

기후변화를 고려한 금강유역 수문기상인자의 특성 분석

An Analysis of Characteristic for Hydrometeorologic Parameters Considering Climate Changes in Geum River Basin

안소라*, 박진혁**, 채효석***, 황의호****

So-Ra AHN, Jin-Hyeog PARK, Hyo-Seok CHAE, Eui-Ho HWANG

요 지

본 연구는 미래 물 관리를 위한 기후변화 대응방안 도출 연구의 사전연구로서 금강유역의 과거 기상·수문요소의 특성변화 분석을 수행하였다. 기상자료로 금강유역 기상관측소 8개소의 37개년(1973~2009)의 기온, 강수량, 상대습도 자료를 수집하였다. 하천수위자료는 수위자료와 수위-유량관계곡선의 신뢰성 문제, 이후 수행될 장기유출분석을 고려하여 최종적으로 공주, 규암 수위관측소의 36개년(1973~2008)의 자료를 이용하였고, 지하수위자료는 관우관측소와 근접하게 위치해 있으면서 과거 자료를 최대한 많이 보유하고 있는 6개 관측소의 10개년(1999~2008)의 자료를 이용하였다. 수집된 자료의 평균, 표준편차, 왜곡도, 변동계수를 산출하여 연·계절별로 수문기상인자의 경년변화를 파악한 결과 기상인자 중 강수량의 변동성이 가장 크게 나타나 경년별 변화가 큰 것으로 분석되었고 하천수위보다는 지하수위가 경년별 변동이 적은 것으로 분석되었다. 수문학적 지속성 분석을 위해 Run 검정, Turning Point 검정, Anderson Exact검정을 이용하여 시계열자료에 주기성이 있는지 분석한 결과 기온과 강수는 무작위성, 상대습도, 하천수위는 지속성을 가지는 인자로 분석되었고 지하수위는 관측소별, 기간별로 무작위성과 지속성이 혼재되어 있는 것으로 나타났다. 마지막으로 경향성 분석을 위해 단순 선형 회귀분석과 Mann-Kendall 검정을 이용하였다. 그 결과 기온은 연·계절 모두 증가경향이 나타났고, 강수량은 여름에만 증가경향이 나타났으며, 상대습도는 뚜렷한 감소경향을 보였다. 또한 하천수위는 감소경향이 나타났으며 지하수위는 유의수준 범위에서 경향성은 보이지 않았다. 본 연구의 결과는 기후변화로 인해 발생할 수 있는 수자원의 영향을 평가하고 미래 물 관리 적응기술 개발 및 계획 수립을 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어 : 수문기상인자, 기본통계분석, 지속성분석, 경향성분석

1. 서 론

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 제 4차 평가보고서 의하면 현재 지구온난화가 발생하고 있는 것은 자명한 사실이며 기후변화는 자연적 요인이 아닌 인간 활동에 인한 것이라고 지목하였으며 금세기에는 심각한 기후변화를 겪게 될 것이라고 발표하였다. 특히 수자원분야에서는 지구온난화에 의한 강수량의 변동으로 홍수와 가뭄의 취약성은 더욱 증가할 것으로 전망되고 있다. 우리나라는 최근 강수일수의 감소와 강수량 및 집중호우의 증가추세가 보고되고 있으며 이러한 지구온난화에 의한 미래 기온의 상승과 강수량의 패턴변화는 증발산이나 토양수분 등의 변화로 이어져 궁극적으로 물순환의 변화를 초래하며 유출량 변화로 이어질 것으로 예상된다. 이처럼 가속화 되고 있는 기후변화와 더불어 나타나게 될 수문 순환의 변화는 우선적으로 해결되어야 하는 중요한 문제이며, 심각해지고 있는 수자원 문제에 대해 원활하고 효과적으로 수자원을 활용하기 위해서는 기후변화에 의한 수문환경의 변화에 대한 정확한 파악이 필수적이다.

기후변화로 인한 수자원의 영향을 분석하는 방법으로는 크게 관측 자료를 이용해 변화 경향을 분석하는 방법, 기후모형을 이용하는 방법, 그리고 기후모형과 결정론적 수문모형을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다.

* 정회원 · 한국수자원공사 K-water연구원 위촉연구원 · E-mail : ahnsora@kwater.or.kr
** 정회원 · 한국수자원공사 K-water연구원 책임연구원 · E-mail : park5103@kwater.or.kr
*** 정회원 · 한국수자원공사 K-water연구원 선임연구원 · E-mail : chaehs@kwater.or.kr
**** 정회원 · 한국수자원공사 K-water연구원 수석연구원 · E-mail : ehhwang@kwater.or.kr

온과 강수는 무작위성, 상대습도, 하천수위는 지속성을 가지는 인자로 분석되었고 지하수위는 관측소별, 기간별로 무작위성과 지속성이 혼재되어 있는 것으로 나타났다.

3.3 경향성 분석

경향성 분석은 장기간의 수문자료에 대한 경향성을 감지해서 변화 양상에 대한 정보를 제공해 주므로 수자원 계획수립 및 운영에 있어 유용한 방법이다. 본 연구에서는 금강유역의 과거 기상·수문 자료에 대한 경향성 분석을 위해 단순 선형 회귀분석법과 Mann-Kendall(Mann, 1945; Kendall,1975) 검정법을 이용하였다. 기온은 연·계절 모두 증가경향, 강수량은 여름에만 증가경향, 상대습도는 뚜렷한 감소경향, 하천수위는 감소경향, 지하수위는 유의수준 범위에서 경향성은 보이지 않았다(표 1). 10년 이동평균 변화분석을 수행한 결과 1970년대 대비 2000년대에는 연평균기온은 0.6℃상승, 겨울온도는 1.1℃상승, 연강수량은 152.9mm상승, 봄 강수량은 42.7mm 감소, 여름 강수량은 179.5mm증가, 상대습도는 연·계절 모두 5.0~9.8% 감소하는 것으로 분석되었다(그림 3).

표 1. 금강유역 기상자료(기온, 강수량, 상대습도, 하천수위, 지하수위)의 연·계절평균 경향성분석

기 간	Slope	R ²	Statistic Z	Trend			
				$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$	
연평균	기온(℃)	0.03	0.28	3.08	▲	▲	▲
	강수량(mm)	4.75	0.04	1.11	-	-	-
	상대습도(%)	-0.27	0.70	-5.06	▽	▽	▽
	하천수위(공주)	-0.05	0.28	-3.68	▽	▽	▽
	지하수위(장수장수)	-0.01	0.18	-1.73	▽	-	-
봄 (3~5월)	기온(℃)	0.03	0.23	2.92	▲	▲	▲
	강수량(mm)	-1.05	0.02	-0.77	-	-	-
	상대습도(%)	-0.36	0.66	-5.15	▽	▽	▽
	하천수위(공주)	-0.07	0.40	-4.53	▽	▽	▽
	지하수위(장수장수)	-0.01	0.08	-0.52	-	-	-
여름 (6월~8월)	기온(℃)	0.00	0.00	-0.05	-	-	-
	강수량(mm)	5.51	0.09	1.82	▲	-	-
	상대습도(%)	-0.20	0.42	-3.26	▽	▽	▽
	하천수위(공주)	-0.04	0.12	-2.23	-	▽	▽
	지하수위(장수장수)	-0.01	0.16	-1.05	-	-	-
가을 (9월~11월)	기온(℃)	0.03	0.15	2.55	▲	▲	-
	강수량(mm)	0.60	0.00	0.05	-	-	-
	상대습도(%)	-0.24	0.59	-4.91	▽	▽	▽
	하천수위(공주)	-0.04	0.15	-3.17	▽	▽	▽
	지하수위(장수장수)	-0.02	0.22	-0.94	-	-	-
겨울 (12월~2월)	기온(℃)	0.06	0.23	2.61	▲	▲	▲
	강수량(mm)	-0.42	0.01	-0.61	-	-	-
	상대습도(%)	-0.28	0.54	-4.40	▽	▽	▽
	하천수위(공주)	-0.05	0.19	-3.64	▽	▽	▽
	지하수위(장수장수)	-0.02	0.20	-1.05	-	-	-

* ▲ : 경향성의 증가, ▽ : 경향성의 감소

* - : Mann-Kendall 검정법에 의한 분석결과 경향성의 증가, 감소에 유의성이 없음

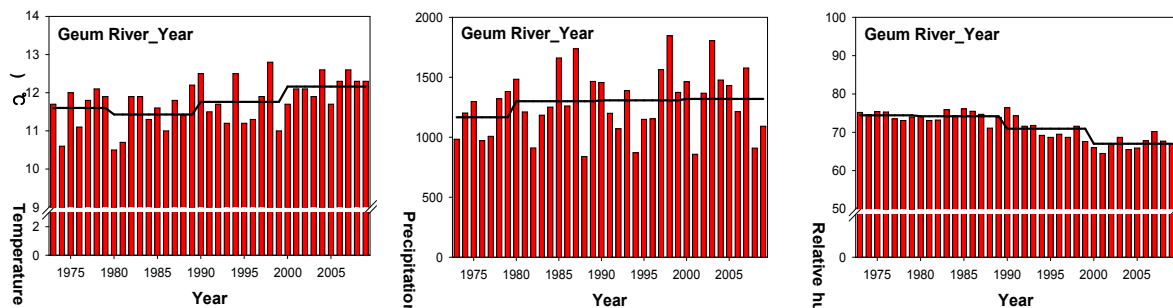


그림 3. 금강유역 연평균 기상자료(기온, 강수량, 상대습도)의 10년 이동평균 변화분석

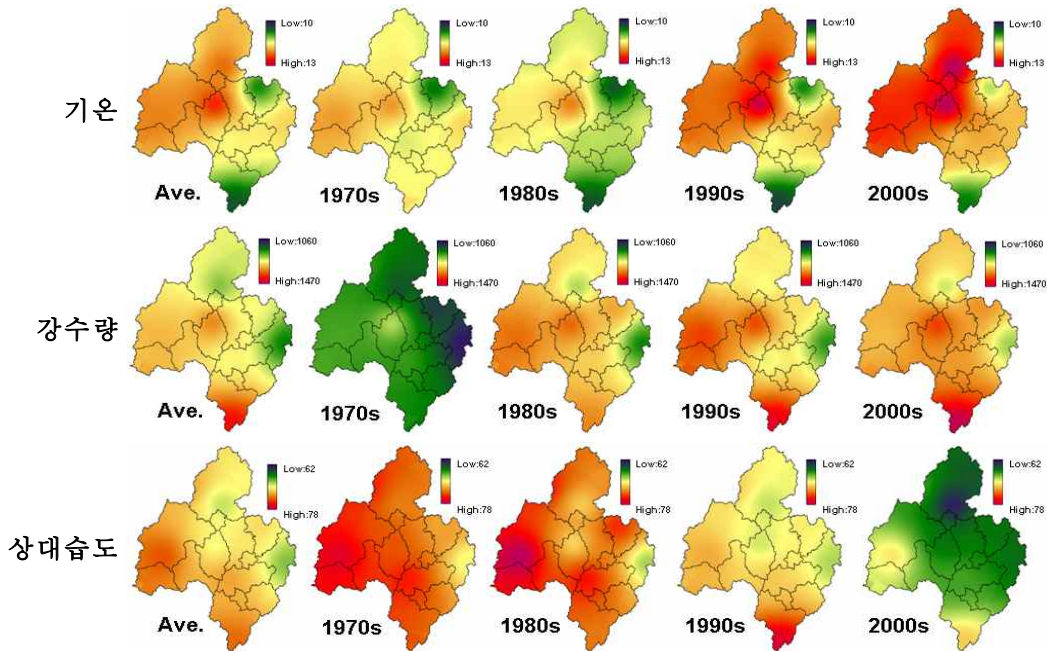


그림 4. 금강유역 연평균 기온, 강수량, 상대습도 분포도

4. 토지피복도와 용수이용량 자료의 경향성 분석

6개의 항목(수역, 시가화, 산림, 나지 및 습지, 초지, 농지)에 대한 금강유역 면적변화를 표 3에 도시하였으며, 산림은 감소하고 시가지는 증가하는 경향을 나타내었다. 금강유역 전체면적 중 시가지의 면적은 1975년에 1.0%, 2000년에는 4.6%를 차지하는 것으로 분석되었다. 권역별로 살펴보면 전반적으로 시가지가 증가하기는 했으나, 10%가 넘는 지역은 갑천유역 한곳으로 나머지 유역은 시가지 비율이 현저히 낮음을 알 수 있었다.

표 3. 금강유역 토지피복의 면적변화

년도	토지피복분류 (km ² [%])						
	수역	시가화	산림	나지&습지	초지	농지	합계
1975	118.5 [1.2]	100.5 [1.0]	6696.0 [67.5]	79.7 [0.8]	145.4 [1.5]	2774.0 [28.0]	9914.0 [100]
1980	101.9 [1.0]	128.4 [1.3]	6545.5 [66.0]	136.0 [1.4]	273.9 [2.8]	2728.3 [27.5]	9914.0 [100]
1985	190.6 [1.9]	183.1 [1.8]	6334.7 [63.9]	90.3 [0.9]	244.5 [2.5]	2870.8 [29.0]	9914.0 [100]
1990	230.4 [2.3]	282.0 [2.8]	6286.3 [63.4]	131.6 [1.3]	305.5 [3.1]	2678.3 [27.0]	9914.0 [100]
1995	241.3 [2.4]	359.2 [3.6]	6123.5 [61.8]	114.7 [1.2]	304.1 [3.1]	2771.2 [28.0]	9914.0 [100]
2000	228.7 [2.3]	460.2 [4.6]	6070.4 [61.2]	117.1 [1.2]	317.8 [3.2]	2719.9 [27.4]	9914.0 [100]

금강유역 전체 용수이용량 중 생활용수가 차지하는 비율은 10%, 공업용수는 2%, 농업용수는 88%로 분석되었다. 표 4에는 금강유역 권역별 용수이용량 현황을 정리하고, Mann-Kendall 경향성 분석을 통해 유의수준 95%에서의 경향성을 분석한 결과를 정리하였다. 금강유역 총 용수이용량의 41개년(1965~2005)의 경향성은 갑천과 미호천을 제외하고, 유의수준 내에서 경향을 보이지 않거나 대부분 감소하는 것으로 나타났다. 생활용수와 공업용수는 도시화가 진행됨에 따라 대부분의 유역에서 증가하였고, 농업용수는 감소

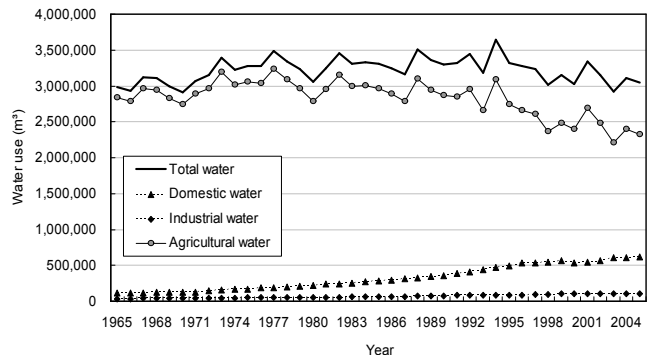


그림 5. 금강유역 전체 용도별 용수이용량 변화

하는 경향을 보였다. 그림 6은 금강유역 전체의 용도별 용수이용량 변화를 도시한 그림이며, 전체 용수이용량과 농업용수이용량을 보면 1970년대부터 상승하거나 안정화되다가 1990년대부터 감소추세를 보이고 있다.

앞서 경향성 분석 및 10년 이동평균분석 결과에서 1970년대 대비 2000년대 연강수량은 152.9mm 증가하였고, 특히 여름 강수량은 179.5mm 증가하였다. 또한 전체 용수이용량과 전체 용수이용량의 88%를 차지하는 농업용수이용량은 감소경향을 보였다. 이러한 결과에도 불구하고 하천수위 및 지하수위가 감소경향을 보이는 것은 기후변화의 영향이라고 할 수 있다.

표 4. 금강유역 중권역별 용수이용량 경향성 분석

중권역 코드	유역명	용수이용량 (m ³)				Statistic Z (Trend $\alpha = 0.05$)			
		계	생활용수	공업용수	농업용수	계	생활용수	공업용수	농업용수
3001	용담댐	154,668	8,125	304	146,240	-5.34 (▽)	2.71 (▲)	8.95 (▲)	-5.96 (▽)
3002	용담댐하류	10,991	574	3	10,415	-6.26 (▽)	-1.84 (-)	7.51 (▲)	-6.32 (▽)
3003	무주남대천	48,428	2,296	34	46,098	-6.91 (▽)	7.36 (▲)	3.45 (▲)	-7.18 (▽)
3004	영동천	161,772	12,558	619	148,594	-2.39 (▽)	8.53 (▲)	8.93 (▲)	-3.34 (▽)
3005	초강	135,435	3,317	1,057	131,061	-3.49 (▽)	6.05 (▲)	8.73 (▲)	-3.85 (▽)
3006	대청댐상류	33,116	1,410	366	31,341	-4.80 (▽)	7.67 (▲)	8.46 (▲)	-5.49 (▽)
3007	보청천	166,673	7,462	592	158,619	-3.67 (▽)	6.12 (▲)	7.85 (▲)	-4.32 (▽)
3008	대청댐	126,348	12,623	6,505	107,220	-1.40 (-)	8.88 (▲)	8.64 (▲)	-5.29 (▽)
3009	갑천	251,591	110,408	7,013	134,170	6.98 (▲)	8.57 (▲)	8.77 (▲)	-7.69 (▽)
3010	대청댐하류	53,632	3,017	6,733	43,882	1.94 (-)	8.79 (▲)	8.91 (▲)	-4.50 (▽)
3011	미호천	793,121	83,826	32,481	676,814	3.96 (▲)	8.79 (▲)	8.84 (▲)	-2.71 (▽)
3012	금강공주	656,873	48,439	7,960	600,473	-1.20 (-)	7.20 (▲)	8.03 (▲)	-2.73 (-)
3013	논산천	299,894	19,147	1,121	279,626	1.09 (-)	8.50 (▲)	8.12 (▲)	-0.95 (-)
3014	금강하구연	326,462	10,176	3,209	313,078	-1.45 (-)	6.64 (▲)	1.31 (-)	-1.79 (-)
합계		3,219,005 (100%)	322,804 (10%)	67,997 (2%)	2,827,631 (88%)	0.82 (-)	9.09 (▲)	9.06 (▲)	-3.88 (▽)

5. 결론

본 연구에서는 금강유역의 과거 기상·수문요소, 토지피복도와 용수이용량 자료의 변화 분석을 수행하였다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 금강유역 1970년대 대비 2000년대 기후변동을 분석한 결과 연평균기온은 0.6℃ 상승, 겨울온도는 1.1℃ 상승하였다. 연강수량은 152.9mm 증가하였고, 봄 강수량은 42.7mm 감소한 반면 여름 강수량은 179.5mm 증가하였다. 상대습도는 연·계절 모두 5.0~9.8% 감소하였다.
2. 기후변화로 인한 기온상승 및 상대습도의 감소로 인해 증발량이 증가되고 그에 따른 수자원의 변화가 예상된다. 또한 기후변화에 따라 봄 강수량이 감소하고 여름 강수량이 증가하여 봄 가뭄과 여름 홍수가 더욱 극심해질 것으로 분석되었다.
3. 여름철 집중강우로 인해 일최대강수량과 집중호우발생빈도는 증가하지만 강수일수는 감소하여 하천수위, 지하수위가 감소하는 등 기후변화의 영향을 받는 것으로 분석되었다.
4. 연 강수량의 증가경향과 전체 용수이용량과 농업용수이용량의 감소경향에도 불구하고 하천수위 및 지하수위가 감소경향을 보이는 것은 기후변화의 영향으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 안소라, 박민지, 박근애, 김성준 (2009) “기후변화가 경안천 유역의 수문요소에 미치는 영향 평가.” 한국수자원학회지, 한국수자원학회, Vol. 42-1, pp. 33-50.
2. Kendall, M.G. (1975). Rank Correlation Methods. Griffin, London.
3. Mann, H.B., (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrica. Vol. 13, pp. 245-259.