

서울지점 연강수량 자료에 나타난 장기 건조기의 재현 가능성에 관한 고찰

An Investigation of the Recurrence Possibility of Long Dry Periods Shown in the Annual Rainfall Data at Seoul

유 철 상*

Yoo, Chulsang

Abstract

This study is to investigate the recurrence possibility of consecutive dry years such as the long dry period around 1900 in the annual rainfall data at Seoul station. The truncation levels, as the criterion for the dry years, are decided such as to make the occurrence of dry years follow the Poissonian distribution, which assures independent occurrence of dry years. For the truncation level of mean-0.5stdv, the occurrence of dry years is found to satisfy the Poissonian distribution weakly with 99% significance level, but for those of mean-0.75stdv and mean-stdv with 95% significance level. For these truncation levels, the long dry period around 1900 is divided into several short consecutive dry years. The Poisson process has then been applied to derive the occurrence probability of consecutive dry years. For the truncation level of mean-0.75stdv or below, the Poisson process was found to reproduce similar occurrence probabilities to the observed. Especially for the lowest truncation level used in the study (mean-stdv), we could see that the occurrence probability of consecutive dry years estimated for the data collected before the long dry period around 1900 was higher than those for the data collected after the long dry period, thus, it could be concluded that the possibility of long dry periods is decreasing recently.

keywords : dry year, occurrence probability, Poisson distribution, Poisson process

요 지

본 연구는 서울지점의 연강수량 기록 중 1900년을 전후한 장기 건조기와 같이 연속적으로 발생하는 과우해에 대해 주목하고, 이와 같이 연속된 과우해의 재현 가능성을 살펴보는 것을 목적으로 한다. 과우해의 기준으로는 과우해의 발생에 독립성이 보장되도록 포아송 분포를 따르는 수준으로 결정하였으며, 평균-0.5표준편차의 절단수준에서는 대략 99%의 유의수준에서, 평균-0.75표준편차 및 그 이하의 절단수준에 대해서는 95%의 유의수준에서 포아송 분포를 만족시키는 것으로 나타났다. 이러한 절단수준에 대해 1900년 전후로 나타나는 장기 건조기는 단지 4년 연속의 과우해 등으로 분리되게 된다. 이와 같이 결정된 절단수준에 대해 연속된 과우해의 발생확률은 포아송 과정을 적용하여 추정하였으며, 그 결과 평균-0.75표준편차 및 그 이하의 절단수준에 대해서는 관측치와 계산치가 유사하게 나타남을 파악할 수 있었다. 특히, 아주 낮은 절단수준인 평균-1.0표준편차의 경우 연속된 과우해의 발생확률은 1900년을 전후로 한 장기건조기의 전반부 (조선시대 측우기 기록)보다 후반부 (근대 관측기록)에 작게 나타나고 있어 장기 건조기의 발생 가능성은 근대에 들어 줄어들고 있음도 파악할 수 있었다.

핵심어 : 과우해, 발생확률, 포아송 분포, 포아송 과정

* 고려대학교 환경공학과 조교수

Assistant Prof., Dept. of Environmental Eng., Korea University, Choongnam, 339-800, Korea
(E-mail : envchul@figer.korea.ac.kr)

1. 서론

최근까지 측우기 자료를 이용한, 또는 이에 관한 연구는 김승과 신현민 (1993), Lim and Jung (1992), 정현숙과 임규호 (1994), 정현숙 (1999) 및 유철상과 김보운 (2000) 등에서 찾아볼 수 있다. 이들의 연구는 과거 조선시대의 강우특성을 파악함은 물론 근대자료를 포함한 장기간의 강수 변동 특성을 파악하기 위한 것으로 요약된다. 그러나 최근까지도 측우기자료에 대한 신뢰성에는 많은 의문이 제기되고 있는 상태였고, 특히 1900년을 전후로 한 장기간의 건조기에 대해서는 그 사실에 대한 큰 논란이 있었던 것이 사실이다. 그러나 정현숙(1999) 및 정현숙 등 (1999)의 연구에서는 측우기를 이용한 조선시대 강우관측 자료와 근대관측 자료를 정량적으로 비교, 분석하여 조선시대 측우기에 의한 강우관측이 상당한 신뢰도를 가지고 있음을 보여주고 있으며, 아울러, 1900년을 전후로 약 25년간 지속된 건조기가 동아시아 전반에 걸쳐 실제 있었던 현상임을 보여주고 있다. 최근, 유철상과 김보운 (2000)의 연구에서도 측우기 자료 및 근대자료에 대해 다우해 및 과우해의 재현특성을 분석한 결과 그 차이가 크지 않음을 보여준 바 있다.

본 연구에서는 조선시대부터 최근까지의 약 200년간의 서울지점 연강수량 자료에 나타난 현상 중에서 1900년을 전후한 장기건조기와 같은 연속된 과우해에 주목하고 이와 같은 장기간 과우해의 재현 가능성을 추정해 보는 것을 목적으로 한다. 이러한 분석을 위해서는 먼저 과우해를 정의할 절단수준(truncation level)이 필요하며 본 연구에서는 과우해의 재현 특성이 포아송 분포 (Poissonian distribution)를 따르는 수준으로 결정하였다. 즉, 과우해의 발생은 독립적이며 그 발생간격이 음의 지수분포를 따르도록 절단수준을 결정하였다 (Ashkar and Rousselle, 1987). 절단수준의 결정을 위해 고려한 기준으로는 평균, 평균-0.25 표준편차, 평균-0.5표준편차, 평균-0.75표준편차, 및 평균-1.0표준편차이며, 각각의 경우에 대해 과우해의 발생 간격, 발생빈도 및 지속기간을 조사하였다. 이렇게 구한 과우해의 재현 특성은 절단수준의 결정을 위해 사용되었으며, 아울러, 결정된 절단수준에 대해 연속된 과우해의 재현확률을 포아송 과정 (Poisson process)을 적용하여 추정하였다.

이러한 분석은 조선시대의 측우기기록과 근대의 강우관측기록을 포함한 전체의 기록뿐만 아니라 측우기

관측기록 및 근대 관측기록에 대해 각각 적용해 봄으로써 각각의 특성에 어떤 차이가 있는지도 비교해 볼 수 있도록 하였다.

2. 서울지점 연강수량 자료 특성

조선시대 측우기기록과 근대 관측기록을 포함한 서울지점의 연강수량자료는 그림 1에 나타나 있다. 이 그림에서는 특히 1900년을 전후한 장기간의 건조기에 크게 주목할 수 있는데 정현숙 (1999)의 연구에서 이러한 건조기가 동아시아에 있었던 실재의 현상임을 보여주고 있다. 그러나 이러한 장기간의 건조기는 기록 전체를 놓고 볼 때 1900년 전후로 단 한차례만이 나타나고 있으나 5년 이상의 건조기는 1840년대와 1980년대에도 발견할 수 있다.

정현숙(1999)이 이미 밝힌 바와 같이 근대강우관측 기록과 조선시대의 측우기 기록은 그 평균이 약간 다르게 나타난다. 이러한 차이는 주로 측우기를 이용한 조선시대의 강수관측특성을 반영하는 결과로서 겨울철의 강설로 인한 강수량의 증가분(평균 40mm/년 정도)과 약 2mm이하의 강수량이 관측에서 제외되는 결과(연평균 35-40mm 정도)로 볼 수 있다. 근대 관측자료에 근거하여 이러한 양을 파악해 보면 이는 약 75-80mm 정도가 되고 이는 대략 측우기 관측기록과 근대 관측기록사이의 차이로 나타난다. 또한 두 경우에 있어서 표준편차를 비교해 보면 오히려 건조기 전반부의 경우가 더 크게 나타나고 있는데 이는 조선시대에 오히려 연강수량의 변동이 근대의 경우보다 더 컸음을 나타내는 결과이기도 하다.

전체의 기록 및 건조기의 전반부 및 후반부에 대해 각각 자기상관함수를 그려보면 그림 2와 같다. 그림 2에서 살펴볼 수 있는 것은 먼저 건조기 이전의 관측기록의 경우에는 4년, 9년, 10년, 11년에 상대적으로 큰

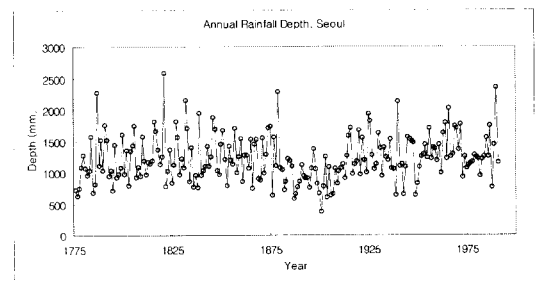


그림 1. 서울지점 연강수량의 변동

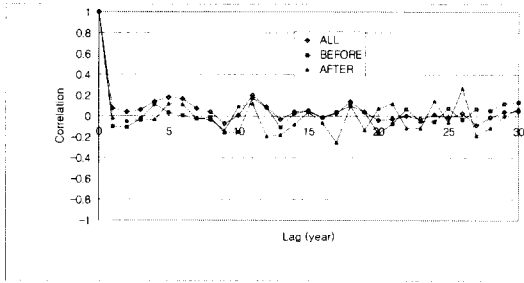


그림 2. 서울지점 연강수량 자료에 대한 자기상관함수

상관을 보여주고 있고 그 중 11년의 경우에 가장 큰 상관을 보이고 있어 흑점의 변동주기와 어느 정도 상관성이 있지 않나 하는 추측을 갖게 한다. 그러나 이러한 특성은 근대 관측기록에서는 일관되게 나타나고 있지 않으며 대략 5년, 6년, 9년, 10년, 11년, 12년, 13년 등에서 상대적으로 큰 상관을 보여주고 있다. 전체 기록을 대상으로 하는 경우에는 3년, 4년, 5년과 11에서 큰 상관을 보이고 있다. 그러나 이러한 자기상관함수는 여타의 연강수량 자료에서와 마찬가지로 절대적으로는 매우 작은 수준으로 연강수량 자료의 장기변동이 상대적으로 매우 큼을 나타낸다고 할 수 있다. 이들 자료에 대한 기본적인 통계특성을 정리하면 표 1과

같다.

3. 과우해의 재현특성 분석을 위한 절단수준의 결정

본 연구에서는 과우해를 정의할 절단수준(truncation level)으로 그 재현 특성이 포아송 분포를 따르는 수준으로 결정하기로 한다. 즉, 과우해의 발생은 독립적이며 그 발생간격이 음의 지수분포를 따르도록 절단수준을 결정한다. 아울러, 이렇게 구한 절단수준보다 더 낮은 절단수준에서는 (즉, 더욱 심한 과우해에 대해서는) 과우해의 발생은 일반적으로 포아송 분포를 따르게 된다 (Ashkar and Rousselle, 1987). 포아송 분포의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$p_i = \lambda^i e^{-\lambda} / i!, \quad i = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

여기서, λ 는 평균발생확률이다.

본 연구에서는 고려한 절단수준은 평균, 평균-0.25표준편차, 평균-0.5표준편차, 평균-0.75표준편차, 및 평균-1.0표준편차이다. 이 경우, 전체 자료를 사용하는 경우와, 1900년을 전후의 장기 건조기의 전반부와 후반부에 대한 과우해의 발생 특성은 표 2 및 3과 같다.

표 2 및 3에 나타난 각각의 경우가 포아송 분포를

표 1. 전체자료, 건조기 및 건조기 전·후반부에 대한 통계특성

Data (period: # of data)	Mean	Std. Dev.	Lag-1 Correlation	Lag-2 Correlation
All (1776-1991: 216)	1219.3	370.5	0.073	0.038
Before Dry Period (1776-1879: 104)	1246.6	386.8	-0.099	-0.109
After Dry Period (1911-1991: 81)	1304.9	330.4	-0.029	-0.058
Dry Period (1080-1910: 31)	899.9	234.6	0.172	-0.182

표 2. 자료 전체 및 건조기 전·후반부에 대한 과우해의 총 발생 횟수

Data (Period: # of data)	Mean	Mean-0.25stdv	Mean-0.50stdv	Mean-0.75stdv	Mean-1.00stdv
All (1776-1991: 216)	121	98	67	45	32
Before Dry Period (1776-1879: 104)	58	52	38	24	16
After Dry Period (1911-1991: 81)	51	39	28	19	11

표 3. 자료 전체 및 건조기 전·후반부에 대한 과우해의 지속기간별 발생 횟수

Duration (years)	All (1776-1991: 216)					Before Dry Period (1776-1879: 104)					After Dry Period (1911-1991: 81)				
	0	0.25	0.5	0.75	1	0	0.25	0.5	0.75	1	0	0.25	0.5	0.75	1
1	26	29	30	22	17	15	21	16	15	12	11	12	8	14	9
2	9	7	11	6	4	7	5	8	3	2	3	2	2	1	1
3	11	9	1	1	1	8	7	2	1		3	5	4	1	
4	3	1	3	2	1						2	2	1		
5	2	1				1					1				
6															
7															
8		1													
9															
10	1														
11		1													
12	1										1				

(표에서 0, 0.25, 0.5, 0.75 및 1은 각각 평균, 평균-0.25표준편차, 평균-0.5표준편차, 평균-0.75표준편차 및 평균-1.0 표준편차의 절단수준을 나타낸다.)

표 4. 절단수준 결정을 위한 Kolmogorov-Smirnov 테스트 결과 (95% 유의수준)

Data (Period: # of data)	Mean	Mean-0.25stdv	Mean-0.50stdv	Mean-0.75stdv	Mean-1.00stdv
All (1776-1991: 216)	rejected	rejected	rejected	accepted	accepted
Before Dry Period (1776-1879: 104)	rejected	rejected	rejected	accepted	accepted
After Dry Period (1911-1991: 81)	rejected	rejected	rejected	accepted	accepted

나타내는 지는 확률밀도함수를 사용하는 χ^2 테스트나 분포함수를 사용하는 Kolmogorov-Smirnov 테스트를 이용하여 간단히 확인할 수 있다. 즉 임의의 시간 t 를 선택하여 그때까지의 발생횟수를 세고 이를 전체 발생횟수로 나누면 이것이 $P[N_t = n]$ 의 상대빈도의 추정치가 되고 이를 위의 테스트를 통하여 포아송 분포에 적합한지를 확인하면 된다. 본 연구에서는 Kolmogorov-Smirnov 테스트를 이용하여 적합성을 파악하였으며 그 결과를 요약하면 표 4와 같다.

표 4에 나타난 결과에 의하면 조선시대의 자료나 근대자료에서 모두 과우해의 재현이 독립적이 되기 위한 절단수준은 평균에서 표준편차의 75%를 뺀 수준으로 결정되고 있음을 알 수 있다. 그러나 평균에서 50%를 뺀 절단수준의 경우도 아주 근소한 차이로 기각됨을 나타내고 있어 (99% 유의수준에 대해서 채택) 최소의

절단수준은 대략 평균에서 표준편차의 50%를 뺀 정도가 될 것으로 판단된다. 이와 같은 절단수준의 결정배경에는 각각의 절단수준에 대해 과우해가 얼마나 연속적으로 나타나고 있는가가 가장 크게 영향을 미치고 있음을 파악할 수 있었으며, 특히 2년 이상 연속된 과우해의 상대 빈도가 큰 경우에 Kolmogorov-Smirnov 테스트에 기각됨을 나타내고 있다. 이는 포아송 분포가 서로 독립된 사상을 표현한다는 가정과 부합되는 결과이기도 하다. 따라서 본 연구의 다음 부분에서는 평균-0.5표준편차, 평균-0.75표준편차 및 평균-1.0표준편차를 절단수준으로 하여 분석해 나가고자 한다.

아울러, 이와 같은 테스트 결과가 조선시대의 자료나 근대자료 및 전체자료에 대해 일관되게 나타나고 있다는 점도 주목할 만하다. 특히, 1900년을 전후로 한 장기 건조기를 포함한 전체 자료에서도 동일한 결

과를 보임으로서 이러한 장기 건조기의 (그러나 절단 수준에 따라서는 장기가 아니라 몇 년 정도의 건조기가 될 수도 있음) 발생이 추계학적으로 아주 예외적인 현상은 아니라는 점에 주목할 필요가 있다.

4. 포아송 과정을 이용한 연속된 과우해의 발생확률 추정

앞 절에서는 과우해의 발생이 서로 독립적이 될 수 있도록 포아송 분포로 나타낼 수 있는 수준으로 절단 수준을 결정하였다. 본 장에서는 이러한 과우해의 발생이 포아송 과정을 따른다고 보고 (실제로 이러한 가정은 이미 포아송 분포를 따르는 절단수준의 결정으로 확인되었음) 과연 연속된 과우해의 발생확률이 어느 정도이며, 아울러 그 재현기간은 어느 정도가 되는지를 추정해 보고자 한다.

익히 알려진 바와 같이 포아송 과정은 연속시간 마코프 연쇄의 한 예로 볼 수 있으며, 이는 시간적으로 무작위하게 어떤 사건이 발생하는 경우 시간간격 t 동안 발생한 사건의 횟수가 시간 t 에 비례하는 모수를 가지는 포아송 분포를 따르는 것으로서 정의할 수 있다 (Parzen, 1962). 즉, t 시간 동안에 어떤 사건이 n 회 발생할 확률은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$p_n(t) = (\lambda t)^n e^{-\lambda t} / n!, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

이때, λ 는 어떤 사건의 발생확률, λt 는 t 시간동안 발생하는 사건의 평균을 나타낸다. 아울러 사건의 간격은 λ 를 모수로 가지는 지수분포를 가지게 된다. 본 연구에서 추정하고자 하는 연속된 과우해의 발생확률도 포아송 과정을 이용하여 추정할 수 있는데, 이는 연속된 과우해가 다름 아닌 t 년 동안에 t 회의 과우해가 발생할 확률과 같기 때문이다. 즉, 연속된 과우해의 발생확률은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$p_t(t) = (\lambda t)^t e^{-\lambda t} / t!, \quad t = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

예를 들어, 1년, 2년, 3년 및 10년 연속 지속된 과우해의 발생확률은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} p_1(1) &= \lambda e^{-\lambda} / 1! \\ p_2(2) &= (2\lambda)^2 e^{-2\lambda} / 2! \\ p_3(3) &= (3\lambda)^3 e^{-3\lambda} / 3! \\ &\vdots \\ p_{10}(10) &= (10\lambda)^{10} e^{-10\lambda} / 10! \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 하나 주목해야 하는 것은 여기에서 계산되는 확률이 t 년에 t 회 발생하는 확률로서 $t+1$ 년의 과우해 발생유무와는 무관하다는 것이다. 따라서, 보다 엄밀히 말하면, 여기에서의 확률은 t 년 이상 지속되는 과우해의 확률로 보는 것이 타당할 것이다. 또한, 이와 같은 확률의 계산이 간단히 하나의 모수 λ 에만 의존하므로 과우해의 발생이 독립이 되도록 적절한 절단수준을 선정하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 모수 λ 는 절단수준에 따른 과우해의 발생횟수를 총 기록년수로 나누어 추정하게 되며 서울지점 연강수량 자료의 경우는 표 5에 정리한 것과 같다. 표 5에 나타난 모수를 이용하여 추정된 연속된 과우해의 발생 확률과 관측치에 나타난 결과를 비교하면 표 6과 같다.

표 6에서 살펴볼 수 있는 것은 먼저 계산 결과가 관측결과에 비해 1년 지속 과우해의 발생 확률을 작게, 그 이상 지속되는 과우해의 발생확률은 약간 크게 추정하고 있다는 것이다. 그러나 전체적으로는 유사한 확률분포를 가지고 있는 것으로 판단된다 (참고 그림 3). 아울러, 과우해의 발생이 독립적으로 이루지는 정도로 절단수준을 선정했기 때문에 아주 장기간 지속되는 과우해는 관측기록에서 찾아볼 수 없었고 절단수준에 따라 2 - 4년 지속까지의 과우해가 관측되었다.

평균-0.5표준편차의 절단수준에서 4년 지속 과우해의 재현기간은 전체자료에 대해 대략 70년 정도로 건

표 5. 각각의 절단수준에 대한 포아송 과정의 모수 λ

Data	mean-0.50stdv	mean-0.75stdv	mean-1.00stdv
All	0.310	0.208	0.148
Before Dry Period	0.365	0.231	0.154
After Dry Period	0.346	0.235	0.136

표 6. n-년 이상 과우해의 발생확률 비교

Duration (years)	All (1776-1991: 216)						Before Dry Period (1776-1879: 104)						After Dry Period (1911-1991: 81)					
	0.5	0.5*	0.75	0.75*	1	1*	0.5	0.5*	0.75	0.75*	1	1*	0.5	0.5*	0.75	0.75*	1	1*
1	.3102	.2274	.2083	.1689	.1481	.1276	.3654	.2534	.2308	.1834	.1538	.1320	.3457	.2448	.2346	.1858	.1358	.1187
2	.0856	.1034	.0532	.0571	.0347	.0326	.1058	.1284	.0433	.0672	.0192	.0349	.1235	.1195	.0309	.0690	.0123	.0282
3	.0231	.0529	.0170	.0217	.0108	.0094	.0192	.0732	.0096	.0277		.0104	.0658	.0660	.0123	.0289		.0075
4	.0139	.0285	.0093	.0087	.0046	.0028		.0440		.0121		.0032	.0123	.0383		.0127		.0021
5		.0158		.0036		.0009		.0272		.0054		.0010		.0229		.0058		.0006
6		.0090		.0015		.0003		.0171		.0025		.0003		.0139		.0027		.0002
7		.0051		.0006		.0001		.0110		.0011		.0001		.0086		.0013		.0001
8		.0030		.0003				.0071		.0005				.0054		.0006		
9		.0017		.0001				.0046		.0003				.0033		.0003		
10		.0010		.0001				.0030		.0001				.0021		.0001		
11		.0006						.0020		.0001				.0014				
12		.0004						.0013						.0009				

(표에서 0, 0.25, 0.5, 0.75 및 1은 각각 평균, 평균-0.25표준편차, 평균-0.5표준편차, 평균-0.75표준편차 및 평균-1.0표준편차의 절단수준을 나타내며, *는 추정된 확률을 나타낸다.)

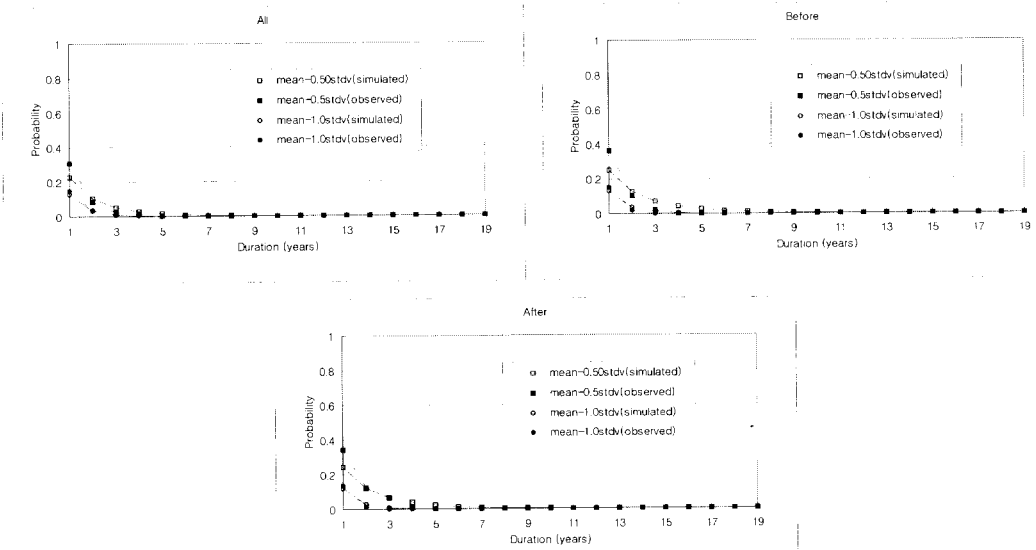


그림 3. 연속된 과우해의 발생확률 비교

조기 후에는 약 80년 정도로 관측되고 있으나 추정된 재현기간은 전체 자료에 대해서는 약 35년 정도 건조기 전 및 후반부에 대해서는 약 25년 정도로 나타나고 있어 추정된 재현 기간이 실제 관측된 것보다 훨씬 작게 나타나고 있음을 파악할 수 있다. 이러한 결과는

절단수준으로 사용된 평균-0.5표준편차가 상대적으로 적절하지 못한 수준일수 있다는 가능성을 나타내는 것이기도 하다.

그러나 절단수준 평균-.75표준편차에서는 4년 지속 과우해의 재현기간이 전체 자료에 대해서는 관측된 재

현기간은 약 107년으로 추정된 재현기간 약 115년과 유사한 값을 나타내고 있으며, 건조기 전반부 및 후반부에 대해서는 관측된 기록은 없으나 추정된 재현기간이 대략 80년 정도로 나타나고 있어 건조기 전반부와 후반부의 경우 특성에 큰 차이가 없음을 짐작할 수 있게 해준다. 상대적으로 아주 낮은 절단수준인 평균-1.0 표준편차에 대해서는 전체 자료에 대해서는 약 350년, 건조기 전반부 및 후반부에 대해서는 각각 310년, 450년 이상으로 나타나고 있어 최근에 들어올수록 극심한 장기건조기의 발생가능성은 오히려 줄어들고 있음을 나타내 주고 있다. 또한 이와 같은 절단수준에 대해 1900년을 전후로 한 장기 건조기가 전체 자료에 미치는 영향이 거의 없다는 것도 위의 결과에서 파악할 수 있다.

5. 과우해의 평균 재현기간

유철상과 김보운 (2000)은 서울지점 연강수량 자료를 여러 가지 절단수준을 이용하여 평년-다우해-과우해로 구분한 후 이러한 계열이 1차 마코프 연쇄 (Markov chain)를 따른다고 가정하고 그 전이확률을 조사해 보았으며, 아울러 ∞ -단계 전이확률을 추정하고 이를 이용하여 평년, 다우해 및 과우해의 평균 재현기간을 추정한다. 이렇게 추정된 재현기간은 본 연구에서의 1년 이상 지속 과우해의 재현기간과 동일한 의미를 가지며 본 연구의 결과를 그들의 결과와 비교하면 표 7과 같다.

표 7에 정리된 결과를 보면 이미 전장에서 언급한 바와 같이 포아송 과정에 의해 추정된 과우해의 재현기간은 관측치보다 크게 나타나고 있으며, 상대적으로 1차 마코프 연쇄에 의해 추정된 과우해의 재현기간이 기록에 나타난 과우해의 재현기간을 더욱 정확히 나타내고 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 그 차이는 절단수준이 더욱 낮아질수록 작아지고 있으며 따라서 과우

해의 발생이 완벽하게 독립인 경우에 아주 유사한 결과를 주게되리라는 것을 짐작하게 해준다. 즉, 과우해의 발생이 과거의 상황에 의존적으로 나타나는 경우 포아송 과정의 적용은 왜곡된 결과를 가져올 수 있음을 알 수 있으며, 따라서 적절한 절단수준 결정의 중요성을 다시 한번 강조할 수 있을 것이다. 이는 포아송 과정의 기본 가정이기도 하다.

6. 요약 및 결론

본 연구에서는 조선시대부터 최근까지의 약 200년간의 서울지점 연강수량 자료에 나타난 현상 중에서 1900년을 전후한 장기건조기와 같이 연속된 과우해에 주목하고 이와 같은 장기간 건조기의 재현 가능성을 추정해 보았다. 과우해를 정의할 절단수준으로는 과우해의 발생이 포아송 분포를 따르는 수준으로, 즉, 과우해의 발생이 독립인 조건을 만족시키는 최소의 수준으로 판단하였다. 검토 결과 절단수준 평균-0.5표준편차에서 99% 유의 수준 정도에서 과우해의 발생이 포아송 분포를 따르는 것으로 확인되었으며, 더 낮은 절단수준에서는 (즉, 더욱 심한 과우해에 대해서는) 95% 유의수준 정도에까지 포아송 분포를 따르는 것으로 확인되었다. 이러한 절단수준은 전체기록에 대해서 뿐만 아니라 1900년을 전후로 한 장기 건조기의 전반부 및 후반부에 대해서도 동일하게 결정되었다. 아울러, 결정된 절단수준이 평균에서 상당히 떨어진 수준으로 결정되었기 때문에 아주 장기간 연속된 과우해는 나타나지 않고 대략 2 - 4년 연속으로 지속된 과우해만이 발생하는 것으로 나타났다.

이렇게 결정된 절단수준에 대해서 연속된 과우해의 발생확률을 포아송 과정에 적용하여 조사하였다. 절단수준 평균-0.5표준편차에서 지속기간에 따른 과우해의 발생확률은 실제 관측된 것보다 크게 나타나고 있어 (즉, 재현기간은 짧게) 사용된 절단수준 평균-0.5표준

표 7. 전체자료 및 건조기 전·후반부에 대한 과우해의 평균 재현기간

Data	Mean-0.5stdv			Mean-0.75stdv			Mean-stdv		
	observed	Poisson	Markov	Observed	Poisson	Markov	Observed	Poisson	Markov
All	3.22	4.39	3.28	4.80	5.92	4.58	6.75	7.84	6.72
Before Dry Period	2.74	3.95	2.68	4.33	5.45	4.33	6.50	7.58	6.77
After Dry Period	2.89	4.08	2.93	4.26	5.38	6.01	7.36	8.42	8.03

편차가 상대적으로 적절하지 못한 수준일수 있다는 가능성을 짐작할 수 있었다. 그러나 평균-0.75표준편차의 절단수준에서는 연속된 과우해의 재현기간이 관측된 재현기간과 유사하게 나타나고 있으며, 건조기 전반부와 후반부의 차이도 그리 크지 않음을 판단할 수 있었다. 아울러, 상대적으로 아주 낮은 절단수준인 평균-1.0표준편차에 대해서는 4년 지속 과우해의 재현기간이 전체 자료에 대해서는 약 350년, 건조기 전반부 및 후반부에 대해서는 각각 310년, 450년 이상으로 나타나고 있어 최근에 들어올수록 극심한 장기건조기의 발생가능성은 오히려 줄어들고 있다고 판단할 수 있었다.

마지막으로, 포아송 과정을 적용해 추정된 과우해의 재현기간과 1차 마코프연쇄를 적용하여 추정된 (유철상과 김보운, 2000) 재현기간 비교에서는 1차 마코프연쇄를 적용해 추정된 과우해의 재현기간이 관측치와 더욱 유사한 결과를 줌을 알 수 있었으나, 과우해의 발생에 독립성이 보장되는 아주 낮은 수준의 절단수준에서는 그 차이가 크게 줄어들고 있어 포아송 과정의 적용을 위해서는 절단수준의 결정에 좀더 신중을 기해야 하며, 본 연구의 경우에 있어서는 평균-0.75표준편차 이하가 이러한 수준이 되는 것으로 판단되었다. 아울러, 이와 같은 절단수준에 대해서 1900년을 전후로 한 장기 건조기가 전체 자료에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 파악되었다.

참 고 문 헌

김 승, 신현민 (1993). 서울지점 강수의 장기간 변

동 성향에 대한 통계학적 검증, 제34회 수공학연구발표회 논문집, 한국수문학회, pp. 264~272.

유철상, 김보운, 노재경 (2000), “서울지역 연강수량 자료에 나타난 다우해 및 과우해의 재현특성에 관한 연구”, 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제33권 3호, pp. 307~314.

정현숙, 임규호 (1994). “서울지역 월강수량과 강수일의 관계”, 한국기상학회지, 한국기상학회, 제28권 2호, pp. 125~132.

정현숙, 임규호, 오재호 (1999). “측우기 관측강수량 자료에 근거한 한반도 건조기에 관한 연구”, '99 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 147~152.

정현숙 (1999). 서울지역 강수량의 시계열에 나타난 시간 변동성의 해석, 서울대학교 박사학위 논문.

Ashkar, F. and Rousselle, J. (1987). Partial Duration Series Modeling under the assumption of a Poissonian flood counts, *J. Hydrology*, Vol. 90, pp. 135~144.

Lim, G.-H. and Jung, H.-S. (1992). “Interannual variation of the annual precipitations at Seoul, 1771-1990, *J. Korean Meteorol. Soc.*, Vol. 28, pp. 487~505.

Parzen, E. (1962). *Stochastic Processes*, Holden-Day, U.S.A.

(논문번호:99-093/접수:1999.11.29/심사완료:2000.07.29)