

SCS-CN 산정을 위한 수치세부정밀토양도의 활용

Using Detailed Soil Maps(1:5,000)

to Estimate SCS Runoff Curve Number in a Small Watershed

홍석영*, 정강호**, 최철웅***, 장민원****, 김이현*****, 하상건*****

Suk Young Hong, Kang Ho Jung, Chol Uong Choi, Min Won Jang, Yi Hyun Kim,
Sang Keun Ha

요 지

농촌진흥청에서 제공하고 있는 수치토양도는 수문·수자원 분야에서 SCS-CN법을 이용한 유효우량 및 유출곡선 산정에 가장 많이 활용되고 있다. 토양조사 국책사업 결과 전산화된 토양도 및 토양검정 데이터베이스에 기초한 토양정보 웹 시스템은 전국의 토양 전자지도와 토양 통계 자료를 주제별로 검색하거나 필지별 토양분석 성적에 따른 토양관리처방서를 조회하는데 사용되는 농업분야 이외의 사용자 그룹을 위해 필요한 정보를 제공하도록 활용 및 유통 요구도가 높아지고 있다. 수치토양도가 수문학적 토양유형 정보를 포함하도록 제공하는 것이 먼저 필요할 것으로 생각되고, 다음으로는 수문·수자원 분야 활용 측면에서 수치토양도가 제공하는 속성, 축척, 제공형태, 좌표체계, 서비스 방식 등에 대하여 활용정책을 마련하여 이에 따라 자료가 유통될 수 있도록 하여야 할 것이다. 앞으로 활용이 가능하게 될 수치세부정밀토양도와 토양유형을 이용하여 충북 괴산군 소수면의 소유역에 대해 SCS 삼각법에 따른 단위도 작성, 유효우량 산출 및 유출곡선을 작성한 결과 농업과학기술원의 정 등(2006)이 분류한 토양유형을 이용한 결과 정 등(1995)에 따른 토양유형을 이용한 결과에 비해 CN값과 유효우량이 더 높게 나타났고 삼각단위도로부터 유도한 정점의 유출량과 시간별 유량 관측값에 더 가까운 것으로 나타났다.

핵심용어 : 수치토양도, 1:5,000, 유효우량, SCS-CN, 강우-유출

1. 서 론

농촌진흥청에서는 정밀토양조사(1964 ~ 1979), 농토배양 10개년사업(1980 ~ 1989), 밭토양세부정밀조사(1995 ~ 1999) 등 국책사업 결과 발간되었거나 작성된 다양한 축척(표 1)의 전국 토양도 - 개략토양도(1:250,000), 정밀토양도(1:25,000), 세부정밀토양도(1:5,000) - 와 논토양 및 밭토양의 토양분석 성적 등 토양 검정정보를 1998년부터 본격적으로 전산화하여 데이터베이스화(DB)하고 한국의 토양정보 웹시스템을 구축해 왔다. 수치세부정밀토양도(1:5,000)는 수치정밀토양도(1:25,000)와 비교해 볼 때 공간적인 작도단위는 다르지만 토양통(soil series)-구(type)-상(phase) 정보를 가진 토양부호의 속성은 거의 동일하다. 토양정보 DB화와 웹시스템 구축은 토양도와 농경지 토양 조사성

* 정회원 · 농업과학기술원 토양관리과 · E-mail : syhong@rda.go.kr
** 정회원 · 농업과학기술원 토양관리과 · E-mail : stealea@rda.go.kr
*** 정회원 · 부경대학교 위생정보공학과 교수 · E-mail : cuchoi@pknu.ac.kr
**** 정회원 · 농업과학기술원 토양관리과 · E-mail : mwjiang@rda.go.kr
***** 정회원 · 농업과학기술원 토양관리과 · E-mail : yhkim75@rda.go.kr,
***** 정회원 · 농업과학기술원 토양관리과 · E-mail : ha0sk@rda.go.kr,

적을 DB화 하고 구축된 DB를 이용하여 토양의 과학적 관리 방식을 추진하며 이를 정보를 농업인에게 제공함으로써 영농의 과학화를 기함과 동시에 농업생산성 제고 및 환경보전 목적으로 추진하게 되었다(농촌진흥청, 2005).

표 1. 축척별 토양도상 거리와 면적에 대한 지상거리 및 면적(농촌진흥청, 2001)

축척	토양도 1 cm에 해당하는 지상거리(km)	토양도 1 cm ² 에 해당하는 지상면적(ha)	최소작도단위면적(25mm)에 해당하는 지상면적(ha)
1:5,000	0.05	0.25	0.063
1:25,000	0.25	6.25	1.5625
1:50,000	0.5	25.0	6.25

농업토양정보시스템(Agricultural Soil Information System, <http://asis.rda.go.kr>)은 세부정밀토양도와 토양검정 자료를 기반으로 토양정보를 제공하고 있다. 농업토양정보 DB화 및 웹시스템 구축 사업은 1998년부터 시작되어 1:5,000 지형도에 drawing된 토양경계를 트레이싱자에 옮겨 그리는 원도작성, 작성된 원도를 컴퓨터 캐드 프로그램을 이용 벡터라이징하여 폴리곤으로 구축하는 원도전산화, 전산화된 토양도를 주제별로 웹에서 지도의 형태로 선택하여 볼 수 있고, 토양분석 성적에 따른 토양관리방서를 출력할 수 있으며 각종 토양지도에 대한 통계자료를 검색할 수 있는 웹시스템 구축 사업, 시군 농업기술센터 토양 담당자의 업무개선을 위한 편집지적연계(NGIS 연계) 등을 수행하였고 2006년에 1단계 사업을 종료하였다(홍석영 등, 2007).

토양정보 웹 시스템은 토양도 DB와 토양 검정자료 DB가 양 축을 이루고 있고, 그 위에 농업인을 대상으로 시·군 농업기술센터 토양 담당자가 토양관리 관련 업무를 수행할 수 있는 시비처방(fertilizer recommendation) 응용프로그램으로 구성되어 있다. 토양지도 및 토양통계 제공 서비스는 토양도 기반으로 전국에 대해 정보가 인터넷 서비스되고 있으나, 필지별로 도면보기와 함께 시비처방할 수 있는 프로그램이 보급된 시·군은 현재 61개로 전국으로 확대해 나가야 한다. 2007년 3월 말 현재 홈페이지 방문자 수는 68,711명으로 2007년 1사분기 기준 월평균 방문자 수가 22,900명이고 일평균 방문자수가 약 760명에 달한다.

수치토양도는 농업분야 이외에서도 수요가 급속도로 증가하고 있는데, 그 중 가장 요구도가 큰 사용자 그룹은 수문·수자원 연구 및 정책 분야이다. 인터넷으로 토양 전자지도(1:5,000)를 서비스하는 동시에 오프라인으로 수치정밀토양도(1:25,000)를 파일형태로 제공해 오고 있는데 2003년에서 2006년 사이에 요청하여 제공한 토양도 수는 5,274 도엽이다. 정부와 지자체 차원의 사업수행을 위한 재해 및 환경영향평가나 하천정비계획 등에 SCS-CN을 이용한 강우-유출 산정에 활용하기 위한 것이 전체 수요의 약 90%에 달한다. 한편, 국가지리정보유통망에 제공한 경기도 지역의 수치정밀토양도의 다운로드 횟수는 해마다 늘어 2006년에는 26,432건을 기록했다. 인터넷을 통한 전자지도 형태로만 서비스하는 수치세부정밀토양도를 파일형태로 사용자에게 자료 제공을 시작하게 된다면 요구량은 더욱 늘어날 것으로 전망하고 있다.

본 논문에서는 수문·수자원 분야 활용을 위한 수치토양도의 현황에 대한 정보를 제공하고, 수치세부정밀토양도(1:5,000)를 기반으로 하여 충북 괴산군 소수면의 소유역에서 SCS-CN법을 이용한 유효 우량 산정과 유출곡선을 작성한 사례를 소개하고자 한다.

2. 수문·수자원 분야 활용 측면에서 본 수치토양도

2.1 수문학적 토양유형 비교

SCS-CN을 이용한 강우-유출(홍수량) 산정에 필요한 인자 중 토양도로부터 얻을 수 있는 것은 수문학적 토양유형(hydrologic soil group) 정보이다. 현재 널리 사용되고 있는 a) 정정화 등(1995)이 분류한 토양유형과 b) 농업과학기술원(정강호 등, 2006)에서 2004~2006년도에 걸쳐 수행한 '유출곡선지수법의 활용을 위한 수문학적 토양유형 분류' 결과 작성한 두 종류의 수문학적 토양유형을 비교하였다.

그림 1은 정정화 등(1995)이 분류한 것과 농업과학기술원(정강호, 2006)에서 분류한 결과를 정밀 토양도(1:25,000)를 통하여 수문학적 토양유형에 대한 분포로 나타낸 것이다. 산악지에서 주로 침투 능이 크고 하성 또는 해안평탄지로 가면서 낮아지는 경향을 보였다. 정정화 등에 의해 구분된 토양 유형 중 A군은 전체의 42.2%로 가장 넓게 분포하는 것으로 나타났고, B군 29.4%, C군 18.5%, D군 9.9% 순으로 나타났다. 농업과학기술원에서 구분한 토양유형은 A군 35.1%, B군 15.7%, C군 5.5%, D군 43.7%로 D군이 가장 넓게 분포하는 특징을 가진다(표 2). 두 가지 방법으로 분류된 각각의 토양유형군이 일치하는 면적에 대한 전체 토양유형 면적에 대한 비율을 유사도로 정의하였을 때, 표 3과 같이 농업과학기술원에서 분류한 토양유형과 정정화 등에 의해 분류된 토양유형의 유사도는 약 55%로 나타났다. 이는 55%에 해당하는 면적의 토양유형은 분류방법에 따른 차이가 없었음을 의미한다. 정정화 등에 의해 B, C, D군으로 분류되었다가 농업과학기술원에 의해 A로 분류된 토양유형은 전체의 약 4.2%였고, A, C, D군으로 분류되었다가 B로 분류된 토양유형은 약 3.5%, A, B, D군으로 분류되었다가 C로 분류된 토양유형은 약 3.0%로 크게 차이가 없었던 것에 비해, A, B, C군으로 분류되었다가 D군으로 분류된 토양유형의 비율이 약 34.1%로 나타나 농업과학기술원에 의해 분류된 토양유형 중 D군의 면적이 크게 늘어난 것을 알 수 있었다(표 2).



그림 1. 분류방법에 따른 수치정밀토양도(1:25,000) 기반 우리나라 수문학적 토양유형 분포

표 2. 수치정밀토양도(1:25,000) 기반 분류방법별 우리나라 수문학적 토양유형의 면적

HSG 1995 ¹	Area(km ²)	ratio(%)	HSG 2006 ²	Area(km ²)	ratio(%)
A	41,261	42.2	A	34,302	35.1
B	28,679	29.4	B	15,342	15.7
C	18,041	18.5	C	5,342	5.5
D	9,648	9.9	D	42,643	43.7
계	97,629 [†]	100	계	97,629	100

¹정 등(1995), ²농업과학기술원(2006), [†]정밀토양도가 제작된 국토의 면적 중 하천 및 저수지 등을 제외한 면적의 합

분류방법에 따른 우리나라의 수문학적 토양유형은 지역에 따라 분포특성이나 유사도가 다르게 나타날 수 있다. 그림 2는 충북 괴산군 소수면 소유역의 수치세부정밀토양도에 기반한 수문학적 토양유형 분포특성을 나타낸 것으로 산림과 밭으로 이용되는 토양의 유형이 A로 분류되는 것은 일치하는 경향을 보였다. 면적도 전체 유역 면적의 약 83%로 비슷한 비율을 나타내었다(표 3). 농업과학기술원 토양 유형 분류의 특징은 유역에서 C 유형이 거의 없거나 적게 분포한다는 것과 정정화 등(1995)이 분류한 것보다 D 유형이 많게 나타난다는 것이다(약 15%). 이는 토양의 침투와 투수성의 영향뿐만 아니라 논이라는 경지이용 형태에 따른 특성이 감안된 분류 방법이기 때문에 해석되고 있다(정 등, 2006).

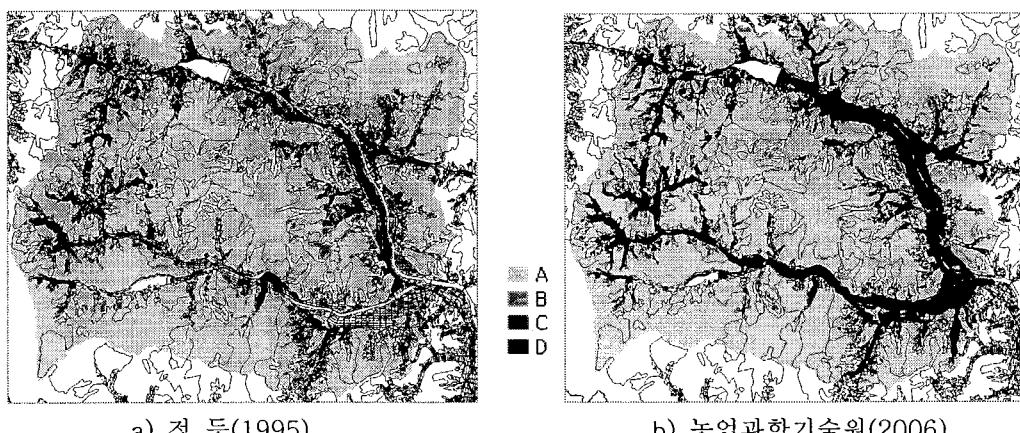


그림 2. 수치세부정밀토양도(1:5,000) 기반 분류방법별 충북 괴산군 소수면 소유역의 수문학적 토양유형의 분포

표 3. 수치세부정밀토양도(1:5,000) 기반 분류방법별 충북 괴산군 소수면 소유역의 수문학적 토양유형의 면적

HSG 1995 ¹	Area(ha)	ratio(%)	HSG 2006 ²	Area(ha)	ratio(%)
A	3,585	82.8	A	3,625	83.7
B	545	12.6	B	27	0.6
C	128	3.0	C		
D	22	0.5	D	631	14.6
기타(저수지 등)	50	1.1	기타(저수지 등)	47	1.1
계	4,330	100	계	4,330	100

2.2 수치토양도 현황

현재 오프라인으로 사용자에게 제공되고 있는 수치정밀토양도는 축척과 상관없이 토양부호 정보만 제공되고 있어 사용자가 토양부호로부터 토양통 정보를 알아내고 이로부터 수문학적 토양유형을 대응시켜 사용할 수밖에 없는 실정이고 그 때문에 여러 단계를 거치면서 잘못 사용할 소지가 있는 경우와 사용자에 따라 다르게 사용할 수 있는 경우도 발견했다. 앞으로는 기준에 널리 사용되고 있는 수문학적 토양유형 속성을 기반으로 최근 연구결과를 포함한 토양유형을 사용자의 요구를 기반으로 하여 토양도의 속성으로 제공하는 점을 고려하고 있다. 기존 웹 시스템을 통해 서비스되는 토양 전자지도에서 제공되고 있는 토양의 물리적 특성과 토지이용추천, 토양적성등급, 토양분류 등의 속성도 사용자가 필요한 정보를 선택하여 제공받을 수 있도록 할 예정이다.

수치토양도를 파일 형태로 제공하는 경우 현재 수치지형도를 기준으로 한 도엽 단위로만 제공하였으나 수자원단위지도(유역, 하천)나 행정구역 단위로 요청하는 사례가 늘고 있어 이러한 사용자의 요구를 반영할 계획으로 수치토양도를 정비하고 있다. 지금은 수치정밀토양도를 배포하고 있으나 기관 내부의 활용정책 방향이 수립 되는대로 1:5,000 축척의 수치세부정밀토양도의 공공활용을 위해서 노력할 것이다. 우리나라 수치토양도의 좌표체계는 직각좌표체계인 횡메르카토르법(transverse mercator) 중부원점으로 구축되어 있고 국가의 시책에 따라 세계측지계로 변환할 계획을 갖고 있다.

오프라인 위주의 파일 제공 서비스로부터 토양정보의 메타데이터 구축을 통한 속성별 온라인 데이터 및 이미지 다운로드 서비스뿐만 아니라, 앞으로 토양정보는 농림부의 농림지리정보망, 전교부에서 운영하는 국가지리정보유통망과 물관리정보유통망과의 연계를 통한 서비스 계획도 검토 중에 있다. 세부정밀토양도는 정밀토양도와 지형도를 기반으로 1995년부터 1999년까지 완성되어 전산화가 최근에 완료되었으나 부분적으로 토양도의 수정·보완이 이루어진 부분이 즉각 반영되어 개선되어 왔다. 토양의 자연적인 생성과 변화라는 측면보다는 도시팽창과 개발 등에 따른 토지 이용의 고도화와 급속한 변화로 인한 불투수층의 증가함에 따라 토양도 상의 토지이용 형태가 현 상태를 반영하지 못하는 부분이 커짐에 따라 토지이용 변화가 심한 지역에 대한 토양 정보의 개선이 요구되고 있다. 내부적으로 연구와 개발을 통하여 개선방안을 모색하고 있으나 아직 토지이용과 토양도의 개선에 대한 공식적인 입장은 마련하지 못하고 있다.

수치토양정보는 조사를 하고 데이터를 구축한 기관뿐만 아니라 자료를 이용하는 사용자의 요구에 따라 유기적으로 발전해 나갈 때 활용성이 커지므로 수요자의 의견을 귀담아 듣고자 한다.

3. SCS-CN법을 이용한 유효우량과 첨두유출량 산정 예

미계측 유역에 대한 직접유출량 산정에 가장 많이 사용되는 SCS-CN법을 이용하여 직접유출에 기여하는 유효우량을 산정하고 SCS 삼각단위도를 사용하여 첨두유량과 첨두시간을 계산하였다.

3.1 사용한 자료 및 구축 방법

그림 3과 같이 연구지역은 동진천(표준유역, 100408) 상류의 충북 괴산군 소수면을 포함하는 소유역으로 유역면적이 약 43 km², 유로장이 9.3 km, 유로 평균경사가 2.4%인 벼농사와 고추, 옥수수, 배추 등을 재배하는 농업지역이다(표 4). 화강암 또는 화강편마암 유래의 사양질계 토양인 송산, 삼각, 지곡 등의 토양이 주로 임지나 밭에 분포하고 있다. 배수가 매우 양호하고 토수는 빠르거나 약간 빠르며 유거(runoff)는 경사에 따라 다르나 빠르거나 매우 빠른 특성을 갖고 있다. 식양질계인 안룡통이 밭이나 임지에 분포하였고 사양질계인 사촌통이 곡간지 논에 식양질계인 임곡통이 곡간 평탄지 논 등에 분포하며 배수는 논에서 전반적으로 약간불량인 특성을 나타내고 있는 지역이다.

대상 유역의 강우량은 8개의 강우관측소에서 30분 간격으로 관측된 것을 사용하고 유역말단에 초음파식 유량계(Starflow Ultrasonic Doppler Flow Recorder, Geoscientific Ltd.) 1식을 설치하여 시간별 유량변화를 관측하고 있다.

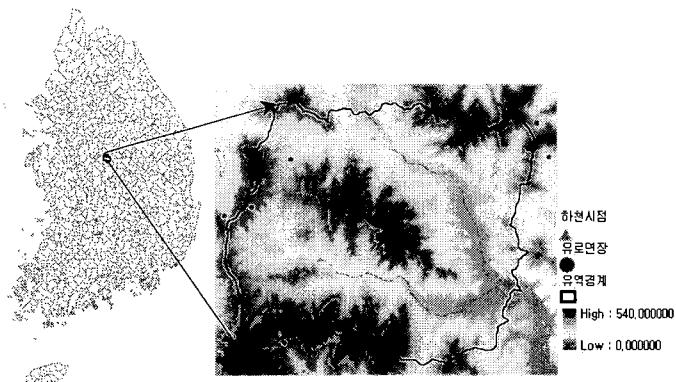


그림 3. 동진천 상류 소유역(충북 괴산군 소수면 일원)

표 4. 대상유역 현황

구분	동진천 상류 소유역
행정구역	충북 괴산군 소수면
유로장	9.3km ²
유로평균경사	2.4%
유역 면적	43.3km ²

유역경계를 추출하거나 평균경사를 계산하기 위한 수치표고모형(DEM, digital elevation model)은 5m 간격의 등고선을 포함하는 1/5,000 수치지형도를 이용하여 주곡선, 계곡선을 포함하는 지형레이어를 추출하여 ArcInfo 커버리지 파일로 만들고 속성오류를 수정한 뒤 선형 보간하여 5 m × 5 m DEM을 구축하여 사용하였다.

기존의 환경부 토지피복지도나 건교부의 토지이용현황도에서는 개략적인 농경지 분포를 알 수 있지만 수치세부정밀토양도 작도단위 규모 또는 상세한 농경지 분류 데이터를 획득할 수 없다. 실질적으로 농업 분야에서 필지단위 환경 정보를 추출하기 위해 필요한 상세 분류 데이터들을 작성하기 위해서는 공간분해능이 높은 위성영상이나 항공사진을 이용하여 필지단위까지 세분할 필요성이 높아지고 있다. 영상의 자료값을 이용하여 통계적인 방법에 기초하여 자동으로 분류하는 기존의 방법을 고려상도 영상에 적용할 경우 지목의 형태가 명확히 구분되지 않고 영상 판독자에 따라 결과가 다를 수 있으며 재현성(reproducibility)이 확보되지 않는 등 불확실성(uncertainty) 때문에 실용적으로 사용할 수 있는 자료를 생산해 내기가 어려우므로 영상판독자가 화면에서 직접 디지타이징하여 경계를 작성하는 시각판독법을 이용하였다. Quickbird 영상(2004년 11월 17일 촬영)과 수치지형도(1:5,000)을 이용하여 흙 수로와 농로는 고려치 않고 논과 밭의 농경지 경계선을 작성하였고, 산림은 환경부 중분류 토지피복지도를 기반으로 하여 영상에서 세분류를 하였다. 흑백 항공사진과 GPS를 이용하여 농경지에 대해서는 2004년 11월 16일에서 11월 18일에 걸쳐 모든 농경지에 대한 작물 재배현황과 토지이용을 전수조사하여 속성으로 구축하였다(그림 4).

SCS-CN법은 유효우량의 크기에 직접적으로 영향을 미치는 인자로서 유역을 형성하는 토양, 토지이용, 식생피복, 선행토양함수조건 등을 고려한다. 본 연구에서 이들 인자들은 기 구축한 세부정밀토양도를 비롯한 수치지도 자료로부터 산출하였고 NEH-4(National Engineering Handbook: Section 4)에 제시된 CN 표를 참고하여 대상유역의 수문학적 토양유형별 유출곡선지수를 표 5와 같이 부여하였다. 토양의 수리특성에 따라 분류한 수문학적 토양유형은 정정화 등(1995)의 방법과 농업과학기술원(정강호, 2006)의 방법으로 각각 수치세부정밀토양도(1:5,000)에 적용하여 비교하였다.



Layer	ID	Name	Area (ha)	Avg Elevation (m)	Geographic Coordinates		Avg CN
					Lat (N)	Long (E)	
Polygon	19	16.1463	35.9521	201	210	75	良好수
Polygon	192	245.8915	27.0312	201	210	75	良好수
Polygon	193	157.5254	27.3275	201	210	75	良好수
Polygon	194	301.8224	67.3046	201	210	75	良好수
Polygon	195	534.1905	213.3024	201	150	32	고수
Polygon	196	534.1905	213.3024	221	150	31	고수
Polygon	197	124.7552	195.4916	221	150	31	고수
Polygon	198	165.9115	207.4432	221	210	75	良好수
Polygon	199	117.1522	195.4916	221	210	75	良好수
Polygon	200	164.2384	173.0212	201	210	75	良好수
Polygon	201	162.2184	173.0212	201	210	75	良好수
Polygon	202	193.2313	164.8578	201	210	75	良好수
Polygon	203	471.1392	1004.3028	201	210	75	良好수
Polygon	204	470.7530	372.7058	201	210	75	良好수
Polygon	205	340.9320	369.7218	201	210	75	良好수
Polygon	206	472.8321	377.9514	201	210	75	良好수
Polygon	207	341.1579	513.3851	201	210	75	良好수
Polygon	208	41.8534	31.7112	201	210	75	良好수
Polygon	209	12.3225	22.2629	201	150	30	高
Polygon	210	314.7144	242.2659	201	150	30	高
Polygon	211	542.7144	242.2659	201	150	30	高
Polygon	212	541.1453	356.2455	201	150	30	高
Polygon	213	541.6272	612.4945	201	300	13	非常高
Polygon	214	510.4713	322.3514	111	310	13	非常高
Polygon	215	76.7545	74.7002	111	310	13	非常高
Polygon	216	61.4222	35.9795	111	310	13	非常高
Polygon	217	1070.1595	59.9102	111	310	13	非常高
Polygon	218	501.5265	38.1403	111	310	13	非常高
Polygon	219	195.2354	238.4421	111	310	13	非常高
Polygon	220	190.2354	238.4421	111	310	13	非常高
Polygon	221	1310.1585	646.0256	111	220	72	良好수

a) 토지이용 세분류 구축자료

b) 샘플지역 속성표

그림 4. 고해상도 영상 기반 시각판독법을 이용한 토지이용 세분류 및 현지 전수조사표

표 5. 토지이용과 식생피복에 따른 수문학적 토양유형별 적용 CN값

LU	설명	LU Description	A	B	C	D
0	하천		98	98	98	98
1	나대지	Fully developed urban area – open space – Poor	68	79	86	89
2	나대지,초지	Fully developed urban area – open space – Fair	49	69	79	84
3	나대지,초지,묘지	Fully developed urban area – open space – Good	39	61	74	80
5	공장,도로,비닐하우스,주유소,주택지	Paved streets with curbs and storm sewers (excl. ROW)	98	98	98	98
6	콘크리트	Paved streets with open ditches (incl. ROW)	83	89	92	93
8	도로/공사장	Dirt streets	72	82	87	89
11	공장,도로,비닐하우스,주유소,주택지	Western desert urban, commercial (85% ave imperv area)	89	92	94	95
12	공장,주택지,비닐하우스	Western desert urban, industrial (72% ave imperv area)	81	88	91	93
13	주택지,비닐하우스	Western desert urban, residential, 1/8 ac. lots	77	85	90	92
14	공장,사당,주택지,학교	Western desert urban, residential, 1/4 ac. lots	61	75	83	87
15	교회,주택지	Western desert urban, residential, 1/3 ac. lots	57	72	81	86
16	주택지	Western desert urban, residential, 1/2 ac. lots	54	70	80	85
17	공장,주택지,질	Western desert urban, residential, 1 ac. lots	51	68	79	84
18	주택지	Western desert urban, residential, 2 ac. lots	46	65	77	82
23	초지	Meadow – continuous grass, no grazing	30	58	71	78
24	나대지,초지	Brush – brush, weed, and grass – Poor	48	67	77	83
25	나대지,초지	Brush – brush, weed, and grass – Fair	35	56	70	77
26	나대지,초지	Brush – brush, weed, and grass – Good	30	48	65	73
29	과수원,묘목	Woods-grass combination – orchard – Good	32	58	72	79
33	농원,농장,목장,창고,축사	Farmsteads – buildings, lanes, surrounding lots	59	74	82	86
35	휴경지	Cultivated agr. – fallow – crop residue(CR) – Poor	76	85	90	93
36	휴경지	Cultivated agr. – fallow – crop residue(CR) – Good	74	83	88	90
40	고추,콩,배추,옥수수,무,파	Cultivated agr. – row – SR + CR – Good	64	75	82	85
46	콩,배추,담배,옥수수,무,깨,버섯,보리,호박	Cultivated agr. – row – Contoured and terraced (C&T) – Good	62	71	78	81
48	인삼	Cultivated agr. – row – C&T + CR – Good	61	70	77	80
58	쌀	Cultivated agr. – small grain – C&T – Good	59	70	78	81
60	쌀	Cultivated agr. – small grain – C&T + CR – Good	58	69	77	80
27	혼합수	Woods-grass combination-orchard-Poor	57	73	82	86
27	활엽수	Woods-grass combination-orchard-Poor	57	73	82	86
27	조림지	Woods-grass combination-orchard-Poor	57	73	82	86
27	혼합수	Woods-grass combination-orchard-Poor	57	73	82	86
27	침엽수	Woods-grass combination-orchard-Poor	57	73	82	86

3.2 SCS-CN법을 이용한 유효우량 산출

정 등(1995)과 농업과학기술원(2006)에서 분류한 수문학적 토양유형에 따라 토지이용별 CN값표를 적용하여 유역의 CN값(AMC II)을 구한 결과는 각각 54와 62로 나타났다. 이 때, 우량계가 설치된 지점의 강우자료를 평균하여 2004년~2005년 강우사상별로 정리하여 초기손실량(I_1)이 총강우량(P)보다 큰 경우를 제외한 강우사상을 선택하였고, 8월16일에서 강우사상 전까지 내린 강수에 따라 선행수분조건 III으로 조정하여 유효우량 산출을 위한 CN값을 각각 73과 79로 하여 사용하였다(표 6).

표 6. 수문학적 토양유형 기준에 따른 유역의 CN값과 강우사상에 따른 유역의 유효우량

강우일시	강우량, P(mm)	선행토양 함수조건	수문학적 토양유형	CN	잠재보유수량,S (=25400/CN-254)	초기손실량, I_a (=0.2S)	유효우량, Q(mm)
2004/8/18 10:00 ~ 2004/8/19 13:00	109.982	AMC-III	1995년기준	73	94.07	18.82	44.87
			2006년기준	79	67.69	13.54	56.67

표 6에서와 같이 농업과학기술원 정 등(2006)의 기준이 정 등(1995)보다 높은 CN값을 대상유역에 부여하였고 그에 따라 똑같은 강우사상에 대하여 2006년 기준의 유효우량이 56.67 mm로 1995년 기준의 44.87 mm 보다 약 25% 크게 나타났다. 유효우량의 시간별 변화는 그림 5와 같다.

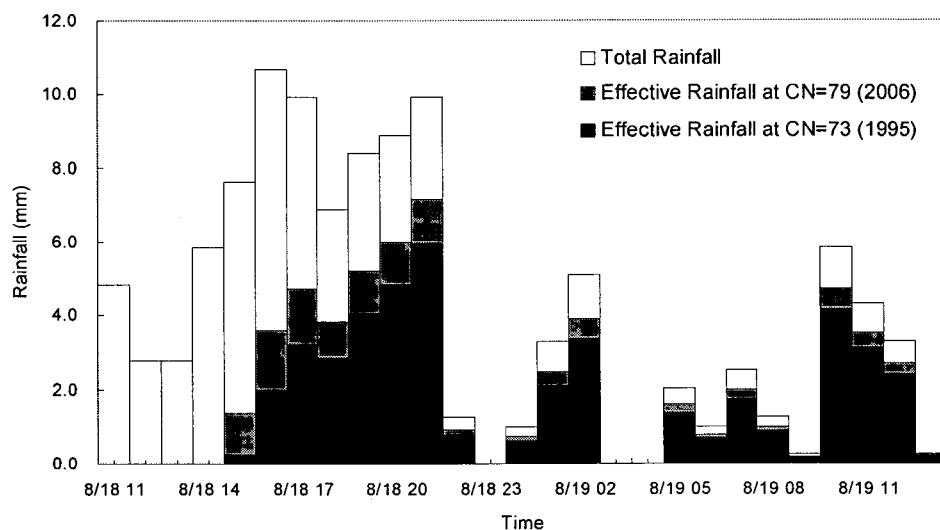


그림 5. 수문학적 토양 유형 분류 기준에 따른 유효우량의 비교

3.3 SCS 무차원단위도를 이용한 유출곡선 작성

SCS 무차원단위도는 강우의 지속시간(D)에 따라 유도된 SCS 삼각단위도의 첨두시간과 첨두유량을 이용하여 시간별 유효우량에 대한 유출수분곡선을 합성하는 방법이다. SCS 삼각단위도법에 따라, 본 연구 유역은 유달시간은 지표구간(968.0 m)과 하도구간(8,332.7 m)에 대해 1.47 hr로 계산되었고, 1시간 지속시간에 대해서 지체시간은 0.88 hr, 첨두시간은 1.38 hr이었다. 그리고 첨두

유량은 유역면적 43.3 km^2 에 대하여 $6.52 \text{ m}^3/\text{sec}$ 이었다. 두 가지 수문학적 토양 유형 분류 기준에 따라 계산된 각 유효우량에 대하여 수문곡선을 합성하였고 실제 관측치와 비교하였다. 그림 6에서 보듯이 두 개 기준 모두 관측치와 유사한 변화 패턴을 보이고 있으나 실측치보다 감수부에서 급격하게 감소되는 특징을 나타냈다. 첨두유량은 1995년보다는 2006년 기준을 사용할 때 관측치와 더 잘 가깝게 나타났다.

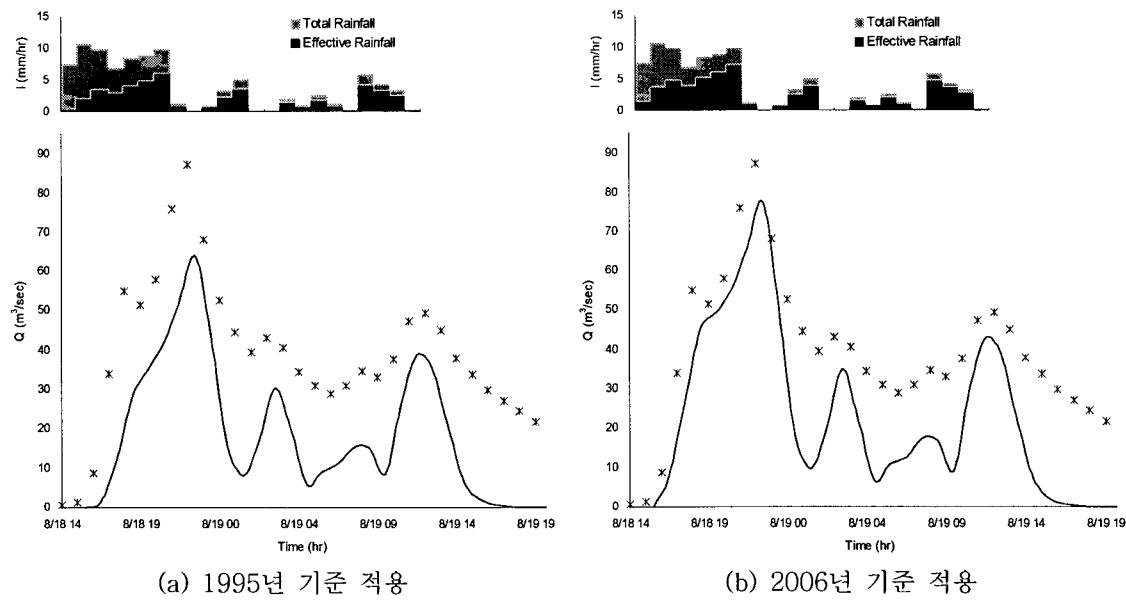


그림 6. 수문학적 토양유형 구분 기준별 흡수유출곡선

4. 결 론

본 연구는 농촌진흥청에서 수행한 전국규모 토양조사 국책사업 결과 발간되거나 작성된 다양한 축척의 토양도의 전산화와 그 결과 구축된 토양도 및 토양 검정정보 데이터베이스, 토양정보 웹시스템, 시비처방과 토양관리 응용프로그램과 수치토양도 및 응용시스템의 내·외부의 활용도에 대해서 설명하였다. 수치토양도를 이용한 수문학적 토양유형 정보 제공을 위한 분류방법에 따른 수치정밀토양도(1:25,000)에 기반한 우리나라 수문학적 토양유형의 분포와 면적을 살펴보았고, 소유역에 대해서는 수치세부정밀토양도(1:5,000)에 기반하여 수문학적 토양유형의 분포와 면적을 비교하였다. 수문·수자원 분야 활용 측면에서 수치토양도가 제공하는 속성, 축척, 제공형태, 좌표체계, 서비스 방식 등에 대하여 기술하여 수요자의 의견을 유도하고자 하였다. 또한, 수치토양도가 가장 많이 활용되는 SCS-CN법을 이용한 강우-유출 산정 분야에 대하여, 충북 괴산군 소수면의 소유역에 대해 SCS 삼각법에 따른 단위도 작성, 유효우량 산출 및 유출곡선을 작성하는 사례 연구를 소개하였다. 농업과학기술원의 정 등(2006)이 분류한 토양유형을 이용한 결과가 정 등(1995)에 따른 토양유형을 이용한 결과에 비해 삼각단위도로부터 유도한 정점의 유출량과 시간별 유량 관측값에 더 가까운 것으로 나타났지만, 본 연구만으로는 어떠한 토양유형이 실 유출량에 대한 추정을 해 더 우수하다고 결론짓기는 힘들다. 다양한 축척의 수치토양도와 토양유형 분류방법(1995년 및 2006년)를 이용하여 다양한 지형과 토지이용 형태를 보이는 지역에서 유출량 계산값과 관측값이 여러 연구그룹에서 비교되어 누적될 때 비로소 토양유형과 CN값에 대한 검증이 가능할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 농업과학기술원. 2001. 한국의 토양환경정보시스템
2. 농업과학기술원. 1999. 밭토양 세부정밀조사 및 검정사업 연찬회
3. 농촌진흥청. 2005. 주요 농업과학기술의 기술 가치 평가
4. 윤용남(1986). 공업수문학, 청문각
5. 정강호, 정석재, 손연규, 홍석영(2006). 유출곡선 지수법의 활용을 위한 수문학적 토양군 분류. 농업과학기술원 시험연구보고서
6. 정정화, 장승표, 김호일, 정연태, 허기술, 박호. 1995. 유출율 추정을 위한 토양 수문군의 분류. 한국농공학회지 37(6):12-33
7. 홍석영, 정영상(2007). 물유출량 평가를 위한 CN 지도 활용, 수문해석을 위한 토양수리특성과 토양전자지도의 활용 워크샵, pp. 123-141, 2007. 2. 15, 농촌진흥청 농업과학기술원, 수원
8. 홍석영 등(2007). 농업토양정보 웹시스템 소개, 농업토양정보 웹시스템 활용 교육 교재, pp. 37-55, 2007. 4.3 ~ 4.6, 농촌진흥청, 수원.