

기후변화에 따른 선행토양함수조건(AMC)의 변화 Change of AMC due to Climatic Change

유철상* · 박정훈** · 김종훈***

Yoo, Chulsang · Park, Cheong Hoon · Kim, Joong Hoon

Abstract

One of the main factor that effects on the CN's value in SCS Curve Number method for the estimation of direct runoff is the antecedent soil moisture condition (AMC). It is also common to use the AMC-III in hydrologic practice, which provides the largest runoff as possible. In this paper, AMC depending on the rainfall characteristics is analyzed using daily rainfall data at rainy season (June~September) of the Seoul station from 1961 to 2002. The probability mass function of AMC is also investigated to analyze the variation of AMC based on climate change, scenarios from several General Circulation Model (GCM) predictions. As a results we can find that the occurrence of AMC-I is reduced, and AMC-III is increased, whereas AMC-II does not change.

Keywords : SCS method, AMC, climatic change, rainfall generation

요 지

직접유출을 산정하기 위한 SCS Curve Number 방법에서 CN의 값에 영향을 주는 요소 중의 하나는 선행토양함수조건(AMC)이며, 실무에서도 가장 큰 유출량을 산정토록 하는 AMC-III 조건을 주로 사용하고 있다. 본 연구에서는 1961년부터 2002년까지 42년간의 서울 기상청관측소의 우기시(6월~9월) 일강우자료를 이용하여 AMC의 강우량 대비 발생분포를 분석하였다. 그리고 기후변화에 따른 AMC의 변동특성을 분석하기 위하여 대기대순환모형(GCM)의 예측치에 따른 강우량 대비 AMC의 확률질량함수를 분석하였다. 연구 결과, 본 연구에서 사용한 기후변화시나리오에 의하면 AMC-I의 발생비율은 감소하였고, AMC-III의 발생비율은 증가하는 것으로 파악되었다. 반면에 AMC-II는 커다란 변화를 보이지 않는 것으로 파악되었다.

핵심용어 : SCS 방법, 선행토양함수조건, 기후변화, 강우모의

1. 서 론

선행토양함수조건(Antecedent Soil Moisture Content, AMC)는 미국 토양보존국(Soil Conservation Service, SCS)에서 개발된 방법으로 강우로부터 직접유출량을 추정하는 방법의 하나이다(SCS, 1972). 미계측 유역의 직접 유출량을 산정하는 방법으로 주로 사용되는 SCS 방법은 유역의 토양 특성과 피복상태를 고려하여 Curve Number(CN)를 부여함으로써 직접 유출량의 계산이 가능토록 한다. 또한 Curve Number의 값은 유출량을 산정하기 전 토양의 습윤정도에 따라 달라지므로, 선행강수량을 고려하여 AMC 조건을 판단하도록 하고 있다.

SCS에서는 5일 선행강수량의 크기를 가지고 AMC를 판단하며 상대적으로 건조한 상태인 AMC-I, 보통 상태인 AMC-II 및 습윤상태를 나타내는 AMC-III의 세 종류가 있

다. 이를 구분하는 기준은 기후, 지질 및 지형, 식생의 상태 등 다양한 고려를 통해 결정되며, 우리나라에서는 현재 미국의 기준을 그대로 사용하고 있다. 박정훈 등(2005a, b) 및 유철상 등(2005)에서는 이와 관련한 문제점 및 개선된 AMC 구분 조건을 제시하고 있다. SCS 방법의 개발 배경을 고려할 때 AMC-III 조건의 재현기간은 50-100년 정도가 된다. 이는 물론 년 최대치 호우사상이 발생하는 경우에 선행5일강수량을 기준으로 AMC-III 조건이 될 확률, 즉, 유역이 최대유출잠재능(highest runoff potential)을 가질 가능성이 이 정도라는 의미이다. 일반적으로는 평균유출잠재능(average runoff potential)에 해당하는 AMC-II 조건일 가능성이 크다. 최소유출잠재능(lowest runoff potential)을 의미하는 AMC-I 조건일 가능성도 매우 적다(SCS, 1985; Ponce and Hawkins, 1996).

위와 같은 재현기간 설정의 의미는 SCS 방법에서의

*정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수(E-mail: envchul@korea.ac.kr)

**하준이앤씨 대리(E-mail: ruciel4@hotmail.com)

***정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수(E-mail: jaykim@korea.ac.kr)

CN(I), CN(II), 및 CN(III)의 설정이 년 최대치 호우사상을 대상으로 하여 이루어지기 때문이다. 년 최대치 호우사상의 경우에 대해(관측자료로 부터 역으로) 추정된 CN의 평균이 CN(II)에 해당하며, 최대값의 경우가 CN(III)에 최소값이 CN(I)에 해당한다. 따라서 년 최대치가 아닌 년 초과치를 사용하는 경우는 그 판단 기준이 바뀌어야 하는데 이는 유철상 등(2005)에서 자세히 검토한 바 있다.

본 연구에서는 현행 및 유철상 등(2005)에서 제시된 기준을 각각 적용하는 경우 AMC 조건의 분포특성을 살펴보는 것을 목적으로 한다. 특히, 기후변화로 인해 강우의 특성이 변화하는 경우 그 특성이 어떻게 달라지는 가를 평가해 보고자 한다. 기후변화 상황을 고려하기 위해서 유철상과 이동률(2000)의 연구결과를 고려하여 2×CO₂ 상태에서의 월 강수량 변화를 추정하였으며, 이를 일강수량의 모의에 적용하였다. 일 강수량의 모의에는 전이확률을 고려하는 Markov Chain 방법을 적용하였으며, 서울지점을 대상으로 총 60년간의 일 강우를 모의시켜 AMC의 특성 분석에 이용하였다.

2. 대상강우 및 특성

2.1 기본 통계특성

본 연구에서는 서울지점의 1961년부터 2002년까지 42년간

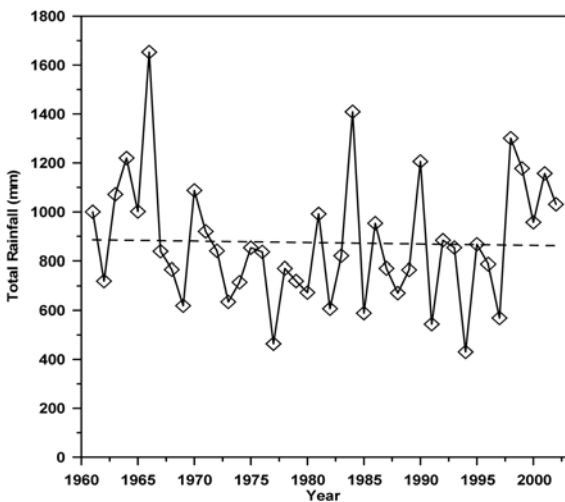


그림 1. 우기 총 강우량의 변동특성

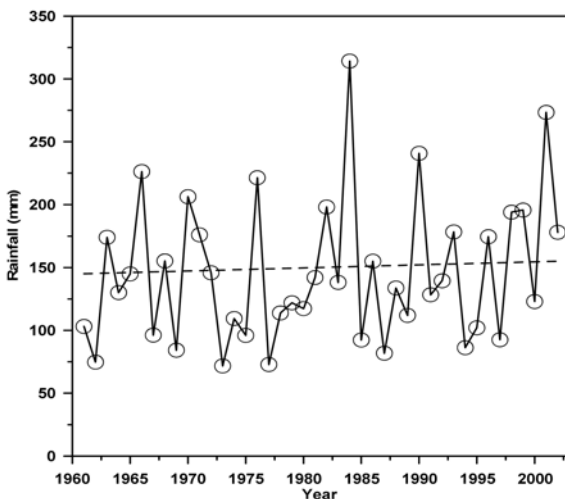


그림 2. 년 최대치 일 강우 계열의 변동특성

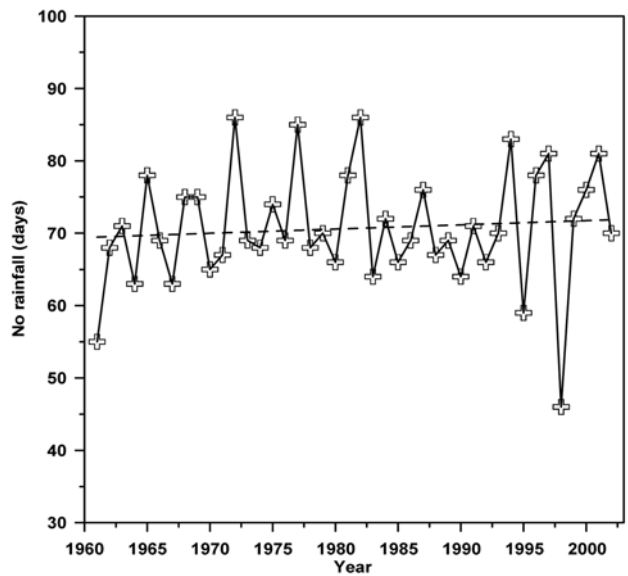


그림 3. 우기 무강우 일수의 변동특성

표 1. 서울 강우량 월별 통계치(1961년~2002년)

월	평균 (mm)	분산	표준편차	무강우 일수	강우일수
6	3.97	164.26	12.82	784	476
7	8.66	517.30	22.74	672	630
8	9.52	572.50	23.93	679	623
9	6.41	501.78	22.40	833	427

우기시(6월~9월) 강우자료를 이용하였다. 그림 1은 연도별로 6월부터 9월까지의 강우량을 누기한 것이다. 그래프를 보면 우기 강우량이 감소추세를 보이고 있으나 그 정도는 크지 않다. 년 최대치 계열을 도시한 그림 2에서도 년 최대 강우량 또한 크게 변하지 않고 있음을 확인할 수 있다. 우기시 무강우일수를 나타낸 그림 3에서도 큰 변화경향을 찾기는 어려웠다. 우기시에 무강우 일수의 평균은 약 70.7일로 나타난다. 기타 월별로 정리한 일강우의 통계특성은 표 1과 같다.

2.2 강우자료에 나타난 AMC 분포특성

본 연구에서는 42년간의 일 강우자료에 대하여 호우사상별 AMC의 분포특성을 분석하였다. 호우사상별 AMC는 독립호우가 발생한 경우의 선행5일강우량을 가지고 판단한다. 본 연구에서는 일 강우를 가지고 분석을 수행하였으므로 독립호우의 구분기준은 1일이 된다.

강우자료의 분석을 통하여 서울지점의 AMC-I, II, III(현재 성수기 기준 35.56 mm, 53.34 mm로 구분됨)의 발생횟수를 조사한 결과 현재의 기준을 적용 시 분포비율은 각각이 70, 10, 20%로 나타난다(그림 4). 이러한 분포는 박성훈 등(2005a), 유철상 등(2005)의 적용유역인 장평유역과도 유사하다. 아울러 AMC 분포는 서론에서 살펴본 적정 AMC 분포에서 크게 벗어나는데 특히 AMC-III의 비율이 과도하게 나타나는 것으로 확인된다. 반면에 AMC-II의 비율이 10% 정도로 너무 작아 3개의 조건으로 구분해야 하는 이유를 확인하기조차 어렵다. 이는 기본적으로 현재 사용하고 있는

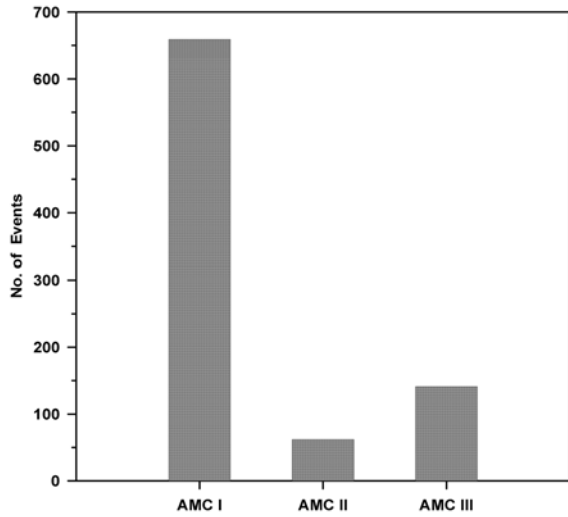


그림 4. 서울지점에서의 AMC-I, II, III 발생분포

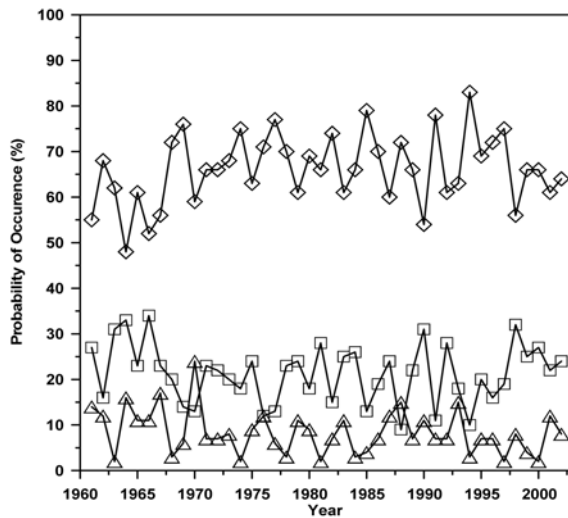


그림 5. 서울지점에서의 연도별 AMC 분포변화(위로부터 AMC-I, III, II)

AMC의 기준이 우리나라에 적절하지 않다는 것을 의미하는 것으로 받아들일 수 있다. 연도별로 조사한 AMC의 경향은 비록 AMC-I의 발생비율은 약간 증가하고 AMC-II는 약간 감소하는 추세를 보여주고는 있으나, 전체적으로는 일정수준을 유지하고 있다고 판단할 수 있다(그림 5).

3. 기후변화에 따른 AMC의 변화 분석

3.1 강우의 모의

AMC의 특성 변화를 분석하기 위해서는 과거의 관측자료를 분석, 이를 토대로 하여 결과를 산출하는 것이 바람직하다. 그러나 관측치가 충분하지 못할 경우에는 추계화적인 방

법을 이용 강우를 모의한 후 이를 분석하게 된다. 기후변화 시나리오를 고려하는 경우에도 강우자료의 장기모의는 필수적이다. 본 연구에서는 Markov Chain을 이용하여 강우를 모의하는 방법을 선택하였다.

Markov Chain을 이용한 강우의 모의는 강우와 무강우 사이의 전이확률(transition probability)을 이용한 강우/무강우의 판단과 강우시의 강우강도를 결정하는 부분으로 나뉜다. 먼저 주로 여름철인 우기에 대해 서울지점에 대해 추정된 강우의 발생특성은 표 2와 같다. 우기로 고려한 6, 7, 8, 9월 중 7월의 경우가 강우확률이 가장 크며, 따라서 전이확률 P_{11} (강우-강우 확률)도 가장 크다. 8월의 경우에는 P_{01} (무강우-강우 확률)이 타 월에 비하여 크게 나타나는데 이는 연속된 강우가 그 만큼 작다는 것을 의미한다. 7월의 경우에는 주로 장마가, 8월의 경우에는 주로 대류성 강우가 강우발생을 좌우한다는 것을 고려하면 이해할 수 있는 내용이다.

강우 강도를 결정하기 위하여 본 연구에서는 강우강도가 감마분포를 따른다고 가정하였다. 감마분포는 지수분포나 대수정규분포와 더불어 강수의 분포를 표현하기 위해 많이 사용되는 분포의 하나이다(Wilks, 1998). 이들 분포들 중 감마분포는 특히 적용성(flexibility)이 크므로 강우를 표현하는데 큰 무리가 없다. 아울러 감마 분포의 매개변수 추정도 비교적 간단하다.

감마분포의 누적확률밀도함수 $F(x)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$F(x) = \int_0^x f(x)dx = \int_0^x \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\frac{x}{\alpha}} dx, x, \alpha, \beta > 0 \quad (1)$$

여기서 $f(x)$ 는 2변수 감마분포를 따르는 변수의 확률밀도함수이며, $\Gamma(\beta)$ 는 완전 감마함수이다. 2개의 매개변수 α 와 β 는 각각 분포함수의 축척(scale) 및 모양(shape)을 결정하게 되며 다음과 같이 최우도법(Maximum Likelihood Method)을 이용하여 추정될 수 있다(Rao and Hamed, 2000). 먼저, 매개변수는 다음과 같이 추정된다.

$$\beta = \frac{1}{U} [0.5000876 + 0.1648852U - 0.054427U^2], 0 \leq U \leq 0.5772$$

$$= \frac{8.898919 + 9.059950U + 0.9775373U^2}{U(17.7982 + 11.968477U + U^2)}, 0.5771 \leq U \leq 17.0 \quad (2)$$

여기서, $U = \log A - \log G$ 이며 A 와 G 는 각각 표본자료계열의 산술평균 및 기하평균을 나타낸다. 아울러, α 는 기 추정된 A 와 β 를 이용하여 다음과 같이 추정된다.

$$\alpha = \frac{A}{\beta} \quad (3)$$

서울지점 일 강우자료에 대해 추정된 감마분포의 매개변수 α 와 β 는 표 3과 같다. 특히 매개변수 β 의 경우는 거의 일정한 값으로 추정되어 감마함수의 모양 자체는 월별로 크게

표 2. 원자료의 월별 강우확률 및 전이확률

	무강우일	강우일	무강우 확률	강우확률				
6월	784일	476일	62.22%	37.78%	73.47%	26.53%	46.85%	53.15%
7월	672일	630일	51.61%	48.39%	65.92%	34.08%	36.35%	63.65%
8월	679일	623일	52.15%	47.85%	63.48%	36.52%	39.81%	60.19%
9월	833일	427일	66.11%	33.89%	77.07%	22.93%	44.73%	55.27%

표 3. 원자료의 월별 감마분포 매개변수

월	Scale Parameter α	Shape Parameter β
6	21.2500	0.4948
7	36.2884	0.4931
8	40.9258	0.4862
9	39.6766	0.4769

변하지 않음을 짐작할 수 있다.

감마분포함수의 매개변수 및 강수확률을 가지고 주어진 재현기간에 대한 강수량을 추정하기 위해 본 연구에서는 IMSL Subroutine(Compaq Visual Fortran, 2000)의 하나인 GAMIN을 이용하였다. 이때 강수량은 다음과 같이 계산된다.

$$x_T = \alpha \times \text{GAMIN}(P, \beta) \quad (4)$$

여기서 P는 비초과확률로서 본 연구에서는 균등난수(Uniform Random Variable)를 발생시켜 대치하였다.

월별로 추정된 전이확률과 감마분포의 매개변수를 이용하여 60년간의 강우를 모의 발생시켰다. 표 4와 그림 6은 모의된 자료와 관측자료를 비교한 것이다. 전체적으로 모의된 자료는 관측자료를 잘 재현해 내고 있다고 판단할 수 있다. 다만, 분산(표준편차)의 경우는 8월을 제외하고는 관측자료보다 약간 작게 추정되었는데, 이로 인해 극치의 빈도가 상대적으로 작게 나타날 수 있음을 추정할 수 있다. 이는 강우강도를 표현하기 위해 채택한 감마분포의 한계로 이해된다.

3.2 기후변화 시나리오의 적용

3.2.1 기후변화 시나리오

현재 기후변화에 따른 강우량의 변화를 추정할 수 있는 최선의 방법은 대기대순환모형(GCM)을 이용하는 것이다. 그러나 특히 강우의 경우는 GCM 예측 결과에 많은 불확실성이 내포되어 그대로 받아드리기 어려운 측면이 많다. 따라서 본 연구에서 이용하는 GCM 예측결과도 사실이 아닌 가능한 시나리오 정도로 가정하고자 한다. 아울러 기후변화시나리오는 이산화탄소의 농도가 현재의 2배($2 \times \text{CO}_2$)가 되는 시점을 기준으로 하였다.

본 연구에서는 한국과학기술연구원(1995)의 연구결과를 토대로 지구온난화 상황을 가정하였다(표 5). 표 5에 나타난 GCM 모의결과를 서울지점의 월평균 강수량에 적용시키면, $2 \times \text{CO}_2$ 상황에서의 월 평균 강수량을 구할 수 있게 된다.

표 4. 원자료와 모의자료의 통계치 비교

월		평균	분산	표준편차	무강우 일수	강우 일수	무강우 확률	강우 확률
6	원자료	3.97	164.26	12.82	784	476	62.22%	37.78%
	모의자료	3.62	97.14	9.86	1,145	655	63.61%	36.39%
7	원자료	8.66	517.30	22.74	672	630	51.61%	48.39%
	모의자료	8.71	388.74	19.72	922	938	49.57%	50.43%
8	원자료	9.52	572.50	23.93	679	623	52.15%	47.85%
	모의자료	9.73	584.11	24.17	976	884	52.47%	47.53%
9	원자료	6.41	501.78	22.40	833	427	66.11%	33.89%
	모의자료	6.61	335.11	18.31	1,164	636	64.67%	35.33%

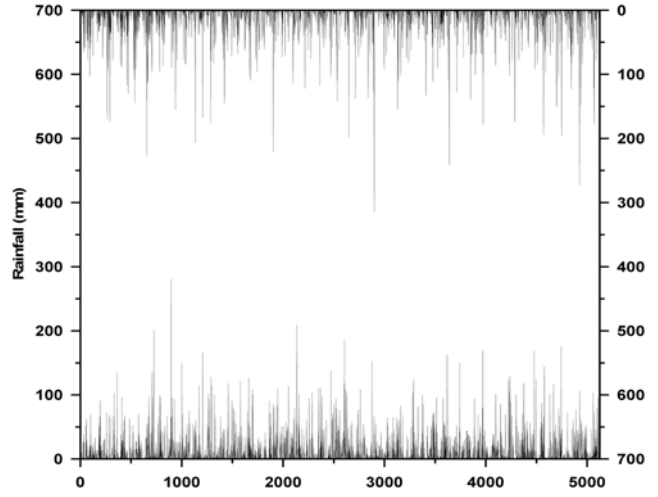


그림 6. 원자료(위)와 모의자료(아래)의 비교

표 5. GCM에 근거한 $2 \times \text{CO}_2$ 상황에서의 월별강수량 변화율

	6월	7월	8월	9월
GFDL-R30	0.90	1.00	1.20	1.70
CCC	1.20	1.20	1.00	1.50
GISS	0.70	0.90	1.20	1.20
UKMO	0.80	1.50	0.80	1.20
GFDL	0.80	1.10	1.00	0.90
평균	0.88	1.14	1.04	1.30
최소	0.70	0.90	0.80	0.90
최대	1.20	1.50	1.20	1.70

이렇게 구한 월평균 강우량을 가지고 일 강우특성을 추정해야 하며, 이를 위해 본 연구에서는 유철상과 이동률(2000)의 연구결과를 참고하였다. 즉, 관측자료를 가지고 월 강우량과 일강우의 특성을 상관분석한 후, 그 결과를 이용하여 기후변화 상황에서의 일 강우특성을 추정하는 절차를 따랐다.

3.2.2 월 강우량과 전이확률

월강우량을 가지고 일강우를 모의하기 위해서는 전이확률 및 감마분포의 매개변수가 월 강우량에 어떻게 반응하는지를 파악해야 한다. 만일 유의한 상관관계가 존재한다면, GCM의 월 강우 예측결과를 이용하여 일강우의 모의를 효과적으로 수행할 수 있다. 따라서 먼저 월 강우량에 따른 전

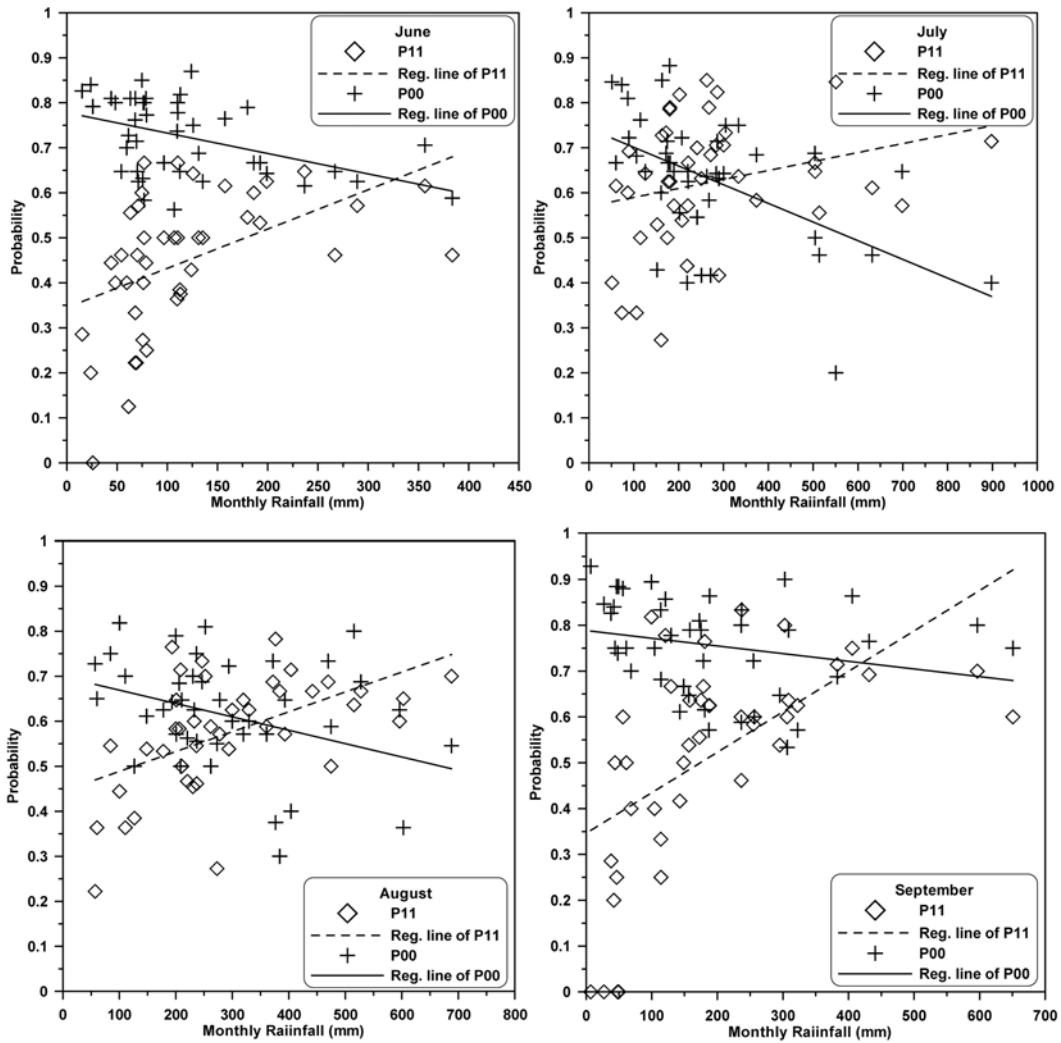


그림 7. 월 강우량에 따른 전이확률의 변화(6월~9월)

표 6. 월 강우량에 따른 전이확률의 변화(여기서, $P_{11}=aP_1+b$, $P_{00}=aP_0+b$, P_i : 월 강우량(mm))

	P ₁₁		P ₀₀	
	a	b	a	b
6	0.00087	0.34487	-0.00045	0.77813
7	0.00020	0.56986	-0.00041	0.74251
8	0.00044	0.44442	-0.00030	0.69882
9	0.00088	0.34644	-0.00017	0.78841

표 7. 강우량에 따른 감마분포의 매개변수 α 의 회귀식(여기서, $\alpha=a \times P_r^b$, P_r 은 강우량(mm))

	Scale Parameter α		
	a	b	결정계수 R ²
6월	0.6692	0.7824	0.4071
7월	0.6006	0.7605	0.3760
8월	0.0317	1.2803	0.6218
9월	0.8520	0.7703	0.2761

이확률의 변화를 나타내면 그림 7과 같다.

그림 7에서 살펴볼 수 있는 것처럼 월 강우량과 전이확률 사이에는 상당한 상관성이 있음을 파악할 수 있다. 이러한 결과는 선형의 회귀식으로 정량화하여 기후변화 시나리오에 따른 강우의 모의에 적용하였다(표 6).

3.3.3 월 강우량과 감마분포의 매개변수

감마분포의 매개변수 α 와 β 를 월 강우량의 함수로 표현하기 위해서는 월단위로 α 와 β 를 계산해야 하나, 특정 월에 강우일수가 너무 적은 경우에는 왜곡된 값을 추정할 가능성이 높다. 따라서 본 연구에서는 1961년부터 2002년까지 42년간의 자료에 대하여 월별로 강우량을 재배열한 후, 매개변

수 추정대상 자료 기간을 30일로 하여 10일 단위로 이동시켜가며 이 기간 동안의 평균 강우량에 대한 α 를 추정하고, 이를 강우량을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시하였다(표 7). 전체적으로 α 는 강우량에 따라 증가하는 경향이 있음을 파악할 수 있다(그림 8). β 의 경우는 표 3과 같이 월별 또는 강우량의 변동에 따라 크게 변하지 않으므로 평균치를 취하여 상수값으로 가정하였다. 반면에 α 의 경우는 매년 각 구간별로 각각 추정하고, 이를 강우량(30일)을 독립변수로 회귀분석하였다. 그 결과는 표 7과 같다.

유철상과 이동률(2000)은 GCM 모의결과 적용에 따른 총 강수량의 변화를 강수일수의 변화로 설명되는 부분과, 강수 강도의 변화로 설명되는 부분으로 구분하였다. 그 결과로서 월 강수량의 변화 중 강수일수의 변화로 설명되어지는 부분

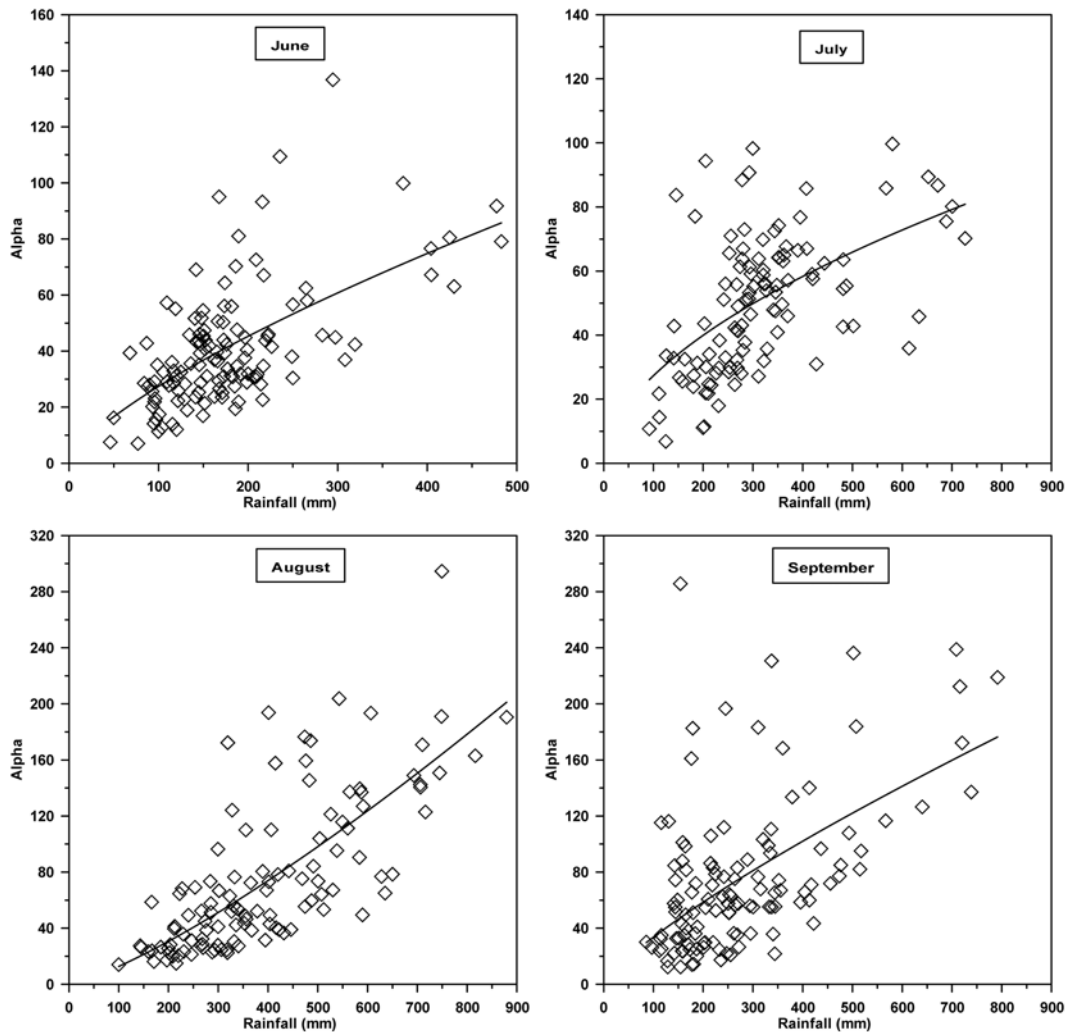


그림 8. 강우량에 따른 감마분포 매개변수의 변화 (6월~9월)

표 8. 모의 강우량의 변화율 검정

	6월	7월	8월	9월	합계	변화율
현재상태	125.44	311.12	344.17	243.31	1,024.04	1.00
GCM 평균	144.34	340.93	404.35	256.52	1,139.30	1.11
GCM 최소	126.20	275.58	263.88	196.63	862.13	0.84
GCM 최대	173.62	445.08	443.56	387.42	1,443.84	1.41

은 약 40%, 강수강도의 변화로 설명되어지는 부분이 약 60%정도가 됨을 발표하였다.

본 연구에서는 이 연구결과를 바탕으로 먼저 GCM 모의결과에 따른 전이확률을 구하고, 강우를 모의한 결과 모의된 강우가 전체 변화율의 40-50%가 됨을 확인하였다. 따라서 나머지 강우 변화율의 부족분 60%를 감마분포의 매개변수인 α 를 조정하여 모의된 총 강우량이 GCM에 따른 평균 변화율과 동일하도록 강우를 모의 발생시켰다. 이렇게 모의한 강우자료의 경우 우기 총량의 변화율을 만족시킴을 확인할 수 있었다. 표 8은 모의된 강우량의 변화율을 계산한 것이다.

3.3 기후변화에 따른 선행토양함수조건의 특성변화

본 연구에서는 서울 강우자료를 분석하여 강우량별 전이확률의 회귀식 및 감마분포 매개변수의 회귀식을 산출 후, 기

후변화가 고려된 일강우를 모의발생시켰다. 이 장에서는 이러한 모의 일강우자료를 바탕으로 기후변화에 대한 선행토양함수조건의 민감도를 평가해보고자 한다.

먼저 현재 사용되고 있는 선행토양함수조건 구분기준을 적용하여 GCM의 모의결과에 대해 AMC 조건의 비율을 분석한 결과, 기후변화의 정도에 따라 AMC-I의 감소경향이 뚜렷하게 드러났으며, AMC-III 조건은 점차 증가하였다. 이에 비하여 AMC-II는 특별한 증감 경향이 없는 것으로 추정되었다. AMC-I의 분포비율은 기후변화에 따라 최대 10.91% 감소하였으며 III는 10.94% 증가하였다(표 10). 그러나 여전히 유역의 평균유출조건인 AMC-II는 매우 낮은 비율을 유지하고 있어 현재의 기준은 우리나라에 적절하지 않음을 판단할 수 있다(그림 9 왼쪽).

표 10에는 또한 유철상 등(2005)에 의해 추정된 새로운 AMC 구분기준(성수기 기준 22 mm, 117 mm 제시; 현재 사용되는 성수기 기준 35.56 mm, 53.34 mm와 구분됨)을 적용하여 모의 강우량에 대해 AMC 분포를 분석하여 수록하였다. 그 결과 앞의 경우와 마찬가지로 GCM(최대) 조건으로 다가갈수록 AMC-I은 감소하며 AMC-III는 증가하는 경향을 보인다. 반면에 현재의 기준 적용 시 특별한 증감경향을 보이지 않던 AMC-II는 새 기준을 적용 시 점차 증가하는 경향을 보임을 확인할 수 있었다. AMC-I의 분포비율은 기후변화에 따라 최대 11.86% 감소하였으며 III는 6% 증가

표 9. 기후변화에 따른 AMC의 변화 분석

		AMC-I		AMC-II		AMC-III	
		발생회수	백분율	발생회수	백분율	발생회수	백분율
현재 상태	현재기준 적용	888회	68.10%	123회	9.43%	293회	22.47%
	재설정기준 적용	758회	58.13%	474회	36.35%	72회	5.52%
GCM 최소	현재기준 적용	958회	72.19%	133회	10.02%	236회	17.78%
	재설정기준 적용	809회	60.96%	457회	34.44%	61회	4.60%
GCM 평균	현재기준 적용	889회	66.89%	124회	9.33%	316회	23.78%
	재설정기준 적용	729회	54.85%	495회	37.25%	105회	7.90%
GCM 최대	현재기준 적용	815회	61.28%	133회	10.00%	382회	28.72%
	재설정기준 적용	653회	49.10%	536회	40.30%	141회	10.60%

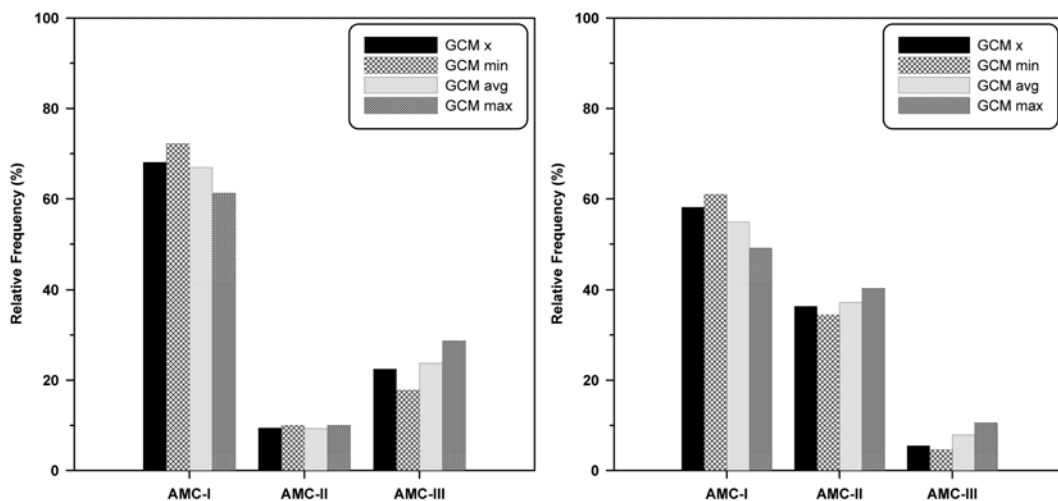


그림 9. 기후변화 시나리오에 따른 AMC 분포변화(현행(좌) 및 조정된(우) 구분기준을 사용하는 경우의 비교)

하여 기존의 기준을 적용시보다 5%정도 증가비율이 감소하였다. 이는 AMC-II의 비율이 5.86% 증가하였기 때문이다 (그림 9 오른쪽). 결론적으로 기후변화 시나리오에 따른 AMC-I과 III의 변화정도는 기후변화의 정도가 클수록 더욱 심해짐을 확인할 수 있다. 이는 기후변화에 따라 AMC-III 조건의 발생빈도가 증가(또는 재현기간의 감소)한다는 것을 의미하며, 따라서 특히 짧은 재현기간을 적용하는 경우에 있어서도 설계홍수량이 크게 증가되어야 함을 의미하는 결과로 이해할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 기후변화상황에서의 AMC 분포변화를 GCM 모의결과를 시나리오로 하여 추정하고 이를 통해 기후변화에 대한 AMC 조건의 민감도를 간접적으로 평가하였다. 서울 기상청 관측소의 1961년부터 2002년까지 42년 간 우기(6월~9월) 일 강우자료를 대상으로 하여 연구를 수행하였으며, 기후변화 시나리오를 고려한 강우모의에는 Markov Chain을 이용하였다. 월강우량 변화를 고려한 일 강우자료의 모의에는 유철상과 이동률(2000)의 연구결과를 참고하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저, 강우자료의 분석을 통하여 AMC-I, II, III의 발생횟수를 조사한 결과 장평유역의 AMC 분포특성(박정훈 등, 2005a; 유철상 등, 2005)와 흡사하게 AMC-I의 경우가 가장

많았으며 III, II의 순으로 발생빈도가 높아 현재의 AMC 구분 기준이 합당하지 않다는 것을 다시 한 번 확인하였다.

둘째, GCM의 모의결과를 시나리오로 한 강우모의 및 이를 이용한 AMC 조건의 변화분석에서는 현재 국내의 AMC 구분 기준을 적용했을 때와 유철상 등(2005)이 제시한 기준을 적용했을 경우 모두 AMC-I의 비율은 감소하며 AMC-III의 비율은 증가함을 뚜렷하게 파악할 수 있었다. AMC-II의 경우는 새 기준을 적용했을 경우에만 증가경향을 보이고 현재의 기준을 적용했을 경우에는 특별한 변화를 보이지 않았다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참고문헌

박정훈, 유철상, 김중훈(2005a) “SCS 방법 적용을 위한 선행도 양함수조건 재설정 1. SCS 방법 검토 및 적용성 문제점”. 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제38권 제11호, pp. 955-962.
 박정훈, 유철상, 김중훈(2005b) “강우조건에 대한 유출곡선지수의

- 민감도 분석”. **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제26권 제6B호, pp. 501-508.
- 유철상, 박정훈, 김중훈(2005) “SCS 방법 적용을 위한 선행토양함수조건 재설정 2. 선행토양함수조건의 재설정”. **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제38권 제11호, pp. 963-972.
- 유철상, 이동률(2000) “기후변화에 따른 강수일수 및 강수강도의 변화연구”. **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제20권, 제4-B호, pp. 535-544.
- 한국과학기술연구원(1995) **기후변화가 한반도에 미치는 영향과 지구 환경관련 대책연구(II)**, 과학기술처.
- Ponce, V.M. and Hawkins, R.H. (1996) “Runoff curve number: Has it reached maturity?” *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, Vol. 1, No. 1, pp. 11-19.
- Rao, R.A. and Hamed, K.H. (2000) *Flood Frequency Analysis*, CRC Press, New York.
- Soil Conservation Service (1972) *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology.
- Soil Conservation Service (1985) *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology.
- Wilks, D.S. (1998) “Multisite generalization of a daily stochastic precipitation generation model”. *Journal of Hydrology*, Vol. 210, pp. 178-191.

(접수일:2005.7.4/심사일:2005.11.25/심사완료일:2006.3.24)