

서울지점 연강수량 자료에 나타난 다우해 및 과우해의 재현 특성에 관한 연구

A Study on the Recurrence Characteristics of Wet and Dry Years Appeared in Seoul Annual Rainfall Data

유철상* / 김보윤** / 노재경***

Yoo, Chulsang / Kim, Po-Yun / Noh, Jae Kyoung

Abstract

This study is to investigate the recurrence characteristics of wet and dry years using over 200 year records of annual rainfall depth including Chosun Age in Korea. As well as analyzing the correlation structure of the raw data, recurrence trends of wet and dry year has been investigated based on several truncation levels (mean, $\text{mean} \pm 0.25\text{stdv.}$, $\text{mean} \pm 0.5\text{stdv.}$, $\text{mean} \pm 0.75\text{stdv.}$, $\text{mean} \pm \text{stdv.}$). Also the transition probability among wet, dry and normal years has been derived for the same truncation levels, and finally the average return periods based on the steady-state probabilities were obtained. This analysis has been applied to not only the entire data but also partial data set of before- and after-the long dry period around 1900 in order to compare and detect the possible difference between the Chukwooki (an old raingauge invented in Chosun age) and the modern flip-bucket style. As a result, similar pattern of dry and wet year recurrence has been found, but the return period of extremely dry years after the dry period shown longer than that before the dry period. Assuming that the dry and wet years can be defined as $\text{mean} \pm \text{standard deviations}$, respectively, the return period of the wet years is shown to be about 5~6 years and that of the dry years about 6~7 years.

Key words : annual rainfall depth, return period, transition probability, wet year, dry year

요 지

본 연구에서는 조선시대부터 최근까지의 약 200년간의 서울지점 연강수량 자료를 이용하여 다우해 및 과우해의 재현특성에 대해서 살펴보았다. 기본적으로 원자료에 나타난 자기상관특성을 분석함은 물론 몇 개의 절단수준(truncation level)에 대해 다우해 및 과우해의 재현경향이 어떤지를 살펴보았다. 또한 각각의 절단수준에 대해 연강수량을 평년, 다우해 및 과우해로 나누고 각각의 전이확률을 조사하여 봄으로서 궁극적으로는 각각의 경우에 대해 평년, 다우해 및 과우해의 평균재현기간이 얼마나 되는지를 추정해 보았다. 이러한 분석은 조선시대의 측우기기록과 근대의 강우관측기록을 포함한 전체의 기록뿐만 아니라 측우기 관측기록 및 근대 관측기록에 대해 각각 적용해 봄으로서 비교 분석될 수 있도록 하였다. 전체자료를 이용한 결과의 경우 1900년 전후의 건조기의 영향을 제외한다면 건조기의 전반부 및 후반부만을 이용한 결과와 어느 정도 유사한 결과를 줄을 알 수 있었다. 아울러 건조기의 전반부와 후반부에 대한 비교에서는 건조기 후반부의 기록에서, 특히 상대적으로 큰 절단수준에 대해, 과우해의 재현기간이 상대적으로 크게 나타나는 차이를 살펴볼 수 있었다. 대략 평균에서 표준편차(약 370mm) 정도가 벗어난 수준을 다우해 및 과우해의 기준으로 본다면 다우해의 재현기간은 5~6년, 과우해의 재현기간은 6~7년 정도로 과우해의 재현기간이 다우해의 재현기간 보다 약간 길게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 연강수량, 재현기간, 전이확률, 다우해, 과우해

* 고려대학교 환경공학과 조교수

Assistant Prof., Dept. of Environmental Eng., Korea Univ. Choongnam, 339-800, Korea

** 고려대학교 환경공학과 석사과정

Graduate Student, Dept. of Environmental Eng., Korea Univ., Choongnam, 339-800, Korea

*** 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

Senior Researcher, Water Resources Research Institute, KOWACO, Taejon, 305-390, Korea

1. 서 론

수자원계획에 가장 필요한 정보중의 하나는 다음해에 과연 어느 정도의 비가 내릴 것인가 하는 것이다. 그러나 불행히도 이러한 질문에 대한 명쾌한 대답은 기대하기 어렵다. 이는 무엇보다도 연강수량의 변동이 상대적으로 강한 비선형성을 나타내고 있어 선형적인 방법으로는 예측이 사실상 불가능하다는데서 그 원인을 찾을 수 있으나 또 다른 이유로는 예측에 필요한 정보, 좀더 구체적으로는 다우해와 과우해의 재현특성을 단기간의 기록으로부터는 파악하기 어렵다는 점을 들 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때 조선시대 측우기 자료에 관한 정현숙의 연구(1999)는 수자원 분야, 특히 강우현상의 장기적인 특성을 파악하는데 큰 도움이 된다고 판단할 수 있다.

그 동안 측우기 자료를 이용한 연구는 김승과 신현민(1993), Lim and Jung(1992), 정현숙과 임규호(1994) 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 전후로한 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 근대관측자료를 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.

이러한 일련의 연구결과를 통해서 100년이 채 안되는 근대 강우기록이 조선시대를 포함한 200년이 넘는 기록으로 확장되었으며 특히 서울지점의 경우는 대략 1777년 이후부터 근대관측이 시작되기 전인 1907년까지의 100년이 넘는 기록을 보유하고 있는데 이 정도 길이의 자료는 1908년 이후의 근대 관측자료와 더불어 연강수량의 장기 변동특성을 파악하는데 아주 중요하게 사용될 수 있으리라 판단된다.

본 연구에서는 조선시대부터 최근까지의 약 200년간의 서울지점 연강수량 자료를 이용하여 다우해 및 과우해의 재현특성에 대해서 살펴보는 것을 목적으로 한다. 이러한 연구목적을 달성하기 위해 먼저 원자료에

나타난 연강수량의 자기상관특성을 비롯한 기본적인 통계특성에 대해 살펴보고, 몇 개의 절단수준(truncation level)에 대해 다우해 및 과우해의 재현경향이 어떤지를 살펴본다. 또한 이러한 절단수준에 대해 연강수량을 평년, 다우해 및 과우해로 나누어 각각의 전이확률을 조사하여 보고 궁극적으로 각각의 경우에 대한 평년, 다우해 및 과우해의 평균재현기간이 얼마나 되는지를 추정해 보고자 한다. 이러한 분석은 조선시대의 측우기 기록과 근대의 강우관측기록을 포함한 전체의 기록뿐만 아니라 측우기 관측기록 및 근대 관측기록에 대해 각각 적용해 봄으로써 각각의 특성에 어떤 차이가 있는지도 비교 검토해 볼 수 있을 것이다.

2. 서울지점 연강수량 자료

그림 1에 나타난 것이 서울지점의 연강수량자료이다. 이 그림에서는 1900년을 전후한 장기간의 건조기에 크게 주목할 수 있는데 정현숙(1999)의 연구에서 이러한 건조기가 동아시아에 있었던 사실임을 보여주고 있다. 그러나 이러한 건조기는 기록 전체를 놓고 볼 때 1900년 전후로 단 한차례만이 나타나고 있기 때문에 이러한 장기간의 건조기에 대한 어떤 재현특성을 살펴보는 것은 불가능하며, 아울러 전체 기록을 대상으로 어떤 분석을 시도할 경우 이와 같은 장기간의 건조기가 전체의 특성에 어떤 영향을 미칠 수 있음도 예상할 수 있다. 따라서 본 연구도 전체 기록을 대상으로 하는 것 이외에 건조기의 전반부 및 후반부의 특성도 따로 조사, 비교해 봄으로써 각각의 경우에 가능한 특성의 차이를 발견하고 분석하고자 한다.

정현숙(1999)이 이미 밝힌 바와 같이 근대 강우관측 기록과 조선시대의 측우기 기록은 그 평균이 크게 다르다. 그러나 전체시계열에서 비정상적으로 나타나는 건조기를 제외하면 이 차이는 크게 줄어드는데 이 경

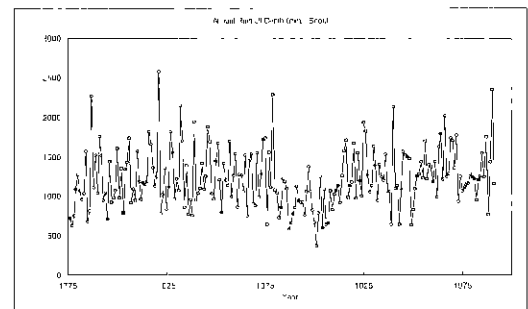


그림 1. 서울지점 연강수량의 변동

우에 있어서의 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 상관을 보여주고 있고 그 중 11년의 경우에 가장 큰 상관을 보이고 있어 폭염의 변동주기와 어느 정도 상관이 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 11년에서 큰 상관을 보이고 있다. 그러나 이러한 자기상관함수는 여타의 연강수량 자료에서와 마찬가지로 절대적으로는 매우 작은 수준으로 연강수량 자료의 장기변동이 상대적으로 매우 큼을 나타내고 있으며, 따라서 Box-Jenkins 방법과 같은 전통적인 선형시계열분석을 통해 연강수량을 적절히 모의하고 예측하는 것이 거의 불가능함을 나타낸다고 판단할 수 있다. 간단히 이들 자료에 대한 기본적인 통계특성을 정리하면 표 1과 같다.

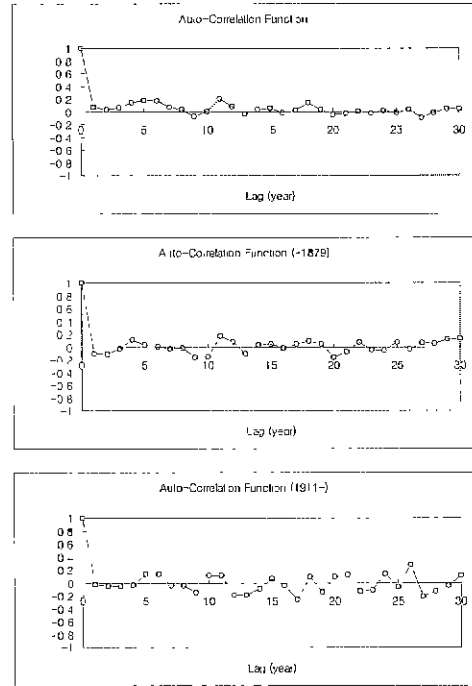


그림 2. 서울지점 연강수량 자료의 자기 상관 특성 : 전체자료(상), 건조기 이전(중), 건조기 이후(하)

3. 다우해 및 과우해의 재현특성 분석

본 연구에서는 다우해 및 과우해의 재현특성이 어떤 지를 5개의 절단수준(truncation level)에 대하여 조사하였다. 먼저, 다우해의 경우 사용된 절단수준은 평균, 평균+0.25표준편차, 평균+0.5표준편차, 평균+0.75표준편차, 평균+표준편차이며, 과우해의 경우에는 평균, 평균-0.25표준편차, 평균-0.5표준편차, 평균-0.75표준편차, 평균-표준편차의 절단수준을 이용하였다. 본 연

표 1. 전체자료, 건조기 및 건조기 전·후반부에 대한 통계특성

	Mean	Std Dev	Lag-1 Correlation	Lag-2 Correlation
All (1777~1991)	1219.3	370.5	0.073	0.038
Before Dry Period (1777~1879)	1246.6	386.8	-0.099	-0.109
After Dry Period (1911~1991)	1304.9	330.4	-0.029	-0.058
Dry Period (1890~1910)	899.9	234.6	0.172	-0.182

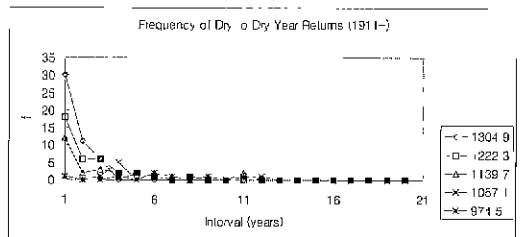
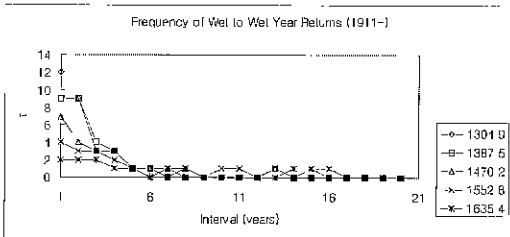
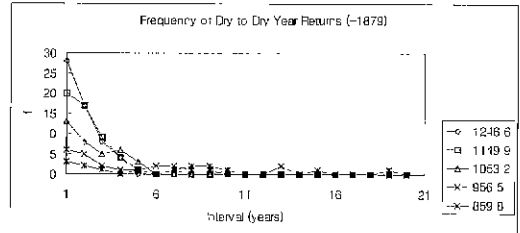
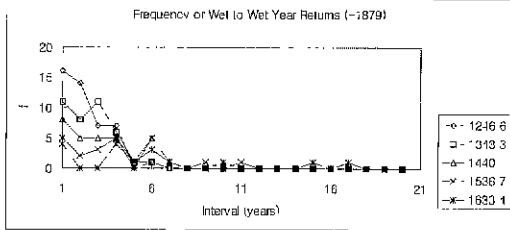
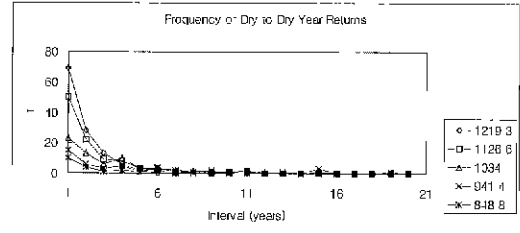
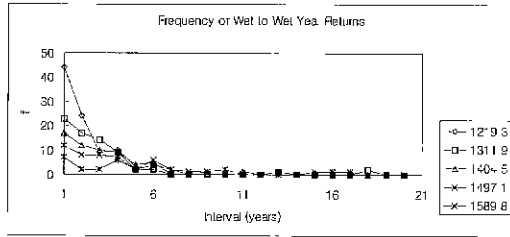


그림 3. 서울지점 연강수량 자료에 나타난
다우해-다우해의 재현빈도 분포:
전체자료(상), 건조기 이전(중),
건조기 이후(하)

그림 4. 서울지점 연강수량 자료에 나타난
과우해-과우해의 재현빈도 분포:
전체자료(상), 건조기 이전(중),
건조기 이후(하)

구에서 조사한 것은 이러한 절단수준이상(다우해의 경우) 또는 이하(과우해의 경우)의 강수해가 재현되는데 걸리는 기간이다. 조사된 결과는 다우해의 경우 그림 3에 각각 측우기 관측자료, 근대 관측자료 및 전체 자료에 대해 나타내었으며 과우해의 경우는 그림 4에 나타내었다. 그림 3과 4에서 먼저 살펴볼 수 있는 것은 어떠한 절단수준에 대해서도 다우해는 다우해로 이어질 가능성이 또한 과우해는 과우해로 이어질 가능성이 가장 크다는 것이다. 아울러, 다우해의 경우에는 특히 높은 절단수준에서 6년에 대해 상대적으로 높은 재현빈도를 나타내고 있으며, 과우해의 경우에는 대체로 4년에 대해 높은 재현 빈도를 나타내나 특히 낮은 절단수준에 대해서는 6년에 대해서도 높은 재현 빈도를 보이고 있다. 이러한 특성은 빈도가 아닌 상대 빈도(확률)로 나타낼 경우 더욱 명확히 파악할 수 있다(그림 5, 6).

이러한 재현특성은 물론 측우기자료와 근대자료에

대해 일관되게 나타나는 것은 아니다. 특히 과우해의 경우는 4년 및 6년의 재현특성이 근대의 관측기록에서는 뚜렷하게 나타나고 있지만 측우기기록에서는 상대적으로 완만하게 나타나고 있으며 다우해의 경우는 오히려 측우기기록에서 아주 뚜렷한 4년 및 6년의 재현 주기를 찾아볼 수 있다. 그러나 모든 경우에 대해서 다우해는 다음해에 다우해로 과우해는 다음해에 과우해로 이어질 가능성이 가장 크게 나타나며, 그러한 경향은 과우해의 경우가 더 강한 것으로 나타나고 있다. 이러한 경향은 과우해로 떨어졌을 경우 과우해로 지속될 가능성이 상대적으로 커서 가뭄이 장기화될 가능성이 상대적으로 큼을 나타내는 결과이기도 하다. 이러한 결과는 측우기기록과 근대기록 모두에서 일관되게 나타나고 있다.

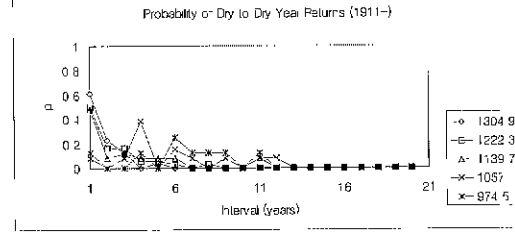
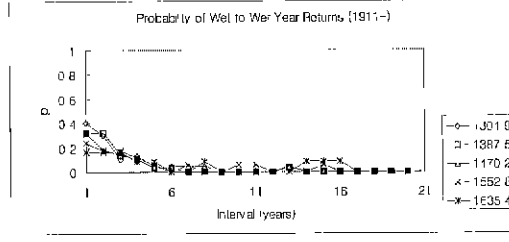
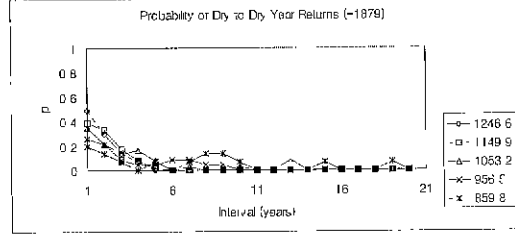
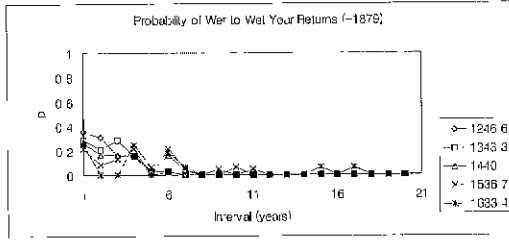
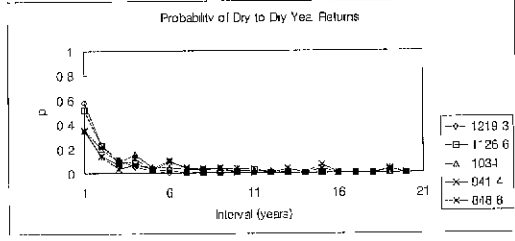
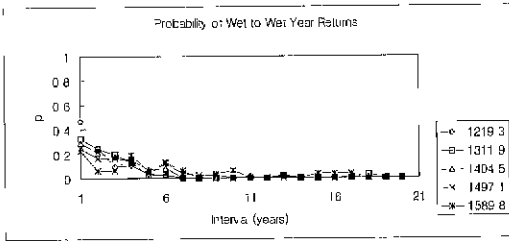


그림 5. 서울지점 연강수량 자료에 나타난
다우해-다우해의 상대재현빈도
확률분포: 전체자료(상), 건조기
이전(중), 건조기 이후(하)

그림 6. 서울지점 연강수량 자료에 나타난
과우해-과우해의 상대재현빈도
확률분포: 전체자료(상), 건조기
이전(중), 건조기 이후(하)

4. 다우해-평년-과우해 사이의 전이확률 분석

그림 2에서 살펴볼 수 있듯이 연강수량계열은 매우 낮은 상관 특성을 보이고 있다. 이러한 계열의 특성을 살펴볼 수 있는 하나의 방법으로 주어진 시계열이 1차 마코프연쇄를 따른다고 가정하고 그 전이확률을 조사해 볼 수 있다. 전이확률은 어떤 상태에서 가능한 다음의 상태로 전이할 수 있는 경우를 확률로 나타낸 것으로 본 연구의 경우는 다우해-평년-과우해 사이의 전이를 예로 들 수 있다. 이때 물론 다우해, 평년 및 과우해의 기준을 어떤 식으로 설정하느냐에 따라 그 확률도 변화한다.

본 연구에서는 전이확률의 결정에 필요한 기준을 앞에서와 같은 절단수준을 이용하여 정하였다. 즉, 절단수준을 평균+표준편차 및 평균-표준편차로 하는 경우, 연강수량이 이 범위에 속하게 되면 평년으로 가정하고

이보다 큰 강수량의 해는 다우해로 이보다 적은 강수량의 해는 과우해로 가정한다. 따라서 본 연구에서는 총 4가지의 경우를 고려하게 되는데 이는 위의 경우를 포함하여 평균을 중심으로 0.25표준편차, 0.5표준편차 및 0.75표준편차를 기준으로 하는 경우이다. 모든 경우에 대해 전이확률은 연강수량 자료를 평년, 다우해 및 과우해로 구분한 후 각각의 경우에 대해 평년, 다우해, 과우해로 전이하는 빈도를 셈하여 계산하게 된다. 이와 같은 분석은 앞 절에서와 마찬가지로 전체기록을 이용한 경우와 1900년을 전후로한 건조기 전반부의 측우기 관측기록과 후반부의 근대 관측기록으로 나누어 수행하였다. 이를 정리하면 표 2, 3, 4와 같다.

먼저 표 2에 나타난 전체자료를 이용한 결과를 살펴보면 평년의 구간을 평균주위로 좁게 잡았을 경우에 (Mean±0.25STDV) 평년에서 다우해로 전이할 확률이 가장 크게 나타나나 다우해나 과우해에서는 과우해로 전이할 확률이 가장 크게 나타난다는 점에 주목할

표 2. 전체자료에 대한 다우해-평년-과우해 사이의 전이확률

	Mean \pm 0.25STDV			Mean \pm 0.5STDV			Mean \pm 0.75STDV			Mean \pm STDV		
	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry
Normal	0.319	0.404	0.277	0.438	0.326	0.236	0.562	0.281	0.157	0.722	0.159	0.119
Wet	0.197	0.324	0.479	0.350	0.283	0.367	0.560	0.240	0.200	0.697	0.212	0.091
Dry	0.184	0.306	0.510	0.377	0.325	0.299	0.556	0.111	0.333	0.594	0.094	0.313

표 3. 건조기 전반부 측우기 관측자료에 대한 다우해-평년-과우해 사이의 전이확률

	Mean \pm 0.25STDV			Mean \pm 0.5STDV			Mean \pm 0.75STDV			Mean \pm STDV		
	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry
Normal	0.077	0.385	0.538	0.441	0.353	0.206	0.571	0.250	0.179	0.718	0.155	0.127
Wet	0.077	0.308	0.615	0.161	0.290	0.548	0.458	0.250	0.202	0.529	0.2294	0.176
Dry	0.173	0.442	0.385	0.395	0.263	0.342	0.542	0.208	0.250	0.688	0.125	0.188

표 4. 건조기 후반부 근대 관측자료에 대한 다우해-평년-과우해 사이의 전이확률

	Mean \pm 0.25STDV			Mean \pm 0.5STDV			Mean \pm 0.75STDV			Mean \pm STDV		
	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry
Normal	0.200	0.467	0.333	0.469	0.344	0.188	0.592	0.224	0.184	0.721	0.180	0.098
Wet	0.241	0.310	0.448	0.391	0.304	0.304	0.556	0.222	0.222	0.615	0.2154	0.231
Dry	0.135	0.378	0.486	0.308	0.231	0.462	0.643	0.286	0.071	0.800	0.100	0.100

만하다. 이러한 특성은 건조기 전반부 및 후반부의 경우에도 유사하게 나타나고 있으며, 특히 건조기 전반부의 경우는 모든 경우에 있어서 과우해로 전이될 확률이 가장 크게 나타나고 있다. 그러나 이러한 특성은 평년의 구간을 넓게 잡았을 경우에는 많이 흐트러져서 대체로 모든 경우에 다음해는 평년정도가 될 확률이 가장 크게 나타난다. 1900년을 전후로한 건조기의 영향은 평년의 구간을 넓게 잡았을 경우 과우해에서 과우해로 전이할 확률이 상대적으로 크게 나타나는 데서 찾을 수 있다.

건조기 전반부와 후반부(표 3과 4)를 비교해 보면, 특히 평년의 구간이 평균 ± 0.5 표준편차보다 큰 경우에 대해, 평년으로 전이될 확률이 건조기 전반부에 비해 후반부에 크게 나타나고 있다는 것을 발견할 수 있다. 이는 건조기 전반부의 연장수량 변동이 건조기 후반부보다 컸음을 의미하며 이는 그림 1에서도 어느 정도 추측할 수 있다.

표 2, 3, 4에 나타난 전이확률은 특히 좁은 평년의 구간을 사용한 경우에 크게 차이가 난다. 그러나 이러한 개개 확률 값의 비교로 전체적인 특성의 차이를 정확히 추정하기는 어려우며 이러한 경우에 유용하게 이용될 수 있는 것이 n-단계 전이확률이다. n-단계 전이확률은 n값이 커짐에 따라 어떤 확률 값에 수렴하게 되는데 이렇게 수렴된 확률 값을 정상상태(steady-state) 확률 또는 극한확률이라 부르며 주어진 시스템의 특성을 나타내게 된다 (Parzen, 1962). 아울러 이러한 특성 확률 값을 이용하면 평년 다우해 및 과우해의 재현특성도 정량적으로 살펴볼 수 있다. 표 2, 3, 4의 경우에 있어서 ∞ -단계 전이확률은 1차 전이확률을 연속적으로 곱하여 구하게 되며 시스템의 특성상 n-값이 5정도 이상이면 수렴된 확률을 나타내게 된다. 예를 들어 전체 자료에 대한 ∞ -단계 전이확률을 계산하면 표 5와 같다.

아울러 건조기의 전반부와 후반부에 대한 ∞ -단계

표 5. 전체자료에 대한 ∞-단계 전이확률

	Mean ±0.25STDV			Mean ±0.5STDV			Mean ±0.75STDV			Mean ±STDV		
	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry
Normal	0.201	0.321	0.479	0.384	0.312	0.304	0.560	0.222	0.218	0.694	0.157	0.149
Wet	0.201	0.321	0.479	0.384	0.312	0.304	0.560	0.222	0.218	0.694	0.157	0.149
Dry	0.201	0.321	0.479	0.384	0.312	0.304	0.560	0.222	0.218	0.694	0.157	0.149

표 6. 전체자료 및 건조기 전·후반부에 대한 극한확률

	Mean ±0.25STDV			Mean ±0.5STDV			Mean ±0.75STDV			Mean ±STDV		
	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry
All	0.201	0.321	0.479	0.384	0.312	0.304	0.560	0.222	0.218	0.694	0.157	0.149
Before Dry Period	0.148	0.408	0.444	0.337	0.290	0.373	0.532	0.237	0.231	0.675	0.174	0.148
After Dry Period	0.170	0.363	0.467	0.376	0.283	0.341	0.595	0.239	0.166	0.713	0.163	0.124

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

	Mean ±0.25STDV			Mean ±0.5STDV			Mean ±0.75STDV			Mean ±STDV		
	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry	Normal	Wet	Dry
All	4.99	3.12	2.09	2.61	3.21	3.28	1.78	4.51	4.58	1.44	6.37	6.72
Before Dry Period	6.76	2.45	2.25	2.97	3.45	2.68	1.88	4.21	4.33	1.48	5.65	6.77
After Dry Period	5.88	2.75	2.14	2.66	3.53	2.93	1.68	4.19	6.01	1.40	6.14	8.03

전이확률도 표 5와 같은 형태로 나타낼 수 있는데 이를 정리하면 표 6과 같다. 여기에서 주목해야 할 것은 ∞-단계 전이확률이 초기의 상태와는 무관하게 나타난다는 것으로 표 5를 통하여 이를 살펴볼 수 있다. 따라서 표 6에서는 전체자료 및 건조기의 전반부와 후반부에 대해 평년, 다우해 및 과우해를 나타낼 확률을 표시하고 있다.

아울러 이러한 극한확률(또는 경상상태확률)은 평년, 다우해 및 과우해 각각에 대한 재현확률을 나타내므로 이 확률의 역수에 해당하는 것이 바로 평균 재현기간이 된다. 각각의 평균 재현기간은 표 7에 정리하였다.

표 5와 6에 정리된 결과를 보면 이미 3장에서 살펴본 다우해 및 과우해의 재현 특성과 어느 정도 일치하는 결과를 파악할 수 있다. 전체자료를 이용한 결과의 경우 1900년 전후의 건조기의 영향을 제외한다면

건조기의 전반부 및 후반부만을 이용한 결과와 어느 정도 유사할 것이라는 것을 판단할 수 있다. 아울러 건조기의 전반부와 후반부에 대한 비교에서는 상대적으로 큰 절단수준에 대해 건조기 이후의 기록에서 과우해의 재현기간이 상대적으로 크게 나타나는 차이를 살펴볼 수 있다.

이러한 결과의 해석에 필요한 것이 다우해나 과우해의 기준이나 그에 대한 통상적인 기준은 설정되어 있지 못한 실정이다. 대략 표준편차(약 370mm) 정도를 벗어난 수준을 다우해 및 과우해의 기준으로 한다면 다우해의 재현기간은 5~6년, 과우해의 재현기간은 6~7년 정도로 과우해의 재현기간이 다우해의 재현기간 보다 김을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 조선시대부터 최근까지의 약 200년간의 서울지점 연강수량 자료를 이용하여 다우해 및 과우해의 재현특성에 대해서 살펴보았다. 이러한 분석은 물론 정현숙(1999)의 연구에서 밝힌 바와 같이 조선시대 측우기의 기록이 상당한 신뢰도를 가지고 있다는 결과에 의존한다. 아울러 본 연구에서의 분석은 조선시대의 측우기기록과 근대의 강우관측기록을 포함한 전체의 기록뿐만 아니라 측우기 관측기록 및 근대 관측기록에 대해 각각 적용해 봄으로서 비교 분석될 수 있도록 하였다. 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 원자료에 나타난 자기상관특성의 분석에서는 고려한 모든 경우에 있어 매우 작은 상관계수를 보이고 있으나 건조기 전반부의 경우는 4, 9, 10, 11년에, 건조기 후반부에 대해서는 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13년에 전체적으로는 3, 4, 5, 11년에 상대적으로 큰 상관특성을 보여주고 있음을 살펴볼 수 있었다.

연강수량 시계열을 몇 개의 절단수준(truncation level)에 대해 살펴본 다우해 및 과우해의 재현특성의 분석에서는 기본적으로 어떠한 절단수준에 대해서도 다우해는 다우해로 이어질 가능성이 또한 과우해는 과우해로 이어질 가능성이 가장 크다는 결과를 살펴볼 수 있었다. 아울러 다우해의 경우에는 특히 높은 절단수준에서 6년에 대해 상대적으로 높은 재현빈도를 나타내고 있으며, 과우해의 경우에는 대체로 4년에 대해 높은 재현 빈도를 나타내나 특히 낮은 절단수준에 대해서는 6년에 대해서도 높은 재현 빈도를 보이고 있음도 살펴볼 수 있었다. 그러나 이러한 재현특성은 측우기자료와 근대자료에 대해 일관되게 나타나는 것은 아니며 근대의 관측기록에서 뚜렷이 나타나는 과우해의 4년 및 6년의 재현특성은 측우기기록에서는 상대적으로 완만하게 나타나고 있으며 측우기 기록에서 뚜렷이 나타나는 다우해의 4년 및 6년의 재현주기는 근대기록에서는 명확히 찾아보기 어려웠다.

마지막으로 각각의 절단수준에 대해 연강수량을 평년, 다우해 및 과우해로 나누고 각각의 전이확률을 조

사하여 봄으로서 궁극적으로는 각각의 경우에 대해 평년, 다우해 및 과우해의 평균재현기간이 얼마나 되는지를 추정해 보았다. 전체자료를 이용한 결과의 경우 1900년 전후의 건조기의 영향을 제외한다면 건조기의 전반부 및 후반부만을 이용한 결과와 어느 정도 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 아울러 건조기의 전반부와 후반부에 대한 비교에서는 건조기 후반부의 기록에서, 특히 상대적으로 큰 절단수준에 대해, 과우해의 재현기간이 상대적으로 크게 나타나는 차이를 살펴볼 수 있었으며 건조기 전반부가 후반부에 비해 연강수량의 변동이 컸음도 살펴볼 수 있었다. 대략 평균±표준편차 정도를 평년으로 본다면 다우해의 재현기간은 5~6년, 과우해의 재현기간은 6~7년 정도로 과우해의 재현기간이 다우해의 재현기간 보다 약간 길게 나타나고 있음을 알 수 있었다

참 고 문 헌

- 김 승, 신현민 (1993). "서울지점 강수의 장기간 변동성향에 대한 통계학적 검증", 제34회 수공학연구발표회 논문집, 한국수문학회, pp. 264~272.
- 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.
- Lim, G. H. and Jung, H. S. (1992). "Interannual variation of the annual precipitations at Seoul", 1771~1990, J Korean Meteor. Soc., Vol. 28, pp. 487~505
- Parzen, E. (1962). Stochastic Processes, Holden-Day, U.S.A.
- (논문번호:99-073/접수:1999.09.10/심사완료:2000.03.13)