

## SCS-CN방법을 이용한 평창강 유역의 강수 함양량 산정

이 승 현 · 배 상 근  
계명대학교 토목공학과  
(2004년 5월 24일 접수; 2004년 9월 16일 채택)

### Estimation of Precipitation Recharge in the Pyungchang River Basin Using SCS-CN Method

Seung Hyun Lee and Sang Keun Bae  
Department of Civil Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea  
(Manuscript received 24 May, 2004; accepted 16 September, 2004)

The methodology developed by Soil Conservation Service for determination of runoff value from precipitation is applied to estimate the precipitation recharge in the Pyungchang river basin. Two small areas of the basin are selected for this study. The CN values are determined by considering the type of soil, soil cover and land use with the digital map of 1:25,000. Forest covers more than 94% of the study area. The CN values for the study area vary between 47 in the forest area and 94 in the bare soil under AMC 2 condition. The precipitation recharge rate is calculated for the year when the precipitation data is available since 1990. To obtain the infiltration rate, the index of CN and five day antecedent moisture conditions are applied to each precipitation event during the study period. As a result of estimation, the value of precipitation recharge ratio in the study area vary between 15.2% and 35.7% for the total precipitation of the year. The average annual precipitation recharge rate is 26.4% and 26.8%, meaning 377.9mm/year and 397.5mm/year in each basin.

Key Words : Precipitation, Recharge, SCS-CN

#### 1. 서 론

유역의 토지이용상태, 토지피복도 및 토양특성에 따라 강수시의 침투량에 차이가 발생한다. 강수시에 발생하는 침투량의 크기에 따라 강우 유출 수문곡선이 다르게 된다. 강수시 토양으로 침투한 물은 강하 침투하여 지하수를 함양함으로써 침투량의 크기는 지하수체에도 영향을 미치게 된다. 이와 같이 강수로부터 발생하는 함양량의 파악은 수자원의 체계적인 개발 및 이용을 도모하고 수자원을 최적으로 관리하기 위해서 반드시 필요하다. 이를 위해서는 전국의 중·소유역별 강수함양량이 파악되어 수자원의 개발 및 관리계획에 반영하여 수자원 관리를 해야 한다. 그러나 아직까지 우리나라는 이에 대한 조사가 미흡하여 강수에 의한 함양특성 파악에 필요

한 기초 자료가 부족하고, 함양량 산정기술이 취약하여 중·소유역별 신뢰성 있는 강수함양량이 산정되어 있지 않다.

SCS(미국토양보전국)는 유출량과 토양의 관련 자료를 광범위하게 수집 분석하고 강우와 유출의 관계식을 유도하여 소유역에 대한 유출량 산정방법인 SCS-CN(SCS Curve-Number) 방법을 제시하였다<sup>1)</sup>. Aron et al.<sup>2)</sup>과 Hjelmfelt 등<sup>3)</sup>은 SCS가 개발한 강수시의 직접 유출에 해당하는 유효우량을 산정하기 위한 식에서 실저류량이 강우 중 누가침투량과 같다고 하였으며 각 강우사상별 침투량을 구할 수 있는 식을 유도하였다. SCS-CN방법은 토양의 피복상태와 토지이용상태 및 선행강수량에 따라 유출을 결정짓는 CN지수(유출곡선지수)를 도입하여 함양량을 추정할 수 있다.

김경호 등<sup>4)</sup>은 충북 청원군 북일면 초정리 소유역을 대상으로 정영훈과 김경훈<sup>5)</sup>은 충북 청원군 미원면을 대상으로 지하수 함양량에 대하여 연구하였다. 이승현과 배상근<sup>6)</sup> 그리고 배상근과 이승현<sup>7)</sup>은 위천

Corresponding Author : Sang Keun Bae, Department of Civil Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea  
Phone : +82-53-580-5295  
E-mail : skbae@kmu.ac.kr

소유역을 대상으로 지하수 함양량에 대하여 연구하였다. 이와같이 최근부터 SCS-CN방법을 사용하여 함양량을 산정하는 연구가 이루어지고 있으나 그 수는 적다.

본 연구에서는 SCS-CN방법을 이용하여 IHP(국제수문개발계획)의 유역중 하나인 평창강 유역내의 2곳의 소유역을 선정하여 1990년 이후 자료의 확보가 가능한 기간 중의 강수에 의한 함양량을 산정하고 그 결과를 비교하였다.

## 2. 연구대상유역

연구 대상지역은 IHP<sup>8)</sup>의 평창강 유역내의 장평유량관측소에 속하는 소유역(평창강 N.5)과 이목정유량관측소에 속하는 소유역(평창강 No.6)을 선정하였다(Fig. 1). 본 유역은 차령산맥의 북동부를 차지하고 태백산맥의 서 사면에 위치하는 험준한 산악지대로 넓은 평야의 발달은 거의 없고 평창강에 의하여 그 강안에 충적지가 좁게 발달하여 있다. 산지의 주향은 NNE이고, 최고봉의 표고는 1,350m이며 평창강 하안의 충적지는 해발 250m~400m의 고도에 위치하고 있다. 따라서 지역의 기복량이 최고 1100m에 달하여 산지 사면의 경사가 비교적 급함을 알 수가 있다. 기반암은 화강편마암과 변성암류, 퇴적암류, 화성암류로 이루어져 있어 그 구성이 매우 복잡하다. 평창강 연안 곳곳에는 하안단구의 노두로 보이는 홍적층이 나타난다. 평창강 및 인근 유역에는 11개소의 우량관측소가 설치되어 있으나 대상유역에 영향을 미치는 관측소는 8, 9, 10번 관측소이다(Fig. 1). 대상유역 내의 2곳의 수위관측지점과 3곳의 우량관측소에서 장기간의 강수와 유량측정이 이루어지고 있다. 장평 유량관측소에 속하는 No.5번의 수치지형도상에서 구한 유역면적은 105.31km<sup>2</sup>, 유로연장은 23.0km, 유역 중심장은 12.1km, 유로의 평균경사는 0.02922<sup>8)</sup>이고 연 평균강수량은 1451.6mm였다.

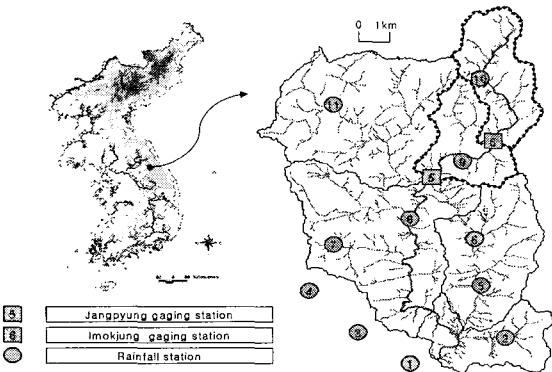


Fig. 1. Study area.

이목정 유량관측소에 속하는 No.6번의 수치지형도상에서 구한 유역면적은 57.52km<sup>2</sup>, 유로연장은 14.5km, 유역 중심장은 6.9km, 유로의 평균경사는 0.04166<sup>8)</sup>이고 연 평균강수량은 1467.7mm였다.

## 3. SCS-CN 방법에 의한 함양량 산정

### 3.1. 이론적 배경

SCS에서는 소유역에 대한 유출량산정을 위하여 유출량과 토양의 관련자료를 광범위하게 수집 분석하고 정리하여 식(1)을 제안하였다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (1)$$

여기서, S는 유역특성값으로 강우시 차단, 지표저류, 토양저류 등에 의한 최대저류능, Q는 직접유출에 해당하는 유효우량 그리고 P는 강우량이다.

한 유역의 유출능력을 표시하는 변수CN을 식(2)와 같이 S의 함수로 정의함으로써 유출에 미치는 S의 효과를 고려할 수 있다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254(mm) \quad (2)$$

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

Aron et al.<sup>2)</sup>과 Hjelmfelt<sup>3)</sup> 등은 실지류량 F가 강우 중 누가침투량과 같다고 하였으며 F를 다음 식(3)과 같이 유도하였다.

$$F = \frac{(P - 0.2S)S}{P + 0.8S} \quad (3)$$

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

### 3.2. 수문학적 토양군

SCS-CN방법을 이용하여 지하수 함양량을 산정하기 위해 CN값을 구하기 위해서 고려되어야 할 사항으로는 흙의 종류, 토지의 사용용도, 흙의 초기 함수상태이다. SCS에서는 흙의 종류를 유출을 발생시킬 수 있는 능력에 따라 A, B, C, D의 네가지로 분류하였다(Table 1).

Table 1. Description of hydrologic groups<sup>9)</sup>

Hydrologic Soil Group	Minimum Infiltration Rate(mm/hr)
A	7.62~11.43
B	3.80~7.62
C	1.27~3.81
D	0~1.27

SCS-CN방법을 이용한 평창강 유역의 강수 함양량 산정

김경탁<sup>10)</sup>은 SCS-CN방법에 이용되는 개략토양도와 정밀토양도의 적용성을 비교·분석하였다. 그 결

과 개략토양도보다 정밀토양도가 실무에서 더욱 효율적이고 정확성을 가진다고 하였다. 따라서 본 연

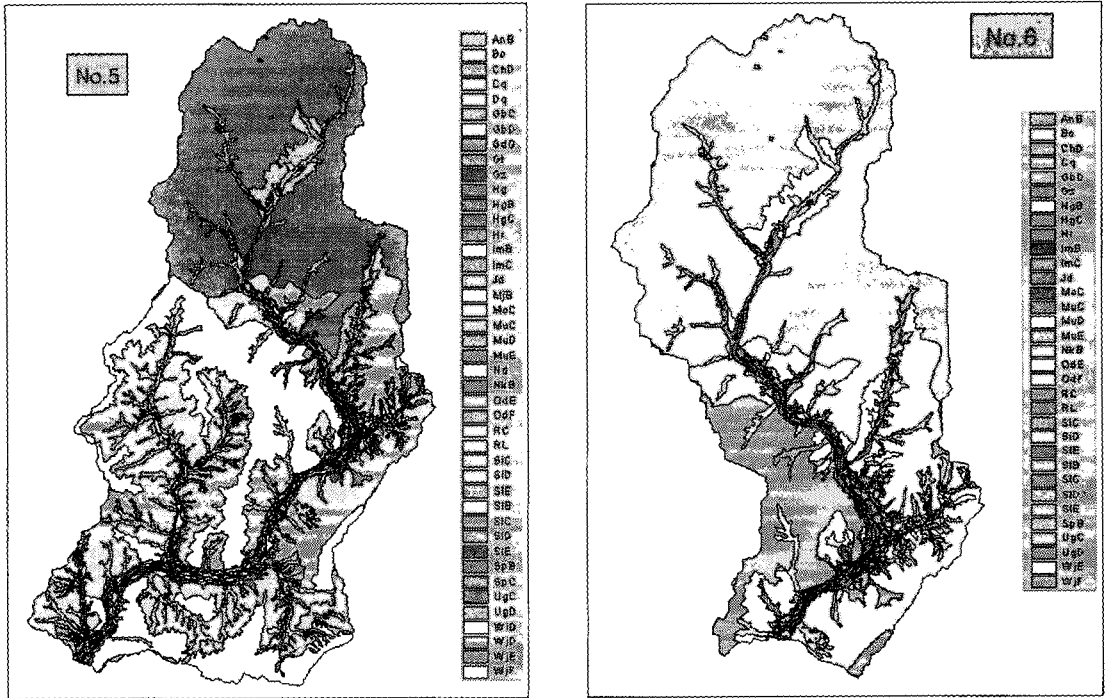


Fig. 2. Detailed soil map of study area.

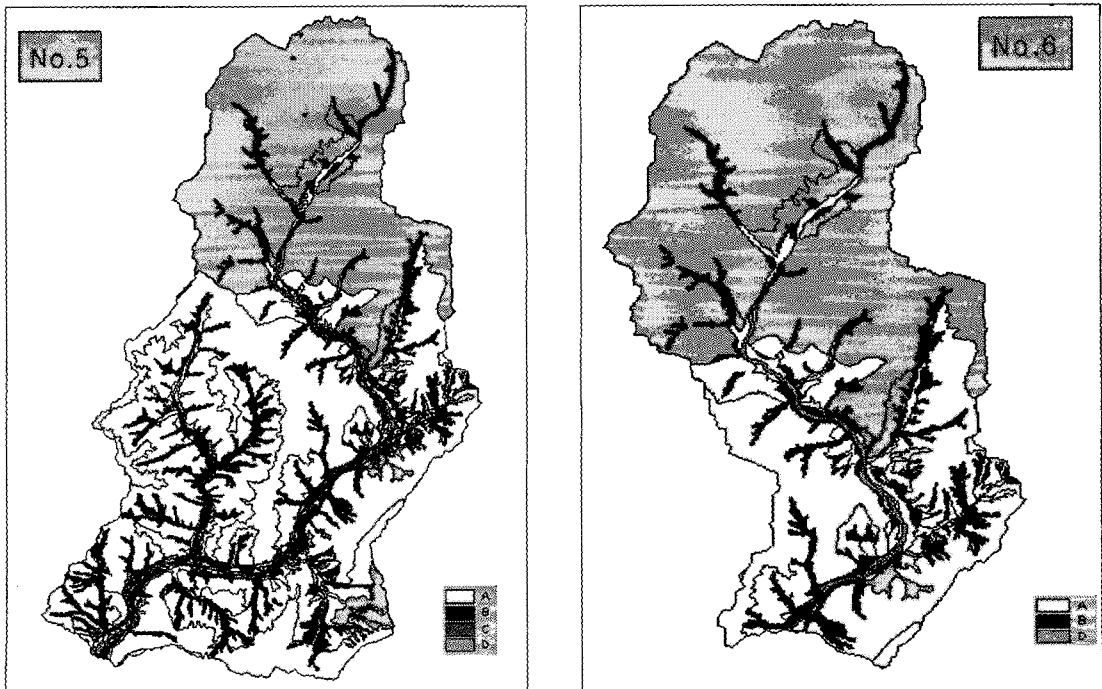


Fig. 3. Hydrological soil groups of study area.

구에서는 정밀토양도를 이용하였다.

본 연구에서는 농업과학기술원에서 제작된 1:25,000 정밀토양도(Fig. 2)를 사용하여 수문학적 토양군으로 분류하였다(Fig. 3). 정밀토양도의 토양기호별 수문학적 분류가 Table 2에 나타나있다.

본 연구에서 사용된 토지 피복도는 환경부에서 제공받은 토지 피복도(Landsat TM 영상을 이용하여 제작)를 건설기술연구원에서 평창강 유역경계를 이용하여 Clipping한 자료<sup>11)</sup>를 사용하였다

(Fig. 4). 연구대상 소유역별 토지피복상태와 수문학적 분류 결과가 Table 3과 Table 4에 나타나 있다.

### 3.3. CN값의 산정

정밀토양도를 이용하여 구하여진 수문학적 토양군의 결과와 토지피복도를 이용하여 구해진 피복항목에 대하여 각 면적당 CN값을 구하였다. 대상유역에 대한 CN값은 Table 5와 같다.

Table 2. Hydrologic soil group of soil symbol

Soil Symbol	Hydrologic Soil Group	Soil Symbol	Hydrologic Soil Group	Soil Symbol	Hydrologic Soil Group	Soil Symbol	Hydrologic Soil Group
AnB	B	HgB	B	Nd	A	SID	B
Bo	A	HgC	B	NkB	A	SIE	B
ChD	B	Hr	A	OdE	D	SpB	B
Cq	B	ImB	B	OdF	D	SpC	B
Dq	A	ImC	B	RC	A	UgC	D
GbC	D	Jd	A	RL	D	UgD	D
GbD	D	MjB	A	SiC	B	WiD	C
GdD	D	MoC	A	SiD	B	WjD	A
Gt	A	MuC	A	SIE	B	WjE	A
Gz	A	MuD	A	SIB	B	WjF	A
Hg	B	MuE	A	SIC	B		

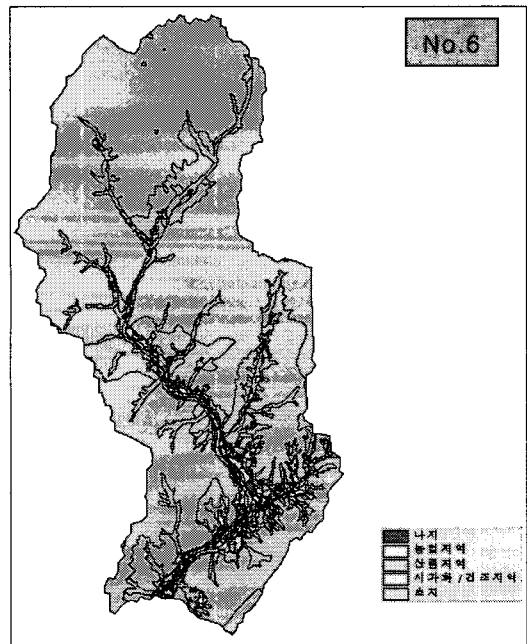
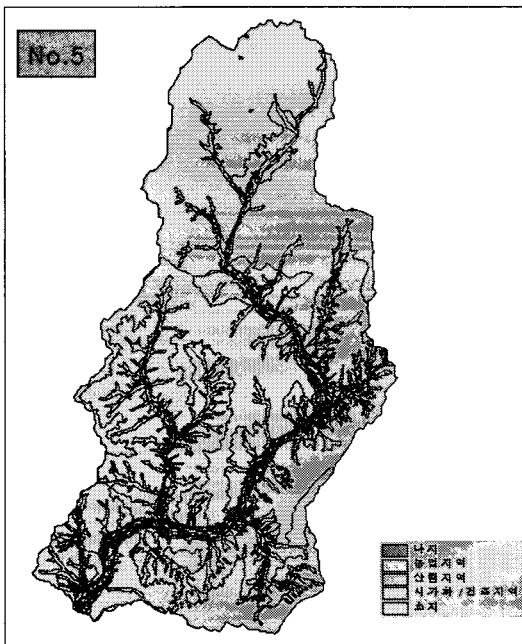


Fig. 4. Land cover complex of study area.

SCS-CN방법을 이용한 평창강 유역의 강수 함양량 산정

Table 3. Classification of land use in Pyungchang River

		Forests	Agricultural	Pasture	Bare Soil	Residential	Total
No.5	Area(km <sup>2</sup> )	98.88	4.55	1.15	0.69	0.04	105.31
	Rate(%)	93.89	4.32	1.09	0.66	0.04	100
No.6	Area(km <sup>2</sup> )	54.38	2.16	0.56	0.39	0.03	57.52
	Rate(%)	94.54	3.76	0.97	0.68	0.05	100

Table 4. Classification of hydrological soil groups in Pyungchang River

	Hydrologic Soil Group	Area(km <sup>2</sup> )	Rate(%)
No.5	A	58.09	55.16
	B	13.57	12.89
	C	0.03	0.03
	D	33.62	31.92
	Total	105.31	100
No.6	A	19.96	34.70
	B	5.64	9.81
	C	0.00	0.00
	D	31.92	55.49
	Total	57.52	100

Table 5. CN values of study area

Land Use Description	Hydrologic Soil Group(Pyungchang River No.5)								Total Area (km <sup>2</sup> )
	A		B		C		D		
	Area(km <sup>2</sup> )	CN	Area(km <sup>2</sup> )	CN	Area(km <sup>2</sup> )	CN	Area(km <sup>2</sup> )	CN	
Forests	55.18	47	11.10	68	0.03	79	32.57	86	98.88
Agricultural	1.93	63	1.83	74			0.79	85	4.55
Pasture	0.53	50	0.42	69			0.20	84	1.15
Bare Soil	0.44	77	0.19	86			0.06	94	0.69
Residential	0.01	79	0.03	86					0.04
Total Area(km <sup>2</sup> )	58.09		13.57		0.03		33.62		105.31
Land Use Description	Hydrologic Soil Group(Pyungchang River No.6)								Total Area (km <sup>2</sup> )
	A		B		C		D		
	Area(km <sup>2</sup> )	CN	Area(km <sup>2</sup> )	CN	Area(km <sup>2</sup> )	CN	Area(km <sup>2</sup> )	CN	
Forests	18.45	47	4.56	68			31.37	86	54.38
Agricultural	1.02	63	0.76	74			0.38	85	2.16
Pasture	0.25	50	0.18	69			0.13	84	0.56
Bare Soil	0.23	77	0.12	86			0.04	94	0.39
Residential	0.01	79	0.02	86					0.03
Total Area(km <sup>2</sup> )	19.96		5.64				31.92		57.52

3.4. 유효우량의 산정

대상 유역의 강우량 자료는 1990년 이후 확보 가능한 년도에 대하여 이용하였다. No.5 유역은 1990

년, 1994~1998년과 2000년까지의 7년간의 자료를 이용하였다. No.6 유역은 1990, 1994~2000년까지의 8년간의 강우자료를 이용하였다. SCS에서 기준으로

Table 6. Antecedent soil moisture conditions

AMC Group	Total 5 day antecedent rainfall, P <sub>5</sub> (mm)	
	Dormant Season	Growing Season
I	P <sub>5</sub> < 12.70	P <sub>5</sub> < 35.56
II	12.70 < P <sub>5</sub> < 27.94	35.56 < P <sub>5</sub> < 53.34
III	P <sub>5</sub> < 27.94	P <sub>5</sub> < 53.34

삼고 있는 선행토양함수조건은 5일 선행강수조건을 1년 중 6월에서 9월간은 성수기로 10월에서 5월간은 비성수기로 나누어 각 경우에 대하여 Table 6과 같은 3가지 조건으로 구분하였다.

3.5. 강수함양량 산정

본 연구에서는 IHP 평창강 유역내의 소유역인 No.5와 No.6유역을 대상으로 SCS-CN방법을 이용하여 강수함양량을 산정하였다. 대상유역은 산림지역이 93% 이상을 차지하는 평창강의 상류지역이다. CN값과 함양량 간에는 선형비례관계가 성립하지 않기 때문에 함양량 산정에 있어 대상지역의 평균 CN값을 사용하지 않고 피복항목과 수문학적토양군 각각의 면적에 대하여 함양량을 산정하여 전체면적

에 대한 가중치를 적용하여 함양량을 산정하였다. 함양량산정은 대상기간의 강수량자료를 일별강우량과 선행강우량 조건별로 분류하여 CN값을 구한 후 식(3)의 함양량 공식에 적용하였다. 연구대상지역의 함양량 산정결과는 Table 7과 같다.

4. 결과 및 고찰

본 연구 대상지역의 경우 Table 3과 같이 두 지역의 산림지역이 전체면적의 93% 이상을 차지하고 있어 강수함양에 산림의 역할이 대단히 크게 기여하는 지역이다. 수문학적 토양군은 No. 5유역에서는 A군이 55.16%로 가장 넓게 분포하고 그 다음이 D군으로 31.92%로 넓게 분포하며 C군은 분포면적이 대단히 적음을 나타내고 있다(Table 4). No. 6유역에서는 D군이 55.49%로 가장 넓게 분포하고 그 다음이 A군으로 34.70%로 넓게 분포하며 C군은 분포면적이 없음을 나타내고 있다.

두 유역에서의 CN값은 47~94사이에 분포하며 47과 86값이 산림지역의 A군과 D군으로 대부분을 차지하고 있음을 나타내고 있다(Table 5).

함양량 산정결과(Table 7)에 의하면 No.5유역에

Table 7. Annual recharge by SCS-CN method

Pyungchang River No.5			
Year	Precipitation(mm)	Recharge(mm)	Recharge Rate(%)
1990	1936.8	294.4	15.2
1994	1044.6	271.0	26.0
1995	1464.9	571.3	39.0
1996	1048.2	213.1	20.3
1997	1585.8	524.0	33.0
1998	1629.2	556.0	34.1
2000	1311.1	215.5	16.4
Average	1431.5	377.9	26.4
Pyungchang River No.6			
Year	Precipitation(mm)	Recharge(mm)	Recharge Rate(%)
1990	1936.4	384.4	19.9
1994	1088.0	278.1	25.6
1995	1421.3	494.4	34.8
1996	1075.3	245.5	22.8
1997	1607.3	573.9	35.7
1998	1678.9	414.4	24.7
1999	1466.8	484.8	33.1
2000	1586.4	304.8	19.2
Average	1482.6	397.5	26.8

서는 연 평균 강우량이 1431.5mm이고 연 평균 함양량이 377.9mm로 연 평균 강수에 의한 함양률은 26.4%이다. 함양률은 1990년에 15.2%로 최저이고 1995년에 39.0%로 최대이다. No.6유역에서는 연 평균 강우량이 1482.6mm이고 연 평균 함양량이 397.5mm로 연 평균 강수에 의한 함양률은 26.8%이다. 함양률은 2000년에 19.2%로 최저이고 1997년에 35.7%로 최대이다. No.5유역이 No.6유역을 포함하며 No.6유역의 유역특성상 No.5유역보다 함양률이 적을 것이나 1999년의 함양률이 크기 때문에 두 유역의 함양률이 비슷하게 나타난 것을 나타내고 있다. No.5유역에서의 함양량의 표준편차는 164.52mm이고 No.6유역에서는 116.2mm이다.

강수 함양률이 년도별로 많은 차이가 발생함으로 강수에 의한 함양량은 유역특성 뿐만 아니라 강수 특성에도 많은 영향을 받음을 나타내고 있다. 그러나 장기간의 유역별 연 평균 함양량과 함양률의 차이는 크지 않음으로 강수 함양량을 산정 할 시에는 정확한 자료의 확보와 다년간의 자료를 이용하여야 정확하고 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

## 5. 결 론

평창강 유역내의 2개의 소유역을 선정하여 자료 확보가 가능한 1990년 이후의 기간에 대하여 강수 함양량을 산정하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) No.5 유역에서는 연 평균강수량 1431.5mm에 대하여 연 평균 함양량은 377.9mm로 26.4%의 연 평균 함양률을 나타내었다.
- 2) No.6 유역에서는 연 평균강수량 1482.6mm에 대하여 연 평균 함양량은 397.5mm로 26.8%의 연 평균 지하수 함양률을 나타내었다.
- 3) No.6유역이 No.5유역의 상류에 위치하고 강수량과 강수량과 함양량이 많으나 함양률은 비슷함을 나타내고 있다.
- 4) 함양량의 표준편차가 유역의 강수특성에 따라 상당히 크다.
- 5) 연 평균 함양량과 함양률이 년도별로 많은 차이가 발생함으로 강수에 의한 함양량은 유역특성 뿐만 아니라 강수특성에도 많은 영향을 받음을 나타내고 있다.

- 6) 강수 함양량을 산정 할 시에는 정확한 자료의 확보와 다년간의 자료를 이용하여야 정확하고 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술 개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-3-2)에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- 1) Soil Conservation Service, 1969, 1971, Hydrology in SCS National Engineering Handbook, Section 4.
- 2) Aron, G. A. Miller and D. Laktos, 1977, Infiltration Formular Based on SCS Curve Numbers, Journal of Irrigation and Drain. Div. ASCE, 103(4), 419-427.
- 3) Hjelmfelt, A. T., 1980, Curve Number Procedures as Infiltration Method, Journal of Hydraulic. Div. ASCE, 106(6), 1107-1111.
- 4) 김경호, 윤영호, 조재혁, 1998, SCS-CN 방법에 의한 초정지역의 함양량 산정, 건설기술연구소 논문집, 충북대학교, 17(2), 1-15.
- 5) 정영훈, 김경호, 2000, SCS-CN 방법에 의한 미원면의 지하수 함양량 추정, 건설기술연구소 논문집, 충북대학교, 19(2), 181-190.
- 6) 이승현, 배상근, 2003, SCS-CN 방법을 이용한 위천유역의 지하수함양량 산정, 환경과학논집, 계명대학교, 8(1), 177-183.
- 7) 배상근, 이승현, 2004, 소유역의 지하수함양량 산정, 2004년도 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 135(1-4), 397-406.
- 8) 건설교통부, 1983, 1990~2003, 국제수문개발계획(IHP) 연구보고서.
- 9) Gupta, R. S., 1989, Hydrology and Hydraulic Systems, 739pp.
- 10) 김경탁, 2003, 정밀토양도를 이용한 CN 산정에 대한 제안, 한국수자원학회지, 36(4), 633-645.
- 11) 한국건설기술연구원, 시공간 자료 활용기술 개발, <http://dataware.kict.re.kr/>.