

소유역의 지하수 함양량 산정

이 승 현(Lee, Seung Hyun)* / 배 상 근(Bae, Sang Keun)**

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. 하지만 그 양이 제한적인 지하수의 무분별한 개발로 인하여 수량고갈, 과잉양수로 인한 지반침하, 해수침입 등의 지하수 재해가 발생되기도 하고 지하수오염으로 인하여 회복이 어려운 경우도 발생하고 있다. 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.

지하수함양량 산정기법은 다양하나 박재성 등(1999), 정영훈(2000) 등이 소유역을 대상으로 SCS - CN방법을 사용하여 지하수 함양량을 산정하였다. 이와같이 근래 SCS-CN방법을 사용하여 지하수 함양량을 산정하는 연구가 많이 이루어지고 있으며 SCS-CN방법이 유역의 지하수함양량을 산정할 수 있는 하나의 방법으로 자리매김을 시작하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 SCS-CN방법을 이용하여 국제수문개발계획(IHP)의 유역중 하나인 위천유역내에 위치하는 소유역을 선정하여 갈수년과 풍수년이 기간내에 존재하고 강수량과 유출량에 대한 자료의 확보가 가능한 1992년부터 1999년 간의 기간 중의 지하수 함양량을 산정하였다.

2. 연구대상유역

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 46.4km², 유로연장은 8.0km, 유역 중심장은 4.0km, 유로의 평균 경사는 0.0775이다. 연구대상기간 중의 연평균 강수량은 1030mm였다.

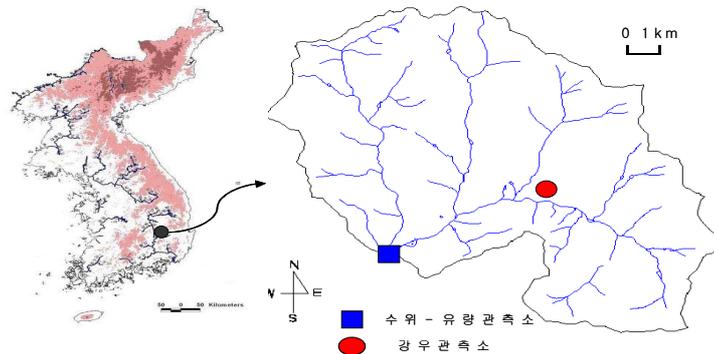


그림 1. 연구대상유역의 수역도

* 계명대학교 대학원 토목공학과 석사과정
** 계명대학교 공과대학 토목공학과 교수
Professor, Dept. of Civil Engineering, Keimyung Univ., Daegu 704-701, Korea
skbae@kmu.ac.kr

3. SCS-CN 방법

3.1 이론적배경

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

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 유출곡선지수(CN, runoff curve number)라는 변수를 식(1)과 같이 S의 함수로 정의함으로써 유출에 미치는 S의 효과를 간접적으로 고려하게 되었다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254(mm) \quad (1)$$

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 직접유출에 해당하는 유효우량 = 유역의 강우사상별 총우량이 된다. S → ∞ 일 경우, CN = 0 이므로 Q = 0 이다.

한편, Aron et al.(1977)과 Hjelmfelt(1980) 등은 이상의 식에서 실저류량 F가 강우 중 누가침투량과 같다고 하였으며 F를 다음 식(2)와 같이 유도하였다.

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

식(2)로부터 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.

3.2 수문학적 토양군

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 2). 그림 4는 대상 지역의 수문학적 토양군을 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용된 토지 피복도는 환경부에서 제공받은 토지피복도(Landsat TM 영상을 이용하여 제작)를 건설기술연구원 에서 위천 유역경계를 이용하여 Clipping한 자료를 사용하였다(그림 3).

3.3 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 1과 같다.

표 1. 대상유역 CN값 산정 결과

피복항목	수문학적 토양군								총면적(km ²)
	A		B		C		D		
	면적(km ²)	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 ²)	14.80	-	13.23	-	17.20	-	1.17	-	46.40

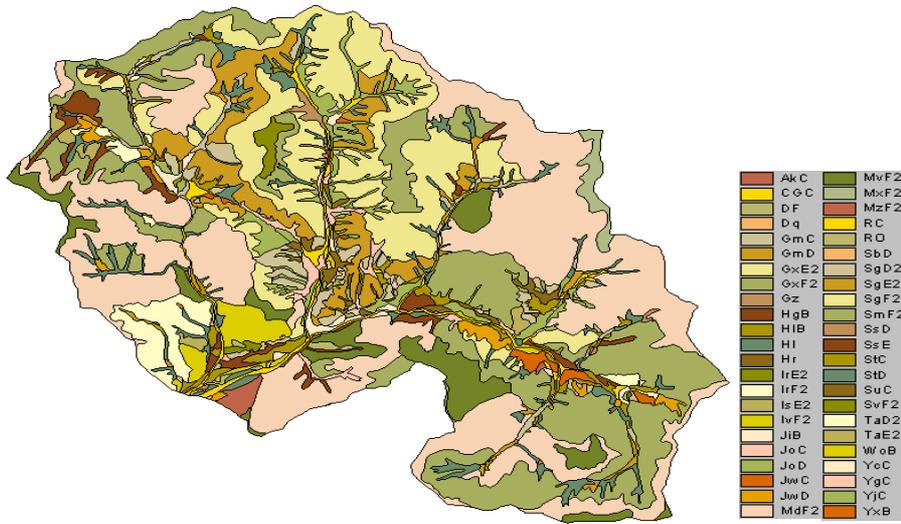


그림 2. 연구대상지역의 정밀토양도

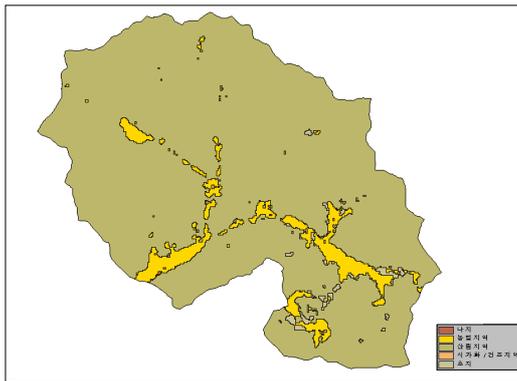


그림 3. 연구대상지역의 토지피복도

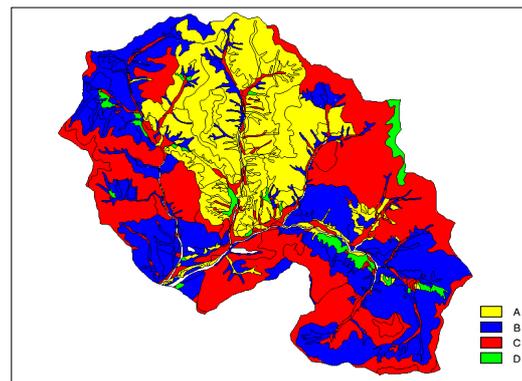


그림 4. 연구대상지역의 수문학적 토양군

4. 지하수함양량 산정 결과

대상 유역의 강우량 자료는 1992년~99년까지의 강우자료를 이용하였다(건설교통부 1992~2000). SCS에서 기준으로 삼고 있는 선행토양함수조건은 1년을 성수기와 비성수기로 나누어 각 경우에 대하여 3가지 조건으로 AMC Group으로 구분한다.

대상유역은 산림지역이 92%에 속하는 산악지대로 수문학적 토양군 A, B, C가 비교적 균일하였으며 전체 CN값에 지배적인 산림지역에서의 CN값은 AMC-II조건하에서 각각 47, 68, 79로 나타났다. 함양량 산정에 있어 대상지역의 평균 CN값을 사용하지 않고 피복항목과 수문학적토양군 각각의 면적에 대하여 함양량을 산정하여 전체면적에 대한 가중치를 적용하여 함양량을 산정하였다. 연구대상지역의 함양량 산정결과는 그림 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 나타내고있다. 년 평균 167.9mm의 함양이 일어나며 함양률은 16.3%임을 나타내고있다(그림 5).

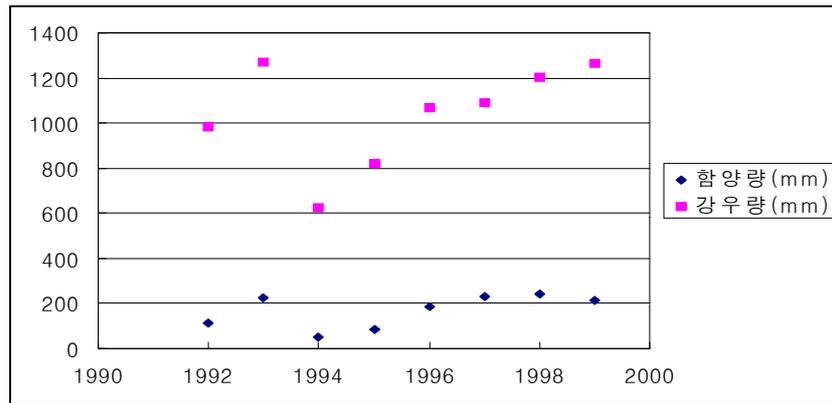


그림 5. SCS-CN법에 의한 연도별 강수량과 함양량

5. 결론

SCS-CN방법을 이용하여 IHP의 유역중 하나인 위천 유역내의 소유역을 선택하여 갈수년과 풍수년이 존재하는 1992년부터 1999년 기간 중의 지하수 함양량을 산정하였다.

SCS-CN방법을 이용하여 구한 년 평균지하수 함양량은 167.9mm이며 년 평균 함양률은 16.3%이다. 년 지하수함양량의 변화 범위는 49.5~243.4mm로 함양률은 7.9~20.9%이다. SCS-CN방법을 이용하여 구한 년 평균 지하수 함양량과 함양률과 함양량 간에는 년도에 따라 많은 차이가 발생하므로 이들 방법을 이용하여 년 평균 지하수 함양량을 산정 할 시에는 다년간의 자료를 이용하여야 정확하고 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본 유역의 지하수함양량을 보다 합리적으로 산정하기 위해서는 다양한 산정기법을 이용하여 지하수함양량을 산정하고 비교 검토하는 것이 바람직하다고 여겨진다.

감사의 글

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

참고문헌

- 건설교통부 (1992-2000). 국제수문개발계획(IHP) 연구보고서.
- 김경탁 (2003). “정밀토양도를 이용한 CN 산정에 대한 제안”, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, Vol. 36, No. 4, pp. 633-645.
- 박재성, 김경호, 전민우, 김지수 (1999). “소유역의 지하수함양을 추정기법”, 한국지하수환경학회지, 한국지하수환경학회, Vol. 6, No. 2, pp. 76-86.
- 정영훈, 김경호 (2000). “SCS-CN 방법에 의한 미원면의 지하수 함양량 추정”, 건설기술연구소 논문집, 충북대학교, 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 Formular 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.
- Soil Conservation Service, “Hydrology” in SCS National Engineering Handbook, 1969, 1971, Section 4.