

수문모니터링과 물수지법을 이용한 농업용 저수지 유역 유출곡선번호 추정

Estimation of Runoff Curve Number for Agricultural Reservoir Watershed Using Hydrologic Monitoring and Water Balance Method

윤 광 식* · 김 영 주* · 윤 석 군** · 정 재 운** · 한 국 현***

Yoon, Kwang Sik · Kim, Young Joo · Yoon, Suk Gun · Jung, Jae Woon · Han, Kuk Heon

Abstract

The rainfall-runoff potential of Jangseong reservoir watershed was studied based on SCS (Soil Conservation Service, which is now the NRCS, Natural Resources Conservation Service, USDA) runoff curve number (CN) technique. Precipitation and reservoir operation data had been collected. The rainfall-runoff pairs from the watershed for ten years was estimated using reservoir water balance analysis using reservoir operation records. The maximum retention, S , for each storm event from rainfall-runoff pair was estimated for selected storm events. The estimated S values were arranged in descending order, then its probability distribution was determined as log-normal distribution, and associated CNs were found about probability levels of $Pr=0.1, 0.5, \text{ and } 0.9$, respectively. A subwatershed that has the similar portions of land use categories to the whole watershed of Jangseong reservoir was selected and hydrologic monitoring was conducted. CNs for subwatershed were determined using observed data. CNs determined from observed rainfall-runoff data and reservoir water balance analysis were compared to the suggested CNs by the method of SCS-NEH4. The CN_{II} measured and estimated from water balance analysis in this study were 78.0 and 78.1, respectively. However, the CN_{II} , which was determined based on hydrologic soil group, land use, was 67.2 indicating that actual runoff potential of Jangseong reservoir watershed is higher than that evaluated by SCS-NEH4 method. The results showed that watershed runoff potential for large scale agricultural reservoirs needs to be examined for efficient management of water resources and flood prevention.

Keywords : Runoff, Runoff Curve Number, Agricultural Reservoir, Watershed, Jangseong Reservoir

* 전남대학교 농업생명과학대학
(농업과학기술연구소)
** 전남대학교 대학원
*** 농업과학기술원 환경생태과
* Corresponding author. Tel.: +82-62-530-2158
Fax: +82-62-530-2159
E-mail address: ksyoon@chonnam.ac.kr

I. 서 론

환경과 생태보존 등의 문제로 신규 수자원개발은 사실상 어려운 상황에 직면하고 있다. 반면에 하천 부지를 활용한 다양한 지역축제 등 지역 활성화 사업의 전개와 함께 녹지 및 수변공간의 효율적 활용에 대한 요구 증가로 하천유지용수와 환경용수에 대한 수요가 크게 증가하고 있어 댐 송상 등 기존 시설의 효율적인 운영·이용에 대한 논의의 필요성이 제기되고 있다. 또한, 최근 기상이변으로 한·수해가 빈번해짐에 따라 수자원개발과 이수 및 치수 기능을 담당하는 수리시설물의 적절한 운영과 유지관리의 필요성이 증가하고 있다. 특히, 영산강 유역의 대규모 농업용 저수지들은 영산강의 유황과 생태계에 큰 영향을 미치고 있으며 최적의 수자원관리 필요성이 증대하고 있다.

한편, 국내 대부분의 농업용 저수지의 경우 수문 및 유출특성자료가 없어 효율적인 운영관리를 하기에는 자료기반이 미약한 실정이다. 저수지 유역으로부터 유입 유량의 측정은 다수의 지천을 조사하여야 전체 유입량을 알 수 있다는 점과 저수지 수위 변동으로 인하여 측정지점의 유량 조사의 어려움을 내포하고 있다. 따라서, 설계시 유역 유출능(runoff potential)과 실제 유출능이 어느 정도 차이가 있는지 파악하는데 어려움이 따르고 있다.

농업용 저수지 및 수리 구조물의 설계와 합리적인 운영을 위해서는 대상 유역의 유출 거동에 대한 적절한 예측이 필요하기 때문에 강우-유출 관계에 기초하여 개발된 유출모형에 의해 유출량을 산정하게 된다. 이 중 미국의 SCS (US Soil Conservation Service, 현재는 NRCS, Natural Resources Conservation Service)가 개발한 유출곡선번호(Curve Number, 이하 CN) 방법은 농업용 수리구조물 설계와 일 직접유출의 산정에 많이 이용되는 유출량 추정방법 중 하나이다.

유출곡선번호(CN)은 미국의 농업유역 중 수문학적 토양, 식생피복형이 균질한 소유역의 연 홍수량 관

측치의 평균적인 강우-유출관계로부터 결정한 0~100 범위의 값을 갖는 경험적인 지수이다(SCS, 1972).¹⁴⁾ CN법은 토양, 식생피복상태, 선행수분조건(AMC, Antecedent Moisture Condition) 등이 동일한 수문단위에 대한 값이 결정되고, 저류매개변수를 구하여 강우-유출관계로부터 유효우량 또는 직접 유출고를 산정한다(SCS, 1972).¹⁴⁾ 이 방법은 수리구조물 설계를 위한 설계강우량으로부터 홍수량을 추정하는 방법으로 많이 이용되고 있을 뿐만 아니라 (Yoon, 1991; Sonu et al., 1977; Kim, 1989; Kim et al., 1995),^{17),15),8),10)} 일 강우량을 이용하여 일 직접유출을 산정하는 방법으로도 사용되고 있다 (Choi et al., 2002).¹¹⁾ 또한, 많은 유출 또는 비점오염모형에서 직접유출을 추정하기 위해 CN법을 택하고 있다.

CN은 수문학적 토양-식생피복형이 동일한 경우에도 경종 방법, 수문학적 조건 등에 따라 변화하며, 유역의 침투손실 등의 경험적인 관계를 나타내고 있다. 미계측 유역의 유출량의 추정에 있어서 이 방법의 적용성이 높은 것은 CN법이 수문학적 토양군, 토지피복 및 이용, 그리고 선행수분조건 만으로도 유역의 수문특성을 적절히 표시할 수 있는 까닭이다.

이와 같은 CN법을 우리나라의 미계측 유역에 적용하기 위해서는 유역의 CN값을 정확히 추정해야 할 것이다. 그러나 CN은 밭, 초지, 경사지 등을 포함하는 미국의 토지이용상태에 대해서는 잘 제시되어 있으나, 우리나라의 논이나 산림과 같은 토지이용형태에 대해서는 적절한 값이 주어지지 않았다. 따라서 CN 방법을 사용하기 위해서는 강우-유출 자료로부터 CN을 역으로 산정하여 유역에 알맞은 값을 계산한 후 사용하는 것이 보다 적절할 것으로 사료된다. 외국에서 이루어진 강우-유출자료에 의한 CN의 결정방법은 대상 유역의 규모나 자료구득 방법 등에 따라 강우 침투계에 의한 방법, 유출시험포의 자료에 의한 방법(Yoo et al., 1993),¹⁶⁾ 유역의 강우-유출자료에 의한 방법(Hjelmfelt et al.,

1982; Hauser and Jones, 1991)^{5),3)} 등으로 구분할 수 있다.

국내에서 Im 과 Park(1997)⁶⁾ 은 논에서의 수문특성을 측정하고, 강우-유출 자료로부터 논의 최대잠재저류량의 확률적 특성을 분석하여, 선행강우 조건에 따른 CN을 추정하였다. Kim(1989)⁸⁾은 경기도 화성군 반월면 반월저수지를 대상으로 실측된 강우-유출관계로부터 결정된 CN값과 SCS에서 추천한 토양 및 피복 등 지상인자를 이용하여 추정된 CN값을 비교하였다. Kim et al.(1997)¹¹⁾은 유역이 가장 건조한 상태의 CN을 강우-유출모형인 DAWAST 모형의 유역 최대잠재저류능인 U_{max} 로부터 구하는 방법을 제시하였다. 이 매개변수 U_{max} 는 우리나라 유역에서 관측된 일별 강우-유출량 자료를 최적화 기법으로 보정하여 구했으므로 이로부터 추정된 CN은 우리나라의 유역특성이 반영되었다고 하였다.

본 연구는 영산강 수계에 위치한 장성호를 대상으로 ① 유역의 강우-유출 자료로부터 CN값을 산정하고, ② SCS-NEH4 방법에 따라 산정된 장성호 전체유역의 대표 CN 값과 강우-유출 자료로부터 얻어진 CN값을 비교하여 SCS-NEH4 방법에 의해 산정된 농업용 저수지 유역의 유출능과 실제 유출능의 차이를 검토하는것을 목적으로 하였다.

II. 연구 방법

실측 자료로부터 CN값을 산정하기 위해서는 유역의 장기간 강우-유출 기록이 필요하다. 이를 위해

서 장성호 운영자료를 이용 물수지 분석을 통해 전체유역의 강우-유출 자료를 추정하였다. 저수지 운영자료는 일별 자료이고 이로부터 유도된 강우-유출 자료의 신뢰성 문제를 보완하기 위해, 장성호 유역내 소유역인 시험 유역을 대상으로 수문관측을 실시하였다. 전체유역을 대상으로 한 물수지법과 시험 유역 모니터링으로 얻어진 강우-유출 자료로부터 추정된 CN값들과 SCS-NEH4에 의해 얻어진 값을 비교 분석 하였다.

1. 대상유역

장성호는 영산강유역종합개발사업의 일환으로 영산강의 주요지류인 황룡강에 1976년 10월에 축조되어 광주광역시, 나주시, 장성군, 함평군 일대에 농업용수를 공급해 오고 있는 대표적인 농업용 저수지이다. 장성호는 전라남도 장성군 장성읍 용강리에 위치해 있고 유역면적은 122.8 km^2 이고 총저수량은 89.7백만 m^3 , 유효저수량은 84.8백만 m^3 , 만수면적 6.87 km^2 , 관개면적은 139 km^2 이다. 수문 모니터링을 실시한 대표 소유역은 장북지구로 면적은 50.2 km^2 이다.

Fig. 1과 Table 1은 장성호 유역과 장성호 유역내 시험 유역에 대한 토지이용현황을 나타낸 것이다. 장성호 유역 전체와 일부인 시험유역은 토지이용이 비슷한 경향을 보였다. 유역의 토지이용은 산림이 전체유역과 시험유역 각각 84.9와, 83%를 논이 5.1과 6.5%를 차지함을 알 수 있다.

Table 1 Land use of the Jangseong reservoir watershed and a monitoring subwatershed

Unit: ha, (): %

	Forest	Paddy	Upland	Residential and Roads	Reservoir	Total
Jangseong reservoir watershed	10,431 (84.9)	630 (5.1)	230 (1.9)	302 (2.5)	687 (5.6)	12,280 (100.0)
Monitoring subwatershed	4,167 (83.0)	328 (6.5)	105 (2.2)	137 (2.7)	282 (5.6)	5,019 (100.0)

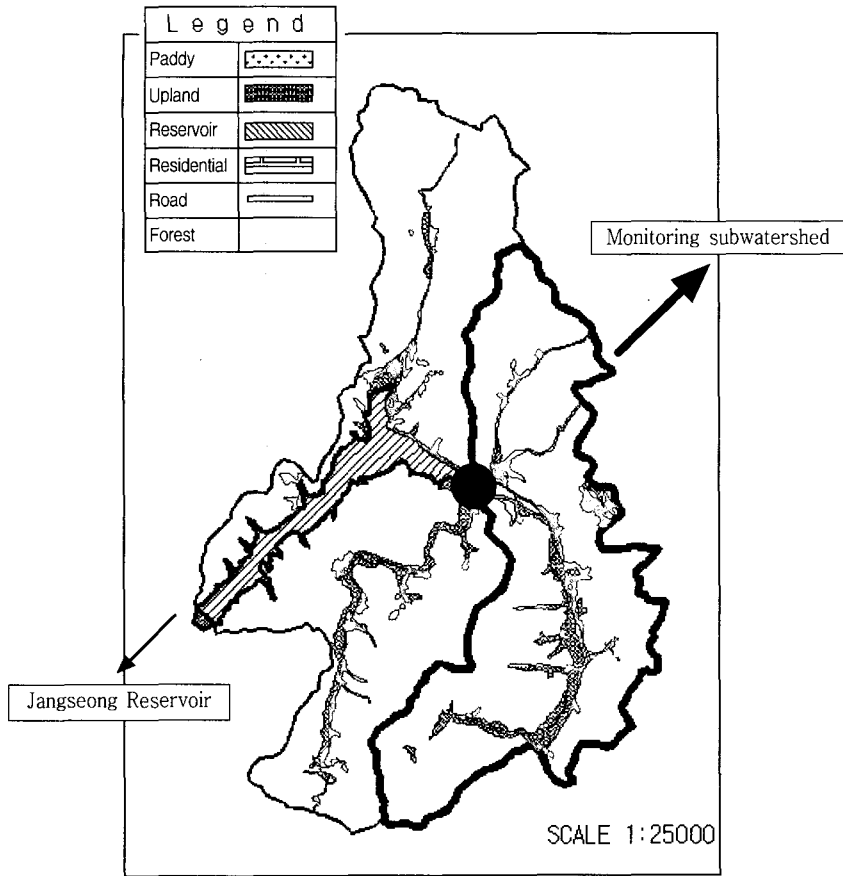


Fig. 1 Land use map of Jangseong reservoir watershed and a monitoring subwatershed.

2. 강우-유출 조사 및 분석

가. 물수지 분석을 통한 전체유역 강우-유출량 추정
 장성호 전체유역의 CN을 추정하기 위해 1991년~2000년까지 10년간의 기상과 저수지 운영 자료를 수집하였다. 일별 강수량 자료는 농업기반공사 장성댐 관리소에서 측정된 자료를 사용하였으며, 저수지 운영 자료는 농업기반공사 장성지사에서 작성한 일별 저수량일지와 통수일지를 수집하여 정리하였다. 수집된 저수지 운영 자료는 일별 저수율, 관개량, 하천유지용수 방류량, 홍수조절용 방류량 등이다.

유역 유출량 즉 장성호 호내 유입량을 추정하기

위해 시험유역의 저수지 운영 자료를 이용하여 일별 물수지를 분석하였다. 유입량 추정에 사용된 물수지의 기본식은 다음과 같다.

$$S_t = S_{t-1} + Q_t + P_t - I_t - D_t - L_t - E_t,$$

$$\text{단, } 0 < S_t < C \dots \dots \dots (1)$$

여기서, S_t 는 단위기간의 저류량, Q_t 는 유입량, I_t 는 관개량, D_t 는 홍수방류량, P_t 는 수면강하량, E_t 는 호면 증발량, L_t 는 기타 손실량, C 는 유효 저수량이다.

상기의 물수지식을 이용하여 일별유입량을 추정한 후, 수평분리법과 N-day법을 이용 기저유출량

과 직접유출량을 분리하였다.

나. 시험구역 강우량 및 유출량 조사

2002년의 장성호 강수량 자료는 전남 장성군 북하면 면사무소에서 측정한 일별 강수량 자료를 수집하였고, 시험구역의 수위 및 유량조사는 장성군 북하면 약수리 용두교 지점에서 실시하였으며 당해의 4월부터 9월까지 시험구역의 시간별 연속 수위 자료는 압력식 버블 수위계인 Orphimedes 수위 데이터 로거를 사용하여 20분 간격으로 수집하였다. 수위-유량곡선을 1점법과 3점법의 유속측정자료에 의하여 유도하였으며 측정된 수위로부터 유량으로 환산하였다. 기저유출량과 직접유출량은 수평분리법과 N-Day법에 의해서 분리하였다.

3. 강우-유출 자료를 이용한 CN 산정 방법

유출곡선번호 (CN)법에 의한 직접 유출량은 소개된 식 (2)로 계산한다.

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

여기서, P (mm)는 누가강우량, S (mm)는 차단, 지면저류, 침투 등에 의한 최대 잠재저류량, Q (mm)는 누가 유출량이다.

한편, 최대 잠재저류량을 표시하는 지수로서 유출곡선번호 CN을 식 (3)과 같이 정의하였다.

$$CN = \frac{25,400}{254 + S} \dots\dots\dots(3)$$

일반적으로 CN이 결정되면, 식 (3)으로부터 최대 잠재저류량 S를 구하여, 식 (2)로부터 직접유출량 Q를 결정할 수 있다. 따라서 CN의 정확한 추정이 구역의 유출량 계산에 있어서 중요한 요소임을 알 수 있다.

강우-유출자료로부터 CN을 추정하는 방법은 Hann 과 Schultz (1987)²⁾에 의해 제안되었다. 최

대 잠재저류량 S를 아래의 식에 강우-유출 자료를 식 (4)에 적용하여 계산하고 식 (3)으로부터 CN을 구하는 것이다.

$$S = 5(P + 2Q - \sqrt{4Q^2 + 5PQ}) \dots\dots\dots(4)$$

식 (4)에서 이용되고 있는 강우량 및 유출량 자료는 연 홍수량 자료와 그에 해당하는 유출량 자료를 의미한다. 하지만, 연 홍수량 자료를 이용할 경우 강우량과 유출량의 재현기간이 서로 다르고 장기간에 대한 강우-유출자료가 부족하므로, 구역의 경우에는 일반적으로 강우-유출 자료의 통계적 특성을 이용하여 CN을 계산한다(Ponce and Hawkins, 1996).¹²⁾

Hjelmfelte et al.(1982)⁵⁾에 의하면 최대 잠재저류량 S는 대수정규확률분포를 보인다고 하였는데, 이와 같은 사실은 Hauser와 Jones (1991),³⁾ Ritter와 Gardner (1991)¹³⁾ 등의 자료에서도 동일한 결과가 관찰되었다. 따라서 이들은 S의 대수정규분포함수의 평균값을 AMC-II로 하고, 10%의 값을 AMC-I, 90% 값을 AMC-III로 정의하고 있다. 그런데, S의 값이 폭우사상의 크기에 따라 변화하므로 강우-유출자료로부터 구한 S의 P/S를 계산하고, P/S의 값이 0.46보다 큰 강우에 대하여 구역의 CN을 결정하는 방법을 제안하고 있다(Hawkins et al., 1985).⁴⁾ 본 연구에서는 시험구역의 CN값을 산정시 관측기간이 짧아 P/S 0.46 이하의 값도 포함하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시험구역 강우-유출 자료를 이용한 CN 추정

장성호 유역내 시험 유역을 대상으로 강우량과 유출량을 측정하였으며, Fig. 2는 시험 유역에서 조사된 강우-유출 관계를 나타내는 수문곡선이다. Table 2 는 시험구역의 강우량, 유출고, 최대 잠재

저류량, CN의 계산 결과를 보여주고 있다. 최대 잠재저류량은 Table 2와 같이 33.2~161.8 mm의 범위를 보였으며, CN은 최소값이 61.1, 최대값은 88.5이고 평균값은 77.0이었다.

한편, 선행수분조건에 따른 CN을 계산하기 위하여 유역의 강우-유출 자료에 의한 실측자료로부터 계산된 최대 잠재저류량을 확률지에 도시하여 시험 유역의 최대 잠재저류량의 확률분포함수를 결정하

였으며, χ^2 검정결과 대수정규분포함수에 대하여 5% 유의수준에서 적합성이 인정되었다. 확률분포함수로부터 10%, 50%, 90% 확률에 해당하는 최대 잠재저류량을 구하였고, 그 값은 각각 148.8 mm, 70.9 mm, 33.8 mm이었다. 이상의 결과를 식 (3)에 대입하여 확률 10%를 AMC-I, 50%를 AMC-II,

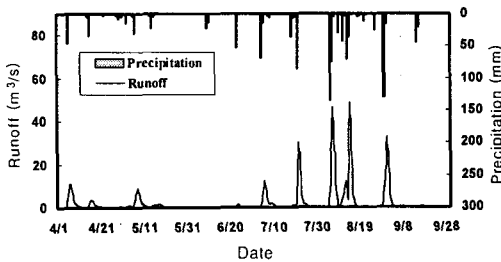


Fig. 2 Hydrograph of the sub-watershed during monitoring period (2002)

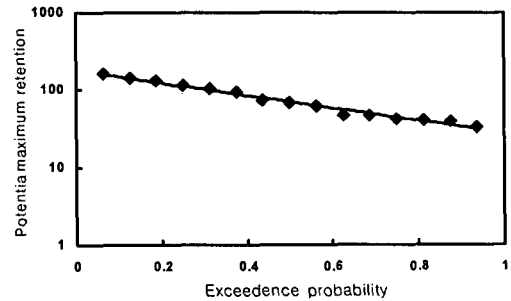


Fig. 3 Exceedence probability distribution of potential maximum retention, S of the monitoring subwatershed.

Table 2 Rainfall, direct runoff, maximum retention and curve number of the monitoring sub-watershed

Date	Precipitation, P (mm)	Direct runoff (mm)	Maximum retention, S (mm)	P/S	CN
4/06/02	46	17.56	42.5	1.08	85.7
4/16/02	39	5.85	74.8	0.52	77.3
5/01/02	17	1.06	47.0	0.36	84.4
5/03/02	15	0.97	41.0	0.3	86.1
5/08/02	38	15.25	33.2	0.37	88.5
5/17/02	33	5.01	62.81	1.15	80.2
6/11/02	36	0.67	131.4	0.53	66.0
6/24/02	52	2.13	161.8	0.27	61.1
7/09/02	95	13.44	92.9	0.32	73.2
7/22/02	133	57.29	106.2	1.02	70.5
8/16/02	185	138.1	47.6	1.25	84.2
8/20/02	8	0.00	40	3.89	86.4
8/23/02	14	0.00	70	0.2	78.4
8/27/02	25	0.04	114.8	0.2	68.9
9/01/02	150	56.36	141.2	0.22	64.2
Average					77.0

그리고 90%를 AMC-III로 하여 CN_I 값을 63.1, CN_{II} 값을 78.1 그리고 CN_{III} 값을 88.2로 추정하였다.

2. 물수지분석 자료를 이용한 장성호 전체유역의 CN 추정

장성호 유역에서의 10년간 일별 저수지 운영 자료를 이용하여 물수지를 분석한 자료로부터 총 149개의 강우와 직접유출 자료가 산정되었으며 Fig. 4에 나타난 바와 같다. 이들 강우-유출사상 관계를 이용하여 식(4)로부터 최대 잠재저류량 S를 구하였으며, Fig. 5는 S의 확률분포함수를 분석한 결과인데, χ^2 검정결과 대수정규분포함수에 대하여 5% 유의수준에서 적합성이 인정되었다. S의 대수정규분포함수의 평균값을 AMC-II로 하고, 10%의 값을 AMC-I, 90% 값을 AMC-III로 하여 CN을 추정하였으며 그 결과는 Table 3과 같다. 장성호 전체유역에 대한 10년 평균 CN을 선행수분조건에 따라 살펴보면 AMC-I은 51.1, AMC-II는 78.0, AMC-III는 92.3으로 나타났다. 시험유역의 유출량 자료에 의한 CN과 물수지모형의 결과에 의한 CN값을 비교하면 Table 3에 나타난 바와 같이 AMC-I 인 경우에는 63.1과 51.1, AMC-II 인 경우에는 78.1과 78.0, 그리고 AMC-III인 경우에는 88.2와 92.3으로 나타나, AMC-II인 경우를 제외하고는 서로 다른 결과를 나타냈다. 이는 시험유역의 경우는 유출 자료의 수가 과소하고, 물

수지 분석자료의 경우 시간별 자료가 아닌 일별 자료를 이용하여 직접유출량을 추정하였기에 AMC-I과 AMC-III 경우는 정확도가 떨어지는 것으로 판단되어 이 후 추가 연구의 필요성을 시사하였다. 그러나 유역의 평균조건을 나타내는 CN_{II} 는 두 경

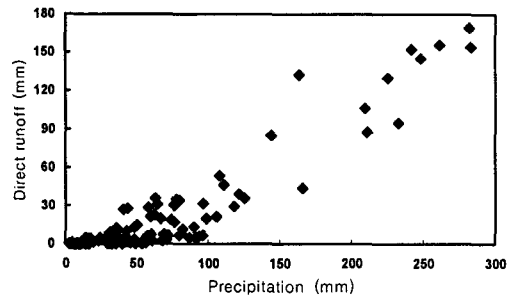


Fig. 4 Precipitation and estimated direct runoff relationship of whole watershed using water balance analysis of the Jangseong reservoir

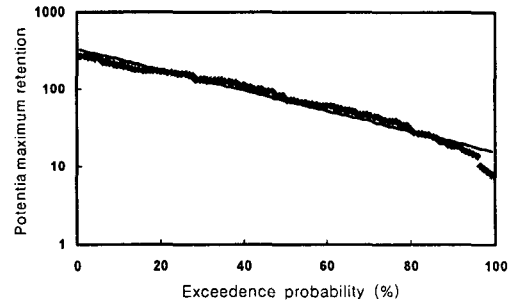


Fig. 5 Exceedence probability distribution of potential maximum retention, S of Jangseong watershed

Table 3 Estimated CNs of Jangseong reservoir watershed

	SCS-NEH4 method ¹⁾	Estimation using data derived by water balance analysis for the whole watershed		Estimated CN using monitored data
		Estimated CN using 10-year data	P/S ≥ 0.46	
CN_I	47.1	51.1	56.4	63.1
CN_{II}	67.2	78.0	80.2	78.1
CN_{III}	82.6	92.3	92.7	88.2

1): KARICO (2000), Safety Appraisal of the Jangseong Reservoir

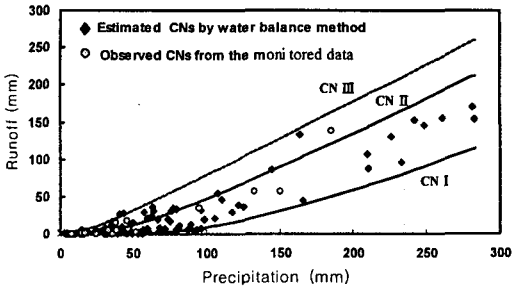


Fig. 6 CNs estimated from monitored data and by the water balance method

우 모두 78 정도로 나타나 장성호 유역전체 유출 잠재능을 평가하는데 적용될 수 있는 것으로 사료된다. 추정된 평균 CN을 이용하여 장성호의 강우-유출 관계를 도시하면 Fig. 6과 같다. Fig. 6에는 물수지 분석에 의한 유출량 자료와 실측 유출량 자료를 함께 나타냈다.

Table 3에서는 실측 강우-유출량 자료에 의한 CN값과 1990~2000년의 물수지 분석 결과에 의한 전기간 자료, P/S의 비가 0.46 이상의 경우, SCS-NEH4 방법에 따른 CN값을 명시하였다. SCS-NEH4 방법에 의한 자료는 KARICO (2000)⁷⁾의 장성호 진단보고서에서 검토된 것으로 SCS에서 제시한대로 유역의 토지 이용과 수문학적 토양군 정보를 이용 유역 평균 CN값을 산정한 것이다.

한편, Table 3에 나타난 바와 같이 SCS-NEH4 방법에 따른 CN_{II}값은 67.2로 장성호 전체유역에 대한 10년간 물수지 분석 결과에 의한 전체유역 평균 CN_{II}값과 시험유역의 유출 측정에 의한 CN_{II}값 보다 11정도 작게 나타났다. 본 연구결과와 Kim et al.(1999)⁹⁾과 Yoon(1992)¹⁸⁾의 연구결과와 유사점을 찾아볼 수 있다. Kim et al.(1999)⁹⁾은 금강 상류부에 위치한 초강천 유역에서 강우-유출자료를 이용한 CN값을 추정하였는데 우리나라 미계측 유역에 SCS-NEH4 방법을 적용할 때 토양-피복 자료에 의한 CN방법이 유역의 유출량을 실제 유출량보다 작게 산정하므로 작게 산정되는 비율만큼을 고려하여 유효우량을 산정하여야 한다

고 하였다. 또한, Yoon(1992)¹⁸⁾은 우리나라 미계측 유역에서 유효우량 산정시에는 토양-피복 자료에 의한 CN_{III}를 이용하는 것이 가장 타당한 것으로 보고하였다. 본 연구결과도 SCS-NEH4 방법에 따라 토양-피복 자료에 의해 산정된 CN_{III}값 82.6이 오히려 유출 자료로부터 추정된 CN_{II}에 가까움을 보여주고 있다. 이는 SCS-NEH4가 제시하는 방법이 우리나라의 토지이용상태의 유출능을 적절히 고려하지 못하여 CN값이 작게 선택되는 것으로 추정된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 영산강유역종합개발사업의 일환으로 축조된 장성호를 대상으로 과거 1991~2000년까지 10년간의 저수지 운영 자료를 수집하여 일별 물수지 분석을 실시하여 저수지 유입량을 추정하였으며, 이를 토대로 유역 전체의 SCS 유출곡선번호(CN)를 산정하였다. 또한 물수지에 의해 유도된 강우-유출 자료의 신뢰성 문제를 보완하기 위해 장성호 유역내 시험유역을 선정하여 현장 모니터링을 실시하여 강우-유출 관측치로부터 CN을 산정하였으며, SCS-NEH4 방법에 따라 장성호 유역을 대상으로 산정된 기존의 CN값과 본 연구결과와 CN을 비교·평가하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 장성호 물수지 분석자료로 유도된 전체유역의 CN_I은 51.1, CN_{II}는 78.0, CN_{III}는 92.3이다. 시험소유역 측정결과로부터 유도된 CN값은 CN_I은 63.1, CN_{II}는 78.1, CN_{III}는 88.2이었다. 장성호 전체유역을 대상으로 유역의 토지이용과 토양정보를 바탕으로 (SCS-NEH4 방법)에 의해 검토된 유역 평균 CN_{III}값은 67.2이며, 이는 본 연구에서 저수지 운영 자료로부터 추정된 유역전체 CN_{II}값 78.0과 시험소유역 관측치로부터 산정된 CN_{II}값 78.1보다 작은 값이다.

2. 현재 사용되고 있는 장성호 유역의 유출잠재

능이 본 연구 결과와 상이함을 나타내고 있다. 따라서, 앞으로 여타 농업용저수지를 대상으로 유출 잠재능 평가 연구가 지속적으로 시도되어야 할 것으로 사료된다.

3. 본 연구에서 사용된 저수지 운영자료는 일별 자료이고, 실측된 소유역 강우-유출 자료는 단기간의 자료이므로 이를 통해 산정된 CN값은 불확실성을 내포하고 있다. 산정된 CN값을 향후 용수의 수요·공급량 산정과 효율적인 수자원의 이용 및 저수지 운영 등에 이용하기 위해서는 장기간의 모니터링 자료를 이용한 보완이 필요한 것으로 사료된다.

References

1. Choi, J.Y., B. A. Engel, and H. W. Chung, 2002, Daily Stream Flow Modelling and Assessment based on Curve Number Technique, *Hydrological Processes*, 16: 3131-3150
2. Haan, C.T. and R.E.Schultz. 1987. Return period flow prediction with uncertain parameters, *Transaction of the ASAE* 30(3): 665-669.
3. Hauser, V.L. and O.R. Jones, 1991, Runoff Curve Numbers for the Southern High Plains, *Transaction of the ASAE* 34(1): 142-148
4. Hawkins, R.H., A.T. Hjelmfelt and A.W. Zevenbergen, 1985, Runoff Probability, Storm Depth, and Curve Numbers, *Journal Irrigation and Drainage Engineering, ASCE* 111(4): 330-340
5. Hjelmfelt, A.t. Jr., K.A. Kramer and R.E. Burwell, 1982, Curve Number as Random Variables, In *Proc. International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling*, Mississippi State Univ., Mississippi State: ASAE.
6. Im, S. J and S. W. Park, 1997, Estimating Runoff Curve Numbers for Paddy Fields, *Journal of Korea Water Resources Association*, 30(4): 379-387. (in Korean)
7. KARICO(2000), Safety Appraisal of the Jangsung Reservoir
8. Kim. J. D., 1989, Surface Runoff Computations From a Small Watershed Using SCS Triangular Unit Hydrograph Method, Master Thesis, Seoul National University
9. Kim, J. H., K. S. Jung and K. Y. Lee, 1999, Estimating Curve Number of SCS Method for Calculated Runoff, In *Proc, The 1999 Annual conference Korea Water Resources Association*, 227-231. (in Korean)
10. Kim, T. C., S. K. Park., S. T. Kim and J. B. Cu, 1995. New Concept of Curve Number Applicable to the Korean Watersheds, *Proceedings of the 1995 Annual Conference, Journal of the Korea Water Resources Association* 295-300. (in Korean)
11. Kim, T. C., S. K. Park and J. P. Moon, 1997, Estimation of Curve Number by DAWAST Model, *Journal of the Korea Water Resources Association*, 30(5): 423-430. (in Korean)
12. Ponce, V. M. and R. H. Hawkins, 1996, Runoff Curve Number: Has it reached Maturity? *Journal Hydrology Engineering, ASCE*, 1(1): 11-19
13. Ritter, J. B and T. W. Gardner, 1991. Runoff Curve Numbers for Reclaimed Surface Mines in Pennsylvania, *Journal Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, 117(5): 656-666.
14. SCS, 1972, National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, U. S. Department of Agriculture, U. S. Government Printing Office, Washington, DC
15. Sonu, J. H., Y. Y. Nam, S. B. Shim and S. T. Lee, 1977, Determination of Effective Rainfall by US SCS Method and Regression Analysis. *Journal of Korea Water Resources Association*, 10(2): 101-111. (in Korean)
16. Yoo, K. H., K. S Yoon and J. M. Soileau,

- 1993, Runoff Curve Numbers Determined by Three Methods under Conventional and Conservation Tillages, *Transaction of the ASAE*, 36(1): 57-63
17. Yoon, T. H., 1991, Validity of Runoff Curve Number Method for Estimating of Effective Rainfall, *Journal of the Korea Water Resources Association*, 24(2): 97-108. (in Korean)
18. Yoon, T. H., 1992, Estimation of Runoff Depth and Peak Discharge by SCS Curve Numbers and Time Variation of curve Numbers. *Journal of the Korea Water Resources Association*, 25(4): 87-95