

## 소유역의 강수에 의한 지하수 함양량 산정

### Estimation of Groundwater Recharge from Precipitation in a Small Basin

배 상 근\* / 이 승 현\*\*

Bae, Sang Keun / Lee, Seung Hyun

#### Abstract

It is necessary to estimate the groundwater recharge rate properly to evaluate the reasonable development amount of groundwater in a specific site. A small basin in Wicheon River Basin located in the Province of Kyungsangbuk-Do is selected to calculate the groundwater recharge rate. Average annual groundwater recharge rates are calculated from 1992 to 1997 because wet and draught year are contained during this period. In the calculation, baseflow separation method and SCS-CN method are applied to this area. As a result of estimation by baseflow separation method, the value of groundwater recharge ratio is varied between 11.9% and 18.7%. The average annual recharge rate is 14.5%. The average annual recharge rate calculated by SCS-CN method is varied between 7.9% and 20.9%. The average annual recharge rate in the calculation period is 15.1%. The results show that the average annual recharge amount from infiltration in the study basin is 141.6mm and 147.4mm in each estimation method. It appears that the average annual recharge amount calculated for the long period containing wet and draught year by the two methods is useful for groundwater development.

**Keywords** : groundwater, groundwater recharge, SCS-CN method, baseflow separation method

#### 요 지

어떤 특정 지역의 지하수 개발량을 적절히 파악하기 위해서는 지하수함양량의 산정이 필요하다. 경상북도에 위치한 위천 유역내의 소유역에 대하여 지하수 함양량을 산정하였다. 기저유출분리법과 SCS-CN방법을 이용하여 갈수년과 풍수년이 존재하는 1992년~1997년 간의 년 평균 지하수 함양량을 추정하였다. 기저유출분리법을 이용하여 추정된 결과, 연평균 지하수 함양률이 11.9%~18.7%로 변화하였으며 계산기간 중의 년 평균 강수에 의한 지하수 함양량은 141.6mm로 지하수함양률은 14.5%이었다. SCS-CN방법을 이용하여 추정된 결과, 연평균 지하수 함양률이 7.9%~20.9%로 변화하였으며 계산기간 중의 년 평균 강수에 의한 지하수 함양량은 147.4mm로 지하수 함양률은 15.1%이었다. 두 방법으로 산정한 갈수년과 풍수년이 존재하는 장기간 동안의 년 평균 강수에 의한 지하수 함양량은 지하수 개발에 유용하게 사용할 수 있음을 나타낸다.

**핵심용어** : 지하수, 지하수함양, SCS-CN법, 기저유출분리법

\* 계명대학교 공과대학 토목공학과 교수  
Professor, Dept. of Civil Engineering, Keimyung Univ., Daegu 704-701, Korea  
(E-mail : skbae@kmu.ac.kr)

\*\* 계명대학교 대학원 토목공학과 석사과정  
Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Keimyung Univ., Daegu 704-701, Korea

## 1. 서론

산업의 발달과 더불어 물 수요가 증가하고 있으며 여러가지 요인으로 국지적이고 한시적 이기는 하나 물 부족현상이 나타나고 있다. 지하수는 물공급에 있어서 안정된 성격을 가지며 질 또한 양질이어서 지하수 개발의 효용성이 크며, 증가하는 물의 수요에 대처하기 위한 방안으로 지하수개발이 필요한 실정이다. 지하수는 그 양이 제한적이어서 무분별하게 개발하면 수량고갈, 과잉양수로 인한 지반침하, 해수침입, 지하수 오염 유발 등의 지하수 재해가 발생할 수 있다. 지하수재해가 발생하면 지하수사용이 불가능 할 뿐만 아니라 원상회복이 어렵다. 그러므로 유역의 지하수 함양량을 산정하여 지하수 적정개발량을 조사한 다음 적정개발량 이내에서 지하수개발을 함으로써 지하수 이용과 보전이 되어야한다. 이와 같이 지하수함양량 산정은 지하수 적정개발량 산정을 위하여 필요하다.

유역의 지하수 함양량 산정방법으로는 물수지 분석법, 해석적 방법, 유출수문곡선의 기저유출분석법, SCS-CN(SCS Curve-Number)방법 등이 있다. 물수지 분석법의 경우 이론은 명확하나 다양하고 복잡한 수문조건을 단순화하는 과정에서 오차가 발생할 수 있다. 해석적 방법은 해석에 요구되는 대상유역의 물리적 특성을 제대로 파악하여 반영하기 어렵다. 기저유출분석법은 강우와 유출의 실측치가 있어야하며 기저유출 분리를 함에 있어서 연구자의 임의성이 개재되나 자연상태를 반영할 수 있기 때문에 함양량 산정에 유용하다. SCS-CN방법은 토양의 피복상태와 토지 이용상태 및 선행강수량에 따라 유출율을 결정짓는 CN지수(유출곡

선지수)를 도입하여 함양량을 추정할 수 있다. 이와 같이 지하수함양량 산정기법은 다양하나 기저유출분석법과 SCS-CN방법이 유역의 지하수함양량을 보다 합리적으로 산정할 수 있는 방법으로 여겨진다. 특정유역의 지하수함양량을 각 방법으로 구한 연구는 있으나 이 두 방법으로 유역의 연평균 지하수함양량을 산정하고 비교한 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구에서는 유출수문곡선의 기저유출분석법과 SCS-CN방법을 이용하여 IHP(국제수문개발계획)의 유역중 하나인 위천 유역내의 소유역을 선택하여 연속된 기간 중의 강우와 유량자료가 존재하고 갈수년과 풍수년 그리고 년 강수량의 크기가 적절히 분포되었다고 여겨지는 1992년~1997년간의 지하수 함양량을 산정하고 그 결과를 비교하였다.

## 2. 대상유역 선정

본 연구의 대상지역은 IHP의 위천 유역내의 동곡 유량관측소에 속하는 소유역(위천 NO. 5)을 선정하였다(그림 1). 이 지역은 산업화, 도시화 등의 인위적 영향에 따른 지형의 변동이 거의 없는 산지이다. 본 유역내에 우량계가 설치되어있고 하구부에는 동곡 유량관측소가 설치되어 있어 이들 관측지점에서 장기간의 강수와 유량측정이 이루어지고 있다. 유역면적은 46.4km<sup>2</sup>, 유로연장은 8.0km, 유역 중심장은 4.0km, 유로의 평균 경사는 0.0775이다(건설교통부, 1983-2003). 연 평균 강우량은 1024.0mm이며 1993년에는 관측기간 중 3번째로 많은 1272.9mm의 강우량을 기록하였으며 1994년에는 626.9mm의 가장 적은 강우가 발생하였다.

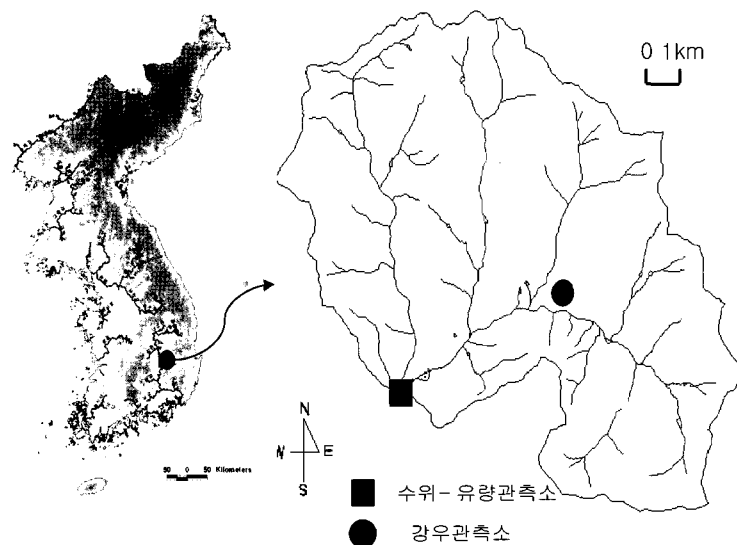


그림 1. 연구대상유역 수역도

### 3. 기저유출분석법

#### 3.1 이론적 배경

강우에 의한 유출은 크게 직접유출과 기저유출로 나눌 수 있는데, 직접유출은 지표면 유출과 중간 유출로 다시 나뉘고 기저유출은 지하수에 의한 유출을 의미한다. Mayboom(1961)은 지수방정식 형태의 기저유출 감수곡선식을 이용하여 유출수문곡선으로부터 지하수 함양량을 추정하는 기법을 제시하였다.

지하수 감수곡선은 식(1) 또는 식(2)와 같이 나타내어진다.

$$Q_t = Q_0 k_r^t \quad (1)$$

$$Q_t = Q_0 10^{-t/k_i} \quad (2)$$

여기서  $t$ 는 시간,  $Q_0$ 는  $t=0$ 일 때의 유량,  $Q_t$ 는  $t$ 시간 후의 유량이다.  $k_r$ 과  $k_i$ 는 감수계수이며 이들 감수계수 간에는 식(3)과 같은 관계를 가진다.

$$k_r = 10^{(-1/k_i)} \quad (3)$$

갈수기간에서 기저유출은 식 (2)와 같이 표시될 수 있으므로, 그림 2에서와 같이 지하수 유출의 감수가 중단없이 계속된다면 전체 지하수유출 감수기간동안에 유출되는 지하수 유출의 총 용적은 감수시점  $t_0^{(i)}$ 에서  $\infty$ 까지 적분하면 구할 수 있다. Mayboom은 이 용적을 잠재지하수 유출량 ( $V_{tp}^{(i)}$ )이라 하였고, 이때 계산의 편의상  $t_0^{(i)}=0$ 으로 하여 식 (2)을 적분하면 다음 식(4)와 같이 된다.

$$V_{tp}^{(i)} = Q_0 \frac{k_i}{2.3} \quad (4)$$

어떤 주어진 지하수 유출 감수곡선의 시점  $t_0^{(i)}$ 에서 감수가 끝나는  $t_l^{(i)}$ 까지 실제로 유출되는 지하수 총용적은 실제지하수유출량 ( $V_{ag}^{(i)}$ ) 이 되고 식(5)와 같이 표현된다.

$$V_{ag}^{(i)} = \left[ \frac{Q_0 k_i / 2.3}{2.3} \right] - \left[ \frac{Q_0 k_i / 2.3}{10^{t_l^{(i)} / k_i}} \right] \quad (5)$$

또, 시점  $t_0$ 에서  $\infty$ 까지 잠재지하수유출량 ( $V_{tp}^{(i)}$ )과  $t_0$ 에서 감수가 끝나는  $t_l$ 까지의 실제지하수유출량 ( $V_{ag}^{(i)}$ )의 차는 잔여잠재지하수유출량 ( $V_{rp}^{(i)}$ )이라 하며 이 양은 대수층에 남아 있는 지하수 저류량으로서 식(6)과 같이 된다.

$$V_{rp}^{(i)} = \frac{V_{tp}^{(i)}}{10^{t_l^{(i)} / k_i}} \quad (6)$$

그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 지하수 함양량은 어떤 주어진 감수곡선의 종점에서 잔여잠재지하수유출량 ( $V_{rp}$ )을 다음 감수곡선 시점의 잠재지하수유출량 ( $V_{tp}$ )에서 감하여 얻을 수 있으며, 이들은 다음 식(7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} Re(i) &= V_{tp}(i) - V_{tp}(i-1) \\ &= V_{tp}(i) - [V_{tp}(i-1) - V_{ag}(i-1)] \end{aligned} \quad (7)$$

이동률과 윤용남(1996)은 지하수감수곡선을 이용하여 5대강 유역을 대상으로 하여 지하수함양량을 추정하였다. 박창근(1996-1, 1996-2)은 수문곡선으로부터 지하수 유출 곡선을 분리하여 지하수함양량을 산정할 수 있는 기법을 개발하고 5대강 유역에 적용하였다.

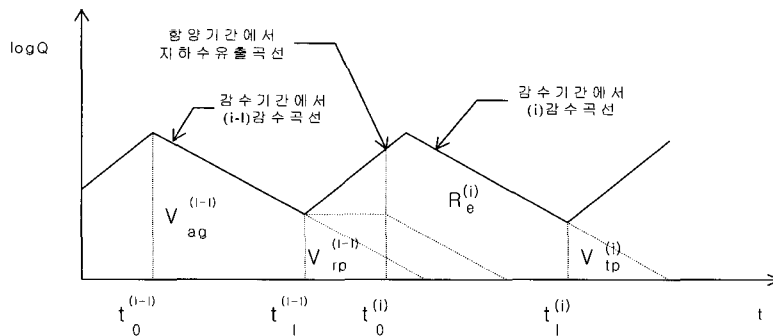


그림 2. 기저유출분리법에 의한 지하수유출량의 산정

위천 NO.5 (1997년 7월 9일 ~ 9월 2일)

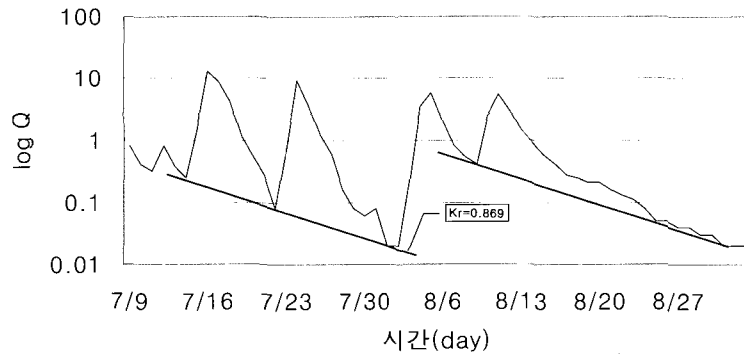


그림 3. 지하수감수곡선 유도

표 1. 지하수감수곡선법을 이용한 연도별 함양량

연도	총강수량(mm)	유출수문곡선	함양률(%)	Kr
1992년	985.9	153.7	17.2	0.925
1993년	1272.9	237.7	18.7	0.958
1994년	626.9	82.8	13.2	0.910
1995년	818.9	97.3	11.9	0.951
1996년	1069.3	135.3	12.7	0.916
1997년	1091.0	142.8	13.1	0.869
평균	977.5	141.6	14.5	0.922

### 3.2 대상 유역에의 적용

강우, 유량 자료를 이용하여 일련의 수문곡선으로 표시한 후 수문곡선을 그림 3과 같이 유량 Q의 대수값 (log Q)을 시간에 따라 표시한 다음 최저 log Q값에 대략적으로 접선을 긋고 그 접선을 이용하여 지하수 감수곡선을 구하였다(이동률, 1995). 그림 3은 1997년 7월 9일에서 9월 2일에 발생한 유출수문곡선으로부터 감수계수를 구한 예를 나타내고 있다. 이 기간 중의 감수계수는 0.869이다.

본 연구에서는 단순호우의 경우는 N-day법을 적용하였고 복합강우의 경우는 지하수감수곡선법을 이용하여 지하수유출량을 산정하였다. 유출수문곡선을 이용하여 함양량을 산정한 결과는 다음과 같다(표 1).

계산 결과에 의하면 지하수 감수상수는 최대 0.958이고 최소 0.868이며 평균은 0.922를 나타내었다. 계산 기간 중 지하수 함양률이 최저인 해가 1995년으로 11.9%이며, 최대의 함양률이 발생한 해가 1993년으로 18.7%이었다. 년 평균 함양량은 141.6mm로 14.5%의 평균 함양률을 나타내었다.

### 4. SCS-CN 방법에 의한 함양량 산정

#### 4.1 이론적 배경

미국토양보전국(SCS)은 유출량과 토양의 관련자료를 광범위하게 수집·분석하고 강우와 유출의 관계식을 유도하여 소유역에 대한 유출량 산정방법인 SCS-CN (SCS curve-number) 방법을 제시하였다(Soil Conservation Service, 1969).

SCS-CN 방법의 기본가정은, (1) 초기손실  $I_a$ 가 만족되어야 한다. 초기손실은 주로 차단, 표면저류 그리고 침투로 구성되어진다. (2) 실제로 흙으로 흡수되는 물의 양과 흙이 최대로 저류할 수 있는 양(S)과의 관계는 강우로부터 발생하는 직접유출량과 초기손실을 제외한 강우량과의 관계와 같다.

이러한 관계는 식(8)과 같이 나타내어진다.

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (8)$$

여기서, S는 유역특성값으로 강우시 차단, 지표저류,

토양저류 등에 의한 최대저류능이다. F는 실제저류량(actual storage), Q는 직접유출에 해당하는 유효우량, 그리고 P는 강우량이다.  $I_a$ 는 초기손실(initial abstraction)로서  $I_a = aS$ 로 표현할 수 있다.

한편, 물수지식에 의하여 F는 다음 식 (9)와 같이 표현된다.

$$F = P - I_a - Q \quad (9)$$

위의 식을 Q에 대하여 정리하면 식(10)이 된다.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (10)$$

SCS는  $I_a = 0.2S$ 로 나타내었다. 0.2S는 강우가 시작되고 유출이 발생하기 이전까지 일어나는 손실이고 0.8S는 차단, 침투, 증발산, 저류 등을 포함한 손실이다. 그러므로 식(11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (11)$$

$$P \leq 0.2S \quad Q = 0$$

이식은 변수가 S하나이므로 미계측유역에서의 강우별 직접유출량산정에 이용될 수 있다. 흙이 완전히 포화되기 위한 최대저류량 S는 유역의 SVL(soil, vegetation, land-use)과 선행토양함수에 의해 결정된다. 각각의 SVL에는 S의 상한선과 하한선이 존재한다. 한 유역의 유출능력을 표시하는 변수CN을 식(12)와 식(13)과 같이 S의 함수로 정의함으로써 유출에 미치는 S의 효과를 간접적으로 고려하게 되었다.

$$CN = \frac{25,400}{S + 254} \quad (12)$$

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254(mm) \quad (13)$$

CN은 SVL의 관계에 의하여 얻어지는 0~100 사이의 값으로 토양과 작물을 포함한 식생, 그리고 토지이용상태에 의하여 유도되어진다. CN = 100 일 경우, S = 0 가 되므로 Q = P 이다. S → ∞ 일 경우, CN = 0 이므로 Q = 0 이다.

한편, Aron et al.(1977)과 Hjelmfelt(1980) 등은 이상의 식에서 실제저류량 F가 강우 중 누가침투량과 같다고

하였으며 F를 다음 식(14)와 같이 유도하였다.

$$F = \frac{(P - 0.2S)S}{P + 0.8S} \quad (14)$$

각 강우사상별 침투량은 바로 지하수함양량으로 볼 수 있으므로 장기간의 침투량을 누계하여 같은 기간의 강우량과 비교하면 지하수함양율을 산정 할 수 있다.

CN값의 산정은 SCS방법을 사용하여 토지피복, 수문학적 토양군, 그리고 선행함수조건을 고려하여 결정되어진다.

근래 SCS-CN방법을 사용하여 지하수 함양량을 산정하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 김경호 등(1998)은 충북 청원군 북일면 초정리 소유역을 대상으로 SCS-CN방법을 사용하여 지하수 함양량을 산정하였다. 박재성 등(1999)은 충북 초정 소유역을 대상으로 물수지분석법, SCS-CN방법, 지하수위 강하곡선법, 유출수 문곡선법으로 지하수 함양량을 산정하여 비교·분석하였다. 정영훈(2000) 등은 미원면의 지하수 함양량을 SCS-CN방법으로 산정하였다.

#### 4.2 수문학적 토양군

SCS-CN방법을 이용하여 지하수 함양량을 산정하기 위해 CN값을 구하기 위해서 고려되어야 할 사항으로는 흙의 종류, 토지의 사용용도, 흙의 초기 함수상태이다. SCS에서는 흙의 종류에 대하여 유출을 발생시킬 수 있는 능력에 따라 A, B, C, D의 네가지로 분류하였다.

김경탁(2003)은 SCS-CN방법에 이용되는 개략토양도와 정밀토양도의 적용성을 비교·분석하였다. 그 결과 개략토양도보다 정밀토양도가 실무에서 더욱 효율적이고 정확성을 가진다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 정밀토양도를 이용하였다.

본 연구에서는 농업과학기술원에서 제작된 1:25,000 정밀토양도를 사용하여 수문학적 토양군으로 분류하였다(그림 4). 표 2는 정밀토양도를 이용하여 수문군을 분류하여 결과를 나타낸 것이다.

본 연구에서 사용된 토지 피복도는 환경부에서 제공 받은 토지피복도(Landsat TM 영상을 이용하여 제작)를 건설기술연구원에서 위천 유역경계를 이용하여 Clipping한 자료를 사용하였다(그림 5). 본 연구 대상지역의 경우 표 3과 같이 산림지역이 전체면적의 92%가량 차지하며 전형적인 산악지형이며 수문학적 토양군 A, B, C가 비교적 비슷한 면적을 가지는 것을 알 수 있다(그림 6).

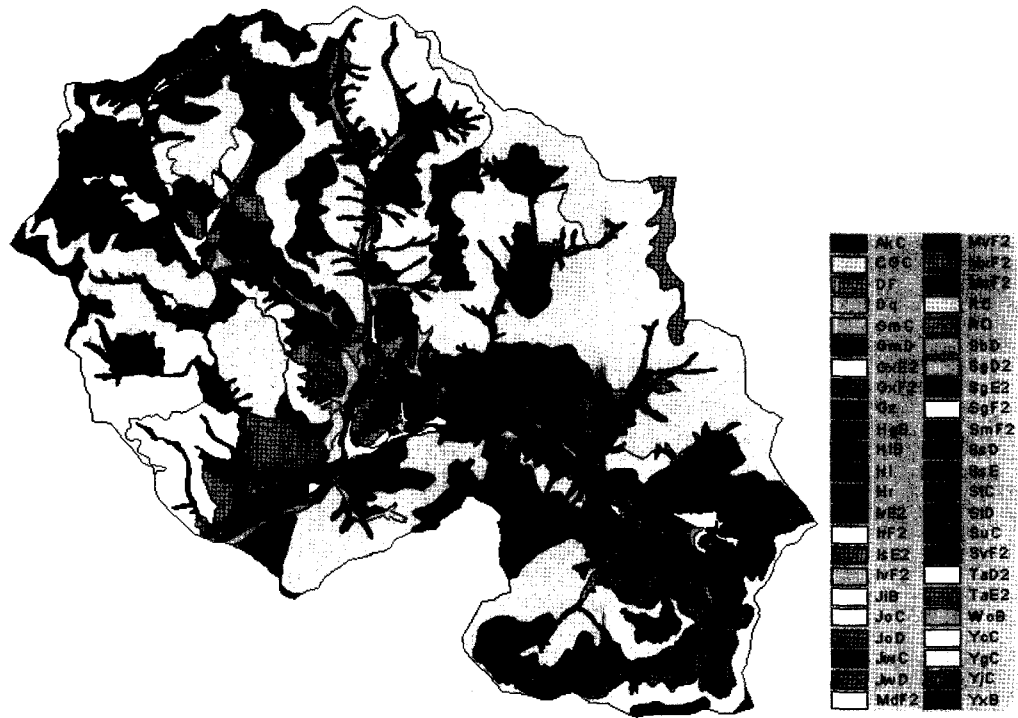


그림 4. 연구대상지역의 정밀토양도

표 2. 정밀토양도의 수문군 분류표

SOIL SYMBOL	수문군분류군	SOIL SYMBOL	수문군분류군
AkC	C	MvF2	C
CGC	C	MxF2	D
DF	A	MzF2	B
Dq	A	RC	A
GmC	C	RO	D
GmD	C	SbD	B
GxE2	B	SgD2	A
GxF2	B	SgE2	A
Gz	A	SgF2	A
HgB	B	SmF2	A
HIB	C	SsD	B
Hl	A	SsE	B
Hr	A	StC	B
IrE2	A	StD	B
IrF2	A	SuC	A
IsE2	A	SvF2	A
IvF2	A	TaD2	B
JiB	C	TaE2	B
JoC	A	WoB	A
JoD	A	YcC	D
JwC	D	YgC	D
JwD	D	YjC	C
MdF2	C	YxB	B

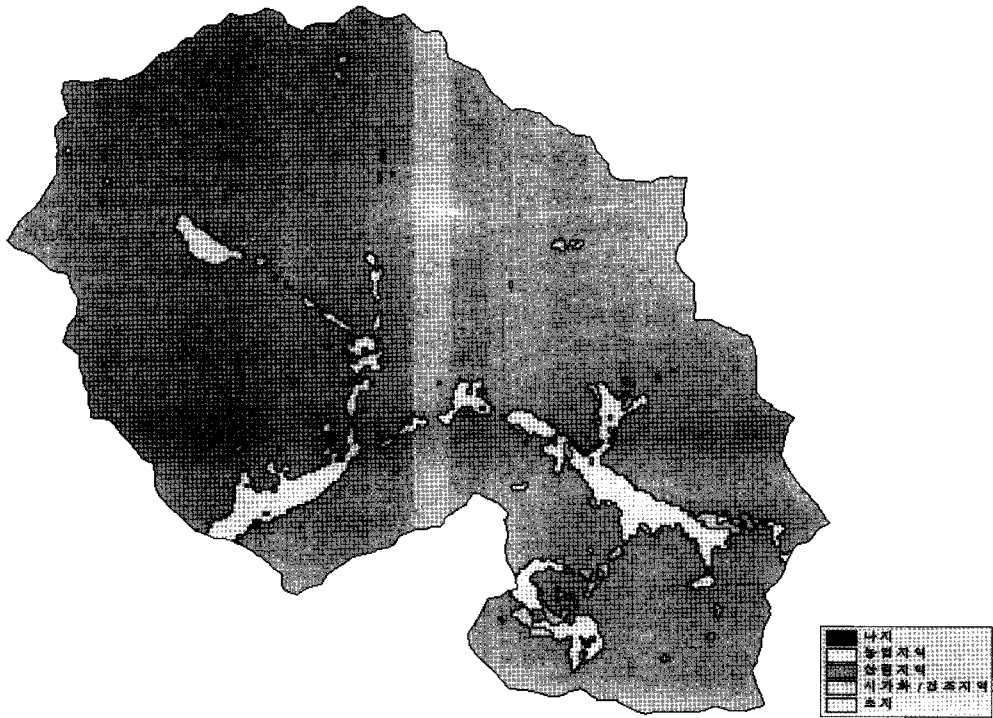


그림 5. 연구대상지역의 토지피복도

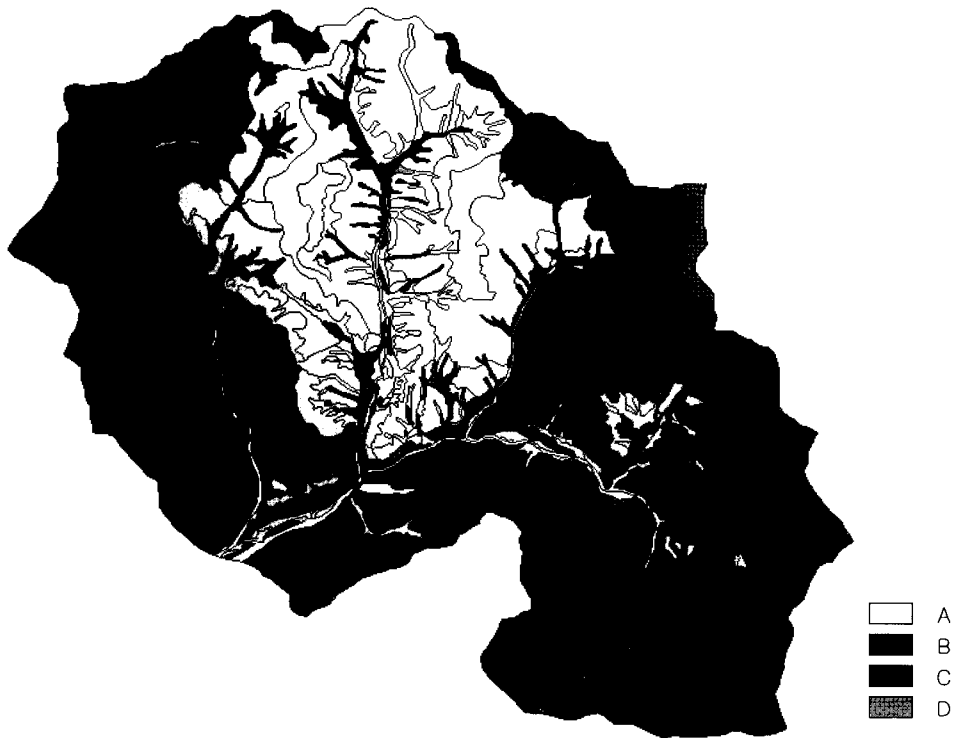


그림 6. 연구대상지역의 수문학적 토양군

표 3. 대상유역 CN값 산정 결과

	A		B		C		D		총면적 (km <sup>2</sup> )
	면적(km <sup>2</sup> )	CN	면적(km <sup>2</sup> )	CN	면적(km <sup>2</sup> )	CN	면적(km <sup>2</sup> )	CN	
산림지역	13.86	47	12.20	68	15.97	79	0.91	86	42.94
농업지역	0.84	63	0.79	74	1.07	82	0.23	85	2.93
초지	0.08	50	0.24	69	0.15	79	0.03	84	0.50
나지	0.01	77	-	86	-	91	-	94	0.01
시가화	0.01	58	-	73	0.01	82	-	86	0.02
총면적(km <sup>2</sup> )	14.80	-	13.23	-	17.20	-	1.17	-	46.40

표 4. 선행토양함수조건(AMC)

선행토양함수조건			
I	P5 < 12.70	P5 < 35.56	Lowest runoff potential
II	12.70 < P5 < 27.94	35.56 < P5 < 53.34	Average runoff potential
III	P5 < 27.94	P5 < 53.34	Highest runoff potential

### 4.3 대상지역의 CN값의 산정

CN값 산정 방법은 정밀토양도를 이용하여 구하여진 수문학적 토양군의 결과와 토지피복도를 이용하여 구해진 피복항목에 대하여 각 면적당 CN값을 구하였다. 대상유역에 대한 CN값은 표 3과 같다.

### 4.4 대상유역 유효우량 산정

SCS에서 기준으로 삼고 있는 선행토양함수조건은 1년을 성수기와 비성수기로 나누어 각 경우에 대하여 다음과 같은 3가지 조건으로 구분한다(표 4).

AMC-I은 AMC-III의 경우보다 5일 선행 강우량이 적으므로 침투량이 많아 유출율은 작아질 것이며 AMC-III의 경우는 반대로 유출율이 커지게 된다. 따라서 이를 감안하여 다음식을 이용하여 유출곡선지수 CN(I), CN(II), CN(III)로 구분하여 강우자료를 이용한다.

$$AMCII: CN_{II} = \frac{25,000}{S+254}$$

$$AMCI: CN_{I} = \frac{CN_{II}}{2.281 - 0.01281 CN_{II}}$$

$$AMCIII: CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.427 + 0.00573 CN_{II}}$$

### 4.5 지하수함양량 산정

본 연구에서는 IHP 위천 유역내의 소유역을 대상으로 SCS-CN방법을 이용하여 지하수 함양량을 산정하였다. 전체 CN값에 지배적인 산림지역에서의 CN값은 AMC-II조건하에서 각각 47, 68, 79로 나타났다(배덕효 등, 2003). 함양량 산정에 있어 대상지역의 평균 CN값을 사용하지 않고 피복항목과 수문학적토양군 각각의 면적에 대하여 함양량을 산정하여 전체면적에 대한 가중치를 적용하여 함양량을 산정하였다. 연구대상지역의 함양량 산정결과는 표 5와 같다. 계산 결과에 의하면 지하수함양률이 가장 적은 해는 가뭄이 극심했던 1994년의 7.9%이며 가장 많이 지하수 함양률이 발생한 해는 1997년의 20.9%임을 나타내고 있다. 년 평균 147.4mm의 함양이 일어나며 함양률은 15.1%임을 나타내고 있다.



표 5. SCS-CN법에 의한 연도별 함양량

년도	강수량(mm)	함양량(mm)	함양률(%)
1992년	985.9	112.5	12.6
1993년	1272.9	227.6	17.9
1994년	626.9	49.5	7.9
1995년	818.9	82.4	10.0
1996년	1069.3	184.1	17.2
1997년	1091.0	228.3	20.9
평균	977.5	147.4	15.1

### 5. 결 론

유출수문곡선의 기저유출분석법과 SCS-CN방법을 이용하여 IHP의 유역중 하나인 위천 유역내의 소유역을 선택하여 갈수년과 풍수년이 존재하는 기간 중의 지하수 함양량을 산정하고 그 결과를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유출수문곡선의 기저유출분석법으로 구한 년 평균 지하수 함양량은 141.6mm이며 년 평균 함양률은 14.5%이다. 년 지하수함양량의 변화 범위는 82.8~237.7mm로 함양률은 11.9~18.7%이다.
2. SCS-CN방법을 이용하여 구한 년 평균지하수 함양량은 147.46mm이며 년 평균 함양률은 15.1%이다. 년 지하수함양량의 변화 범위는 49.5~228.3mm로 함양률은 7.9~20.9%이다.
3. 기저유출분석법으로 구한 년 지하수 함양량의 값이 SCS-CN방법을 이용하여 구한 값보다 변화 폭이 상대적으로 적다.
4. 기저유출분석법과 SCS-CN방법을 이용하여 구한 년 평균 지하수 함양량과 함양률은 비슷하나 동일 년도의 함양량 간에는 많은 차이가 발생하고 있다. 따라서 이들 방법을 이용하여 산정된 지하수 함양량을 이용할 시에는 년도별 함양량 보다는 다년간의 지하수함양량을 산정하고 이의 평균값을 이용하는 것이 신뢰성 있는 결과를 얻는데 바람직 할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술 개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-3-1)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

건설교통부 (1983-2003). 국제수문개발계획(IHP) 연구 보고서.

김경탁 (2003). "정밀토양도를 이용한 CN 산정에 대한 제안", **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, Vol. 36, No. 4, pp. 633-645.

김경호, 윤영호, 조재혁 (1998). "SCS-CN 방법에 의한 초정지역의 함양량 산정", **건설기술연구소 논문집**, 충북대학교, Vol. 17, No. 2, pp. 1-15.

김경호, 박재성 (2001). "유출수문곡선 해석에 의한 함양을 산정", **건설기술연구소 논문집**, 충북대학교, Vol. 20, No. 1, pp. 89-96.

박재성, 김경호, 전민우, 김지수 (1999). "소유역의 지하수함양을 추정기법", **한국지하수환경학회지**, 한국지하수환경학회, Vol. 6, No. 2, pp. 76-86.

박창근 (1996-1). "우리나라 지하수 개발가능량 추정: 1. 개념정립과 기법의 개발", **한국지하수환경학회지**, 한국지하수환경학회, Vol. 3, No. 1, pp. 15-20.

박창근 (1996-2). "우리나라 지하수 개발가능량 추정: 2. 5대강 유역에의 적용", **한국지하수환경학회지**, 한국지하수환경학회, Vol. 3, No. 1, pp. 21-26.

배덕효, 이병주, 정일원 (2003). "위성영상 피복분류에 대한 CN값 산정(I)", **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제36권 제6호, pp. 985-997.

이동률 (1995). 지하수 감수곡선을 이용한 지하수 함양량 추정과 장기 갈수량 예측. 박사학위논문, 고려대학교.

이동률, 윤용남 (1996). "우리나라 지하수 함양량 추정과 분석", **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제16권, 제2-4호, pp. 321-334.

정영훈, 김경호 (2000). "SCS-CN 방법에 의한 미원면의 지하수 함양량 추정", **건설기술연구소 논문집**, 충북

대학교, Vol. 19, No. 2, pp. 181-190.  
<http://dataware.kict.re.kr/> (시공간 자료 활용기술 개발)  
Aron, G., Miller, A. and Laktos, D. (1977). "Infiltration Formula Based on SCS Curve Numbers", *Journal of Irrigation and Drain. Div. ASCE*, Vol. 103. No. IR4, pp. 419-427.  
Hjelmfelt, A. T. (1980). "Curve Number Procedures as Infiltration Method", *Journal of Hydraulic. Div.*

ASCE, Vol. 106, No. HY 6, pp. 1107-1111.  
Mayboom, P. (1961). "Estimating Groundwater recharge from stream hydrographs", *Journal of Geophysical Research*, 66(4), pp. 1203-1214.  
Soil Conservation Service (1969, 1971). "Hydrology" in SCS National Engineering Handbook, Section 4.

(논문번호:04-25/접수:2004.03.10/심사완료:2004.04.28)