

각종 통계학적 방법을 통한 주요 수문기상인자의 특성 분석 -서울지점을 중심으로-

An Analysis of Characteristic for Hydrologic Weather Parameters through the Various Statistical Methods

이 재 준*, 곽 창 재**, 장 주 영***

Jae Joon Lee, Chang Jae Kwak, Joo Young Jang

요 지

본 연구에서는 우리나라 수문기상인자의 특성변화 분석의 필요성을 지각하여 국내 기상관측소 중 관측년수가 30년 이상인 관측소 63개 지점에 대한 수문기상인자 중 연평균기온, 연평균상대습도, 연강수량, 연증발량, 연일조시간, 연강수계속시간, 연강수일수, 연적설일수, 연신적설일수 등의 자료를 수집하고 기본통계량에 해당하는 평균, 표준편차, 왜곡도, 변동계수를 통하여 수문기상인자의 경년적 변화를 파악하였다. 또한 각종 통계학적 기법을 이용하여 이들 수문기상인자의 경향성, 주기성, 변동성 등을 분석하였으며, 그 결과는 우리나라를 대표할 수 있는 서울지점을 중심으로 정리하였다. 기본통계량을 분석한 결과 연강수량, 연강수일수, 연강수계속시간의 표준편차와 변동계수가 다른 수문기상인자 비해 상대적으로 큰 것으로 나타나 강수관련 인자들의 경년별 변화가 두드러짐을 알 수 있다. 또한 선형회귀분석과 5년 이동평균 결과 연강수량과 연평균기온은 증가, 연평균상대습도, 연일조시간, 연강수일수, 연증발량은 감소하는 경향을 보였다. Mann-Whitney Test, Wald-Wolfowitz Test, Hotelling-Pabst Test, Wavelet Method와 같은 통계학적기법으로 동질성, 독립성, 검정, 경향성 검정을 수행한 결과 연강수량, 연증발량, 연강수계속시간, 연강수일수, 연적설일수, 연신적설일수 인자가 각각의 검정에서 동질성 및 독립성을 보였고, 경향성 검정에서는 연평균기온, 연평균상대습도, 연적설일수 인자가 신뢰수준 내에서 유의함을 보였고, 주기성 검정결과 본 연구에 채택한 9개의 수문기상인자들의 연속된 주기성은 나타나지 않았다.

핵심용어 : 수문기상인자, 기본통계량, 경향성, 주기성, 변동성, 경년적 변화

1. 서 론

최근 우리나라는 상상하기 힘든 많은 양의 집중호우와 태풍으로 인한 홍수에 시달리고 있으며, 전세계적으로 이상기후가 나타나고 있는 추세이다. 산업의 발달로 인간의 생활은 급속도로 발전하고 있으나, 화학연료의 사용과 개발로 인한 지구의 온난화 및 근래에 발생하는 전 세계적인 이상기후는 산업발달의 이면적인 문제점으로 대두되고 있다. 지구 온난화로 대표되는 기후변화는 전 세계 곳곳에서 여러 가지 사건들로 확인되고 있으며, 우리나라도 예외는 아니다. 우리나라는 지리적으로 많은 강수를 유발하는 열대성 저기압과 태풍에 영향을 주로 받는 위치에 있으며, 매년 태풍과 호우로 인한 피해는 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 수문기상인자 특히 강수량은 유역의 유출에 지대한 영향을 미치는 인자이며, 최근 빈번히 발생하는 집중호우로 인한 유역의 내수침수와 같이 유역의 피해를 유발하는 등의 사례는 우리나라 수문기상인자의 특성이 변화함을 시사하고 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 수문기상인자의 특성 변화 분석의 필요성을 지각하여 국내 기상관측소 중 관측년수가 30년 이상인 63개 지점에 대한 수문기상인자 중 연평균기온, 연평균상

* 정회원·금오공과대학교 토목환경공학부 교수E-mail : jhb365@kumoh.ac.kr

** 정회원·금오공과대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 정회원·금오공과대학교 대학원 토목공학과 석사과정

대습도, 연강수량, 연증발량, 연강수계속시간, 연강수일수, 연적설일수, 연신적설일수와 같은 9개 인자들의 자료를 수집하고 기본통계량에 해당하는 평균, 표준편차, 왜곡도, 변동계수를 통하여 수문기상인자의 경년적 변화를 파악하고 지면관계상 서울지점에 대한 결과만을 수록하였다. 또한 각종 통계학적 기법을 이용하여 이들 수문기상인자의 경향성, 주기성, 변동성 등을 알아보고자 한다. 본 연구의 결과는 기후변화로 인해 발생된 수자원을 평가하고 향후 발생 가능한 영향을 예측함으로써 효율적인 수자원 관리에 일조할 수 있을 것이며, 장기적으로 기후변화에 대처할 기본 자료로 활용될 수 있을 것이다.

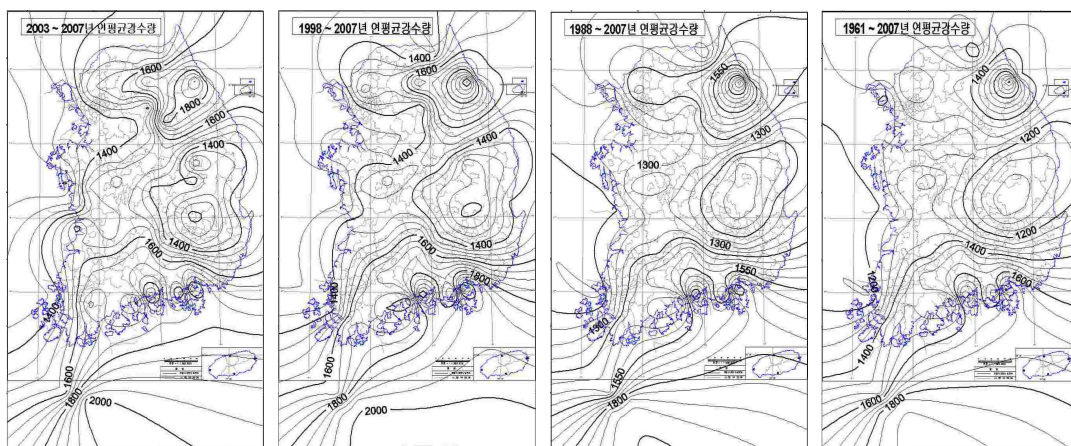
2. 수문기상인자 분석

2.1 기본통계량

표 1은 우리나라를 대표할 수 있는 기상관측소인 서울 지점의 기본통계량을 분석한 결과이다. 9개 수문기상인자 중 적설과 관련한 인자를 제외하고는 연강수량, 연강수계속시간, 연강수일수의 변동계수가 다른 수문기상인자에 비해 상대적으로 큰 것으로 보아 강수관련 인자들의 경년별 변화가 두드러짐을 알 수 있다. 왜곡도는 자료 분포의 기울어진 방향과 정도를 나타내는 척도로서 양의 왜곡도를 보이면 자료가 우측편향이고 음의 왜곡도는 좌측편향을 나타내는데 표 1에서 연평균기온, 연강수량, 연강수계속시간, 연강수일수, 연적설일수, 연신적설일수는 양의 왜곡도, 연평균상대습도, 연증발량, 연일조시간은 음의 왜곡도 값을 보이고 있다. 또한 왜곡도 크기는 일조시간, 강수계속시간, 신적설일수가 비교적 큰 값을 보이고 있고, 평균기온, 상대습도, 강수일수는 제일 작은 값을 보이고 있으며, 강수량, 적설일수, 증발량은 중간정도의 값을 보였다.

표 1. 수문기상인자에 기본통계량 분석결과(서울)

수문기상인자	평균	표준편차	왜곡도	변동계수	비고
연평균기온(c)	12.16	0.72	0.13	0.06	47년간 자료 (1961~2007)
연평균상대습도(%)	66.70	3.39	-0.24	0.05	
연강수량(mm)	1402.67	343.02	0.96	0.24	
연증발량(mm)	1094.46	69.60	-0.61	0.06	
연일조시간(hr)	2061.40	227.94	-1.14	0.11	
연강수계속시간(hr)	813.72	144.43	1.24	0.18	
연강수일수(day)	108.94	11.86	0.18	0.11	
연적설일수(day)	24.48	15.47	0.90	0.63	
연신적설일수(day)	13.14	5.60	1.07	0.43	



(a) 5년간

(b) 10년간

(c) 20년간

(d) 전기간(47년간)

그림 1. 우리나라의 관측년수별 연평균강수량의 등치선도

그림 1은 전국 연평균강수량의 공간적 분포 특성을 파악하기 위해 도시한 등치선도로서 현시점으로 부터 이전 5년간(2003~2007년), 10년간(1998~2007년), 20년간(1988~2007년)과 관측이 시작된 해까지의 자료로 구분하였다. 각 자료년수별 연강수량 등치선도를 비교해 본 결과 근래의 우리나라 연강수량은 과거에 비해 대부분의 지역에서 증가하고 있음을 확인할 수 있으며, 자료의 보유년수가 적은 연적설일수, 연신적설일수, 연강수계속시간을 제외한 기타 다른 수문기상인자들의 등치선도를 분석한 결과 연평균기온은 대부분의 지역에서 과거비해 최근의 경우 증가하는 경향을 보이고 있고, 연강수일수, 연평균상대습도, 연일조시간, 연증발량은 과거에 비해 감소하는 경향을 보이고 있다.

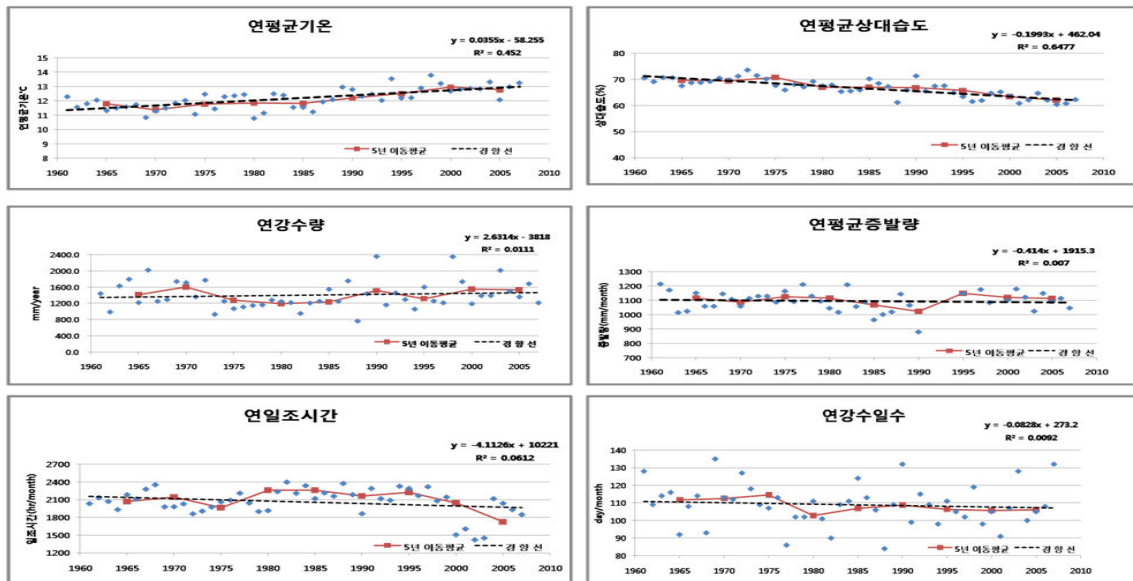


그림 2. 수문기상인자에 대한 장기 경향성분석(서울)

그림 2는 수문기상인자들의 선형회귀분석과 5년 이동평균을 도시한 그래프이다. 연강수량의 경우 최저 760.8mm(1988년)에서 최대 2,355.5mm(1990년)으로 평균 1,402.7mm(전기간)의 값을 나타내었다. 5년 이동평균을 볼 때 1975년 이후 감소추세를 보이다가 1985년을 기점으로 다시 증가와 감소의 교차현상을 나타내고 있으나 전반적으로 약간 증가하는 경향을 보이고 있다. 기타 다른 수문기상인자들의 선형회귀분석 결과 연평균기온은 최저 10.78℃(1980년)에서 최대 13.78℃(1998년)으로 평균 12.16℃(전기간)으로 약간 증가하는 경향을 보이고 있고, 연강수일수, 연평균상대습도, 연일조시간, 연증발량의 전기간 평균값은 각각 108.9일, 66.68%, 2,061.4시간, 1094.46mm이며 경년별로 약간 감소하는 경향을 보였다.

2.2 수문기상인자의 동질성, 독립성, 경향성 분석

표 2는 기본통계량과 선형회귀분석에서 나타난 경향성을 재분석하기 위하여 Mann-Whitney Test, Wald-Wolfowitz Test, Hotelling-Pabst Test로 검정한 결과를 수록한 것이다. Mann-Whitney Test와 Wald-Wolfowitz Test는 자료의 동질성과 독립성을 검정해 주는 통계기법으로 표 2와 같이 연강수량, 연증발량, 연강수계속시간, 연강수일수, 연적설일수, 연신적설일수 인자가 신뢰수준 95%이내의 각각의 검정에서 유의함을 보였다. Hotelling Pabst Test는 시계열 자료의 경향성을 검정하는 통계기법으로 연평균기온, 연평균상대습도, 연적설일수가 신뢰수준 95%내에서 경향성이 존재하였다. 2.1절의 기본통계량과 선형회귀분석에서는 수문기상인자별로 경향성 특징이 약간 있는 것으로 나타났으나 통계학적 기법으로는 많은 수문기상인에서 경향성이 기각되었다. 이것은 수문기상인자의 경향성이 없다기 보다는 수문기상인자의 경향성에 의한 증가·감소 증분치보다 수문기상인자의 변동량이 커서 신뢰수준 범위 내에서 경향성을 판단할 수 없음을 의미하는 것이다.

표 2. 통계학적인 기법을 통한 동질성, 독립성, 경향성 분석결과(서울)

구분	동질성(Mann-Whitney Test)				비고
	LL	Test value(Z)	UL	Check	
연평균기온	-1.96	-3.79	1.96	NG	LL ≤ Z ≤ UL : 유의(OK) Z < LL, Z > UL : 기각(NG) 신뢰수준 : 95%
연평균상대습도	-1.96	4.43	1.96	NG	
연강수량	-1.96	-1.34	1.96	OK	
연증발량	-1.96	1.15	1.96	OK	
연일조시간	-1.96	-0.45	1.96	NG	
연강수계속시간	-1.96	0.83	1.96	OK	
연강수일수	-1.96	0.34	1.96	OK	
연적설일수	-1.96	2.52	1.96	OK	
연신적설일수	-1.96	1.07	1.96	OK	
구분	독립성(Wald-Wolfowitz Test)				비고
	LL	Test value(Z)	UL	Check	
연평균기온	-1.96	3.66	1.96	NG	LL ≤ Z ≤ UL : 유의(OK) Z < LL, Z > UL : 기각(NG) 신뢰수준 : 95%
연평균상대습도	-1.96	5.49	1.96	NG	
연강수량	-1.96	-0.29	1.96	OK	
연증발량	-1.96	0.17	1.96	OK	
연일조시간	-1.96	4.07	1.96	NG	
연강수계속시간	-1.96	1.45	1.96	OK	
연강수일수	-1.96	0.23	1.96	OK	
연적설일수	-1.96	1.45	1.96	OK	
연신적설일수	-1.96	1.07	1.96	OK	
구분	경향성(Hotelling-Pabst Test)				비고
	LL	Test value(Z)	UL	Check	
연평균기온	-1.96	-4.63	1.96	OK	Z < LL, Z > UL : 유의(OK) LL ≤ Z ≤ UL : 기각(NG) 신뢰수준 : 95%
연평균상대습도	-1.96	5.47	1.96	OK	
연강수량	-1.96	-0.54	1.96	NG	
연증발량	-1.96	0.55	1.96	NG	
연일조시간	-1.96	0.68	1.96	NG	
연강수계속시간	-1.96	0.03	1.96	NG	
연강수일수	-1.96	1.12	1.96	NG	
연적설일수	-1.96	2.19	1.96	OK	
연신적설일수	-1.96	1.77	1.96	NG	

2.3 수문기상인자의 주기성 분석

수문기상인자 시계열의 주기성을 파악하기 위해 주기성 분석분야에서 매우 유용하게 사용되는 기법인 Wavelet Method을 적용하였다. 그림 3은 9개의 수문기상인자 중 결측이 비교적 많은 연강수계속시간, 연적설일수, 연신적설일수를 제외한 인자들의 주기성을 분석하여 도시한 것이다. 그림 3의 우측 컬러바는 스펙트럼강도를 나타내며 가운데 U자 모양의 선은 신뢰수준을 나타내는 것으로서 본 연구에서는 동질성, 독립성, 경향성 검정에서와 같은 신뢰수준을 사용하였다. 그림 3에서 알 수 있듯이 각 수문기상인자들의 연속된 주기성은 나타나지 않았지만 연강수량은 1987~1993년 사이에 2~4년 주기, 연일조시간은 1988~1994년과 1998~2005년 사이에 1~4년 주기, 연강수일수는 1965~1970년 사이에 2~3년 주기, 연평균상대습도는 1980~1989년 사이에 1~8년 주기, 연평균기온은 1974~1985년 사이에 3~7년 주기, 연증발량은 1983~1987년 사이에 6~7년의 주기성이 보였다.

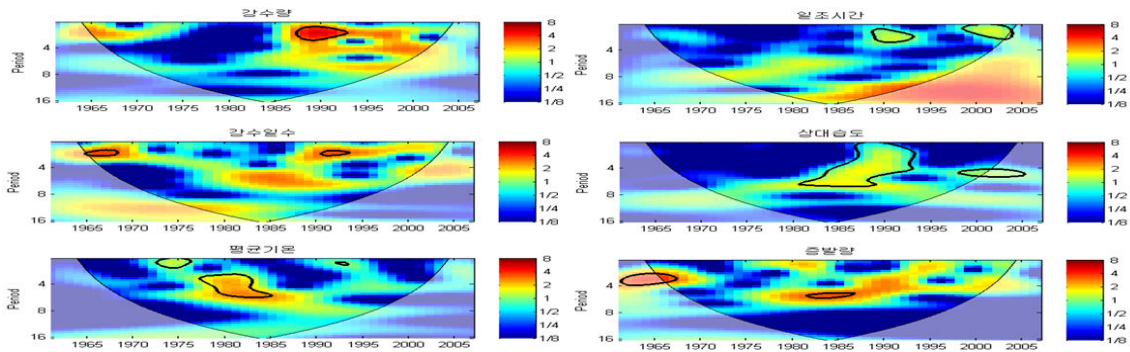


그림 3. 주요수문기상인자의 주기성 분석(서울)

3. 결론

본 연구에서는 수문기상인자의 기본통계량을 산정하여 경년적 변화를 파악하고 통계학적기법을 통하여 경향성, 주기성, 변동성을 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 수문기상인자의 기본통계에서는 연강수량, 연강수일수, 연강수계속시간의 표준편차와 변동계수가 다른 수문기상인자에 비해 상대적으로 큰 것으로 나타나 강수관련 인자들의 경년별 변화가 두드러짐을 알 수 있다. 또한 연강수량, 연평균기온, 연강수계속시간, 연강수일수, 연적설일수, 연신적설일수는 양의 왜곡도, 연평균상대습도, 연증발량, 연일조시간은 음의 왜곡도를 보였다.

둘째, 선형회귀분석 결과 연강수량 경우 최저 760.8mm(1988년)에서 최대 2,355.5mm(1990년)으로 평균 1,402.7mm(전기간), 연평균기온은 최저 10.78℃(1980년)에서 최대 13.78℃(1998년)으로 평균 12.16℃(전기간)으로 증가하는 경향을 보였다. 반면에 연강수일수, 연평균상대습도, 연일조시간, 연증발량의 전기간 평균값은 각각 108.9일, 66.68%, 2,061.4시간, 1094.46mm으로 경년별로 감소하는 경향을 보였다.

셋째, 통계학적 기법으로 동질성, 독립성 검정결과 9개의 수문기상인자 중 연강수량, 연증발량, 연강수계속시간, 연강수일수, 연적설일수, 연신적설일수 인자가 신뢰수준 95%의 각각의 테스트에서 유의함을 보였고 Hotelling Pabst Test의 결과 연평균기온, 연평균상대습도, 연적설일수 인자에서 경향성이 검정되었다..

넷째, Wavelet Method를 통하여 연강수량, 연일조시간, 연강수일수, 연상대습도, 연평균기온, 연증발량에 대해 주기성 검정결과 연속된 주기성은 나타나지 않았지만 수문기상인자별로 연강수량은 1987~1993년 사이에 2~4년 주기, 연일조시간은 1988~1994년과 1998~2005년 사이에 1~4년 주기, 연강수일수는 1965~1970년 사이에 2~3년 주기, 연상대습도는 1980~1989년 사이에 1~8년 주기, 연평균기온은 1974~1985년 사이에 3~7년 주기, 연증발량은 1983~1987년 사이에 6~7년의 주기성이 나타났다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신 F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해수행 되었습니다.

참 고 문 헌

1. 정대일, 제리 스테던저, 성장현, 김영오(2008). 기후변화를 고려한 홍수 위험도 평가, 대한토목학회논문집, 제 28권 제1B호, pp.55-64
2. 김광섭, 임태경(2005). 한반도 강수량과 유량의 장기 추세 분석, 한국수자원학회 학술발표회논문집, pp.916-919
3. 류경식, 이순혁, 황만하, 이상진(2005), 관측년수변화를 고려한 설계강우량 산정, 한국농공학회 학술발표회 논문집
4. 이재준, 이정식, 박상덕(2006), 수문학, 동화기술