

기후변화로 인한 낙동강 유역의 기상요소 변동 특성

Changes in characteristic of weather elements in Nakdong River caused by climate change

양정석*, 이정원**, 장우주***,
Jeong Seok Yang, Jeong Won Lee, Woo Joo Jang

요 지

본 연구는 기후변화로 인한 국내 낙동강 유역의 기온, 강수, 상대습도의 변동 경향을 파악하고자, 낙동강 본류의 상, 중, 하류 지역을 연구대상 지역으로 선정하여 분석을 실시하였다. 이를 위하여 기상요소인 평균, 최저, 최고 기온과 상대습도 및 강우 자료를 기상청의 관측 자료를 활용하여 수집하였다. 분석을 실시함에 있어서 연평균, 최고, 최저 기온과 연평균, 최고, 최저 상대습도를 분석하였으며, 강우량 관측 자료를 통해 총강우량, 강우집중률, 일 최대강우량을 고려하였다. 분석방법은 기후변화로 인한 기상자료의 변동 경향을 파악하기 위하여 비모수적 경향성 검정인 Mann-Kendall Test, Hotelling-Pabst Test, Sen's Test 3가지의 검정 방법을 사용하였으며, 표준정규변량의 크기를 통하여 변동 경향의 유의성을 비교해보았다. 또한, 각 요소별 관측 자료의 상위 10개, 하위 10개의 자료를 통하여 최근(1995~2011)과 과거(1973~1994)의 기상요소들을 비교하여 변동 특성을 파악하였다. 연구지역 중 낙동강 중류 지점에 위치하는 구미의 경우, 요소별 자료 중 연평균기온의 상위 9개의 자료가 최근 17년 이내에 포함되어 있으며, 연 최저 및 최고 기온의 6개의 자료가 포함되어 있어 기후온난화가 진행되고 있음을 확인하였다. 연 최저 상대습도의 경우 3가지 경향성 검정 방법을 통하여 과거자료에 비해 하강하는 추세를 보이고 있다. 강우자료 분석 결과 관측이 시작된 이래 연강수량 중 상위 10개의 자료에서 7개가 최근에 발생한 것으로 분석되었고, 일 최대강우량은 9개가 포함되어 있다. 위의 요소별 분석 결과 낙동강 유역의 연강수량 및 강우강도는 대체적으로 증가하고, 기온 또한 증가하는 등 기후변화로 인한 지구온난화현상이 국내에서도 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

핵심용어 : 기후변화, 기상요소, 경향성검정, 낙동강유역

1. 서 론

산업이 발전하면서 전 세계적으로 화석연료의 사용이 증가함에 따라 대기 중의 온실가스 농도가 증가하고 그로인해, 전 지구적으로 기온이 상승하는 지구온난화 등 기후변화가 발생하면서 기후의 극치사상으로 인해 홍수 및 가뭄 등의 피해가 증가하고 있는 추세이다. 2007년에 공개된 IPCC 4차 보고서에서는 1906년부터 2005년까지의 지난 100년 동안 지구 평균기온이 0.74 0.018°C정도 상승하였다고 보고하고 있다. 우리나라의 경우 기후변화로 인한 기온상승에 대한 연구는 많이 진행되어 있지만, 기후 시스템의 주요 구성요소인 대기 성분의 기온, 습도, 강우를 포괄적으로 고려하는 연구는 미흡한 실정이다. 기후변화로 인한 우리나라 주요 대도시의 온난화 경향을 파악하였으며(최병철 등 2007), 최근 10년 사이에 연평균, 최고, 최저기온이 각각 0.5°C, 0.5°C, 0.6°C 상승하였고(이경미 등 2011), 서울의 상대습도는 15년간 감소하는 경향을 나타내고 있다

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

** 비회원 · 국민대학교 공과대학 건설시스템공학과 석사과정 · E-mail : wjddnjs1542@naver.com

*** 비회원 · 국민대학교 공과대학 건설시스템공학과 석사과정 · E-mail : muaythaiw@naver.com

(하경자 등 1997). 본 연구는 대기성분의 기온, 습도, 강우 3가지의 요소를 고려하여 낙동강 유역의 상, 중, 하류 3지점을 선정하여 동아시아 지역 몬순에 영향을 미치는 기후변화가 시작되는 1990년대 중반(국립환경과학원, 2010)을 기준으로 과거와 최근으로 나누어 기상요소의 변동 경향을 파악하고자 한다.

2. 연구 지역

본 연구에서는 우리나라를 대표하는 4대강 중 하천길이가 가장 긴 낙동강 유역을 연구대상 지역으로 선정하였다. 낙동강 유역의 전체적인 기상요소 변동 특성을 파악하기 위하여 본류를 상류, 중류, 하류지역 3지점으로 나누었으며, 분석하고자 하는 기상요소인 기온, 강수, 상대습도의 관측 자료가 최소 30개년 이상이 되면서 결측일이 없는 지역을 선정하였다.

최종적으로 선정된 연구지역은 Fig 1 과 같다. 낙동강 상류지점에 속하는 문경, 중류지점에 속하는 구미, 하류지점에 속하는 밀양으로 선정하였으며, 광역시와 같은 도시화가 많이 진행되어 발생하는 불확실한 변동 요소를 반영하지 않기 위해 중소도시로 선정하였다.

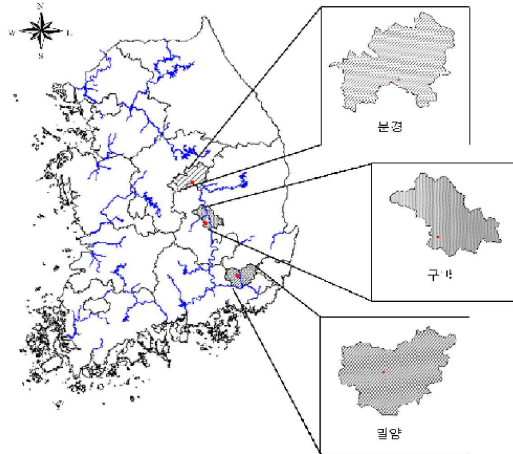


Fig 1. Study Area

3. 자료 수집 및 분석

3.1 자료 수집

기상청(<http://www.kma.go.kr>)에서 관측된 기온, 강우, 상대습도의 자료를 수집하였으며, 해당 연구지역의 관측 자료는 1973년부터 2011년까지 총 39개년의 자료를 수집하였다. 기온과 상대습도의 경우 연평균, 최고, 최저라는 3개의 항목으로 구분하였으며, 강우의 경우 연강우량, 강우집중률, 일 최대강우량으로 구분하여 경향성 검정을 실시하였다.

3.2 자료 분석

관측된 자료를 바탕으로 기후변화로 인한 기상자료의 변동 경향을 파악하기 위하여 비모수적 경향성 검정인 Mann-Kendall Test, Hotelling-Pabst Test, Sen's trend Test 3가지 경향성 검정방법을 사용하였으며, 표준정규변량 z 의 크기를 통하여 변동 경향의 유의성을 상대적으로 비교, 분석하였다. 경향성 검정을 하기 위한 항목은 연평균, 최고, 최저 기온 및 상대습도와 연강우량, 강우집중률, 일 최대강우량으로 구분하였으며, 우리나라 기후변화가 시작되었다고 판단하는 1990년대 중반을 기준으로 정하고 기후변화 시작

전과 후의 기상요도 변동에 관하여 경향성 분석을 실시하였다.

4. 연구결과

낙동강 유역의 상류, 중류, 하류지점에 위치한 지역의 경향성검정을 실시하였다. 아래의 Table 1, 2 Fig 2, 3, 4, 5는 중류지점에 속하는 구미지역의 결과 값이다. 1990년대 중반 이후의 최저상대습도를 제외한 나머지 기상요소 변동 경향이 유의하지 않게 나타났다.

구미의 기온은 상위 10개의 자료 중 연평균 기온은 9개, 최고기온과 최저기온은 6개씩 기후변화 시작 후의 기간에 분포가 되어 있다. 강우의 경우 연강우량과 강우집중률은 7개, 일 최대 강우량은 9개의 자료가 기후변화 시작 후의 기간에서 나타났다. 습도는 최고상대습도만 90년대 중반 이후 4개의 자료가 분포하고 있으며, 평균상대습도와 최저상대습도는 기후변화 시작 전의 기간에서 상위 10개의 자료가 분포한다.

Table 1. Trend Test - Gumi (1973년 ~ 1994년)

Gumi (1973~1994)		Mann-Kendall		Hotelling-Pabst		Sen's		
Weather Elements		z	T&F	z	T&F		T&F	M_2
Temperature	Ave	0.39	F	-0.40	F	-0.04	F	0.05
	Min	0.23	F	0.06	F	-0.16	F	0.30
	Max	-0.08	F	-0.01	F	-0.12	F	0.11
Precipitation	Annual	0.39	F	-0.41	F	-13.09	F	19.55
	Concentration	0.34	F	1.05	F	0.00	F	0.01
	Daily Max	-0.34	F	0.28	F	-1.63	F	1.00
Relative Humidity	Ave	-0.79	F	0.69	F	-0.37	F	0.13
	Max	-0.56	F	0.47	F	-0.20	F	0.13
	Min	0.62	F	-0.71	F	-0.29	F	0.52

Table 2. Trend Test - Gumi (1995년 ~ 2011년)

Gumi (1995~2011)		Mann-Kendall		Hotelling-Pabst		Sen's		
Weather Elements		z	T&F	z	T&F	M_1	T&F	M_2
Temperature	Ave	1.36	F	-1.43	F	-0.01	F	0.08
	Min	-0.16	F	0.20	F	-0.13	F	0.14
	Max	-1.57	F	1.69	F	-0.22	F	0.02
Precipitation	Annual	0.21	F	-0.22	F	-24.93	F	45.00
	Concentration	-0.33	F	0.31	F	-0.01	F	0.01
	Daily Max	-0.87	F	0.79	F	-9.40	F	2.25
Relative Humidity	Ave	1.36	F	-1.43	F	-0.55	F	0.19
	Max	-0.33	F	0.53	F	-0.48	F	0.45
	Min	-2.84	T	2.70	T	-0.85	T	-0.14

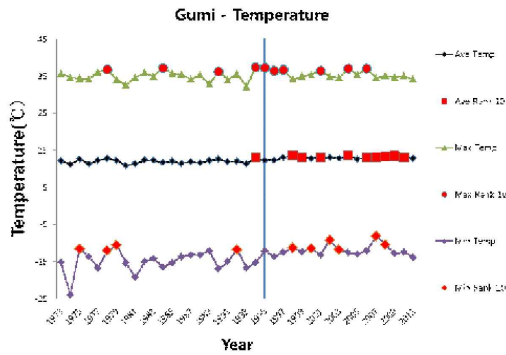


Fig 2. Gumi - Temperature

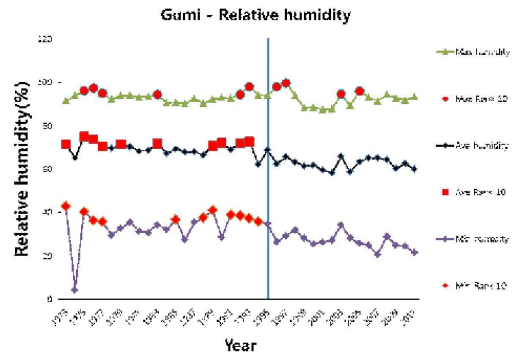


Fig 3. Gumi - Relative Humidity

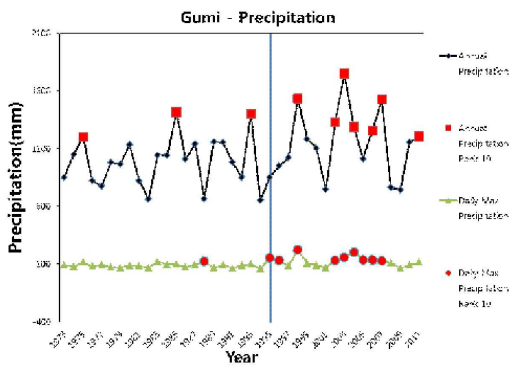


Fig 4. Gumi - Precipitation

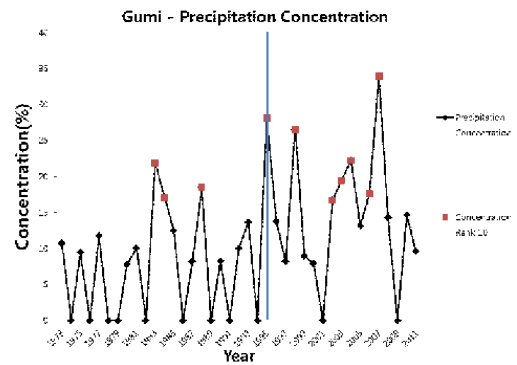


Fig 5. Gumi - Precipitation Concentration

5. 결론

본 연구에서는 기후변화로 인한 낙동강 유역의 전체적인 기상요소 변동 특성을 파악하였다. 그 결과 낙동강의 상류지점에 위치하는 문경의 경우, 기후변화 시작 이전의 시점에서 기상요소별 변동 경향이 최저상대습도를 제외한 나머지 기상요소에서 상대적으로 뚜렷하게 나타나며, 중류지점인 구미에서는 연평균기온과 최고기온이 기후변화 시작 이후 변동경향이 유의할 가능성이 있다고 판단 할 수 있다. 강우자료에서는 일 최대강우량만 유의가능성이 있다고 판단되며 습도는 연평균 상대습도와 최저상대습도만이 유의가능성을 나타내고 있다. 하류지점인 밀양은 연평균, 최저, 최고기온과 연강우량과 최저 상대습도만 유의가능성을 나타낸다. 또한, 기상요소별 자료의 크기를 상위 10개로 뽑아내어, 우리나라 기후변화가 시작되는 시점인 1990년대 중반을 기준으로 어느 시점에 분포하고 있는지 파악하였다. 상류에 위치한 문경은 90년대 중반이전의 시점에서 연평균, 최저, 최고기온이 50%이상 분포하고 있지만, 강우자료는 90년대 중반 이후 시점에서 7개의 자료가 분포하고 있다. 습도는 최저상대습도만이 기후변화 시작 이전의 시점에서 8개의 자료가 분포하고 있다. 구미의 경우 문경지역과 다르게 기온 및 강우의 자료가 기후변화 시작 이후 시점에서 최소 6개 이상의 자료가 분포하고 있으며, 습도는 연평균 및 최저상대습도가 기후변화 시작 이전의 시점에서 상위 10개의 자료가 분포하고 있다. 마지막으로, 하류지점인 밀양에서는 기온과 연강우량의 최소 5개 자료가 90년대 중반 이후에 분포하고 있으며, 습도는 기후변화 시작 전의 시점에서 7개의 자료들이 분포하고 있다.

낙동강 유역의 전체적인 기상요소 변동이 요소별로 불규칙하게 분석이 되었지만, 지역별로 기후변화가 시작되는 시점을 기준으로 기상요소 변동의 양상이 달라짐을 확인하고, 변동경향이 유의할 가능성이 높은 지역을 확인 할 수 있었다. 국내 기후변화가 시작되면서 기온과 강우의 요소가 상대적으로 높아지는 경향을 보이고 있으며, 앞으로 국내 기후의 극치현상이 유발될 가능성을 나타낸다고 판단된다. 또한, 국내 4대강의 다른 유역을 포함한 다른 지역에서 더 많은 연구가 수행된다면, 기후변화로 인한 피해 및 악영향을 방지할 수 있

으며, 요소별 예상 시나리오를 제안 할 수 있다고 판단된다.

감 사 의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No. 2011-0013598)

참 고 문 헌

1. 기상청(<http://www.kma.go.kr>)
2. IPCC 2007
3. 환경부 국립환경과학원, 2010, 한국 기후변화 평가 보고서 2010
4. 국립기상연구소, 2009a, 기후변화 이해하기 II - 한반도 기후변화 현재와 미래
5. 이경미, 백희정, 조친호, 권원태, 2011. 한국의 최근 10년의 기온과 강수변화, 국토지리학회지, Vol 45, No. 2, pp. 237 - 248
6. 서린, 김태웅, 윤필용, 2010. 추계학적 모의발생기법을 이용한 연 최대강우자료의 경향성 변화 분석, 공학 기술논문집, Vol. 20
7. 손태석, 임용균, 백명기, 신현석, 2010. 기후변화에 따른 낙동강 유역의 기온 경향성 및 수온과의 탄성도 분석, 한국물환경학회지, Vol. 26, No. 5, pp. 822 - 833
8. 최현미, 이진용, 2009. 제주도 지하수 관측망 수위에 대한 모수 및 비모수 변동경향 분석, 한국지하수토양 환경학회지, Vol. 14, No. 5, pp. 41 - 50
9. 최병철, 김지영, 이대근, 2007. 기후변화에 따른 한반도의 지역 별 온난화 경향, 환경공동학술대회
10. 오제승, 김형수, 서병하, 2006. 수문 및 기후 자료에 대한 선형 경향성 및 평균이동 분석, 대한토목학회 논문집, Vol 26, No. 4B, pp. 355 - 362
11. 엄향희, 하경자, 문승의, 1997. 서울의 상대습도 변화에 나타난 도시 효과, 대한기상학회지, Vol. 33, No.