

자료계열 특성에 따른 지역가뭄빈도 해석

Regional frequency analysis based on the characteristics of time series data

김휘린* , 박무종** , 윤용남***

Hwi Rin Kim, Moo Jong Park, Yong Nam Yoon

요 지

2001년에 발생한 가뭄 심도를 기왕의 주요 가뭄과 비교평가하기 위하여 전국을 95개 소유역으로 구분하고 월 강수량 계열로부터 작성된 갈수우량계열을 이용하여 지역빈도해석을 실시하였다. L-모멘트법을 사용하여 강우지속기간별, 재현기간별 갈수우량을 산정하고 지속기간별 확률갈수우량도를 작성하였다. 또한, 연평균강수량과 가뭄의 발생지역을 비교하여 강수량이 적은 지역과 가뭄이 자주 발생하는 지역의 연관성을 검토하였다. 강우지속기간-재현기간-갈수우량 관계를 고려하여 2001년 가뭄의 심도와 지역적 범위를 최근에 발생한 '95 가뭄과 비교 평가하였다. 본 연구를 통하여 2001년 가뭄의 특성과 용수공급을 위한 적정 방안을 제안하였다.

핵심용어 : 가뭄 심도, 갈수우량, 지역빈도해석, L-모멘트법, 확률갈수우량도

1. 서론

지난 2001년 3월부터 6월 16일까지 봄 가뭄은 이 기간 중 강수량이 예년 평균의 10-30%에 불과할 정도로 1904년 기상관측이래 최악의 봄가뭄으로 기록되었다. 물에 대한 수요는 점차적으로 증가하는데 반하여 공급 가능한 강수량은 일정 범위 내에서 발생하며 장기적으로 물의 부족이 예상되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 비교적 신뢰도가 높은 월강수량 자료를 기준으로 2001년 봄 가뭄의 심도와 지역적 범위를 정량적으로 분석하여 가뭄 대책 수립에 필요한 기초 자료를 제안하고자 하였다.

전국을 수문학적 동질성이 유지될 수 있도록 95개 소유역으로 분할하고 이를 L-Moment 법에 의해 지역빈도를 구해 가뭄지속기간별, 재현기간별 갈수우량을 추정하였다. 소유역별로 선정된 최적분포형의 누가 확률분포함수 혹은 역함수를 이용하여 가뭄지속기간별로 재현기간 5, 10, 20, 30, 50, 100년인 갈수우량의 크기를 추정하였으며, 95개 소유역의 지속기간별, 재현기간별로 추정된 갈수우량을 사용하여 갈수우량빈도도를 작성하였다. 한편, 2001년의 가뭄을 1960년대 이후의 과거 주요 가뭄과 비교평가하기 위해 주가뭄기간을 설정하였다. 95개 소유역별로 물수지년(water year)을 기준으로 한 12개월 누가 월우량 계열을 작성하여 이를 소유역별 면적 가중치를 고려하여 순위를 평균한 결과로부터 상위 5개 기간을 선정하였다. 이와 같은 절차로 선정된 주요 가뭄기간은 '67-'68, '76-'77, '81-'82, '87-'88 및 '94-'95년으로 나타났다. 2001년 봄에 발생한 가뭄은 가뭄이 심하게 발생한 상위 5개 기간에 포함되지 않았다. 즉, 지속기간이 12개월 이상인 장기가뭄이 아니라, 3-5월에 발생한 강수량의 규모가 매우 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 2001년 봄에 발생한 가뭄의 재현기간 특성을 분석하기 위하여 매년 3-5월 강수량 계열을 이용하여 빈도분석을 수행하여 매년 3-5월에 발생 가능한 갈수우량의 크기를 추정하고 갈수우량빈도와 비교 분석하였다. 가뭄의 평가는 수

* 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail : hrkimi@kict.re.kr
** 한서대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : mjpark@hanseo.ac.kr
*** 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : ynyoon@korea.ac.kr

문학적 견지에서 유출 자료의 빈도분석에 의한 것이 실질적이나 전국적으로 신뢰성 있는 저유량 자료의 획득이 거의 불가능하여 강우량을 기준으로 연구를 수행하였다.

2. 본론

가뭄의 특성은 공간적인 범위가 상당히 크고, 시간적인 범위는 최소한 1개월 이상 지속된다고 할 수 있다. 이수단위구역은 수자원장기종합계획(건설교통부, 2001.7)을 기준으로 하여 전국을 이수단위 구역별로 총 95개로 구분하였다. 강수량 자료는 건설교통부, 기상청, 한국수자원공사, 한국농업기반공사에서 관할하는 자료를 각각 수집하여 분석하였다. 사용된 강수량 자료는 건설교통부 관할이 276개, 기상청 관할이 69개, 한국수자원공사 관할이 58개, 한국농업기반공사 관할이 10개로 총 413개 지점의 자료를 수집하였다. 이때, 이수단위구역을 총 95개로 구분하여 강수량 자료가 짧은 경우에는 인근 지역의 강우관측소 자료를 동시에 사용하였다.

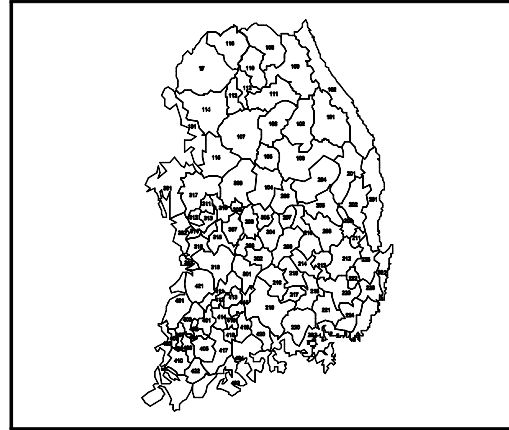


그림 1 가뭄분석을 위한 이수단위구역

2.1 갈수우량 자료계열의 작성

일반적으로 자료치 계열은 전기간치계열(complete duration series), 부분기간치 계열(partial duration series), 극치계열(extreme value series)로 구분할 수 있다. 전기간치 계열은 그 규모가 매우 크며 수문학적 조건을 유발하는 극단적인 값으로 빈도분석을 위해 사용되는 일은 거의 없다. 부분기간치 계열은 어떤 수문 사상의 발생연도에 관계없이 특정한 기준치(threshold)보다 큰 값 또는 작은 값을 가지는 사상을 선택해서 얻은 일련의 자료이다. 또한, 극치 계열은 해당 자료가 존재하는 기록 기간을 일정기간 단위로 나누어 그 기간 내에 발생된 최대치(혹은 최소치) 만으로 구성된 계열이다. 그러나 본 연구에서는 가뭄빈도분석에 일반적으로 적용되는 부분기간치 계열뿐만 아니라 봄가뭄의 직접적인 원인으로 발생하는 매년 3-5월의 강수 특성을 파악하기 위하여 3-5월 강우량 자료를 이용하여 계열을 구성하였다.

가) 부분기간치 계열 작성

우량자료는 전국에 걸쳐 413개 관측소의 1966년 1월~2001년 12월까지의 자료를 사용하였다. 총우량계열의 분석에서와는 달리 가뭄의 경우는 지속시간이 매우 중요하다. 즉 가뭄지속기간별로 관측소별 부분기간치 계열(partial duration series)을 작성하였다. 부분기간치 계열을 작성하기 위해서는 우선 관측소별 월 우량자료 계열을 이용하여 지속기간별 이동누가 우량 계열을 얻는다. 먼저, 제일 작은 값을 먼저 제 1순위로 선정하고 이 값의 전후 값을 지속기간의 개월 수가 중복되지 않도록 삭제하고, 두 번째로 작은 값을 제 2순위로 선정하고 동일한 방법으로 이 값의 전후 값을 지속기간의 개월 수를 삭제하여 관측소별 갈수우량 자료를 작성하였다.

나) 3-5월 강우량 계열 작성

부분기간치 계열을 이용하면 빈도분석을 수행하면 특정 지속기간에 해당하는 강수량을 산정하여 강수량의 발생규모를 추정할 수 있다. 그러나 매년 3-5월의 강수량계열을 작성하여 빈도분석을 수행한다면 매년에 발생하는 3-5월 강수량의 발생규모를 추정할 수 있다. 따라서 전국 413개 관측소의 3-5월 강수량 계열을 작성하였다.

2.2 봄가뭄의 평가

가뭄발생시 물부족현상에 의해 용수부족이 시작되는 농번기(3-5월)의 가뭄평가를 위하여 2001년 3-5월 기간 중에 전국에서 강수량이 가장 적게 발생한 한강수계에 위치한 달천 유역의 강수량 자료를 이용하여 빈도분석을 수행하였다. 2001년 3-5월 강수량 23.6mm는 전자료계열에 대한 지속기간 3개월인 강수량에 대한 빈도분석 결과 발생빈도는 7년 빈도로 나타났다. 또한, 자료계열을 3-5월로 고정된 부분자료계열에 대한 빈도분석 결과 발생빈도가 100년을 상회하는 것으로 분석 되었다. 즉, 전자료기간을 대상으로 강수량을 빈도분석한 경우에는 2001년의 봄가뭄의 주원인인 강수량의 규모는 그리 크지 않았으나, 매년의 봄강수량을 기준으로 하는 경우에는 그 발생규모가 100년을 상회하는 것으로 나타났다.

표 1. 달천 유역의 지속기간별 확률강수량 (단위 : mm)

재현기간(년) 지속기간(월)	2	5	10	20	30	50	100
3	52.63	27.17	15.49	6.65	2.33	-	-
4	93.49	55.71	38.72	26.05	19.92	13.18	5.39
5	133.35	84.01	64.89	52.15	46.51	40.73	34.64
6	184.92	119.13	96.14	82.05	76.23	70.60	65.09
9	451.70	351.50	302.46	263.64	244.04	221.75	194.86
12	922.13	764.81	680.14	608.95	571.44	527.45	472.3
18	1211.06	983.96	877.90	796.61	756.48	711.70	658.85
24	1855.25	1618.61	1487.07	1374.29	1314.10	1242.83	1152.50
3~5	192.67	126.87	94.74	69.36	56.55	42.01	24.49
4~6	288.60	215.20	183.12	159.66	148.49	136.36	122.54
3~6	330.78	253.60	219.55	194.49	182.49	169.42	154.45

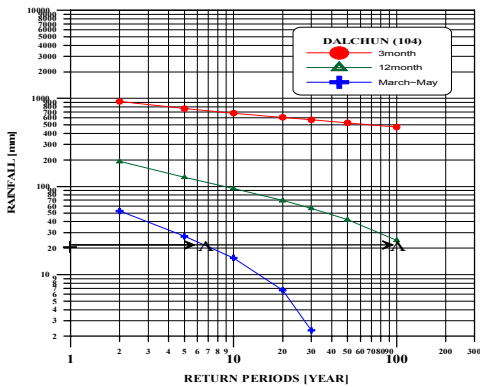


그림 2. 2001년 3-5월 강수량의 재현기간

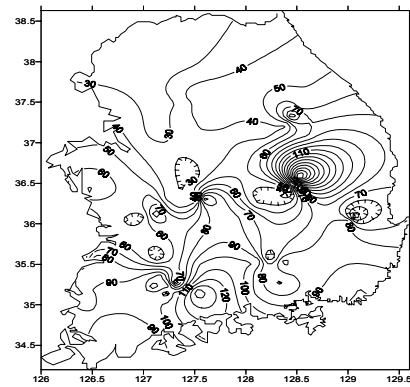


그림 3. 2001년 3-5월 등우선도

2001년 3-5월 중 발생한 강수량의 빈도년수는 표 2와 같다. 한강유역에서 가뭄이 가장 심각했던 달천유역(이수단위구역번호 104)의 2001년 3-5월 강수량은 23.6mm로 나타났다. 이때, 전기간의 자료를 이용하여 구한 지속기간 3개월인 확률강수량은 모든 소유역에서, 각 연도의 3-5월 강수량 계열을 이용하여 산정한 확률강수량보다 훨씬 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉, 2001년 3-5월 기간 중에 발생한 강수량은 전기간 자료계열로부터 산정한 지속기간이 3개월인 확률강수량을 기준으로 본다면 그다지 큰 발생빈도가 아니나, 각 연도의 3-5월 강수량 계열만을 빈도분석한 결과는 그 발생빈도가 100년을 상회하는 이수단위구역이 여러 개 있음을 표 2로부터 알 수 있다. 표 4는 이수단위구역별 3개월 갈수우량자료계열의 빈도분석결과를 회귀방정식으로 표시하여 2001년 3~5월 강수량의 발생빈도를 산정한 결과를 표시하고 있다.

표 2. 2001년 3~5월 강수량의 발생빈도 (단위 : 강수량(mm), 재현기간(년))

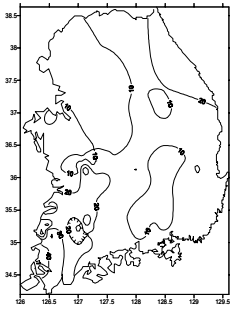
이수단위구역	3~5월강수량 (mm)	발생빈도		이수단위구역	3~5월강수량 (mm)	발생빈도	
		전년계열	3~5월 계열			전년계열	3~5월 계열
101	53.5	2	123	301	65.4	3	65
102	37.5	4	27	302	65.4	3	28
103	28.1	5	117	303	65.4	3	37
104	23.6	7	81	304	75.4	2	21
105	39.0	6	31	305	42.2	4	44
106	54.7	3	19	306	42.2	5	54
107	26.3	4	129	307	52.1	6	45
108	34.5	4	35	308	53.2	4	46
109	47.2	4	77	309	30.6	6	160
110	24.1	6	146	310	37.6	5	55
111	44.9	3	34	311	42.0	6	47
112	29.4	4	136	312	62.3	5	57
113	31.1	4	108	313	60.3	3	37
-	-	-	-	-	-	-	-
211	30.6	7	37	409	90.0	2	22
212	80.2	1	48	410	90.0	2	22
213	94.7	4	23	411	101.9	2	22
214	101.8	1	18	412	103.7	2	18
215	77.2	1	38	413	104.2	2	19
216	101.0	5	17	414	119.7	2	15
217	108.9	5	13	415	82.2	4	39
218	46.5	7	48	416	90.8	6	19
219	147.4	1	11	417	78.2	3	45
220	92.5	5	61	418	106.2	1	117
221	68.5	6	104	419	102.3	5	30
222	84.0	4	33	420	99.2	2	34
223	73.0	5	150	421	83.8	3	22
224	86.0	2	85	422	103.7	2	18
225	83.0	5	47	491	83.8	3	22
226	101.4	4	18	492	94.8	1	18
291	63.7	2	76	493	97.6	1	21
292	99.9	4	45	494	99.1	2	25
293	117.5	2	28				

2.3 확률 갈수우량도 작성

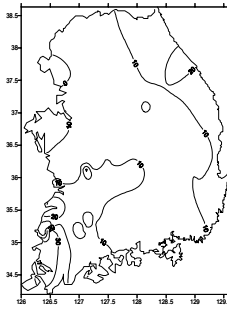
갈수우량계열의 지역빈도분석으로 얻어진 95개 소유역별 가뭄지속기간-재현기간-갈수우량의 관계를 그림 2에 제시한 바와 같이 전국에 걸쳐 표시한 후 등우량선을 그림으로써 전국 확률갈수우량도(drought rainfall frequency map)를 작성하였다. 사용된 가뭄지속기간은 6, 12, 18, 21, 24개월이며, 재현기간은 5, 10, 20, 30, 50년이다. 본 연구에서는 그림 4와 같이 가뭄지속기간 3개월에 대한 재현기간 20년, 30년, 50년 갈수우량도와 3-5월 강우량 계열을 이용한 재현기간별 전국 확률 갈수우량도에서 재현기간 20, 30, 50년에 해당하는 그림 5를 수록하였다

2.4 가뭄평가 제안

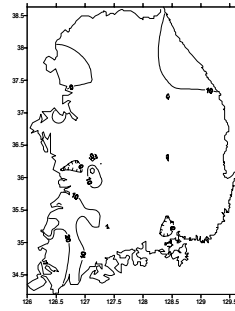
이수안전도란 용수공급을 위한 댐 및 부속시설물 이라든지 기타 하천시설물의 용수수요를 충족시킬 수 있는 물 공급의 안정성 정도를 표시하는 것이다. 이는 시설물의 설계대상 갈수의 발생빈도(혹은 재현기간), 연간 용수공급 부족일 백분율(%), 가뭄피해 계수 혹은 가뭄피해액을 그 지표로 할 수 있다. 그러나 갈수의 발생빈도를 대상으로 하는 것이 가장 편리하므로 대부분의 경우 이를 지표로 택하고 있다. 본 연구에서 주로 분석한 봄철 비의 모내기와 이앙기(3-5월)의 경우 2001년 3-5월 강수량은 많은 이수단위 구역에서 100년 빈도를 상회하였으므로 현재의 10년 빈도 이수안전도는 불안한 것으로 판단된다. 이러한 문제점의 해결을 위해 농업용수댐 등 수많은 기존 관개시설의 이수 안전도를 전체적으로 상향 조정하는 것은 현실적으로 어려움이 많으므로 농번기의 농업용 저수지 관리를 합리적으로 체계화하는 한편, 지하수 관개개발과 인근 수자원 공급시설의 용도 전환 등의 비상 급수 체계를 구축하는 방법으로 대처하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.



가) 20년 빈도(D=3개월)

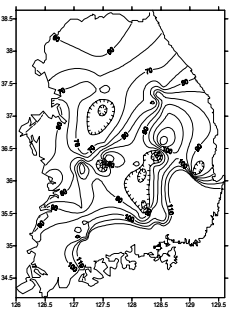


나) 30년 빈도(D=3개월)

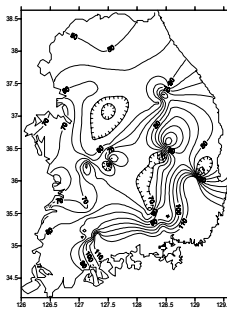


다) 50년 빈도(D=3개월)

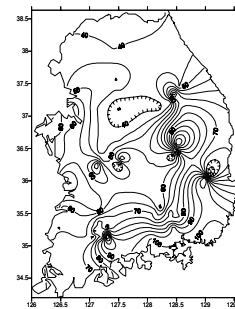
그림 4. 지속시간별-재현기간별 전국 확률 갈수우량도



가) 20년 빈도(3-5월)



나) 30년 빈도(3-5월)



다) 50년 빈도(3-5월)

그림 5. 3-5월 강우량 계열을 이용한 재현기간별 전국 확률 갈수우량도

3. 결론

본 연구에서는 비교적 신뢰도가 높은 강우량 자료를 이용하여 2001년 가뭄 평가를 수행하였다. 2001년 봄에 발생한 가뭄은 가뭄이 심하게 발생한 상위 5개 기간에 포함되지 않았다. 즉, 2001년에 발생한 가뭄은 지속기간이 12개월 이상인 장기 가뭄이 아니라 농번기인 3-5월에 발생한 강수에 큰 영향을 받은 것으로 나타났다. 이수단위구역을 총 95개로 구분하여 갈수 우량 자료계열을 작성하였다. 특히 3-5월의 강수 특성을 파악하기 위해 3-5월 강우량 자료를 이용해 갈수우량 자료계열을 작성한 결과 전자료계열에 대한 지속기간 3개월인 강수량의 발생빈도는 7년 빈도이며, 자료계열을 3-5월로 고정한 부분자료계열에 대한 빈도분석 결과는 100년을 상회하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 분석한 2001년 봄철(3-5월) 강수량의 경우 여러 이수단위구역에서 100년 빈도를 상회하였으므로 현재의 10년 빈도 이수안전도는 미흡하다고 판단된다. 그러므로, 향후 가뭄에 대비하여 신속하게 대처해야한다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 (1995). 가뭄기록조사 보고서.
2. 윤용남 (1998) 공업수문학, 청문각
3. Dracup, J. A., Lee, K. S., and Paulson, E. G. (1980a). On the statistical characteristics of drought events. Water Resour. Res., 16(2), 289~296.
4. Sen, Z. (1980) Statistical analysis of hydrologic critical droughts. J. Hydr. Div., ASCE, 106(1), 99~115.