

각종 수문기상인자의 경년별 특성변화 분석(Ⅰ)

- 기본통계량, 경향성을 중심으로 -

An Analysis of Temporal Characteristic Change for Various Hydrologic Weather Parameters (I) - On the Basic Statistic, Trend -

이 재 준* / 장 주 영** / 곽 창 재***

Lee, Jae Joon / Jang, Joo Young / Kwak, Chang Jae

Abstract

In this study, for the purpose of analyzing the characteristics of Korean hydrologic weather parameters, 9 hydrologic weather parameters data such as annual precipitation, annual rainy days, annual average relative humidity, annual average temperature, annual duration of sunshine, annual evaporation, annual duration of precipitation, annual snowy days and annual new snowy days are collected from 63 domestic meteorological stations that has the hydrologic weather parameters records more than 30 years. And the basic characteristics of hydrologic weather parameters through basic statistics, moving average and linear regression analysis are perceived. Also trend using the statistical methods like Hotelling-Pabst test and Mann-Kendall test about hydrologic weather parameters is analyzed. Through results of basic analysis, moving average and linear regression analysis it is shown that precipitation is concentrated in summer and deviation of precipitation for each season showed significant difference in accordance with Korean climate characteristics, besides the increase in annual precipitation and annual average temperature, annual average relative humidity and annual duration of sunshine reduction and annual rainy days is said to increase or decrease. The results of statistical analysis of trend are summarized as trend commonly appeared in annual average relative humidity and annual average temperature. and annual precipitation, annual rainy days and annual duration of sunshine showed different results according to area.

Keywords : hydrologic weather parameters, basic statistics, trend

요 지

본 연구에서는 국내 기상관측소 중 관측년수가 30년 이상인 관측소 63개 지점을 대상으로 9개의 수문기상수문인자 즉, 연강수량, 연강수일수, 연평균기온, 연평균상대습도, 연일조시간, 연증발량, 연강수계속시간, 연적설일수, 연신적설일수 자료를 각 지점별로 수집하고, 수문기상인자에 대한 기본통계량, 선형회귀분석, 이동평균법을 통해 수문기상인자의 기본적인 특성을 알아보았다. 또한 통계학적기법인 Hotelling-Pabst 검정과 Mann-Kendall 검정을 통해 경향성을 분석하였다. 기본통계량 분석결과 우리나라의 기후특성상 여름철에 강우가 집중되며, 계절별 강수량의 편차가 큰 전형적인 특성을 확인할 수 있었다. 선형회귀 분석과 5년 이동평균법을 통해서도 시간이 경과함에 따라 연강수량과 연평균기온은

* 교신저자, 금오공과대학교 토목환경공학부 교수
Corresponding author, Professor / Ph.D., School. of Civil and Environmental Engrg., Kumoh National Institute of Technology, 1 Yangho-dong, Gumi, Gyeongbuk 730-701, Korea (e-mail: jhb365@kumoh.ac.kr)

** 금오공과대학교 대학원 토목공학과 석사과정
Graduate Student / School of Civil Engrg., Kumoh National Institute of Technology

*** 금오공과대학교 대학원 토목공학과 박사과정
Doctorial Student / School. of Civil Engrg., Kumoh National Institute of Technology

증가, 연평균상대습도와 연일조시간은 감소, 연강수일수는 지점별로 증가 또는 감소하는 추세를 보였다. Hotelling-Pabst 검정과 Mann-Kendall 검정을 통한 경향성분석에서는 연평균상대습도, 연평균기온에서 공통적으로 경향성이 나타났으며, 연강수량, 연강수일수, 연일조시간은 지역에 따라 상이한 결과를 보였다.

핵심용어 : 수문기상인자, 기본통계량, 경향성

1. 서 론

산업의 발달로 인간의 생활은 급속도로 발전하고 있으나, 화학연료의 사용과 무분별한 개발로 인한 지구의 온난화 및 기후 변화는 산업발달의 이면적인 문제점으로 대두된다. 우리나라는 주로 지리적으로 많은 강수를 유발하는 열대성 저기압과 태풍에 영향을 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. 2007년 보고된 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)의 4차 보고서 (Christensen et al., 2007)에 따르면 아시아지역 중 우리나라가 포함된 동아시아 지역의 기온이 3~4°C 상승하고, 강수량은 변동폭이 -4~9%로 매우 커짐에 따라 호우와 가뭄의 극한 현상 발생 가능성이 높아지는 것으로 전망하였다. 또한 우리나라는 지난 20세기에 평균 기온이 약 1.5°C 상승한 것으로 나타나 온난화 추세가 전지구적인 경향으로 나타나고 있으며, 20세기 후반부터 기후변화에 따른 강수량 및 집중호우의 증가 추세가 나타나고 있다 (권원태, 2005). 도시화에 따른 강수량과 유출량의 장기추세 분석에서 김광섭과 임태경(2005)은 한반도 강수량과 유출량의 장기추세분석을 실시한 결과 유출량의 변동이 강수량의 증가에 비례해서 증가하지는 않은 것으로 보고하였으며, 오테석과 문영일 (2009)은 일강우자료를 이용한 강우사상의 변동 특성 분석에서 최근 10년간의 강우량은 증가하였으나, 강우일수는 감소하는 추세를 보였다고 보고한 바 있으나, 우리나라의 각종 수문기상인자들에 대한 전반적인 변화분석은 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 수문기상인자의 특성 변화 분석의 필요성을 지각하여 국내 기상관측소 중 관측년수가 30년 이상인 관측소 63개 지점의 연강수량, 연강수일수, 연평균상대습도, 연평균기온, 연일조시간, 연증발량, 연강수계속시간, 연적설일수, 연신적설일수와 같은 9개의 수문기상인자 자료를 기상연보 (기상청, 1952~2007)를 통해 각 지점별로 수집하고 기본통계량에 해당하는 평균, 표준편차, 왜곡도, 변동계수의 경년별 변화를 파악하고,

통계학적 기법을 이용하여 이들 수문기상인자의 경향성을 알아보려고 한다.

2. 연구방법 및 이론

2.1 기본통계량 분석

9개의 주요 수문기상인자 자료들에 대한 기본통계량으로는 자료의 중심위치를 나타내는 대표적인 값인 평균, 자료의 평균에 대한 변동성을 나타내는 표준편차, 평균에 대한 분포의 비대칭성 척도인 왜곡도 계수, 변동성의 무차원 척도인 변동계수를 택하였으며, 이들 4개의 통계량을 통하여 수문기상인자의 기본적 통계특성을 알아보기로 한다.

2.2 경향성 분석

본 연구에서는 경향성 분석을 위하여 Hotelling-Pabst 검정과 Mann-Kendall 검정 및 선형회귀분석 등을 이용하였다.

2.2.1 Hotelling-Pabst 검정

Hotelling-Pabst 검정(Conover, 1971)은 자료의 수가 n 인 주어진 자료계열 X 에서 오름차순으로 정렬한 새로운 자료계열 Y 를 작성한 후, 다음과 같은 H 를 통계량으로 정의한다.

$$H = \sum_{i=1}^n [R(x_i) - i]^2 \quad (1)$$

여기서 $R(x_i)$ 는 자료계열 X 의 순위(rank)이다.

이와 같이 정의된 통계량 H 는 근사적으로 평균 μ 와 분산 σ^2 이 다음과 같이 표시되는 정규분포를 따른다.

$$\mu = \frac{n(n^2 - 1)}{6} \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \left[\frac{n(n^2 - 1)}{6\sqrt{(n-1)}} \right] \quad (3)$$

통계량 H 가 정규분포를 따르므로 다음과 같이 표준정규변량 Z 를 계산한다.

$$Z = \frac{H - \mu}{\sigma} \quad (4)$$

여기서 계산된 표준정규변량 Z 가 다음과 같은 경우 경향성은 가지지 않는 것으로 판정한다.

$$|Z| \leq u_{1-\alpha/2} \quad (5)$$

여기서 $u_{1-\alpha/2}$ 는 표준정규분포의 $1-\alpha/2$ 분위수에 해당되는 값이며, α 는 유의수준이다.

2.2.2 Mann-Kendall 검정

Mann-Kendall 검정은 비모수적 경향성 검정방법의 하나로 장기적인 시계열 자료의 경향성을 분석하는데 이용된다. 전통적인 통계검정방법들이 모평균의 분포를 동일한 분산에 대해 정규분포로 가정하고 그 분석을 수행하는데 비하여 Mann-Kendall 검정은 단지 연속적인 모평균을 가진다는 가정아래 검정분석을 수행한다 (Gibbons, 1990). Mann-Kendall 검정은 다른 통계학적 검정법들이 표본크기, 분산, 왜곡도와 같은 표본자료특성에 영향을 받는데 반해 표본자료의 특성에 민감하지 않고 간편하면서도 강력한 기능을 발휘하며 결측치나 감지 한계를 벗어나는 자료에 대해서도 적용이 가능하여, 지구 환경 분야의 연구에 광범위하게 사용되고 있는 방법이다. Mann-Kendall 검정의 이러한 특성 때문에 수문변수들의 경향성 분석 시 많이 이용되고 있다. 이 방법은 Mann (1945)에 의하여 처음 제시된 이후 Dietz and Kileen (1981)에 의해서 Mann-Kendall 통계치의 공분산이 제시되고, 계절성이 가지는 자료에 대해서도 적용 가능하도록 확장되었다 (Hirsch and Slack, 1984). Mann-Kendall 검정은 자료의 수가 n 인 자료 x 에서 다음과 같은 통계량 S 를 정의한다 (McCuen, 2002).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (6)$$

$$\text{여기서, } \text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x > 0 \\ 0, & \text{if } x = 0 \\ -1, & \text{if } x < 0 \end{cases}$$

통계량 S 는 근사적으로 평균 $\mu=0$ 이고, 분산 σ^2 이 다음과 같이 표시되는 정규분포를 따른다.

$$\sigma^2 = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^g t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (7)$$

여기서 g 는 동점처리에 필요한 동점그룹의 수이며, t_i 는 i 번째 동점그룹의 자료수이다. 통계량 S 가 정규분포를 따르므로 다음과 같이 표준정규변량 Z 를 계산할 수 있다.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\sigma^2}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\sigma^2}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (8)$$

여기서 계산된 표준정규변량 Z 가 다음과 같은 경우 경향성은 가지지 않는 것으로 판정한다.

$$|Z| \leq u_{1-\alpha/2} \quad (9)$$

여기서 $u_{1-\alpha/2}$ 는 표준정규분포의 $1-\alpha/2$ 분위수에 해당되는 값이며, α 는 유의수준이다.

3. 수문기상인자의 특성분석 결과

본 연구는 우리나라 수문기상인자의 특성분석을 하기 위하여 국내 기상관측소 중 관측년수가 30년 이상인 관측소 63개 지점의 연강수량, 연강수일수, 연평균상대습도, 연평균기온, 연일조시간, 연증발량, 연강수계속시간, 연적설일수, 연신적설일수와 같은 9개의 수문기상인자 자료를 각 지점별로 수집하고, 기본통계량과 경향성분석을 통하여 수문기상인자의 특성을 알아봤으며, 본 연구의 결과는 지면상의 제약으로 우리나라의 주요 기상 관측지점으로 볼 수 있는 서울, 대구, 대전, 남원, 광주지점을 중심으로 기술하였다.

3.1 기본통계량

Tables 1~5는 서울, 대구, 대전, 남원, 광주지점에 대하여 기본통계량에 해당하는 평균, 표준편차, 왜곡도, 변동계수 분석결과이다.

연강수량은 서울지역이 1,402.67 mm/year로 가장 많았으며, 과우지역으로 알려진 대구지점은 1,043.87 mm/year로 가장 적었다. 연강수일수는 광주지점이 124.88일로 가장 컸고, 대구지점은 94.71로 가장 작았으며, 연강수계속시간 또한 광주지점이 1,000.22시간으로 가장 컸고, 대구지점이 746.39시간으로 가장 작아 강수관련 인자를 통해 대구지점이 우리나라에 대표적인 과우지역임을 확인할 수 있었다. 반면에 대구지점은 연평균기온 (13.48°C), 연일조시간 (2,313.44 hr/year), 연증발량 (1,345.58 mm/year)에서 다른 대표지점에 비해 비교적 큰 값을 보였으며, 연적설일수 (7.61 day/year)와 연신적설일수 (5.37 day/year)는 다른 대표 지점에 비해 작은 값을 보였다. 9개 수문기상인자 중 겨울철에만 자료수집이 가능한 적설일수, 신적설일수를 제외하면, 변동계수의 값은 다른 수문 기상인자에 비해 연강수량과 연강수계속시간에서 큰 값을 보였다. 이는 우리나라의 기후특성상 6~10월에 해당하는 여름철에 강우가 집중되며, 계절별 강수량의 편차가 큰 전형적인 특성을 보인다고 할 수 있다. 왜곡도 크기를 보면 서울지점과 대구지점의 경우는 연강수량, 연증발량, 연강수계속시간, 연적설일수, 연신적설일수의 인자가 비교적 큰 값을 보이고 있으며, 남원과 광주지점은 연강수일수, 연평균상대습도, 연평균기온의 인자에서 큰 값을 보였다. 대전지점의 경우는 모든 수문기상인자의 왜곡도 값이 비교적 작은 값을 보이고 있었다.

Table 1. Basic Statistic of Hydrologic Weather Parameters (Seoul)

Hydrologic Weather Parameters	Average	Standard Deviation	Skewness	Coefficient of Variation	Observed Duration
Precipitation (mm/year)	1,402.67	343.02	0.96	0.24	1961~2007
Rainy Days (day/year)	108.94	11.86	0.18	0.11	
Relative Humidity (%)	66.70	3.39	-0.24	0.05	
Temperature (°C)	12.16	0.72	0.13	0.06	
Duration of Sunshine (hr/year)	2,061.40	227.94	-1.14	0.11	
Evaporation (mm/year)	1,094.46	69.60	-0.61	0.06	
Duration of Precipitation (hr/year)	813.72	144.43	1.24	0.18	
Snowy Days (day/year)	24.48	15.47	0.90	0.63	
New Snowy Days (day/year)	13.14	5.60	1.07	0.43	

Table 2. Basic Statistic of Hydrologic Weather Parameters (Daegu)

Hydrologic Weather Parameters	Average	Standard Deviation	Skewness	Coefficient of Variation	Observed Duration
Precipitation (mm/year)	1,043.87	230.36	0.40	0.22	1952~2007
Rainy Days (day/year)	94.71	10.14	-0.14	0.11	
Relative Humidity (%)	64.47	3.91	-0.57	0.06	
Temperature (°C)	13.48	0.80	0.17	0.06	
Duration of Sunshine (hr/year)	2,313.44	154.00	0.10	0.07	
Evaporation (mm/year)	1,345.58	105.08	0.65	0.08	
Duration of Precipitation (hr/year)	746.39	147.30	0.56	0.20	
Snowy Days (day/year)	7.61	5.59	2.02	0.74	
New Snowy Days (day/year)	5.37	3.38	1.33	0.63	

Table 3. Basic Statistic of Hydrologic Weather Parameters (Daejeon)

Hydrologic Weather Parameters	Average	Standard Deviation	Skewness	Coefficient of Variation	Observed Duration
Precipitation (mm/year)	1,384.53	298.90	0.09	0.22	1969~2007
Rainy Days (day/year)	117.62	13.07	-0.32	0.11	
Relative Humidity (%)	70.61	3.78	-0.11	0.05	
Temperature (°C)	12.44	0.74	-0.09	0.06	
Duration of Sunshine (hr/year)	2,185.00	155.57	0.25	0.07	
Evaporation (mm/year)	1,062.95	101.71	-0.08	0.10	
Duration of Precipitation (hr/year)	871.62	158.42	0.04	0.18	
Snowy Days (day/year)	23.2	11.61	0.68	0.50	
New Snowy Days (day/year)	16.71	6.95	0.31	0.42	

Table 4. Basic Statistic of Hydrologic Weather Parameters (Namwon)

Hydrologic Weather Parameters	Average	Standard Deviation	Skewness	Coefficient of Variation	Observed Duration
Precipitation (mm/year)	1,365.31	348.31	-0.25	0.26	1973~2007
Rainy Days (day/year)	109.50	12.61	-0.48	0.12	
Relative Humidity (%)	73.39	4.03	-0.84	0.05	
Temperature (°C)	12.25	0.53	-0.27	0.04	
Duration of Sunshine (hr/year)	2,228.81	177.71	-0.17	0.08	
Evaporation (mm/year)	1,077.24	100.51	0.15	0.09	
Duration of Precipitation (hr/year)	812.75	140.51	-0.21	0.17	
Snowy Days (day/year)	20.95	10.73	0.14	0.51	
New Snowy Days (day/year)	16.56	7.44	0.34	0.45	

Table 5. Basic Statistic of Hydrologic Weather Parameters (Kwangju)

Hydrologic Weather Parameters	Average	Standard Deviation	Skewness	Coefficient of Variation	Observed Duration
Precipitation (mm/year)	1,361.03	318.66	0.04	0.23	1952~2007
Rainy Days (day/year)	124.88	12.06	0.47	0.10	
Relative Humidity (%)	71.68	3.33	-0.88	0.05	
Temperature (°C)	13.39	0.61	0.29	0.05	
Duration of Sunshine (hr/year)	2,211.77	195.55	-0.37	0.09	
Evaporation (mm/year)	1,233.80	119.92	0.08	0.10	
Duration of Precipitation (hr/year)	1,000.22	171.25	0.34	0.17	
Snowy Days (day/year)	24.62	10.95	0.24	0.44	
New Snowy Days (day/year)	20.67	7.56	0.90	0.37	

3.2 경향성 분석

3.2.1 선형회귀방법 및 이동평균에 의한 경향성 분석

본 연구에서 사용한 수문기상인자들 중 결측이 많거나 관측일수가 연 중 일부기간에 해당하는 연중발량, 연강수계속시간, 연적설일수, 연신적설일수를 제외하고 나머지 5개 인자인 연강수량, 연강수일수, 연평균기온, 연평균상대습도, 연일조시간에 대하여 선형회귀분석과 5년 이동평균을 이용하여 경향성 분석을 하고 Figs. 1~5와 같이 도시하였다.

연강수량과 연평균기온은 5개 지점 모두 증가 추세를 보이고 있고, 연평균상대습도와 연일조시간은 5개 지점 모두 감소하는 추세를 보이고 있었다. 연강수일수의 경우는 지점에 따라 증가와 감소 추세를 나타냈다. 또한 추세의 정도도 지점에 따라 그 차이가 컸으며, 5개 지점들 중 추세 정도가 가장 크게 나타난 지점은 연강수량의 경우 남원지점, 연강수일수, 연평균기온, 연평균상대습도는 대

전지점, 연일조시간의 경우는 광주 지점이었다.

상관계수를 통해 본 선형성의 정도는 연강수량의 경우 5개 지점의 상관계수가 모두 작아서 선형 증가 경향보다는 비선형의 약한 증가 경향을 보이고 있음을 유추할 수 있으며, 연강수일수의 경우 5개 지점에서 아주 미미한 증가 혹은 감소경향을 보였으나 기온기와 상관계수가 매우 작아서 경향성은 없는 것으로 분석된다. 연평균기온의 경우 남원을 제외한 4개 지점의 상관계수가 비교적 커서 선형증가 경향을 보이고 있음을 알 수 있으며, 연평균상대습도의 경우 4개 지점은 상관계수가 비교적 커서 선형감소 경향을 보이고 있으나, 남원은 타 지점에 비해 상관계수가 작아 비선형 감소 경향을 갖는 것으로 분석된다. 연일조시간의 경우 5개 지점 모두 기온기는 크고 상관계수는 작은 편이어서 비선형의 강한 감소 경향을 보이는 것을 알 수 있다.

이상의 결과를 통해 연평균 기온은 경년별로 증가경향

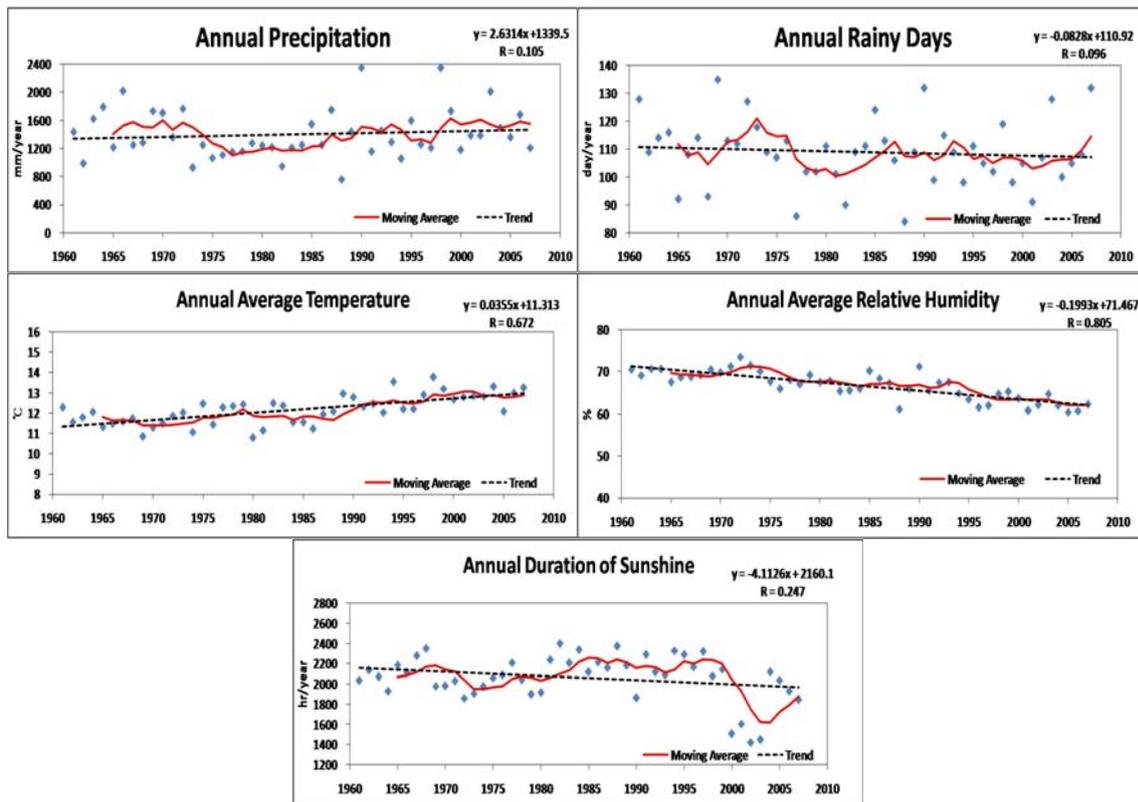


Fig 1. Trend Analysis by the Linear Regression and Moving Average Method (Seoul)

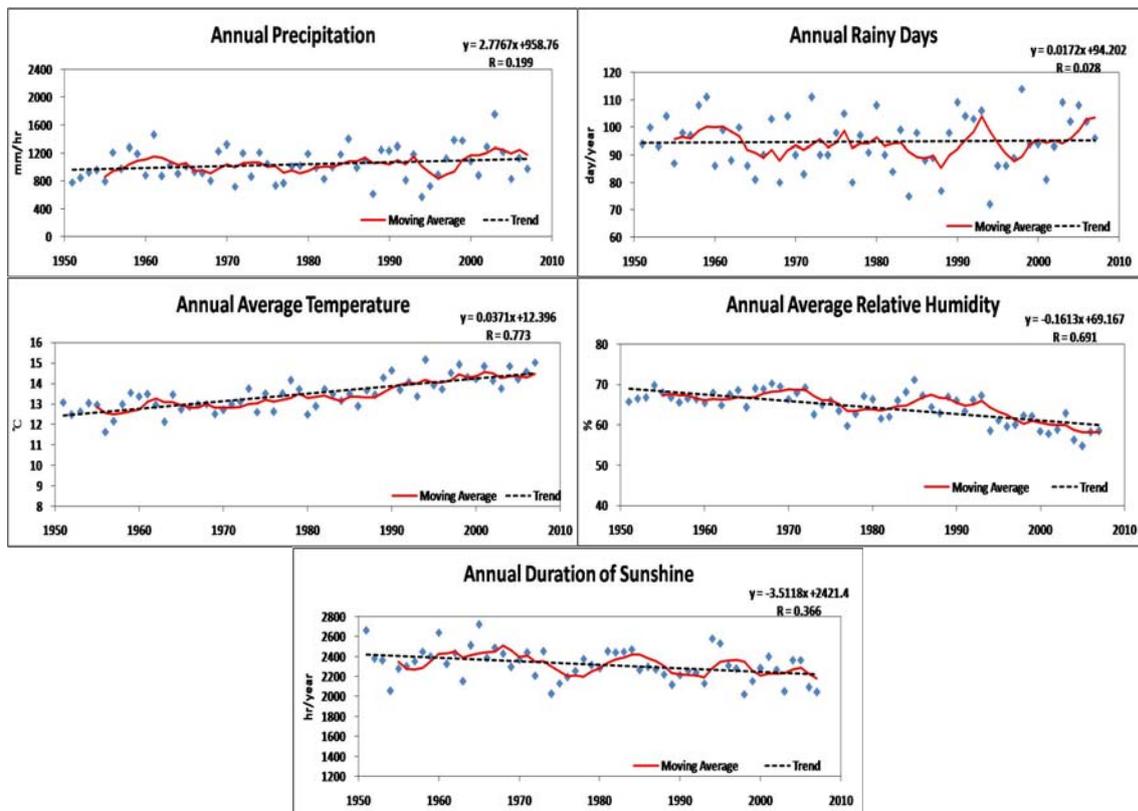


Fig 2. Trend Analysis by the Linear Regression and Moving Average Method (Daegu)

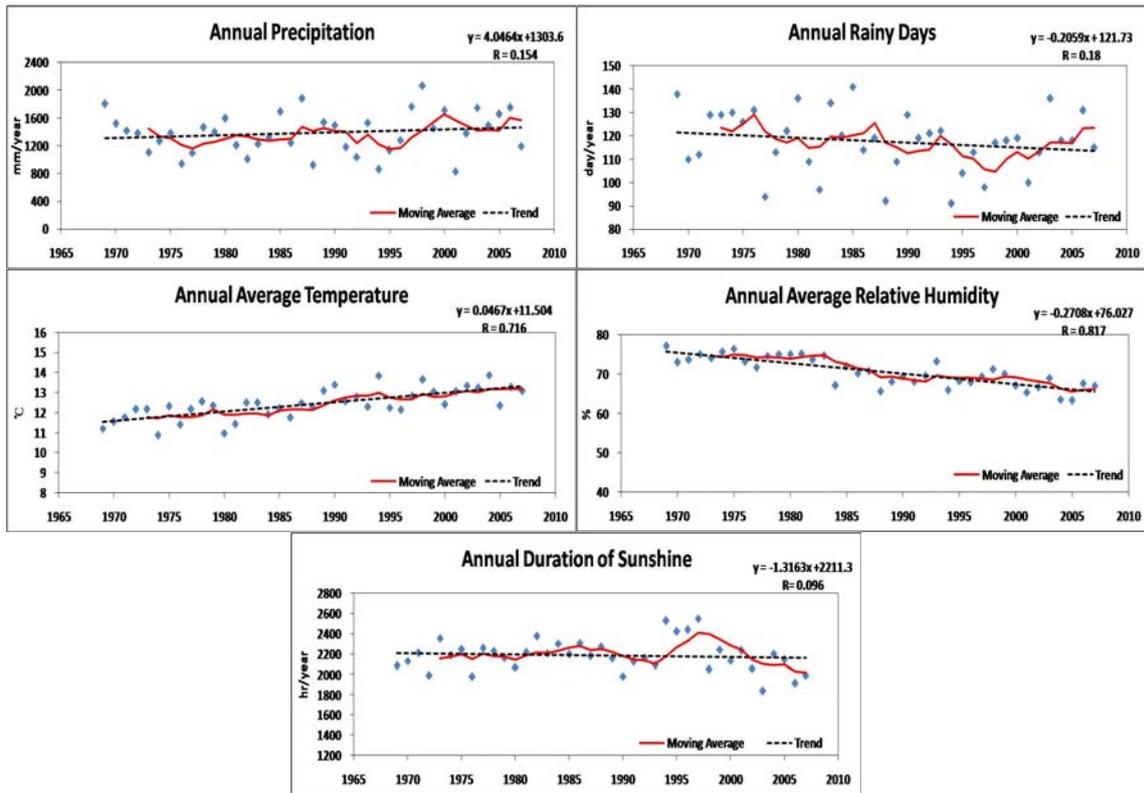


Fig 3. Trend Analysis by the Linear Regression and Moving Average Method (Daejeon)

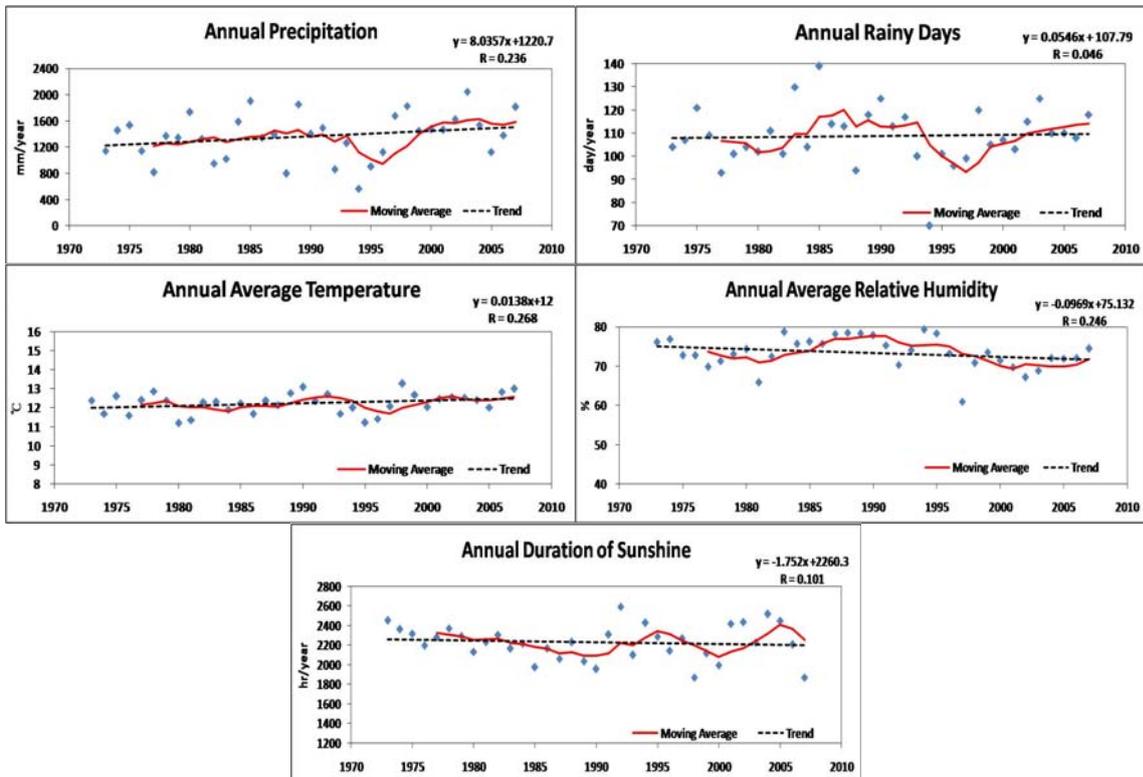


Fig 4. Trend Analysis by the Linear Regression and Moving Average Method (Namwon)

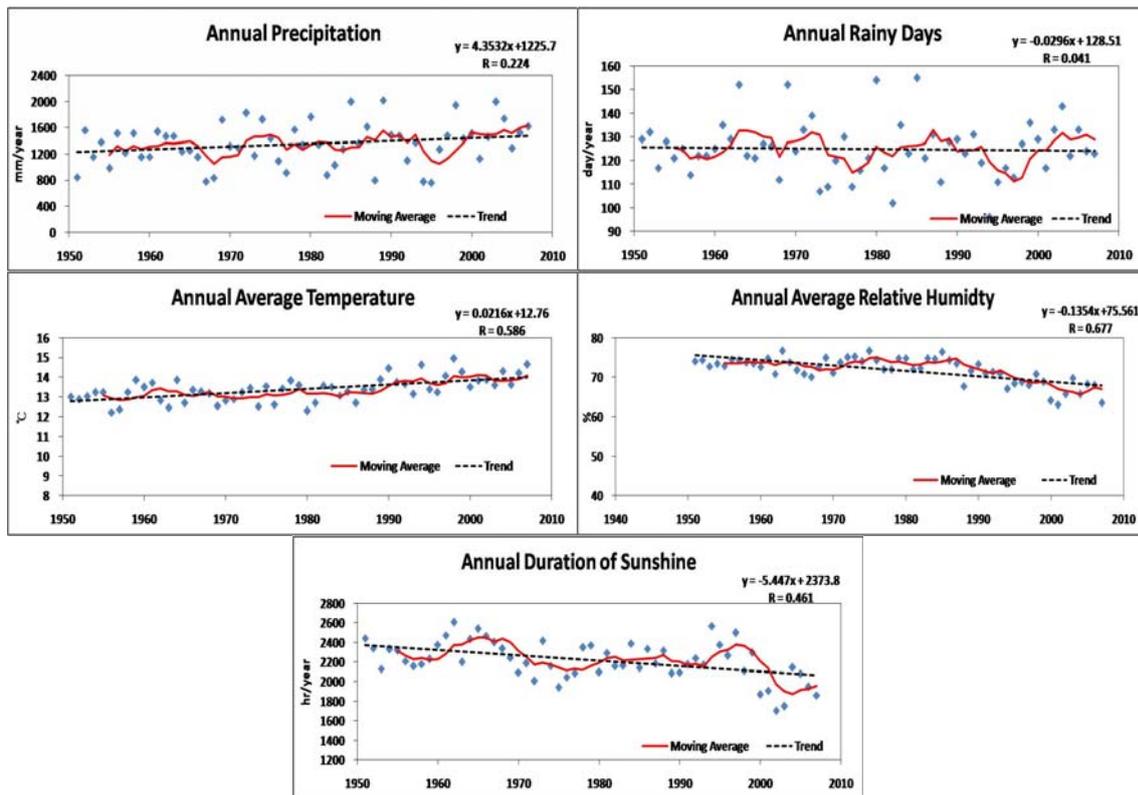


Fig 5. Trend Analysis by the Linear Regression and Moving Average Method (Kwangju)

을 보이면서 기온에 비례하는 포화증기의 영향으로 연평균상대습도가 역시 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 연일조시간이 경년별로 감소 경향을 보이면서 강수 발생 가능성이 높은 기상 여건을 조성하면서 연강수량이 경년별로 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있으며, 연강수일수의 경향성은 없는 것으로 보아 연강수량의 변동성이 큼을 추정할 수 있다.

3.2.2 Hotelling-Pabst 검정과 Mann-Kendall 검정에 의한 경향성 분석

Table 6은 본 연구의 서울, 대구, 대전, 남원, 광주지점의 5개 수문기상인자 연강수량, 연강수일수, 연평균기온, 연평균상대습도, 연일조시간 대하여 신뢰수준 95%로 통계학적 기법인 Hotelling-Pabst 검정과 Mann-Kendall 검정을 통해 경향성을 파악한 것이다. 두 검정에서 계산된 검정통계량(Z)이 하한치(LL)와 상한치(UL)의 범위를 벗어 날 경우 경향성을 갖는 것으로 분석된다.

남원지점을 제외한 서울, 대구, 대전, 광주 지점에서는 연평균기온과 연평균상대습도에서 공통적으로 Hotelling-Pabst 검정과 Mann-Kendall 검정에서 경향성을 나타내었다. 이 두 수문기상인자의 경향성을 전술한 선형회귀분석 방법에 의한 결과와 관련지어보면 연평균상대습도와 연평균기온은 경년별로 각각 감소와 증가 경향이 있었음

을 Figs. 1~5에서 확인할 수 있다. 연강수량과 연강수일수는 5개 지점 모두 두 검정에서 경향성을 보이지 않으므로 경년별 변화가 많았음을 알 수 있으며, 이는 전술한 선형회귀 방법에 의한 결과와 유사한 결과임을 알 수 있다. 연일조시간의 경우는 광주를 제외한 4개 지점에서 모두 경향성을 보이지 않았다.

3.3 우리나라 전역을 대상으로 한 수문기상인자 특성분석

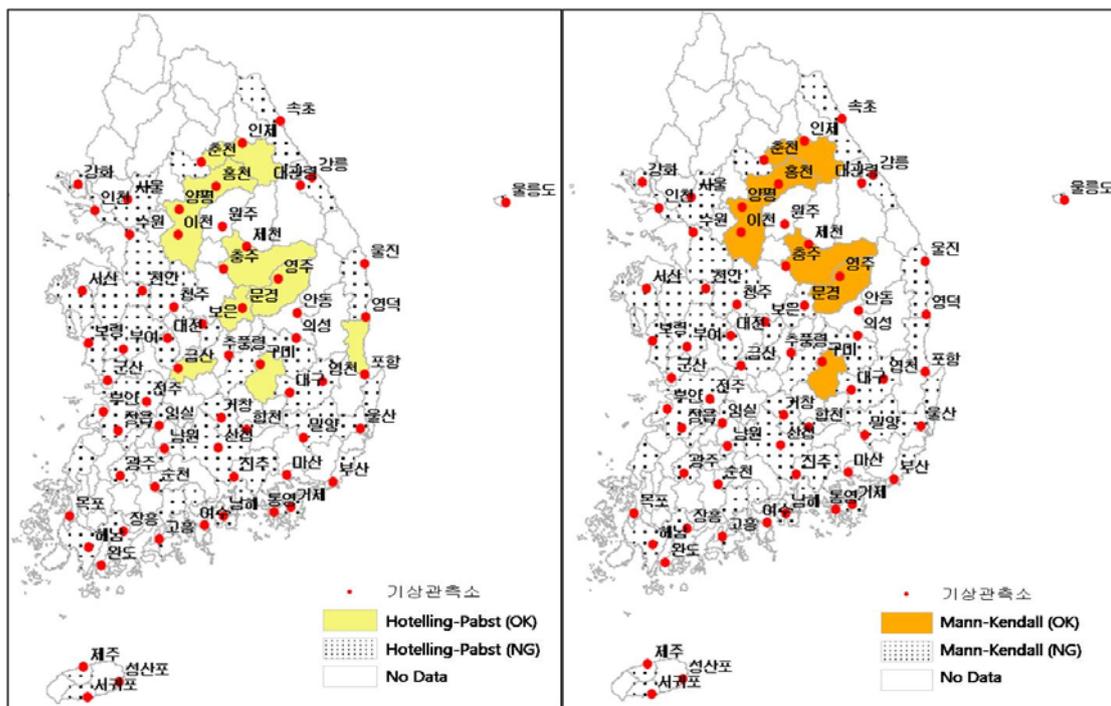
본 연구에서는 사용된 기상관측소 63개 지점 중 지면관 계상 지역별로 우리나라의 주요 기상관측 지점으로 볼 수 있는 서울, 대구, 대전, 남원, 광주지점을 중심으로 기술하였으나, 본 절에서는 전반적인 수문기상인자의 특성을 알아보기 위해 연강수량, 연강수일수, 연평균온도에 한하여 기상관측소 63개 지점에 대한 경향성분석 결과를 Figs. 6~8과 같이 도시하고 그 특징을 전국적으로 알아보았다.

Figs. 6~8의 (a) 그림은 Hotelling-Pabst 검정의 결과이며, (b)는 Mann-Kendall 검정의 결과를 도시한 것이다. 두 그림에서 흰색 영역은 본 연구의 대상지점 63개 이외의 영역이고 점으로 표시된 부분은 두 검정에서 경향성이 나타나지 않은 영역을 나타내며, Hotelling-Pabst 검정에서 노란색 부분과 Mann-Kendall 검정에서 주황색 부분이 경향성을 나타낸 영역을 나타낸다.

Table 6. Trend Analysis by the Hotelling-Pabst and the Mann-Kendall Test

Station	Section	Hotelling-Pabst Test				Mann-Kendall Test			
		LL(1)	Z(2)	UL(3)	Result	LL	Z	UL	Result
Seoul	Precipitation	-1.96	-0.54	1.96	NG	-1.96	0.66	1.96	NG
	Rainy Days	-1.96	1.28	1.96	NG	-1.96	-1.04	1.96	NG
	Temperature	-1.96	-4.60	1.96	OK	-1.96	4.73	1.96	OK
	Relative Humidity	-1.96	5.51	1.96	OK	-1.96	-6.01	1.96	OK
	Duration of Sunshine	-1.96	0.68	1.96	NG	-1.96	-0.66	1.96	NG
Daegu	Precipitation	-1.96	-1.19	1.96	NG	-1.96	1.20	1.96	NG
	Rainy Days	-1.96	-0.30	1.96	NG	-1.96	1.61	1.96	NG
	Temperature	-1.96	-5.76	1.96	OK	-1.96	5.78	1.96	OK
	Relative Humidity	-1.96	4.96	1.96	OK	-1.96	-4.89	1.96	OK
	Duration of Sunshine	-1.96	2.41	1.96	OK	-1.96	-1.94	1.96	NG
Daejeon	Precipitation	-1.96	-0.92	1.96	NG	-1.96	0.80	1.96	NG
	Rainy Days	-1.96	1.13	1.96	NG	-1.96	-1.09	1.96	NG
	Temperature	-1.96	-4.45	1.96	OK	-1.96	4.80	1.96	OK
	Relative Humidity	-1.96	4.99	1.96	OK	-1.96	-5.32	1.96	OK
	Duration of Sunshine	-1.96	0.85	1.96	NG	-1.96	-0.85	1.96	NG
Namwon	Precipitation	-1.96	-1.51	1.96	NG	-1.96	1.45	1.96	NG
	Rainy Days	-1.96	-0.67	1.96	NG	-1.96	0.68	1.96	NG
	Temperature	-1.96	-1.57	1.96	NG	-1.96	1.38	1.96	NG
	Relative Humidity	-1.96	1.56	1.96	NG	-1.96	-1.31	1.96	NG
	Duration of Sunshine	-1.96	0.63	1.96	NG	-1.96	-0.88	1.96	NG
Kwangju	Precipitation	-1.96	-1.34	1.96	NG	-1.96	1.03	1.96	NG
	Rainy Days	-1.96	-0.05	1.96	NG	-1.96	0.13	1.96	NG
	Temperature	-1.96	-4.40	1.96	OK	-1.96	4.17	1.96	OK
	Relative Humidity	-1.96	4.60	1.96	OK	-1.96	-4.47	1.96	OK
	Duration of Sunshine	-1.96	3.12	1.96	OK	-1.96	-2.74	1.96	OK

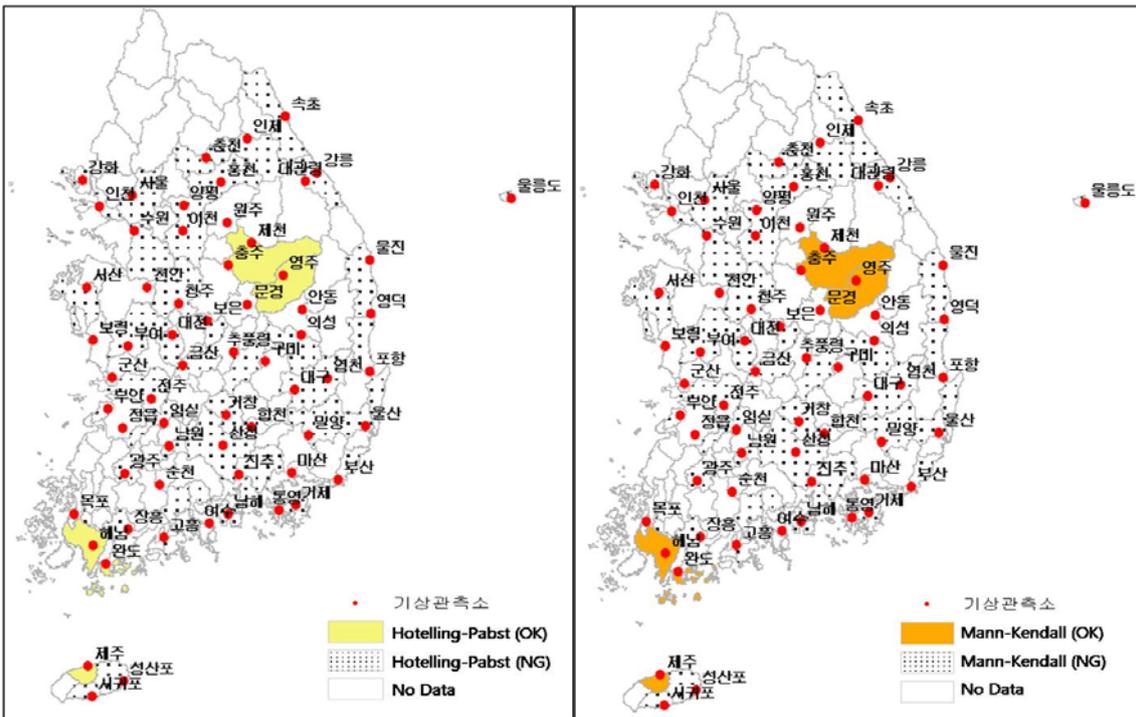
(주) (1) LL: Lower Level (2) Z: Test Value (3) UL: Upper Level



(a) Hotelling-Pabst Test

(b) Mann-Kendall Test

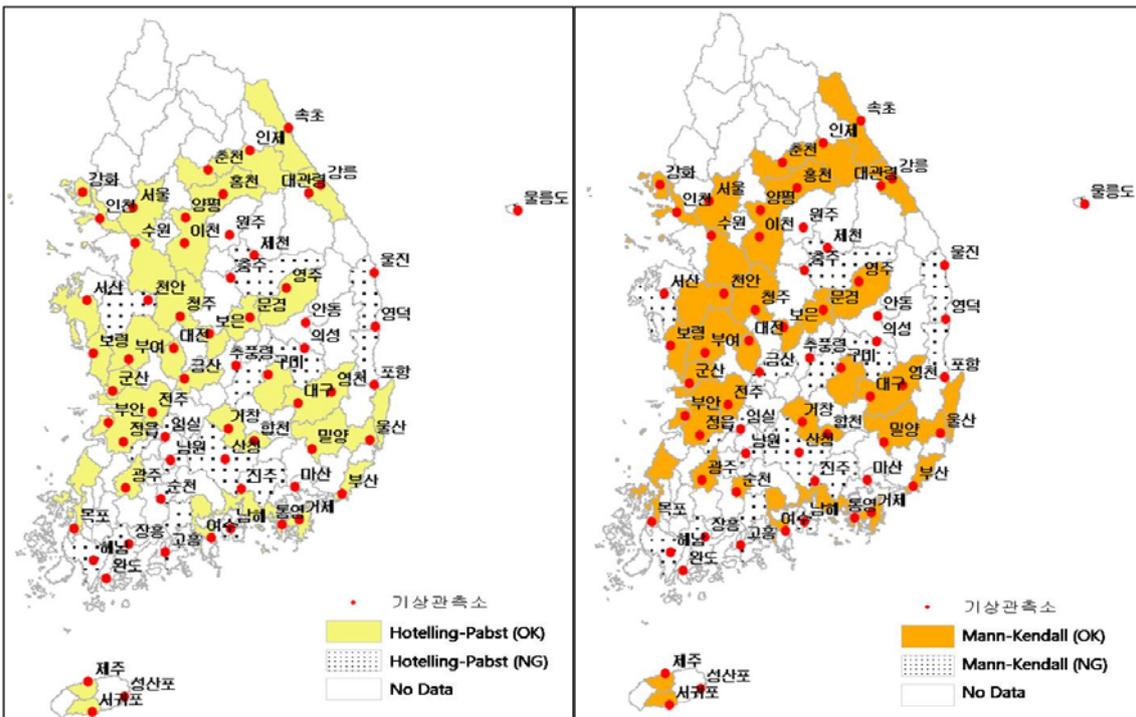
Fig. 6. Trend Result for Annual Precipitation



(a) Hotelling-Pabst Test

(b) Mann-Kendall Test

Fig. 7. Trend Result for Annual Rainy Days



(a) Hotelling-Pabst Test

(b) Mann-Kendall Test

Fig. 8. Trend Result for Annual Rainy Days

연강수량의 경우 태백산맥과 소백산맥의 안자락에 위치한 충북 북부지역과 강원도 내륙지방을 중심으로 경향성이 나타났으며, 연강수일수의 경우는 충주, 제천, 영주, 해남, 완도, 제주 등의 일부지역에서만 경향성을 보였다. 연평균기온의 경우는 전남의 일부지역과 경북 해안지방을 제외한 대부분의 지역에서 경향성이 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면 수문기상인자들의 경향성은 인접한 지역에 위치할 경우 같은 특성을 보이는 경우가 많으므로 추후 같은 특성을 보이는 지역을 묶어서 분석을 하면 수문기상인자의 특성변화 분석을 하는데 있어 좋은 결과가 나오리라 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 경년별 수문기상인자의 특성을 알아보기 위하여 관측년수가 30년 이상인 관측소 63개 지점을 대상으로 9개 수문기상인자 즉, 연강수량, 연강수일수, 연평균기온, 연평균상대습도, 연일조시간, 연증발량, 연강수계속시간, 연적설일수, 연신적설일수 자료를 대상으로 기본통계량, 선형회귀분석, 5년 이동평균을 통해 수문기상인자의 기본적인 특성을 파악하고 통계학적 기법을 이용해 경향성을 분석하였다. 본 연구의 결과는 지면관계상 지역별로 우리나라의 주요 기상관측 지점으로 볼 수 있는 서울, 대구, 대전, 남원, 광주지점을 중심으로 기술하였으며, 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 수문기상인자에 대한 기본통계량 분석결과 우리나라 기후특성상 6~10월의 여름철에 강우가 집중되며 지역별 편차가 큰 전형적인 특징을 확인하였다.
- 2) 수문기상인자에 대하여 선형회귀분석과 5년 이동평균 결과 경년별로 연강수량은 비선형의 증가, 연평균기온은 선형 증가 추세를 보였고, 연평균상대습도는 선형 감소, 연일조시간은 비선형 감소추세를 보였으며, 연강수일수는 지점에 따라 증가와 감소하는 추세를 보였다.
- 3) 수문기상인자에 대해 Hotelling-Pabst 검정과 Mann-Kendall 검정을 통한 경향성 분석 결과 연평균기온과 연평균상대습도에서 공통적으로 경향성이 나타났으며, 연강수량, 연강수일수, 연일조시간은 지역에 따라 상이한 결과를 보였다.
- 4) 수문기상인자들의 경향성 분석 결과를 전국적으로 봤을 때 인접한 지역에 위치할 경우 같은 특성을 보이는 경우가 많으므로 추후 같은 특성을 보이는 지역을 묶어서 분석을 하면 수문기상인자의 특성변화 분석을 하는데 있어 좋은 결과가 나오리라 생각된다.

감 사 의 글

본 연구는 2007년도 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문으로 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 권원태 (2005). "기후변화의 과학적 현황과 전망." **한국기상학회지**, 41(2-1), pp. 325~336.
- 기상청 (1952~2007). 기상연보.
- 김광섭, 임태경 (2005). "한반도 강수량과 유량의 장기 추세 분석." **2005년 한국수자원학회 학술발표회논문집**, 한국수자원학회, pp. 916~919.
- 오태석, 문영일 (2009), "일강우자료를 이용한 강우사상의 변동 특성 분석." **2009년 한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제42권, 제11호, pp. 933~951.
- Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, T., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W. K., Laprise, R., Magana Rueda, V., Mearns, L., Menendez, C. G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A., and Whetton, P. (2007). *Regional Climate Projections, In Climate Change 2007: The Physical Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, pp. 852~860.
- Conover, W.J. (1971). *Practical Nonparametric Statistics*. Wiley.
- Dietz, E.J., and Kileen, A. (1981). "A Nonparametric Multivariate Test for Monotone Trend with Pharmaceutical Applications.", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 76, pp. 169~174.
- Gibbons, J.D. (1990). *Handbook of statistical methods for engineers and scientists*. McGrawHill, ed. Harroson M.W., pp. 11.1~11.26.
- Hirsch, R.M., and Slack, J.R. (1984). "A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence." *Water Resources Research*, Vol. 20, pp. 727~732.
- Mann, H.B. (1945). "Nonparametric Tests Against Trend." *Econometrica*, Vol. 13, pp. 245-259.
- McCuen, R.H. (2002). *Modeling Hydrological Change: Statistical Methods*. Lewis.

논문번호: 09-140	접수: 2009.12.21
수정일자: 2010.13.08/04.07	심사완료: 2010.04.7