

長期流出 解析을 위한 有效雨量 推定

Estimation of Effective Rainfall for Daily Streamflow

金 泰 喆* · 安 秉 基** · 朴 承 基**
Kim, Tai Cheol · Ahn, Byoung Ki · Park Seung Ki

Summary

Based on the theory of runoff equation proposed by SCS, the actual storage capacity(S_a) as a modified retention parameter was introduced to estimate the effective rainfall for the daily streamflow analysis. During a storm, the actual storage capacity is limited by either soil water storage or infiltration rate as precipitation increases. Therefore, it was assumed that S_a is dependent on the baseflow before storm runoff(Q_b) corresponding to soil water storage and the total amount of precipitation(P) corresponding to infiltration rate of a watershed. Effective rainfalls (Direct run-offs) estimated from SCS equation using S_a were compared with observed effective rainfalls at 10 watersheds in Geum river watershed boundary.

1. Regression equation for S_a was supposed

$$S_a = C_0 + C_1 \times P + C_2 \times Q_b$$

Regression coefficients were highly significant at the level of 0.01 and R^2 were 0.57 to 0.73.

2. The adjustment of coefficient of initial abstraction was made according to the storm size. It was adjusted to 0.25 for 30mm or less, 0.23 for 30 to 80mm, 0.20 for 80 to 200mm, and 0.1 for 200mm or more.

3. Regression equations between estimated and observed effective rainfall showed that slopes were 0.857 to 1.029 and R^2 were 0.779 to 0.989.

I. 緒 論

水資源 開發計劃에서 利水는 長期的으로 유출되는 물의 容量(Volume)이 주 관점으로써 댐의 貯水容量, 河川水 利用을 위한 狀의 設計, 揚水를 위한 河川 水位 및 貯水 變化를 파악하기 위해서 필요하다. 유출량은 直接流出과 基底流出 성분으로 분리되며 利水 및 治水의 어느

觀點에서나 직접유출 성분인 有效雨量의 精確한 추정인 가장 중요한 과제이다.

유효우량은 총 강우량에서 손실우량을 減한 것으로써, 유효우량에 직접적으로 영향을 미치는 인자⁹⁾는 크게 氣候學的 因子와 地相學的 因子 및 기타 인자로 나누어진다. 기후학적인 인자는 강수량, 강우강도, 지속시간, 증발량, 기온, 강우 발생빈도, 강우의 시간적 공간적 분포 등이 있

* 忠南大學校 農科大學

** 忠南大學校 大學院

으며, 지상학적 인자는 유역크기, 형상, 경사, 방향, 고도 및 하천밀도 등이 있다. 그밖에 物理的 因子로서는 토지이용과 지피, 지표 투수조건, 토성, 투수계수와 같은 지질상태, 호수나 늪지대와 같은 지형조건 및 인공배수 등을 들 수 있다.

유효우량과 손실우량의 분리방법에는 一定比 損失雨量法, 總 降雨量-總 損失雨量 曲線法, 透水能 曲線法, Φ 指標法 등이²⁰⁾ 있으나 강우 발생 직전의 流域乾濕狀態로 판단하는 방법이 널리 사용되고 있다. 유역건습 상태로 판단하는 방법에는 先行 5日 강우, 토양의 종류, 토지이용 및 피복상태 등의 합수치인 流出數(Curve Number)로 부터 潛在 貯留量을 구하여 홍수량을 구하는 SCS방법과^{10, 11, 12, 14, 16)} 강우로 인한 유출 발생 직전의 基底流出量(Qb)^{8, 17, 18)}를 고려하는 방법이 많이 적용되고 있다.

SCS방법을 우리나라 수계에 적용하려는 노력이 경주되어 왔다. 鮮于 등^{11, 12)}은 IHD의 慶安川, 無心川의 소유역에서 토양의 종류, 토지이용 및 피복상태에 따른 유출수를 적용하여 이를 多重回歸式으로 제시한 바 있으며, 金 등²¹⁾은 IHP의 新川유역에서 SCS 방법을 적용한 바 실제 유출량 보다 적게 추정 되었다고 보고 하였다. 金¹³⁾은 SCS 방법에서 수정된 초기손실을 적용하여 다른 유효우량 산정방법과 비교하였다.

일반적으로 長期流出 特性은 有效雨量, 日別 流量配分率, 減水曲線係數등 세가지 성분으로 구별된다. 이 중에서 가장 중요한 성분인 유효우량 해석을 위하여 본 연구에서는 洪水流出解析에 적용하고 있는 美國 SCS방법¹⁰⁾을 장기유출 해석에 수정, 적용하여 유효우량을 추정할 수 있도록 錦江流域 10개 수문지점에 적용, 降雨-流出 관계에 있어서의 예민한 水文學的 反應 解析에 적합한지 여부를 검토하였다.

47°~128° 04')의 車嶺산맥, 蘆嶺산맥, 小白山맥 사이에 위치하고 있으며, 북측으로 漢江, 插橋川, 安城川, 동편으로 洛東江, 남쪽으로 蟾津江, 萬頃江 수계와 접해 있으며 마지막으로 西海로 유입된다. 수계 상류부는 험준한 산악지대와 야산지대로 流況이 매우 불규칙하여 蛇行을 이루고 있으며 하류부 연안에는 야산지대와 비옥하고 광대한 평야가 형성되어 우리나라 굴지의 농업지대를 이루고 있다. 유역내의 林相 상태는 대체로 양호한 편이며 중류부에 大清潭(1980년)이 건설되었다. 주요지천은 南大川, 永同川, 報靑川, 甲川, 美湖川 등이 있다. 분석에 적용한 수문 지점의 流域圈과 流域特性은 Fig. 1 및 Table-1과 같다.

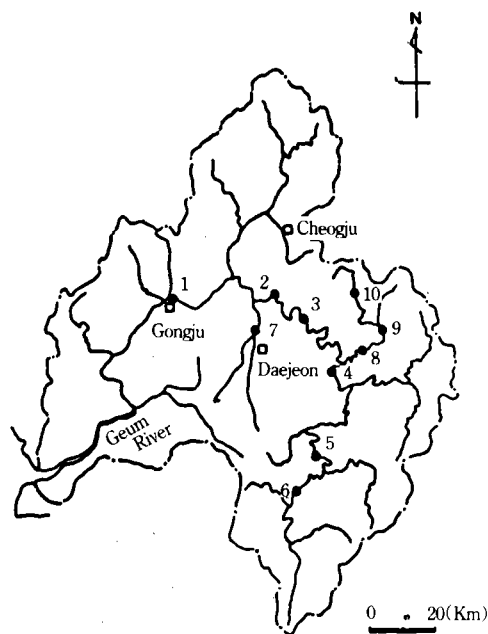


Fig. 1. Locations of stream gauges in Geum river watershed.

나. 水文 및 氣象資料

1) 流出資料

유출자료는 建設部의 韓國水文調查年報²⁾, IHP 보고서³⁾, River flow data¹⁾ 및 産業基地開發公社⁶⁾ 자료를 사용하였다. 각 유출자료는 면적우량과 비교 평가를 쉽게하기 위하여 일 유출량을 해당 유역면적으로 나누어 流出深(高) 형태로 변형

II. 資料 및 分析方法

1. 資料

가. 流域概要^{4, 5)}

錦江水系는 우리나라 3대 河川中 하나로 국토의 중앙부(북위 35° 40'~37° 04', 동경 126°

Table-1. Application of hydrologic stations.

Name of Station	No	Watershed Area(km ²)	Analysis period	Numbers of event			
				Dry	S.Dry	Rainy	Tot.
Gongju	1	7,126	1967-74	15	21	31	67
D. C Dam	2	4,134	1981-86	18	23	29	70
Songpo	3	3,940	1967-73	10	7	13	30
Okcheon	4	2,942	1967-71	7	5	15	27
Sutong	5	1,517	1982-84	2	7	8	17
Yongdam	6	937	1970-76	29	29	39	97
Hoeduk	7	647.7	1983-86	10	14	12	36
Sangye	8	475.7	1983-86	1	10	7	18
Gidae	9	346.5	1983-85	3	9	15	27
Yipyong	10	79.5	1983-85	5	10	5	20
Total				100	135	174	409

하여 사용 하였다.

2) 氣象資料

강우자료를 中央氣象臺의 氣象月報와 氣象年報⁷⁾를 사용 하였으며, 報靑川 유역(山桂, 箕大, 梨坪)은 IHP 보고서³⁾를 사용 하였고, 大清댐 지점은 産業基地開發公社 자료⁶⁾를 사용하였으며 각각의 강우지점의 강우자료는 Thiessen법¹⁹⁾에 의하여 面積雨量으로 환산하였다.

2. 分析方法

가. 日 降雨-流出量圖 作成

일별로 강우-유출의 관계를 圖示한 Hyeto-hydrograph를 작성하고 이로부터 降雨-流出事象을 설정한다.

나. 새로운 有效雨量 推定方法 提案

長期流出(日 流出量) 解析에서 有效雨量 推定은 가장 중요한 인자이지만, 유역내 지표면에서의 침투량이 계절에 따라, 유역의 토양 습윤 상태에 따라 크게 변화하기 때문에 대단히 어려운 문제이다. 直接流出成分 分離方法과 SCS의 有效雨量推定公式를 검토하여¹⁰⁾ 장기유출해석에 응용 할수 있도록 독창적으로 수정한 새로운 유효우량 추정방법을 제안하고자 한다.

1) 直接流出成分 分離

하천의 유출성분은 表面流出, 中間流出, 地下

水 流出, 河川降雨의 성분으로 나누어지며 크게는 직접유출과 기저유출성분으로 구분된다.⁹⁾ 강우-유출의 관계를 도출하기 위해서는 총 강우량에서 직접유출 성분을 분리하게 되며, 보통 편의상 水平分離法을 적용한다. 그러나 수평분리법은 일반적으로 減水部가 장기간 지속되는 경향이 있어 직접유출 성분이 너무 크게 평가되는 경향이 있는 것으로 지적되어 N-day法, 圖解法 등이^{14, 19, 20)} 제시 되고 있다.

Fig. 2에서 보는 바와같이 여름철에 흔히 볼

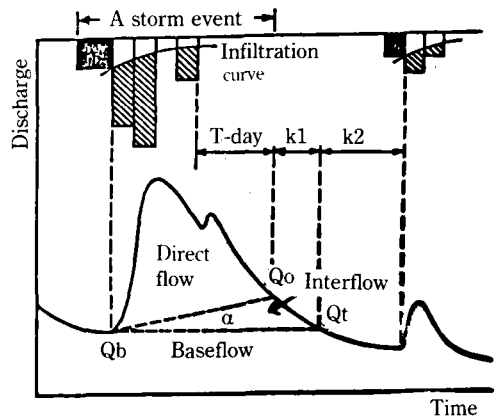


Fig. 2. Illustration of the seperation method, stormflow event setting, and recession curve.

수있는, 어떤 강우가 一連의 연속강우가 끝난 마지막 날로부터 일정한 基底時間 경과 이전에 있으면 그 강우는 동일한 연속 강우-유출사상으로 포함시켜 처리하며, 강우가 끝난뒤 마지막 날로부터 기저시간이 경과한 이후에 있을 때에는 그 강우는 다른 강우-유출사상으로 처리한다. 여기서 일정한 기저시간은 유역규모에 따라 결정되며 錦江水系의 경우 2,000km² 이하는 3일, 그 이상은 4일로 취하였다.⁹⁾

單位圖 概念 適用을 위하여, 직접유출의 기저시간은 강우-유출사상마다 일정하게 취하도록 결정한다. 홍수유출 해석에서는 기저시간을 피크점 이후 몇 시간 또는 몇 일을 취 하는게 일반적이지만, 장기유출 해석을 위한 본 연구에서는 피크점 대신 연속강우의 마지막 날로부터 기저시간 일수를 취 하였다. 즉 유출 시점(Qb)에서 마지막날 강우로부터 기저시간이 경과한 시점(Qo)까지 직선 분리하여 그 윗부분을 직접 유출(유효우량)로 정의하였다. 이러한 분리 방법과 수평분리법에 의한 것 사이에는 경사각 α가 형성되며, 이를 中間流出(Interflow)로 정의하고 수평분리한 Qb이하의 감수부를 基底流出(basetlow)로 정의 하였다. 이 경사각 α는 강우규모나 기저유출량과 관계가 크며, 次後 중간유출을 추정할때 고려 하여야 할것이다.

2) SCS방법의 검토¹⁰⁾

美國 農務省 土壤保全局(SCS, 1954)에서 발표한 유효우량 추정공식은 신빙도가 높은 방법의 하나로 널리 사용되고 있다. 원리 SCS방법은 총 강우량 자료만 있는 지역에서 총 유출량(total runoff volume)을 예측 하도록 개발 되었으며 강우의 시간별 분포는 고려 되지 않았다. 그러나 뒤에 SCS模型으로 홍수유출을 추정할 수 있도록 변형 개발되었다.

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

여기서 Q : 直接 流出量
 P : 總 降雨量
 S : 最大 潛在 貯留量

최대 잠재 저류량 S를 구하기 위하여 미국 내 유역의 수많은 水文 지점에서의 현장조사와 토양분류를 근거로 작성된 Curve-Number 변수를 도입하고 있다. SCS는 토양의 종류, 토지의 이용 및 피복 상태, 경작 방법, 선행 토양 수분 등에 따라 결정된 流出數를 제시하고 있다. 이 유출수를 Condition II로 취하고 유역의 선행 강우에 따른 건습 상태에 따라 Condition I, III로 전환하여 S를 구하고 있다.

$$CN = \frac{25,400}{S + 254} \dots \dots \dots (2)$$

한편, 이 流出數 자체도 다음과 같은 문제점이 지적되고 있다.^{23, 24)}

첫째, 유출수에 크게 영향을 미치는 강우강도를 고려 하지 않는점.

둘째, 연속적인 유역건습 상태를 AMC I, II, III로 단순화 시킨것과 AMC를 5일선행 강우량으로 구분한것의 객관성 결여.

셋째, 일정 유역에서는 모든 후우에 단일(평균) 유출수를 적용한점.

넷째, 유출수 선정에 Time Parameter가 없는점 때문에 SCS에서도 유출수 사용은 Soil-cover complex변화에 따른 유출변화를 파악 하는데 국한하도록 하고 있다.

3) 수정 SCS 방법의 제안

한국 하천의 유역에서 토양의 종류, 토지의 이용, 지표 처리와 선행 유역 토양수분을 고려하여 작성된 유출수가 없기 때문에 최대 잠재 저류량을 유출수로 부터 구하는 방법은 불가능하며, 유출수도상기한 문제점이 있기 때문에 다른 독창적인 방법을 추구 해야 할것이다.

관측된 每 강우-유출 사상으로부터 식 (3)에서 S값을 계산할 수 있다.^{23, 24)}

$$S = 5 \times (P + 2 \times Q - (4 \times Q^2 + 5 \times P \times Q)^{1/2}) \dots (3)$$

이 S값은 그 유역, 그 시점에서의 유역 저류가능량을 나타내는 종합적인 지표이다. 홍수 유출 분석에서는 이 S값의 평균치를 택 하거나, 유역의 확률치를 택하여²²⁾ 홍수 유출 반응을

나타내는 유출수(CN)로 변환 결정하게 된다.

따라서 본 연구에서는 상기한 문제점을 보완하여 장기 유출에 적용할수 있도록 S를 수정한 개념의 저류인자 實際貯留能 S_0 를 도입하여 이 S_0 를 유출수 표로 부터 구하지 않고 저류량에 영향을 미치는 변수로 구성된 회귀식으로 구하는 방법을 제안 하고자 한다. 강우중, 실제 저류능은 유역의 수분 저류 상태와 강우증가에 따른 침투율에 따라 제약받게 된다. 실제 저류능은 유역의 수분 저류 상태를 나타내는 지수로 홍수 직전 기저 유출량을, 유역의 침투율을 나타내는 지수로 총 강우량을 변수로 취하여 나타낼 수 있다.

따라서 S_0 에 영향을 미치는 변수로는 총 강우량과 유출 직전의 기저유출 등을 택 할수 있으며, 그외에도 강우강도, 계절 등의 변수를 고려하여 관계식을 개선 할수 있을 것이다.

$$S_0 = C_0 + P \times C_1 + C_2 + Q_0 \dots\dots\dots (4)$$

여기서 S_0 : 수정된 貯留因子(mm)

C_0, C_1, C_2 : 回歸係數

P: 總 降雨量(mm)

Q_0 : 基底 流出量(mm)

SCS는 초기손실을 $I=0.2$ 로 취하고, 이 경험적인 초기손실계수 0.2는 더 이상 조정할 필요가 없다고 추천하고 있다. 그러나 Aron, G¹⁵⁾와 金등¹³⁾은 초기 손실계수 0.2의 보정 필요성을 지적한바 있다. 따라서 본 연구에서는 초기 손실계수 K에 대하여 검토 하였다.

$$I_0 = K \times S_0 \dots\dots\dots (5)$$

$$Q = \frac{(P - I_0)^2}{(P - I_0) + S_0} \dots\dots\dots (6)$$

따라서 관측된 단위도에서 각 강우-유출 사상의 총 강우량과 그때의 기저 유출량을 알면, 식 (4)로부터 S_0 값을 추정하고 이를 식 (6)에 대입하므로써 총 유효우량을 구할수 있다. 이 수정된 SCS방법 적용은 토양의 종류, 토지의 이용, 토양의 처리, 수문 조건과 선행 유역 토

양수분 상태 등 韓國의 하천유역에서 얻기 불가능한 유출수 대신에, 단지 총 강우량과 그때의 추정된 기저 유출량 자료만으로 가능하다. 이렇게 추정된 유효우량을 기초로 앞으로 총 강우량과 일강우량과의 비율로 배분하여 일별우효량을 추정하고, 장기유출 해석의 다른 두 성분 즉 일별 流量配分率과 減水曲線係數를 적용하여 일 유출량을 추정 할수 있는 單位圖模型을 개발할 수 있을 것이다.

III. 結果 및 考察

1. 降雨-流出 事象(event) 設定

上記 分析方法에 따라 일 강우-유출 곡선을 연도별로 작성하여 직접유출과 기저유출을 분리하였다.

2. 有效雨量 算定

가. 수정저류인자(S_0) 算定

각 강우-유출 사상마다 총 강우량(P), 지속기간(D), 총 유출량(Q), 계절(S_c), event 직전의 기저 유출량(Q_b), 분리된 직접 유출량(Q_0), 잠재저류량(S)을 구하였다. 一例로 箕大 지점의 설정된 강우-유출 사상과 각 인자들의 값은 Table-2와 같으며, S값은 15-400mm의 값을 보이고 있다.

나. 實際貯留能 S_0 推定 회귀식 유도

Table-2에서 S를 종속변수로 총 강우량(P)과 홍수직전 기저 유출량(Q_b)을 독립변수로 한 회귀식을 유도 하였다. 본 모형의 長期 流出 解析에서는 각각의 S_0 값으로 有效雨量을 구하게 된다. 여기에서 Q_b 는 무 강수 기간 동안 기저유출 감수곡선계수 k_2 값으로 추정된 홍수직전 기저 유출량이다.

一例로 箕大 지점의 회귀식 Summary는 Table-3과 같고, 각 유출지점별 결과는 Table-4와 같이 구하였다. 회귀 계수의 t-value가 거의 1%수준에서 有意하며, R^2 값은 0.4-0.7를 보이고 있다. 乾期(1, 2, 3, 10, 11, 12월), 半乾期(4, 5, 6월), 雨期(7, 8, 9월)로 구분하여 계절을 假變數로 독립변수에 추가 하였으나 R^2 값이나 t-value로 볼때

Table-2. Stormflow event setting for Gidae watershed

No.	Event period	day	Se	Qb	P	Qo mm	Q	S	Qe
1	1983/ 3/ 1~ 3/ 5	5	1	0.0	27.7	11.2	5.8	43.4	0.2
2	1983/ 6/19~ 6/23	5	2	0.2	102.7	17.7	14.0	207.0	27.2
3	1983/ 6/28~ 7/ 7	10	3	0.5	90.2	39.6	31.3	92.5	26.2
4	1983/ 7/14~ 7/18	5	3	0.8	59.9	24.7	18.6	68.5	16.3
5	1983/ 7/19~ 7/28	10	3	1.5	202.4	150.9	132.1	77.5	111.0
6	1983/ 8/ 9~ 8/12	4	3	0.4	16.4	3.5	0.9	47.1	0.0
7	1983/ 8/20~ 9/ 1	13	3	0.2	108.7	20.7	15.5	214.1	29.7
8	1983/ 9/ 2~ 9/ 8	7	3	0.6	59.5	20.2	10.8	102.2	13.3
9	1983/ 9/ 9~ 9/15	7	3	1.9	95.0	66.4	46.7	63.0	62.3
10	1984/ 4/17~ 4/22	6	2	0.0	77.3	27.0	23.2	91.2	13.0
11	1984/ 4/28~ 5/ 4	7	2	0.6	39.5	19.2	13.8	40.2	6.0
12	1984/ 5/12~ 5/17	6	2	0.3	44.9	8.0	5.9	92.2	5.2
13	1984/ 6/ 6~ 6/10	5	2	0.3	62.5	18.8	14.9	89.2	10.9
14	1984/ 6/16~ 6/24	9	2	0.3	80.1	13.5	7.3	193.5	19.2
15	1984/ 6/25~ 6/29	5	2	1.0	44.5	22.8	15.7	44.9	13.0
16	1984/ 7/ 3~ 7/16	14	3	0.8	183.7	99.3	71.6	165.9	74.4
17	1984/ 7/28~ 8/ 1	5	3	0.3	36.9	7.2	4.4	79.4	3.1
18	1984/ 8/ 2~ 8/ 6	5	3	0.8	31.5	7.7	3.4	70.9	5.3
19	1984/ 8/13~ 8/19	7	3	0.5	18.9	6.1	1.8	44.9	0.2
20	1984/ 8/30~ 9/ 7	9	3	0.6	152.3	61.8	38.0	209.9	55.7
21	1985/ 3/24~ 3/30	7	1	0.5	35.2	10.9	4.6	72.5	3.9
22	1985/ 5/ 4~ 5/10	7	2	0.2	67.5	29.9	24.1	67.2	11.6
23	1985/ 5/12~ 5/17	6	2	0.7	58.7	21.3	16.8	72.3	14.3
24	1985/ 7/ 3~ 7/21	19	3	0.3	382.0	231.3	204.6	222.3	181.2
25	1985/ 7/30~ 8/ 6	8	3	0.6	33.5	7.6	2.4	88.4	4.2
26	1985/ 8/ 9~ 8/22	14	3	0.5	227.1	104.1	86.1	210.3	103.5
27	1985/10/10~10/16	7	1	1.3	83.8	69.9	52.0	36.2	38.6

Table-3. Multiple regression analysis coefficient for Gidae watershed.

VAR.	REG. COEFF.	STD. ERR.	T VALUE	95% CONF. IN	99% CONF. IN
Const.	74.378	15.35	4.85	42.70~ 106.06	31.45~ 117.31
P	0.699	0.10	7.00	0.49~ 0.91	0.42~ 0.98
Qb	-55.190	18.28	-3.02	-92.92~-17.46	-106.32~ -4.06
R ²	:	0.694		CRITICAL T 0.05% : 2.064	
STANDARD ERROR	:	40.697		CRITICAL T 0.01% : 2.797	

그 有意性이 작아 계절은 변수로 채택하지 않았다.

다. 初期 損失 I_0 에 대한 補完

SCS 홍수유출 공식에서는 초기 손실(I_0)을 $I_0=K \times S_0$ 로 정하고 $K=0.2$ 를 일정하게 취하고 있다. 이에 대해 Aron(1977)¹⁵⁾은 강우 규모가 큰 경우에는 0.2가 적합하지만 강우 규모가 보통이거나 작은 경우에는 0.2로는 유출이 적게 추정되어 $K=0.1$ 로 제안한 바 있다. 그러나 金(1984)

¹³⁾은 洛東江 渭川유역(14~315km²)에서 주요 豪雨를 분석한 결과, $K=0.2$ 로는 有效雨量이 적게 추정되어 $K=0.1$ 로 수정제안 하였다.

본 연구에서는, $I_0=K \times S_0$ 로 정하고, 초기 손실을 $0.2 \times S_0$ 로 하여 나.에서 구한 잠재 저류량을 적용하여 유효우량을 산정한 결과, 총 강우량이 200mm 이상인 event에서는 유효우량 추정치가 관측된 직접 유출량보다 작게 추정되는 경향이 있고 80mm이하인 event에서는 크게 추정되는

경향을 보이고 있어, 이들 초기 손실 I_0 의 K값을 강우 규모별로 구분하여, 강우량이 30mm이하에서 K값은 0.25, 30mm~80mm에서는 0.23, 80mm~200mm에서는 0.2, 200mm이상에서는 0.1을 구하여 적용 하였다. 一例로 龍潭地點은 Fig.

3과 같이 改善되었다.

3. 有效雨量 推定結果의 檢定

추정된 유효우량(Q_e)과 관측된 유효우량(Q_0)에 대한 相關分析과 百分率誤差(%e)을 Table-5

Table-4. Summary of multiple regression analysis.

Name of station	SA = $C_0 + C_1 \times P + C_2 \times Qb$			R ²
	C ₀	C ₁	C ₂	
Gongju	64.6**	0.711**	-32.5**	0.675
D. C Dam	62.4**	0.563**	-28.9**	0.635
Songpo	67.9**	0.563**	-38.8**	0.641
Okcheon	48.5**	0.648**	-21.7**	0.584
Sutong	81.3**	0.378**	-50.5**	0.729
Yongdam	59.6**	0.452**	-21.3**	0.679
Hoeduk	59.6**	1.099**	-29.9*	0.570
Sangye	61.3**	1.548**	-21.6*	0.662
Gidae	74.4**	0.699**	-55.2**	0.694
Yipyong	64.4**	0.736**	-15.3*	0.644

Level of significance **1.0%, *5.0%

Table-5. Regression analysis and error percentage for the observed and estimated effective rainfall.

Name of stations	Qa = $a + b \times Q_0$			(%e)
	a	b	R ²	
Gongju	1.9	0.878	0.873	-4.4
D. C Dam	1.2	0.983	0.944	3.8
Songpo	0.5	0.976	0.961	-0.2
Okcheon	0.7	0.990	0.904	9.3
Sutong	0.2	1.029	0.989	3.6
Yongdam	2.5	0.857	0.907	-1.1
Hoeduk	0.7	1.022	0.779	6.4
Sangye	0.8	0.926	0.800	3.8
Gidae	2.4	0.905	0.948	4.0
Yipyong	1.1	0.994	0.916	4.0

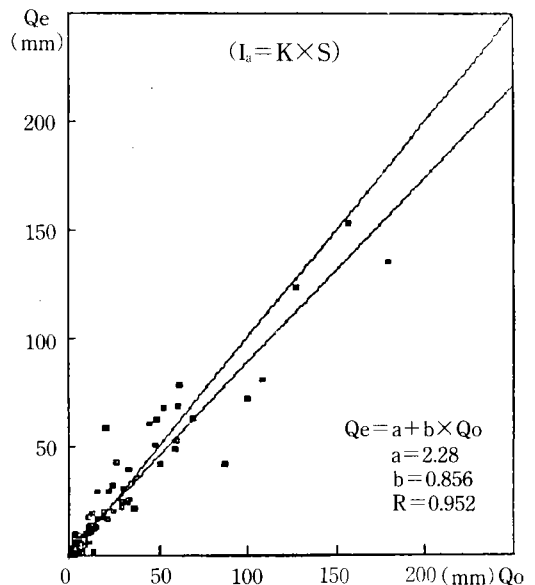
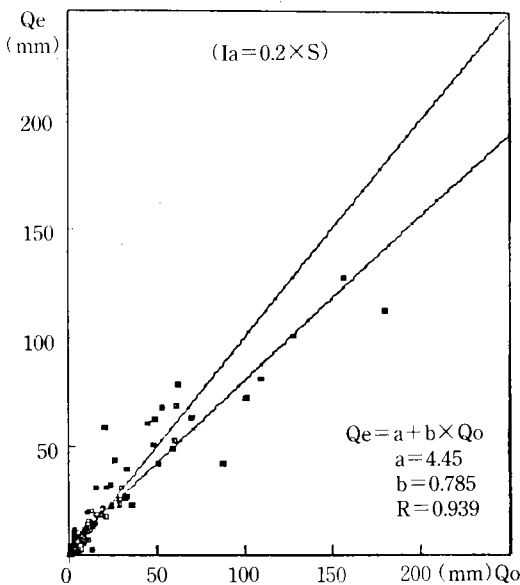


Fig. 3. Relationship between observed (Q_0) and estimated runoff (Q_e) of Yongdam watershed for the $I_a = 0.2 + S$ and $K + S$.

와 같다.

각 유출 지점별로 백분율오차는 沃川-9.3%, 懷德 6.4%를 제외한 전 유출지점에서 ±5% 이내로 만족스런 값을 나타내었다. 상관분석 결과 R² 값이 전 지점에서 0.779~0.989로 상당히 높은 결과가 나타났다.

추정된 유효우량 값인 Q_e와 관측된 유효우량 값인 Q_o와의 관계에서 직선식 Q_e=a+b×Q_o를 Table-5와 같이 구하였다. 常數값 a는 0.217~2.248, 係數값 b는 0.857~1.029값을 나타내어 Q_e=Q_o에 상당히 접근함을 보이고 있다. Fig. 4에 箕大 지점과 大清댐 지점에서의 관계를 圖示하였다.

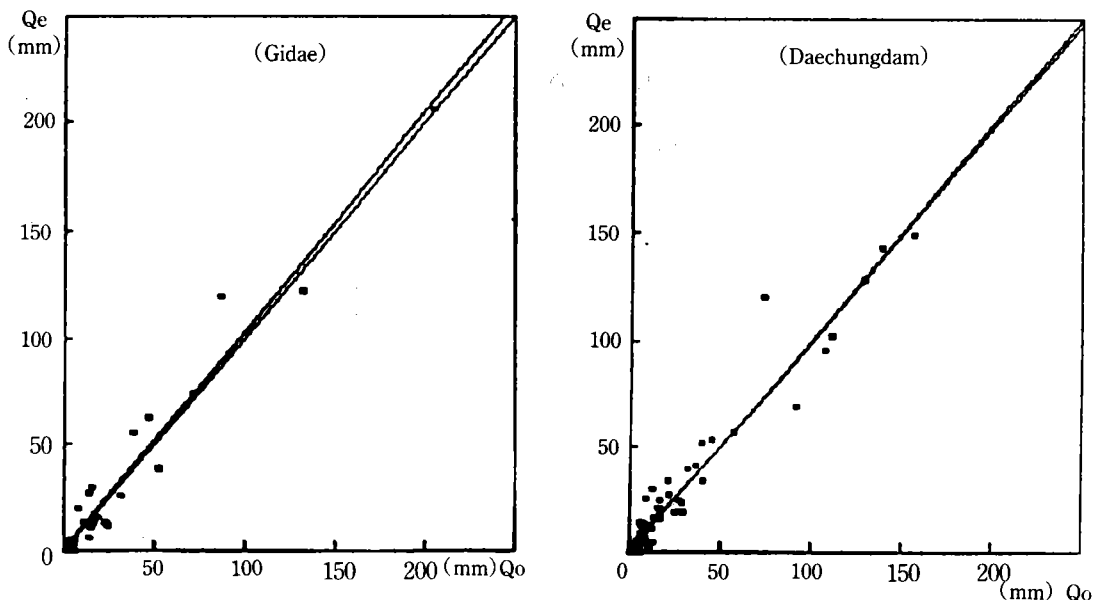


Fig. 4. Relationship between observed(Q_o) and estimated runoff(Q_e) of Gidae and Daechungdam watershed.

IV. 結 論

SCS유효우량 공식의 기본이론을 기초로, 장기 유출 해석의 유효우량 추정을 위하여 수정된 개념의 貯留因子인 實際 貯留能(S_a)을 도입 하였다. 강우중, 실제 저류능은 유역의 수분 저류 상태와 강우증가에 따른 침투율에 따라 제약 받게 된다. 따라서 실제 저류능은 유역의 수분 저류 상태를 나타내는 지수로 홍수 직전 기저 유출량을 유역의 침투율을 나타내는 지수로 총 강우량을 변수로 취하여 나타낼수 있다. 이 S_a를 SCS공식에 적용하여 錦江 수계 10개수문 지점에서 유효우량을 추정하여, 관측 유효우량과 비교 검정한 결과 다음과 같다.

1. 實際貯留能 Sa의 推定回歸式을 설정하였다.

$$S_a = C_0 + C_1 \times P \times C_2 \times Q_b$$

회귀계수의 t-value로 볼때 1%수준에서 고도의 有意性을 나타냈으며, R² 값은 0.57~0.73을 보이고 있다.

2. 初期 損失量을 I_a = K×S_a로 수정하여, 총 강우량 30 mm 이하, 30~80 mm, 80~200 mm, 200 mm 이상등 강우 규모별로 적정한 K값, 0.25, 0.23, 0.2, 0.1로 각각 보완 하였다.

3. 추정된 유효우량값(Q_e)과 관측된 유효우량 값(Q_o)과의 관계식 Q_e=a+b×Q_o에서 常數 a는 0.2~2.5, 係數 b는 0.875~1.029, R² 값은 0.779~0.989로서 직선식 Q_e=Q_o에 상당히 접근함을 보이고 있다.

본 연구는 1986年度 韓國科學財團의 研究費 支援에 의하여 遂行된 것임.

參 考 文 獻

1. Ministry of Construction. 1978. Hydrological services. Rural infrastructure project. Final technical report. Vol. 3. Appendix H. River flow data.
2. 건설부. 韓國水文調查年報 1965-1986.
3. _____. 國際水文開發計劃(IHP) 代表流域 研究調查 報告書. (1983-1986)
4. _____. 1974. 洪水量 推定을 위한 合成單
5. _____. 産業基地開發公社. 1974. 韓國河川 調查書.
6. _____. 産業基地開發公社. 1986. 大清多目的의 水文觀測資料. (1981-1986)
7. 中央氣象臺, 氣象月報, 氣象年報. 1865-1986.
8. 金泰喆. 1984. 日流出量 推定을 위한 單位圖 模型. 韓國農工學會誌 Vol 28(1) : 33-40
9. 朴成宇. 1984. 應用水文學 : 172-226.
10. USDA SCS. 1956. Hydrology guide for use in watershed planning. National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology Supplement A : 3. 20. 1-6.
11. 鮮于仲皓, 沈淳輔, 尹龍男, 李舜鐸, 1977. 精密計測된 小流域의 降雨 및 流出特性. 韓國水文學會誌 Vol. 10(1) : 53-70
12. _____, _____, _____. 1977. SCS方法 및 回歸分析에 의한 有效雨量 決定. 韓國水文學會誌 Vol. 10(2) : 101-111.
13. 金點均. 1984. 河川流域의 流出解析을 위한 有效雨量 決定 모델에 관한 研究. 嶺南大學校 大學院 學位論文.
14. Kumar, S. and Subhash C. Jain, 1982. Application of SCS infiltration Model. Water Resources Bulletin 18(3) : 503-507.
15. Aron, G. 1977. Infiltration model based on SCS Curve Number. J. of the Irrigation and Drainage Div., Vol. 103(IR4) :
16. Williams, J. R. and W. V. La Seur, 1976. Water yield model using SCS curve number. J. the of Hyd. Div., Vol. 102(HY9)1241-1253.
17. 日野幹雄, 長谷川正彦. 1982. 流出率と濕潤 指標としての 洪水直前流量. 土木學會 論文 報告書 第328輯 : 41-46.
18. 金熙鐘. 1984. 韓國河川의 流出率과 流出指 標로서의 洪水直前流量. 東亞大學校 大學院 論文輯 第9輯 : 299-320.
19. Chow, V.T. 1964. Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill book co : 9. 26-9. 40, 14. 1-14. 54
20. Viessman, W. Jr., Knapp, J. W., Lewis, G. L., Harbaugh, T., 1977, Introduction to Hydrology (2nd ed.) I. E. P. : 99-138.
21. 金相仁, 李舜鐸. 1980. 中小河川流域에 있어서 有效降雨量 및 設計水文曲線의 決定에 관한 연구. -특히 SCS方法을 중심으로- 韓國水文學會誌 Vol. 15(3) : 49-55
22. Haan. C. T. and Edwards. D. R., 1988. Joint probability estimates of return period flows. American Society of Agricultural Engineers. Vol. 31(4) : 1115-1119
23. Hjelmfelt, A. T. Jr., L. A. Kramer and R. E. Burwell. 1981. Curve Numbers as random variables. Proceedings of the International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling : 365-370
24. Bales, J. and R. P. Betson. 1981. The Curve Number as a hydrologic index. Proceedings of the International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling : 371-386.