

1623~1800년 서울지역의 기상기후 환경*

- '승정원일기'를 토대로 -

이 준 호**

Weather and Climatic Environment of Seoul Area in South Korea during 1623~1800, Reconstructed from

'The Daily Records of Royal Secretariat of Joseon Dynasty(承政院日記)*

LEE, Joon Ho**

요약 : 본 연구에서는 승정원일기에 기록된 매일의 날씨와 기상현상을 토대로 기상기후 정보를 자료화하고 조선왕조실록 등에 기록된 기상 및 천변재이에 관한 정보를 추가 조사하여, 지금까지 연구되지 않은 1623~1800년 기간 서울지역의 기상과 기후 환경을 파악하였다. 1500~1760년은 소빙기에 해당하여 조사기간 서울지역에서는 대부분의 여름이 서늘하였으며 대체로 기상현상의 변화가 심하고 한랭 건조했던 것으로 파악된다. 특히 날씨와 기상현상 및 기후변화가 1650년, 1710년, 1770년을 전후로 현저하게 나타났다. 비와 눈의 일수는 1640년대에 큰 변화를 나타내기 시작해 1650년대~1710년대에 크게 감소하였고, 1710년대 이후 급격히 증가하였다. 계절적으로 여름의 비 일수는 1710년대 말 이후에 급격히 증가하였고, 눈의 일수는 1770년대 중반 이후 크게 감소하였다. 우박 일수는 1720년대 말에 크게 증가해 1760년대까지 계속되었다. 호린 날의 일수는 1710년대를 전후로 여름에는 크게 감소하나 겨울에는 다소 증가하였다. 안개일수는 1770년경 이후에 현대의 평년값보다 적은 일수를 나타내기 시작하였다. 이들 시기는 상대적으로 강화된 한랭화와 건조화의 경향을 따르며, 역사기후학적 비교자료 및 지구과학·생물학적 자료의 연구 결과와도 대체로 일치한다.

주요어 : 승정원일기, 역사기후학, 대용자료, 소빙기, 서울지역, 기상기후 환경, 기후변화

Abstract : This study aims to figure out the weather and climate environment of Seoul area in S. Korea during 1623~1800, which has not been studied so far, by using daily records of weather conditions and meteorological phenomena in the Daily Records of Royal Secretariat of Joseon Dynasty(承政院日記) together with records of abnormal weather conditions and natural disasters in the Annals of the Joseon Dynasty(朝鮮王朝實錄). During 1500~1760 as a period of the Little Ice Age it was generally cold and dry, particularly cool summers of Seoul area. Changes in weather conditions and meteorological phenomena and climate changes appeared prominently at around 1650, 1710, 1770. The annual numbers of rain days and of snow days began to change largely in the 1640s. The rain(and snow) days reduced significantly in the 1710s~1650s, but increased sharply in the 1710s and later. The rain days in summer rapidly increased after the late 1710s, while the snow days greatly reduced after the mid 1770s. The cloudy days around the 1710s greatly reduced in summer, while slightly increased in winter. The hail days increased significantly in the late 1720s and lasted until the 1760s. The fog days began to reduce after 1770 to the fewer days than the climatic normals of 1981~2010. These times are overall consistent with findings of historical climatological cross-checking data and geophysical-biological proxy data, accompanied by a trend of relatively enhanced colder and drier of Seoul area.

Key Words : The Daily Records of Royal Secretariat of Joseon Dynasty(承政院日記), Historical Climatology, Proxy Data, Little Ice Age, Seoul Area, Weather and Climatic Environment, Climate Change.

1. 서론

지구의 기후는 지사의 긴 시간에 걸쳐 끊임없이 변화하였는데, 태양활동의 변화, 지구궤도요소, 화산 활동, 해양의 열염순환 등 자연적 원인에 기인한

장기간의 기후변동성 및 인간의 토지이용, 대기 중 온실기체의 배출 등 인위적 원인에 따른 단기간의 기후변화로 나타났다. 이러한 기후변화는 지구의 환경뿐만 아니라 인류 문명의 흥망성쇠 및 사회, 경제, 문화 등에 매우 중요한 영향을 미쳤다

* 이 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A5B5A07043021)
** 강사, 강원대학교 사범대학 지리교육과(Part-time Lecturer, Department of Geography Education, Kangwon National University)(nantais@nate.com)

(Hulme *et al.*, 1999; Karl and Easterling, 1999; Gowlett, 2001). 이에 과거의 기후변화가 무엇을 의미하며 지구의 환경에 어떤 영향을 주었는지에 관한 고기후 연구가 주목을 받았고, 과거 특정시기의 기상기후 환경은 육상이나 해양의 퇴적물, 동식물의 화석, 나무의 나이테 등 지구물리·생물학적 자료(archives)와 고대의 그림과 문자, 각종 일기, 연대기, 역사적 기록물 등 인문·사회학적 자료(archives) 및 기상관측자료 등의 대용자료(proxy data)를 토대로 재구성되고 있다.

이와 함께 최근 들어 인간이 국지적, 지구적으로 기후에 미친 영향에 관한 실제적인 논의의 중요성 및 이와 관련하여 대용자료를 이용한 장기간 고기후 비교자료의 확보와 구축에 대한 필요성이 더욱 증대되고 있다(Houghton *et al.*, 2001). 그러나 기기를 이용한 관측자료가 길어야 200년을 넘지 않아 비교자료로서 그 기간이 충분히 길지 못하고, 지구물리·생물학적 자료는 지사의 시간규모로 그 기간이 너무나 길고 시간해상도가 매우 낮아 적합하지 않다. 그 결과 기상관측 이전의 인간과 기상기후 환경에 관한 비교자료로 역사시대 날씨에 관한 기록이나 문헌 등을 연구하는 역사기후학(Landsberg, 1981; Herlihy, 1981; Glaser and Walsch, 1991)에 대한 관심이 증가하고 있다.

역사기후학 및 문헌을 이용한 고기후 연구는 주로 유럽이나 동아시아에서와 같이 날씨에 관한 기록이 장기간 남아있는 지역에서만 제한적으로 이루어지고 있다. 유럽의 경우는 서기 1000년 이후의 기후(Le Roy Laudrie, 1972; Frenzel *et al.*, 1992; Bradley and Jones, 1995; Pfister *et al.*, 1998)와 역사기후학(Glaser and Walsch, 1991; Brazdil *et al.*, 2005) 및 1755~97년의 스위스와 1760~2003년의 베른(Pfister, 1975; Gimmi *et al.*, 2007), 1000~1500년의 체코(Brazdil *et al.*, 1995), 폴란드(Przybylak *et al.*, 2010), 중세 이후의 스페인(Martin-Vide and Barriendos, 1995; Rodrigo *et al.*, 1999), 1450~1800년의 아이슬란드(Ogilvie and Jónsson, 2001) 등 국가별, 지역별 기상요소에 관한 연구가 대표적이다. 동아시아의 경우는 한국, 중국, 일본 등을 주축으로 사료(史料)에 기초하여 날씨와 기상현상 및 천변재이 등에 대한 연구(中國氣象局氣象科學研究院, 1981; Wang and

Zhao, 1981; 張德二, 1991, 1995; Zhang, 1989, 1999; Zhang and Crowley, 1989; Wang *et al.*, 2001; Ge *et al.*, 2008; Hirano and Murakam, 2008)가 주류를 이룬다.

한국에서는 대부분이 소빙기에 해당하는 조선시대의 ‘승정원일기(承政院日記)’, ‘일성록(日省錄)’, ‘조선왕조실록(朝鮮王朝實錄)’ 등의 역사기록물이 세계기록유산으로 남아있다. 이들 문헌(국가기록물)에는 한 지점에서 장기간 지속적으로 관측된 기상 정보가 매우 구체적이고 세밀하게 기재되어 있어, 당시 기상과 기후 환경을 복원하고 기후변화 등을 연구하는데 가장 좋은 자료이다. 이들 역사기록물을 이용한 초기의 연구는 주로 풍운기(風雲記), 천변초출등록(天變抄出謄錄), 승정원일기, 일성록(日省錄) 등을 정리한 고기후 복원(和田雄治, 1917; Tada, 1938; Arakawa, 1956)이나 궁내부일기(宮內府日記), 비서원일기(秘書院日記), 동궁일기(東宮日記) 등을 추가로 이용한 1770~1861년의 강수 분석(和田雄治, 1917) 등이 있다. 이후의 연구는 강수 자료에 대한 분석이 주류를 이루어 승정원일기와 일성록을 근거로 월별 강우 일수의 분석(조희구·나일성, 1979)이나 이를 전향사기우록(典享司祈雨錄), 기우기청등록(祈雨祈晴謄錄)과 비교한 1770~1910년의 강우 기록 분석(Hahn, 1970), 1777~1800년의 일별·월별 강우량과 강우 일수의 분석(한상복, 1996), 1800~1908년의 승정원일기와 일성록의 기상과 강우 기록 정리(전중갑, 1996), 1771~1907년의 측우기 자료 복원과 강수량 분석(전중갑·문병권, 1997; 한상복, 1998; 정현숙, 1999; Chun-Ji Kim *et al.*, 2010) 등이 있다. 또한 和田雄治의 자료에 기초하여 1770년대 이후 서울지역의 강수일수 및 강수량 변화가 연구(Tada, 1938; Arakawa, 1956; 정현숙·임규호, 1994; 최광용, 2016)되기도 하였다. 강수 이외의 기상현상에 대한 연구는 주로 조선왕조실록에 근거한 기우제와 기청제, 우박, 서리, 안개, 황사 등의 분석(소선섭·김용현, 1997; 전영신, 1999, 2000; 정현숙 등, 1999; 박정규 등, 2001; 임규호·심태현, 2002)이 있다. 이와 함께 삼국시대부터 조선시대까지의 사료와 역사기록 및 현대적인 통계자료 분석을 토대로 한 한반도와 서울지역의 역사시대 기후 환경 연구(김연옥, 1983, 1984a, 1984b, 1987; 이태진,

1995, 1996; 정용승·봉정원, 1992; 오재호, 1999) 등이 있다.

이에 본 연구에서는 먼저 1623년(인조 원년) 4월 11일부터 1800년(순조 즉위년) 12월 31일까지의 승정원일기에 기록된 매일의 맑음과 흐림, 비와 눈, 강우량, 서리, 안개, 우박, 황사 등 날씨와 기상현상에 관한 정보를 추출해 유형별로 정리해 자료화하고자 한다. 다음으로 이들 기상기후 자료와 함께 조선왕조실록과 '조선고대관측기록조사보고(朝鮮古代觀測記錄調查報告)'에 기록된 기우제와 기청제 및 가뭄, 장마, 홍수 등 천변재이에 대한 정보를 추가로 분석하여 당시 발생한 건습의 정도 및 이상기상(기후) 현상 등을 조사하고자 한다. 그리고 이들 날씨 자료와 여러 기상현상에 관한 정보를 종합하여 1623~1800년 서울지역에서의 기상과 기후 환경을 상세히 파악하고자 한다.

2. 연구자료 및 연구 방법

1) 기상정보로서의 승정원일기

승정원일기는 조선시대 왕명의 출납(出納)과(현대적 의미의) 비서실 기능을 했던 승정원에서 취급한 문서와 사건을 일자별로 기록한 책이다. 현재 1623년(인조 1년)부터 1910년(융희 4년)까지 288년간의 기록이 3,243책으로 남아 있는 가장 상세하고 방대한 세계 최대의 역사기록물(국가 기록물)로, 1999년 4월에 국보 제303호로 지정되었고 2001년 9월에 세계기록유산으로 등재되었다. 승정원일기의 서두에는 연호, 갑자년, 월일시, 날씨가 빠짐없이 매일 기록되었는데, 매일의 날씨가 현재의 날씨 분류체계와 거의 같게 맑음(晴), 흐림(陰), 구름(雲), 비(雨), 눈(雪), 안개(霧), 서리(霜), 우박(雹) 등으로 기재되었다. 또한 날씨의 변동이 심할 때는 '오전에는 맑다가 오후에는 눈이 내렸다(午前晴午後雪)' 등과 같이 하루 중 변화의 시기와 현상이 다양하고 정확하게 기재되어 있다. 비가 내린 경우 강우의 정도가 8단계로 표현되었고, 강우량은 측우기 수심(測雨器水深)으로 측정되어 세밀하게 기록되었다. 그 외 안개는 가시거리가 어느 정도로 끼었는지, 몇 시에 개었는지 등 날씨의 수준도 상세하게 기록되었다. 조선왕조실록의 기상정

보가 이상기상 현상에 제한되어 있는 것과 달리 승정원일기의 기상정보는 장기간 동안 특정 장소에서 관찰한 매일의 기상상태가 누적된 것으로 조선시대 서울지역의 기상과 기후 환경을 복원하여 기후변화의 추이 및 그 특성을 분석할 수 있어 기상기후 환경의 연구에 매우 중요하다.

2) 기상정보의 자료화

승정원일기에서 기상기후 정보를 추출하기 전에 우선 조사기간 동안 일기 자체의 보존 여부(없는 경우 '누락') 또는 기상현상 관련 기록의 유무 여부(없는 경우 '결측')와 그 빈도를 조사하였다. 조사기간 동안 결측 및 누락의 연평균 일수는 9.53일이며, 월평균 일수는 0.67일이다. 결측 및 누락 일수가 가장 많았던 시기는 1623~30년(총 228일), 1771~80년(총 194일), 1661~70년(총 177일), 1691~1700년(총 138일) 등의 순서로 파악된 반면에, 결측 및 누락의 일수가 가장 적었던 시기는 1761~70년(총 13일), 1751~60년(총 19일), 1791~1800년(총 32일) 등의 순서로 확인되었다. 이는 승정원일기가 남아있는 초기(1623~25년)에 여러 달의 결측이 있고, '을병대기근'으로 알려진 1695년(숙종 20년) 2월 11일부터 1696년(숙종 21년) 2월 2일까지는 기록이 남아있지 않으며, 1772년(4월, 7월, 9월), 1777년(7월), 1730년(4월, 7~9월) 등에는 결측 일수가 많기 때문이다. 따라서 통계학적 빈도분석의 유의수준을 고려할 때 이들 결측 및 누락의 정도가 연도별로 5%이하이어야만 자료로서의 가치가 있을 것으로 판단하였고 5%(18.25일) 이상의 결측 및 누락이 있는 해(1623년, 1624년, 1695년 등)는 분석에서 제외하였다.

승정원일기에서 추출한 기상정보는 맑음(晴), 흐림(陰), 비(雨), 눈(雪) 등으로 표현된 매일의 날씨와 측우기 수심에 따른 강수량 및 기상현상이며, 이들을 총 8가지의 유형으로 분류하였고(표 1 참조), 或陰或晴의 경우는 흐림(陰)으로, 或雨或陰의 경우는 비(雨)로, 朝雨夕雪의 경우는 비(雨)와 눈(雪)으로 각각 정리하였다(그림 1 참조). 유형에 따라 일기에 기록된 날씨와 기상현상을 추출하였고, 1981~2010년의 기후표준평년값(이하 현대의 평년값)과 비교할 수 있도록 발췌된 기상정보의

표 1. 승정원일기에 기록된 날씨와 기상현상의 유형 및 표현의 사례

유형	표시	표 현	바 람	날씨와 기상현상의 변화 시기
맑음	晴	晚晴 乍晴 或晴	晴吹東風 晴吹西風	
흐림	陰	乍陰 乍晴乍陰 陰乍晴 陰或晴 或陰或晴 或晴或陰	陰吹東風 或晴或陰吹西風 或陰或晴吹西風 陰吹南風 朝陰吹西風巳時晴	陰晚晴 晴夕陰 朝晴晝晴 朝陰晝晴 朝陰晚晴 朝陰暮晴 朝陰夕晴 朝陰午晴夕陰 朝晴暮陰 朝晴夕陰
비	雨	大雨 乍雨 乍雨乍晴 夕雨 細雨 小雨 晴或雨 晴少雨 陰夕灑雨 陰小雨 陰或小雨 陰或雨 陰灑雨 陰雨 陰下雨 陰雨晚晴 或晴或陰或雨 或雨或陰 或雨或霽 或雨或晴 終日大雨 終日雨 終日陰雨	陰吹東風終日或灑雨	朝雨晚陰 朝雨晚晴 朝雨暮晴 朝小雨晝晴 朝雨夕陰 朝雨夕晴 “朝雷雨夕晴” 朝雨午晴 朝陰暮雨 朝陰晚雨 朝 陰夕雨 朝陰夜雨 朝陰雨晚晴 朝晴晚雨 朝晴晚陰灑雨 曉雨朝晴 朝雨晝晴 朝雨晝陰 曉雨晚晴 曉灑雨晝晴 午雨 午前雨午後晴 午前陰雨午後晴 午前晴夕雨 晴夕雨 午前晴午後風雨 雨午後晴 晝陰夜雨 晝晴夕雨 晝晴夜雨 晴夕小雨 晴夕陰且雨 晴中時雨卽晴 夜雨雷電晝少霽
		測雨器 水深	測雨器水深一寸	夜自二更 始雨 至十四日平明 測雨器水深一寸 夜自三更至初三日味爽 下雨 測雨器水深五分
눈	雪	小雪 雨雪 雨雪交下 陰雪 陰灑雪 晴灑雪 或雪或雨 或雪或陰 或雪或晴 或雪或晴		夜雪 夜雪晝晴 午前晴午後雪 陰雪朝霽 朝雪晚晴 朝雪暮陰 朝雪夕晴 朝雪晝晴 朝雨夕雪 朝晴暮雪 晝陰夜雪 晝晴夜雪
서리	霜	有霜氣 霜氣 下霜		
안개	霧	有霧氣, 沈霧		朝霧 朝霧夕晴 朝霧晴
우박	雨雹	小豆, 大豆, 榛子, 鳥卵		
황사	土雨	四方昏, 若下塵		

(음력)일자를 양력으로 변환해 <그림 1>에서와 같이 자료화하였다. 방대한 기록의 일기에서 이들 기상정보를 발췌하고 유형별로 정리하는 과정에서 매년 매월의 일자에 날씨와 기상현상 및 측우기 수심 등이 정확히 기록되었는지 원문과 대조하며 수차례 반복 점검하였다. 이와 같이 정리된 자료를 토대로 날씨 및 기상현상의 빈도수를 조사하여 서울지역의 기상기후 환경의 특징과 시계열적 변동성 등을 파악하였다.

3) 날씨와 기상현상의 유형별 분석

발췌된 날씨와 기상현상의 유형은 일기에 기록된 일수에 근거하여 발생 빈도 및 그 정도를 파악하였다. 유형별 발생 빈도를 조사기간 전체(1623~1800년) 및 30년 단위 기간(1623~50년, 1651~80년, 1681~1710년, 1711~40년, 1741~70년, 1771~1800년)의 월별, 계절별, 연별, 기간별로 정리하여 당시의 기상기후 조건(상태)을 조사 분석하였다. 또한 조선기상30년보와 현대의 한국기후표(기

상청, 2016) 등과 비교하여 소빙기로 알려진 서울 지역의 기상기후 환경을 파악하였다.

맑음(晴)과 흐림(陰)의 경우, 승정원일기에 기록된 맑음과 흐림에 대한 당시의 관측규정이 현대의 맑음(운량 25% 이하)과 흐림(운량 75% 이상)의 규정과 일치하는지 판단할 수 없지만, 이들이 기록된 일수와 발생 정도는 기상과 기후 환경을 이해하는데 필요하다. 이에 일기에서 결측이 많은 초기의 2년(1623년, 1624년)을 제외한 1625~1800년 전 기간 매일의 일기에서 맑음과 흐림 등의 기상현상을 발췌하여 기록 일수를 발생 빈도로 집계하였고, 현대의 평년값과 비교해 조사기간 서울지역의 기상과 기후 환경을 추정하였다. 비(雨)의 경우, 측우기 관측 이전(1770년)에는 일기에서 비와 관련한 표현(표 1 참조)을 발췌하여 ‘비’의 현상을 파악하였다. 또한 측우기 수심 이전의 강우 상황을 보다 상세히 파악하기 위해 조선왕조실록의 기우기청제 기록 및 조선고대관측기록조사보고의 가뭄과 홍수 등의 기록을 참고하였다. 측우기 수심의 기록이 있는 1770년(영조 46년) 6월 13일부터

일	1월		2월		3월		4월		...
1 ¹⁾	晴 ²⁾	18 ³⁾	晴	20	陰, 有霧氣, 沈霧.	18	陰	19	...
2	晴	19	晴	21	陰	19	晴, 四方昏蒙若下. 春坊日記	20	...
3	晴	20	晴	22	晴	20	晴, 四方濛濛若下塵 春坊日記	21	...
4	晴	21	晴	23	晴	21	晴, 四方濛濛若下塵 春坊日記	22	...
5	晴	22	晴	24	晴	22	晴, 四方濛濛若下塵	23	...
6	晴	23	晴	25	晴	23	晴, 沈霧 四方濛濛若下塵 春坊日記	24	...
7	晴	24	晴	26	陰	24	晴, 有霧氣, 四方濛濛若下塵 春坊日記	25	...
8	晴	25	晴	27	陰	25	陰	26	...
9	晴	26	晴	28	晴, 有霧氣	26	陰	27	...
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	...

1) 매월 양력으로 환산된 날짜, 2) 기상현상(측우기수심 포함) 관련 기록, 3) 승정원일기의 음력 날짜

그림 1. '승정원일기 기상기후 자료집'에 유형별로 정리된 1630년(인조 8년)의 날씨 및 기상현상의 사례

는 강우량을 분석하였는데, 측우기 수심 기록을 해당 일자에 내린 우량으로 간주하고 단위 1푼(分)을 2mm로 환산(전종갑·문병권, 1997)하여 현대의 강수량 평년값과 비교 분석하였다. 또한 비의 일수는 매일의 일기에 '비(雨)'로 표기된 날을 일수로 환산하여 분석하였고, 일기에 흐림이나 맑음으로 기록되어 있어도 측우기 수심의 기록이 있는 날은 비의 일수로 합산하여 분석하였다. 그리고 눈(雪)은 승정원일기에 설(雪), 쇄설(灑雪), 하설(下雪) 등의 표현으로 기록되어 있으나 눈의 깊이(강설량이나 적설량)가 측정되지 않아 눈이 내린 일수만을 분석하였다. 당시 일기에 기록된 '눈이 내린 날(雪)'이 현대의 강설 기준과 일치하는지 여부를 확인할 수 없기 때문에 조사기간 동안 산출된 눈이 내린 일수를 현대의 신적설 일수(≥ 1.0cm)와 비교하였다.

또한 서리(霜), 안개(霧), 우박(雨雹) 및 토우(土雨) 등의 기상현상도 각각 기록된 일수의 빈도를 토대로 분석하였다. 서리(霜)에 관한 분석은 하상(下霜)과 유상기(有霜氣)의 빈도와 함께 매해의 초상(初霜)과 종상(終霜) 일자 및 조사기간의 서리가 가장 이르게 출현한 최초 일자와 가장 늦게 출현한 최만 일자 등을 파악하였다. 안개(霧)가 현대의 관측에서 시정(visibility)이 1km 미만인 것으로 정의되는 것과 달리 당시에는 연기와 비슷하나 연기가 아닌

것(霧氣) 또는 지척을 가리킬 수 없는 것(沈霧) 등으로 규정되었고, 우박(雨雹)은 크기와 형상에 따라 구분되어 팥(小豆), 콩(大豆), 개암(榛子), 새알(鳥卵) 등으로 기록되어 있다. 조사기간 동안 안개가 발생한 일수와 우박이 내린 일수를 발생 빈도로 산출하였고, 이러한 발생 빈도를 평년의 경우와 비교하였다. 토우(土雨)는 사방이 어둡고 티끌이 내린 또는 흙비가 내린 기상현상으로 기술되는데 현대의 관측규정에서 이러한 현상은 황사를 의미한다. 토우(土雨)는 일기에 사방혼(四方昏)과 약하진(若下塵) 등으로 기록되어 있는데, 이들 기록 일수를 빈도로 산출하여 현대의 경우와 비교해 서울지역의 황사 현상을 파악하였다.

3. 결과 및 고찰

1) '맑음, 흐림'의 기상기후 환경

맑음(晴)과 흐림(陰)은 매일의 일조시간과 일사량을 추정할 수 있는 지표로 운량이나 안개의 유무 등에 좌우된다. 조사기간의 일기에 기록된 '맑음'의 빈도는 평년값(연간 101.9일)보다 매우 높아 대체로 평균 260.1일로 산출되었으나, 1672년, 1691~2년, 1721년, 1739~64년, 1772년에 빈도가 낮게 산출되었다. 맑음의 계절별 평균 일수가 겨

울에 69.9일, 가을에 68.9일, 봄에 67.1일, 여름에 54.3일로 산출되어 현대의 평년값이 겨울에 36.3일, 가을에 29.6일, 봄에 26.6일, 여름에 9.5일인 것과 비교해도 빈도가 매우 높다. 특히 서울지역에서 평년의 운량이 여름철 우기와 관련하여 7월, 6월, 8월의 순으로 많이 나타나는 것을 고려할 때, 조사기간의 여름에 맑은 날의 빈도가 높은 것은 당시의 한랭한 기상조건에 따른 낮은 기온과 상대습도로 증발량이 영향을 받아 운량이 감소한 것으로 판단된다. 이는 해당 기간의 가뭄과 기우제의 빈도, 측우기 수심(강우량) 및 건습의 정도 등과도 일치한다.

흐림의 경우, 1625~1800년 기간 서울지역의 월별 흐린 날의 발생 일수는 평균 4.0일이며, 30년 단위 기간에는 1.8일(1771~1800년)에서 5.4일(1681~1710년)로 산출되었다. 또한 30년 단위 기간 흐린 날의 연간 총일수는 평균 20.5일(1771~1800년)에서 64.9일(1681~1710년)로 경년변화가 크며, 전 기간에 걸친 연간 총일수는 평균 47.6일로 산출되었다. 조사기간 전 기간 동안 흐린 날의 일수가 현대 평년값의 월평균 일수(8.6일)와 연간 총일수(103.3일)에 비해 상당히 적은 것으로 산출되었다. 1640년대까지 흐림 일수의 빈도가 비의 경우와 비교해 대체로 비슷하거나 조금 높은 것으로 나타났으나, 1640~1722년에는 흐림의 빈도가 매우 두드러지게 높은 것으로 산출되었다. 1723년부터 이와 같은 빈도가 역전되어, 맑음의 빈도는 낮아지면서 흐림과 비의 빈도가 동시에 증가했다. 1765년부터 맑음과 비의 빈도는 증가하나 흐림의 빈도가 상대적으로 감소하는데, 이는 1720년대~1760년대의 일기가 좋지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 이는 기우제의 빈도가 1620년대~1710년대에 높은 것(전체의 61.1%)과 기청제의 빈도가 반대로 1720년대~1790년대에 높은 것(50.5%)과도 일치한다.

2) '비, 눈, 우량'의 기상기후 환경

서울지역의 강수는 주로 서풍계 바람에 의한 지형성 강수와 화북지방에서 발달한 저기압의 통과 및 장마전선에 의한 수렴대 형성 등에 기인한 것으로 알려져 있다. 1981~2010년 강수량이 0.1mm

이상인 연간 강수일수의 평년값은 108.9일이며, 계절별로 강수일수가 봄에 26.6일, 가을에 25.8일, 겨울에 23.0일로 대동소이하나 여름에는 40.9일로 크게 증가한다. 이에 비해 1623~1800년의 승정원 일기에 기록된 '비(雨)'의 연간 총일수는 조사기간 전 기간 평균 43.7일이며, 계절별로 비 일수가 여름에 20.6일(47.1%), 봄에 10.2일(23.3%), 가을에 9.9일(22.7%), 겨울에 3.0일(6.9%)의 순으로 산출되었다. 5년 이동평균 비 일수의 경년 변동은 1714~26년 기간에 최대 49.8일로 가장 크게 나타나고, 계절별로는 같은 기간의 여름에 가장 크고 현저하게 나타났다(그림 2와 3 참조). 30년 단위 기간으로 산출된 비 일수의 경년변동은 19.5일(1681~1710년)에서 63.8일(1741~70년)로 1710년대를 전후로 가장 큰 것으로 나타났다.

일기에 기록된 '비'의 일수는 현대의 강수일수와 달리 눈, 우박, 서리 등이 내린 일수가 합산되어 있지 않으므로, 현대의 강수일수 평년값에서 눈과 우박이 내린 일수를 제외한 '추정 비(강우) 일수'를 산출하였다. 현대의 '추정 비(강우) 일수' 평년값에 대한 조사기간의 비 일수 편차를 경년변화로 살펴보면, 1710년대 이후에 서울지역에서 비의 출현 빈도수가 급격하게 증가해 비 일수의 편차가 이전의 -55.9일에서 이후의 -21.6일로 크게 감소하였다(그림 2와 표 2 참조). 계절별로도 전체 비 일수의 거의 절반을 차지하는 여름에 비 일수 편차의 경년변화가 가장 현저하고 다음으로 가을과 봄의 순으로 나타난다(그림 3 참조). 여름철 비 일수의 약 43%를 차지하는 7월의 비 일수는 조사기간 전체 평균 8.8일이며 1724년과 1748년의 최대 22일부터 최소 0일(1658년, 1674년, 1678년, 1681년, 1683~85년, 1688년, 1697년, 1699~1700년, 1702~04년, 1706~7년, 1716년, 1718년)까지 그 변화가 매우 크며, 평균(8.8일)보다 적은 해는 1710년대 이전에 25번으로 이후의 9번보다 약 3배나 많은 것으로 산출되었다. 7월의 비 일수 빈도가 1710년대 이전에는 약 5.3일로 이후의 약 12.9일보다 약 41% 적은 데, 이는 7월의 비 일수가 0인 해들 중에서 연간 10일 이하의 비가 나타나는 해가 1674년(1회), 1683~85년(각각 3, 2, 8회), 1688년(10회), 1699년(3회), 1703년(4회), 1704년(10회), 1706~7년(각각 0회), 1716년(9회)인 것

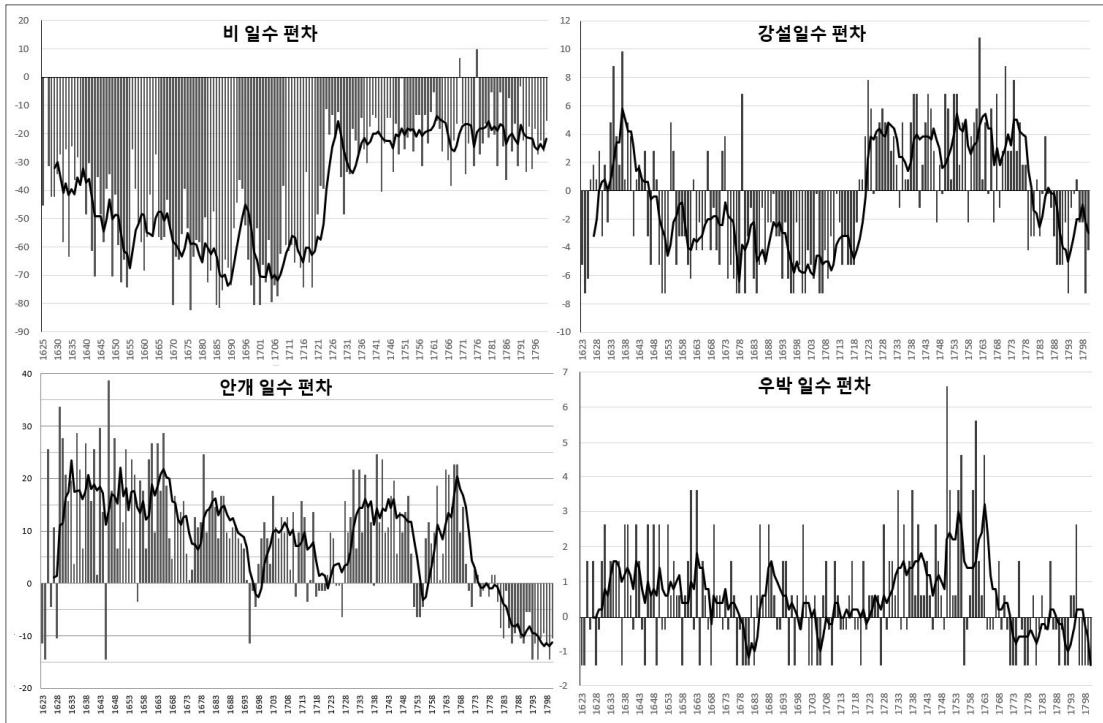


그림 2. 1981~2010년 평년값에 대한 조사기간 서울지역의 연간 비 일수, 강설 일수, 안개 일수, 우박 일수 편차의 경년변화

에서도 확인된다.

비 일수의 빈도가 가장 높은 여름(6~8월)에는 기상현상의 변화가 매우 크고 복잡하여 비(강우)와 관련된 현상을 여러 기상기후 조건과 비교해 고찰하는 것은 어렵다. 그러나 1710년대를 전후로 급변한 7월의 비 일수를 토대로 맑음과 흐림, 가뭄, 장마, 홍수 및 기우기청제 등의 상황을 유추하면 다음과 같다. 먼저 비, 맑음, 흐림의 관계를 살펴보면, 7월의 비 일수와 흐림 일수는 1710년대 이전에 상관계수 -0.29 (이후는 0.03)의 관계를 보이며, 맑음 일수와는 1710년대 이후에 -0.70 (이전에는 -0.01)의 상관계수를 보이고 있다. 맑음, 흐림, 비의 상관관계의 변화에서도 당시의 기상조건이 1710년을 전후로 크게 변화한 것으로 판단된다. 또한 1771~1800년 기간 7월의 비 일수 빈도와 측우기 수심 강우량은 상관계수가 0.76 으로 높은 양의 관계를 나타내는데, 이를 토대로 측우기 수심 기록 이전의 1623~1770년 기간 여름의 강우량 및 강우의 정도(가뭄, 장마, 홍수 등)를 추정해 기우

기청제 기록과 비교하였다. 1710년대 이전에는 7월의 비 일수(평균 약 5.3일)와 기우제 빈도수의 상관계수가 -0.40 으로, 이후에는 비 일수(약 12.9일)와 기청제 빈도수의 상관계수가 0.51 로 산출되었다. 당시 7월에 나타난 2배 이상의 큰 비 일수 변화가 우량의 변화뿐만 아니라 가뭄, 장마, 홍수 및 건습의 정도 등의 변화에 큰 영향을 주었을 것으로 판단된다. 따라서 1710년대를 전후로 서울지역에서 비를 비롯해 기상기후 환경이 크게 변화하기 시작한 것으로 추정된다.

서울지역에서 눈(雪)은 주로 대륙성 한대 기단의 확장과 저기압의 발달에 따라 나타나며 (주로 서해를 건너 불어오는) 기단의 변질이나 지형적 조건에 영향을 받아 내리는데, 24절기로는 입동(立冬)이 지나 첫 눈이 내리는 소설(小雪) 이후에 그리고 입하(立夏) 이전에 나타나는 기상현상이다. 그러나 조선시대 관상감 관측규정의 '눈'이 현대의 눈(눈, 진눈깨비, 소낙눈, 소낙성 진눈깨비, 싸락눈, 가루눈, 눈보라 포함)과 일치하는지 여부를 확

표 2. 조사기간의 서울지역 월별 평균 비 일수와 현대의 강수일수 및 추정 비(강우) 일수 평년값

기간	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	총일수	
30년 단위 기간	1623~1650	1.1 (2.8)	1.0 (2.6)	2.5 (6.4)	3.9 (10.0)	3.1 (8.0)	4.7 (12.1)	7.0 (18.0)	6.2 (15.9)	3.1 (8.0)	2.1 (5.4)	3.0 (7.7)	1.2 (3.1)	3.2 (8.2)	38.9 (100)
	1651~1680	0.6 (2.2)	0.4 (1.5)	1.6 (6.0)	2.0 (7.5)	2.1 (7.9)	2.9 (10.9)	6.1 (22.8)	4.6 (17.2)	2.2 (8.2)	1.4 (5.2)	2.0 (7.5)	0.8 (3.0)	2.2 (8.2)	26.7 (100)
	1681~1710	0.1 (0.5)	0.6 (3.1)	1.8 (9.2)	1.7 (8.7)	1.9 (9.7)	1.6 (8.2)	3.8 (19.5)	3.2 (16.4)	1.9 (9.7)	1.5 (7.7)	1.0 (5.1)	0.4 (2.1)	1.6 (8.2)	19.5 (100)
	1711~1740	0.7 (1.6)	0.6 (1.3)	2.5 (5.5)	4.1 (9.1)	4.4 (9.8)	5.0 (11.1)	9.3 (20.6)	6.9 (15.3)	3.9 (8.6)	3.1 (6.9)	3.1 (6.9)	1.5 (3.3)	3.8 (8.4)	45.1 (100)
	1741~1770	0.5 (0.8)	1.4 (2.2)	3.4 (5.3)	5.2 (8.2)	5.6 (8.8)	7.0 (11.0)	13.5 (21.2)	9.7 (15.2)	6.8 (10.7)	4.0 (6.3)	4.1 (6.4)	2.6 (4.1)	5.3 (8.3)	63.8 (100)
	1771~1800	0.6 (0.9)	1.2 (1.9)	4.0 (6.3)	5.0 (7.9)	5.4 (8.5)	7.5 (11.8)	13.3 (20.9)	9.5 (15.0)	6.7 (10.6)	3.7 (5.8)	4.4 (6.9)	2.2 (3.5)	5.3 (8.3)	63.5 (100)
전 기간	1623~1800	0.6 (1.4)	0.9 (2.1)	2.7 (6.2)	3.7 (8.5)	3.8 (8.7)	4.9 (11.2)	8.9 (20.4)	6.8 (15.6)	4.2 (9.6)	2.7 (6.2)	3.0 (6.9)	1.5 (3.4)	3.6 (8.2)	43.7 (100)
평년	1981~2010	6.5 ¹⁾ (6.0)	5.8 (5.3)	7.4 (6.8)	7.8 (7.2)	9.0 (8.3)	9.9 (9.1)	16.3 (15.0)	14.6 (13.4)	9.1 (8.4)	6.3 (5.8)	8.7 (8.0)	7.4 (6.8)	9.1 (8.4)	108.8 (100)
		0.3 ²⁾ (0.4)	0.5 (0.6)	3.8 (4.6)	7.6 (9.1)	8.8 (10.6)	9.9 (11.9)	16.3 (19.6)	14.6 (17.5)	8.0 (9.6)	6.1 (7.3)	6.3 (7.6)	1.1 (1.3)	6.9 (8.3)	83.3 (100)

()안의 수치는 비 일수와 강우 일수의 비율(%), 1) 현대의 강수일수, 2) 추정된 현대의 비(강우) 일수

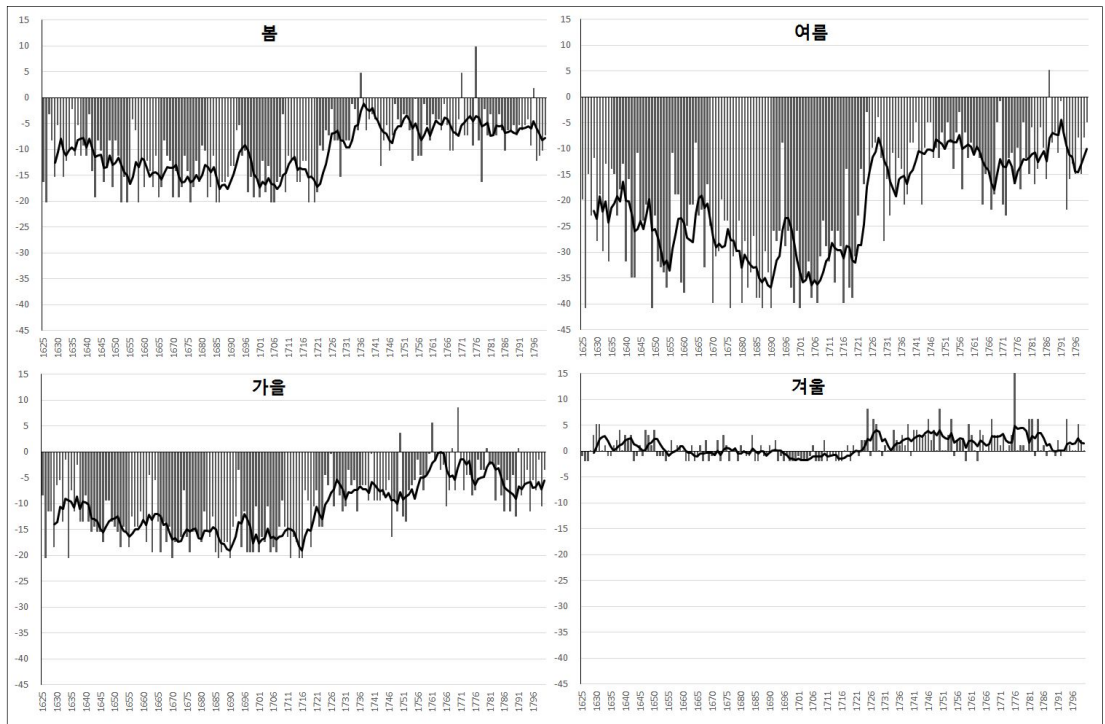


그림 3. 1981~2010년 평년값에 대한 조사기간 서울지역의 계절별 비 일수 편차의 경년변화

인할 수 없어, 조사기간에 눈이 내린 일수는 일기에 기록된 '눈'의 횟수로 산출하였고 이들 눈의 일수를 현대의 신적설($\geq 1.0\text{cm}$) 일수의 평년값과 비교하여 당시의 기상기후 환경을 파악하였다.

지난 70년간 서울지역의 연간 강설 일수는 평균 17.3일이며, 1938~47년의 20.1일에서 1981~2010년의 7.2일로 감소하였다. 이와 달리 조사기간의 1710년대 이전에는 이후보다 눈의 일수가 연간 8회 이상 적게 나타나며, 특히 1680년대~1710년대는 눈 일수의 빈도가 매우 낮게 나타나고 있다. 반면에 1720년대부터 1770년대 초까지는 눈의 일수가 상대적으로 높은 빈도로 나타나며, 1720년대~1760년대에 비의 일수 빈도가 급격히 증가한 것과 유사한 패턴을 보인다(그림 2와 표 3 참조). 서울지역에서 1938~2010년에는 5~10월에, 그리고 1981~2010년에는 4~10월에 강설 현상이 없었으나, 조사기간 전 기간에 걸쳐 4월에도 '눈'이 내린 기록이 나타나 당시 봄이 평년보다 한랭했던 것으로 판단된다. 또한 첫 눈이 내리는 것으로 알려진 소설(小雪)(11월 22일 또는 23일) 이후에는 서울지역의 일평균기온 평년값이 5°C 이하로 내려가기 시작(정효상, 2004)하는데, 10월에도 눈의 기록이 있는 1623~50년, 1711~40년, 1771~1800

년 기간은 늦가을(특히 초겨울)의 일평균기온이 상대적으로 더 낮고 더욱 한랭했던 것으로 판단된다. 또한 봄과 겨울에 내린 눈은 기상학적(기후학적) 계절의 변화를 나타내므로, 당시 서울지역에서 눈의 출현이 가을에는 평년보다 이르게 그리고 봄에는 늦게까지 기록된 것은 겨울이 길고 더 한랭했던 것을 의미한다.

우량(雨量)은 1771~1800년의 측우기 수심 기록을 mm로 환산하여 현대의 강수량 평년값과 비교해 파악하였다. 서울지역에서는 대체로 건계와 우계가 뚜렷하여 현대의 연강수량 평년값의 약 61.5%가 우계인 여름에 내리며 건계인 겨울에는 약 4.6%로 강수가 매우 적게 내린다. 1771~1800년 기간의 연강우량은 평균 941.5mm로 현대의 연강수량 평년값(1450.6mm)보다 35.1%나 적은 것으로 산출되었고, 계절별 강우량도 봄에 146.2mm(평년값의 67.2%), 여름에 594.4mm(66.6%), 가을에 176.1mm(64.4%), 겨울에 24.8mm(66.8%)로 적었다(표 4 참조). 이와 같이 측우기 수심의 강우량이 현대의 강수량 평년값보다 적은 것은 '강수량'이 비, 눈, 우박 등이 0.1mm 이상 내린 경우도 모두 합산된 것인데 비해 '강우량'은 비가 1푼(分) 이상 내린 경우만 일기에 기록되었고 눈과 우박 등이

표 3. 조사기간의 서울지역 월별 평균 눈 일수와 현대의 강설(雪) 일수(신적설 $\geq 1.0\text{cm}$)의 평년값

기 간	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총일수
30년 단위 기간	1623~ 1650	2.5 (30.0)	1.8 (21.4)	0.9 (11.2)	0.1 (1.4)	-	-	-	-	0.1 (1.4)	0.7 (8.4)	2.3 (27.4)	8.3 (100)
	1651~ 1680	1.3 (30.2)	1.0 (23.3)	0.4 (10.1)	0.0 (0.8)	-	-	-	-	-	0.4 (9.3)	1.1 (26.4)	4.3 (100)
	1681~ 1710	0.9 (33.6)	0.6 (21.3)	0.3 (12.5)	0.0 (1.3)	-	-	-	-	-	0.1 (5.0)	0.8 (29.8)	2.8 (100)
	1711~ 1740	2.2 (25.7)	1.5 (17.1)	1.4 (16.3)	0.2 (1.9)	-	-	-	-	0.0 (0.4)	0.6 (6.6)	2.7 (31.9)	8.6 (100)
	1741~ 1770	3.0 (28.6)	2.7 (25.4)	1.8 (16.8)	0.2 (1.9)	-	-	-	-	-	0.8 (7.3)	2.1 (20.0)	10.5 (100)
	1771~ 1800	1.7 (26.8)	1.3 (19.6)	0.6 (9.3)	0.1 (2.1)	-	-	-	-	0.2 (3.1)	0.9 (13.9)	1.6 (25.3)	6.5 (100)
전 기간	1623~ 1800	1.9 (28.6)	1.5 (21.4)	0.9 (13.4)	0.1 (1.7)	-	-	-	-	0.1 (0.8)	0.6 (8.5)	1.8 (26.2)	6.8 (100)
평년	1981~ 2010	2.6 (36.1)	1.6 (22.2)	0.7 (9.7)	-	-	-	-	-	-	0.5 (6.9)	1.8 (25.0)	7.2 (100)

()안의 수치는 눈 일수와 강설 일수의 비율(%)

표 4. 1771~1800년의 서울지역 월별 평균 측우기 수심 강우량 및 현대의 강수량 평년값

기간	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총강수량
1771~1800	5.66 ¹⁾ (2.8) 0.6%	3.94 (2.0) 0.4%	29.8 (14.9) 3.2%	59.6 (29.8) 6.3%	56.8 (28.4) 6.0%	133.3 (66.6) 14.2%	291.8 (145.9) 31.0%	169.3 (84.7) 18.0%	105.9 (52.9) 11.2%	39.1 (19.6) 4.2%	31.1 (15.5) 3.3%	15.2 (7.6) 1.6%	941.5 (470.7) 100%
1981~2010	20.8 ²⁾ 1.4%	25.0 1.7%	47.2 3.3%	64.5 4.4%	105.9 7.3%	133.2 9.2%	394.7 27.2%	364.2 25.1%	169.3 11.7%	51.8 3.6%	52.5 3.6%	21.5 1.5%	1450.6 100%

1) 측우기 수심을 환산한 강우량(단위: mm), 2) 강수량(단위: mm), ()안의 수치는 측우기 수심(단위: 分).

포함되어 있지 않기 때문이다. 이러한 점은 1771~1800년의 일기에 ‘비’의 기록 일수가 측우기 수심 기록의 일수보다 전반적으로 많은 것에서도 확인된다.

우량에 눈, 우박 등이 포함되지 않은 것을 고려해도, 측우기 수심 연강우량의 약 63.2%를 차지하는 여름 강우량이 현대의 평년값보다 약 33.4% 적었다는 것은 1771~1800년 기간 대부분의 해에 연강우량이 평년보다 적었고 현대보다 상당히 건조했던 것으로 판단된다. 또한 측우기 수심 기록 이전의 1623~1770년 기간의 여름 강우와 건습의 정도를 비 일수의 빈도와 강우량의 관계(상관계수 0.76)를 토대로 추정하였다. 1771~1800년이 30년 단위 기간으로 비의 일수가 가장 많은 시기(표 2 참조)임을 고려할 때 1770년 이전의 기간이 상대적으로 훨씬 더 건조했던 것으로 판단된다. 이는 해당 기간에 기우제의 기록이 상대적으로 더 높은 빈도로 나타나는 것으로도 확인된다. 이러한 내용은 다음의 기우제와 기청제의 기록으로 파악된 서울지역의 가뭄, 장마, 홍수 및 건습의 정도에서도 확인할 수 있는데, 조사기간 당시 서울지역의 기상기후 환경이 주로 한랭한 소빙기의 영향 하에 있었기 때문이라고 판단된다.

3) ‘가뭄, 장마, 홍수, 건습’의 기상기후 환경

전술한 맑음과 흐림, 비와 눈의 일수, 측우기 수심 강우량 등의 내용과 함께 조선왕조실록 등에 기록된 천재(天災)의 유무 및 기우제와 기청제의 빈도 등을 통해 1623~1800년 기간 동안 서울지역의 가뭄, 장마, 홍수 및 건습의 정도를 추정해 고찰하면 다음과 같다.

먼저 봄 가뭄과 장마(와 때로 가을장마)의 상황은 조사기간에 기록된 매년의 기청제와 기우제의 빈도 및 이들의 월별 누적일수 빈도를 토대로 파악되었다(표 5 참조). 기온이 점차 상승하기 시작하는 4월부터 강수량이 부족해지고 5~6월에 비가 오지 않아 이 시기에 기우제의 빈도가 가장 높게(총 232회, 전체의 57.2%) 나타나는데, 벼농사를 주축으로 하는 농업에서 모를 내고 벼가 뿌리를 내리는 시기인 5~6월의 강수량이 매우 중요하기 때문이다. 7월부터는 장마로 인해 기우제의 빈도가 상대적으로 감소하나 여전히 높게(총 149회, 36.7%) 나타나는데, 기근의 원인이 주로 가뭄에 있으므로 초여름과 여름(5~9월)에 강수량의 부족에 따른 기우제의 빈도가 높게 나타난다. 한편 8월과 9월에 기청제의 빈도가(기우제와 비교하여 상대적으로 적으나) 높게(총 73회, 75.3%) 나타나는데 여름에 집중적으로 내리는 비가 해에 따라

표 5. 1623~1800년 기간의 월별 기우제 및 기청제 일수의 누적 빈도

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총일수
기우제	1 (0.3)	0	0	3 (0.7)	73 (18.0)	159 (39.2)	75 (18.5)	74 (18.2)	21 (5.2)	0	0	0	406 (100)
기청제	0	0	0	0	1 (1.0)	1 (1.0)	21 (21.6)	42 (43.3)	31 (32.0)	0	1 (1.0)	0	97 (100)

()안의 수치는 비율(%)

변동이 심하여 홍수로 인한 수해와 가뭄으로 인한 한해를 가져오기 때문이다. 10월부터는 기우제와 기청제의 빈도 모두 거의 나타나지 않는다. 기우제의 빈도(총 406회)보다 기청제의 빈도(총 97회)가 크게 낮은 것은 기우제는 비가 올 때까지 계속되는 반면에 기청제는 비가 여러 날 계속 내릴 때 그치기를 기원하며 지냈기 때문에 상대적으로 빈도가 낮게 나타나는 것으로 판단된다.

또한 승정원일기에 대우(大雨), 대수(大水), 폭우(暴雨) 등으로 기록된 홍수는 1400~1859년 동안 서울지역에서 총 176회 발생했다. 늦봄-초가를 시기의 홍수가 전체 홍수의 90%를 차지하며 특히 전체 홍수의 약 70%가 7~8월에 발생했다(和田雄治, 1917). 1623~1800년에는 홍수가 서울지역에서 총 133회(연평균 0.75회) 발생한 것으로 산출되었는데, 5~9월에 발생한 홍수가 전체 홍수의 약 97%를 차지하며 여름(7~8월)에 72.9%로 집중되어 나타났다. 또한 1680년대~1710년대의 홍수는 조사기간 전체 발생한 홍수의 63.1%(총 84회)에 달하며 이 기간에 홍수가 매년 평균 1.95회(최대 4회)로 높은 빈도로 발생한 것으로 산출되었다.

가뭄과 장마 및 홍수의 기록에 근거하여 조사기간 서울지역에서의 건습의 정도를 추정하면, 1674년에는 4~6월에 8회의 기우제와 1회의 기청제가 있었으나 홍수의 빈도가 없어 봄 가뭄이 극심했던 해로 판단된다. 1683년에는 6~7월에 3회의 기우제가 있어서 장마가 늦게 온 것으로 판단되나, 7월에 2회, 8월에 1회의 홍수 빈도가 각각 기록되어 있어 전반적으로 건조하지 않은 것으로 추정된다. 또한 1684년에도 7월과 9월에 각각 2회의 홍수가 있었으나, 8월에만 2회의 기우제가 있어 건조하지 않은 것으로 판단된다. 1685년에는 7월에 홍수가 1회 있었고, 장마 이후 8월은 매우 건조하여 8월 1일~10일에 4회의 기우제가 있었으나, 같은 해 8월 25일 홍수 이후 흐린 날이 많아 9월 9일에 기청제를 지냈고, 9월 11일에 다시 홍수가 기록되고 있어 건조한 해는 아닌 것으로 추정된다. 1688년에는 6월에 1회의 기우제와 7월과 8월에 각각 1회의 홍수가 있어 비의 빈도가 기상현상의 특성을 제대로 반영하지 못하는 것으로 판단된다. 반면에 1699년에는 3~9월에 비의 빈도가 0회이나, 6월 15일~7월 4일에 4회의 기우제가 있고,

7월 10일에 1회의 홍수, 8월 19일에 홍수, 9월 3일에 기청제가 있어 습윤했을 것으로 추정된다. 그러나 1703년에는 1~7월에 단 1회의 비와 7월에 1회의 홍수, 8월에 1회의 기우제가 있어 건조했을 것으로 판단된다. 이와 비교해 1704년에는 5~7월에 7회의 기우제가 있었으며 7월과 8월에 각각 1회의 홍수가 기록되어 건조하지 않았을 것으로 판단된다. 1706년에는 8월에 1회의 기청제, 1707년에는 7월에 1회의 기우제와 8월에 1회의 기청제가 있었고, 1706~7년에는 7월에 각각 1회의 홍수만이 있어 건조했을 것으로 판단된다.

비 일수를 추가로 고려해 건습의 정도를 파악하면, 5~9월에 16회의 기청제가 있었던 1667년에는 비 일수가 20일이고, 홍수의 기록도 없어서 강우량이 매우 적었던 것으로 추정된다. 7월에 비 일수가 20회 이상인 해는 1724년(22회), 1748년(22회), 1770년(20회)이며, 1724년(연간 비 일수가 72회)에는 모든 달에 비 일수가 기록되어 있고, 기우제나 기청제가 전혀 없으며, 홍수의 기록도 전혀 없어 연중 습윤했던 것으로 판단된다. 1748년(연간 비 일수가 67회)에는 1월을 제외한 모든 달에 비 일수가 기록되어 있고, 기우제나 기청제가 전혀 없으며, 홍수의 기록도 전혀 없어 연중 습윤했던 것으로 판단된다. 1770년(연간 비 일수가 90회)의 경우에도 1월을 제외한 모든 달에 비 일수가 기록되어 있고, 특히 6~12월에 측우기 수심이 632푼(分)(약 1,264mm)이며 9월에 1회의 홍수가 기록되어 있어 습윤했던 것으로 판단된다. 1771년 이후의 기간에는 홍수의 출현 빈도가 이전보다 낮아졌다.

4) '서리, 안개, 우박, 황사'의 기상기후 환경

서리(霜)는 초상최저온도가 0°C이하인 경우에 발생하는데, 초가을부터 늦은 봄에 걸쳐 기온의 일교차가 크며 이동성 고기압의 강한 발달에 따라 바람이 없는 맑은 날 야간에 복사냉각이 심하게 일어날 때 형성되기 쉽다. 승정원일기에 기록된 서리는 상강(霜降)(10월 23일 또는 24일) 이후에 그리고 입하(立夏)(5월 5일 또는 6일) 이전에 나타나는 현상으로 서리가 없는 것은 상기(霜氣)로 그리고 두터운 것은 하상(下霜)으로 표현되었다. 이

에 서리(霜), 하상(下霜), 유상기(有霜氣) 등의 표현으로 기록된 서리의 일수를 빈도로 조사하였다. 178년의 조사기간 중 60년의 기간에는 서리 기록이 전혀 나타나지 않고 그나마 1년에 1회 또는 2회로 그 빈도가 매우 불규칙하게 나타나고 있다. 계절별로 서리에 대한 기록은 봄의 경우 4월 중에 1회 있으며, 5월에 내린 경우가 46회나 기록되어 있고, 가을에는 9월 중에 서리가 내린 경우가 19회, 10월에 기록되어 있는 경우가 111회로 조사되었다. 현대의 서울지역에서는 서리가 주로 겨울에 집중적으로 나타나며 봄과 가을의 경우보다 4배 이상 빈번하게 발생한다(한국기후표, 2016). 특히 5월부터 9월까지의 기간에 서리가 내린 경우가 전혀 없으므로 1623~1800년에는 현대보다 기온(특히 최저기온)이 현저히 낮았던 것으로 판단된다. 조사기간 동안 5월 및 9월에 내린 서리(초상과 종상) 일자를 모두 파악할 수 있는 연도는 1650년, 1686년, 1739년 등이며, 이를 통해 제한적이지만 당시 서울지역의 무상기일을 추정하였다. 당시 무상기일은 각각 5월 4일~9월 28일(총 147일), 5월 10일~9월 26일(총 139일), 5월 7일~9월 29일(총 145일)로 현대의 평년값(3월 29일~10월 26일, 총 211일)과 비교해 두 달 이상(각각 64일, 66일, 72일)의 매우 큰 편차를 나타낸다.

조사기간 전체에 걸쳐 서리가 가장 늦게 내린(최만)일자는 1663년 5월 20일이며, 가장 이르게 내린(최초)일자는 1641년 9월 21일이다. 평년의 초상 및 종상 일자와 비교하면, 조사기간의 초상일이 10월 26일에서 10월 8일로 평균 18일이나

이르게 그리고 종상일이 3월 29일에서 5월 12일로 평균 44일이나 늦게 나타나고 있다. 초상 출현 일자의 최초 기록인 1641년 9월 21일은 현대적 기상관측(1908년) 이후의 최초일인 1928년의 9월 26일과 비교하여 5일이나 이르고, 종상 출현 일자의 최만 기록인 1742년 5월 24일은 1926년의 4월 30일과 비교하여 24일이나 늦다. 또한 초상이 1623~1710년에는 평균 10월 3일에서 10월 9일 경에 출현하지만 1711~1800년에는 10월 22일에서 10월 12일 경에 출현하여 이전 기간에 비해 초상이 최대 19일 이상 늦게 출현한 것으로 파악된다(표 6 참조). 초상일이 이르거나 종상일이 늦는 것이 농작물 생산에 큰 피해를 주는 요인임을 고려할 때, 조사기간 동안 서울지역에서의 짧은 무상기일은 상대적으로 긴 겨울을 의미하여 당시 농업 생산에 큰 피해가 있었던 것으로 추정된다. 또한 이와 대조적으로 현대의 무상일수 평년값이 크게 증가한 것은 서울지역의 도시화 및 지구온난화로 인해 일최저기온 0°C 미만의 일수가 크게 감소(Houghton *et al.*, 2001)하여 서리의 발생 빈도가 낮아진 것으로 볼 수 있다.

안개(霧)는 기상조건에 민감하게 반응하여 발생하므로 일기에 기록된 안개의 발생 일수를 현대의 평년값과 비교하는 것은 한계가 있지만, 당시 서울지역의 기상과 기후 환경을 이해하는데 중요하다. 이에 1623~1800년 기간 안개의 발생 빈도를 맑음, 흐림, 비 일수의 빈도와 비교하면 맑음과 흐림 일수의 비율이 상대적으로 높은 1685년경까지는 안개 일수가 상대적으로 높게 나타났고, 이후

표 6. 서울지역의 초상과 종상의 평균 일자 및 최초와 최만 일자

기 간		초 상		종 상	
		평균 일자	최초 일자	평균 일자	최만 일자
30년 단위 기간	1623~1650	10월 3일	1641년 9월 21일	5월 10일	1648년 5월 16일
	1651~1680	10월 7일	1658년 9월 23일	5월 12일	1663년 5월 20일
	1681~1710	10월 9일	1707년 9월 22일	5월 11일	1701년 5월 17일
	1711~1740	10월 22일	1723년 9월 24일	5월 10일	1721년 5월 13일
	1741~1770	10월 11일	1760년 9월 27일	5월 14일	1742년 5월 24일
	1771~1800	10월 12일	1789년 10월 3일	5월 15일	1771년 5월 15일
전 기간	1623~1800	10월 8일	1641년 9월 21일	5월 12일	1663년 5월 20일
평년	1981~2010	10월 26일	1928년 9월 26일	3월 29일	1926년 4월 30일

에 안개 일수는 상대적으로 낮았다가 1710년대 이후 다시 다소 상승하는 경향을 나타내며 1780년대 이후 낮아져 경년변화가 큰 것으로 나타난다(그림 2 참조). 또한 현대 서울지역의 연간 안개 일수의 평년값이 14.4일(월 평균 1.2일)인 것에 비해 조사기간 전체 안개의 연간 총일수는 평균 22.9일(월 평균 1.9일)이고 30년 단위 기간 총일수는 평균 7.8일(1771~1800년)에서 30.9일(1623~50년)로 산출되어 안개의 출현 빈도수가 평년보다 대체로 높으나 안개의 출현은 감소하는 경향을 보인다. 안개 발생의 월별 일수는 조사기간 전체에 걸쳐 2월에 가장 적은 것으로 산출되어, 9월에 안개의 출현 빈도가 가장 낮은 것과 큰 차이를 보이고 있다. 30년 단위 기간 평균으로 월별 최다 일수는 8월(1623~50년, 1651~80년, 1771~1800년), 10월(1681~1710년, 1741~70년), 11월(1711~40년)에 나타나 조사기간의 가을에 안개가 높은 빈도로 출현한 것으로 파악되어 당시 안개의 발생이 일사의 감소에 따른 농작물의 생장(과 재배)에 큰 영향을 주었을 것으로 판단된다.

1981~2010년 서울지역의 안개 발생은 늦봄(5월)부터 증가하기 시작하여 7월에 최다가 되고 이후에 감소하기 시작해 가을에 발생빈도가 가장 낮

은 것으로 파악되며, 안개 일수의 평년값이 여름에 4.6일로 가장 높으며, 봄에 4.1일, 겨울에 3.2일, 가을에 2.5일의 순서로 나타난다. 이들 평년값과 조사기간 안개 일수의 편차를 계절별로 산출해 경년변화를 살펴보면 그림 4와 같다. 안개 일수 편차의 계절별 변화 경향은 평년과 비교해 각 계절 모두 대체로 조사기간 전체에 걸쳐 양의 편차를 나타내지만 1770년대 이후 모든 계절에 음의 편차를 나타내고 있다. 평년과 비교해 조사기간의 가을에는 복사무의 성격이 강한 안개의 발생이 가장 큰 양의 편차를 나타내었고 다음으로 여름, 가을의 순으로 나타나지만 봄에는 편차가 상대적으로 크지 않은 것으로 볼 수 있다. 여름과 겨울의 경우에는 안개 발생의 편차가 증가와 감소를 반복하며 상대적으로 큰 경년변동이 나타나고 있다. 이와 같이 조사기간과 비교해 현대의 서울지역에서 안개의 발생이 월별, 계절별로 편차를 보이는 것은 도시화에 따른 오염 물질의 증가 및 인공열과 복사열의 방출 등 기상조건의 변화가 안개의 발생에 영향을 주기 때문이라고 판단된다.

우박(雨雹)의 경우 승정원일기에는 크기와 형상으로만 구분해 기록되어 현대 기상관측의 언비, 싸락우박, 우박 등과 비교해 당시의 기상현상을

표 7. 조사기간의 서울지역 월별 평균 안개 일수와 현대의 안개 일수 평년값

기 간	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	총일수	
30년 단위 기간	1623~ 1650	2.0 (6.5)	1.3 (4.2)	2.2 (7.1)	1.9 (6.1)	2.2 (7.1)	2.5 (8.1)	3.0 (9.7)	4.7 (15.2)	2.8 (9.1)	3.3 (10.7)	2.7 (8.7)	2.3 (7.4)	2.6 (8.4)	30.9 (100)
	1651~ 1680	1.6 (5.6)	1.2 (4.2)	2.2 (7.6)	1.8 (6.3)	2.1 (7.3)	2.7 (9.4)	2.4 (8.3)	4.2 (14.6)	2.9 (10.1)	2.7 (9.4)	2.7 (9.4)	2.3 (8.0)	2.4 (8.3)	28.8 (100)
	1681~ 1710	1.8 (7.6)	1.6 (6.8)	1.4 (5.9)	1.2 (5.1)	1.8 (7.6)	1.1 (4.7)	1.8 (7.6)	2.7 (11.4)	1.8 (7.6)	3.2 (13.6)	2.6 (11.0)	2.6 (11.0)	2.0 (8.5)	23.6 (100)
	1711~ 1740	1.4 (6.3)	1.1 (4.9)	1.5 (6.7)	1.3 (5.8)	1.8 (8.1)	1.7 (7.6)	1.7 (7.6)	2.3 (10.3)	2.1 (9.4)	2.2 (9.9)	3.3 (14.8)	1.9 (8.5)	1.9 (8.5)	22.3 (100)
	1741~ 1770	1.5 (6.0)	1.5 (6.0)	1.2 (4.8)	0.8 (3.2)	1.6 (6.5)	1.7 (6.9)	1.7 (6.9)	2.4 (9.7)	2.4 (9.7)	3.8 (15.3)	3.4 (13.7)	2.8 (11.3)	2.1 (8.5)	24.8 (100)
	1771~ 1800	0.5 (6.4)	0.4 (5.1)	0.6 (7.7)	0.5 (6.4)	0.6 (7.7)	0.7 (9.0)	0.8 (10.3)	0.9 (11.5)	0.5 (6.4)	0.6 (7.7)	0.8 (10.3)	0.9 (11.5)	0.7 (9.0)	7.8 (100)
	전 기간	1623~ 1800	1.5 (6.6)	1.2 (5.2)	1.5 (6.6)	1.2 (5.2)	1.7 (7.4)	1.7 (7.4)	1.9 (8.3)	2.8 (12.2)	2.1 (9.2)	2.6 (11.4)	2.6 (11.4)	2.1 (9.2)	1.9 (8.3)
평년	1981~ 2010	1.2 (8.3)	1.1 (7.6)	1.2 (8.3)	1.3 (9.0)	1.6 (11.1)	1.6 (11.1)	2.3 (16.0)	0.7 (4.9)	0.5 (3.5)	0.7 (4.9)	1.3 (9.0)	0.9 (6.3)	1.2 (8.3)	14.4 (100)

()안의 수치는 전년에 대한 안개 일수의 비율(%)

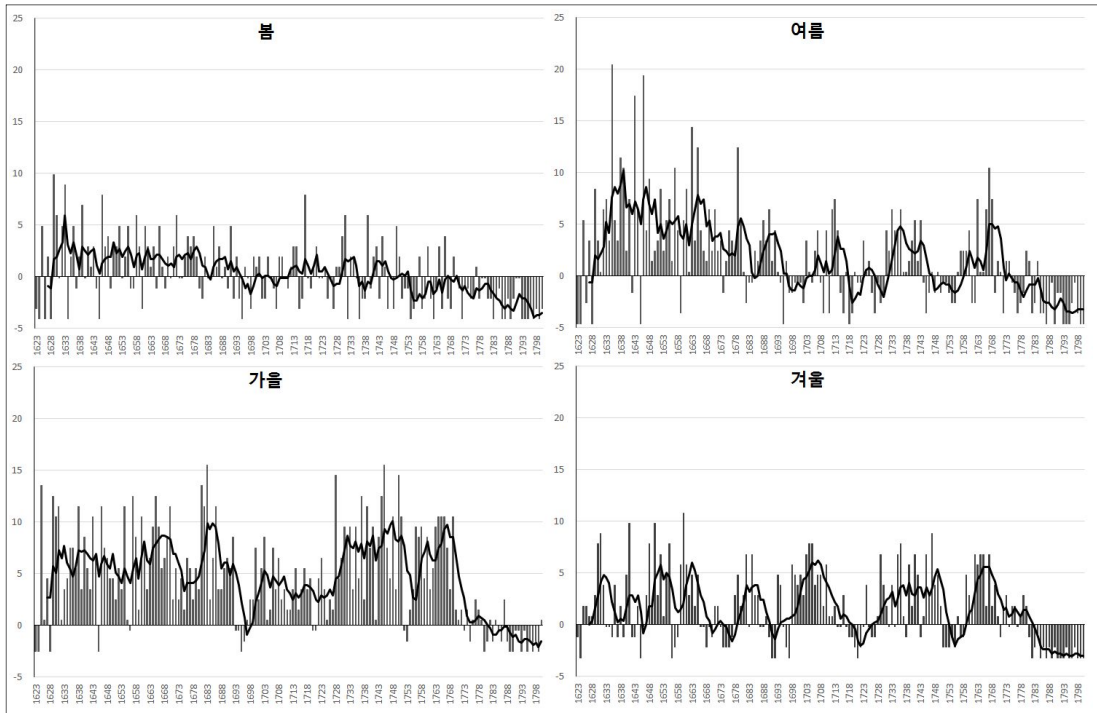


그림 4. 1981~2010년 평년값에 대한 조사기간 서울지역의 계절별 안개 일수 편차의 경년변화

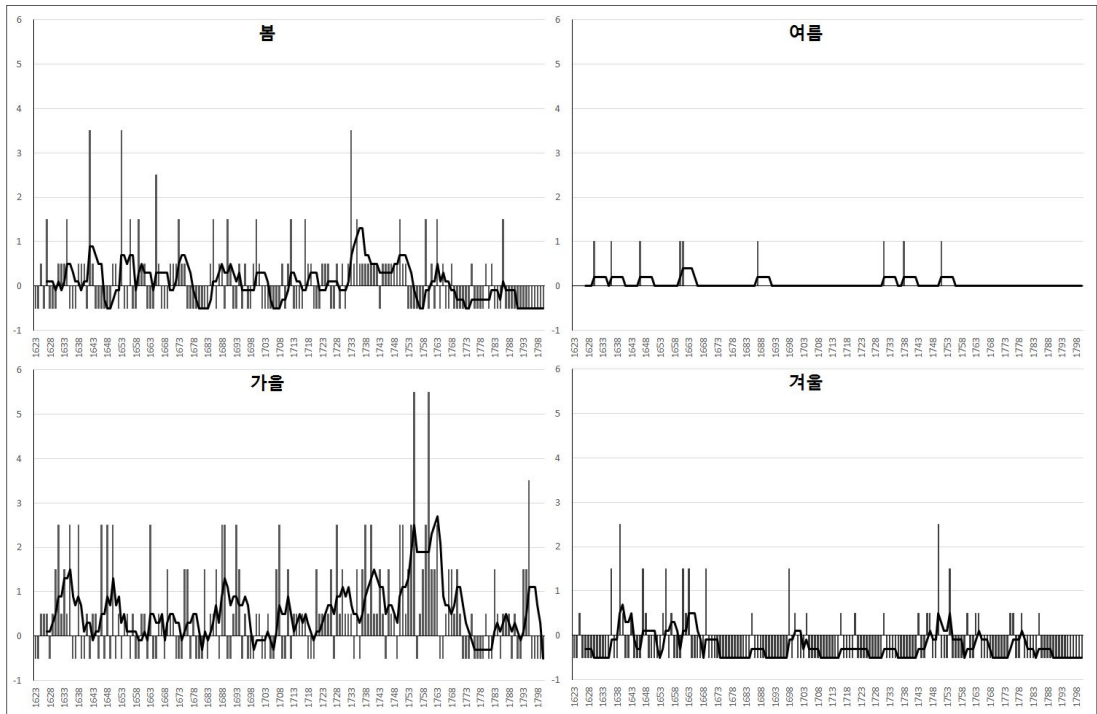


그림 5. 1981~2010년 평년값에 대한 조사기간 서울지역의 계절별 우박 일수 편차의 경년변화

과약하는 것은 한계가 있다. 이에 조사기간 우박의 일수는 일기에 언비(凍雨) 등으로 특별히 기록된 경우를 제외하고 언비, 싸락우박, 우박 등이 모두 포함된 것으로 추정해 과약하였다. 우박 일수를 현대의 평년값과 비교하면 우박이 조사기간 동안 전반적으로 약 30%나 더 많이 내린 것으로 산출되었다. 특히 1741~70년에는 연 평균 우박 일수가 현재(1.5일)보다 약 두 배나 더 많았고(2.7일), 같은 기간의 10월에는 최대 6배, 4월과 11월에는 각각 4배와 3.3배 더 높은 빈도로 우박이 내렸던 것으로 파악된다. 뿐만 아니라 평년과 달리 8월을 제외한 모든 달에 우박이 내렸던 것으로 조사되었다. 서울지역에서 계절별 우박의 출현은 주로 (상층의 한기가 강하게 남하하는) 가을과 봄에 집중되어 높게 나타나는데, 가을에 발생한 우박 일수가 봄의 경우보다 2배나 더 많은 것으로 조사되었다. 조사기간 당시 봄과 가을에 자주 내린 우박은 농작물이 한참 자라기 시작하거나 수확을 앞둔 과수에 치명적인 손상을 입혀 피해가 심각했을 것으로 판단된다. 우박의 연간 총일수는 조사기간 평균 1.9일이며, 30년 기간의 경우 0.8회(1771~1800년)에서 2.7일(1741~70년)로 3배 이상의 큰 편차로 경년 변화한 것으로 파악되었다(그림 5 참조).

마지막으로 토우(土雨)는 사방이 어둡고 티끌이 내린 것 또는 흙비가 내린 것으로 사방혼(四方昏), 약하진(若下塵) 등으로도 기록되어 있는데, 이는 현대의 황사에 해당한다. 토우 등의 일수를 황사의 출현 일수로 환산하여 조사기간 동안 황사의 발생 빈도를 분석하였다. 조사기간 서울지역에서 토우(황사)의 발생은 현대의 평년값과 크게 다르지 않으며 주로 3~5월에 연중 92.0%가 나타났고, 그 중에도 4월, 3월, 5월의 순으로 높은 빈도로 집중되어 나타났다. 이는 서울지역이 중위도 편서풍 지대에 속하여 중국과 몽골의 사막지역 및 황하 중류와 내몽골 고원의 황토지역에서 건조한 황토가 전선 후면의 강한 바람을 타고 날려 오기 때문이다. 현대의 경우와 마찬가지로 조사기간의 여름에는 황사에 관한 기록이 나타나지 않는데, 7~8월에는 서울지역에서 남서풍이 우세하고 비가 자주 내리기 때문으로 판단된다. 황사가 또한 이르게는 2월에, 늦게는 10~12월에도 나타난 경우가 1631년, 1654년, 1727년, 1740년에 기록되어 있

다. 황사가 2년 연속의 빈도로는 1629~30년에 총 11회로 가장 많았고 1661~2년에 10회로 많이 발생했던 반면에 1771년 이후에는 황사와 관련한 기록이 전혀 나타나지 않고 있다.

4. 결론 및 제언

본 연구에서는 승정원일기에 기록된 날씨와 기상현상을 토대로 1623~1800년 기간 서울지역의 기상기후 상태를 복원하였고, 조선왕조실록과 조선고대관측기록조사보고 및 조선기상30년보와 한국기후표의 평년값과 비교하여 당시의 기상기후 환경을 파악하였다.

조사기간에 해당하는 1500~1760년은 지난 1000년간 온도가 낮은 소빙기에 해당하며, 서울지역에서는 대부분의 여름이 서늘하였고 대체로 기상현상의 변화가 심하고 한랭 건조했던 것으로 파악된다. 특히 날씨와 기상현상의 경년변화가 1650년, 1710년, 1770년을 전후로 현저하게 나타나는데, 비 일수와 눈의 일수는 1640년대에 큰 경년변화를 나타내기 시작해 1650년대~1710년대에 크게 감소하였고, 1710년대 이후 급격히 증가하였다. 계절적으로 여름의 비 일수는 1710년대 말 이후에 급격히 증가하고, 눈의 일수는 1770년대 중반 이후 크게 감소하였다. 또한 우박 일수는 1720년대 말에 크게 증가해 1760년대까지 계속되었고, 흐린 날의 발생 정도는 1710년대를 전후로 여름에는 크게 감소하나 겨울에는 다소 증가하였다. 연간 안개일수의 경우 전반적으로 감소하는 경향을 보이지만, 1770년경 이후에 현대의 평년값보다 적은 일수를 나타내기 시작하였다. 전반적으로 이들 시기는 (경우에 따라 다소 시간적 차이가 있지만) 상대적으로 강화된 한랭화와 건조화의 경향을 따르며, 여러 비교자료의 결과와도 그 시기가 대체로 일치한다. 이는 '증보문헌비고' 기록에서의 1551~1650년과 1701~50년 한랭기(김연옥, 1984b; 오재호, 1999) 및 '조선왕조실록' 기록에서의 1660년경 습윤, 1680년경 극심한 건조, 1650년대 높은 빈도의 대우(大雨)와 대설(大雪) 발생, 1640~70년대 서리 발생 빈도의 증가(임규호·심태현, 2002) 등에서도 확인되었다. 또한 지구과학·생물학적 고기후 자료(palaeoclimate archives)를 토대로 복원

된 온도와도 대체로 일치하였는데, 1640~1760년은 과거 1000년 동안 온도가 가장 낮은 기간(Jo, 2003)이었고, 1700~10년은 전 지구적으로 약 1~1.5°C 낮은 시기(Szeicz and MacDonald, 1995)이며 1700~30년은 한반도 중부지방의 온도가 가장 낮은 시기(Park *et al.*, 2000)로 매우 한랭한 기간이었다.

지난 1000년간 동아시아 지역의 기후변화 원인은 주로 태양복사량, 대기 중 화산 에어로졸 변화, 해수의 열염순환 변화 등(Schimmelmann *et al.*, 1988)이며, 조사기간 한반도 및 서울지역의 기상기후 환경의 변화는 주로 1700년경의 태양활동 감소(Druffel, 1982), 히말라야산맥-티베트 고원의 크기와 높이 변화, 북반구 빙하의 부피 변화(Zhisheng *et al.*, 2001)에 기인한 것으로 추정된다. 당시 여름과 겨울에 몬순 강도의 큰 변화가 한반도 지역의 강수량 및 대기 상태의 변화 등을 초래하여 서울지역의 기상기후 환경 변화에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이후의 연구에서는 날씨와 기상현상을 시간해상도를 높여 요소별로 분석하고 이를 토대로 조선 후기 기후변화의 가능한 원인 및 그 영향을 파악해 고찰하고자 한다.

역사기후학적 측면에서 승정원일기를 토대로 한 기상기후 환경에 관한 본 연구 결과는 향후 다음과 같은 주제의 연구로 계속되어야 할 필요가 있다. 1) 현대의 기상관측자료와 달리 역사기후 자료의 정성적인 속성이 갖는 한계점으로 기상기후의 전체적인 특성을 파악하는 것이 용이하지 않으므로, 비교자료에 근거하여 기상기후 환경을 검증하는 지구물리학적 연구가 수반되어야 한다. 2) 승정원일기에서 조사된 강우일수와 강설일수 및 우량이 和田雄治의 자료와 편차가 있으므로, 이에 대한 상세한 연구가 필요하다. 3) 1801년 이후의 일기를 추가로 분석하여 승정원일기 전 기간(1623~1910년)의 매일에 대한 날씨와 기상현상을 복원하고 연구하는 것이 필요하다. 4) 눈, 서리, 얼음 등에 관한 기록이 주로 봄과 겨울의 길이를 나타내 기후학적(기상학적) 계절 및 기후변화의 주요 지표가 될 수 있다. 이를 토대로 조사기간 및 현대 서울지역에서의 장기간 기상기후 및 도시환경 등의 변화를 상세히 고찰하는 것이 필요하다. 5) 기상기후 상태 및 이들 변화는 인간생활과 밀접히

관련되어 있으므로, 당시의 기상기후 환경을 토대로 조선후기 정치, 산업, 경제, 사회, 문화 등에 대한 다양한 연구가 요구된다.

사사

이 논문에 사용한 서울지역의 날씨 및 기상현상에 관한 승정원일기 자료는 경희대학교 고(故)김중규교수와 이준호박사의 ‘승정원일기 기상기후 자료집(2016년 출판예정)’을 토대로 하였음.

문헌

- 국사편찬위원회, 조선왕조실록(朝鮮王朝實錄) <http://sillok.history.go.kr/main/main.do>
- 국사편찬위원회, 승정원일기(承政院日記) <http://sjw.history.go.kr/main/main.jsp>
- 기상청, 2016, 한국기후표(1981~2010), p.632.
- 김연옥, 1983, 한국 고대의 기후환경, pp.231-273, 이찬박사화갑기념논집간행회, 지리학의 과제와 접근방법(이찬박사화갑기념논집), 교학사, p.614.
- 김연옥, 1984a, 고려시대의 기후환경: 사료분석을 중심으로, *이화여자대학교 한국문화연구원(논총)*, 44, pp.113-135.
- 김연옥, 1984b, 한국의 소빙기 기후 - 역사 기후학적 접근의 일시론 -, *지리학과 지리교육*, 14, pp. 1-16.
- 김연옥, 1987, 조선시대의 기후환경 - 사료분석을 중심으로, *지리학논총*, 14, pp.411-423.
- 박정규, 황재돈, 전영신, 2001, 조선왕조실록에 기록된 강수현상, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences 한국기상학회지*, 37, pp.433-441.
- 조선섭, 김용현, 1997, 조선왕조실록에 나타난 조선시대의 강수, 기우제와 기청제, 우박, 서리 및 안개, *한국기상학회 학술대회 논문집*, 한국기상학회 1997년도 정기총회, 초청강연 및 가을학술 발표회 행사일정 및 초록, 10, pp.161-164.
- 오재호, 1999, 기후학 II-변화하는 기후, 아르케, p.461.
- 이태진, 1995, 소빙기(1500~1750)의 천체 현상적 원인 -『조선왕조실록』의 관련 기록 분석-, *국사관논총*, 72, pp.89-126.

- 이태진, 1996, 소방기(1500~1750) 천변재이 연구와 《조선왕조실록》, *역사학보*, 149, pp.203-236.
- 임규호, 심태현, 2002, 조선왕조실록의 기상현상 기록 빈도에 근거한 기후, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences 한국기상학회지*, 38, pp. 343-354.
- 전종갑, 1996, 측우기 관측 강우량 자료집(수정판), 서울대학교 자연과학대학 대기과학과, p.463.
- 전종갑, 문병권, 1997, 측우기 강우량 자료의 복원과 분석, *한국기상학회지*, 33, pp.691-707.
- 전영신, 1999, 조선왕조실록에 나타난 황사현상, *한국기상학회 학술대회 논문집*, 한국기상학회 1999년도 정기총회, 초청강연 및 가을 학술발표회, 1999. 10, pp.80-81.
- 전영신, 2000, 조선왕조실록에 나타난 황사현상, *한국기상학회지*, 36, pp.285-292.
- 정용승, 봉정원, 1992, 한국의 기후환경 자료조사, 한국과학재단, p.32.
- 정현숙, 1999, 서울지역 강수량의 시계열에 나타난 시간 변동성 해석, 이학박사학위논문, 서울대학교 자연과학대학, 대기과학과, p.134.
- 정현숙, 임규호, 1994, 서울지역 월 강수량과 강수일수, 1770~1907, *한국기상학회지*, 30, pp.487-505.
- 정현숙, 임규호, 김호, 1999, 조선왕조실록의 기록에 근거한 조선시대 기상현상의 발생 빈도 분석, *한국기상학회 학술대회 논문집*, 한국기상학회 1999년도 봄 초청강연 및 학술발표회, 4, pp. 241-242.
- 정효상, 2004, 한국의 기후, 기상청 기상연구소, p.419.
- 조선총독부관측소, 1935, 조선기상30년보, p.274.
- 조희구, 나일성, 1979, 18세기 한국의 기후변동: 강우량을 중심으로, *동방학회지*, 22, pp.83-103.
- 중앙기상대, 1982, 한국기후표(1951~1980), p.632.
- 최광용, 2016, 조선 중기 이후 서울의 장마철 강수 평균과 극한강수현상의 변화, *대한지리학회지*, 51, pp.23-40.
- 한상복, 1996, 측우기의 발명과 국가관측망, 한수당자연환경연구원, p.374.
- 한상복, 1998, 한국의 우량관측역사, 한수당자연환경연구원, p.429.
- 張德二, 1991, 中國的小冰期氣候及其與全球變化的關係, *第四紀研究*, 2, pp.103-112.
- 張德二, 1995, 國歷史文獻中的高分辨高氣候記錄(High Resolution Records Available from Chinese Historical Documents), *第四紀研究*, 1, pp.75-81.
- 中國氣象局氣象科學研究院, 1981, 中國近五百年旱濕分布圖集, 地圖出版社, p.119.
- 和田雄治, 1917, 朝鮮古代觀測記錄調查報告, 朝鮮總督府觀測所, p.201.
- Arakawa, H., 1956, On the Secular Variation of Annual Totals of Rainfall at Seoul, from 1770 to 1944, *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B* (Allgemeine und Biologische Klimatologie), Band 7, 1956, pp. 205-211.
- Bradley, R.S. and P.D. Jones(eds.), 1995, *Climate since AD 1500*, Routledge, p.724.
- Brazdil, R., and O. Kotya, 1995, History of Weather and Climate in the Czech Lands, Periods 1000-1500, *Züricher Geographische Schriften*, 62, p.260.
- Brazdil, R., C. Pfister, H. Wanner, H. von Storch and J. Luterbacher, 2005, Historical climatology in Europe - the state of the art, *Climatic Change*, 70, pp.363-430.
- Druffel, E.M., 1982, Banded Corals: Changes in Oceanic Carbon-14 during the Little Ice Age, *Science*, 218, pp.13-19.
- Frenzel, B.(ed.), 1992, Special Issues: ESF Project "European Paleoclimate and Man" 2, *Paleoclimate Research*, 7, Akademie der Wissenschaften und der Literatur·Mainz, p.265.
- Ge, Q., J. Zheng, Y. Tian, W. Wu, X. Fang and W.-C. Wang, 2008, Coherence of climatic reconstruction from historical documents in China by different studies, *Int. J. Climatol.*, 28, pp.1007-1024.
- Gimmi, U., J. Luterbacher, C. Pfister, and H. Wanner, 2007, A Method to Reconstruct Long Precipitation Series using Systematic Descriptive Observations in Weather Diaries: the Examples

- of the Precipitation Series for Bern, Switzerland (1760~2003), *Theor. Appl. Climatol.*, 87, pp. 185-199.
- Glaser, R. and W. Walsch(eds.), 1991, *Historical Climatology in Different Climatic Zones-Historische Klimatologie in verschiedenen Klimazonen*, Würzburger Geographische Arbeiten 80, p.251.
- Gowlett, J.A.J., 2001, Out in the Cold, *Nature*, 413, pp.33-34.
- Hahn, Sangbok D, 1970, On the Precipitation Records in Seoul for 200 Years Long, *the Annual Review of the Korean National Committee for IUGG*, pp.9-21.
- Herlihy, D., 1981, Climate and Documentary Sources: A Comment, pp.133-137, In: Rotberg, I.R. and T.K. Rabb(eds.), 1981, *Climate and History - Studies in Interdisciplinary History*, Princeton University Press, p.280.
- Hirano, J. and T. Mikami, 2008, Reconstruction of Winter Climate Variations during the 19th Century in Japan, *Int. J. Climatol.*, 28, pp.1423-1434.
- Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dal, K. Maskell and C.A. Johnson, 2001, *Climate Change 2001: The Science Basis*, Cambridge University Press, p.881.
- Hulme, M., E.M. Barrow, N.W. Arnell, P.A. Harrison, T.C. Johns and T.E. Downing, 1999, Relative Impacts of Human-Induced Climate Change and Natural Climate Variability, *Nature*, 397, pp.688-691.
- Jo, S.H., 2003, The Long-Term Temperature during the Last 1000 Years in DPRK, *International Symposium on Climate Change*, Beijing, China, 31 March-3 April, 2003, pp.121-122.
- Karl, T.R. and D.R. Easterling, 1999, Climate Extremes: Selected Review and Future Research Directions, *Climatic Change*, 42, pp.309-325.
- Kim, C.-J, Q. Weihong, H.-S. Kang, and D.-K. Lee, 2010, Interdecadal Variability of East Asian Summer Monsoon Precipitation over 220 Years(1777~1997), *Advances in Atmospheric Sciences*, 27, pp.253-264.
- Landsberg, H.E., 1981, Past Climates from Unexploited Written Sources, pp.51-62, In: Rotberg, I.R. and T.K. Rabb(eds.), 1981, *Climate and History - Studies in Interdisciplinary History*, Princeton University Press, p.280.
- Le Roy Laudrie, E., 1972, *Times of Feast, Times of Famine: A History of Climate since the Year 1000*, trans. B. Bray, George Allen & Unwin LTD, p.426.
- Martin-Vide, J., and M. Barriendos, 1995, The Use of Rogation Ceremony Records in Climatic Reconstruction: a Case Study from Catalonia (Spain), *Climatic Change*, 30, pp.201-221.
- Ogilvie A.E.J. and T. Jónsson, 2001, "Little Ice Age" Research: A Perspective from Iceland, *Climatic Change*, 48, pp.9-52.
- Park, W.-K., J.-W. Seo, Y. Kim and J.-H. Oh, 2000, Summer Temperature Variation in Central Korea: 340-Year Records from Tree Rings of Korean Pine(*Pinus Koraiensis*), *Proceedings of International Symposium on Climate Change and Variability, and their Impacts. Commission on the 29th IGC Climatology*, August 9-13, 2000, Konkuk University, Seoul, Korea, pp. 37-41.
- Pfister, C., 1975, *Agrarkonjunktur und Witterungsverlauf im Westlichen Schweizer Mittelland zur Zeit der Ökonomischer Patrioten 1755~1797*, Ein Beitrag zur Umwelt-und Wirtschaftsgeschichte des 18. Jahrhunderts, Bern, p.229.
- Pfister, C., J. Luterbacher, G. Schwarz-Zanetti and M. Wegmann, 1998, Winter Air Temperature Variations in Central Europe during the Early and High Middle Ages(A.D. 750~1300), *Holocene*, 8, pp.118-142.
- Przybylak, R., J. Majorowicz, R. Brázdil and M. Kejna(eds.), 2010, *The Polish Climate in the European Context*, Springer, p.535.
- Rodrigo, F.S., M.J. Esteban-Parra, D. Pozo-

- Vazquez and Y. Castro-Diez, 1999, A 500-year Precipitation Record in Southern Spain, *Int. J. Climatol.*, 19, pp.1233-1253.
- Schimmelmann, A., M. Zhao, C.C. Harvey and C.B. Lange, 1998, A Large California Flood and Correlative Global Climatic Events 400 Years Ago, *Quaternary Research*, 49, pp.51-61.
- Szeicz, J.M. and G.M. MacDonald, 1995, Dendroclimatic Reconstruction of Summer Temperatures in Northwestern Canada since A.D. 1638 Based on Age-Dependent Modelling, *Quaternary Research*, 44, pp.257-266.
- Tada, F., 1938, Über die Periodische Änderung der Regenmenge in Chosen seit dem Jahre 1776, C. R. *Congr. Intern. Géogr. Amsterdam. Vol. II*, Travaux Sections A-F. Leiden, pp. 305-308.
- Wang, S.-W. and Z.-C. Zhao, 1981, Droughts and Floods in China, 1470~1979, pp.271-288. In: Wigley T.M.L., M.J. Ingram and G. Farmer(eds.), 1985, *Climate and History, Studies in Past Climates and Their Impact on Man*, Cambridge University Press. p.530.
- Wang, S.-W., D. Gong and J. Zhu, 2001, Twentieth-Century Climatic Warming in China in the Context of the Holocene, *Holocene*, 11, pp.313-321.
- Zhang, D.-E., and P.K. Wang, 1989, Reconstruction of the Eighteenth Century Summer Monthly Precipitation Series of Nanjing, Suzhou, and Hangzhou using the Clear and Rain Records of Qing Dynasty, *Acta Meteorologica Sinica*, 3, pp.261-278.
- Zhang, D.-E., 1999, Climate Variation of Wetness in Eastern China over the Past Millenium, *Bulletin of the National Museum of Japanese History*, 81, pp.31-39.
- Zhang, J. and T.J. Crowley, 1989, Historical Climate Records in China and Reconstruction of Past Climates, *J. Climate*, 2, pp.833-849.
- Zhisheng, A., J.E. Kutzbach, W.L. Prell and S.C. Porter, 2001, Evolution of Asian Monsoons and Phased Uplift of the Himalaya-Tibetan Plateau since Late Miocene Times, *Nature*, 411, pp.62-66.
- 교신 : 이준호, 200-701, 강원도 춘천시 강원대학길 1, 강원대학교 사범대학 지리교육과(이메일: nantais@nate.com, 전화: 010-2643-4517)
- Correspondence : Lee, Joon Ho, Department of Geography Education, College of Education, Kangwon National University, 1 Kangwon Univ. Road, Chuncheon City, Gangwon Province, 200-701, The Republic of Korea(E-mail: nantais@nate.com, Tel: +82-10-2643-4517)
- (접수: 2016.10.05, 수정: 2016.11.16, 채택: 2016.11.25)