

## 직접유출량 산정을 위한 GIS 기법의 적용 Application of GIS Technique for Direct Runoff Estimation

신계종\* · 김연준\*\*

Shin, Ke-Jong · Kim, Yeon-Jun

### 要 旨

최근에 GIS는 여러분야에 도입되고 있다. 특히, 수문분야에서 GIS의 이용은 유역분석에 필요한 매개변수들을 분석하는데 강조되고 있다. 이 연구에서는 직접유출량을 산정하기 위해서 미계측 유역에서 직접유출량을 계산하는데 이용되는 SCS-CN 방법을 이용하였다. 그러나 이 SCS-CN 방법은 많은 공간 자료를 취급해야 하기 때문에 GIS를 이용하면, 쉽게 많은 자료를 취급할 수 있다. GIS 데이터베이스는 토양종류, 토지이용에 관련된 자료를 이용하여 구축된다. 그리고 연구지역에서 유출곡선 지수는 이들 데이터베이스에 의하여 평가된다. 또한 각각의 부유역에 있는 강우관측소의 면적이 티센 다각망 기법에 의해서 산정되었다. 직접유출량은 강우관측소에 있는 이들 부유역 면적에 의해서 계산되었다. 이 연구에서 GIS를 이용하면 빠르고 정확하게 직접유출량 분석에 필요한 매개변수들을 계산할 수 있다.

### ABSTRACT

Recently, GIS is introduced in the various fields. Especially in hydrology, the useful of GIS is emphasized to analyze parameters, which are necessary for the analysis of watershed. In this paper, to estimate the direct runoff volume, I used the SCS-CN method which was useful to calculate direct runoff volume in a watershed that was not observed. But because SCS-CN method must treat a great number of spatial data, if we use the GIS, we can treat numbers of the data easily. GIS databases is constructed by using the data which is related to soil type, landuse. And runoff curve number was estimated by means of these databases in the study area. Also, the area of covered each subbasin rainfall gauge station was estimated by thiessen polygon network technique. The direct runoff volume was calculated by these subbasin area to the rainfall gauge station. I knew, from this study, that using GIS, I can calculate parameters needed in direct runoff volume analysis, fast, exactly.

### 1. 서 론

유출평가는 18세기 유출에 관련된 방정식이 나타난 이래로 다양한 방법에 의해서 과거부터 계속적으로 평가되어 왔다. 이들 평가방법은 강우·유출현상을 이해하는데 많은 공헌을 해왔다. 현재 유역으로부터 첨두유출을 정의할 수 있는 많은 실험식들이 존재하고 있으며, 이미 사전 조사에서 유역에 대하여 실험되어졌다. 이러한 강우·유출평가에 대해서 만족할 만한 결과가 Chow와 미국 토양보존국(SCS : Soil Conservation Service) 유출식으로부터 얻어졌다. 합리식인 SCS-CN 방법은 유역의

표면특성을 나타내는 토지피복 형태, 표면 상태, 토양 형태 등에 관련된 입력 매개변수들을 요구한다. 이들 매개변수로부터 유출곡선지수(CN : Runoff Curve Number)가 선택된다. 유역에서 이들 매개변수들의 공간적 변화성은 강우 지속시간에 따라 반응하는 직접 유출량을 조절한다.

SCS-CN 방법에 의한 유출평가는 유역의 지표면 특성 인자를 이용하여 유출을 평가한다. 그러나 이들 인자들은 산업화에 따른 도시지역의 팽창과 개발로 인하여 유역분석에 필요한 지형매개변수의 복잡성을 증가시켰다. 이러한 유역의 지표면 특성에 관련된 매개변수는 지형도 상에서 추출하는 것이 일반적이다. 그러나 지형도로부터 이들 매개변수를 얻는 것은 많은 비용과 시간이 요구되며, 정확도에도 문제가 있다. 따라서 공간자료를 효과적

\*충주대학교 건설도시공학과 교수

\*\*대원과학대학 토목과 전임강사

으로 처리 및 분석할 수 있는 새로운 기법인 지형공간정보체계(GSIS: Geo-Spatial Information System)를 이용하는 것이 효과적이다. 이 GSIS는 유역분석에 필요한 매개변수를 적절하게 제공한다.

합리식인 SCS-CN 방법에 의한 직접 유출량 산정은 지표면 성질에 관련된 방대한 양의 자료를 처리 및 분석할 경우, 공간자료를 효과적으로 처리할 수 있는 GSIS 기법의 도입이 효과적이다. 또한 유역에 대한 강우 관측소별 면적을 산출하는데 있어서 GSIS 기법을 도입하면 효과적으로 분석을 수행할 수 있다.

이 연구의 목적은 합리식인 SCS-CN 방법으로 직접 유출량을 산정하기 위해서 유출곡선지수를 GSIS 자료기반으로부터 추출하고, 강우관측소 위치자료를 이용하여 관측소별 티센다각형을 구축하고, 관측소별 유역면적을 산출한 후, 직접 유출량을 산정한다.

수문 매개변수의 결정은 GSIS가 수문학에 관련된 가장 활발한 영역이다. 이것은 지형과 토양특성 및 토지피복특성에 의해서 유역분석에 이용되는 매개변수를 GSIS 기법으로 처리·분석하는 것이다. SCS-CN 방법에 의한 유역분석은 유출곡선지수를 산출해야 한다. 유출곡선지수의 산출에서, 수작업에 의한 방법은 많은 시간과 비용이 소요되며, 정확성에도 문제가 제기되기 때문에 GSIS 기법의 도입이 효과적이다.

## 2. 직접 유출량 산정방법

지상에 도달한 강우중 일부는 증발하고 일부는 토양면을 통해 침투하게 되며 그 초과분은 지표면으로 흘러 직접유출을 형성한다. 강우기간중의 증발량은 극히 작으므로 무시할 수 있으며, 총 강우량과 침투량의 차를 직접 유출량 또는 유효우량이라 한다.

유역에서 총 유출 수문곡선으로부터 직접 유출분을 분리할 수만 있다면 총 유출 주상도상에서 직접 유출량에 해당하는 초과강우량의 시간적 분포를 표시하는 직접 유출량 주상도를 얻을 수 있다.

어느 유역에 호우로 인한 유출량 자료가 있는 경우에는 직접 유출량의 결정이 가능하며,  $\Phi$ -지표법 또는 W-지표법으로 직접 유출량을 산정할 수 있다. 그러나 우리나라와 같이 유역에 대한 유출량 자료가 빈약하거나 없는 경우에는 직접 유출량의 결정이 불가능하며, 초과강우량을 산정할 수 없게 된다. 이와 같이 유출량 자료가 없는 환경에서는 유역의 토양특성과 식생피복상태 등에 대한 상세한 자료만으로도 총 강우량으로부터 초과강우량을 산정할 수 있는 방법을 미국 토양보존국(U.S. Soil Conservation Service : SCS)이 개발하여 미관측 유역의 직접 유출량의 산정에 널리 이용하고 있다.

SCS-CN 방법은 직접 유출량의 크기에 직접적으로 영향을 미치는 인자로서 유역을 형성하고 있는 토양의 종류와 토지이용 또는 식생피복의 종류, 처리상태 및 토양의 수문학적 조건 등을 고려하여 이들 인자들이 직접유출에 미치는 복합적인 영향을 양적으로 표시하고자 하였으며, 강우가 있기 이전의 선행 토양 함수조건도 고려하였다.

### 2.1 수문학적 토양군의 분류

한 유역의 토양특성은 강우로 인한 유출과정에 직접적인 영향을 미친다. 즉, 토양의 성질에 따라 침투능이 상이하므로 총 강우량 중 직접유출로 유하하는 직접 유출량의 크기도 다를 수밖에 없다. 그러나 토양의 성질을 정량적으로 표시하기는 힘들므로 SCS는 토양의 침투능을 기준으로 표 1과 같이 네 개의 수문학적 토양군(A, B, C, D)으로 분류하고 있다.

표 1. 수문학적 토양군의 분류

토양군	토양의 성질	최저침투율 (mm/hr)
A	최저 유출 가능성(lowest runoff potential)을 가지고 있는 흙의 집단으로서 진흙, 침적토(silt)가 거의 없는 깊은 모래층 또는 자갈층, 배수 매우양호(high infiltration rate)	7.62~11.43
B	유출 발생 가능성이 다소 높은(moderately low runoff potential) 사질토이며 침투율은 평균보다 높으나 다소 진흙이나 침적토가 포함된 흙, 배수 대체로 양호	3.81~7.62
C	유출 발생 가능성이 B 토양군 보다는 높은(moderately high runoff potential) 흙으로서 진흙과 실트가 많이 섞여 얇은 층을 구성하며 침투율은 평균보다 다소 낮은 흙, 배수 대체로 불량	1.27~3.81
D	유출 발생 가능성이 가장 높은(highest runoff potential) 흙으로서 대부분이 진흙과 침적토로서 불투수층과 직접 접하여 있는 흙, 배수 대단히 불량	0~1.27

## 2.2 유역의 토지이용상태와 토양의 수문학적 조건

총 우량과 직접 유출량간의 관계는 유역의 토양종류 뿐만 아니라 토지이용상태와 식생 피복형태 및 그의 처리상태에 크게 좌우된다. SCS는 주로 농경지역에 대해 토지이용상태, 처리상태 및 토양의 수문학적 조건 등을 표 2에서와 같이 여러 가지로 분류하였고, 불 투수지역에 대해서는 표 3과 같이 불투수층 면적의 백분율로 분류하였다.

이들 토양형, 토지이용, 처리상태 및 토양조건에 따라

총우량으로부터 직접유출의 잠재력을 표시하는 유출곡선지수(CN)를 부여하였다. 또한 도시유역에 있어서는 산악지역과는 유출특성이 다르기 때문에 표 4와 같이 별도의 토지이용 용도에 따라 유출곡선지수를 제시하고 있다.

## 2.3 유역의 선행토양함수조건

강우가 시작되기 전에 흙의 건조상태는 유출을 발생시키는 데 큰 영향을 주므로 같은 종류의 흙, 같은 토지이

표 2. SCS 유출곡선지수(CN), (AMC-II, Ia = 0.2 S)

Land Cover, Surface Conditions	SCS Curve Number			
	Soil Type			
	A	B	C	D
Cultivated Land				
Without conservation treatment	72	81	88	91
With conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or Range Land				
Poor condition	68	79	86	89
Good condition	39	61	74	80
Meadow				
Good condition	30	58	71	78
Wood or Forest Land				
Thin stand, Poor cover, no mulch	45	66	77	83
Good cover	25	55	70	77
Open Spaces, Lawns, Parks, Golf Courses, Cemeteries, Etc.				
Good condition, grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
Fair condition, Grass cover on 50% of the area	49	69	79	84
Commercial and Business Areas (85% Impervious)	89	92	94	95
Industrial Districts (72% Impervious)	81	88	91	93
Residential				
Average Lot Size(m <sup>2</sup> ) Average % Impervious				
< 500      65	77	85	90	92
1,000     38	61	75	83	87
1,500     30	57	72	81	86
2,000     25	54	70	80	85
4,000     20	51	68	79	84
Paved Parking Lots, Roofs, Driveways, Etc.	98	98	98	98
Streets and Roads				
Paved with curbs and storm sewers	98	98	98	98
Gravel or Paved with Sewers	76	85	89	91
Dirt	72	82	87	89

표 3. 불투수층 지역에 대한 유출곡선지수

불투수면적 (%)	100	90	80	70	60	55	50	45	40	35	< 30
CN	98	97.5	97	96.5	96	95	94	93	92.5	91	90

표 4. 투수성 지표에 대한 유출곡선지수

Land Cover, Surface Conditions	SCS Curve Number			
	Soil Type			
	A	B	C	D
Bare Ground	77	86	91	94
Gardens or Row Crop	72	81	88	91
Good Grass (cover on greater than 75% of the pervious area)	39	61	74	80
Fair Grass (cover on 50~75% of the pervious area)	49	69	79	84
Poor Grass (cover on less than 75% of the pervious area)	68	79	86	89
Fair Woods	36	60	73	79

용이라도 초기 함수상태에 따라 유출은 다르다.

동일한 강우가 내린 경우에 선행강수량이 많으면 유역 토양의 습윤도가 높으므로 유출률이 상대적으로 많아질 것이며 선행강수량이 적을 경우에는 침투손실이 커지므로 직접 유출량은 적어져서 유출률은 저하된다. SCS에서 기준으로 삼고 있는 선행토양함수조건(AMC : Antecedent Soil Moisture Condition)은 1년을 성수기와 비성수기로 나누어 각 경우에 대하여 표 5와 같이 세 가지 조건으로 구분하고 있다.

표 5에서 선행 토양함수조건은 5일 선행강수량의 크기에 의하여 유역의 습윤정도를 분류하는 기준이 되며 SCS에서 사용하고 있는 5일 선행 강우량의 크기는 표 6과 같다.

2.4 강우량 · 직접 유출량 관계 모형

침투초과모형들은 hortonian-type 방법으로 지표면 유출을 평가하거나 토양침투능력의 초과로 초과유출을 분석할 수 있다. 가장 잘 알려지고 널리 이용되는 강우 ·

표 5. 선행 토양함수조건

분 류	토양의 초기함수상태
AMC-I	유역의 토양은 대체로 건조상태에 있어서 유출률이 대단히 낮은 상태
AMC-II	유출률이 보통인 상태
AMC-III	유역의 토양이 수분으로 거의 포화되어 있어서 유출률이 대단히 높은 상태

유출모형의 하나는 미국 토양보존국에 의해서 개발된 유출곡선지수이다. SCS가 개발한 이 모형은 단일 CN 매개변수를 이용하여 도출되는 간단한 결과이다. 그리고 이 방법은 유역의 토양특성과 식생피복특성의 지표를 간단하게 나타내어 매개변수를 추출할 수 있다.

SCS-CN 방법은 강우 · 유출관계를 해석하여 강우로부터 직접 유출량을 추정할 수 있는 다음과 같은 관계식을 제안하였다.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \tag{1}$$

이 된다.

방정식 (1)에서 초기손실  $I_a = kS$ 의 관계를 가지고 있으며, 매개변수 S는 초기손실을 내포한다. 따라서 방정식 (1)은

$$Q = \frac{(P - kS)^2}{P + (1 - k)S} \tag{2}$$

이 된다.  $I_a$ 와 S의 관계를 규명하기 위하여 강우와 유출과의 관계에 대해 실험한 결과 SCS는

$$I_a = 0.2 S \tag{3}$$

의 경험식을 유도하였다.

방정식 (3)을 방정식(2)에 대입하여 정리하면

표 6. 5일 선행 강우량의 등급에 따른 토양함수 조건

AMC Group	Condition	Antecedent precipitation, $P_5$ (mm)	
		Growing season	Dormant season
I	lowest runoff potential	$P_5 < 12.70$	$P_5 < 35.56$
II	average runoff potential	$12.70 < P_5 < 27.94$	$35.56 < P_5 < 53.34$
III	highest runoff potential	$P_5 > 27.94$	$P_5 > 53.34$

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S} \quad (4)$$

이 된다. 이 방정식 (4)는 SCS의 직접 유출량 산정법에서 사용하고 있는 총우량·직접 유출량 관계이다.

방정식 (4)의 S는 선행 토양함수조건에 따라 상이한 값을 가지게 될 것이며 AMC-I에 대한 S는 AMC-II에 대한 S보다 클 것이나 AMC-III에 대한 S는 AMC-II에 대한 S값보다 작을 것이다. 유역의 잠재 저유수량의 크기를 나타내는 S는 유역의 토양과 토지이용 및 처리상태 등의 수문학적 토양·피복상태의 성질을 대변하는 것으로서 한 유역의 유출능력을 표시하는 유출곡선지수(CN)라는 매개변수를 S의 함수로 정의함으로써 유출에 미치는 S의 효과를 간접적으로 고려하게 된다. 이 S와 CN의 관계는 경험적으로 다음과 같은 관계가 있다.

$$CN = \frac{25,400}{S + 254} \quad \text{또는}$$

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (5)$$

이다.

SCS 방법에서 투수성 감소는 CN 매개변수가 증가되는 특성을 나타낸다. 즉, CN의 범위는 0에서 100이며, 100의 CN은 침투율이 0인 완전 불투수층이며, 0의 CN은 높은 투수성값을 가지는 표면특성을 가진다.

방정식 (4)와 (5)는 AMC-II에 대한 유출곡선지수별 총 강우량·직접 유출량의 관계이며, AMC-II에 대한 유출곡선지수를 AMC-I 또는 AMC-III 조건하의 값으로 조정해야 한다. Chow는 AMC-II 유출곡선지수를 AMC-III 조건으로 조정하기 위해서 다음과 같은 방정식을 제안하였다.

$$CN_{III} = \frac{23CN_{II}}{10 + 0.13CN_{II}} \quad (6)$$

또한 건교부는 평창강과 위천의 토지이용과 토양형을 고려하여 AMC-II에서 AMC-III 조건으로 조정하는 방정식을 유도하였다.

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}} \quad (7)$$

### 3. 실제적용 및 분석

#### 3.1 연구대상유역

이 연구의 연구대상지역은 소양댐 유역의 상류유역인

고사리 수위관측소 상류유역을 선정하였다. 이 수위관측소의 위치는 강원도 인제군 인제읍 고사리(동경 128° 13' 13", 북위 38° 02' 18")에 위치하며, 소양강 지방하천구간으로서 유로연장 92.4 km, 유역면적 1070.60 km<sup>2</sup>의 소양강 중상류를 대표하는 관측소이다. 이 유역의 위치는 동경 128° 10' 12"~128° 35' 24", 북위 38° 05' 45"~37° 41' 05" 사이에 위치하며, 북으로는 동일수계 지천인 인북천과 접하고, 동으로는 태백산맥을 분수령으로 양양남대천 및 연곡천과 접하며, 남측은 남한강유역과 접하고 있으며, 서측은 홍천강유역 및 소양강유역에 접하고 있다.

#### 3.2 직접유출량 산정을 위한 GIS DB구축

유역분석을 위한 직접유출량 산정은 토지피복에 관련된 정보를 요구한다. 토지피복은 지형 표면위의 성질이며, 토지이용과 관련되어 있다. 수문학적 전지에서 공장 건물과 쇼핑센터는 토지이용이 다르며, 이들 토지이용은 유출로 대부분의 강우를 변하게 하는 불투수층 표면성질을 가지고 있다. 이들 토지피복에 관련된 정보는 인공위성 영상으로부터 얻어질 수 있다. 그러나 이 연구에서는 국립지리원이 발행한 토지이용도를 이용하였다.

유역의 직접 유출량 산정을 위한 또 하나의 중요한 자료는 토양특성에 관련된 것이다. 각각의 토양그룹은 침투나 지표면 유출로 다양하게 물의 양을 받아들인다. 토양은 토양이 침식되는 것에 따라 성질이 다르고, 각각의 토양입자가 화학작용을 일으키는 경향에 따라 다르다. 이 연구에서는 연구대상지역의 유역분석을 위해서 농업진흥청이 발행한 개략 토양도를 이용하여 토양수치자료를 구축하였다.

이 연구에서는 연구대상지역인 내린천 유역을 여섯 개의 부 유역으로 구분하여 직접 유출량 산정을 실행하였으며, 유역분석에 필요한 GIS DB를 구축하기 위해서 각각의 자료층(layer)에 대한 자료원은 지형도, 토양도, 식생도, 임상도, 토지이용도, 지질도 등을 이용하였다.

이 연구에서 GIS DB 구축을 위해서 사용된 하드웨어는 SparcStation II(Graphic Processor & 17 inch monitor, 64MB Main Memory, 4.5GB Hard Disk), PC 486 DX2, 펜티엄 디지털 컴퓨터이며, 입력장비는 Calcomp 9100 A1 규격의 Digitizer, Tangent Scanner 등이다. 소프트웨어로는 관계형 자료기반 GIS인 ARC/INFO 6.1.1 과 ARC/INFO 7.0.3, OS용 TYDIG, AUTO CAD, MICROSTATION, MGE, IRASB, GEOVEC, MAI, MBI

등을 이용하였다.

### 3.3 주제도 수치지도 구축

주제도는 점, 선, 다각형자료로 대별될 수 있는데 자료의 특성에 따라 구축방법이 달라진다. 연구지역의 주제도를 트레이싱하고, 이 트레이싱 자료를 스캐닝하여 래스터 자료로 만든 후, 벡터라이징 소프트웨어를 이용하여 벡터파일을 생성한다. 생성된 벡터파일을 DXF 파일로 변환하고, ARC/INFO상에서 사용할 수 있는 도면자료로 변환한다. 변환된 도면자료를 ARC/INFO상에서 위상관계 형성, TIC생성, 수정 및 편집, 투영 및 변환, 도면결합 등의 과정을 통하여 포함대상을 생성하였다.

#### 3.3.1 토양도

토양은 생성원인, 위치한 곳의 지형, 산성도, 배수성 등을 기준으로 하여 분류한다. 우리 나라의 경우 1:50,000 토양도에서 58개의 토양군으로 분류하여 나타내었다. 하천유역에서 유출은 토양의 종류에 따라 영향을 받는데

특히, 토양의 침투능력과 배수성이 중요한 요인이 된다.

이 연구에서는 농촌진흥청 식물환경연구소에서 발행한 1:50,000 강원도 개략토양도에 정의된 58개 토양군을 배수와 투수성을 기준으로 하여 14개의 토양군으로 재분류한 후, 토양의 수치자료를 구축하였다.

연구대상지역에 대한 토양자료의 수치자료구축을 위하여 개략 토양도에 정의된 58개 토양군을 토양도에서 트레이싱 한 후, 벡터라이징하여 다각형형태의 자료로 입력하여 수치자료를 구축하였다.

유역분석을 위해서 연구지역에 대한 토양 수치자료를 구축하였다. 토양성질과 이용에 관련된 GIS 자료기반에 포함된 정보는 수문학적인 토양기준에 따라 CN 매개변수를 추출하는 목적을 쉽게 성취할 수 있다.

표 7은 토양형태에 따른 SCS 토양등급을 나타낸 것이고, 표 8은 토양종류에 따라 SCS 토양그룹으로 재분류하여 유역별 면적을 산출한 결과이다. 그림 1은 연구대상지역의 SCS 토양군으로 분류한 결과이다.

표 7. SCS 토양군의 등급

토양 번호	배수성	S C S 토양등급	토성	토양형
1	불 량	D	미사식양질	Apd, Fmd, Fmg
2	약간불량	C	미사사양질	Apa, Fma, Fmb
3	약간불량	C	식 질	Ana
4	약간불량	C	식 양 질	Rxa
5	약간불량	C	사 양 질	Afb
6	약간양호	C	식 질	Apb
7	약간양호	C	식 양 질	Anc, And, Apc
8	약간양호	C	사 양 질	Afa, Anb, Ane
9	양 호	B	식 질	Raa, Rac, Rvb, Rvd, Rod
10	양 호	B	식 양 질	Apg, Maa, Rab, Rad, Rla, Rld, Rsb, Rsc, Rva, Rvc
11	양 호	B	사 질	Afc, Fba, Afd
12	매우양호	A	식 양 질	Mla, Mma, Msa, Mva, Rsa, Mua
13	매우양호	A	사 양 질	Mab, Mac, Mlb, Mmb, Mvb, Rea, Mub
14	매우불량	D	암석노출지	Ro

표 8. 내린천 유역의 SCS 토양군 면적분포

(면적 : km<sup>2</sup>)

SCS	유역	sub 1	sub 2	sub 3	sub 4	sub 5	sub 6	합계
A		46.34	77.07	160.52	131.53	68.01	97.00	580.47
B		0.91	14.79	6.16	10.29	9.85	4.52	46.52
C		4.78	14.80	24.27	13.19	6.75	9.59	73.38
D		91.14	53.66	84.18	102.70	9.51	29.04	370.23
합 계		143.17	160.32	275.13	257.71	94.12	140.15	1070.60

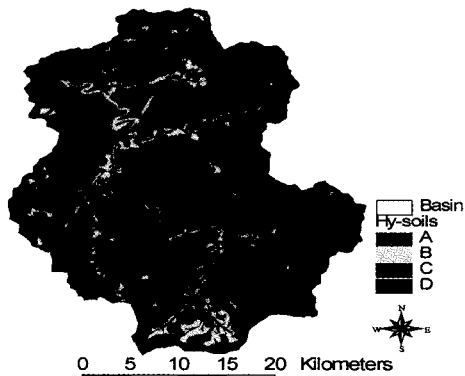


그림 1. 내린천 유역의 SCS 토양군도

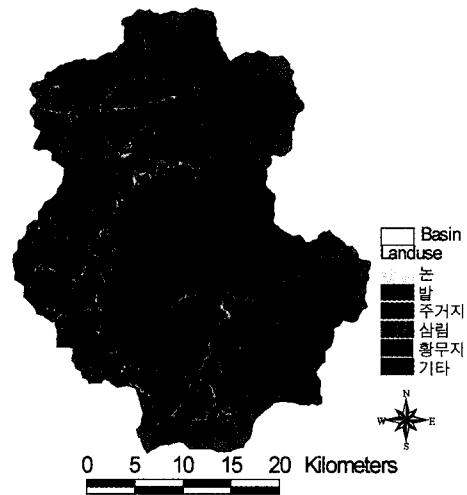


그림 2. 내린천유역의 토지이용도

### 3.3.2 토지이용도

토지이용도는 지표의 성질을 나타내는 것으로 유역분석에서 유출에 영향을 미치는 중요한 인자이다.

토지이용도는 국립지리원이 발행한 1:25,000 축척의 토지이용도를 이용하여 수치자료를 구축하였다. 연구지역의 대부분이 삼림으로 구성되어 있으며, 하천을 따라 약간의 농경지가 분포되어 있다.

이 연구에서는 토지이용 분류를 삼림, 논, 밭, 주거지역과 하천을 따라 분포한 황무지와 기타 항목으로 구분하였다. 표 9는 연구대상유역인 내린천의 부 유역별 토지이용 면적을 추출하여 나타내었으며, 그림 2는 내린천 유역의 토지이용도를 보여주고 있다.

### 3.4 수문관측소

유역내 수문관측소의 밀도, 관측기록의 정확도 및 보유기간 등은 유역분석을 위해서 가장 기초적이며 필수적인 선행조건이다. 일반적으로 수문관측소는 우량관측과 수위관측으로 구분되고 있으며, 연구대상지역인 내린천 유역의 우량관측소는 현리, 창촌, 인제, 군량, 상남, 방

동, 귀둔이며, 수위관측소는 전무한 실정이다.

이 연구에서는 우량 관측소의 위치를 점 자료로 입력하고 티센 다각형망(thiessen polygon network) 기법을 이용하여 부 유역별 우량 관측소의 면적을 산출한 후 표 10에 나타내었다. 그림 3은 유역별 강우관측소 티센 다각형망을 보여준다.

직접 유출량을 산정하기 위해서 연구지역의 1994년 6월 30일부터 1994년 7월 10일까지의 유역내에 있는 각 우량관측소별로 강우량을 관측한 결과를 산출한 후, 우량관측소별 면적 가중값을 티센다각형망 기법에 의해 분석하여 이 기간동안 발생한 강우량을 부 유역별 평균강우량으로 산출하여 표 11에 나타내었다.

### 3.5 분석 및 고찰

합리식인 SCS-CN 방법을 이용한 직접 유출량의 산정은 유출곡선지수 값을 산출해야 한다. 또한 선행토양함

표 9. 내린천 유역의 토지이용 현황

(면적 : km<sup>2</sup>)

유역 \ 토지이용	토지이용						합계
	sub 1	sub 2	sub 3	sub 4	sub 5	sub 6	
논	0.19	2.90	2.44	2.27	1.55	1.10	10.45
밭	1.94	15.74	16.77	9.73	9.74	36.40	90.32
주거지	0.01	0.24	0.19	0.43	0.33	0.09	1.29
삼림	140.31	139.80	253.81	242.78	80.83	102.06	959.59
황무지	0.72	1.47	1.77	2.29	1.37	0.27	7.89
기타		0.17	0.15	0.21	0.30	0.23	1.06
합계	143.17	160.32	275.13	257.71	94.12	140.15	1070.60

표 10. 부유역별 강우관측소 면적

(단위 : km<sup>2</sup>)

관측소	유역		sub 1	sub 2	sub 3	sub 4	sub 5	sub 6	총 계
	현 리	창촌			2.84	76.55	51.12	15.29	
인 제			53.53	135.34	81.74			21.40	270.61
군 량							3.76	81.66	85.42
상 남					133.70	17.44			151.14
방 동			89.64	24.98	56.85	68.44			239.91
귀 둔						95.28	39.24	21.80	156.32
총 계			143.17	160.32	275.13	257.71	94.12	140.15	1070.60

표 11. 부유역별 평균강우량

(단위 : mm)

월 일	유역		sub 1	sub 2	sub 3	sub 4	sub 5	sub 6	전체유역
	6월 30일	7월 1-10일							
6월 30일	30		64.72	81.46	67.86	60.89	56.54	47.77	63.46
7월	1		92.97	104.26	90.24	58.66	46.43	54.94	76.64
	2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3		4.87	3.46	5.08	5.03	4.53	6.66	4.96
	4		1.00	1.00	0.99	0.70	0.41	0.15	0.76
	5		17.00	13.24	18.61	19.99	20.29	21.55	18.46
	6		20.86	26.97	16.38	13.07	11.54	10.82	16.62
	7		27.64	15.89	16.28	23.76	19.92	17.65	20.45
	8		4.38	1.09	3.96	10.41	11.34	7.75	6.29
	9		3.25	2.31	1.90	1.74	0.08	1.16	1.70
	10		1.00	1.00	0.99	0.63	0.12	2.05	0.90
총 계			237.69	250.68	222.29	194.88	171.20	170.50	210.24

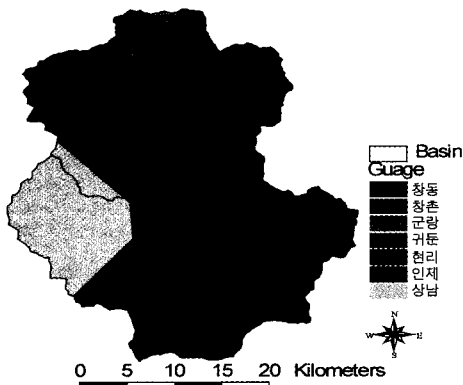


그림 3. 강우관측소별 티센다강망도

수조조건이 AMC I, II, III군의 값을 구한 후, 이를 다시 AMC II군으로 산출하여 직접 유출량을 산정한다.

SCS 방법의 유출곡선지수를 구하는 방법은 다음과 같다.

- ① 유역의 토양도에서 SCS 토양군으로 분류
- ② 연구지역내의 토지이용현황 조사 분류
- ③ 토지이용현황에 따른 토양군별 면적 산정
- ④ 연구지역내의 평균 유출곡선지수(CN) 산정

이 연구에서는 유역분석을 위한 GIS DB 구축에서 연구지역내의 SCS 토양그룹과 토지이용도를 GIS 기법을 이용하여 유역별 유출곡선지수를 산출하여 표 12에 나타내었다.

직접 유출량 산정은 초기토양 함수조건을 고려해야 한다. 일반적으로 성장계절에서 초기함수조건은 5일 이내의 강우량이 12.7 mm 이내일 경우는 AMC-I, 27.9 mm 이상일 경우는 AMC-III로 고려한다. 내린천 유역에서 6월 25일에 전체 우량관측소에서 약 18 mm의 강우량이 발생하였고, 그 이후 6월 30일에 강우량이 발생하기까지는 강우가 발생하지 않았다. 따라서 6월 30일은 AMC-II 조건으로 직접 유출량을 산출하였으며, 6월 30일 이후



표 12. 유출곡선지수 (AMC-II)

(면적 : km<sup>2</sup>)

유역	토지 이용 현황	SCS 토양형								총면적	CN
		A		B		C		D			
		면적	CN	면적	CN	면적	CN	면적	CN		
sub 1	논	0.04	67			0.14	85	0.01	89	0.19	81.42
	밭	0.69	63	0.48	75	0.51	83	0.26	87	1.94	74.44
	주거지	0.01	59							0.01	59.00
	삼 립	45.49	56	0.72	75	3.25	86	90.85	91	140.31	79.45
	황무지	0.11	77	0.01	86	0.57	91	0.03	94	0.72	88.92
	기 타										
	총 계	46.34		1.21		4.47		91.15		143.17	79.43
sub 2	논	0.18	67	0.30	78	2.41	85	0.01	89	2.90	83.17
	밭	5.81	63	3.92	75	5.80	83	0.21	87	15.74	73.68
	주거지	0.05	59	0.01	70	0.17	80	0.01	85	0.24	75.42
	삼 립	70.86	56	10.41	75	5.09	86	53.44	91	139.80	71.89
	황무지	0.15	77	0.06	86	1.25	91	0.01	94	1.47	89.39
	기 타	0.01	100	0.08	100	0.08	100		100	0.17	100.00
	총 계	77.06		14.78		14.80		53.68		160.32	72.47
sub 3	논	0.19	67	0.09	78	2.16	85			2.44	83.34
	밭	6.24	63	1.76	75	8.39	83	0.38	87	16.77	74.81
	주거지	0.01	59	0.02	74	0.16	82			0.19	77.84
	삼 립	153.86	56	4.24	75	11.92	86	83.79	91	253.81	69.28
	황무지	0.20	77	0.02	86	1.53	91	0.02	94	1.77	89.40
	기 타	0.03	100	0.05	100	0.06	100	0.01	100	0.15	100.00
	총 계	160.53		6.18		24.22		84.20		275.13	69.89
sub 4	논	0.09	67	0.40	78	1.77	85	0.01	89	2.27	83.07
	밭	2.41	63	3.52	75	3.64	83	0.16	87	9.73	75.22
	주거지	0.01	59	0.12	74	0.29	82	0.01	86	0.43	76.84
	삼 립	128.83	56	5.51	75	5.94	86	102.50	91	242.78	71.94
	황무지	0.20	77	0.58	86	1.48	91	0.03	94	2.29	88.55
	기 타	0.01	100	0.14	100	0.06	100			0.21	100.00
	총 계	131.55		10.27		13.18		102.71		257.71	72.34
sub 5	논	0.16	67	0.40	78	0.99	85			1.55	81.34
	밭	3.08	63	3.82	75	2.81	83	0.03	87	9.74	73.55
	주거지	0.05	59	0.09	74	0.19	82			0.33	74.09
	삼 립	64.63	56	4.56	75	2.16	86	9.48	91	80.83	61.98
	황무지	0.06	77	0.71	86	0.60	91			1.37	87.80
	기 타	0.01	100	0.28	100	0.01	100			0.30	100.00
	총 계	67.99		9.86		6.76		9.51		94.12	64.04
sub 6	논	0.28	67	0.13	78	0.69	85			1.10	79.59
	밭	27.21	63	1.21	75	4.10	83	3.88	87	36.40	68.21
	주거지	0.01	59	0.01	74	0.07	82			0.09	76.56
	삼 립	69.40	56	2.88	75	4.62	86	25.16	91	102.06	66.52
	황무지	0.09	77	0.07	86	0.11	91			0.27	85.04
	기 타	0.01	100	0.21	100	0.01	100			0.23	100.00
	총 계	97.00		4.51		9.60		29.04		140.15	67.16

표 13. 부유역별 유출량

(단위 : mm)

월 일	유역	sub 1	sub 2	sub 3	sub 4	sub 5	sub 6	총계
	6	30	22.66	24.36	13.60	12.41	4.60	3.57
7	1	65.71	66.68	50.78	27.28	12.06	19.86	242.37
	2	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-
	5	3.19	0.50	1.46	2.48	0.89	1.79	10.31
	6	5.24	5.70	0.86	0.46	0.01	-	12.27
	7	9.51	1.14	0.84	4.08	0.81	0.77	17.15
	8	-	-	-	0.09	-	-	0.09
	9	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-
총계		106.31	98.38	67.54	46.80	18.37	25.99	-

발생한 강우량은 초기토양 함수조건을 고려하여 직접 유출량을 산출하였다.

합리식인 SCS-CN 방법에 의한 직접 유출량의 산정에서 강우량 P가  $0.2 \times S$  보다 적으면 유출은 발생하지 않는다. 표 13은 합리식인 SCS 방법으로 내린천 유역의 부유역별 직접 유출량을 산출한 것이다.

1994년 6월 30에서 7월 10일까지 발생한 강우에 대하여 고사리 수위관측소에서 관측한 수위자료를 토대로 유출량을 톤으로 환산하면 63,694,080톤이며, 합리식인 SCS-CN 방법으로 산출한 직접유출량은 67,007,273톤이다. 따라서 관측유출량과 SCS-CN 방법으로 산출된 유출량의 차이는 3,313,193톤으로 관측 유출량 보다 5% 많 이 유출량이 산출되었다. 이와 같은 차이가 발생한 것은 유출에 영향을 미치는 매개변수 중에서 토지이용 자료기 반 구축에 이용된 자료가 1980년도에 발행한 것이고, 실 제 강우량 자료는 1994년도 자료로 약 14년간의 차이가 발생하여 토지이용의 변화에 의한 차이 때문이라고 판단 된다.

#### 4. 결 론

효과적인 유역분석을 위해서는 유역의 지형공간정보가 신속·정확하게 제공되어야 한다. 이 연구에서 GIS 자 료기반을 이용하여 유역분석에 필요한 매개변수를 추출 하여 직접 유출량을 산정해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

내린천 유역에 합리식인 SCS-CN 방법을 적용하여 직

접 유출량을 산정하기 위하여 토양특성과 토지피복특색 에 관련된 GIS 자료기반을 구축하고, 이 GIS 자료기 반으로부터 유출곡선지수를 추출하여 직접 유출량을 산 정한 결과, 실제 관측한 직접 유출량과 5% 정도의 차이 가 발생하였다. 따라서 공간자료를 손쉽게 처리·분석할 수 있는 GIS의 도입은 SCS-CN 방법으로 미 관측유역 의 직접 유출량 산정에 효과적이라고 판단된다.

이 연구를 통하여 GIS를 이용하면 직접유출량 산정 에 필요한 매개변수가 빠르고 정확하게 추출될 수 있다 는 결론을 얻었다.

#### 참고문헌

1. Chow V. T., Maidment D. R., and Mays, L. W., "Applied Hydrology", New York : McGraw-Hill publishing Company, 1998.
2. Colosimo C. and Mendicino G., "GIS for Distributed Rainfall-Runoff Modeling", Geographical Information Systems in Hydrology, 1996, pp. 195-236.
3. Maidment D. R., "GIS in Hydrologic Modeling", In M. F. Goodchild, B. O. Parks and L. T. Steyaert, eds, Environmental Modeling and GIS, Oxford University Press, 1993, pp. 147-167.
4. Moore L. D., "Hydrologic Modeling and GIS", GIS and Environmental Modeling, 1996, pp. 143-148.
5. Morel-Seytoux H. J., and Verdin J. P., "Correspondence between the SCS CN and Infiltration Parameters", Advance in Irrigation and Drainage, 1982, pp. 308-319.
6. Philip B. Bedient and Wayne C. Huber, "Rainfall-Runoff Analysis", Hydrology and Floodplain Analysis,

- 1988, pp. 67-138.
7. Soil Conservation Service, Hydrology. Supplement A to Section 4, National Engineering Handbook. Washington, D.C. : U.S. Department of Agriculture, 1968.
  8. 김남원, “미계측 유역의 확률홍수량 추정을 위한 동력학적 홍수빈도모형 개발”, 강원대학교 토목공학과 박사학위 논문, 1998.
  9. 김연준, “지형공간정보체계를 이용한 유역분석”, 강원대학교 토목공학과 박사학위 논문, 1999.
  10. 박성우, “유출, 수문곡선해석” 응용수문학, 향문사, 1992, pp. 172-226.
  11. 양인태, 김연준, “수문해석을 위한 DEM에 의한 지형의 경사도분석에서 격자 크기의 영향” 한국측지학회지, 제 15권, 제2호, 1997, pp. 221-230.
  12. 윤용남, “하천유량, 유출, 수문학적 홍수추적”, 공업수문학, 청문각, 1986, pp. 186-362.
  13. 하천정비기본계획, 강원도, 1996.