산정하였으며 그에따른 '94-'95 전국가뭄지수도를 가뭄지속기간에 따라 그림 7과 8에 나타내었다.

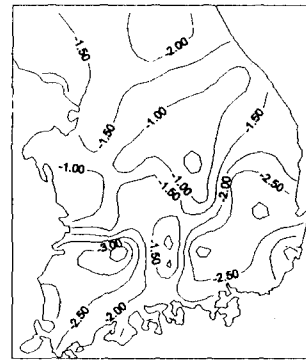
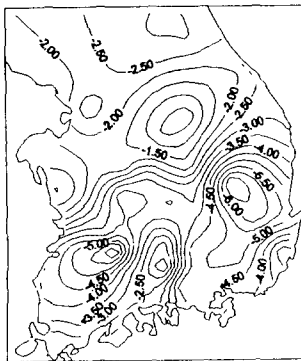


그림 7. 12개월 지속 '94-'95 전국가뭄지수도

그림 8. 24개월 지속 '94-'95 전국가뭄지수도

'94-'95 가뭄을 Palmer의 방법으로 분석해본 결과는 94년 후반기에서 95년 전반기까지의 가뭄이 아주 극심했으며, 오히려 94년 상반기의 가뭄은 그리 극심하지않은 단지 가뭄이 시작되는 시기였음을 알 수 있다.

또한 그림 7과 8에 나타나듯이, 주요 가뭄기간별 분석의 결과와 마찬가지로 '94-'95 가뭄기간 동안에서도 영남과 호남지역의 가뭄이 극심했으며, 경기와 강원 지방도 무시할 수 없는 가뭄을 겪고 있었음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 월수분수지분석을 이용하여 가뭄의 상태를 월별 및 관측대상지점별로 정량적으로 나타낼 수 있는 Palmer의 가뭄지수(X) 산정방법에 대하여 고찰하였으며, 이를 통해 우리나라의 기후적 특성에 따른 가뭄지수(X) 산정 공식을 개발하여 68개 관측대상지점에서의 월별 가뭄지수를 산정, 분석하였다. 이와같은 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 우리나라에 적용하여 유도된 Palmer의 공식을 이용하여 산정된 결과는 우리나라에서 기록된 가뭄의 양상을 잘 나타내었다.
- 2) 산정된 주요가뭄기간의 상대적 가뭄의 심도 및 전국적인 가뭄의 분포상황의 파악을 통해서 1994년에서 1995년에 걸쳐 발생했던 가뭄이 지역적인 범위 및 우심도 측면에서 볼때 역대 발생했던 어느 가뭄보다도 심했었으며, 특히 경상도와 전라도 지역의 가뭄이 다른 지역에 비해 극심했었음을 알 수 있었다.
- 3) 전국 기왕최대가뭄지수도의 작성을 통해 전라도와 경상도지역이 가뭄 다발지역임을 알 수 있었다.
- 4) 이상의 분석을 통하여 볼때 Palmer의 가뭄지수 산정방법은 가뭄을 정량적으로 나타내는데 유효한 방법으로 생각되어지며, 각 대상지점에 대하여 월별로 가뭄지수를 산정한다면 가뭄의 심도 및 양상을 판단하는 적절한 방법임을 알 수 있었다.

6. 참고문헌

- 1) Alley, W.M., On the Treatment of Ebpotranspiration, Soil Moisture Accounting, and Aquifer Recharge in Monthly Water Balance Models, J. of American Geophysical Union., 1984.
- 2) Alley W.M., The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions, J. of Climate and Applied Meteorology.
- 3) Bras, R. L., Hydrology, Addison-Wesley Publishing Company.
- 4) Karl T.R., The Sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to their Calibration Coefficients Including Potential Evapotranspiration., J. of Climate and Applied Meteorology.
- 5) Palmer, W.C., Meteorological Drought, U.S.Weather Bureau.
- 6) Rao, A.R. and Padmanabhan, G., Analysis and Modeling of Palmer's Drought Index Series, J. of Hydrology, 1984.
- 7) Thornthwaite, C.W. and Mather, J.R., The Water Balance, Publication in Climatology, Vol. 8, No. 1, Laboratory of Climatology, 1955