

SCS 방법 적용을 위한 선행토양함수조건의 재설정:

2. 선행토양함수조건의 재설정

Revised AMC for the Application of SCS Method:

2. Revised AMC

유철상* / 박정훈** / 김종훈***

Chulsang Yoo / Cheong Hoon Park / Joong Hoon Kim

Abstract

This study searched the criterion of AMC with respect to the rainfall amount for the periods of antecedent 5 to 2 days. This criterion was decided as the rainfall amount with which the frequency of the observed CN(I) and CN(III) events being categorized as the true CN(I) and CN(III) become highest. Among four cases considered, the cases with antecedent 4 and 5 days provided a reasonable results, but the others not due to limited rainfall events available. For both cases with antecedent 4 and 5 days, the frequency of AMC-II increases, but that of AMC-III decreases significantly to become a more reasonable distribution. Among the cases with antecedent 4 and 5 days, the latter seems to be better as the occurrence of AMC-II and the relative frequency of CN(I) are higher. If adopting the rainfall amount of antecedent 5 days for the AMC, the criteria for AMC-I and AMC-III for the Jangpyung subbasin becomes 22 mm and 117 mm, respectively.

keywords : AMC, CN, SCS, rainfall-runoff

요 지

본 연구에서는 선행 5일부터 2일까지 아울러 선행강우량 기준을 다양하게 바꾸어가면서 적절한 AMC의 구분 기준을 탐색하였다. AMC 구분기준은 관측된 CN(I) 및 CN(III)가 실제 CN(I) 및 CN(III)로 분류되는 빈도가 최대인 경우로 결정하였다. 이 기준을 적용하여 AMC 발생비율을 분석한 결과 선행 2일과 3일의 경우는 다양한 호우사상의 부족으로 인해 유의한 결과를 도출하기가 어려웠고, 선행 4일 및 5일의 경우 상대적으로 신뢰할 만한 결과가 도출되었다. 선행 4일과 5일의 경우 모두에서 AMC-II는 증가하며 최대 유출조건인 AMC-III도 크게 감소하여 바람직한 결과를 나타내 줄을 확인하였다. 그러나 선행 5일을 기준으로 사용하는 경우 AMC-II의 발생 비율이 더 크고 CN(I)의 상대도수가 4일의 경우보다 높으므로 선행 5일 기준을 채택하는 것이 더 바람직하다고 결론내릴 수 있었다. 선행 5일강우량을 이용하는 경우 장평소유역의 AMC-I, 및 AMC-III의 구분기준은 각각 22 mm, 117 mm 정도로 파악되었다.

핵심용어 : 선행토양함수조건, CN, SCS, 강우-유출

* 고려대학교 사회환경시스템공학과 부교수 (e-mail: envchul@korea.ac.kr)

** 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사과정(현 하준이앤씨 대리) (e-mail: ruciel4@hotmail.com)

*** 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수 (e-mail: jaykim@korea.ac.kr)

1. 서론

SCS(Soil Conservation Service) 방법은 주로 강우를 유효강우 또는 직접유출로 분리하기 위해 사용된다. 토양 및 토지이용 상태를 고려하며, 아울러 선행강우량을 이용한 토양함수조건이 고려된다. 이를 선행토양함수조건(Antecedent Soil Moisture Condition: AMC)라 부른다(SCS, 1985). 현재 국내에서는 설계홍수량의 산정을 위한 초과강우량의 추정을 위해 SCS 방법이 주로 이용된다. 설계홍수량의 증대를 목적으로 AMC-III 조건이 일반적으로 적용되고 있다. 그러나 AMC의 구분기준 자체가 미국의 기후, 토양, 지형 등을 반영하는 것으로 우리나라에도 유효한지는 판단하기 어렵다. 아울러 AMC-III 조건이 특히 짧은 재현기간의 설계홍수량 추정에 있어서도 유효한가 하는 것도 AMC 기준의 검토와 함께 검토되어야 할 문제의 하나이다.

이러한 문제는 근본적으로 AMC의 구분기준을 설정하는 문제로 귀결된다. 즉, AMC의 구분기준의 SCS의 개발배경과 일치하도록 설정된다면 어느 정도의 재현기간에 AMC-II 또는 AMC-III를 적용해야 하는지를 판단할 수 있을 것이다. 미국과 확연히 다른 지형, 토양 및 기후 조건 등을 가지고 있는 우리나라에 미국의 기준이 그대로 적용될 수 없음은 이미 박정훈 등(2005a, b)에서 살펴본 바 있다.

박정훈 등(2005a, b)의 연구는 본 연구의 선행연구로서 전자에서는 SCS 방법의 개발 및 AMC의 도입과 관련한 배경을 보다 자세히 살펴보고, 후자에서는 AMC에 따른 CN(Curve Number)의 특성변화 등을 분석하였다. IHP 대표유역 중의 하나인 평창강 유역의 1985년도부터 2001년까지 우기(6월 - 9월) 강우-유출 자료를 바탕으로 선행5일강우량과 그에 따른 유출곡선지수 CN을 직접산정법으로 계산한 결과 AMC-II 조건에서의 CN은 기존 보고서와 유사한 값을 보여주는 것으로 확인하였다. 그러나 AMC-I과 AMC-III의 평균은 이론적인 추정치와 매우 상이한 값을 나타내고 있는 것으로 확인하였다(박정훈 등, 2005a). 이러한 결과는 기본적으로 유역의 평균조건에 해당하는 AMC-II 조건의 CN이 AMC-I 및 III에 과다하게 포함되어 결과를 왜곡하고 있기 때문으로 추정하였다. 그러나 이러한 결과가 현재 사용하고 있는 AMC 조건이 적절하지 않음을 단정적으로 나타낼 수 있는 결과는 되지 못한다. 이는 선행강우량의 정도가 강우-유출 특성을 지배하는 여러 인자들 중의 하나로 그 영향이 늘 지배적이지는 않기 때문이다. 따라서 AMC 조건의 변경만으로 각 AMC 조건에 합당한 CN을 역으로 추정

하는 것 역시 한계가 따른다.

그러나 CN의 도입과정을 살펴보면 간접적으로 AMC 조건의 가능한 설정방법을 추측할 수 있다. 기본적으로 CN(II)는 강우-유출 사상에서 중간 크기(또는 평균적인 크기)에 해당하는 평균유출잠재능(average runoff potential)을 의미한다(SCS, 1972). 이에 반해 CN(I)은 최소유출잠재능(lowest runoff potential)을 의미하고, CN(III)는 최대유출잠재능(highest runoff potential)을 의미한다(SCS, 1985; Ponce and Hawkins, 1996). 이러한 분석에 사용되는 자료가 연 최대치 호우사상이므로, 각 CN에 재현기간의 개념을 적용하면 CN(II)는 재현기간 2년 정도, CN(III)의 경우는 재현기간 50 - 100정도가 된다. CN(I)의 경우는 최대값을 다루는 경우에 해당하므로 재현기간의 의미가 없다. 이러한 재현기간 설정의 근거는 CN(I), CN(II) 또는 CN(III)이 연 최대치 호우사상을 분석하여 결정하며, 각 호우사상별로 추정된 CN 값 중 최대값 정도가 CN(III)에 최소값이 CN(I)에 해당되기 때문이다.

현재 선행토양함수조건을 구분할 때 사용하는 기준은 선행 5일강우량으로서 AMC-I과 II의 구분은 35.56 mm, AMC-II와 III의 구분은 53.34 mm이다. 그러나 박정훈 등(2005a)의 결과에서도 나타났듯이 현재의 기준 으로서는 유역의 평균 조건인 AMC-II의 발생빈도가 가장 작게 되는 문제점을 지니고 있다. 아울러, CN(I) 및 CN(II)의 추정치는 이론적인 값에서 매우 동떨어진 값을 나타내는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점은 SCS Curve Number 방법이 개발된 미 중서부 농업지대와 국내의 지형, 기후 및 토양특성이 현저히 다르며, 아울러 CN 또는 최대잠재보유수량 S를 결정하는데 결정적인 역할을 하는 토양층의 두께도 크게 다르기 때문이다. 결국, 우리나라에서는 미국의 경우와 동일한 AMC 조건을 사용할 수 없음에도 불구하고 동일한 기준을 사용함에 따른 많은 문제점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 평창강 유역의 장평 소유역을 대상으로 AMC 기준을 새롭게 설정해 보고자 한다. 이 과정은 연 최대치 호우사상 계열을 대상으로 수행되어야 하나, 자료수의 빈곤으로 인하여 부득이 가용한 자료를 모두 사용하는 것으로 하였다. 자료기간동안(17년)에 총 117개의 호우사상을 고려하였으므로 년 6개 정도의 호우사상이 고려되는 셈이다. 박정훈 등(2005b)에서 언급한 바와 같이 새로 만들어지는 기준을 적용하는 경우 AMC-III 조건에 해당하는 호우사상이 최대 수 % 이상이 되는 것은 SCS방법의 배경에 맞지 않는다. AMC-II에 해당하는 경우는 수십 %가 가능할 것으로 판단되고, AMC-I 조건은 50% 이상 정도로 결정되는

것이 정상적인 것으로 판단된다. 본 연구에서도 박정훈 등(2005a, b)에서와 동일한 자료를 이용하였다.

2. 선행강우량 변화에 따른 AMC 기준의 재설정

2.1 AMC 기준 재설정 방법론

Chen(1981), Ponce and Hawkins(1996) 등은 ‘왜 선행5일을 선행토양함수조건의 구분기준으로 사용하는가?’에 대한 이론적 근거가 명확치 않으며 물리적인 이론에 근거하기보다는 주관적인 판단에 기초한 것으로 보임을 발표한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 선행 5일에 국한하지 않고 선행 5일, 4일, 3일, 및 2일의 4가지 경우에 대하여 선행강우량을 변화시켜가며 AMC 구분기준을 설정해 보고자 한다. 이들 각 경우의 구분기준은 물론 최종 비교되어 현재 상황에서의 최적기준이 설정될 수 있도록 하였다. 먼저, 본 연구에서의 방법론을 설명하면 다음과 같다.

먼저 AMC-I과 II를 구분하는 선행강우량 기준을 D1(Division for AMC-I), 그리고 AMC-II와 III를 구분하게 되는 선행강우량 기준을 D2(Division for AMC-III)라고 정의하자. 현재 사용되는 선행강우량 구분기준은 성수기의 경우 D1이 35.56 mm, D2는 53.34 mm가 된다. 본 연구에서는 아래와 같은 절차에 의해 D1 및 D2를 결정하였다.

- (1) 먼저 D1을 1 mm에서 최대값(AMC-I조건으로 가능성이 없다고 판단되는 정도의 큰 값)까지 값을 변화시켜가며 이 값을 기준으로 AMC-I에 해당되는 호우사상을 분류한다. 이들 강우사상으로부터 추산한 CN을 가지고(박정훈 등, 2005a) CN(I)의 도수분포도(histogram)를 그린다. 이때, D1이 작을 경우에는 적은 수의 호우사상만이 AMC-I 조건을 만족시킬 것이며, 반대로 D2가 클 경우에는 많은 수의 호우사상이 AMC-I 조건을 만족시킬 것이다.
- (2) (1)의 경우와 반대로 D2를 1 mm에서 최대값(예를 들어, 분석에 이용되는 호우사상의 선행5일강우량 중 최대값)까지 그 크기를 점점 증가시키면서 이 값을 기준으로 AMC-III에 해당되는 호우사상을 분류한다. 각 호우사상별로 추산한 CN으로 CN(III)의 도수분포도를 그린다.
- (3) 일반적으로 (1) 및 (2)의 결과로 나타나는 도수분포도는 두 개의 peak를 갖는 bi-modal의 형태가 된다. 이는 박정훈 등(2005a)에서 살펴본 바와 같

이 선행강우량의 크기만을 가지고 CN으로 대변되는 유출특성을 적절히 나타낼 수 없기 때문이다. 이는 AMC-I 조건의 경우가 특히 심하다. 결국 두 경우 모두에서 벗어나는, 주로 평균적인 특성을 반영하는 많은 수의 호우사상이 포함될 수밖에 없다. 이 평균적인 특성을 나타내는 호우사상은 두 경우 모두에 유사한 위치에 나타나게 된다. 따라서 이 부분을 제외하면 (1)의 경우에서 나타나는 또 다른 하나의 peak(작은 쪽)가 AMC-I의 구분기준이 되고 (2)의 경우에 나타나는 또 다른 peak(큰 쪽)가 AMC-III의 구분기준이 된다. 두 경우에 공통적인 peak가 AMC-II를 나타내게 된다.

- (4) 선행일수 5일부터 2일까지에 대해 (1) - (3)의 과정을 반복하여 각 선행일수별로 AMC의 구분기준 D1과 D2를 결정한다.
- (5) 각 선행일수 별로 결정된 D1 및 D2의 발생확률을 비교하여 최적의 D1, D2를 결정한다.

2.2 선행5일의 경우

Table 1은 이러한 분석의 한 예로서, CN(1)의 상대도수분포표를 보여주고 있다. 이를 그림으로 나타낸 것이 Fig. 1이며, Fig. 3은 CN(III)에 해당하는 것이다. Fig. 1에서와 같이 AMC-I의 경우를 먼저 살펴보면, CN이 64 - 80인 구간에서 첫 번째의 peak를 보이고 CN이 48 - 56인 구간에서 두 번째의 peak를 보인다. 이러한 두 개의 peak를 갖는 상대도수 분포도에서 64에서 80 사이의 CN 구간은 유역의 평균유출조건을 나타내는 구간(average runoff potential section)으로서 가장 높은 상대도수를 갖게 되며, 반대로 48에서 56사이의 CN 구간은 유역의 최소유출잠재능을 나타내는 구간(lowest runoff potential section)이 된다. 여기서 주목할만한 점은 이들 두 개의 peak의 위치가 선행강우량의 정도에 관계없이 일정한 위치에 나타난다는 점이다. 이는 CN(I)이나 CN(II) 자체가 선행강우량의 정도에 따라 변하는 값이 아니며, 단지 바르게 판단되는 정도가 다르게 나타날 뿐이라는 것이다. 즉, AMC-I 조건에 적절한 선행강우량은 강우-유출 기록에 근거한 관측 CN(I)을 실제 CN(I)으로 가장 잘 판단하는 값이 될 것이다. 본 연구의 대상유역의 경우 이 값은 22 mm가 된다. 즉, D1(P5)은 22 mm가 되며(Table 1에서 CN(I)에 해당하는 peak가 가장 큰 경우의 D1, 또는 Fig. 1에서 원으로 표시된 부분), 이 경우에 대한 히스토그램을 따로 표시하면 Fig. 2와 같다.

Table 1. Relative frequency of CN(I) for the 5-day antecedent rainfall (here, relative frequency is introduced for the comparison of cases which has different total frequencies are different; the total relative frequency is set to be 50)

D1 (P ₅)	Curve Number (CN)													Total Actual Frequency	Average CN
	0-8	8-16	16-24	24-32	32-40	40-48	48-56	56-64	64-72	72-80	80-88	88-96	96-100		
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	2.94	2.94	8.82	17.65	11.76	0.00	2.94	17	73.90
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	2.94	2.94	8.82	17.65	11.76	0.00	2.94	17	73.90
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76	4.76	2.38	9.52	16.67	9.52	0.00	2.38	21	71.68
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.55	4.55	2.27	9.09	18.18	9.09	0.00	2.27	22	71.84
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.35	4.35	4.35	8.70	17.39	8.70	0.00	2.17	23	71.33
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	4.17	4.17	10.42	16.67	8.33	0.00	2.08	24	71.23
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	4.00	12.00	16.00	8.00	0.00	2.00	25	71.26
...
18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	2.33	3.49	4.65	15.12	12.79	6.98	2.33	1.16	43	71.03
19	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	2.22	4.44	4.44	15.56	12.22	6.67	2.22	1.11	45	70.57
20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	2.08	5.21	4.17	15.63	11.46	6.25	3.13	1.04	48	70.52
21	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	2.08	5.21	4.17	15.63	11.46	6.25	3.13	1.04	48	70.52
22	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	2.04	6.12	4.08	15.31	11.22	6.12	3.06	1.02	49	70.06
23	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	6.00	4.00	15.00	11.00	7.00	3.00	1.00	50	70.31
24	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	6.00	4.00	15.00	11.00	7.00	3.00	1.00	50	70.31
25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	6.00	4.00	15.00	11.00	7.00	3.00	1.00	50	70.31
26	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	6.00	4.00	15.00	11.00	7.00	3.00	1.00	50	70.31
27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	6.00	4.00	15.00	11.00	7.00	3.00	1.00	50	70.31
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	1.96	5.88	3.92	14.71	10.78	7.84	2.94	0.98	51	70.55

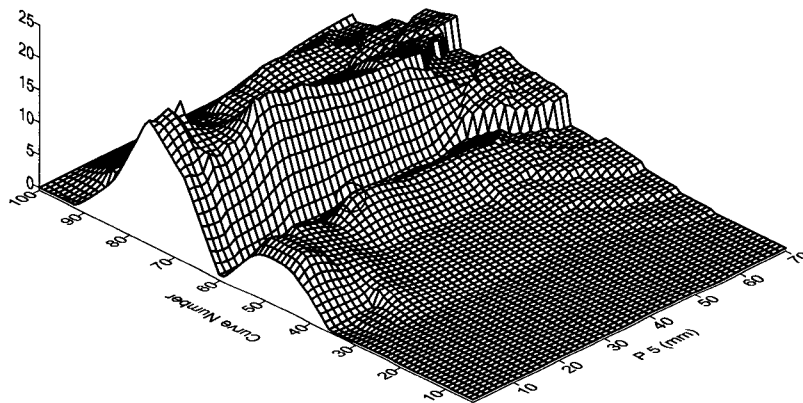


Fig. 1. Relative frequency distribution of CN(I) for the 5-day antecedent rainfall

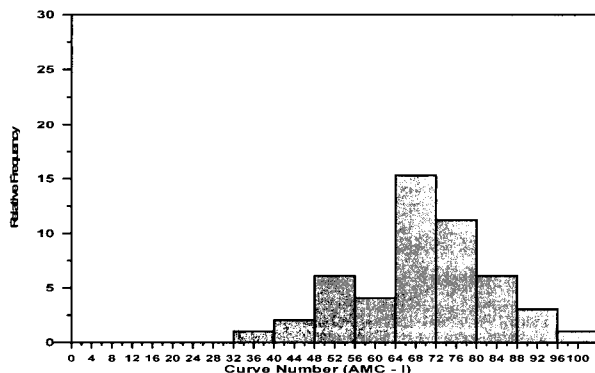


Fig. 2. Histogram of CN(I) for the 5-day antecedent rainfall, D1(P₅)=22 mm

AMC-III의 경우도 두 개의 peak를 가지게 되는데 (Fig. 3) 최대 peak는 AMC-I과 마찬가지로 CN이 64에서 80사이(유역의 평균유출잠재능)에서 발생한다. 그리고 유역의 최대유출잠재능을 의미하는 구간(highest runoff potential section)의 CN은 88 - 96사이로서 이 값이 실제 장평유역의 CN(III)를 의미한다. CN(III) 판단을 위한 최적의 선행5일강우량은 최대 상대도수를 보이는 117 mm가 된다(Fig. 3에서 원으로 표시된 부분). 이는 선행 5일강우량이 117 mm 일 때 가장 많은 수의 관측 CN(III)이 실제 CN(III)으로 분류됨을 의미한다. 이 경우에 대한 히스토그램은 Fig. 4와 같다.

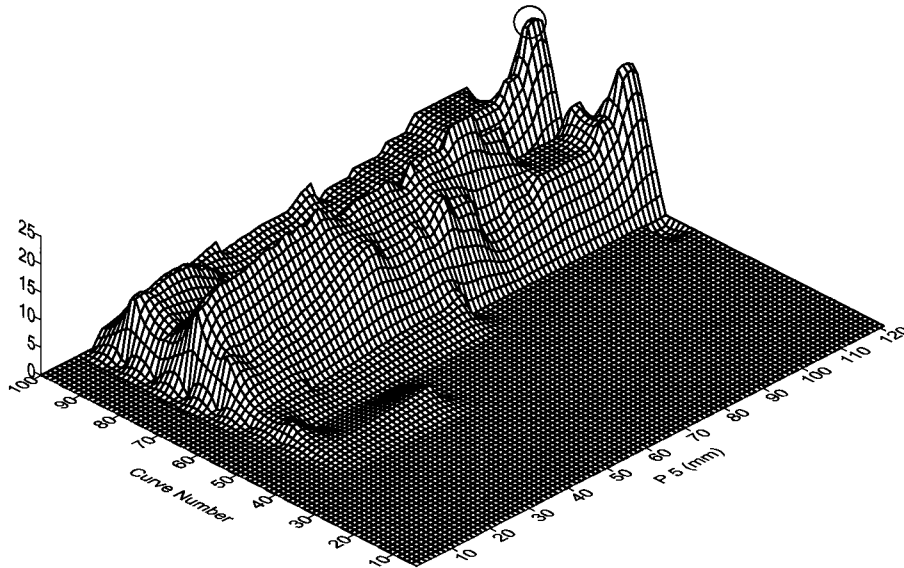


Fig. 3. Relative frequency distribution of CN(III) for the 5-day antecedent rainfall

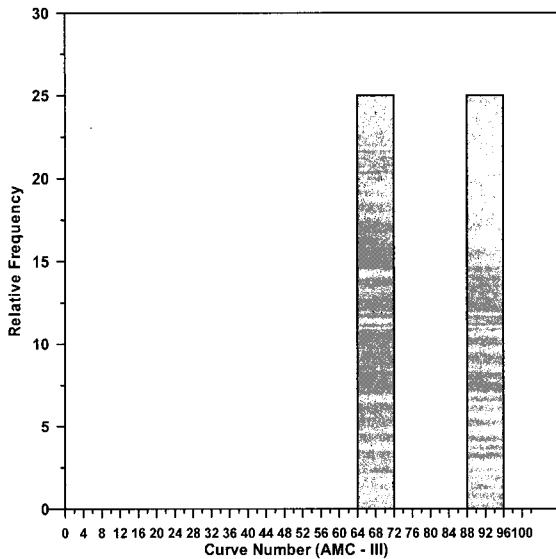


Fig. 4. Histogram of CN(III) for the 5-day antecedent rainfall, $D2(P_5)=117$ mm

2.3 선행4일, 3일 및 2일의 경우

선행 5일과 동일한 방법으로 최소유출잠재능 구간 (lowest runoff potential section), 최대유출잠재능 구간 (highest runoff potential section)을 결정할 수 있다 (Figs. 5, 6, 7). 특히 평균유출잠재능구간(average runoff potential section)을 포함하여 세 가지의 구간이 모든 경우에 동일하게 나타난다는 것에 주목할 필요가 있다. 이는 선행 몇 일의 문제뿐만 아니라 이 기간 중의 총강우량과도 관계없이 주어진 유역의 CN은 동일하다는 것을 의미하는 결과이다. 다른 점이 있다면 결국 이

러한 CN을 보다 정확히 찾아내는데 따르는 상대적인 정확도가 다르다는 것이다. 가장 정확도가 높은 기준이 무엇인지를 확인하는 것이 바로 본 연구의 목적이다.

Fig. 5를 보면 선행4일을 고려하는 경우 AMC-I의 구분기준인 $D1(P_4)$ 은 22 mm이 되고, AMC-III의 구분 기준인 $D2(P_4)$ 95 mm이 된다. 선행3일의 경우 $D1(P_3)$ 은 15 mm로 나타난다(Fig. 6). 그러나 AMC-III의 경우 선행 5일이나 4일을 사용할 때와는 달리 최대유출잠재능구간이 $D2(P_3)=46$ mm 이후로 사라지며, 반대로 평균 유출잠재능구간의 상대도수가 점점 커짐을 확인할 수 있다. 이는 본 연구에 사용된 자료로는 선행3일강우량을 가지고 AMC-III를 구분하는 기준을 설정하기 어렵다는 것으로 해석될 수 있다. 즉, 본 연구에 이용된 자료의 경우 선행3일강우량이 46 mm 이상인 호우사상의 CN이 CN(III)로 나타나는 경우가 급격히 줄어들어 나타나는 문제이다. 이 구간내에서의 $D2(P_3)=28$ mm로 나타난다.

마지막으로 선행 2일의 경우 다른 경우에 대하여 $D1(P_2)$ 의 변동범위가 크지 않았다(Fig. 7). 그 이유는 독립호우를 구분하기 위해 무강우시간을 24시간으로 사용하면서 선행 2일차 강우량만이 선행 2일강우량의 총량으로 산정되었기 때문이다. 이는 일강우사용의 한계라 할 수 있다. $D1(P_2)$ 는 12 mm로, $D2(P_2)=22$ mm로 파악되었으나 3일 사용하는 경우와 마찬가지로 사용된 호우사상이 다양하지 않아 큰 의미를 부여하기 어려운 결과로 판단할 수 있다.

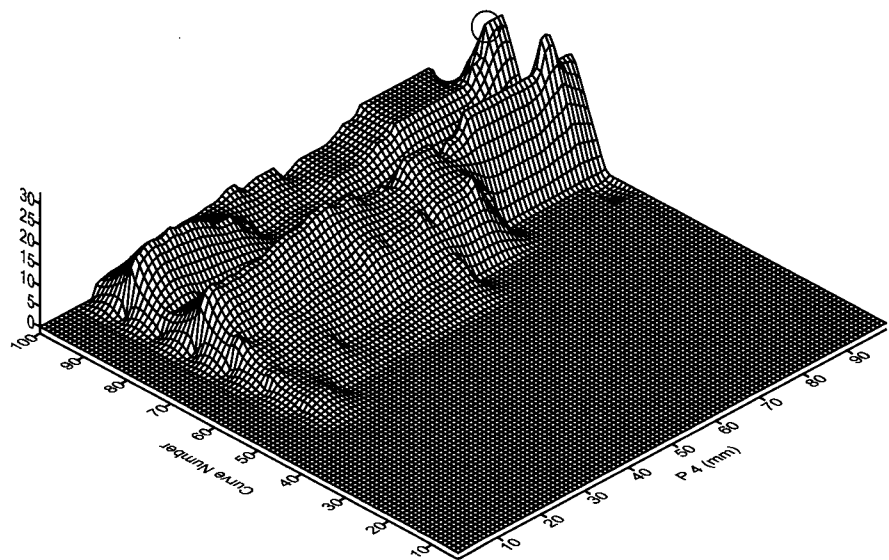
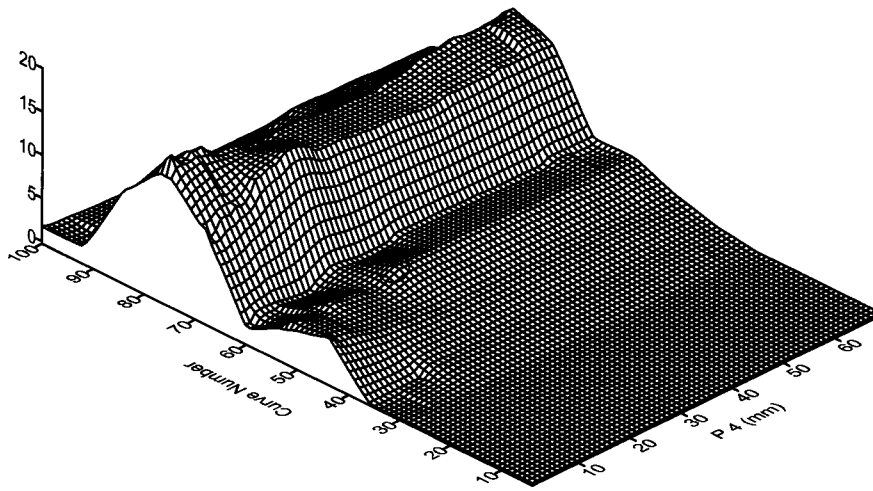


Fig. 5. Relative frequency distributions of CN(I) and CN(III) for the 4-day antecedent rainfall

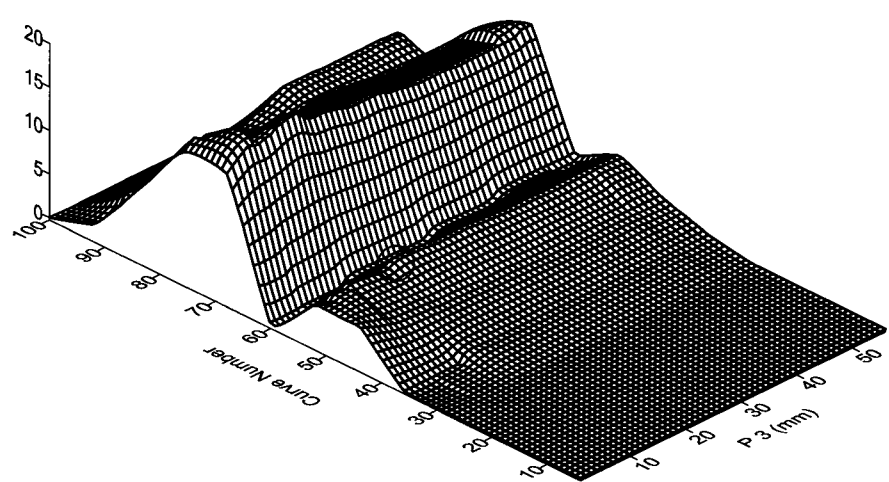


Fig 6. Relative frequency distributions of CN(I) and CN(III) for the 3-day antecedent rainfall (continue)

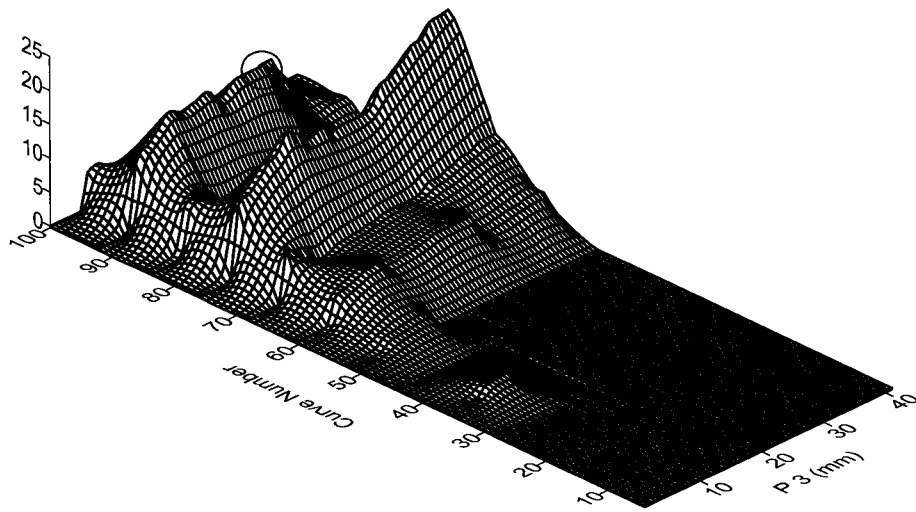


Fig 6. Relative frequency distributions of CN(I) and CN(III) for the 3-day antecedent rainfall

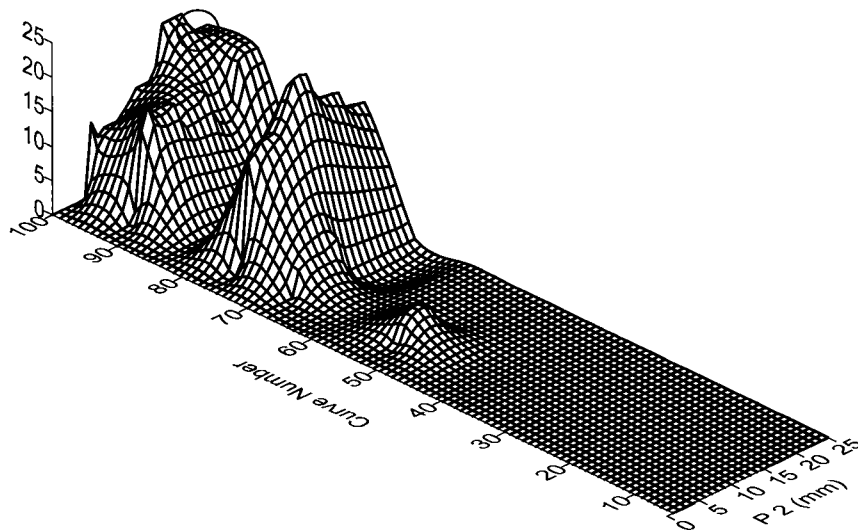
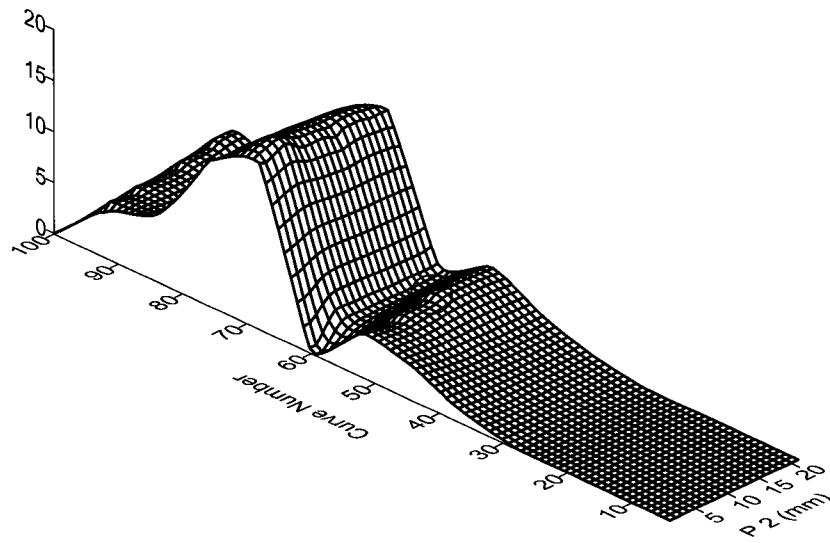


Fig. 7. Relative frequency distributions of CN(I) and CN(III) for the 2-day antecedent rainfall

2.4 각 선행일수별로 결정된 AMC 구분기준의 평가

전절에서 구한 선행토양함수조건 구분기준을 정리하면 Table 2와 같다. 최소유출잠재능구간에서 가장 큰 상대도수를 보여주는 것은 선행 5일강우량을 기준으로 사용할 때이며, 최대유출잠재능구간에서는 선행 5일과 선행 4일강우량을 사용할 때이다. 현재의 선행토양함수 조건 구분 기준과 비교해 볼 때 AMC-I을 구분하는 기준은 현재기준보다 현저히 줄어들었으며, AMC-III를 구분하는 기준은 특히 선행 5일과 4일의 경우엔 현저히 증가하였다. 선행 3일과 2일의 경우는 감소하는 것으로 나타났으나 분석에 이용한 자료가 다양한 경우를 충분히 나타내지 못해 발생한 결과로 이해된다.

주어진 AMC 조건에 대해 관측된 CN이 실제의 CN으로 분류되는 비율을 비교하는 경우 선행5일을 기준으로 사용하는 것이 제일 타당한 것으로 판단된다 (AMC-I 및 AMC-III의 구분기준은 각각 22 mm, 117

mm). 그러나 이는 선행3일 및 2일의 경우를 보다 정확히 판단할 수 있는 자료의 부족을 배제한 결론이라는 점이 지적되어야 할 것이다. 향후 보다 다양한 호우사상을 구비하는 경우 정확한 판단이 가능할 것이다.

Table 3은 새로 설정된 기준을 적용하는 경우 AMC의 발생분포를 나타낸 것이다. 현행 기준과 비교할 때 재설정된 기준은 선행 5일의 경우 AMC-I과 III는 급격히 감소하고 AMC-II 조건이 많이 증가하였음을 확인할 수 있다. 선행 4일의 경우 AMC-III 조건은 많이 감소하였으나 AMC-I은 여전히 높은 발생빈도를 유지하고 있다. 그러나 선행 5일강우량 기준을 사용 시 AMC-II의 발생 비율이 더 크고 CN(I)의 상대도수가 4일의 경우보다 높으므로 본 연구의 대상유역인 장평소유역에 대해서는 선행 5일 기준을 채택하는 것이 더 바람직하다고 결론내릴 수 있다(Fig. 8). 이와 같은 결론을 요약하면 Table 4와 같다.

Table 2. Revised AMCs for Jangpyung subbasin

	Division Criterion for AMC			
	AMC-I and AMC-II		AMC-II and AMC-III	
	D1	Relative Frequency of CN(I)	D2	CN(III)의 상대도수
선행 5일 사용(P5)	22 mm	6.12	117 mm	25.00
선행 4일 사용(P4)	22 mm	4.84	95 mm	25.00
선행 3일 사용(P3)	15 mm	4.55	(28 mm)	(15.63)
선행 2일 사용(P2)	(12 mm)	(4.00)	(22 mm)	(16.67)
현행 기준(P5)	35.56 mm	-	53.34 mm	-

주) ()안의 결과는 사용된 자료의 다양성 제약으로 인해 신뢰도가 약함.

Table 3. Relative occurrences of AMC-I, II and III depending on their division criteria

		AMC-I	AMC-II	AMC-III
Revised AMC	5-day	54.44%	43.33%	2.22%
	4-day	70.45%	27.27%	2.27%
	3-day	75.86%	5.75%	18.39%
	2-day	88.24%	8.24%	3.53%
Current AMC		77.78%	8.55%	13.68%

Table 4. Division criteria of revised AMC (growing season)

AMC Group	5-Day Antecedent Rainfall, P_5 (mm)
I	$P_5 < 22$
II	$22 < P_5 < 117$
III	$P_5 > 117$

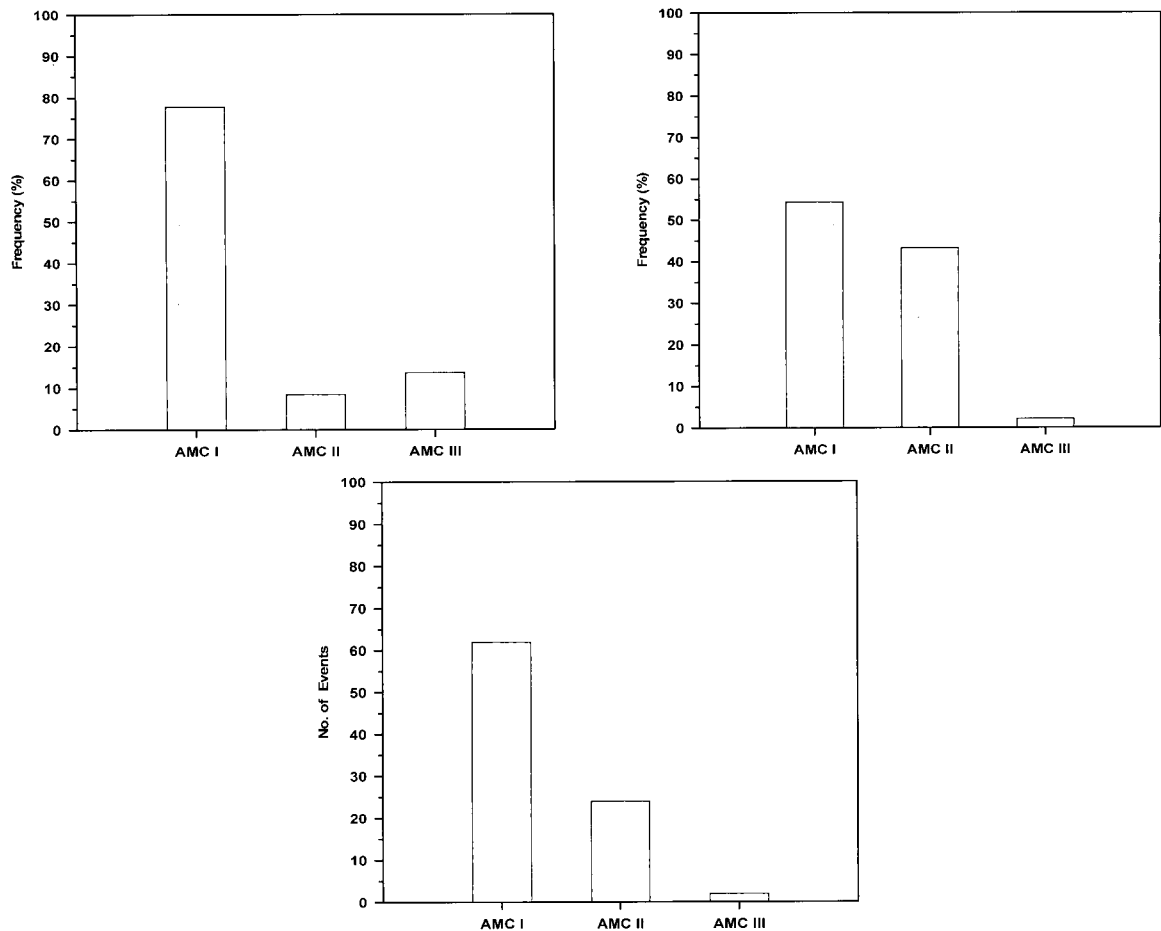


Fig. 8. Frequency distributions of rainfall events per AMC for current and revised division criteria (top, current; middle, revised for 5-day antecedent; bottom, revised for 4-day antecedent)

3. 결론

Mockus(1949)에 의하면 AMC-II 조건에의 CN은 유역의 평균 조건 하에서의 CN을 의미한다. 이러한 CN의 개발 과정 및 AMC의 적용 배경에 따르자면 평균유출잠재능을 의미하는 AMC-II 조건이 가장 많이 발생해야 하고, AMC-I 이나 AMC-III 조건은 상대적으로 적은 발생회수를 가져야 한다(연 최대치 호우사상을 분석하는 경우; 연 초과치를 분석하는 경우에는 AMC-III 조건에 해당하는 호우사상은 최대 수 %, AMC-II에 해당하는 경우는 수십 %, 마지막으로 AMC-I 조건은 50% 이상 정도). 그러나 평창강 유역의 장평지점에 대한 분석결과를 살펴보면 AMC-II의 발생비율이 8.6%로 매우 작은 값을 가지고 있으며, AMC-III는 최대유출잠재능을 뜻함에도 불구하고 13.7%의 높은 발생비율을 가지고 있어 현재의 선행토양함수조건이 부적절함을 나타내고 있다.

이에 본 연구에서는 선행 5일부터 2일까지 아울러 선행강우량 기준을 다양하게 바꾸어가면서 적절한

AMC의 구분기준을 탐색하였다. AMC 구분기준은 관측된 CN(I) 및 CN(III)가 실제 CN(I) 및 CN(III)로 분류되는 빈도가 최대인 경우로 결정하였다. 이 기준을 적용하여 AMC 발생비율을 분석한 결과 선행 2일과 3일의 경우는 다양한 호우사상의 부족으로 인해 유의한 결과를 도출하기가 어려웠고, 선행 4일 및 5일의 경우 상대적으로 신뢰할 만한 결과가 도출되었다. 선행 4일과 5일의 경우 모두에서 AMC-II는 증가하며 최대 유출조건인 AMC-III도 크게 감소하여 바람직한 결과를 나타내 줌을 확인하였다. 그러나 선행 5일강우량 기준을 사용 시 AMC-II의 발생 비율이 더 크고 CN(I)의 상대도수가 4일의 경우보다 높으므로 선행 5일 기준을 채택하는 것이 더 바람직하다고 결론내릴 수 있었다. 선행5일강우량을 이용하는 경우 장평소유역의 AMC-I, 및 AMC-III의 구분기준은 각각 22 mm, 117 mm 정도로 파악된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술

평가원에서 위탁 시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

- 박정훈, 유철상, 김중훈 (2005a). "SCS 방법 적용을 위한 선행토양함수조건에 대한 설정: 1. SCS 방법 검토 및 적용상의 문제점." *한국수자원학회논문집*, 심사중.
- 박정훈, 유철상, 김중훈 (2005b). "강우조건에 따른 유출곡선지수의 민감도 분석." *대한토목학회논문집*, 심사중.
- Chen, C.L. (1981). "An evaluation of the mathematics and physical significance of the Soil Conservation Service curve number procedure for estimating runoff volume." *Rainfall-Runoff Relationship* (ed. by V. P. Singh) Water Resources Publications, pp. 387-418.
- Mockus, V. (1949). "Estimation of total (and peak rates of) surface runoff for individual storms." Exhibit A in Appendix B, *Interim Survey Report Grand (Neosho) River Watershed*, USDA.
- 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.
- Soil Conservation Service (1972). *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology, Chap. 10, Washington, D.C.
- Soil Conservation Service (1985). *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology, Chap. 10, Washington, D.C.

(논문번호:05-92/접수:2005.07.06/심사완료:2005.10.04)