

## 위성영상 피복분류에 대한 CN값 산정(II):

- 적용 및 검증 -

### Runoff Curve Number Estimation for Cover and Treatment

### Classification of Satellite Image(II):

- Application and Verification -

이 병 주\* / 배 덕 효\*\* / 정 창 삼\*\*\*

Lee, Byong Ju / Bae, Deg Hyo / Jeong, Chang Sam

---

#### Abstract

The objective of this study is to test the applicability of CN values suggested using land cover and treatment classification of satellite image. Applicability test is based on the comparison of observed effective rainfall and computed one. The 3 case study areas, where are the upstream of Gyeongan stage station, the upstream of Baekokpo stage station in Pyungchang River basin, and the upstream of Koesan Dam, are selected to test the proposed CN values and the hydrologic and meteorologic data, Landsat-7 ETM of 2000, soil map of 1:50,000 are collected for the selected areas. The results show that the computed CN values for three study cases are 71, 63, 66, respectively, and the errors between observed and computed effective rainfall are within about 30%. It can be concluded that the proposed CN values from this study for land cover and treatment classification of satellite image not only provides more accurate results for the computation of effective rainfall, but also suggest the objective CN values and effective rainfall.

**Keyword** : Runoff Curve Numbers(CNs), statistical approach, Landsat-7 ETM, soil map, hydrologic soil group, effective rainfall

---

#### 요 지

본 논문의 목적은 위성영상 피복분류항목에 대해 통계적 접근법으로부터 산정된 유출곡선지수(CN)를 이용하여 계산 유효우량과 관측 유효우량을 비교함으로써 그 적용성을 검토하는데 있다. 검증을 위한 적용대상지역은 경안천 수위지점 상류유역, 백옥포 수위지점 상류유역, 괴산댐 수위지점 상류유역으로 선정하였으며 각 지역별로 4개의 홍수사상을 선정하였다. CN 값 산정을 위해 2000년에 획득된 Landsat-7 ETM 영상을 이용하여 토지이용도를 구

---

\* 국립방재연구소 연구원

Researcher, National Institute for Disaster Prevention, Seoul 121 719, Korea

\*\* 세종대학교 수운연구소 · 토목환경공학과 부교수

Associate Prof., Dept. of Civil and Environmental Eng., Sejong Univ., Seoul 143-747, Korea

\*\*\* 연세대학교 토목공학과 박사수료

Ph. D. Cadidate, Dept. of Civil Eng. Yonsei Univ. Seoul. 120 749

축하였으며 개략도양도로부터 수문학적 토양군을 구축하였다. 유역평균 CN 값은 대상지역별로 71, 63, 66으로 나타났다며 계산 유효우량과 관측 유효우량의 비교결과 약 30% 이내의 일정수준의 오차를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 위성영상을 이용하여 미계측 유역의 CN 값 산정시 본 논문 I에서 개발한 CN 값을 적용함으로써 기존의 방법에 비해 보다 객관적인 값을 제시해줄 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 유출곡선지수(CN), 통계학적 접근법, Landsat-7 ETM, 토양도, 수문학적 토양군, 유효우량

## 1. 서론

우리나라 수공구조물의 설계홍수량 추정에는 미국 토양보존국(SCS)에서 개발한 유출곡선지수(CN)로부터 유효우량을 추정하고 홍수도달시간을 고려하여 단위도를 합성하는 방법이 자주 사용되고 있다. 이 방법은 입력자료가 간단하고 기본구조와 가정이 단순하며 수문학적 토양군, 토지이용, 피복밀도 등의 유역특성을 유출곡선지수로 쉽게 나타낼 수 있는 특징이 있다. 또한, 농업지대 소유역에 미치는 영향을 잘 평가하는 것으로 알려져 미국내 연방, 주정부 및 수문기술자들이 일반적으로 사용하는 방법으로 세계 여러 곳에서 적용되고 있다(김태철 등, 1997).

그러나 위성영상으로부터 구축한 토지이용도를 이용하여 CN 값을 산정할 경우 SCS에서 제공하는 피복항목과의 차이로 인해 CN 값 산정에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문 I에서는 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값을 산정하였으며, 본 연구에서는 계산 유효우량과 관측 유효우량을 비교·분석하여 그 적용성을 검토하고자 한다.

## 2. 검증 방법

일반적으로 모형이나 매기변수의 검정을 위해서는 계산우량과 관측우량을 비교하는 것이 보통이지만 본 연구에서는 CN 값 외적 요인에 대한 오차를 최소화하기 위해 계산 유효우량과 관측 유효우량을 비교하였다. 계산 유효우량은 본 논문 I에서 산정된 CN 값과 관측우량을 이용하여 SCS의 유효우량 산정 식(식 (1))으로부터 산정하였으며, 관측 유효우량은 관측우량에서 기저유출을 제거한 직접유출량으로부터 산정하였다. 직접유출량 산정방법은 USDA(1997)에서 CN 값 검정을 위해 사용한 수평분리법을 적용하였다. 수평분리법은 호우로 인해 유출곡선이 상승하기 직전의 유출량을 기저유출로 가정하여 전체 기저시간에 대해서 기저유출량을 제거함으로써 직접유출량을 산정하는 방법이다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (1)$$

여기서, Q는 유효우량(mm), P는 관측우량(mm), S는 최대잠재보유수량(mm)이며 식 (2)로부터 산정할 수 있다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (2)$$

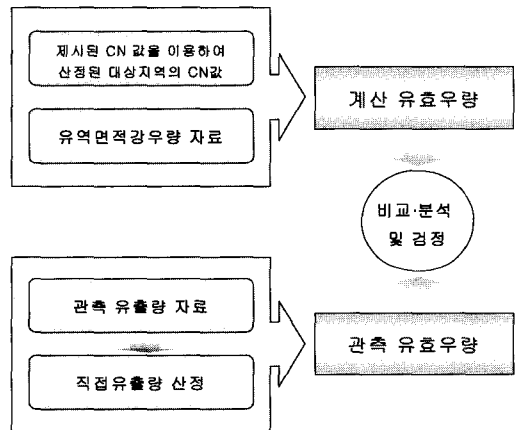


그림 1. 검증 절차

## 3. 적용대상지역 자료 구축

### 3.1 유역 개황

본 연구의 적용 대상지역은 285.35km<sup>2</sup>의 경안 수위 지점 상류유역(CASE I)과 143.18km<sup>2</sup>의 백옥포 수위 지점 상류유역(CASE II), 674.88km<sup>2</sup>의 괴산댐 상류유역(CASE III)으로 선정하였다. 한강을 분류로 하는 경안천은 금학천, 양지천 등을 포함한 18개의 제 2지류와 양지천, 오산천 등의 2지류에 포함된 11개의 제 3지류로 형성되어 있다. 평창강은 유역의 최고봉인 계방산(EL. 1577.4m)에서 발원하여 남한강으로 유입되는 남한강

상류에 위치한 한강의 제 1지류이며 북으로는 홍천강, 동으로는 오대천, 서로는 남한강 수계의 섬강과 인접한 산지성 고지대의 유역을 형성하고 있다. 평창강 유역은 방림, 하반정, 상안미, 백옥포, 장평, 이목정의 6개의 수위 지점을 가지고 있으나 최상류(headwater)에 해당하는 지리적 조건과 각 수위지점의 기왕 수문자료 현황으로부터 백옥포 수위지점 상류유역을 선정하였다. 괴산댐 유역은 상류로부터 유입유량이 없는 수두유역(headwater basin) 이면서 댐 유입량으로부터 강우로 인한 정확한 유출량을 추정할 수 있을 것으로 판단되어 선정하였다. 각 적용대상지역의 지리적 위치는 그림 2와 같다.

### 3.2 수치표고모델

수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM)은 유역면적, 유역경계, 평균하천경사, 하천망 등의 유역특성인자를 추출하기 위해 필요하다. 본 연구에서는 토지 이용도와 공간해상도를 동일하게 하기 위해 30×30m raster 자료를 사용하였으며 추출한 각 대상지역의 유역특성인자는 표 1과 같다. 유역면적과 유로연장은 괴산댐이 가장 크게 나타났으며 평균하천경사와 평균고도는 계방산을 포함한 산악지형으로 구성된 백옥포 유역이 가장 크게 나타났다.

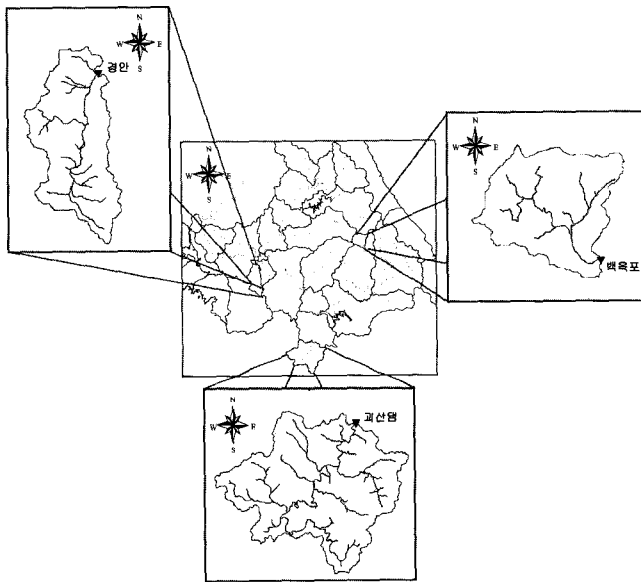
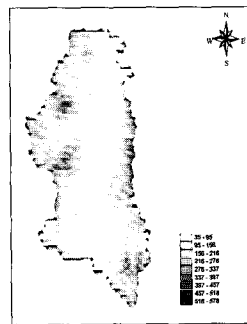


그림 2. 적용대상지역



a) CASE I (경안)

그림 3. 적용대상지역 DEM

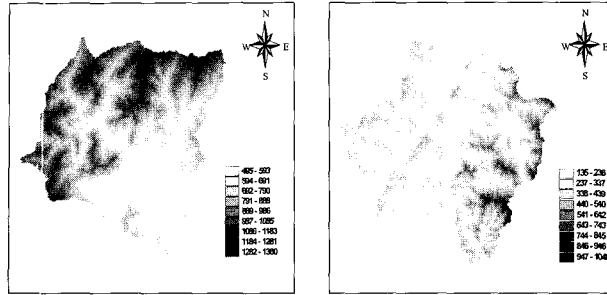
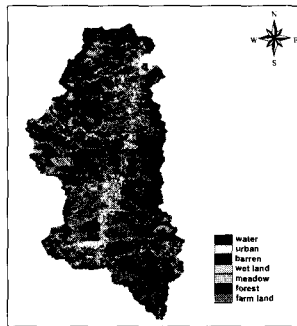


그림 3. 적용대상지역 DEM(계속)

표 1. 적용대상지역의 유역특성인자

적용대상지역	유역 면적 (km <sup>2</sup> )	유로연장 (km)	평균하천경사	고도(m)		
				최저고도	최고고도	평균고도
CASE I (경안)	285.35	35.84	1/326	35	578	163
CASE II (백옥포)	143.18	25.26	1/79	495	1380	816
CASE III (괴산댐)	674.88	79.99	1/432	135	1048	357



a) CASE I(경안)

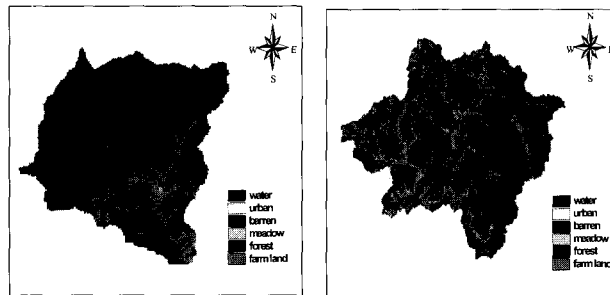


그림 4. 토지이용도 현황

표 2. 토지피복 분류현황

(km<sup>2</sup>)

적용대상지역	시가화	농업지역	산림지역	초지	습지	나지	수역	총면적
CASE I (경안)	28.38 (9.94)	54.04 (18.94)	161.22 (56.50)	30.16 (10.57)	2.09 (0.73)	8.96 (3.14)	0.5 (0.17)	285.35 (100.00)
CASE II (백옥포)	0.19 (0.13)	12.79 (8.94)	126.44 (88.31)	1.32 (0.92)	0.00 (0.00)	2.42 (1.69)	0.02 (0.01)	143.18 (100.00)
CASE III (괴산댐)	7.48 (1.11)	112.28 (16.64)	519.30 (76.95)	26.74 (3.96)	0.00 (0.00)	8.56 (1.27)	0.52 (0.08)	674.88 (100.00)

주) ( )안의 값은 총면적에 대한 백분율을 나타낸 것이다.

### 3.3 토지이용도

위성영상을 이용해서 직접적으로 토지이용현황을 파악하기는 쉽으나 분광특성에 따른 토지피복을 파악함으로써 토지피복이 어느정도 토지이용을 반영할 수 있다는 가정으로부터 토지이용도를 작성할 수 있다(국토연구원, 2000).

본 연구에서는 토지이용도를 구축하기 위하여 2000년에 획득한 Landsat-7 ETM 영상을 이용하였으며 위성영상 분석 소프트웨어는 ER-Mapper 6.1.2를 사용하였다. Landsat-7 ETM 영상은 공간해상도가 30m로서 이는 환경부의 피복분류체계 중 대부분류에 해당하므로 분류항목을 시가화/건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역의 7개의 항목으로 구성하였다. 피복분류방법은 Landsat ETM 영상의 7 band 중 분류항목별 DN(digital number)값의 편차가 큰 3, 4, 5 band를 조합하여 최대우도(maximum likelihood)감독분류법을 사용하였다. 경안천 유역은 시가화/건조지역이 약 10%로 다른 지역에 비해 시가지가 다소 많이 분포하는 것으로 나타났으며 백옥포 유역과 괴산댐 유역은 산림지역의 면적비율이 70% 이상을 차지하는 전형적인 산림지대로 나타났다.

### 3.4 수문학적 토양군

우리나라의 경우 '60년대 말에서 '70년대 초에 구축한 1:50,000 축척의 개략토양도와 이후 '80년대 말까지 구축된 1:25,000 축척의 정밀토양도가 존재한다. 개략토양도는 빠른 시일내에 넓은 지역을 개략적으로 조사하여 개발전략이나 국가적 차원의 토양관리 등에 쓰이는 토양조사로서, 주로 정밀토양조사가 이루어지기 전까지 사용되고 있다. 개략토양도의 토양분류 단위는 개별 토양이 아니고 토양군(group of soils)이므로 수문군으로 분류하기가 어려우나 본 연구에서는 정밀토양도 구

축의 어려움으로 인해 개략토양도를 사용하여 수문학적 토양군으로 분류하였다.

개략토양도에 대한 수문군 분류는 지질자원 연구원, 국제수문개발계획(IHP) 연구보고서(1990), 낙동강 유역조사(1971) 등에서 제시한 적이 있다. 적용결과 IHP 연구보고서의 분류표는 구릉지 및 산악지의 면적비율이 높은 지역에 대해 CN 값이 과소 추정되는 경향을 보이며, 낙동강 유역조사(1971)에서는 개략토양도의 모든 토양군에 대한 수문군 분류표를 제시하고 있지 않으므로 본 연구에서는 지질자원 연구소에서 제시한 수문군 분류표를 적용하였다. 지질자원 연구원에서는 토양의 입자크기에 따라 수문군을 분류하였으며 수문군 분류표는 표 3과 같다. 그림 5는 개략토양도와 수문군 분류표에 의한 수문학적 토양군 분류결과를 나타낸 것이다.

구릉지 및 산악지는 개략토양도의 수문군 Mab, Mac, Mma, Mmb, Mua 등으로 이루어져 있으며 이들에 대한 수문학적 토양군은 B군에 해당된다. 본 연구의 대상지역의 경우에서도 B군이 60% 이상으로 나타났다. 이는 대상지역에 산림이 많이 분포하기 때문이다.

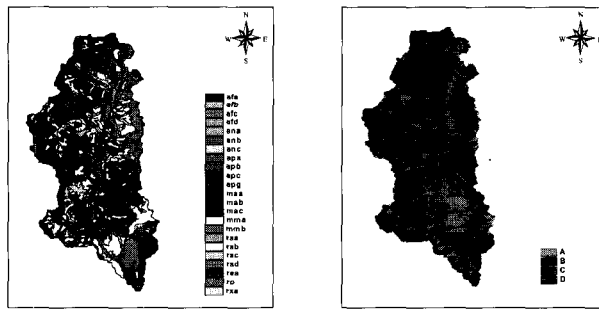
### 3.5 티센망 작성 및 티센계수 산정

각 관측소에서 관측된 점포인 강우자료를 이용하여 분할된 소유역별 평균 강우량을 계산하기 위해서는 면적우량으로 전환해야 하며 이때 사용가능한 방법은 티센가중법이다. 티센가중법은 유역면적에 대한 각 관측소의 지배면적비를 가중인자로 하고 여기에 각 관측소의 우량을 곱하여 합산하여 평균우량을 계산하는 방법이다.

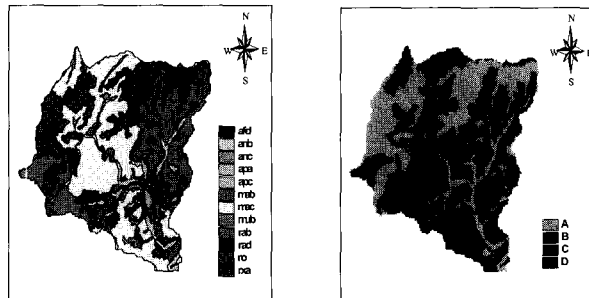
각 관측소의 지배면적을 산정하기 위해서는 먼저 티센망을 작성해야 한다(건교부, 2001). 소유역별 티센망은 각 관측소의 좌표를 generate라는 GIS 모듈을 사용하여 point coverage로 만든 후, 이 coverage를 사용하여 티센 모듈로부터 티센망을 추출하였으며 그 결

표 3. 개략토양도의 수문군 분류표

개략토양도 토양군	수문학적 토양군	개략토양도 토양군	수문학적 토양군	개략토양도 토양군	수문학적 토양군
Afa	A	Fmd	D	Rab	B
Afb	A	Fmg	A	Rac	D
Afc	A	Fta	B	Rad	B
Afd	A	Maa	B	Rea	A
Ana	C	Mab	B	Rla	D
Anb	A	Mac	B	Rlb	D
Anc	B	Mla	B	Ro	A
And	B	Mlb	B	Rsa	B
Apa	D	Mma	B	Rsb	B
Apb	D	Mmb	B	Rsc	B
Apc	B	Msa	B	Rva	C
Apd	C	Msb	B	Rvb	D
Apg	B	Mua	B	Rvc	B
Fba	A	Mub	B	Rvd	D
Fma	D	Mva	B	Rxa	D
Fmb	A	Mvb	B	-	-
Fmc	C	Raa	D	-	-

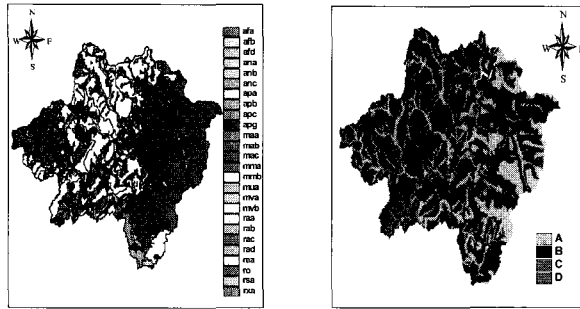


a) CASE I(경안)



b) CASE II(백옥포)

그림 5. 개략토양도(좌)와 수문학적 토양군(우)



c) CASE III(괴산댐)

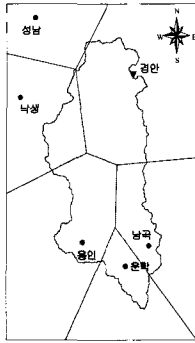
그림 5. 개략토양도(좌)와 수문학적 토양군(우)(계속)

표 4. 적용대상지역의 수문학적 토양군별 현황

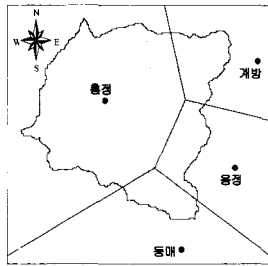
적용대상지역	수문학적 토양군	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)
CASE I (경안)	A	48.81	17.11
	B	198.15	69.44
	C	5.71	2.00
	D	32.68	11.45
	총합계	285.35	100.00
CASE II (백옥포)	A	46.27	32.32
	B	96.13	67.13
	C	0.00	0.00
	D	0.78	0.55
	총합계	143.18	100.00
CASE III (괴산댐)	A	164.28	24.34
	B	490.90	72.74
	C	4.07	0.60
	D	15.63	2.32
	총합계	674.88	100.00

과는 그림 6과 같다. 우량관측소의 티센계수는 티센망의 각 다각형의 면적을 확인하여, 전체 면적대비 계수를

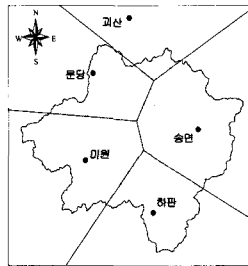
구하고, 지배소유역은 티센망과 소유역의 coverage를 overlay하여 추출하였으며 그 결과는 표 5와 같다.



a) CASE I



b) CASE II



c) CASE III

그림 6. 적용대상지역 티센망

표 5. 티센 가중치 산정 결과

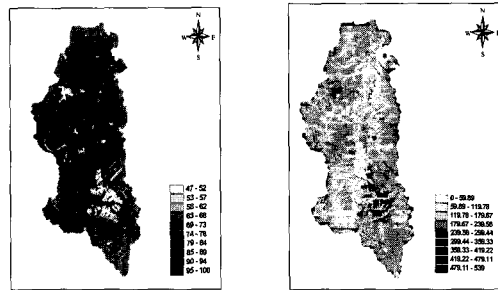
적용대상지역	관측소	지배면적(km <sup>2</sup> )	티센 가중치
CASE I (경안천)	낙생	32.51	0.114
	남곡	46.68	0.163
	운학	28.68	0.100
	용인	74.21	0.260
	성남	0.25	0.001
	경안	103.57	0.362
CASE II (백옥포)	등매	9.03	0.063
	용전	14.33	0.100
	계방	15.62	0.109
	홍정	104.34	0.728
CASE III (괴산댐)	괴산	16.37	0.024
	문당	108.11	0.160
	미원	198.66	0.295
	송면	221.04	0.328
	하판	130.20	0.193



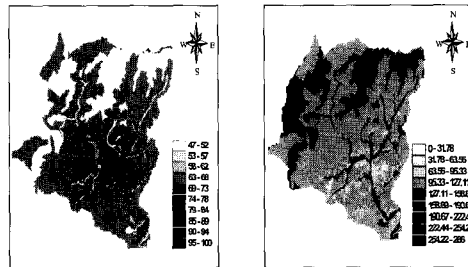
#### 4. 적용대상지역의 CN 값 산정

CN 값 산정방법은 격자(cell) 단위의 CN 값을 산정한 후 이들을 평균하여 유역평균 CN 값을 산정하였다. 이를 위하여 먼저 앞 절에서 구축한 토지이용도와 수문학적 토양군 주제도를 Arc/Info를 이용해 ASCII파일로 변환하였다. 변환된 각 ASCII파일은 본 논문 I에서 제시한 CN 값을 이용하여 격자 단위의 CN 값과 최대잠재보유수량(S), 유역평균 CN 값을 연산할 수 있도록 작성된 Fortran 프로그램의 입력자료로 이용된다.

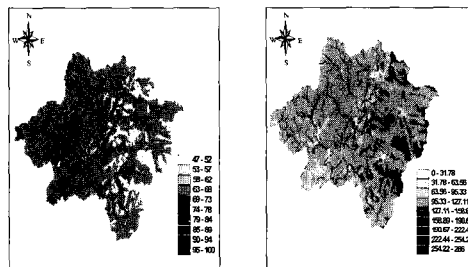
그림 7은 ASCII파일형태의 결과를 다시 Arc/Info를 이용하여 grid로 변환한 것이다. 유역평균 CN 값은 CASE I, II, III 지역 순으로 각각 71, 63, 66으로 나타났다. 최대잠재보유수량(S)은 114.07mm, 163.98mm, 141.16mm로 나타났다. 경안천 유역이 다른 지역보다 CN 값이 높게 나타난 이유는 표 6에서 보는바와 같이 농업지역과 산림지역의 비율이 다른 지역에 비해 작은 반면에 상대적으로 불투수지역을 대표하는 시가지의 비율이 크게 나타났기 때문이다.



a) CASE I(경안)



b) CASE II(백옥포)



c) CASE III(괴산람)

그림 7. CN 분포도(좌)와 S 분포도(우)

표 6. 유역평균 CN값 산정 결과

적용대상 지역	피복 항목	수문학적 토양군								총면적 (km <sup>2</sup> )	토지이용별 평균 CN
		A		B		C		D			
		면적 (km <sup>2</sup> )	CN	면적 (km <sup>2</sup> )	CN	면적 (km <sup>2</sup> )	CN	면적 (km <sup>2</sup> )	CN		
CASE I (경안)	수역	0.32	100	0.05	100	0.11	100	0.02	100	0.50	100
	시가화	8.14	79	10.13	86	1.58	91	8.53	93	28.38	86
	나지	2.06	77	3.96	86	0.34	91	2.61	94	8.96	86
	습지	0.67	98	1.02	98	0.05	98	0.35	98	2.09	98
	초지	4.88	50	21.90	69	0.50	79	2.89	84	30.16	68
	산림지역	19.61	47	134.47	68	1.34	79	5.80	86	161.22	66
	농업지역	13.13	63	26.62	74	1.80	82	12.49	85	54.05	74
	총면적 (km <sup>2</sup> )	48.81	-	198.15	-	5.71	-	32.68	-	285.35	71
CASE II (백옥포)	수역	0.02	100	0.00	100	0.00	100	0.00	100	0.02	100
	시가화	0.07	79	0.12	86	0.00	91	0.00	93	0.19	86
	나지	0.75	77	1.63	86	0.00	91	0.04	94	2.42	86
	습지	0.00	98	0.00	98	0.00	98	0.00	98	0.00	98
	초지	0.35	50	0.91	69	0.00	79	0.05	84	1.32	68
	산림지역	39.08	47	87.09	68	0.00	79	0.27	86	126.44	66
	농업지역	6.00	63	6.37	74	0.00	82	0.42	85	12.80	74
	총면적 (km <sup>2</sup> )	46.27	-	96.13	-	0.00	-	0.78	-	143.18	63
CASE III (괴산댐)	수역	0.31	100	0.17	100	0.00	100	0.04	100	0.52	100
	시가화	3.94	79	2.40	86	0.20	91	0.94	93	7.48	86
	나지	2.18	77	5.65	86	0.21	91	0.52	94	8.56	86
	습지	0.00	98	0.00	98	0.00	98	0.00	98	0.00	98
	초지	7.47	50	17.64	69	0.34	79	1.29	84	26.74	68
	산림지역	96.59	47	419.01	68	0.47	79	3.23	86	519.30	66
	농업지역	53.78	63	46.03	74	2.85	82	9.62	85	112.28	74
	총면적 (km <sup>2</sup> )	164.28	-	490.90	-	4.07	-	15.64	-	674.88	66

## 5. 검증 및 분석

### 5.1 수문자료 구축

본 연구에서는 토지이용도 작성시 2000년에 획득된 위성영상을 사용하였으므로 홍수사상 선정 년도는 1999~2001년으로 제한하였으며 각 적용대상지역별로 4개의 홍수사상을 선정하였다. 경안 수위지점 상류유역

(CASE I)과 괴산댐 상류유역(CASE III)의 강우량 자료와 유출량 자료는 한강홍수통제소(<http://www.hrfco.go.kr>)를 통하여 구축하였으며, 백옥포 수위지점 상류유역(CASE II)은 IHP 보고서(2001, 2002)에서 제시한 년도별 주요 호우에 대한 자료를 이용하였다. 적용지역별 홍수사상은 표 7과 같다.

SCS 방법을 이용하여 유효우량을 산정할 경우 본

논문 I에서 제시한 CN 값은 선행함수조건(Antecedent Moisture Condition; AMC) II 조건에 대한 값이므로 홍수사상에 대한 선행 5일 강우량을 고려하여 재산정 해야 한다. 경안천 유역과 괴산댐 유역은 한강홍수통제소를 통하여 각 홍수사상에 대한 선행 5일 강우량을 산정할 수 있으나 백옥포 유역은 IHP 보고서에서 호우에 대한 선행 5일 강우량 자료를 제공하고 있지 않아 AMC 조건을 고려하지 못하였다.

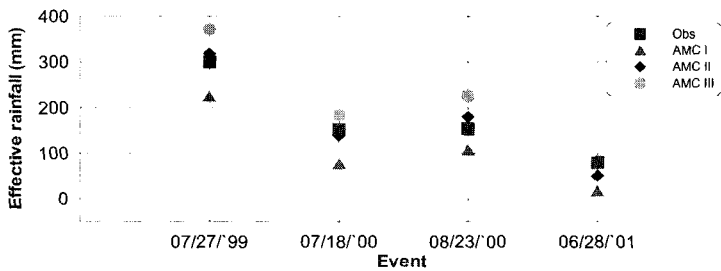
### 5.2 유효우량 산정 결과 및 분석

선정된 홍수사상에 대해서 관측 유효우량과 AMC 조건에 따른 계산 유효우량을 비교한 결과 그림 8과 같다. CASE I 은 관측 유효우량에 대한 계산 유효우량의 상대오차가 대략 50% 미만으로 나타났으며 4번째 홍수사상은 오차가 70% 이상으로 크게 나타났다. 이는 CN 값이 년 최대 유출을 일으키는 호우사상을 이용하여 작성된 값인데 비해 4번째 홍수사상은 규모가 작은 홍수사상으로 인하여 총우량-유효우량 관계곡선도에서

동일한 CN 곡선에 대해 X축에 가까운 아래로 불룩한 곡선 부분에서 유효우량이 산정되므로 과소추정된다. 따라서 SCS 방법은 규모가 작은 홍수사상에 대해 적용할 경우 대부분 오차가 크게 나타날 것으로 판단된다. CASE II의 경우는 AMC 조건에 대해서 계산 유효우량 결과를 규명하지는 못하지만 대체로 AMC III에서 상대오차가 20% 내외로 나타났다. CASE III는 AMC 조건을 고려한 계산 유효우량과 관측 유효우량의 상대오차가 대략 20% 내외로 근사하게 나타났다. 대부분의 적용대상지역에 대해서 AMC III 조건에서 관측 유효우량에 대한 상대오차가 적게 나타났으며 이는 선정된 홍수사상의 강우지속시간은 3일 이상인데 비하여 적용대상 지역의 도달시간은 홍수파의 평균 유속을 2 m/s로 가정할 경우 CASE I, II, III는 각각 4.98시간, 3.51시간, 11.08시간으로 상대적으로 매우 짧기 때문에 강우시작 시점으로부터 단시간 내에 유역의 토양함수조건은 충분히 포화된 상태인 AMC III 조건을 가지기 때문인 것으로 판단된다.

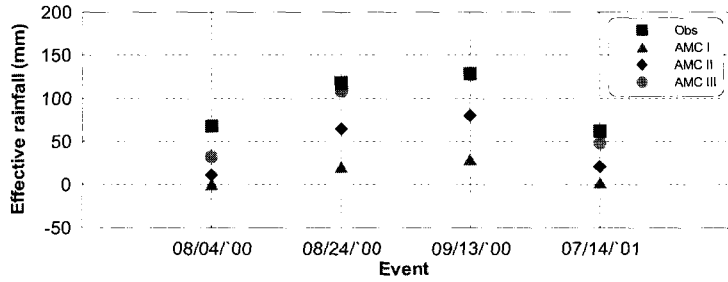
표 7. 홍수사상별 총강우량과 총유출량

적용대상지역	홍수사상	선행5일 강우량 (mm)	AMC	총강우량 (mm)	총유출량 (m <sup>3</sup> )
CASE I (경안)	'99/07/27~08/09	0.00	I	420.68	109,522,800
	'00/07/18~07/31	0.00	I	230.00	74,951,654
	'00/08/24~09/04	94.0	III	273.00	99,935,164
	'01/06/28~07/09	8.00	I	123.00	84,970,800
CASE II (백옥포)	'00/08/04~08/09	-	-	77.00	13,920,769
	'00/08/24~08/29	-	-	166.20	27,291,168
	'00/09/13~09/17	-	-	186.50	21,844,512
	'01/07/14~07/19	-	-	97.40	12,038,112
CASE III (괴산댐)	'99/07/27~08/16	20.08	II	171.20	84,404,160
	'00/07/22~07/28	45.00	III	130.40	58,622,400
	'00/08/23~09/01	49.20	III	242.80	122,765,760
	'00/09/12~09/20	56.80	III	196.00	130,645,440

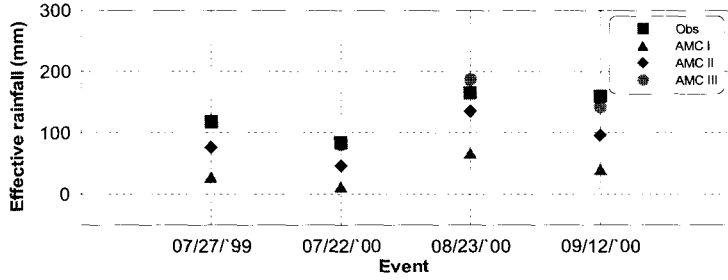


a) CASE I(경안)

그림 8. 관측유효우량과 계산 유효우량 산정 결과



b) CASE II(백옥포)



c) CASE III(괴산댐)

그림 8. 관측유효우량과 계산 유효우량 산정 결과(계속)

표 8. 관측유효우량과 계산유효우량 산정 결과

적용대상 지역	홍수사상 (AMC)	총강우량 (mm)	총유출량 (m <sup>3</sup> )	직접유출량 (m <sup>3</sup> )	관측유효우량 (mm)	계산유효우량 (mm)		
						AMC I	AMC II	AMC III
CASE I (경안)	07/27/99 (I)	420.68	109,522,800	85,330,800	299.04	224.53 (-24.91)	317.55 (+6.19)	371.29 (+24.16)
	07/18/00 (I)	230.00	74,951,654	43,393,190	152.07	77.21 (-49.22)	139.89 (-8.01)	183.77 (+20.84)
	08/24/00 (III)	273.00	99,935,165	43,775,165	153.41	107.34 (-30.03)	178.74 (+16.51)	225.72 (+47.14)
	06/28/01 (I)	123.00	84,970,800	22,762,800	79.77	17.30 (-78.31)	50.75 (-36.38)	81.86 (+2.62)
CASE II (백옥포)	08/04/00	77.00	13,920,769	9,773,568	68.26	0.13 (-99.81)	11.33 (-83.40)	32.35 (-52.61)
	08/24/00	166.20	27,291,168	16,923,168	118.20	20.65 (-82.53)	65.12 (-44.90)	108.58 (-8.14)
	09/13/00	136.50	21,844,512	1,8388,512	128.43	28.98 (-77.44)	80.25 (-37.51)	127.28 (-0.90)
	07/14/01	97.40	12,038,112	8,927,712	62.35	1.96 (-96.58)	21.06 (-66.22)	48.41 (-22.36)
CASE III (괴산댐)	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.

### 5.3 CN 값 민감도 분석

관측 유효우량에 대해서 본 논문 I에서 제시한 CN 값과 현재 사용자 임의로 사용하고 있는 CN 값과의 오차 정도를 알아보기 위하여 기존에 제시된 피복분류항목별 CN 값의 최대값과 최소값을 표 9와 같이 산정하여 적용대상 지역의 CN 값을 산정하였다. 산정된 유역의 최대·최소 CN 값은 CASE I의 경우 83, 45, CASE II의 경우 77, 32, CASE III의 경우 79, 36으로 나타났다. 각 홍수사상의 AMC 조건에 대해서 최

대·최소 CN 값을 적용한 경우와 본 연구에서 제시한 CN 값을 적용한 경우를 비교한 결과 그림 9와 같다. 여기서 최대·최소 CN 값을 적용한 경우는 사용자가 임의로 피복분류항목별 CN 값을 적용하였을 때의 범위로 볼 수 있다. 적용대상지역에 대한 홍수사상의 관측 유효우량은 대체로 이 범위 안에 포함되며 본 논문 I에서 개발한 CN 값을 적용한 경우도 이 범위 안에 포함된다. 새롭게 개발된 CN 값과 최대·최소 CN 값을 적용한 결과 전자의 경우가 관측치에 가까우며, 또한 일관성 있는 값을 제시할 수 있는 것으로 판단된다.

표 9. 피복항목별 최대·최소 CN 값

피복항목	구분	수문학적 토양군			
		A	B	C	D
수역	Max	100	100	100	100
	Min	100	100	100	100
시가화	Max	98	98	98	98
	Min	39	61	74	80
나지	Max	77	86	91	94
	Min	77	86	91	94
습지	Max	98	98	98	98
	Min	98	98	98	98
초지	Max	68	79	86	89
	Min	30	58	71	78
산림지역	Max	68	80	87	98
	Min	22	30	41	48
농업지역	Max	78	86	91	94
	Min	51	67	76	78

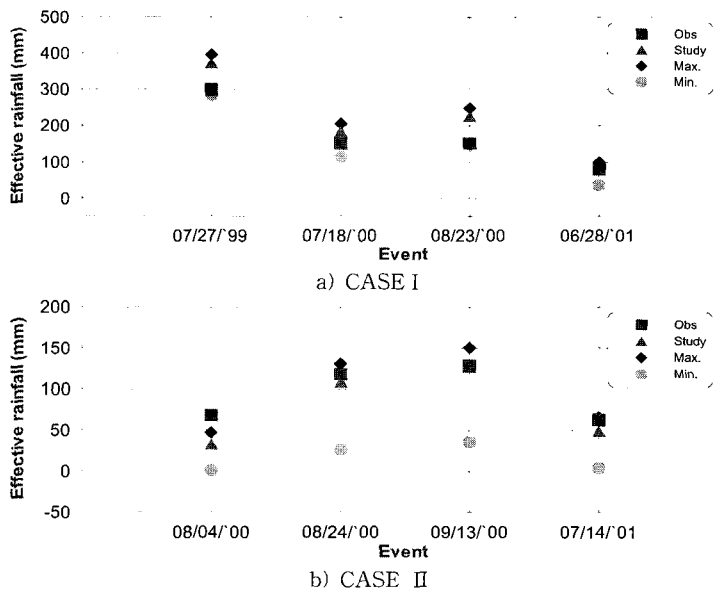


그림 9. 최대·최소 CN 값을 이용한 유효우량 산정 결과

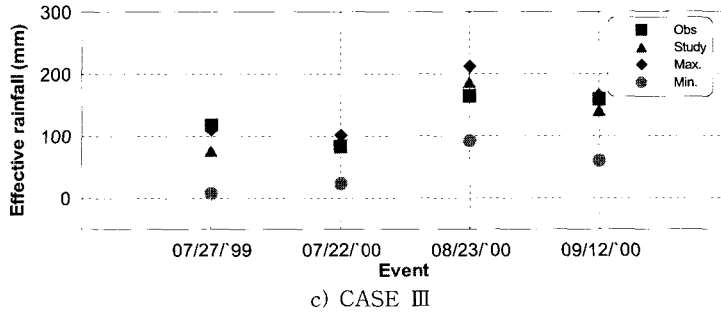


그림 9. 최대·최소 CN 값을 이용한 유효우량 산정 결과(계속)

## 6. 결 론

본 연구에서는 본 논문 I에서 개발한 CN 값의 적용성을 검토하기 위해 계산 유효우량과 관측 유효우량을 비교·분석하였다. 적용대상지역은 경안 수위지점 상류유역, 백옥포 수위지점 상류유역, 피산댐 상류유역을 선정하였으며 각 지역의 CN 값을 산정하기 위해 토지 이용도와 수문학적 토양군을 구축하였다. 토지이용도는 Landsat-7 ETM 영상을 이용하였으며 환경부에서 제시하는 대분류 분류항목 시가화/건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역으로 분류하였다. 분류결과 적용대상지역 모두 시가화/건조지역은 10% 미만이며 산림지역은 60% 이상으로 나타났다. 수문학적 토양군은 1:50,000 개략토양도를 이용하여 구축하였으며 산림지역은 수문학적 토양군 B군이 많이 분포하는 것으로 나타났다.

산정된 CN 값은 AMC II조건에서 경안천, 백옥포, 피산댐 순으로 71, 63, 66이며 각각 4개의 홍수사상을 선정하여 계산 유효우량과 관측 유효우량을 비교한 결과 약 30% 이내의 정확도를 가지는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서 제시한 CN 값의 민감도를 분석하기 위해 각 위성영상 피복항목별 최대·최소 CN 값을 산정하였으며, 비교결과 본 연구에서 제시한 CN 값을 적용하였을 경우 관측치와 더 근사한 값을 가지는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구의 결과는 미계측 유역의 CN 값을 산정 할 경우 위성영상의 피복분류항목과 SCS의 피복항목간의 차이로 인해 발생하는 오차를 제거함으로써 향후 객관적인 CN 값을 제공하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

## 사 사

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

## 참 고 문 헌

- 건설교통부 (1990). 국제수문개발계획(IHP), 연구보고서.  
 건설교통부 (2001). 2000년 국제수문개발계획(IHP), 연구보고서.  
 건설교통부 (2001). 하천 수리·수문분석 시스템 개발, 건설교통부 (2002). 2001년 국제수문개발계획(IHP), 연구보고서.  
 국제연합 식량 농업기구, 한국수자원개발공사 (1971). 낙동강 유역 조사 사업-토양, 식생 및 침식, AGL:SF/KOR 16, 제V-1권.  
 김태철, 박승기, 문종필 (1997). "DAWAST 모형을 이용한 유출곡선번호 추정", 한국수자원학회 논문집, 제30권, 제5호, pp. 423-430  
 사공호상, 박성미, 김영표 (2000). 인공위성 영상자료를 이용한 국토자원 분석방법에 관한 연구, 국토연 2000-29.  
 USDA, Natural Resources Conservation Service (1997). *National Engineering Handbook*, Part 630-Hydrology.  
 USDA, Soil Conservation Service (1972). *National Engineering Handbook*, Section 4- Hydrology. <http://www.hrfco.go.kr>

(논문번호:03-39/접수:2003.04.15/심사완료:2003.10.29)