

위성영상을 이용한 유역평균 CN값 산정에 관한 연구

이병주* · 배덕효** · 김양수***

1. 서론

SCS의 유효우량 산정방법은 유출곡선지수(Runoff Curve Number, CN)을 결정함으로서 산정된다. CN 값은 농경지를 대상으로 개발된 총우량으로부터의 직접유출에 대한 잠재력을 나타낸 것으로서 침투율(infiltration), 증발률(evaporation), 토양수분(soil moisture), 지체시간(lag time), 강우강도(rainfall intensity), 온도(temperature) 등의 인자에 영향을 받으며 SCS에서는 토지이용상태(land use), 수문학적 토양군(hydrologic soil group), 피복 형태(cover type)에 따라서 CN 값을 산정할 수 있도록 제시하고 있다. 그러나 위성영상을 활용하여 CN 값을 산정할 경우 위성영상의 피복분류항목과 SCS에서 제공하는 피복항목간의 불일치로 인하여 올바른 CN 값을 부여하는데 많은 어려움을 겪고 있다.

따라서 본 연구에서는 SCS의 CN 값 산정 방법을 검토하여 환경부에서 제시하는 1, 2, 3단계(환경부, 1999)의 피복분류항목에 적합한 CN 값을 제시하여 적용성을 검토하고자 한다.

2. 산정 이론

환경부에서 제시하고 있는 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값을 산정하기 위해서는 단일 피복분류 항목별 수문학적 토양군에 따른 충분한 강우-유출 자료가 구축되어 있어야 하지만 우리나라의 경우 현재까지 이러한 수문자료가 구축되어 있지 않는 실정이므로 본 연구에서는 SCS에서 제공하는 피복분류항목별 CN 값을 수문자료로 대신하여 산정하였다.

산정방법은 USGS(1997)에서 제시하는 도식적 접근법(classical graphical approach)과 통계적 접근법(statistical approach)이 있으며 본 연구에서는 수학적으로 답을 얻을 수 있는 통계적 방법을 적용하였다. 이 방법은 Hjelmfelt(1991)로부터 제안된 방법으로 연최고치 계열(annual maximum series)의 유출량에 해당하는 잠재보유수량(S)이 대수정규분포형을 나타낸다는 가정을 가진다. 모집단이 대수정규분포형을 가질 경우, 중앙값은 식 (1)로부터 산정할 수 있으며 본 연구에서는 식 (2)~(3)의 과정을 통하여 선행토양함수조건(Anticident Moisture Condition; AMC) II에 대한 위성영상 피복분류항목의 중앙값 S를 산정하였다.

$$\begin{aligned} \text{median } S &= \exp \frac{\sum_{i=1}^N \ln S_i}{N} \\ &= 10^{\frac{\sum_{i=1}^N \log S_i}{N}} \end{aligned} \quad (1)$$

* 국립방재연구소 연구원

** 세종대학교 물자원연구소 · 토목환경공학과 부교수

*** 국립방재연구소 연구관

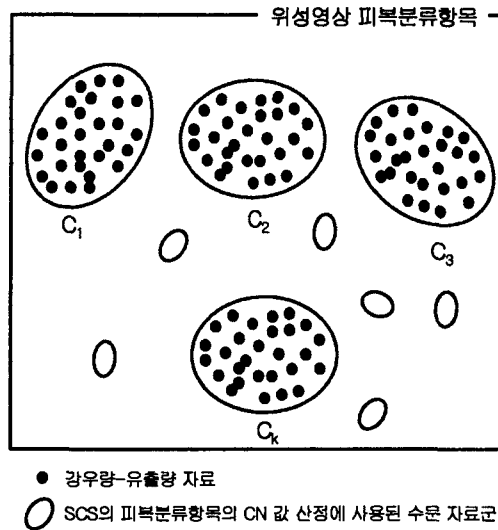


그림 1. 위성영상 피복항목에 대한 수문자료 형태

그림 1은 위성영상 피복분류항목과 SCS 피복분류항목간의 관계를 나타낸 것이며 그림에서 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_k$ 는 위성영상 피복분류항목에 해당하는 SCS의 피복분류항목을 나타내며 $N_1, N_2, N_3, \dots, N_k$ 는 S(혹은 CN) 값을 산정하는데 사용된 강우-유출 자료 개수를 나타낸다. 각 $C_i(i=1, 2, \dots, k)$ 자료군에 대한 중앙값은 식 (1)을 이용하여 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{median } C_j = 10^{\frac{\sum_{i=1}^{N_j} \log C_{ji}}{N_j}} ; j = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

또한, SCS의 피복분류항목 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_k$ 를 포함하는 위성영상 피복분류항목에 대한 중앙값은 식 (3)으로부터 가능하며,

$$\text{median } C = 10^{\frac{\sum_{i=1}^{N_1} \log C_{1i} + \sum_{i=1}^{N_2} \log C_{2i} + \dots + \sum_{i=1}^{N_k} \log C_{ki}}{N_1 + N_2 + \dots + N_k}} \quad (3)$$

식 (3)에서 각 자료군의 개수가 동일할 경우 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{median } C = 10^{\frac{\log \text{median } C_1 + \log \text{median } C_2 + \dots + \log \text{median } C_k}{k}} \quad (4)$$

따라서, 위성영상 피복분류항목에 대한 대표 CN 값은 식 (4)를 이용하여 산정된 S 값을 $CN=25,000/(S+254)$ 관계를 이용하여 산정할 수 있다.

3. 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값 산정

본 연구에서는 위성영상 피복분류항목에 대한 객관성을 높이기 위해 환경부(1999)에서 제시하는 위성영상 피복분류체계를 사용하였으며 앞서 설명한 이론을 적용하여 산정한 결과는 다음과 같다.

표 1. 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값(AMC II)

대분류					중분류					세분류				
피복항목	수문학적 토양군				피복항목	수문학적 토양군				피복항목	수문학적 토양군			
	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D
시가화/건조지역	79	86	90	92	주거지역	58	73	82	86	단독주택	70	80	87	90
										연립주택	56	71	81	86
										아파트	48	67	78	83
										공업지역	81	88	91	93
										상업/업무지역	89	92	94	95
농업지역	63	74	82	85	논	78	78	78	78	경지정리가 된 논	78	78	78	78
										경지정리가 안된 논	78	78	78	78
										밭	63	78	85	89
										산간지방의 밭	62	73	80	83
										과수원	44	66	77	83
산림지역	47	68	79	86	기타재배지	59	74	82	86	농장/농원/목장/방목장	59	74	82	86
										활엽수림	47	67	78	85
										침엽수림	46	68	79	86
										혼효림	47	68	79	86
										자연활엽수림	46	68	79	86
초지	50	69	79	84	자연초지	30	58	71	78	자연초지	30	58	71	78
										골프장	52	70	80	85
										기타초지	52	70	80	85
										공원묘지	52	70	80	85
										기타초지	52	70	80	85
습지	98	98	98	98	내륙습지	98	98	98	98	내륙습지	98	98	98	98
										갯벌	98	98	98	98
										염전	98	98	98	98
나지	77	86	91	94	기타나지	77	86	91	94	기타나지	77	86	91	94
										하천	100	100	100	100
수역	100	100	100	100	내륙수	100	100	100	100	호소	100	100	100	100
										해양수	100	100	100	100

4. 적용 및 결과

적용대상지역은 수두유역이면서 댐 유입량으로부터 강우로 인한 정확한 유출량을 산정할 수 있는 피산댐 수위지점 상류유역을 선정하였다. 대상유역의 평균 CN 값을 산정하기 위해 2000에 획득된 Landsat-7 ETM 영상을 이용하여 토지이용도(그림 2)를 구축하였으며 농업과학기술원에서 제공하는 1:50,000 토양도를 이용하여 수문학적 토양군 주제도(그림 3)를 구축하였다. 구축된 자료와 표 1을 이용하여 피산댐 유역의 유역평균 CN 값을 산정한 결과 AMC II에서 66으로 나타났다.

본 연구에서는 유역평균 CN 값과 호우사상으로부터 산정된 계산 유효우량과 호우사상에 해당하는 유출량자료를 이용하여 산정된 관측 유효우량을 비교함으로써 CN 값의 적용성을 검토하였으며 결과는 표 2와 같다.

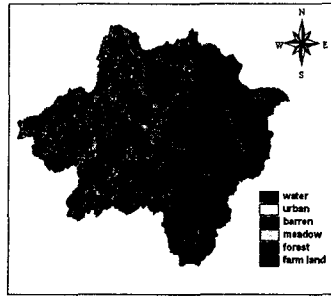


그림 2. 토지이용도

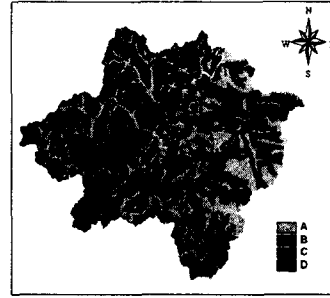


그림 3. 수문학적 토양군 주제도

표 2. 관측 유효우량과 계산 유효우량 산정 결과

홍수사상 (AMC)	총강우량 (mm)	총유출량 (m ³)	직접유출량 (m ³)	관측유효우량 (mm)	계산 유효우량 (mm)		
					AMC I	AMC II	AMC III
07/27/'99 (II)	194.20	84,404,160	79,686,720	118.08	28.38 (-75.97)	76.24 (-35.43)	118.70 (+1.37)
07/22/'00 (III)	157.40	58,622,400	56,384,640	83.55	12.32 (-85.25)	46.21 (-44.69)	81.26 (-2.74)
08/23/'00 (III)	297.60	122,765,760	111,360,960	165.01	66.47 (-59.72)	135.05 (-18.16)	186.71 (+13.15)
09/12/'00 (III)	253.50	130,645,440	107,861,760	159.82	40.36 (-74.75)	95.92 (-39.98)	142.01 (-11.14)

주) 계산유효우량의 ()의 값은 관측유효우량과의 상대오차를 백분율로 나타낸 값이다.

5. 결론

본 연구에서는 통계적 접근법을 이용하여 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값을 제시하였으며 괴산댐 유역에 적용하여 유역평균 CN 값을 산정한 결과 66으로 나타났다. 검정을 위해 계산 유효우량과 관측 유효우량을 비교하였으며 비교 결과 관측치에 대하여 상대오차 30% 이내의 오차를 가지는 것으로 나타났다.

따라서 미계측 유역에 위성영상을 이용하여 CN 값을 산정할 경우 본 연구에서 제시한 CN 값을 적용함으로써 객관적인 값을 산정하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 1-3-1)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 환경부 (1999). 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류.
- Hjelmfelt, A.T. (1991). An investigation of the curve number procedure. *J. Hydraul. Eng., Amer. Soc. Civil. Engrs.*, vol. 117, no. 6, pp. 725-737.
- USDA, Natural Resources Conservation Service (1997). *National Engineering Handbook*, Part 630-Hydrology.