

지구온난화에 따른 홍수 및 가뭄 발생빈도의 변화와 관련하여

: 1. 연/월강수량의 변화에 따른 일강수량 분포의 변화분석

On the Change of Flood and Drought Occurrence Frequency due to Global Warming

: 1. Change of Daily Rainfall Depth Distribution due to Different Monthly/Yearly Rainfall Depth

윤 용 남* / 유 철 상** / 이 재 수*** / 안 재 현****

Yoon, Yong Nam / Yoo, Chulsang / Lee, Jae Soo / Ahn, Jae Hyun

Abstract

Global warming has begun since the industrial revolution and it is getting worse recently. Even though the increase of greenhouse gases such as CO₂ is thought to be the main cause for global warming, its impact on global climate has not been revealed clearly in rather quantitative manners. However, researches using General Circulation Models(GCMs) has shown the accumulation of greenhouse gases increases the global mean temperature, which in turn impacts on the global water circulation pattern. This changes in global water circulation pattern result in abnormal and more frequent meteorological events such as severe floods and droughts, generally more severe than the normal ones, which are now common around the world and is referred as a indirect proof of global warming. Korean peninsula also cannot be an exception and have had several extremes recently. The main objective of this research is to analyze the impact of global warming on the change of flood and drought frequency. Based on the assumption that now is a point in a continuously changing climate due to global warming, we analyzed the observed daily rainfall data to find out how the increase of annual rainfall amount affects the distribution of daily rainfall. Obviously, the more the annual rainfall depth, the more frequency of much daily rainfall, and vice versa. However, the analysis of the 17 points data of Keum river basin in Korea shows that especially the number of days of under 10mm or over 50mm daily rainfall depth is highly correlated with the amount of annual rainfall depth, not the number of dry days with their correlation coefficients quite high around 0.8 to 0.9.

keywords: daily rainfall, annual rainfall, frequency distribution, global warming

요 지

지구 온난화는 산업혁명이후 이미 시작되었으며 최근에 와서 그 정도가 심해지고 있다. CO₂와 같은 온실기체의 증가를 가장 큰 원인으로 하는 지구 온난화의 영향이 아직 정량적으로 밝혀지고 있지; 않지만 대기순환모형(General Circulation Model: GCM)을 이용한 연구에서 이러한 온실기체의 증가가 지구의 평균온도를 상승시킨다고 밝히고 있다. 지구 온난화는 전지구적 물의 순환에도 영향을 미쳐 지구 곳곳의 강수패턴에 변화를 가져오는데 그중에 자주 발생하는 대류권 가뭄이나 홍수와 같은 극치기상이 이러한 지구온난화의 간접증거로 자주 언급되곤 한다. 국내의 경우도 예외는 아니어서 국내에 들어 빈번한 홍수 및 가뭄을 경험하고 있다. 본 연구에서는 지구온난화에 따른 홍수 및 가뭄의 빈도변화 분석을 목적으로 한다. 이러한 연구를 단정하기 위해 먼저 현재상태가 지구온난화 과정의 한 시점이라는 가정 아래 현재까지 관측된 일강수량 자료를 분석하여 과거 일강수량의 증가가 일강수량의 분포에 어떤 식으로 영향을 미치고 있는지를 분석하여 보았다. 대상자료는 금강유역의 17개 지점을 선정하여 이용하였고, 분석결과로서 연강수량과 일강수량은 상대적으로 작은 상관을 보이고 있음을 확인할 수 있었으며 오히려 10mm이하 또는 50mm이상의 강수일수에 0.8~0.9의 높은 상관성을 보임을 파악할 수 있었다.

핵심용어 : 일강수량, 연강수량, 강수빈도분포, 지구온난화

* 고려대학교 토목환경공학과 교수

Professor, Dept. of Civil & Envir. Eng., Korea Univ., Seoul 136 701, Korea

** 고려대학교 환경공학과 조교수

Assistant Professor, Dept. of Envir. Eng., Korea Univ., Chungnam 339 700, Korea

*** 전주대학교 토목환경공학과 조교수

Assistant Professor, Dept. of Civil & Envir. Eng., Jeonju Univ., Jeonbuk 560 759, Korea

**** 고려대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정

Doctoral Student, Dept. of Civil & Envir. Eng., Korea Univ., Seoul 136 701, Korea

1. 서 론

지난 수십 년간에 걸쳐 진행되어 왔던 지구온난화에 대한 연구는 지구의 평균온도의 변화 추정 및 원인 규명에서부터 시작하여 이에 따른 지구규모의 기상변화 예측에까지 다양하게 이루어져 왔다. 먼저, 지구온난화의 주원인으로는 가장 먼저 대기중의 이산화탄소(CO₂)의 증가를 꼽고 있으며 이 분야 연구의 주된 도구로 사용되는 대기순환모형(General Circulation Model: GCM)을 이용한 모의실험에서도 몇몇 시나리오에 근거한(예를 들어, 국제기후 평가단(IPCC)의 4가지 시나리오) CO₂의 증가양상을 대기순환의 외력항(External Forcing Term)으로 하여 수행되고 있다. 현재 각국의 CO₂ 배출억제노력 등을 고려하는 경우 배증 CO₂, 즉 CO₂의 양이 현재의 두배가 되는데 소요되는 시간은 대략 60여년으로 추정하고 있으며 기후변화에 따른 각 분야에의 영향평가는 이 상태를 기준으로 하는 것이 일반적이다(오재호, 홍성길, 1995; 일본 건설성 토목연구소, 1996).

엄밀한 의미에서 현재는 지구온난화에 따라 과거의 상태에서 미래의 상태로 변화하는 과정중의 한 시점으로 파악될 수 있다. 따라서 과거의 상태를 지구온난화 과정과 전혀 별개의 상황으로 취급할 수 없으며 단지 우리는 지구온난화가 더 심화되었을 상황에 대해 더 큰 관심을 가지고 있을 뿐이다. 지구온난화 과정중의 한 시점으로서 현재를 파악한다면 과거에서 현재 미래로의 어떤 경향(trend) 또는 변화의 양상이 유지된다고 가정할 수 있으며, 따라서 과거 자료의 분석을 통해 그러한 특성을 어느 정도 파악할 수 있다. 강우의 경우도 예외는 아니며 최근에 발표된 강우의 변동특성 분석에 관한 연구들(강인식 등, 1992; 김승, 신현민, 1992; 임규호, 정현숙, 1992)에서 그 예를 찾아볼 수 있다. 아울러, 지구환경의 변화에 따른 수자원에의 영향 연구는 더욱 최근에 관심을 갖게된 분야로서 한국과학기술연구원(1993a, b), 한국수자원공사(1994), 한국과학기술연구원(1994, 1995), 한국과학기술연구원과 시스템공학연구소(1993, 1994, 1995) 등의 연구에서 그 예를 찾아볼 수 있다.

기상 및 수문분야에서 중요하게 고려되어야 할 부분이 집중호우 및 가뭄 등과 같은 극치기상의 빈도 변화이나 지구환경의 변화를 고려한 관련 연구는 현재 전무한 상태이다. 이는 무엇보다도 모형의 해상도 문제에서 그 원인을 찾을 수 있다. 즉, 모형을 이용한 결과는

면적평균치이나 관측된 자료는 한 지점에서의 값이기 때문에 상대적인 비교가 어렵게 된다. 아울러 현재의 연구수준으로 볼 때 GCM 또는 중규모/소규모의 모형을 이용한 연구는 면적 또는 시간평균의 측면에서 자연환경의 변화를 살펴보는 것이 상대적으로 더 큰 신뢰도를 갖는 것으로 알려져 있다(Frederick and Rosenberg, 1994).

본 연구에서는 현재상태가 지구온난화 과정의 한 시점이라는 가정 아래 현재까지의 일강수량 자료를 통계 분석하여 과연 연강수량의 증가가 일강수량의 빈도분포에 어떤 식으로 영향을 미치고 있는지를 살펴보고자 한다. 총강수량이 많은 해에 많은 양의 일강수 빈도가 큰 것은 당연하다. 그러나 연강수량이 과연 어느 정도의 일강수 깊이에 민감하게 반응하는지는 밝혀져 있지 않다. 총강수량이 적은 해의 경우도 마찬가지이다. 따라서 본 연구에서는 금강유역의 30년 이상 강우기록을 보유한 17개 지점을 선정하여 연강수량, 월강수량, 및 일강수량의 특성을 조사하여 보았다. 아울러 연강수량의 과다에 따른 일강수량의 빈도분포 변화를 살펴보았으며 각 일강수깊이의 빈도와 연강수량을 상관 분석하여 연강수 총량에 민감하게 반응하는 일강수깊이를 찾아보았다.

2. 금강유역 일강수량 자료의 통계특성

2.1 금강유역 개요

본 연구는 대청댐이 있는 금강유역을 대상으로 하였다. 금강유역은 한반도의 중서부에 위치하며 충청남도, 충청북도의 약 절반과 전라북도의 약 1/4을 점하고 경기도 및 경상북도 일부를 점하는 유역 면적 9,886km²의 대유역으로서 대략 남한면적의 1/10정도인 남한 제3의 유역이며 본류의 유로 연장이 393.9km에 이른다(한국수자원공사, 1992). 현재 금강유역 내에는 30년 이상 일강수 기록이 있는 관측지점이 30여개소 이상 있으며 본 연구에서는 이들 중 17개 지점(정양, 부강, 청양, 정산, 공주, 옥천, 청산, 모서, 홍산, 강경, 연산, 추풍령, 용담, 무주, 진안, 안성장, 장수)을 임의로 선정하여 연구에 이용하였다.

2.2 금강유역 일강수량 자료의 기본 특성

2.2.1 연강수량의 변화추이, 연평균 및 분산

그림 1은 금강유역의 17개 지점의 연강수량 시계열 및 이들의 산술평균과 표준편차를 도시하고 있다. 이

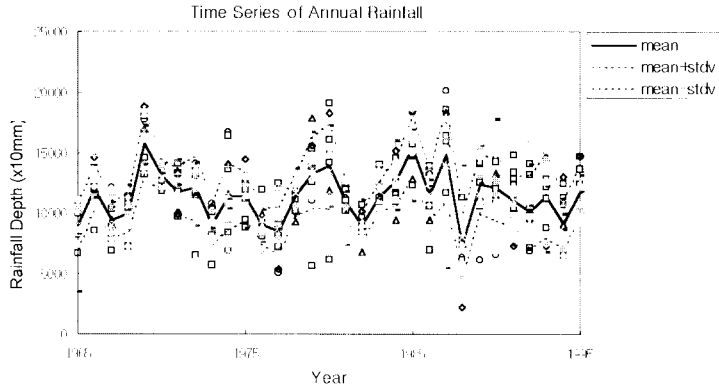
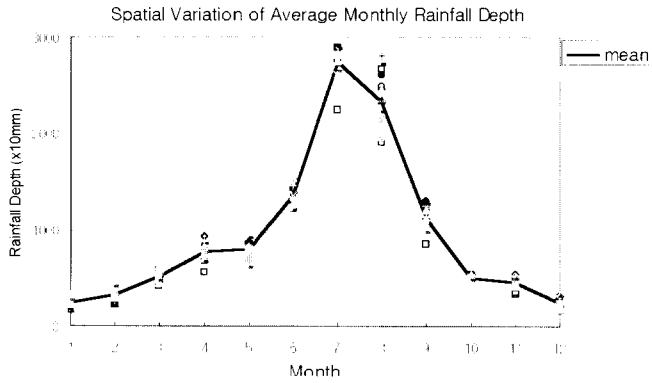


그림 1. 금강유역 연강수량의 변화

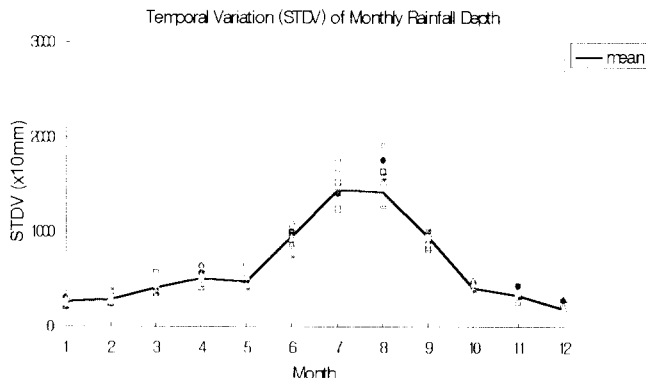
그림에서 볼 수 있듯이 금강유역 연강수량은 무작위의 특성을 나타내고 있으며 표준편차의 변화에서 볼 수 있듯이 시간적으로나 공간적으로 그 편차가 불규칙적으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

2.2.2 월평균 및 분산

그림 2(a)는 금강유역의 17개 지점 일강수량 자료를 각 지점별로 월별 평균하고 또 이 지점자료를 표 1에



(a)



(b)

그림 2. 금강유역 월강수의 변동특성: 공간(a) 및 시간(b)

표 1. 금강유역 17개 지점의 월별 및 연평균 강수량

위치	월												년
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
장수	26.1	34.8	50.0	93.5	82.0	143.6	289.3	246.3	116.2	56.1	47.5	25.1	1150.0
청산	21.7	25.0	58.2	56.4	78.2	141.2	225.1	191.4	85.6	42.5	33.9	18.7	1033.1
부강	17.9	22.9	48.5	75.8	86.4	125.4	282.8	234.2	114.6	50.3	41.9	17.7	1146.2
홍산	23.8	29.2	49.3	82.6	86.4	133.9	276.2	249.8	111.2	51.6	54.3	31.8	1167.6
정양	23.5	28.0	46.3	68.5	78.9	122.3	289.8	267.6	118.3	47.6	36.3	18.1	1273.5
청양	22.8	29.7	53.1	74.8	81.0	125.3	282.4	261.0	130.5	47.9	50.3	27.7	1238.1
정산	28.0	32.6	53.2	86.9	89.0	138.1	305.2	281.3	124.7	50.9	46.5	24.3	1298.3
공주	25.5	31.4	51.6	85.0	91.2	137.8	288.0	271.5	126.3	53.8	44.1	21.4	1325.7
옥천	26.1	36.4	53.9	78.9	82.6	151.0	284.9	232.7	125.5	50.4	46.5	25.1	1214.0
보서	23.9	34.0	60.0	82.2	80.6	150.6	280.6	212.6	109.7	48.3	41.6	24.5	1262.8
강경	22.6	29.0	46.6	73.8	74.8	122.9	240.1	203.0	101.3	42.1	41.5	17.4	1029.5
연산	24.6	28.8	44.9	70.3	82.3	127.2	275.2	245.9	120.5	47.6	44.3	22.8	1212.8
추봉령	26.4	36.3	59.2	77.9	80.0	135.6	261.3	214.5	113.0	49.1	49.3	24.9	1160.4
용담	26.4	36.1	56.4	78.7	73.5	150.0	247.6	215.4	100.8	51.7	49.5	29.7	1107.2
부주	26.7	35.5	52.2	77.6	68.1	132.8	272.8	194.3	107.9	52.4	43.5	22.8	1091.1
진안	32.9	39.0	56.8	89.1	82.4	145.1	285.0	219.7	113.3	59.1	52.3	32.5	1048.6
안성장	26.4	40.8	47.4	66.5	61.5	121.0	265.2	223.1	97.2	48.1	49.7	31.8	1074.3
평균(mm)	25.0	32.3	52.2	77.6	79.9	135.5	273.6	233.2	112.7	50.0	45.5	24.5	1166.7

서와 같이 산술 평균하여 함께 도시한 그림이다. 이 그림에서는 각 지점의 30개년에 대한 월평균 강수량이 공간적으로 큰 차이가 없음을 나타내고 있다. 주목할 필요가 있다. 이러한 결과는 공간적으로 균질성을 보이는 유역내의 강수가 짧은 시간축에서는 큰 변동성을 나타내지만 장기간 평균과 같이 긴 시간축에서는 어떤 일관된 특성을 보여준다는 것을 나타낸다. 그림 2(b)에 나타난 것과 같이 각 지점 월강수량의 시간축에서의 변동은 공간축에서보다 월등히 큰 값을 나타내

는데 이는 그림 1에서와 같이 연강수량의 변화를 월강수량이 나누어 가지고 있기 때문이다.

2.2.3 월/년별 무강수일수

금강유역 각 지점의 월/년별 무강수일수에 대한 정보는 그림 3과 같다. 그림에서 볼 수 있듯이 각 지점별 무강수일수의 변동은 작은 편이며 계절별로 본 지점별 변동폭도 우기나 건기에 관계없이 일정함을 알 수 있다. 이는 금강유역 내 강우가 공간적으로 산지효

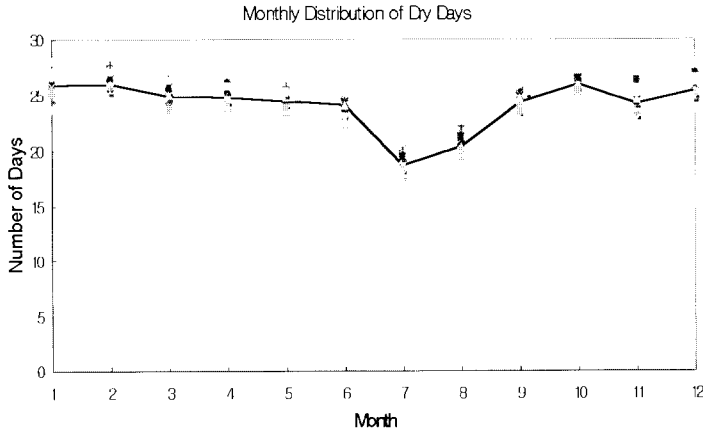


그림 3. 금강유역의 월별 무강수일수 변화

과(orographic effect) 등과 같은 비균질성(nonhomogeneity)을 작게 포함하고 있음을 나타낸다.

3. 금강유역 연/월강수량과 일강수 자료와의 관계

3.1 연/월강수량과 무강수일수와의 관계

금강유역이 위치한 한반도의 경우 강수의 계절성이 뚜렷하여 연강수량뿐만 아니라 월강수량의 변화도 그 중요성이 크다고 볼 수 있다. 특히 지구온난화의 영향으로 한반도의 경우 연평균 강수량이 대략 10% 정도 증감(GCM에 따라 차이를 보임)하는 것으로 알려지고 있으나 과학기술저, 1993, 1994, 1995) 이러한 증가는 연중 균등한 증가로 나타나는 것이 아니라 월별로 상이한 증감으로 나타나고 있어 그에 대한 분석이 필요한 실정이다.

무강수일수에 대한 정보는 강수일수의 모의에 필요한 정보로서 임의 값이 이상의 경우 발생확률을 계산 하는데 필요한 정보이며 이를 정리하면 표 2와 같다. 이러한 정보는 연/월강수량의 변화에 따른 임의 값이 이상의 경우 발생확률의 변화를 살펴볼 때 중요한 지점이 된다. 아울러 금강유역에 대한 연/월강수량과 무강수일수와의 선형회귀분석 결과는 표 3과 같다.

표 3. 금강유역 17개 지점에 대한 연/월 강수량 (Pi)과 무강수일수와의 선형회귀분석

월	무강수일수 (Ni)
1	$N_1 = 28.31 - 0.085P_1$
2	$N_2 = 27.24 - 0.036P_2$
3	$N_3 = 27.78 - 0.041P_3$
4	$N_4 = 27.19 - 0.023P_4$
5	$N_5 = 27.16 - 0.023P_5$
6	$N_6 = 26.82 - 0.017P_6$
7	$N_7 = 24.32 - 0.015P_7$
8	$N_8 = 25.46 - 0.014P_8$
9	$N_9 = 28.16 - 0.029P_9$
10	$N_{10} = 28.68 - 0.044P_{10}$
11	$N_{11} = 27.29 - 0.070P_{11}$
12	$N_{12} = 26.24 - 0.060P_{12}$
Annual	$N_{annual} = 317.7 - 0.0323P_{annual}$

3.2 연강수량의 변화에 따른 일강수의 분포 변화

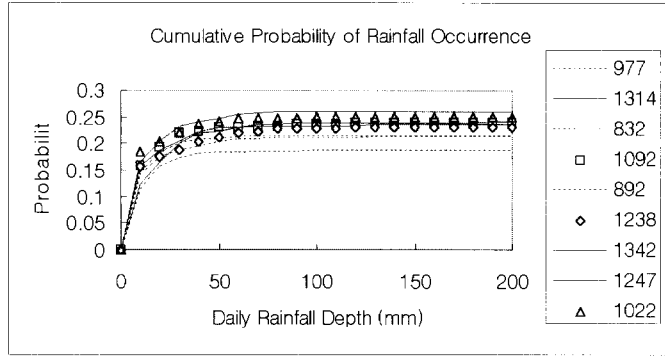
연강수량이 큰 해에 상대적으로 큰 일강수의 빈도 또는 강도가 크게 나타나는 것은 당연한 현상이다. 이 점에서서는 일강수의 분포가 연강수량의 변화에 따라 어떤 식으로 바뀌는지를 알아보기 위해 연강수량이 평균 정도인 경우, 평균보다 큰 경우 및 평균보다 작은 경우를 금강유역 내 두 지점(추풍령, 홍산)을 선정하여 각각의 무강수발생확률을 비교해 보았다(그림 4(a),

표 2. 금강유역 17개 지점의 월별 및 연평균 무강수일수

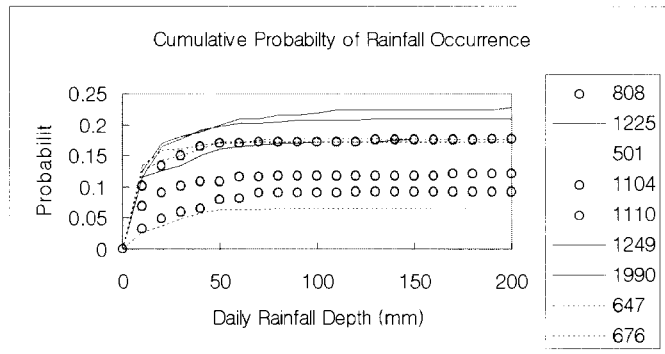
위치	월												년
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
장수	25.8	25.5	24.3	24.3	24.2	22.7	18.3	20.3	24.1	26.4	24.8	25.0	278.7
청산	26.9	27.2	25.4	26.0	24.6	23.8	19.7	21.3	25.4	27.0	26.3	26.9	293.6
부강	28.0	27.7	26.1	25.0	24.4	23.8	19.1	21.1	24.7	26.5	25.3	27.9	292.7
홍산	26.3	26.2	25.8	25.3	25.2	24.5	20.1	21.9	24.9	26.4	23.5	24.3	287.5
청양	26.6	26.6	25.8	25.8	25.3	24.3	19.4	21.2	24.9	26.5	25.1	25.9	290.3
청양	25.8	26.3	25.5	25.2	24.3	23.7	18.4	20.4	24.2	26.7	24.2	25.0	282.7
정산	27.3	27.7	26.5	26.2	25.8	24.4	20.4	22.1	25.6	27.0	26.3	26.9	299.2
공주	25.7	25.9	25.0	24.1	23.7	22.9	17.9	19.1	23.1	25.3	22.8	24.7	273.3
옥천	24.8	24.7	23.6	23.6	23.1	22.0	17.4	19.1	23.3	25.7	23.2	24.4	267.9
모서	26.6	26.0	24.8	24.4	24.7	23.1	18.3	20.2	24.2	25.8	25.2	26.2	282.5
강경	27.1	27.1	26.2	25.8	25.3	25.2	20.7	22.6	25.8	27.2	25.1	26.6	297.5
연산	25.1	26.0	25.0	24.9	24.8	24.0	18.6	20.3	24.6	25.8	24.6	24.5	281.1
추풍령	25.7	25.9	25.0	24.1	23.7	22.9	17.9	19.1	23.1	25.3	22.8	24.7	273.3
용남	25.4	25.4	24.1	24.1	23.9	22.4	18.4	19.4	23.7	25.3	23.6	25.3	274.2
부주	25.0	24.9	23.4	23.8	23.9	22.3	17.6	20.0	23.9	25.5	23.7	24.9	271.9
진안	23.7	23.6	22.6	23.0	23.0	21.8	16.4	18.6	21.8	23.5	21.9	23.7	256.5
안성장	24.4	24.9	24.5	25.0	24.7	23.5	19.0	20.7	25.4	26.3	23.8	24.3	279.4
평균(days)	25.9	26.0	24.9	24.7	24.4	24.2	18.7	20.4	24.3	26.0	24.2	25.4	281.3

(b)). 아울러 그림 4(c)에서는 금강유역의 17개 지점에 대해 연강수량이 큰 해와 작았던 해를 임의로 추출하여 누가 강수발생확률을 도시하였다. 이 그림에서 최종 누가확률은 약 0.05에서 0.3정도의 범위로 나타나고

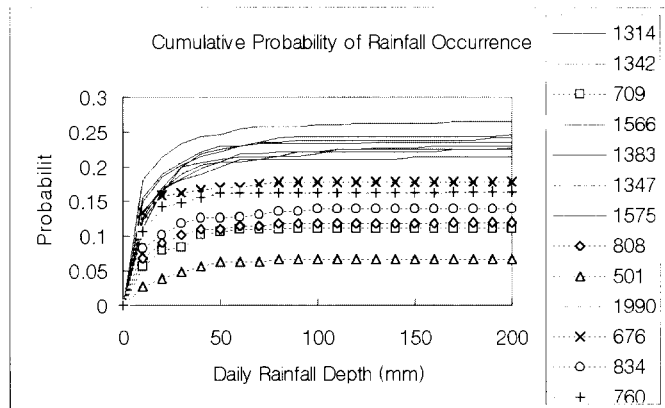
있는데 이는 무강수의 확률이 0.95에서 0.7정도가 될 수 있다. 이 그림에서는 먼저 연강수량이 클수록 큰 일강수의 발생확률이 커짐을 쉽게 파악할 수 있다. 그러나, 이



(a) 추풍령



(b) 홍산



(c) 17개 지점에서 임의로 선정된 지점

그림 4. 금강유역내 일강수자료의 누가강수발생확률

그림에서 발견할 수 있는 또 다른 강수분포의 특징은 대략 일강수 50mm 전후까지 누기확률이 증가하다가 이후로 정체된다는 것이다. 이는 연강수량의 변화가 대략 일강수량 50mm 정도까지의 빈도변화에 민감하게 반응하고 있다는 것을 나타낸다. 즉, 50mm 보다 월등히 큰 일강수의 빈도는 연강수량과는 큰 상관성을 가지고 있지 않다고 추측할 수 있다. 아울러, 연강수량이 큰 해의 누기강수량의 변동폭은 연강수량이 작은 해의 변동폭에 비해 현저히 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 연강수량이 큰 해의 경우, 일강수의 빈도분포는 무강수일수보다는 강수일의 빈도분포에 더욱 민감하게 반응하고(즉, 연강수량이 아주 큰 경우, 무강수

일수는 그에 비례해서 아주 작아지는 것이 아니라 일강수의 강도를 크게 하는 경향을 보여 준다), 반대로 작은 연강수량을 나타내는 해의 경우는 무강수일수 및 아주 작은 강수일의 빈도에 민감하게 반응한다는 것을 의미한다. 이와 같은 현상은 다음절의 연강수량과 무강수일수 및 일정 깊이 이상의 강수깊이와의 상관분석에서 더욱 자세히 나타난다.

3.3 연강수량과 무강수일수 및 일정 깊이 이상 강수일수와의 상관분석

연강수량이 큰 해에 상대적으로 큰 일강수의 빈도가 크게 나타나는 것은 앞서 누기확률분포에서 살펴볼 수

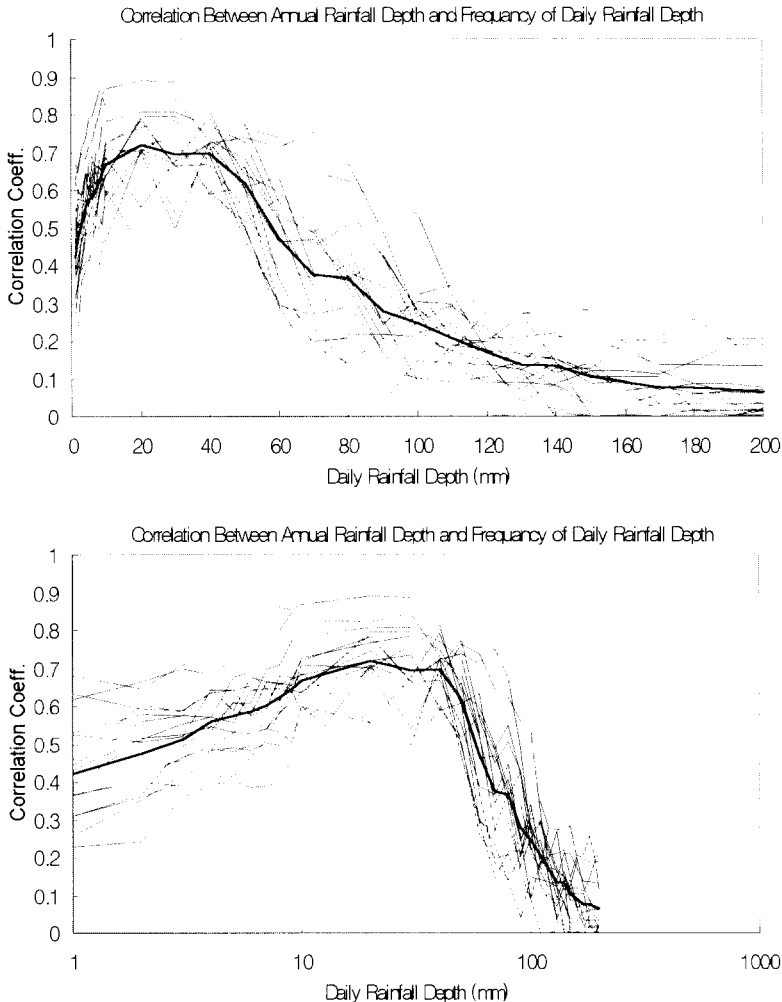


그림 5. 금강유역 연강수량과 임의 깊이 이상의 일강수일수와의 상관 분석

있는 것처럼 자명한 현상이다. 그러나 연강수량이 과연 어느 정도의 일강수량 깊이의 빈도와 밀접한 관계를 가질 것이냐는 그렇게 단순한 문제가 아니다. 이는 먼저 기후학적 특성을 반영하는 결과일 것이고 기후학적 으로 동일한 지역 내에서도 지형학적 특성을 반영하게 될 것이기 때문이다. 본 연구에서는 금강유역의 17개 지점 일강수량 자료를 이용하여 연강수량과 일강수량이 이상의 일강수량 빈도와의 상관관계를 유도해 보았다(그림 5). 그림 5의 아래 그림은 동일한 그림을 반대수지에 대해 추가로 나타낸 것이며 연강수량과 임의깊이 이상 강수량과의 상관관계의 변화를 보다 뚜렷하게 나타내기 위함이다. 이 그림에서 우리는 금강유역의 연강수량과 임의깊이 이상의 강수량 사이에 어떤 뚜렷한 관계가 있음을 발견할 수 있다. 즉, 연강수량은 대략 10mm 이하의 강수량과 40mm 내지 50mm 이상의 강수량에 큰 상관관계를 가지는 것으로 나타나고 있다. 이때의 상관계수는 대략 0.8-0.9 정도로 나타나고 있으며 연강수량과 무강수량 또는 60mm 이상의 강수량에 대한 상관계수는 상대적으로 작은 값을 보임으로서 연강수량과의 정량적인 관계설정에는 적절하지 않은 것으로 판단된다. 아울러 연강수량과 무강수량은 0.5-0.6 정도의 작은 상관관계를 보임으로서 역시 연강수량과의 정량적인 관계설정에는 적절하지 않은 것으로 판단된다.

이러한 결과는 금강유역 강수의 특성으로서 다른 유역의 특성으로 연장되지는 않으나 다른 유역에서도 유사한 상관관계를 발견할 수 있으리라 본다.

4. 결 론

본 연구에서는 금강유역의 17개 지점 일강수량 자료를 분석하여 년강수량의 변화에 따른 일강수량의 분포의 변화를 살펴보았다. 연강수량과 무강수량 및 임의깊이 이상 강수량과의 상관분석에서는 연강수량이 대략 10mm 이하의 강수량과 40-50mm 이상의 강수량에 큰 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타나고 있다. 이때의 상관계수는 약 0.8-0.9 정도의 값을 가지는 것으로 나타나고 있으며 연강수량과 무강수량 또는 60mm 이상의 강수량에 대한 상관계수는 상대적으로 작은 값을 보임으로서 연강수량과의 정량적인 관계 설정에는 적절하지 않은 것으로 나타났다.

감사의 글

연구는 건설교통부 국제수문계획(IIIIP)의 연구지원 및 한국과학재단의 장려센터로 지정된 고려대학교 방

재과학기술연구센터의 연구지원으로 수행되었습니다. 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 강인식, 허창희, 민경덕 (1992). "한반도 여름철 강수량의 장기예측." 한국기상학회지, 한국기상학회, 제28권, 제3호, pp. 283-292.
- 김승, 신현민 (1992). "서울지점 강수의 장기간 변동성향에 대한 통계학적 검증." 제34회 수공학 연구발표회 논문집, 한국수문학회, pp. 264-272.
- 오재호, 홍성길 (1995). "대기중 CO₂ 증가에 따른 한반도 강수량 변화." 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 제28권, 제3호, pp. 143-157.
- 일본 건설성 토목연구소 (1996). 지구온난화가 일본 지역에서 수문순환에 미치는 영향의 예측에 관한 보고서.
- 임규호, 정현숙 (1992). "서울지방 연강수량의 경년변동, 1771-1990." 한국기상학회지, 한국기상학회, 제28권, 2호, pp. 125-132.
- 한국과학기술연구원 (1993a). 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지움 : II. 해양, 수문학 분야, 기상청.
- 한국과학기술연구원 (1993b). 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지움 : IV. 기후변화 예측시나리오, 기상청.
- 한국과학기술연구원 (1994). 기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구 환경관련 대책 연구(I), 과학기술처.
- 한국과학기술연구원 (1995). 기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구 환경관련 대책 연구(II), 과학기술처.
- 한국과학기술연구원, 시스템공학연구소 (1993). 지구 환경 감시 및 기후 변화 예측 기술, 기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발연구(I), 환경부, 과학기술처.
- 한국과학기술연구원, 시스템공학연구소 (1994). 지구 환경 감시 및 기후 변화 예측 기술, 기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발연구(II), 환경부, 과학기술처.
- 한국과학기술연구원, 시스템공학연구소 (1995). 지구 환경 감시 및 기후 변화 예측 기술, 기후변화 영향평가 및 영상처리 기술개발연구(III), 환경부, 과학기술처.

한국수자원공사 (1992). 전국하천조사서.

한국수자원공사 (1993). 21세기를 바라보는 수자원
전망, 연구보고서, IPD-93-2.

Frederick, K. D. and Rosenberg, N. J. (1994).
Assessing the impact of climate change on

natural resource systems. *reading*, Kluwer
Academic Pubilshers.

(논문번호:99-034/집수:1999.05.04/심사완료:1999.09.18)