

기상자료를 통한 한강 유역의 기후 변화 영향 분석

Climate change effect analysis through meteorological data in the Han river basin

양정석*, 김일환**, 김남기***

Jeong-Seok Yang, Il-Hwan Kim, Nam-Ki Kim

요 지

본 연구는 최근 우리나라 4대강 중 한강의 기후변화로 인한 온도, 상대습도, 강우량의 관측자료를 통해 과거와 최근의 변동특성에 대해서 파악하고자 하였다. 이를 위해 기상청의 관측자료를 활용하였으며 한강의 상, 중, 하류로 나눠서 3개 지점에 대해 선정하였다. 선정 기준은 인위적인 영향을 많이 받는 도시지역을 제외한 도서 지역에 위치한 관측소를 기준으로 선정하였다. 분석을 실시한 항목으로는 최고, 최저, 평균 기온 및 상대습도, 연강수량, 일 최고 강수량, 강우 집중률이 있으며 강우 집중률은 강우량에 의한 강우강도의 변동 특성을 파악하기 위해 분석하였다. 과거(~1994)와 최근(1995~2011)의 변동성을 파악하기 위해 각 항목별로 비모수적 검정을 실시하고, 상위 10개를 선정한 자료를 이용하여 분석하였다. 비모수적 검정으로는 Mann-Kendall, Hotelling-Pabst, Sen's Trend Test를 이용하였고, 표준정규변량을 통해 과거와 최근의 경향성을 비교하였다. 연구 지점 중 양평의 평균 기온은 상위 10개 중 9개가 최근 자료에서 선정되었고 경향성의 유의수준도 더 높게 나타났다. 최저 상대습도는 과거에 비해 최근에 더 높은 유의수준의 하강하는 경향성을 가지는 것으로 나타나, 기후변화로 인한 지구온난화가 진행되고 있다는 것을 보여주고 있다. 연강수량은 최근 자료에 상위 8개가 나타났고, 표준정규변량 또한 높은 유의수준을 가지며 증가하는 것으로 나타났다. 일 최고 강수량, 강우집중률 또한 상위 10개 관측자료 중 1995년 이후 7개가 관측되었고, 이는 강우강도가 증가하는 것으로 판단할 수 있다. 상대습도의 경우 평균 및 최소 상대습도에서 2개가 관측 되어 기온은 상승하고 강우는 집중되는 반면 상대습도는 온도의 영향 이외에도 낮아지는 경향을 보여 온난해지는 가운데 건조해지는 경향을 보임을 알 수 있었다.

핵심용어 : 한강유역, 비모수적 경향성 검정, 기상자료, 최근 변화, 기후변화

1. 서론

현재의 지구는 기후변화를 겪고 있으며 그에 대한 요인으로 산업혁명 이후 인간의 복지수준 및 경제적 발전으로 인한 화석연료의 무분별한 사용으로 보는 한편 또 다른 요인으로는 자연적으로 온도가 올라가고 있는 단계에 와있다고 보는 견해도 나타나는 등 원인에 대해서는 많은 논란을 가지고 있다. 그런 상황에서 IPCC 제4차 보고서(2007)에 따르면 지구의 평균기온은 지난 100년간 0.7℃ 상승하였고 그 상승하는 기온기는 더욱 증가할 것이라고 보고 있다. 국립기상연구소에 따르면 우리나라는 20세기 중반 이후의 자료를 분석했을 경우 평균기온이 1.5℃ 상승하는 추세를 보이고 있다. 한반도의 기후변화에 큰 요인으로 대기 순환

* 정회원 · 국민대학교 공과대학 건설시스템공학과 부교수 · E-mail : ijyang@kookmin.ac.kr

** 비회원 · 국민대학교 공과대학 건설시스템공학과 석사과정 · E-mail : igablessed@nate.com

*** 비회원 · 국민대학교 공과대학 건설시스템공학과 석사 · E-mail : mainhouse@naver.com

으로 인한 동아시아 몬순의 영향을 크게 보고 있는데 1970년대 후반 이후 제트기류가 남하하면서 발생하는 기후 변화와 1990년대 중반 이후 제트기류가 약해지면서 기후변화가 새로운 방면에 접어들게 되었다. (Kwon et al, 2007)

이러한 기후 변화로 인해 생태계의 변화뿐만이 아니라 기상조건에 민감한 농, 수산업 및 여러 산업 분야에 영향을 미치고 있다. 앞으로의 변화하는 추세로 인하면 이에 대한 피해가 더욱 커질 것이다. 앞으로는 이에 대한 정확한 분석과 시급한 대책이 절실히 필요한 상황이다.

이와 관련된 연구로 기온과 강수변화 자료를 이용하여 한국의 최근 10년간의 변화와 그 이전의 변화를 비교한 것(이경미·백희정, 2011)이 진행된 바 있지만 본 연구에서는 한강유역을 대상으로 강우 집중률을 도입하여 강우 강도의 증가 양상을 비교하였고, 상대습도를 통해 기온 상승으로 인한 상대습도의 비교를 통해 대기 중의 상대적인 수증기량을 분석하여 각 유역의 건조 경향을 알아보기로 한다.

2. 연구지역 및 자료

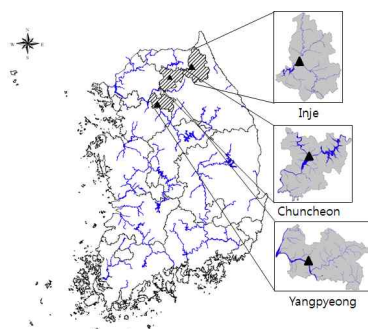


Figure 1. Study Area

우리나라의 수도인 서울 중심부를 통과하는 한강을 연구지역으로 선정하여 상, 중, 하류로 나눠서 3개 지점을 선정하였다. 상류지역으로는 인제, 중류지역으로는 춘천, 하류지역으로는 양평을 선정하였다. 지역선정에 있어 인위적인 요소를 최대한 배제하기 위해 대도시보다는 중, 소도시를 선정하였다. 인위적인 요소가 많은 대도시의 경우 불투수면적의 증가 및 온실가스 방출량의 증가폭이 높아 기온 증가 및 상대 습도가 불안정적인 요소가 많기 때문에 이에 대한 비교는 추후 연구를 통해 비교하도록 하겠다.

자료는 기상청의 일별 관측자료 중 기온, 강우량, 상대습도를 수집하여 기온, 상대습도의 경우 최고, 최저, 평균값을 산출하여 분석하였고, 강우량의 경우 연강우량, 일 최고 강우량, 강우 집중률을 산출하여 분석하였다.

3. 연구방법

수집된 기상청의 일별 관측자료 중 기온, 강우량, 상대습도를 통해 기온 및 상대습도의 경우 연 평균, 최고, 최저 기온과 상대습도를 산출하여 상위 10개와 하위 10개를 추출하여 동아시아 몬순의 영향을 고려하여 1995년을 기준으로 하여 기후변화 양상에 대해서 비교, 분석 하였다. 그와 더불어 관측된 자료의 경향성을 판단하기 위해 비모수적 검정을 통해 경향성 판단 및 변화 양상에 대해서 판단하여 보았다.

3.1 강우집중률

기상청 자료의 일별 관측자료 중 일 강우량이 80mm 이상인 강우량을 합하여 연강우량과의 백분율을 강우집중률이라고 한다. 일 강우량 80mm 이상을 집중호우라고 판단하여 강우집중률을 통해 강우강도의 크기를 판단할 수 있다.

3.2 비모수적 경향성 검정

기후변화의 특성상 변동 폭이 크고 자료를 최근(1995~2011)과 과거(~1994)로 나누어 비교하였기 때문에 길이가 길지 않아 이에 맞는 경향성 분석을 하게 되었다. 비모수적 경향성 검정의 경우 관측 값의 편차 혹은 편차간의 기울기를 사용하여 경향성 분석을 하기 때문에 자료가 정규분포화 되지 않더라도 사용에 적합하다. 이를 통해 경향성이 없다고 판단되어도 표준정규분량의 변화를 통해 앞으로의 기후변화 양상에 대해서 논의하도록 하겠다. 본 연구에서 사용한 비모수적 경향성 검정은 수자원 분야에서 널리 사용하는

Mann-Kendall, Hotelling-Pabst, Sen's Trend Test를 사용하였다.

4. 결과 및 고찰

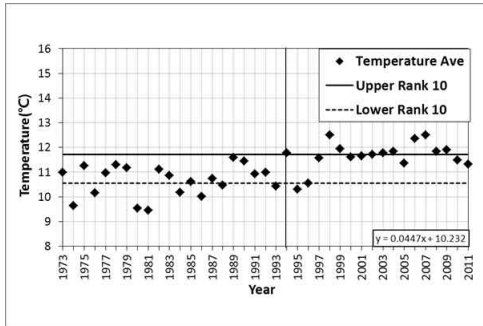


Figure 17. Yangpyeong Temperature Ave

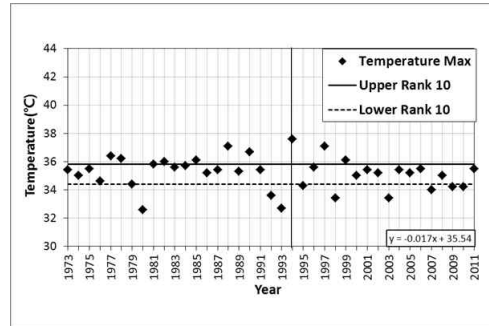


Figure 18. Yangpyeong Temperature Max

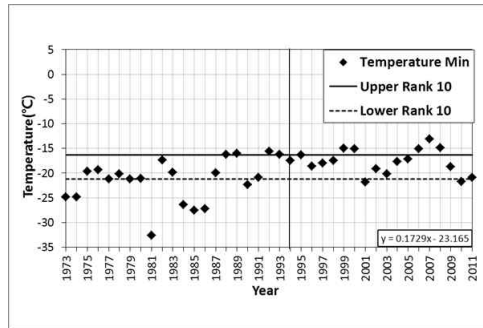


Figure 19. Yangpyeong Temperature Min

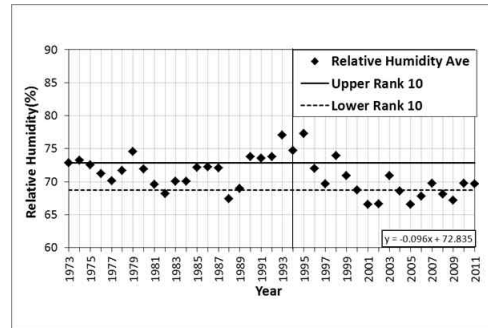


Figure 20. Yangpyeong
Relative Humidity Ave

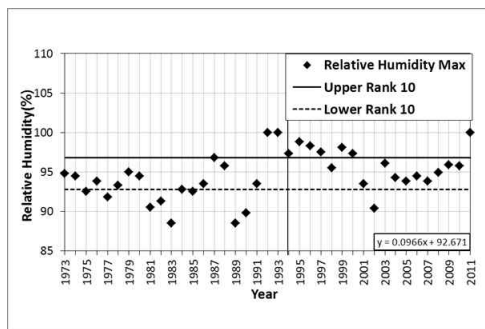


Figure 21. Yangpyeong
Relative Humidity Max

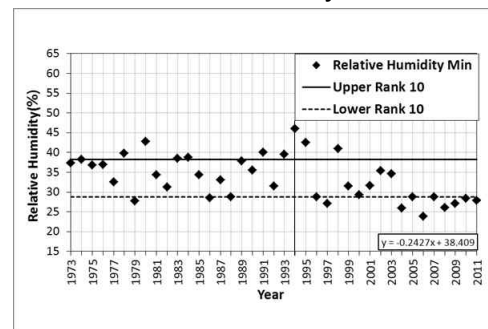


Figure 22. Yangpyeong
Relative Humidity Min

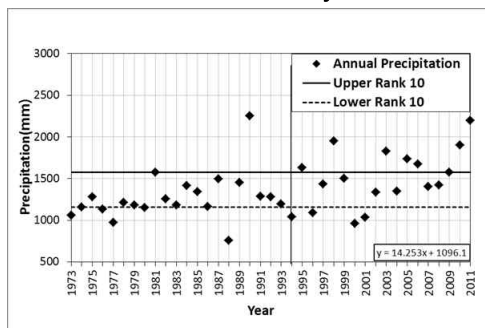


Figure 23. Yangpyeong
Annual Precipitation

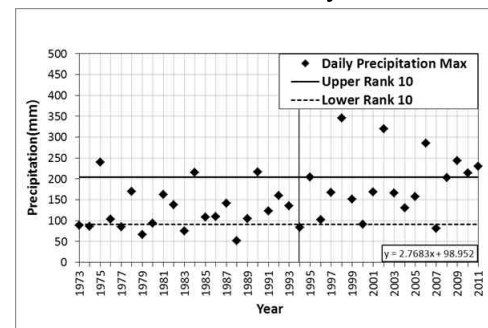


Figure 23. Yangpyeong
Daily Precipitation Max

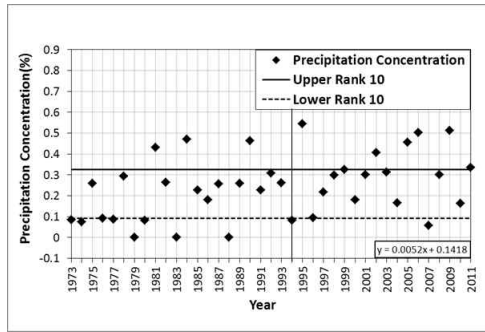


Figure 23. Yangpyeong
Precipitation Concentration

Table 5. Yanpyeong(1973~1994) Trend Test

Yangpyeong Trend Test (1973~1994)		Mann-Kendall		Hotelling-Pabst		Sen's		
		Z	S	Z	S		M_2	S
Temperature	Average	0.846	X	-0.970	X	-0.025	0.078	X
	Max	0.310	X	-0.440	X	-0.082	0.092	X
	Min	1.720	X	-1.858	X	-0.037	0.488	X
Precipitation	Annual	1.354	X	-1.436	X	-6.059	23.38	X
	Daily Max	0.451	X	-0.505	X	-2.822	3.894	X
	Concentration	0.987	X	-0.921	X	-0.002	0.014	X
Relative Humidity	Average	0.902	X	-1.146	X	-0.106	0.249	X
	Max	0.818	X	-0.978	X	-0.170	0.364	X
	Min	0.367	X	-0.409	X	-0.321	0.417	X

Table 6. Yangpyeong(1994~2011) Trend Test

Yangpyeong Trend Test (1994~2011)		Mann-Kendall		Hotelling-Pabst		Sen's		
		Z	S	Z	S	M_1	M_2	S
Temperature	Average	1.030	X	-0.833	X	-0.026	0.094	X
	Max	-0.783	X	1.088	X	-0.150	0.067	X
	Min	-0.247	X	0.515	X	-0.369	0.297	X
Precipitation	Annual	1.524	X	-1.402	X	-10.50	70.62	X
	Daily Max	0.618	X	-0.833	X	-7.389	10.67	X
	Concentration	0.536	X	-0.294	X	-0.014	0.025	X
Relative Humidity	Average	-1.854	X	1.853	X	-0.595	0.002	X
	Max	-1.071	X	1.162	X	-0.398	0.174	X
	Min	-2.101	○	2.294	○	-1.039	-0.01	○

본 연구에서는 한강의 상, 중, 하류의 대표지점 중 결측 값이 없고 보정이 가능한 지역 중 인위적인 요인이 많은 비증을 차지하지 않는 지역을 대상으로 하여 기상청의 기상 자료 중 기온, 강우량, 상대습도를 통해 과거와 최근의 자료를 분석하여 기후 변화 양상에 대해서 파악해 보았다. 기온과 상대습도의 경우에는 평균, 최고, 최저의 자료를 분류하여 분석하였고, 강우량의 경우 연 강우량, 일 최대 강우량, 강우집중률을 도입하여 강우강도가 증가하는 양상에 대해서 분석하고자 하였다. 상위 1~10위, 하위 1~10위를 보았을 경우 평균 기온은 전 지역에서 최근 자료가 과거 자료에 비해 짧은 기간임에도 인체의 경우 상위 순위 7개, 춘천 7개, 양평 9개가 나타났다. 최고 기온의 경우 상위 순위가 인제, 춘천, 양평이 각각 4, 5, 2개가 나타나고 최저 기온은 하위 순위가 2, 2, 2개가 각 지역 최근자료에서 나타났다. 이로부터 기온은 점차 증

가하고 있지만 사계절 기후가 뚜렷한 온대 기후 특성이 점차 사라지고 아열대성 기후가 나타나고 있음을 보여주고 있다. 연 강우량, 일 최대 강우량, 강우집중률의 경우 하위 순위에서 인제 2, 0, 2개, 춘천 0, 1, 1개, 양평 3, 2, 1개가 최근 자료에서 집계되었다. 이는 강우량이 증가하는 가운데 일 최대 강우량, 강우 집중률이 증가하고 있음을 나타내고 있다. 이는 그 동안에도 여름에 내리는 많은 강우로 인해 활용하지 못하는 수자원의 비중이 높았었는데 더욱 증가하게 됨을 볼 수 있다. 앞으로의 수자원 관리에 있어서 더욱 많은 노력과 새로운 대책이 필요한 상황이다. 평균, 최고, 최저 상대습도에서는 최근 자료에서 하위 10개 중 인제에서 9, 7, 6개연도, 춘천 6, 2, 6개연도, 양평 8, 1, 8개연도가 집계되었다. 평균 상대습도의 경우 최근 관측 값에서 하위 순위의 비중이 높게 나타나는 양상을 보이고 있는데 이는 평균 기온의 증가에 대해 상대습도가 낮아지는 비중도 있지만 강우강도가 증가하면서 강우의 집중 현상이 발생하면서 비가 내릴 경우를 제외하고는 점차 건조해지는 것으로 볼 수 있다.

한강 전체적인 지역에서 기온은 점차 증가하고 있으며 연 강우량과 강우가 집중되는 현상이 발생하고 있다. 이와 더불어 상대습도가 낮아져 평시에 점차 건조해지고 있다. 이로 인해 지역의 특성상 농업의 비중이 큰 이와 같은 도시에서 기상적인 요소에 민감한 농업이 많은 타격을 입게 되고 이로 인해 지역의 이윤 창출 요소인 농작물이 피해를 입으면서 경제적인 타격이 더욱 심각해 질 것으로 보인다. 또한 강우가 집중되면서 저장할 수 있는 수자원의 한계가 더욱 뚜렷하게 나타나면서 점차 건조해지는 가운데 수자원 확보에 대해 저수지 증대 등을 통하여 수자원 확보를 위한 새로운 대책을 세워 실행에 옮겨야 할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 플랜트기술고도화사업의 연구비지원(미래형 해수담수화 플랜트 기반기술)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 기상청 (<http://www.kma.go.kr>)
2. 국가수자원관리시스템 (<http://www.wamis.go.kr>)
3. IPCC, 2007. Climate Change 2007
4. 환경부, 2010, 한국 기후변화 평가 보고서 2010,
5. 국립기상연구소, 2010, 기후변화 이해하기 VII·강원의 기후변화, 국립기상연구소
6. 기상청, 2010, 2010 이상기후 특별보고서, 기상청.
7. 서린, 김태웅, 윤필용(2010), “추계학적 모의발생기법을 이용한 연최대강우자료의 경향성 변화분석”, 공학기술 논문집, 제 20권, pp. 39~50.
8. 최현미, 이진용(2009), “제주도 지하수 관측망 수위에 대한 모수 및 비모수 변동경향 분석”, 한국지하수토양환경학회지 제 14권 5호, pp. 41~50.
9. 이경미, 백희정, 조천호, 권원태(2011), “한국의 최근 10년의 기온과 강수변화”, 국토지리학회지 제 45권 2호, pp. 237~248.
10. 엄향희, 하경자, 문승의(1997), “서울의 상대습도 변화에 나타난 도시 효과”, 한국기상학회지 제 33권 1호.
11. 임은순, 권원태, 배덕효(2006), “수자원 영향평가에 활용 가능한 지역기후변화 시나리오 연구”, 한국수자원학회논문집 제 39권 12호, pp. 1043~1056.
12. 안재현, 윤용남, 유철상(2001), “지구온난화에 따른 수문환경의 변화와 관련하여 :2. 물수지 모형을 이용한 대청댐 상류 유역 수문환경의 변화 분석”, 한국수자원학회논문집 제 34권 5호, pp. 511~519.
13. 안재현, 윤용남, 이재수(2001), “지구온난화에 따른 수문환경의 변화와 관련하여 : 1. 국지규모 모형을 이용한 한반도 기온의 변화 분석”, 한국수자원학회논문집 제 34권 4호, pp. 347~356.