

위성영상 피복분류에 대한 CN값 산정 (I):

- CN값 산정 -

Runoff Curve Number Estimation for Cover and Treatment

Classification of Satellite Image(I):

- CN Estimation -

배 덕 효* / 이 병 주** / 정 일 원***

Bae, Deg Hyo / Lee, Byong Ju / Jeong, Il Won

Abstract

The objective of this study is to propose Runoff Curve Numbers(CNs) for land cover and treatment classification of satellite image. For this purpose, land cover classifications by using satellite image in addition to the exiting SCS's land cover and treatment classifications studies and land cover classifications suggested by Ministry of Environment are selected to provide CNs depending on the classifications. CNs estimation method is statistical approach that is suggested by Hjelmfelt(1991). Result of this study may contribute to use efficiently for the estimation of CNs in using satellite image.

Keyword : Runoff Curve Numbers(CN), satellite image, land cover and treatment classification, statistical approach

요 지

본 연구의 목적은 미국 토양보존국(SCS)의 피복분류에 따른 유출곡선지수(CN) 값을 이용하여 위성영상 피복분류 항목에 대한 CN 값을 제시하는데 있다. 이를 위하여 SCS의 각 피복항목별 정의와 유역의 CN값 산정 방법에 대해서 연구하였다. 위성영상 피복분류 항목에 대한 CN값 산정방법으로 통계적 접근법을 사용하였으며 공간해상도에 따라 대분류, 중분류, 세분류로 구분된 환경부의 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값을 산정하였다. 본 연구의 결과는 향후 위성영상을 이용하여 CN 값을 산정할 경우 효율적으로 사용될 것으로 판단된다.

핵심용어 : 유출곡선지수(CN), 위성영상, 피복분류, 통계적 접근법

* 세종대학교 수문연구소 · 토목환경공학과 부교수

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

** 국립방재연구소 연구원

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

*** 세종대학교 토목환경공학과 석사과정

Graduate Student, Dept. of Civil and Environmental Eng., Sejong Univ, Seoul 143-747, Korea

1. 서론

유역으로부터 유출은 그 유역의 지형학적 인자(physiographic factor)와 기후학적 인자(climatic factor)의 영향을 받는다. 유역의 지형학적 인자로는 유역의 면적, 경사, 형상, 토지이용 등이 있다. 이들 가운데 토지이용은 침투, 토양침식, 증발산 등에 영향을 주는 중요한 인자로서 물리적 매개변수를 기초로 하는 수문모형은 토지이용이나 이와 관련된 매개변수를 사용하고 있다. 유역의 토지이용을 판단하는 방법으로는 측량 및 현지조사를 통한 직접적인 방법과 지도, 항공사진, 위성영상 등의 보조자료를 이용하는 간접적인 방법이 있다. 직접적인 방법은 시간과 비용이 많이 드는 단점이 있으므로 대유역의 토지이용 조사는 간접적인 방법이 많이 사용된다. 특히, 위성영상을 이용한 토지이용 판별은 정보의 최신성, 분류의 자동화 및 결과의 수치화 등의 측면에서 이점을 가지고 있고 넓은 유역에 대해서 시간과 비용 측면에서 효과적인 방법으로 알려져 있다. 수자원 측면에서 위성영상은 공간적(spatial), 시간적(temporal), 분광적(spectral) 해상력 면에서 Landsat TM 영상이 가장 적합하다고 판단되며, 실제 많은 연구자들에 의하여 사용되고 있는 실정이다.

호우로 인한 유출량 자료가 존재하는 경우는 ϕ -지수법, W-지수법과 같은 침투지수법을 이용하여 총우량 주상도로부터 해당 직접유출량에 상응하는 초과강우량을 수평선으로 분리함으로써 유효우량의 시간적 분포를 표시하는 유효우량주상도(effective rainfall hyetograph)를 얻을 수 있다. 그러나 어떤 호우로 인한 유출량 자료가 없을 경우에는 직접유출량의 결정이 불가능하여 ϕ -지수나 W-지수를 구할 수 없으므로 유효우량을 결정할 수 없다. 이와 같이 유출량 자료가 없는 경우에 유역의 유효우량을 산정할 수 있는 방법을 미국 토양보존국(U.S. Soil Conservation Service, SCS)에서 개발하였으며, 미계측 유역에서의 유출해석에 널리 사용되고 있다.

SCS의 유효우량 산정방법은 유출곡선지수(Runoff Curve Number, CN)를 결정함으로써 산정된다. CN 값은 농경지를 대상으로 개발된 총우량으로부터의 직접 유출에 대한 잠재력을 나타낸 것으로서 침투율, 증발율, 토양수분, 지체시간, 강우강도, 온도 등의 인자에 영향을 받으며 SCS에서는 토지이용상태(land use), 수문학적 토양군(hydrologic soil group), 피복 밀도(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. 토지피복 항목별 CN 값 적용 예를 살펴보면 국내의 경우 김철 등(2002), 김태철 등(1997), 심명필 등(1998), 조홍제 등(1997), 김경탁 등(1999)이 유출해석에 있어서 토지피복항목에 대해서 SCS에서 제공하는 CN 값을 적용하였으나 동일한 토지피복조건에 대해 서로 다른 CN 값을 적용하였다.

따라서 본 연구에서는 SCS의 CN 값 산정 방법을 검토하여 환경부에서 제시하는 1, 2, 3단계(한국환경정책·평가 연구원, 1999)의 피복분류항목에 적합한 CN 값을 제시함으로써 위성영상을 이용하여 CN 값을 산정할 때 객관성을 증대시키고자 한다.

2. 산정 이론

환경부에서 제시하고 있는 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값을 산정하기 위해서는 SCS에서 CN 값을 산정하는 방법과 같이 $1 \text{ mi}^2 (2.59 \text{ km}^2)$ 이하인 단일 피복분류항목별 수문학적 토양군에 따른 충분한 강우-유출 자료가 구축되어 있어야 한다. 그러나 우리나라의 경우 현재까지 이러한 수문자료가 구축되어 있지 않은 실정이므로 본 연구에서는 그림 1과 같이 SCS에서 제공하는 피복분류항목별 CN 값을 수문자료로 대신하여 적용하였다.

위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값 산정방법으로 USGS(1997)는 도식적 접근법(classical graphical approach)과 통계적 접근법(statistical approach)을 제시하고 있다. 도식적 접근법은 그림 2와 같이 해당기간에 대해 연최고지 계열의 유출량 자료에 대한 강우-유출 자료의 점들을 두 개의 동일한 개수를 가지는 그룹으로 나누는 유출곡선을 산정함으로써 구할 수 있으며, 이는 선행토양함수조건(AMC) II에서의 CN 값을 나타낸다(USDA, 1997). 그러나 본 연구에서는 각 위성영상 피복분류항목에 대해서 강우-유출 자료를 대신할 SCS 피복항목의 개수가 작기 때문에 도식적인 접근법으로 CN 값을 산정하기에는 한계가 있다고 판단하여 수학적으로 답을 얻을 수 있는 통계적 방법을 적용하였다.

통계적 방법은 Hjelmfelt(1991)로부터 제안된 방법으로 년 최대 유출량을 가지는 호우사상의 강우-유출 자료를 식 (1)에 의해 산정된 최대잠재보유수량(S)의 확률분포형으로부터 산정할 수 있다.

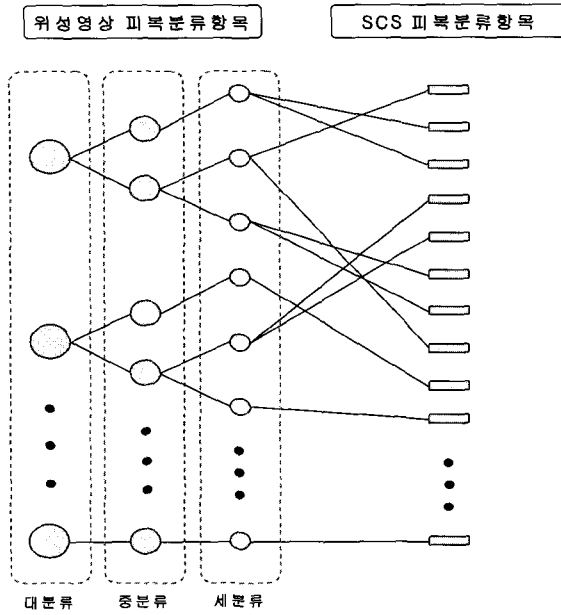


그림 1. 위성영상 피복분류항목에 대한 수문자료 구축

$$S = 5[P + 2Q - 2(Q^2 + 1.25PQ)^{0.5}] \quad (1)$$

여기서, S는 최대잠재보유수량(maximum potential retention)(mm), P는 총강우량(mm), Q는 유효우량(mm)을 나타낸다.

S에 대한 확률분포형을 결정하기 위해 연최고치 계열의 해석에 적합하며 가장 널리 이용되고 있는 Weibull 공식(식 (2))을 이용하여 각 호우사상에 대한

초과확률(annual exceedence probability)을 산정해야 한다.

$$p = \frac{m}{n+1} \quad (2)$$

여기서 p는 연 초과확률, m은 각 연 최대 유출량을 크기 순으로 나열했을때의 순위, n은 자료 년 수를 나타낸다.

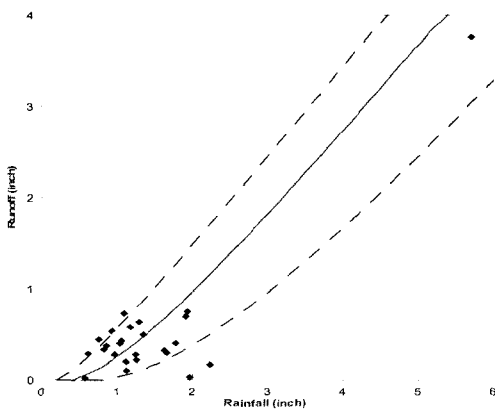


그림 2. 도식적 접근법을 이용한 CN 값 산정 (USDA, 1972)

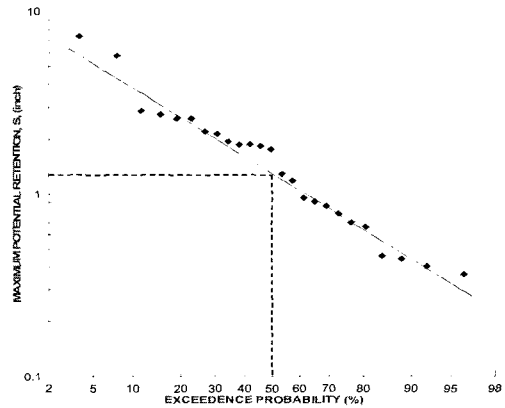


그림 3. 최대잠재보유량의 대수정규확률지 도시 결과(Hjelmfelt, 1991)

식 (1)로부터 산정된 그림 2의 각 강우-유량 자료에 대한 S 자료군을 분포의 변량축을 대수축으로 하고 다른 한 축을 표준정규확률축으로 하는 대수정규확률지상에 도시한 결과 자료점들이 확률지상에서 그림 3과 같이 직선에 가깝게 나타났다. 이는 S 자료군이 대수정규분포를 가진다고 할 수 있다. 그림 3에서 초과확률 p가 50% 일 경우는 x는 평균 μ 인 점을 통과하게 되며 이는 식 (3)과 같이 자료군의 중앙값 (median)과도 동일한 값을 가진다(Hjelmfelt, 1991).

$$\begin{aligned} \text{median } S &= \exp \frac{\sum_{i=1}^N \ln S_i}{N} \\ &= 10 \frac{\sum_{i=1}^N \log S_i}{N} \end{aligned} \quad (3)$$

환경부에서 제시하는 위성영상 피복분류항목과 동일한 의미의 SCS의 피복분류항목이 하나일 경우는 그대로 적용할 수 있지만 두 개 이상의 경우에는 대표값을 산정하여야 한다. 그림 4에서 위성영상 피복분류항목에 해당하는 SCS의 피복분류항목 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_k$ 의 S(혹은 CN) 값을 산정하는데 사용된 강우-유량 자료 개수를 각각 $N_1, N_2, N_3, \dots, N_k$ 로 두고 자료의 개수가 동일할 경우 $N_1=N_2=N_3=\dots=N_k$ 로 나타낼 수 있다. SCS의 피복분류항목에 사용된 수문 자료군의 강우-유량 자료의 CN 값을 $S=25,400 / CN-254$

관계를 이용하여 S로 변환한 후 식 (3)을 이용하여 각 자료군에 대한 중앙값을 구하면 식 (4)와 같다.

$$\text{median } C_j = 10 \frac{\sum_{i=1}^{N_j} \log C_{j,i}}{N_j}; j = 1, 2, \dots, k \quad (4)$$

그림 4와 같이 SCS의 피복분류항목 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_k$ 를 포함하는 위성영상 피복분류항목에 대한 중앙값은,

$$\text{median } C = 10 \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \log C_{1,i} + \sum_{i=1}^{N_2} \log C_{2,i} + \dots + \sum_{i=1}^{N_k} \log C_{k,i}}{N_1 + N_2 + \dots + N_k} \quad (5)$$

식 (5)는 $N_1=N_2=N_3=\dots=N_k$ 에 의해 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{median } C &= \\ &= 10 \frac{\log \text{median } C_1 + \log \text{median } C_2 + \dots + \log \text{median } C_k}{k} \end{aligned} \quad (6)$$

따라서, 위성영상 피복분류항목에 대한 대표 CN 값은 식 (6)을 이용하여 산정된 S 값을 $CN=25,400 / (S+254)$ 관계를 이용하여 산정할 수 있다.

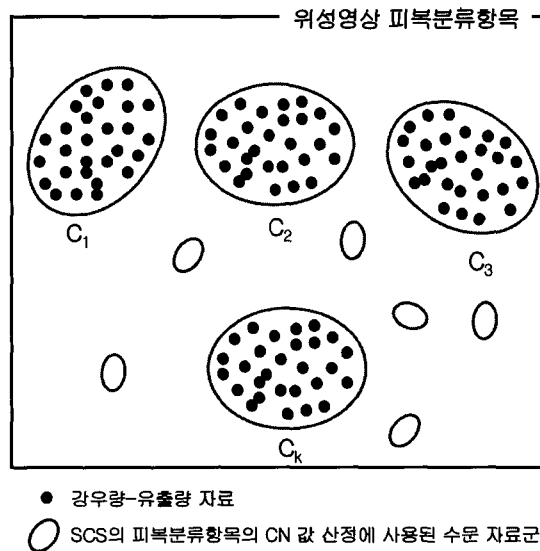


그림 4. 위성영상 피복분류 항목에 대한 수문 자료형태

3. 위성영상 피복분류항목에 대한 SCS 피복항목 설정

본 연구에서는 위성영상 피복분류항목에 대한 객관성을 높이기 위해 환경부에서 제시하는 위성영상 피복분류체계를 사용하였다. 이는 표 1과 같이 대분류, 중분류, 세분류의 3단계로 제시하고 있으며 미국의 USGS 토지피복분류체계, 유럽연합의 CORINE 토지피복 프로젝트의 분류체계를 우리나라 실정에 맞게 수정하여 제안한 것으로서 각각의 항목들은 우리나라의 토지피복 및 토지이용상황과 각각의 항목이 점유하고 있는 면적비율과 영향을 줄 수 있는 것들을 고려하여

작성되었다(한국환경정책·평가연구원, 1999). 이러한 작성방법은 위성영상을 이용하여 피복분류를 할 경우 피복분류항목 선정에 있어서 가장 적합하다고 판단된다.

SCS의 CN 값은 1972년 처음 만들어 NEH-4에 수록한 이후 계속 갱신되고 있으며 본 연구에서는 1986년 TR-55에 수록된 값을 사용하였다. 이는 도심지를 포함하는 소유역의 유출해석에 CN 값을 산정 수 있도록 작성되었으며, 기존의 NEH-4에 수록된 경작지와 비경작지로 이루어진 농경지 이외에도 도심지와 산림지역에 대한 CN 값을 제공하고 있다(부록 참고).

표 1. 환경부의 토지피복분류체계

대분류 분류항목 (1/50,000)	중분류 분류항목 (1/25,000)	세분류 분류항목 (1/5,000)
시가화/건조지역	주거지역	단독주택 연립주택 아파트
	공업지역	공업지역
	상업지역	상업·업무지역 혼합지역 주유소·가스충전소
	위락시설지역	오락휴양시설 경기장
	교통지역	공항 항만 철도 도로 기타 교통·통신시설
	공공시설지역	환경기초시설 발전시설 교육·교정·군사시설 기타 공공 시설물
농업지역	논	경지정리가 된 논 경지정리가 안된 계단식 논
	밭	밭 산간지방의 밭
	하우스재배지	하우스 재배지
	과수원	과수원
	기타재배지	원예/조경 재배지/묘목원 농장/농원/목장/방목장
산림지역	활엽수림	자연 활엽수림 식재 활엽수림
	침엽수림	자연 침엽수림 식재 침엽수림
	혼효림	혼효림

표 1. 환경부의 토지피복분류체계(계속)

대분류 분류항목 (1/50,000)	중분류 분류항목 (1/25,000)	세분류 분류항목 (1/5,000)
초지	자연초지	자연초지
	골프장	골프장
	기타초지	공원묘지 가로수 기타 초지
습지	내륙습지	내륙습지
	연안습지	갯벌 염전
나지	채광지역	광산 채석장 기타 광물질 채취장
	기타나지	해변 강기슭 기타 나지
수역	내륙수	하천 호소
	해양수	해양수

3.1 시가화/건조지역에 대한 SCS의 피복분류항목

시가화/건조지역에서 주거지역의 경우 SCS에서는 블록(lot)의 크기에 따라 1/8, 1/4, 1/3, 1/2, 1, 2 acres로 CN 값을 제시하고 있다. 그러나 실제 단독주택, 연립주택, 아파트에 대한 블록크기를 판단하기는 어려우므로 본 연구에서는 블록의 크기를 주거형태의 규모와 동일한 개념으로 가정하여 단독주택은 1/8 acre와 1/4 acre, 연립주택은 1/3 acre와 1/2 acre, 아파트는 1 acre와 2 acres를 적용하였다. 공업지역과 상업/업무지역은 SCS에서 동일한 피복분류항목에 대한 CN 값을 제공하고 있으므로 그대로 적용하였으며 주유소/가스충전소는 SCS의 피복분류항목 중 불투수 지역(impervious area)의 포장된 주차장, 지붕, 도로 등을 나타내는 피복분류항목을 적용하였다. 환경부에서는 도로에 대해서 아스팔트로, 시멘트로, 흙길 등으로 정의하므로 SCS에서 이에 해당하는 피복분류항목을 할당하였다. 시가화/건조지역에 대한 SCS의 피복분류항목은 표 2와 같다.

3.2 농업지역에 대한 SCS의 피복분류항목

환경부에서 제시하는 농업지역의 피복분류항목 중 논, 논둑, 논둑외곽, 물고늪, 초기답수심에 따라 유출

량이 변하므로 강우량과 유출량 자료를 이용하여 CN 값을 산정하는 것은 불확실하다. 또한 SCS는 논에 대한 CN 값을 제공하고 있지 않으므로 본 연구에서는 임상준과 박승우(1997)에 의해 제안된 CN 값을 사용하였다. 이들은 물수지 모형을 이용하여 확률담수심, 물고늪, 기상자료로부터 논, 유출량을 추정하여 CN 값을 계산하였다. 본 연구에서는 밭의 경우 평지와 산간지방의 밭을 구분하기 위해 등고선 경작(contoured)과 테라스 경작(terraced)과 같이 경사지에서 이루어지는 피복관리형태(treatment)에 대해서는 산간지방의 밭으로 간주하였으며 이들을 제외한 피복분류항목은 평지의 밭으로 구분하였다. 농경지에 대한 SCS의 피복분류항목은 표 3과 같다.

3.3 산림지역에 대한 SCS의 피복분류항목

SCS에서는 산림지역에 대해서 습한 지역과 건조한 지역적 특성을 고려하여 미국 동부지역과 서부지역으로 구분하여 CN 값을 제공하고 있다. CN 값 산정인자로 동부지역은 부식도 형태(humus type), 부식도 깊이(humus depth), 수문학적 토양균이 필요하며 서부지역은 피복형태, 피복밀도, 수문학적 토양균이 필요하다. 현재 우리나라에서는 부식도의 형태나 깊이에 대한 조사가 이루어지지 않은 실정이므로 본 연구에서는 서

표 2. 시가화/건조지역에 대한 SCS의 피복분류항목 설정

환경부 피복분류항목			SCS 피복분류항목
대분류	중분류	세분류	
시가화/ 건조지역	주거지역	단독주택	·1/8 acre ·1/4 acre
		연립주택	·1/3 acre ·1/2 acre
		아파트	·1 acre ·2 acres
	공업지역	공업지역	·Industrial
	상업지역	상업/업무지역	·Commercial and business
		혼합지역	-
	위락시설지역	주유소/ 가스충전소	·Paved parking lots, roof, driveways, etc
		오락휴향시설	-
	교통지역	경기장	-
		공항	-
		항만	-
		철도	-
		도로	·Paved; curbs and storm sewers ·Paved; open ditches ·Gravel ·Dirt
	공공시설지역	기타 교통·통신 시설	-
		환경기초시설	-
		발전시설	-
		교육·교정·군사시설	-
	기타 공공 시설물	-	

표 3. 농업지역에 대한 SCS의 피복분류항목

환경부 피복분류항목			SCS 피복분류항목
대분류	중분류	세분류	
농업지역	논	경지정리가 된 논	-
		경지정리가 안된 논	
	밭	밭	·부록(표 B)의 피복관리형태에서 등고선 경 작과 테라스 경작을 제외한 피복분류항목
		산간지방의 밭	·부록(표 B)의 피복관리형태에서 등고선 경 작과 테라스 경작을 포함한 피복분류항목
	하우스 재배지	하우스 재배지	-
	과수원	과수원	·Wood-grass combination
	기타재배지	원예/조경재배지 /묘목원	-
농장/농원/목장방목장		·Farmsteads	

표 4. 산림지역에 대한 SCS의 피복분류항목

환경부 피복분류항목			SCS 피복분류항목	
대분류	중분류	세분류		
산림지역	활엽수림	자연 활엽수림	·Oak-aspen	·Herbaceous ·Desert shrub
		식재 활엽수림	-	
	침엽수림	자연 침엽수림	·Pinyon-juniper	
		식재 침엽수림	-	
	혼효림	혼효림	·Oak-aspen	
			·Sagebrush	
		·Pinyon-juniper		

부지역에 대한 CN 값을 적용하였다. 산림지역의 식생 형태에 따른 SCS의 피복분류항목은 표 4와 같이 적용하였다. 산림지역의 경우 잡초, 풀, 관목숲 등은 항상 존재하기 때문에 이에 해당하는 SCS의 피복분류항목 Herbaceous와 Desert shrub은 활엽수, 침엽수, 혼효림 모두의 경우에 대해서 적용하였다. 떡갈나무, 참나무, 마호가니, 단풍나무 등을 나타내는 Oak-aspen과 쑥과를 나타내는 Sagebrush는 속씨식물의 쌍떡잎 식물로서 활엽수에 해당하며 곱향나무 등을 나타내는 Pinyon-juniper는 겉씨식물의 구과식물로서 침엽수림에 해당하므로 활엽수와 침엽수에 추가적으로 적용하였다.

3.4 초지, 습지, 나지, 수역에 대한 SCS의 피복분류항목

환경부에서 제시하고 있는 초지에 대한 세분류 피복

항목 중에서 자연초지는 산 정상, 능선부의 억새밭 등 자연적으로 발생한 초지로서 SCS의 피복분류항목 중 Meadow와 동일한 의미를 가진다. 골프장과 공원묘지는 잔디밭, 공원, 골프장, 공동묘지 등을 나타내는 Open space로 나타낼 수 있으며, 기타초지는 목초지와 목장을 나타내는 Pasture로 나타낼 수 있다.

나지의 경우 국내에서는 대부분 SCS의 피복분류항목 중 휴경지(fallow)를 사용하고 있다. 그러나 휴경지는 노출된 표면상태를 나타내고 있지만 농경지의 한 형태이므로 환경부에서 제시하는 광산, 채석장 등을 나타내는 나지와는 그 의미가 다르다. 본 연구에서는 환경부에서 제시하는 나지에 대해서 개발중인 도심지의 식생이 존재하지 않으며 투수지역인 새롭게 분류된 도심지(newly graded areas)를 적용하였다.

표 5. 초지, 습지, 나지, 수역에 대한 SCS의 피복분류항목

환경부 피복분류항목			SCS 피복항목
대분류	중분류	세분류	
초지	자연초지	자연초지	·Meadow
		골프장	·Open space
	기타초지	공원묘지	·Open space
		가로수	-
		기타초지	·Pasture
습지	내륙습지	내륙습지	-
	연안습지	갯벌	-
염전		-	
광산		-	
나지	채광지역	채석장	-
		기타 광물질 채취장	-
		해변	-
	기타나지	강기슭	-
기타 나지		·Newly graded areas	
수역	내륙수	하천	-
		호소	-
	해양수	해양수	-

4. 결과 및 분석

SCS의 각 피복분류항목별 CN 값으로부터 산정한 환경부 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값 산정 결과는 표 6과 같다. 표에서 1개 이상의 SCS의 피복분류항목을 포함하고 있지 않는 세분류 항목은 CN 값을 산정할 수 없으므로 제외시켰다. 표 1의 세분류 피복항목 중 표 6에서 제공하지 못한 피복분류항목에 대한 CN 값은 향후 실측 등을 통해서 보완되어야 할 것이다. 그러나, SCS에서 수역의 경우 AMC 조건에 관계없이

CN 값 100을 제시하고 있으며 습지의 경우는 SCS에서는 불투수지역 중 배수관망에 직접 연결된 지역의 경우 CN 값 98을 제시하고 있으므로 습지의 지형적 특징을 고려하여 이 값을 적용하였다. 국내의 경우 습지가 많이 분포하고 있지 않아 CN 값 산정 시 습지의 영향은 크지 않을 것으로 판단된다. 실제 랍사협약에 등록된 국내 습지 현황은 낙동강 하구 32.20 km², 대암산 용늪 1.06 km², 창녕 우포늪 8.54 km², 울산 무재치늪 0.184 km² 정도가 분포하고 있는 실정이다(환경정책·평가연구원, 2000).

표 6. 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값

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
										주유소/가스충전소	98	98	98	98
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
										기타재배지	59	74	82	86
산림지역	47	68	79	86	활엽수림	47	67	78	85	자연활엽수림	47	67	78	85
					침엽수림	46	68	79	86	자연침엽수림	46	68	79	86
					혼효림	47	68	79	86	혼효림	47	68	79	86
					자연초지	30	58	71	78	자연초지	30	58	71	78
초지	50	69	79	84	골프장	52	70	80	85	골프장	52	70	80	85
					기타초지	52	70	80	85	공원묘지	52	70	80	85
					기타초지	52	70	80	85	기타초지	52	70	80	85
습지	98	98	98	98	내륙습지	98	98	98	98	내륙습지	98	98	98	98
					연안습지	98	98	98	98	갯벌	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	해양수	100	100	100	100

5. 결론

본 연구에서는 환경부에서 제시하고 있는 대분류, 중분류, 세분류의 위성영상 피복분류항목에 대한 CN 값을 산정하였다. 년 최대 유출량을 일으키는 호우사상에

대한 최대잠재보유량 S의 자료군은 대수정규확률지상에 직선에 가깝게 나타남에 따라 대수정규분포를 가지는 것으로 나타났으며 분포형의 특징으로부터 제안된 통계적 접근법에 의해 유역의 AMC II조건에 대한 위성영상 피복분류항목의 CN 값을 산정하였다. 수자원 측면

에서 활용도가 높은 Landsat TM 영상을 이용하여 토지피복분류를 할 경우 환경부의 분류체계 중 대부분에 해당되며 이에 대한 CN 값 산정결과는 수문학적 토양군에 따라 시가화(79/86/90/52), 농업지역(63/74/82/85), 산림지역(47/68/79/86), 초지(50/69/79/84), 습지(98/98/98/98), 나지(77/86/91/94), 수역(100/100/100/100)으로 나타났다.

본 연구에서 산정된 결과는 위성영상을 이용한 미계측 지역의 유효우량 산정에 있어 객관적인 값을 제시해 줄 것으로 사료되며 향후 적용대상지역 선정 및 관측 유량으로부터 산정된 유효우량과 본 연구에서 제시한 계산 유효우량을 비교·분석함으로써 본 연구결과의 적용성을 검토해야 할 것으로 판단된다.

사 사

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

참 고 문 헌

- 김경탁, 심명필, 선우중호 (1999). “미계측 지역의 유출 모의를 위한 지리정보시스템의 응용(I): 토양도 및 토지이용도의 선정”, **한국수자원학회 논문집**, 제32권, 제2호, pp. 163-176.
- 김철, 박남희 (2002). “HEC-HMS, HEC-GeoHMS를 이용한 황룡강유역의 유출분석”, **한국 GIS 학회지**, 제10권, 제2호, pp. 275-287.
- 김태철, 박승기, 문종필 (1997). “DAWAST 모형을 이용한 유출곡선번호 추정”, **한국수자원학회 논문집**, 제30권, 제5호, pp. 423-430.
- 심명필, 김경탁 (1998). “지리정보시스템과 결합된 강우·유출모형의 적용”, **한국수자원학회지**, 제31권, 제1호, pp. 26-35.
- 임상준, 박승우 (1997). “논의 유출곡선번호 추정”, **한국수자원학회 논문집**, 제30권, 제4호, pp.379-387.
- 조홍재, 김정식 (1997). “TIN을 이용한 SCS법에 의한 유효강우량 산정에 관한 연구”, **한국수자원학회 논문집**, 제30권, 제4호, pp. 357-366.
- 한국환경정책·평가연구원 (1999). **인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류**.
- 한국환경정책·평가연구원 (2000). **생태지연도 작성 및 활용을 위한 원격탐사기법 연구III: 하천주변 습지분류도 작성을 중심으로**, KEL/2000/RE-11, pp. 86-99.
- 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.
- USDA, Soil Conservation Service (1972). *National Engineering Handbook*, Section 4- Hydrology.
- USDA, Natural Resource Conservation Service (1986). *Technical Release 55*, Urban Hydrology for Small Watersheds
- (논문번호:03-40/접수:2003.04.16/심사완료:2003.10.29)

부록. SCS의 피복항목별 CN 값(USDA, 1997)

표 A. 도시지역의 CN 값

Cover description		Hydrologic soil group			
Cover type and hydrologic condition	Average percent impervious area	A	B	C	D
<i>Full developed urban area(vegetation established)</i>					
Open space(lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.)					
Poor condition(grass cover < 0%)		68	79	86	89
Fair condition(grass cover 50% to 75%)		49	69	79	84
Good condition(grass cover > 75%)		39	61	74	80
Impervious area:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc.(excluding right-of-way)		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers(excluding right-of way)		98	98	98	98
Paved; open ditches(including right-of-way)		83	89	92	93
Gravel(including right-of way)		76	85	89	91
Dirt(including right-of-way)		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping(pervious areas only)		63	77	85	88
Artificial desert landscaping(impervious weed barrier, desert shrub with 1-to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)		96	96	96	96
urban districts:					
Commercial and business	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
1/8 acre or less(town houses)	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
2 acres	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas(pervious areas only, no vegetation)		77	86	91	94

표 B. 경작된 농경지의 CN 값

Cover description		Hydrologic soil group				
Cover type	Treatment	Hydrologic condition	A	B	C	D
Fallow	Bare soil	-	77	86	91	94
	Crop residue cover(CR)	Poor	76	85	90	93
		Good	74	83	88	90
Row crops	Straight row(SR)	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	SR+CR	Poor	71	80	87	90
		Good	64	75	82	85
	Contoured(C)	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	C+CR	Poor	69	78	83	87
		Good	64	74	81	85
	Contoured & terraced(C&T)	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
	C&T+CR	Poor	65	73	79	81
		Good	61	70	77	80
Small grain	SR	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	SR+CR	Poor	64	75	83	86
		Good	60	72	80	84
	C	Poor	63	74	82	85
		Good	61	73	81	84
	C+CR	Poor	62	73	81	84
		Good	60	72	80	83
	C&T	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81
	C&T+CR	Poor	60	71	78	81
		Good	58	69	77	80
Close-seeded or broadcast legumes or rotation meadow	SR	Poor	66	77	85	89
		Good	58	72	81	85
	C	Poor	64	75	83	85
		Good	55	69	78	83
	C&T	Poor	63	73	80	83
		Good	51	67	76	80

표 C. 경작지를 제외하 농경지의 CN 값

Cover description		Hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition	A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing.	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.	-	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element.	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30	48	65	73
Woods—grass combination(orchard or tree farm).	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods.	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.	-	59	74	82	86

표 D. 산림지역의 CN 값

Cover description		Hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition	A	B	C	D
Herbaceous—mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element.	Poor		80	87	93
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush.	Poor		66	74	79
	Fair		48	57	63
	Good		30	41	48
Pinyon-juniper—pinyon, juniper, or both; grass understory	Poor		75	85	89
	Fair		58	73	80
	Good		41	61	71
Sagebrush with grass understory	Poor		67	80	85
	Fair		51	63	70
	Good		35	47	55
Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus.	Poor		63	77	85
	Fair		55	72	81
	Good		49	68	79