

韓國에 있어서 諸水文構造物の 設計의
基準을 주기 爲한 水文學的 研究

(流去, 洪水 編)

*The fundamental study in order to obtain the hydrological
design basis for hydrological structures in Korea*

(Run off estimate and Flood part)

朴 成 宇

summary

This thesis is the final report which has long been studied by the author to obtain the design basis for various hydrological constructions with the specific system suitable to the natural environmental conditions in Korea.

This report is divided into two parts: one is to estimate runoff volume from watersheds and the other to estimate the peak discharge for a single storm.

According to the result of observed runoff record from watersheds, it is known that Kajiyama formula is useful instrument in estimating runoff volume from watersheds in this country.

But it has been found that this formula shows us 20-30% less than the actual flow. Therefore, when wished to bring a better result, the watershed characteristics coefficient in this formula, that is, f -value, should be corrected to 0.5-0.8.

As for the method to estimate peak discharge from drainage basin, the author proposes to classify it in two ways; one is small size watershed and the other large size watershed.

The maximum flood discharge rate Q_p and time to peak P_t obtained from the observed record on the small size watershed are compared by various methods and formulas which are based upon the modern hydrological knowledge.

But it was found that it was not a satisfied result. Therefore, the author proposes, to compute Q_p , to present 4.0-5.0% for the total runoff volume ΣQ . ΣQ is computed under the assumption of 30 mm loss in watershed per day and to change the theoretical total flow volume to one hour duration total flow rate when design daily storm is given.

Time to peak P_t is derived from three parameters which are u, w, k .

These are computed by relationship between total runoff volume (ha-m unit) and Q_p (C.M.S. unit). Finally, the author checked out these results obtained from 51 hydrographs and got a satisfied result.

Therefore the author suggested the model of design dimensionless unit-hydrograph. And the author believes that this model will be much available at none runoff record river site.

In the large size watersheds in Korea when the maximum discharge occurs, the

effective rainfall is two consecutive stormy days. So the loss in watershed was assumed as 60mm/2days, and the author proposed 3-hour-duration hydrograph flow distribution percentage. This distribution percentage will be sure to form the hydrograph coordinate.

「流域에서의 流出量 計算을 爲한 研究」

1. 研究의 目的과 概要

流域에서의 流出量 推定은 water balance의 理論的解析에 依하여 決定 할수 있겠지만 流域에서의 數 많은 水文因子를 分析해 낸다는 것은 極 困難한 問題이다. 가장 完全한 方法은 流域 마다의 河川流出量 記錄에 依하여 長期的인 資料를 分析檢討하고 流域의 特異性을 캐내어 所要의 目的을 達成하는 것이다.

本 論文에서의 意圖는 韓國全域에 걸쳐서 使用하여도 거이 無妨하다고 生覺할 수 있는 方法을 誘導하자는데 있다.

元來 流域에서의 流出量推定을 爲한 現在까지의 方法과 우리나라에서의 이러한 方向에 對한 研究報告에 對한 批判은 本 研究者에 依하여 이미 發表한바 있거니와(9) 여기서는 좀더 나아가서 實測值를 基礎로하는 具體的인 結果를 報告하고 끝으로 利用面에 對한 論據를 가지려한다. 一般의으로 流域에서 流出量을 推定하는데 計算에 依하여 算定하려 할때는 流出率에 依하여 算定한다.

流出率이라는 것은 流域內的 降雨量에 對한 流出量의 比를 意味하는 것으로서 大別하면 다음의 三種類가 있다.

(a) 年降雨量과 年流出量과의 比 또는 夏季 또는 灌漑期, 非灌漑期等 季節的으로 區別하는 長期間에 對한 流出率

(b) 特定한 어떤 連續降雨量과 이것에 依한 流出量이 降雨前의 流出에 復歸할때까지의 增加總流出量과 比較한 流出率

(c) 어떤 特定 時間에 最大降雨量과 最大洪水量 即 Flood Hydrograph peak point의 量과를 比較했을 때의 流出率 등으로

(a)의 경우는 貯水池 流入量推定에

(c)는 最大洪水量推定에 理論的 根據를 쓸수있다. 即 Hourly Unit Duration Flood Hydrograph에 있어서 Total Unit Hourly Flow

Volume에 對한 몇%라는 方法에 쓰이는 값이 된다. 그러나 이 경우에 생각해야할 問題는 洪水를 자아내는 原因의 High intensity rain fall duration의 total rain fall이 對象이 된다. 日本에서는 (b)의 경우 大略 50~70%의 流出率을 取하고 있다. 그리고 (c)의 경우는 40~50%를 取하고 있다.

2. Single Storm의 流出率

前述한 바와 같이 日本에서는 (b), (c)의 경우에 流出率이 주어져있다. 美國에서는 mass rain fall curve와 mass infiltration curve에 依하여 流出量을 直接 算定한다. 所謂 mass rain fall infiltration method(4)라는 方法이다.

다음 表(1)은 安城川 流域에서 50개의 Hydrograph를 分析한 表이다. 이 表에 依하면 Single storm에서 直接表面流出量은 一括의으로 말해서 降雨強度의 正確한 變化를 알수 없으며 또 Storm 前에 Antecent Soil moisture condition을 재지안았기 때문에 Infiltration ratio의 變化樣相도 모르지만 大略의 짐작으로는 平均의 直接流出로서 日本의 境遇에 比하여 約 5%의 直接流出이 많다고 볼수있다 이것은 流域表面에 植生狀況의 差異에 依한 것이라고 生覺할 수 있다. 流域內的 損失量은 Antecent-soil moisture condition에 依한 差가 있겠지만 本 研究者에 依하여 發表한 바와 같이(9) 洛東江 流域에서의 日損失量은 20~30mm/day였는데 本表에서도 大部分의 損失量은 20~30mm 範圍의 것이라고 볼수있다. 結論으로서 Single storm의 直接流出量의 推定에는

(i) 總降雨量의 50~60%의 流出 또는

(ii) (日降雨)-(20~30mm/day).

에 依하여 直接流出量을 재는것이 좋다고 生覺한다.

3. 長期 流入量의 推定

水資源 確保를 爲해서는 貯水池의 流入量

表 (1) 安城川 流域에서의 Single Storm 의 Hydrograph 에 의한 分析表(1)

G	Date	P(mm)	R.D(hr)	V(m ³)	Pt(hr)	Q(m ³ /sec)	T L(hr)	Area(ha)
1	13/8	103	13	7,180,704	16	116.6	100	15,010
"	17/7	143	16	17,276,544	12	196.9	90	"
"	28/6	161	32	18,501,480	24	277.8	120	"
"	8/8	34.5	10	169,308	16	6.0	96	"
"	23/9	61.5		6,532,920	13	42.4	90	"
"	22/6	115	18	14,986,080	21	182	144	"
"	22/8	67	15	6,813,504	16	62	144	"
2	22/6	93	16	12,009,600	18	115.7	144	12,345
"	17/7	123	14	9,011,520	14	63.3	144	"
"	28/6	117	32	15,216,768	32	123.1	144	"
3	19/6	58	15	3,540,240	18	40.5	78	18,570
"	22/6	75	18	7,072,452	18	165.5	120	"
"	29/5	90	24	14,000,994	18	171.4	114	"
"	7/7	55	10	6,416,280	12	54.3	120	"
"	28/6	85	32	11,652,228	34	141.1	120	"
4	19/6	67	15	1,928,448	10	27.4	48	13,045
"	17/7	80	14	9,448,160	11	146.2	102	"
"	28/6	77	20	7,714,152	20	72.0	127	"
"	24/6	52	11	5,700,672	12	49.0	90	"
"	4/7	48	18	2,239,596	20	29.7	74	"
5	22/9	74	15	1,465,920	16	19.4	128	3,540
6	23/9	79	9	1,812,060	10	57.6	48	5,710
"	28/6	85	32	4,038,192	12	60.1	130	"
"	13/7	65	6	2,932,200	12	67.5	78	"
9	19/6	32	16	5,525,568	20	95.1	52	49,145
"	21/6	61	18	12,697,920	24	188.0	74	"
"	25/6	46	11	3,288,352	12	113.2	71	"
"	28/6	77	32	14,818,464	38	238.6	144	"
"	7/7	50	10	11,781,504	12	141.0	129	"
"	13/7	41	6	10,184,400	9	167.9	90	"
10	19/6	33	15	1,746,144	16	37.96	48	7,225

表 (1) - 安城川 流域에서의 Single Storm의 Hydrograph에 의한 分析表(2)

G	Date	S.F.D(mm)	flow Ratio %	loss mm	R.I(mm/hr)	Total V(m ³ /sec-3600)	peakRatio %	($\frac{T}{P}$)
1	13/8	47.85	45.97	55	7.92	1,994.64	5.84	6.2
"	17/7	115.10	80.04	28	8.93	4,799.04	4.10	7.5
"	28/6	123.26	76.5	38	5.31	5,139.39	4.21	5.0
"	8/8	11.28	32.69	23	3.45	470.30	1.28	6.0
"	23/9	43.52	70.70	18	5.72	1,814.70	2.34	6.9
"	22/6	100.00	87.00	15	5.72	9,162.8	4.36	6.9
"	22/8	45.39	67.70	22	4.46	1,892.64	3.28	9.0
2	22/6	57	61.30	36	5.8	3,336.00	3.47	8.0
"	17/7	73.0	59.34	50	3.8	2,503.2	3.27	10.0
"	28/6	67.00	57.26	50	3.7	4,226.88	2.91	4.5
3	19/6	19.06	32.6	39	3.8	988.40	4.73	4.3
"	22/6	38.08	51.0	36	4.2	1,964.57	8.42	6.7
"	29/5	75.39	83.5	15	3.7	3,889.16	4.41	6.3
"	7/7	34.55	62.8	20	5.5	1,782.30	3.05	10.0
"	28/6	62.74	74.0	22	2.7	3,236.73	4.36	3.5
4	19/6	14.78	21.0	42	4.5	535.68	5.11	4.8
"	17/7	72.42	90.0	8	6.7	2,635.60	5.55	9.7
"	28/6	59.12	77.0	18	3.8	2,142.82	3.36	6.0
"	24/6	43.69	84.0	8	4.7	1,583.52	3.09	7.5
"	7/4	17.16	35.8	31	2.7	622.11	4.77	3.7
5	22/9	41.40	56.0	33	49	407.20	4.76	8.0
6	23/9	31.73	40.0	47	8.8	503.35	11.44	4.8
"	28/6	70.72	83.4	14	2.6	1,121.72	5.36	10.8
"	13/7	51.35	79.0	14	11.0	814.50	8.29	6.5
9	19/6	11.24	35.1	21	2.0	1,534.88	6.20	2.6
"	21/6	25.83	42.4	35	3.4	3,527.20	5.33	3.1
"	25/6	16.86	36.6	29	4.2	2,302.32	4.92	6.0
"	28/6	30.15	39.4	47	2.4	4,116.24	5.80	3.8
"	7/7	23.97	48.0	26	5.0	3,272.64	4.31	10.7
"	13/7	20.72	49.2	20	7.0	2,829.00	5.93	10.0
10	19/6	24.16	73.2	9	2.2	485.04	7.62	3.0

表 (1) 安城川 域流에서의 Single Storm의 Hydrograph에 의한 分析表(3)

G	Date	P(mm)	R.D(hr)	V(m ³)	Pt(hr)	Q(m ³ /sec)	TL(hr)	Area(ha)
11	13/7	100	5	5,746,248	4	142.5	97	"
"	22/8	25	13	1,288,440	14	20.3	141	"
"	19/6	67	15	256,608	21	6.56	54	1,370
"	22/6	77	18	880,632	16	16.5	95	"
"	24/6	62	6	635,652	5	14.83	73	"
12	17/7	64	6	474,120	5	13.36	61	"
"	7/7	60	6	498,528	9	10.28	102	"
13	7/7	65	8	461,088	8	7.1	64	1,500
"	22/9	80	9	21,064	7	15.77	48	"
14	16/8	74	6	516,816	6	16.8	18	2,885
"	24/6	30	10	471,312	10	5.9	58	3,750
"	28/6	76	14	1,657,908	28	22.1	92	"
15	4/7	47	12	603,072	15	8.8	66	"
"	7/7	46	14	1,034,496	18	12.0	88	"
"	22/6	69	14	9,332,280	18	96.3	69	24,550
"	7/7	56	14	4,396,608	20	45.0	100	"
"	17/7	71	13	10,735,344	20	95.46	106	"
"	13/8	97	15	5,800,896	20	60.0	84	"
"	22/8	59	12	4,191,264	12	33.0	134	"

註 P.....降雨量 Area.....流域面積 duration flow ratio
 R.D...降雨繼續時間 S.F.D.....表面流去深 Peak Ratio...Peak의 one-hour
 V.....流域에서의總流量 flow Ratio...流去率 Duration unit의率
 Pt.....洪水到達時間 loss.....流域內損失深 T L.....洪水到達時間을單位
 Q.....最大流去率 R.I.....降雨強度(平均) P T.....로 하는 全流去時間의 比
 T.....Hydrograph의 길이 Total V.....one hour unit

推定の正確性は 成果에 決定的인 因子의 하
 나가 될것이다.

(1) 研究의 目的과 概要

各國에서 此種推定法과 우리나라에서의 推
 定法과 其의 理論에 對하여서는 本 研究者에 依
 하여 이미 發表한 바가 있다. (9) 여기는 梶山
 公式의 有用性을 認定하고 그것의 實用化를
 爲한 實測의 結果에 對하여 論하려고 한다.
 이미 發表한 바와 같이 本 研究者는 梶山公式

$$C = \sqrt{R^2 + (138f + 10.2)^2}$$

에서 (f)의 값은 1.0以下의 값으로 適用하는것
 이 妥當하다고 指摘했다. (9) 南韓 七個所의
 流域에서 10年間 實測의 結果를 調査하여 每
 月の 流出量을 比較하면 表(2)와 같다.
 위의 表(2)가 暗示해 주는것은 表(2)中에 (I)
 에서는 所謂 流域에서의 月別流去率를 말하여
 주는것이며 最小인 6月에 29.2%에서 最大인
 3月에 96.3%까지 年 63.42%의 流去率임을
 말해주고 있다. 表(2)中에 (II) (III)에서는

$$-138 \cdot f + E - 1$$

表 (1) 安城川 流域에서의 Single Storm의 Hydrograph에值對 分析表(4)

G	Date	S.F.D(mm)	flow Ratio %	loss mm	R.I(mm/hr)	Total V(m ³ /sec-3600)	Peak Ratio %	(TL/PT)
"	13/7	79.20	79.0	21	20.0	1,596.18	8.93	24.0
"	22/8	17.70	68.2	7	2.0	357.90	5.67	10.0
11	19/6	18.73	28.0	48	4.4	71.28	9.20	2.6
"	22/6	64.28	83.4	13	4.3	244.62	6.75	6.0
"	24/6	46.40	75.0	16	10.3	176.57	8.40	15.0
"	17/7	34.61	54.0	29	10.7	131.70	10.14	12.5
"	7/7	36.39	61.0	24	10.0	138.48	7.42	11.0
12	7/7	30.74	47.3	34	8.0	128.08	5.54	8.0
"	22/9	34.73	43.3	45	9.0	144.74	10.90	6.9
13	16/8	17.91	17.2	56	17.3	143.56	11.70	3.0
14	24/6	12.56	41.7	17	3.0	130.92	4.51	5.8
"	28/6	44.21	59.7	32	—	460.53	5.00	—
"	4/7	16.08	34.1	31	4.0	167.52	5.25	4.4
"	7/7	27.59	59.0	18	3.2	287.36	4.18	4.9
15	22/7	37.98	55.0	31	4.9	2,592.30	3.71	3.8
"	7/7	17.89	31.8	38	4.0	1,221.28	3.68	5.0
"	17/7	43.69	61.5	28	6.0	2,982.04	3.20	5.3
"	13/8	23.60	24.4	73	6.4	1,611.36	3.72	8.2
"	22/8	17.05	29.0	42	5.0	1,164.24	2.83	11.0

$\bar{x} = 55.7$

$\bar{x} = 5.266$ $\bar{x} = 7.106$

$\bar{F} = 29.4\text{mm}$

$S = 14.3\text{mm}$

$$C\left(\bar{x} + \frac{t}{2}(df=49, \alpha=5\%) \frac{S}{\sqrt{N}}\right) > \mu > \bar{x} - \frac{t}{2} \frac{S}{\sqrt{N}} (df=49, \alpha=5\%) = 95\%$$

$$\therefore C(30.4\text{mm} > \mu > 28.4\text{mm}) 95\%$$

表 (2)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
I	72.5	52.5	96.3	73.1	46.7	29.2	75.6	71.4	70.5	52.5	53.0	68.2	63.42
II	51.1	47.1	51.1	51.1	39.2	21.8	36.5	46.2	44.9	41.5	42.6	52.9	43.85
III	70.8	89.6	49.1	70.4	83.9	74.6	48.2	64.7	63.6	79.1	80.4	77.6	70.99

여기서

$$I = \frac{\text{實測總流出量}}{\text{理論總流出量}}$$

$$II = \frac{f=1.0\text{의 경우의 公式流出量}}{\text{理論總流出量}}$$

$$III = \frac{f=1.0\text{ 경우의 公式流出量}}{\text{實測總流出量}}$$

l=1.0일 때 實測值 와의 比較值인데 1.0일 경
우 實測值에 比하여 적은 流去量임을 表示하
는 것으로서 公式(II)는 其의 誘導過程에 있

어서나 理論的근거에서나 한 實驗式이지만 係
數 (f)의 값에 對한 修正의 餘地가 있다는 것

表 (3) 安城川 流域에서의 月別 流去量 分析表

G. no	month	Area (ha)	總流出量(m ³ /sec)	Depth		降水量(mm)	流出率(%)
				(f)	(mm)		
1	6	15,010	494.69	0.12	284.7	301	96
	7		613.89	0.31	353.3	397	89.5
	8		248.69	0.30	143.1	178	81
	9		31.05	0.49	17.8	37	48
2	5	12,345	178.66	1.06	125.0	234.4	53
	6		331.42	0.4	224.9	277	82
	7		494.91	0.4	346.3	396	87.5
	8		146.32	0.32	192.4	140	72.5
	9		46.9	0.05	32.8	35	96
3	6	18,570	447.6	0.7	208.2	301	69
	7		588.77	0.4	273.9	351	87
	8		93.49	0.8	43.5	100	44
	9		42.9	0.2	200	36.0	55
4	6	13,045	347.75	0.5	230.3	297	77.5
	7		393.06	0.7	260.3	267	98
	8		114.62	0.3	75.9	101	75
	9		52.28	0.3	34.6	44	80
5	6	3,544	76.92	0.7	187.7	286	66
	7		92.11	0.5	224.8	282	87
	8		35.22	0.3	85.8	121	71
	9		17.26	0.1	42.2	50	44
6	6	5,710	145.11	0.2	219.6	277	80
	7		152.53	0.1	231.0	249	93
	8		27.19	1.6	41.2	125	33
	9		22.17	0.3	33.6	43	79
7	6	9,360	257.66	1.4	222.7	287.4	78
	7		337.69	0.4	311.6	357	87.5
	8		45.46	1.2	42.0	111	37.8

9	6	4 9, 1 4 5	815.39	0.2	143.6	294	49
	7		974.84	0.9	171.5	260	66
	8		324.74	0.5	57.2	98	58.5
	9		194.28	0.3	34.2	45	76
	10		121.3	0.2	21.3	28	75
	11		78.5	0.2	13.8	17	82
10	6	7, 2 2 5	146.97	0.2	175.7	281	63
	7		205.95	0.2	246.3	249	99
	8		43.4	0.6	52.1	104	50
	9		9.43	0.58	11.3	30	37
11	7	1, 3 7 0	25.86	0.24	162.7	269	61
	8		7.25	0.1	45.8	67	69
	9		6.19	0.2	39.1	52	75
12	6	1, 5 0 0	45.04	0.9	260.0	327	80
	7		32.84	0.9	189.2	288	65
	8		4.18	0.9	24.1	65	37
				-0.94	8.7	49	18
13	6	2, 8 8 5					91
	7						-
	8		149.59	-	447.9	-	-
	9		40.58	-	121.6	23	-
14	6	3, 7 5 0	80.07	0.82	185.8	298	63
	7		105.39	0.74	243.0	327	74
	8		8.46	2.0	19.5	77	26
	9		2.48	-0.23	5.7	25	24
15	6	2 4, 5 5 0	391.09	1.7	137.7	301	46
	7		476.92	70.	167.7	397	42.5
	8		164.19	0.01	57.4	58	98
	9		31.00	-0.8	10.9	37	30

을 우리는 지적한바 있었다. 本研究에서는 다시 이 問題를 取하여서 (f)의 값에 對한 批判을 加하고 公式(1)의 實用 可能性을 論하자는 데 있다.

(2) 研究의 結果

위의 表(3)은 安城川 流域 約17萬町步에 서 小流域 14個를 區分하여 2年間に 걸쳐 實測한 資料를 表로 作成한것이다. 이 表에서는

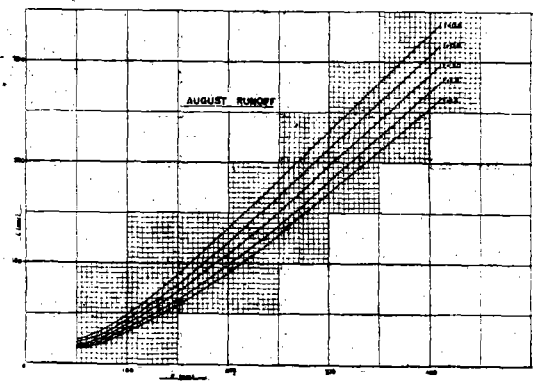
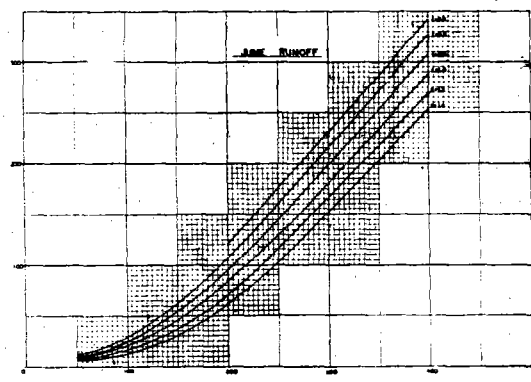
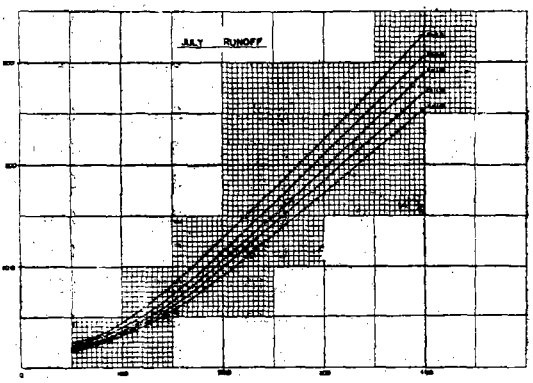
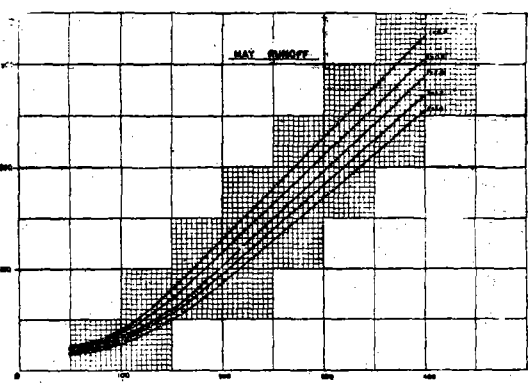
5~11月까지의 實測值만 있으며 其以外的 實測한 記錄이 없는것은 積 유감이다. 그러나 우리가 使用하고 貯하는 大部分의 水資源은

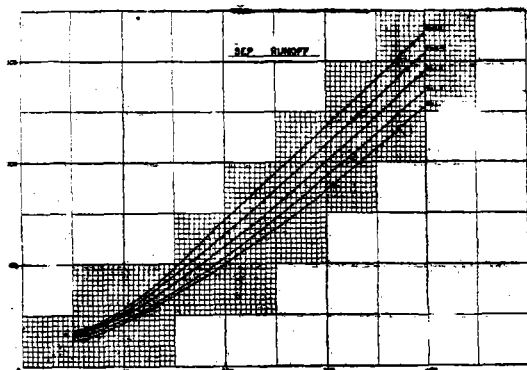
豐水期의 可用水量에 依한 것이기 때문에 이 런 程度라면 우리의 目的 達成에 資料로 될것 으로는 宜하다. 表(4)는 表(3)에서 다시 月別로

表 (4) 表(3)에서의 月別 整理한 값

month	G-NO.	f	P(mm)	C(mm)	Ratio(%)	mean flow%	mean f-value	
may	2	1.06	234	125	53	$\bar{x}=72$	1.06	
June	1	0.12	301	285	95			
	2	0.40	277	225	82			
	3	0.70	301	208	69			
	4	0.50	297	230	77			
	5	0.70	286	188	66			
	6	0.20	277	220	80			
	7	0.40	287	223	78			
	9	0.20	294	144	49			
	10	0.2	281	176	63			
	12	0.9	327	260	80			
	13	0.1	208	199	91			
	14	0.8	298	186	63	S=15	S=0.44	
	15	1.7	302	138	46	$\bar{x}=72$	$\bar{x}=0.65$	
	July	1	0.30	397	353	89.5		
		2	0.40	396	346	87.5		
3		0.40	315	274	87.0			
4		0.70	267	260	98.0			
5		0.50	282	245	87.0			
6		0.10	249	231	93.0			
7		0.40	356	312	87.5			
9		0.90	260	172	66.0			
10		0.20	249	246	99.0			
11		0.24	269	163	61.0			
12		0.90	288	189	65.0			
14		0.70	327	243	74.0	S=17	S=0.70	
15		2.80	397	168	42.5	$\bar{x}=80$	$\bar{x}=0.54$	
August		1	0.30	178	143	81		
		2	0.32	140	102	73		
	3	0.90	100	44	44			
	4	0.30	101	76	75			
	5	0.30	121	86	72			
	6	1.60	125	41	33			
	7	1.20	111	42	38			
	9	0.5	98	57	59			
	10	0.4	104	52	50			
	11	0.10	67	46	69			

	12	0.90	65	24	37		
	14	2.0	77	20	26	S=22	S=0.60
	15	0.02	58	57	98	$\bar{x}=58$	$\bar{x}=0.70$
Sept	1	0.50	37	18	48		
	2	0.05	35	33	95		
	3	0.20	36	20	55		
	4	0.30	44	35	80		
	5	0.10	50	42	44		
	6	0.30	43	34	79		
	9	0.30	45	34	76		
	10	-0.58	30	11	37		
	11	0.20	52	39	75		
	12	-0.94	49	9	18		
	14	-0.23	25	6	24	S=25.5	
	15	-0.80	37	11	30	$\bar{x}=55.0$	$\bar{x}=0.08$
Oct.	9	0.20	28	21	75	$\bar{x}=75$	$\bar{x}=0.20$
Nov.	9	0.20	17	14	82	$\bar{x}=82$	$\bar{x}=0.20$





整理한 것으로서 每月의 流出率과 (f)값의 變動을 살피는데 重點을 두었다.

此表에서는 每月의 流域平均降雨量에서 直接 流出量을 計算하고 이 값에서 計算에 依한 (f)값을 結實지운 것이다. 또 表(4)에서 公式(1)의 curve에 依하여 plot 한 圖表가 Fig(1)의 것이다.

(3) 結 論

(i) 이미 論한 바와 같이 우리나라의 長期水資源計算에 하나의 道具였든 梶山 月別受水量 公式은 理論面에서나 實用面에서 利用價値가 있는 것이라고 말했다. 다만 其의 受水量 自體의 正確性을 期하기 爲하여서는 大修正을 要할것이다.

(ii) 表(2)에서 明白해진 것과같이 $f=1.0$ 의 경우 (Ⅲ)란의 값을 보면 平均30%의 差異를 보여주는데 이것은 一律의으로는 말할 수 없지만 7.8月の 경우 例를 들면 $R=100\text{mm}$ 일때, $f=1.0$ 일 경우, $c=41$

表 (5)

區分 \ 月別	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	\bar{x}
各區의 平均流出率 %	72	72	80	58	55	75	82	70.5
各區의 平均f의 值	1.06	0.53	0.65	0.70	0.08	0.20	0.24	0.50

表(5)에서는 平均流出70% 平均(f)의 값이 0.50 임을 보여주고 있는데 이 값은 前各項에서 論했든것에 對한 實驗의 論據를 주고있다.

(viii) 끝으로 式(1)은 有用한 公式이지만 實用的으로는 $f=0.5$ 程度로하되 安全을 期하기

$f=0.6$ 일 경우, $c=52\text{mm}$ 이며 基準에서 11%의 差異인데 表(2)에는 $f=1.0$ 의 基準에서 30%의 離脫은 $f=0.3\sim 0.5$ 程度 일것을 暗示해 주고 있다.

(iii) 表(4)와 Fig(1)에서 볼때 $f=0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4$ 의 各線에 들어가는 (c)값은 稀少하며 其가 모두 0.6以上の 값으로 Drop하는것을 볼때 表(2)의 (Ⅱ)란의 값을 支持해주고 있다.

(iv) 表(4)에서 (f)값의 月別平均은 0.5~0.7이며 各試驗에서의 (f)值의 分布도 $f=1.0$ 以上の 값은 稀少하며 表(2)에 對한 論證을 支持해주고 있다.

(v) 9月에서 試驗流域 10. 12. 14. 15等에 (f)值가 負號로 나타나는것을보면 이것은 (E)의 값을 修正해야겠다는 論據이며 流出量은 우리가 現在까지 生覺하고 있는 값에 比하여 越等하게 많다는 것을 보여주고 있다. 事實 表(2)에서의 第(Ⅱ)란의 값이 平均43.85이며 이것은 $\frac{\text{公式流出量}}{\text{理論總流出量}}$ 의 값이 되는것이니까 現在까지 公式에 依한 流出量은 流出率로 換算하면 約 44%의 流出率이라는 것을 意味했다.

(vi) 表(2)의 (I)란의 값은 實測流出量이 理論流出量에 比하여 63.42% 임을 表示하는 것으로 公式과의 差異는 大略 20%안것을 보여 주고 있다. 故로 現在까지 梶山公式에 依한 流出量推定은 實際流出보다 20%적었다고 보아야 할것이다.

(vii) 表(4)에서 每月의 流出率과 f值을 要約한다면 表(5)와 같다.

爲하여서는 0.8내지 1.0 까지를 許容하고 우리나라 水資源 用途에 使用할 수 있다고 論斷할 수 있으며 $f=0.5$ 일때 實際에 가까운 受水量 公式 이라고 生覺된다.

「洪水量 計算을 爲한 研究」

(一) 研究의 目的과 概要

水文學의 目的은 물의 利用을 爲한 流域에서 source 를 計算하는데 理論的 根據를 되주기 爲한 것이고, 또 하나는 물 自體의 橫暴에서 벗어나기 爲한 方法을 되추는 것에 있다. 前者의 境遇에는 比較的 長期的인 河川의 流出量에 對한 것이고, 後者의 境遇에는 短時間에 나리는 多量의 急激한 流出量 即 洪水量을 알려주는데 그 目的이 있다.

이 研究는 水文構造物의 保安을 左右하는 其의 100%의 因子가 되는, 洪水量 推定法을 究明 하자는 것이다.

事實 本研究者에 依하여 本件이 이미 報告된 바 있거니와(9), 우리나라의 此部分에 對한 研究는 尙今까지 遼遠한 無條件 外國의 方法을 導入하여 利用하고 있었다. 그래서 이 問題에 對한 批判에 關하여는 이미 報告하였으며(9), 여기서는, 이것을 實際의 資料에 依하여 다시 檢討하고 發展시킨 것으로서, 우리

나라의 現實에서 時急한 이 問題解決을 爲하여 學問的 뒷바침을 目的으로 한 것이다.

即 流域에서의 Design flood hydrograph의 作成은, 實測值가 있을 때는 Unit hydrograph에 依하여 誘導할 수 있으며, 其 方法도 簡單하다. 이 方法은 正確하며 또 容易하고 現在의 水文學의 知識으로서는 누구나가 認定할 수 있는 完璧한 方法이다. 然而나 記錄值가 없을 境遇에는 이러한 方法은 極히 使用하기 困難한 것이고, 그렇다고해서 Design flood hydrograph를 作成하지 않고서는 水文構造物을 設計할 수 없는 形便이기 때문에, 如何한 方法을 使用하더라도 Design flood hydrograph는 作成하여 주어야 한다. 여기서는 우리나라의 無記錄河川에서 洪水量을 推定하고 其에 對한 一般의인 有用한 Design hydrograph를 作成하는 方法을 誘導해 보려는 試圖인 것이다.

(二) 最近 美國에서의 研究狀況

더욱기 最近 美國에서 水文學者와 여기에 關聯되는 研究機關에서는 無記錄河川에서의 Design flood hydrograph를 作成하기 爲한 많은 研究가 發表되여 있다 이들의 研究骨子는 蒐集한 資料를 整理하여 Unit hydrograph에 알맞게 한 後 一般의으로 數式化하려는 試圖였다. 이들의 大部分의 文獻(1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 12)은 小流域에서의 hydrograph가 流域의 特性에 알맞게 一般化한 數式表現을 하자는 것이며 其中 하나는 B.M. Reich에 依하여 報告된 것으로(11),

Mathematical model of flood hydrograph
를

m; Time from commencement of runoff peak discharge rate, measured on the negative side of the origin

C; Center of gravity of hydrograph

G; Time between center of mass of run-

off and peak discharge rate.

q; discharge rate from watershed in inches per hour

q₀; peak rate of discharge,

w; $\int_{-m}^{\infty} qdt$ = total runoff volume in inches

等에 依하여 表示하고

一般式은

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{G}} \left[1 + \frac{t}{G} \right]^{\frac{m}{G}} \dots\dots\dots(1)$$

$$w = \int_{-m}^{\infty} q_0 e^{-\frac{t}{G}} \left[1 + \frac{t}{m} \right]^{\frac{m}{G}} dt \dots\dots(2)$$

等에 依하여 誘導했다.

事實 이들 方法은 美國과 같이 全國을 cover하여 있는 完全에 가까운 諸水文資料, 即 土壤의 分布, 降雨特性, 被覆植生狀況等의 諸資料下에서 이루어져 있다.

(三) 小流域에서의 洪水研究

여기서 流域의 Size에 對한 定義는 다음과 같다(1)

- (a) Area of 1 sq mile to which point rainfall data are to be applied;
- (b) Small areas (sq mile to 200 sq miles)
- (c) Intermediate areas (500 sq. miles to 2,000 sq. miles)
- (d) Large areas 2,000 sq. mile to 10,000 sq. miles)

即 上記 (b)에 該當하는 地區이며 우리나라의 大部分의 小河川流域 또는 農業用貯水池의 流域이 (a), (b)에 屬할 것이다.

A. 標本流域의 分析

(1) 使用資料

1962年과 63年에 걸쳐서 Unkup은 東津江流域과 安城川流域에 關한 徹底한 水文調査를 한바있으며 其中 1963年 安城川流域調査에 對한 完全한 野帳記錄을 入手했기에 이것을 分析하였다. 이 資料는 이 종류의 研究에 必要한 一切의 調査가 記錄된것이며, 流域의 降雨記錄, 時流出記錄과 月別流出記錄과 其他의 記錄等이다.

(2) 研究方法

各 storm에 對한 流域에서의 時間流出記錄을 整理하여 51個의 Hydrograph를 作成하였다. 이 Hydrograph에 依하여 總 流去量, 總 流去深, peak, One hour duration hydrograph에서의 peak rate, time to peak, hydrograph의 tail length, 그리고 各 hydrograph마다의 peak rate q_p 에 對한 flow rate q , 即 q/q_p 의 값, 그리고 또 거기에 對應하는 t/P_p , 即 hydrograph의 橫軸值等과 流域에서의 loss等에 關한 一切의 分析이 可能하게 되었으며, 그 分析의 結果는 表(1)에 一括하여 실려져있다.

이 分析의 目的은, 다음과 같다

(a) 流域에서의 平均損失量의 推定.

美國에서는 月別로 流域에서의 損失量을 Graph에 依하여 決定짓거나(7) 또는 Single storm의 경우에는 Infiltration mass curve

에 依하여 決定짓지만, 우리나라의 경우에는 아직 아무것도 없는 實情이다. 故로 이 直接的인 資料를 使用하여,

$$P - I = R \quad \therefore P - R = I$$

의 理論에서 I의 값을 算定한것이다.

(b) Peak rate의 Total flow에 對한 比率의 推定.

$$\text{Total } V(m^3) = \int_0^{\text{Hydrograph의 tail length 끝점}} f(t) dt$$

에 依하여 定義될 것이므로, V의 값을 rate로 change하여 peak ratio로서 表示하였다.

(c) Time to peak (P_p)의 推定

여기서는 51個의 Hydrograph가 주어져 있기 때문에 다만 全 Hydrograph의 tail length에 對한 Time to peak의 ratio만 算定하였다. 即 t/P_p 의 값만을 算定하고 P_p 가 一定하게 되었을 때 流去率, 即 Q의 값의 橫座標를 決定하기 爲하여 各各의 Hydrograph에 對한 計算은, 하나 하나 따로 한것은 勿論이다.

(d) 이들의 값, 即 實驗值를 利用하여

一般化하자는데 그 目的이 있으며, 그에 對한 것은 (B)에서 論하기로 한다.

(3) 分析의 結果

(a) 表(1)은 이 流域에서 하나 하나 Single storm에 對한 Hydrograph의 分析表이며 前記한 目的을 爲하여 모두 求해진 計算值이다

表(6)은 이 流域의 特性值이며 所謂 Basin character이며, 모든것을 數值化 하였다.

實驗流域에서의 各種特性值는 流域의 樣相을 露出시켜주는 것으로서 各種計算의 根據가 된다.

(b) Time to concentration (T_c)를 求하기 爲하여, 주어진 特性值에서 各種方法을 使用하여 본 結果 $C=133$ 은 (13)지나친값이라 볼 수 있다.

(4) 分析에 對한 結論

여기서 얻은 資料는 一般化 시키기 爲한 基礎資料이며, 다만 元泰常의 $C=133$ 은 (13) 다른 값에 比하여 過大했고, 또 事實 T_c 는

流域의 特性値

表 (6)

G-NO	Area (ha)	PL (km)	H		L (km)		Slope	$(\frac{H}{L})^{0.6}$	Number of river	Compactness CO-effectient (K_c)	Stream Density (D_s)	Rizhas		formula		U. S. A S. C. S T_c (hr)	Rational formula $T_c=0.0078k^{0.110}$
			(m)	(feet)	(m)	(feet)						C=72	Time (hr)	C=133	Time (hr)		
1	15,010	57	174.3	522	14.5	43,500	1/76	0.07038	66	0.129	0.0044	5.06	2.85	9.36	1.50	2.5	2.83
2	12,345	58.5	32	96	14	42,000	1/875	0.025367	47	0.104	0.0038	1.83	7.7	3.37	4.20	6.0	5.67
3	18,570	71	20	60	12	36,000	1/720	0.021558	56	0.013	0.0030	1.55	8.0	2.87	4.40	6.0	5.33
4	13,054	67.5	41.63	1241	19	57,000	1/1572	0.02558	59	0.145	0.0046	1.84	10.0	3.40	5.60	10.0	6.70
5	3,540	33	71.7	261	12.5	37,500	1/132	0.0427	9	0.159	0.0030	3.26	3.85	6.02	2.10	3.0	3.16
6	5,710	33.5295		885	13	39,000	1/67	0.1092	28	0.127	0.0049	7.8	1.60	14.5	0.9	2.0	2.16
7	9,360	50.7129.7		388	18	54,000	1/116	0.08368	68	0.144	0.0073	6.02	3.0	11.13	1.6	4.0	4.16
8	4,875	31.5180		540	8.5	25,500	1/45	0.099036	23	0.130	0.0047	7.13	1.2	13.17	0.65	2.0	1.50
9	49,145	101.5140		420	45.0	135,000	1/1,705	0.03986	59	0.088	0.0012	2.87	10.5	5.30	5.70	10.0	10.5
10	7,255	40.555		165	13.5	40,500	1/245	0.0369567	38	0.132	0.0052	2.66	5.0	4.92	2.70	4.0	4.0
11	1,370	16.550		150	7	21,000	1/140	0.0513756	5	0.127	0.0036	3.70	1.9	6.83	1.0	1.8	2.00
12	1,500	16	80	240	5	15,000	1/63	0.08365	8	0.125	0.0036	6.02	0.90	11.12	0.44	1.0	1.16
13	2,885	28	110	330	9	27,000	1/82	0.07038	13	0.152	0.0046	5.07	1.80	9.36	0.1	1.7	1.91
14	3,750	30.5170		510	13	39,000	1/76	0.07388	10	0.143	0.0027	5.32	2.45	9.83	1.30	2.5	2.50
15	24,550	82	9	27	14	42,000	1/1555	0.01224	40	0.097	0.0016	0.88	16.0	1.63	8.80	6.0	8.5

Water path의 slope에 起因하는 것이 많기 때문에, [各國에서 使用中인 이 種類의 推定 方法이 모두 L와 H의 函數로 나타나 있고, 또 其 것이 理論의 일 것이다. 그런데 우리나라 에만 이 理論을 좇지 않고 C의 값을 2倍로 해야 할 理由는 없다고 본다.

B. 分析結果의 利用

(1) 最大 流出率(peak ratio)의 推定

(a) 이미 報告한 바와 같이 (9), 우리나라에 서의 洪水量推定에는 流域의 大小를 莫論하고 槐山氏의 公式를 使用하고 있다. 其의 矛盾은 이미 指摘했으며 (9), 또 그에 對한 代案도 本 研究者에 依하여 提唱되었다 (9). 그러나 最近에 와서는 綜合 Unit-Hydrograph에 依하여 Design hydrograph를 作成한다는 結論이 나왔지만 即 T_c 와 그에 對한 有效降雨量을 總降雨量에 配分하여, Sub unit hydrograph를 겹쳐서 綜合하므로서 Q_{max} 를 得할뿐만아 니라, 全體의인 設計 Hydrograph를 得한다 는 것이다.

그렇지만 Sub unit hydrograph 作成에서 有效降雨의 分配, 即 降雨強度變化에 對한 確 固한 根據없이 이 有效降雨의 配分이라는것 은 애매할뿐만 아니라, 降雨의 Exceed rainfall 이 언제부터 始作되는지는 流域의 特性에 依 할 것이며, 또 over land flow가 始作되는 時點에 關하여는 極히 莫然한 事項이 많다. 然而나 Design flood hydrograph는 構造物 의 安全을 圖謀하기 爲하여 流域과 Design storm이 주어졌을 때 可能한 最大 peak를 나 타내게 作成하면 安全할것이니까 Sub unit hydrograph의 shape가 如何튼간에 Synthesis hydrograph가 作成될 수 있다. 그러나 前述 한 바와 같이 많은 矛盾點이 있기 때문에, Synthesis design flood hydrograph의 正確性 은 疑心스럽다고 볼수 밖에 없다. 그래서 本研 究에서는 流域에서의 Hydrograph를 分析한 結果를 一般의인 形態로 바꾸어 보자는데 그 意義가 있다.

(b) 表(1)에 Q_{max} 는 全流去量을, 1時間 에 流去한것으로 置換했을 때, 即 one-hour-

duration-hydrograph로 change했을 때 Q_p 과 $\Sigma Q/3,600$ 와의 比를 peak-ratio라고 定義 하고, 其의 比를 平均하여 5.15%가 求해졌 다. 即 이값의 統計學的 表示는 $\alpha=5\%$ 에서

$$C\left\{\bar{x} + \frac{t}{2}(df=50, \alpha=5\%) \frac{S}{\sqrt{N}} > \mu > \bar{x} - \frac{t}{2}(df=50, \alpha=5\%) \frac{S}{\sqrt{N}}\right\} = 95\%$$

를 利用한다면,

$$C\{5.89\% > \bar{x} > 5.37\% \} = 95\% \text{의 값이 나 오게 된다.}$$

(c) Total volume $\Sigma Q/3,600$ sec에서 그의 Q_p 가 가지는 ratio가 5.451%인 것을 알고, 그밖에 storm의 流域에서의 損失量만을 알게 되면 ΣQ 의 값이 算定되므로 따라서 Q_p 의 값 이 計算된다.

(d) 流域에서의 損失量은 表(1)에 依하여 計算하면 平均 29.4 mm/day이며 (b)와 같 은 方法을 利用하여,

$C\{30.4^{mm} > \bar{x} > 28.4^{mm}\} = 95\%$ 로 表示된다 이 값은 本研究者에 依하여 이미 發表한바있 는(9), 洛東江流域에서의 日消費量 $30^{mm}/day$ 의 값과 同一한 값이 된다고 볼 수 있다.

(e) 結論

流域에서의 Q_p 의 값은, 各種의 方法에 依 하여 算定할 수 있다. 그러나 既述한 바와 같은 여러가지 條件때문에 近似值에 많은 差異를 갖이게 되지만, 우리나라에서의 降雨時 流擄 에서 日消費量은 $30^{mm}/day$ 로 보고, Q_p 는

$$[P - 30(\text{mm})] \times \text{Area}(\text{ha}) / 3,600(\text{sec}) = \Sigma Q \text{ m}^3/\text{sec}$$

여기서 ΣQ 는 m^3/sec 單位이며, Duration을 3,600 sec로 생각한다. 그래서 ΣQ 에 對하여 peak ratio를 5.451%로 보면, Q_p 가 얻어 진다.

예를들면, $A=5,000$ ha, $P=200$ mm/day 일때

$$Q_p = 5,000 \times [200^{mm} - 30^{mm}] \div 3,600 \times 5.451(\%) = 128.7 \text{ m}^3/\text{sec}$$

即 이 流域에서의 最大流出量은 $128.7 \text{ m}^3/\text{sec}$ 가 된다고 推定한다.

(2) 流域에서의 Time to peak (P_t)의 推定
 (a) 極히 小流域에서의 Hydrograph의 time to peak(P_t)는 遲滯時間에 T_0 를 加한것과 같을 것이다. 勿論 最大降雨強度가 주어졌을 때의 경우다, 然而나 이 限界를 지나쳤을 때는 降雨의 繼續時間과 關係될 것이기 때문에, 結局에는 Sub hydrograph를 겹쳐서 綜合 Hydrograph의 peak가 이루어지는 時間이 P_t 에 該當될 것이다. 이것은 理論적으로 解析될 것이며 事實上 Hydrograph의 作成自體가 如斯하여 우리에게 보여주게 된다.

그렇지만 反對로, 降雨에 依한 綜合 Hydrograph를 作成하여 P_t 를 算定한다는 것은, Hickak 등의 말과 같이(8) 降雨強度와 流域의 size, main channel의 mean slope等等에 依할 것이기 때문에, 簡單하게 이루어지지 않을 것은 明白한 事實이다. 設計上에는 最大의 洪水를 假定하는 것이, 安全을 爲하여는 認定될 수 있는 일이기 때문에, 降雨의 配分을 理想적으로 하므로서 最大의 洪水를 期하게 된다. 그러나 이것은 모든 것이 假定이며, 實際의 Hydrograph 自體에 近接하기에는 너무나 人爲的인 作爲가 많다. 그러므로 萬若 storm에 依한 總流出量이 決定되고, 또 其 流出時의 最大流出率(peak rate Q_{max})가 決定된다면 그의 相互間의 相關關係에 依하여 P_t 가 自然的으로 어떠한 限界內에서 固定될 것이라는 것은 何人에게서라도 認定받을 수 있는 理論이다.

問題는 여기서 그 總流出量과 Q_{max} 를 如何히 決定하는 가에 따라, 이 두個의 Parameter에 依한 函數值 P_t 가 決定될 수 있게 될 것이다. 이러한 方法은

Basic hydrograph의 基礎理論이며 本研究者도 納得이 가는 方法이다.

(b) 前節(1)에서 Q_p 의 값을 求하는 方法을 說明했다. 그리고 그의 總直接流去量을 決定지우는 要因에 對하여서도 說明했는데 即 Q_p , m^3/sec , $V=ha-m$ Unit로 換算한다면, 이 두個의 parameter에서 $u.w.k$ 의 값을 各各 다 음과 같이 求한다.

$$u = V/3300 \text{ (unit; ha-m)}$$

$$w = Q_p/100 \text{ (unit; } m^3/sec)$$

$$k = \frac{500}{3} \frac{u}{w} \text{ (unit; min)}$$

求해진 $u.w.k$ 의 값에서 P_t 를 求하면 表(7)과 같은 값이 나오며, 實際의 P_t 와 比較했을 때 差가 적고 X^2 - Goodness fitting test에서 Accept 된다.

(表(7) 參照)

表(7) 計算上의 P_t 와 實際의 P_t 와의 比較와 X^2 -Test

Hydrograph No	Gage No	H (m)	L (km)	Computed P_t (hr)	Real P_t (hr)	X^2
1	1	174.3	14.5	10	12.0	0.4
2	"	"	"	10.7	12.0	0.4
3	"	"	"	15.7	18.0	0.25
4	"	"	"	5.5	12.0	6.0
5	"	"	"	26.1	20.0	1.4
6	"	"	"	15.2	16.0	0.06
7	"	"	"	21.3	16.0	1.01
8	2	32.0	14.0	19.1	18.0	0.05
9	"	"	"	20	14.0	1.80
10	"	"	"	23	26.0	0.41
11	3	20.0	12.0	14	18.0	1.10
12	"	"	"	7.9	13.0	2.0
13	"	"	"	15	18.0	0.06
14	"	"	"	19	12.0	2.0
15	"	"	"	15	18.0	0.60
16	4	41.6	19.0	13	10.0	0.70
17	"	"	"	12	11.0	0.33
18	"	"	"	20	20.0	0
19	"	"	"	21	14.0	2.4
20	"	"	"	14	16.0	0.28
21	5	71.7	12.5	15	16.0	0.06
22	6	295	13.0	6	8.0	0.70
23	"	"	"	12	12.0	0

24	"	"	"	8	10.0	0.5	0
25	"	"	"	8	9.0	0.01	
26	9	"	18.0	10	14.0	1.60	
27	"	"	"	13	14.0	0.07	
28	"	"	"	12	10.0	0.0	
29	"	"	"	32	0	0.0	
30	"	"	"	15	12.0	0.60	
31	"	"	"	11	9.0	0.33	
32	10	55	13.5	9	10.0	0.10	
33	"	"	"	7	4.0	1.30	
34	"	"	"	12	14.0	0.32	
35	11	50	7.0	7	9.0	0.57	
36	"	"	"	9	14.0	1.8	
37	"	"	"	7	6.0	0.14	
38	"	"	"	7	6.0	0.14	
39	"	"	"	9	9.0	0.00	
40	12	80	5	12	8.0	1.5	
41	"	"	"	40	31.0	2.0	
42	13	110	9.0	5.5	6.0	0.0	
43	14	170	13	14	10.0	1.14	
44	"	"	"	14	16.0	0.28	
45	"	"	"	11	18.0	4.4	
46	"	"	"	15	17.0	0.27	
47	15	9.0	14.0	18	18.0	0.22	
48	"	"	"	16	20.0	1.0	
49	"	"	"	20	20.0	0.00	
50	"	"	"	17	20.0	0.53	
51	"	"	"	22	12.0	5.0	

X²-Test
 Computed $\Sigma X^2=46.8$
 N=51 df=50
 Theritical $\Sigma X^2(df=50 \alpha=5\%)$
 ≈ 68
 $\therefore 68 > 46.8$
 \therefore Accept hypothesis
 \therefore O.K.

(c) 結論

time to peak P_i 는 總流出量 V, peak rate Q_p 를 計定하고, 두개의 Parameter u,w. 에서 媒介係數를 算定하여 k 의 各單位로 P_i 를 決定하면 된다.

例를 들면, 流域 5,000 ha 에서 200mm의 降雨일때, Q_p, P_i 를 各各 求하면 前例에서,

$$Q_p = 128.7 \text{ m}^3/\text{sec}, V = 850 \text{ ha} - \text{m}$$

$$u = 850/3,300 = 0.2576 \text{ ha} - \text{m}$$

$$w = 128.7/100 = 1.287 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$k = 500/3 \times 0.2576/1.287 = 33.36 \text{ min}$$

$$\therefore P_i = 33.36 \times 20 = 667.2 \text{ min} = 11.12 \text{ hrs}$$

即 洪水量은 128.7 m³/sec 이며 洪水到達 時間은 11時間 7分 程度임을 알게 된다.

C. Dimensionless Hydrograph 의 誘導

Q_p, P_i 가 各各 求해진다면 Q/Q_p, t/P_i 의 ratio 를 計算하므로써, 其에 對한 橫軸 및 縱軸의 값을 얻을 수 있다.

이 Hydrograph 가 Demensionless hydrograph 이며, 이 값에 依하여, 任意의 流域에서 Design storm 를 주었을 때에 Design hydrograph 를 設計하게 된다. 本研究者는 分析한 資料를 利用하여 다음과 같은 Dimensionless hydrograph 를 誘導했고 其의 計算表는 表(8)에 실려있다.

MODEL OF DIMENSION LESS HYDROGRAPH

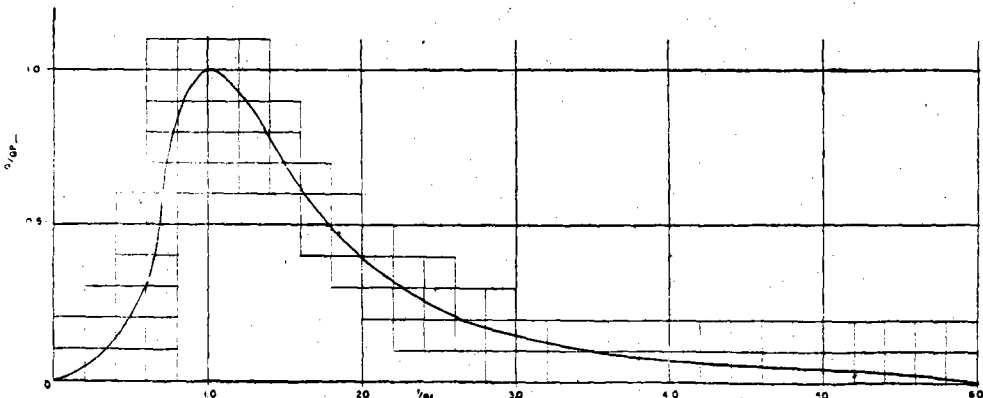


表 (8) 小流域에서 Dimensionless hydrograph 의 co-ordinate 와 X^2 -Goodness Fitting test 表

G-NO t/Pt	Q/Qp															Total	\bar{x}	X^2
	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	15					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
0.33	0.04	0.04	0.05	0.16	—	—	—	—	—	—	—	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.55	0.018
0.67	0.35	0.41	0.45	0.58	—	—	—	—	—	—	—	0.50	0.64	0.64	0.64	2.93	0.49	0.046
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	1.00	0.000
1.33	0.76	0.75	1.00	0.82	—	—	—	—	—	—	—	0.77	0.82	0.82	0.82	4.92	0.82	0.039
1.67	0.48	0.54	0.74	0.62	—	—	—	—	—	—	—	0.48	0.57	0.57	0.57	3.38	0.56	0.035
2.00	0.33	0.39	0.51	0.45	0.38	0.41	0.37	0.30	0.53	0.37	0.44	0.34	0.39	0.39	0.39	5.21	0.40	0.420
2.33	0.21	0.28	0.36	0.33	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.26	0.26	0.26	1.69	0.28	0.023
2.67	0.15	0.20	0.27	0.25	—	—	—	—	—	—	—	0.19	0.18	0.18	0.18	1.24	0.20	0.024
3.00	0.10	0.15	0.21	0.18	0.15	0.20	0.16	0.14	0.24	0.22	0.20	0.16	0.13	0.13	0.13	2.23	0.17	0.029
3.33	0.08	0.12	0.17	0.12	—	—	—	—	—	—	—	0.12	0.09	0.09	0.09	0.70	0.11	0.033
3.67	0.06	0.09	0.14	0.08	—	—	—	—	—	—	—	0.09	0.06	0.06	0.06	0.52	0.09	0.028
4.00	0.04	0.07	0.12	0.06	0.17	0.10	0.07	0.07	0.11	0.12	0.12	0.06	0.04	0.04	0.04	1.05	0.08	0.020
4.33	0.03	0.05	0.09	0.05	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.03	0.03	0.03	0.29	0.05	0.032
4.67	0.02	0.04	0.07	0.04	—	—	—	—	—	—	—	0.02	0.02	0.02	0.02	0.21	0.04	0.001
5.00	0.015	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.07	0.00	0.01	0.01	0.01	0.54	0.035	0.048
5.33	0.010	0.02	0.04	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.18	0.03	0.166
5.67	0.005	0.01	0.03	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.10	0.02	0.020
6.00	0.000	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.000

X^2 -Goodness Fitting test

Computed X^2

$\Sigma X^2 = 0.954$

$N=18$ $df=N-1=17$

$\alpha=5\%$

$X^2=28.0$

\therefore Accept hypotheicis

\therefore O.K.

表 (9)

t/tp	Q/Q
0.0	0.00
0.33	0.09
0.67	0.49
1.00	1.00
1.33	0.82
1.67	0.06
2.00	0.40
2.33	0.28
2.67	0.20
3.00	0.17
3.33	0.11
3.67	0.09
4.00	0.08
4.33	0.05
4.67	0.04
5.00	0.035
5.33	0.03
5.67	0.02
6.00	0.00

表(8)에서 X^2 -goodness fitting test에는 평균値에서 偏差中 最大의 값을 사용했어도, 充分히 受納되는것을 여기서 보여 주고있다. 表(8)의 各各의 값은 表(1)에 있는 各流域마다의 Storm에 對한 Hydrograph를 하나하나 分析한 것으로서, 實在하는 Q_p 와 P_t 를 利用하여, Q/Q_p , t/P_t 의 값을 計算한것을 總括한 것이며 此等의 값에서 誘導한것이 表(9)가 된다. 前例에서 $Q_p=128.7 \text{ m}^3/\text{sec}$, $p_t=11.12 \text{ hr}$ 일때 橫軸 $t/p_t=2.0$ 의 경우에는 22.24 hr 가 되며, 流出率은 $Q=51.48 \text{ m}^3/\text{sec}$ 가 될것이다. $t/p_t=4.0$ 일때는 $Q=10 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로서, 其의 Hydrograph의 結末이 된다.

D. 一般의 討論

(1) 一般的인 討論

普通 우리가 알고있는 Q_p 의 計算法은 Q_p

하나만을 計算하거나 또는 Sythesis Hydrograph에 依하는 Q_p 는 靜的인 한 點의 計算이며 우리가 必要로 하는것은 Hydrograph이기 때문에, Q_p 만으로는 이 點을 滿足시켜 주지 않는다. 또 後者의 경우에는 이미 記述한 바와 같이 人爲的인 各種의 行爲를 거쳐야 하기 때문에, 事實과는 다를지 모른다. 即 流域에서 Topographical condition, main channel의 mean slope, effecient rainfall pattern, efficient rainfall duration, efficient rainfall intensity, soil moisture condition, time to exceed rainfall 等等의 이러한것을 完璧하게 分離시켜 Sub-hydrograph를 作成하여 綜合해야 하는것이기 때문에 困難하다. 故로 一律的으로 流域內의 降雨損失量과 Q_p ratio를 알게 된다면 人爲的인 過程을 攄 減少시킬 수 있게 된다.

(2) 資料分析値와 其他의 값과의 比較

모든 方法에서 Q_p 의 計算에 T_c 에 對한 降雨強度나 또는 有效降雨繼續時間을 決定하여 其 Duration에 對한 總降雨量을 算定하게끔 되어 있다. 例를들면 $Q=CiA$ 에서 i 의 값은 T_c 에 對한 intensity/hr-unit이며, $P_t=0.6T_c + \frac{D}{2}$ 에서 P_t 가 T_c 보다 커서는 않된다 그러나 中安의 $tp=0.8t_0+tg$, 또는 元素常의

$\frac{d(qm-q_0)}{dt} = \frac{d}{dt} \cdot \frac{c}{t+tc} \cdot \frac{A}{a+t} \cdot \frac{ht}{a+t} = 0$ 에서, $tr = \sqrt{a-tc}$, $tr > tc$ 의 條件等은 모두 이것이며, T_c 時間內의 有效降雨量을 찾으려는 것이다. 여기에서 Sub-unit hydrograph를 作成하여 Sythesis 하자는 것으로서 $Q=CiA$ 에서 i 의 값을 本研究者의 研究結果(9)의 값을 利用하여, T_c 에 該當하는 i 의 값을 算定하고, 實際의 Q_p 와 比較해 보기로 한것이 이 表(10)이다. 이 表에서 볼때, $Q=CiA$ 에서 求한 값이 實際의 값보다 훨씬 큰값이 나오고 있는데, 이 값은 此公式自體가, T_c 사이의 i 에 該當하는 降雨가 全流域을 Cover한다는 條件이기 때문에, 其의 面積의 限界는 3200 acre 即 1,295 ha 이여서, Depth-Duration-Area의 理

表 (10)

Rational formula 의 Q_p 와 實際의 Q_p 와의 比較

G=NO	Hydrogra- ph. NO	Tc(hr)	Area(ha)	i mm/hr	P(mm)	C	Computed $Q_p(m^3/sec)$	Actual $Q_p(m^3/sec)$
1	1	2.83	15,010	16.1	103	0.4	266.3	117
"	2	"	"	21.2	143	"	350.7	201
"	3	"	"	23.4	161	"	387.0	280
"	4	"	"	6.4	35	"	105.9	85
"	5	"	"	10.6	62	"	175.3	48
"	6	"	"	16.1	103	"	266.3	184
"	7	"	"	11.4	67	"	188.6	64
2	8	5.67	12,345	14.8	93	"	201.3	119
"	9	"	"	18.7	123	"	254.4	67
"	10	"	"	17.9	117	"	243.5	127
3	11	6.70	18,570	10.1	58	"	206.7	50
"	12	"	"	12.4	75	"	253.8	175
"	13	"	"	14.4	90	"	294.7	178
"	14	"	"	9.6	55	"	196.5	62
"	15	"	"	13.8	85	"	282.4	150
4	16	3.16	13,045	11.4	67	"	163.9	30
"	17	"	"	13.1	80	"	188.3	156
"	18	"	"	12.7	77	"	182.6	78
"	19	"	"	9.2	52	"	132.3	60
"	20	"	"	8.6	48	"	123.6	35
5	21	2.16	3,540	12.3	74	"	48.0	21
6	22	4.16	5,710	12.9	79	"	81.2	59
"	23	"	"	13.8	85	"	86.8	61
"	24	"	"	11.1	65	"	69.8	68
"	25	"	"	11.8	70	"	74.3	65
9	26	10.5	49,145	6.0	32	"	324.9	103
"	27	"	"	10.5	61	"	586.6	207
"	28	"	"	8.2	46	"	444.1	139
"	29	"	"	12.7	77	"	687.8	259
"	30	"	"	8.9	50	"	482.0	150
"	31	"	"	7.5	41	"	406.2	171
10	32	4.0	7,255	6.1	33	"	48.8	37
"	33	"	"	13.1	80	"	104.7	144

"	34	"	"	4.7	25	"	37.6	20
11	35	2.0	1,370	11.4	67	"	17.2	7
"	36	"	"	12.7	77	"	19.1	17
"	37	"	"	10.7	62	"	16.1	15
"	38	"	"	10.9	64	"	16.5	14
"	39	"	"	10.4	60	"	17.2	11
12	40	1.16	1,500	11.1	65	"	18.4	8
"	41	"	"	13.1	80	"	21.6	16
13	42	1.91	2,885	12.4	75	"	39.4	17
14	43	2.50	3,750	5.6	30	"	23.1	9
"	44	"	"	12.3	76	"	50.8	23
"	45	"	"	8.4	47	"	34.7	10
"	46	"	"	8.3	46	"	34.3	13
15	47	8.5	24,550	11.6	69	"	313.8	98
"	48	"	"	9.8	56	"	265.1	50
"	49	"	"	11.9	71	"	321.9	98
"	50	"	"	15.3	97	"	413.9	61
"	51	"	"	10.2	59	"	275.9	34

註 i의 값은 T_c 에 該當하는 Rainfall Duration에 本研究者에 依하여 發表했는 降雨強度變化의 關係를 引用하여 算定된 값이며 $Q=CiA$ 에서 美式單位를 meter法 即 m^3/sec , mm/ha 로 計算했을 때는 $Q=0.00255CiA$ 로 하여 Dimension을 바꾸었다.

論에서 Area가 크면 Q 의 값이 이 公式의 값보다 커지는 것은 當然한 일이 된다. (계산상의 p_i 와 실제 p_i 의 比較表는 表(7) 參照)

表(10)에서 $A=1,370$ ha 일 경우에는 計算値와 實際의 Q_p 가 거의 一致되는 것을 볼 수 있는데 이것을 보아도 利用公式自體의 選擇에 따라 重大한 差異가 일어난다는 것을 알 수 있다. 結論으로, Q_p 計算에 우리가 알고 있는 方法을 無條件 使用한다는 것이 困難하다는 것이다.

또 餘他的 Synthesis hydrograph를 使用한다는 것도, 前述한 바와 같이 複雜스러운 過程과, 또 事實上 많은 因子를 動員 하여야 하기에 이것도 困難하다고 말할 수 있다.

또 T_c 의 값의 必要性은 Sub hydrograph를 作成하거나 T_c 에 該當하는 Duration에 Rainfall intensity를 必要할 때 뿐이니까 그것이 不必要하게 된다. 좀더 仔細히 詳述하면,

Q_p 가 綜合的인 因子의 相互作用에 依하여 이루어 지는 것이기 때문에 T_c, i 등의 값이 여기에 包含되는 것이며, Total V의 값에서도 이것이 關與되기 때문이다.

(3) Dimensionless Hydrograph에 對하여.

우리는 Q_p 만을 得했을 때에 Design Hydrograph 作成에 무척 困難을 받게 된다. 그러기 때문에 Basic hydrograph의 Co-ordinate에서 Hydrograph를 구하기도 하고, 또는 餘他的 無次元 Hydrograph의 座標를 使用하기도 하며, 또는 Sub-hydrograph로 Synthesis했을 때는 그의 接合된 座標로서 Hydrograph가 구며지긴 하지만, 우리나라의 것이 많이기 때문에 여기서는 우리나라의 것을 作成하였고 多少의 地域的인 變動이 있다고 하여도 이 座標를 그대로 使用하여도 無妨할 것이다.

E. 結 論

우리 나라의 流域에서의 洪水量과 Design

表(11) 大流域에서의 Dimensionless Hydrograph co-ordinat 와 其의 mass co-ordinat.

A = 10, 000 km ²				A = 15, 000 km ²				A = 20, 000 km ²			
T (hr)	Q (%)	mass T(hr)	mass Q(%)	T (hr)	Q (%)	mass T(hr)	mass Q(%)	T (hr)	Q (%)	mass T(hr)	mass Q(%)
3	1.4	3	1.4	3	0.80	3	0.80	3	0.50	3	0.50
6	1.9	6	3.3	6	1.20	6	2.00	6	0.95	6	1.45
9	2.6	9	5.9	9	1.50	9	3.50	9	1.02	9	2.47
12	3.0	12	8.9	12	1.75	12	5.25	12	1.35	12	3.82
15	3.9	15	12.8	15	2.10	15	7.35	15	1.60	15	5.42
18	4.5	18	17.3	18	2.62	18	9.97	18	1.90	18	7.32
21	4.9	21	22.2	21	3.10	21	13.07	21	2.30	21	9.62
24	5.6	24	27.8	24	3.55	24	16.62	24	2.70	24	12.32
27	5.8	27	33.6	27	4.05	27	20.67	27	3.10	27	15.42
30	5.9	30	39.5	30	4.50	30	25.17	30	3.40	30	18.82
33	5.9	33	45.4	33	4.85	33	30.02	33	3.65	33	22.47
36	5.8	36	51.2	36	5.12	36	35.14	36	3.85	36	26.32
39	5.6	39	56.8	39	5.30	39	40.44	39	3.95	39	30.27
42	5.2	42	62.0	42	5.30	42	45.74	42	4.04	42	34.31
45	4.9	45	66.9	45	5.20	45	50.94	45	4.06	45	38.37
48	4.5	48	71.8	48	5.00	48	55.94	48	4.06	48	42.43
51	3.9	51	75.7	51	4.80	51	60.74	51	3.95	51	46.38
54	3.2	54	78.9	54	4.40	54	65.14	54	3.90	54	50.28
57	2.7	57	81.6	57	3.90	57	69.04	57	3.82	57	54.10
60	2.4	60	8.40	60	3.50	60	72.54	60	3.60	60	57.70
63	2.2	63	8.62	63	3.15	63	75.69	63	3.45	63	61.15
66	2.0	66	88.2	66	2.90	66	78.59	66	3.10	66	64.15
69	1.9	69	90.0	69	2.65	69	81.24	69	2.85	69	67.10
72	1.7	72	91.8	72	2.40	72	83.64	72	2.65	72	69.75
75	1.5	75	93.3	75	2.25	75	85.89	75	2.45	75	72.20
78	1.3	78	94.6	78	2.10	78	87.99	78	2.30	78	74.50
81	1.2	81	95.8	81	1.80	81	89.79	81	2.10	81	76.60
84	1.0	84	96.8	84	1.72	84	91.51	84	2.00	84	78.60
87	0.8	87	97.6	87	1.55	87	93.06	87	1.85	87	80.45
90	0.65	90	98.25	90	1.40	90	94.46	90	1.70	90	82.15
93	0.40	93	98.65	93	1.22	93	95.68	93	1.55	93	83.70
96	0.25	96	98.90	96	1.00	96	96.68	96	1.40	96	85.14

99	0.02	99	99.10	99	0.82	99	97.50	99	1.30	99	86.44
102	0.10	102	99.20	102	0.72	102	98.20	102	1.15	102	87.59
105	0.10	105	99.30	105	0.52	105	98.72	105	1.00	105	88.59
108	0.10	108	99.40	108	0.40	108	99.12	108	0.90	108	89.49
111	0.10	111	99.50	111	0.30	111	99.42	111	0.75	111	90.69
114	0.10	114	99.60	114	0.20	114	99.62	114	0.60	114	91.29
117	0.10	117	99.70	117	0.10	117	99.72	117	0.55	117	91.79
120	0.10	120	99.80	120	0.05	120	99.77	120	0.40	120	92.19
123	0.10	123	99.90	123	0.05	123	99.82	123	0.40	123	92.59
126	0.10	126	100.00	126	0.05	126	99.87	126	"	126	92.99
—	—	—	—	—	0.05	129	99.92	129	"	129	93.39
—	—	—	—	—	0.05	132	99.97	132	"	132	93.79
—	—	—	—	—	—	—	—	135	"	135	94.19
—	—	—	—	—	—	—	—	138	"	138	94.59
—	—	—	—	—	—	—	—	141	"	141	94.63

hydrograph 를 作成하려면

- i) 流域에서의 損失量 30mm/day
- ii) Single storm 에 依한 Direct runoff 의 V 의 값은

$$V = \frac{(P-30) \times \text{Area}}{1000} = \text{ha-m/(unit)}$$

- iii) $\Sigma Q = \frac{(P-30) \times 10,000}{1,000 \times 3,000} = \text{m}^3/\text{sec}(\text{unit})$

- iv) $Q_p = \Sigma Q \times 5.451\% = \text{m}^3/\text{sec}(\text{unit})$

- v) $P_t = u.w.k$ 의 Parameter 에 依하여 k 의 分單位(min-unit)

- vi) Design flood hydrograph 의 Co-ordinate 는 誘導한 Demensionless hydrograph 座標에 依하여 作成된다.

(四) 六流域에서의 洪水研究

本 研究者에 依하여 이미 報告된바 있지만(9) 여기서 大流域이라 함은 10,000 km² 以上の 流域을 말하며, 有效降雨 二日을 생각했을때이며 이것에 對한 모든 理論的 根據와 使用資料 등에 對한것은 文獻(9)에 실려져있다. 여기서 는 10,000 km², 15,000 km², 20,000 km² 의 경우, Duration—Area—Intensity—Frequency 의 理論을 適用하고, Design flood hydrograph 의 Dimension-less hydrograph co-ordinate 와 其에 對한 Hydrograph 의 mass curve co-ordinate 가 다음 表(11)에 기록되어있다. 이 表에 依하면 設計降雨에 對한 Design flood hydrograph 가 作成될 것이다. 文獻(9)에서 論한바와 같이 이 表를 利用할때는

- i) 2日 降雨에서 損失降雨 60mm
- ii) 有效降雨 (P-60)mm

- iii) $(P-60) \times \frac{\text{mm}}{10,000} \times \frac{\text{km}^2}{100 \times 10,000} \div \frac{1}{1,000} = V_1 \text{m}^3$

$$(P-60) \times \frac{\text{mm}}{15,000} \times \frac{\text{km}^2}{1000 \times 10,000} \div \frac{1}{1,000} = V_2 \text{m}^3$$

- iv) $(P-60) \times \frac{\text{mm}}{20,000} \times \frac{\text{km}^2}{1,000 \times 10,000} \div \frac{1}{1,000} = V_3 \text{m}^3$

- v) $\Sigma Q_{(1)} = V_1 / 10,800 = \text{m}^3/\text{sec}(\text{unit})$
 $\Sigma Q_{(2)} = V_2 / 10,800 = \text{m}^3/\text{sec}(\text{unit})$
 $\Sigma Q_{(3)} = V_3 / 10,800 = \text{m}^3/\text{sec}(\text{unit})$

- vi) 10,000km² 의 경우
 $Q_p = \Sigma Q_1 \times 5.9\% = \text{m}^3/\text{sec}(\text{unit})$
 $P_t = 3\text{hr} \times 10 = 30\text{hr}$
 15,000km²의 경우
 $Q_p = \Sigma Q_2 \times 5.3\% = \text{m}^3/\text{sec}(\text{unit})$

$$P_1 = 3\text{hr} \times 14 = 42\text{hr}$$

20,000km²의 경우

$$Q_p = \Sigma Q_3 \times 4.06\% \quad \text{m}^3/\text{sec} \quad (\text{unit})$$

$$P_1 = 3\text{hr} \times 15 = 45\text{hr}$$

References.

1. A.S.C.E, Committee of Hydrology.
Hydrology Hand Book.
Mannual of Engin. practice No.28 184P ja.
1949.
2. Benson, M.A.,
Channel-slope factor in flood frequency
analysis proc. ASCE. 85. Hy4. papar 1994
p.1~9 April 1959.
3. Doogce, J.C.,
A general theory of the unit hydrograph
J. of Geophys. Research 64 : 241-245 Feb
1959
4. Frevert, R.K, Schwab. G.O.
Soil and water Canservation Engineering
Newyork John wiley and sons. In. 1955.
5. Gray, D.M.,
Derivation of hydrographs for small wa-
tersheds from measuavile phsical chara-
cteristics. ph.D Dissertation. Iowa state
university. of Science and Technology,
208p., 1960
6. " "
Synthesis unit hydrograph for small
watersheds
proc. ASCE. Hy4. paper 2854p. 33-54.
7. Harry Burgess ROE.CE
Engineering for Agricultural Drainage
Megraw-Hill Book Co. Inc. 1954.
p.87~88
8. Hickcock. R.B., keppel, R.D. and Rafferty
Hydrograph sythesis for small arid land
watershed. ASAE. 40:608-611. Oct. 1959
9. park sung woo
The fundamental study in order to ob-
tain the hydrological design basis for
hydrological structnrs in Korea
KSAE vo.1 may 1964.
10. Potter, W.D.
peak rater of runoff from small water-
sheds U.S. Bureau of public Roads,
Division at Hydraulic Research, Hydraul-
Design Series. NO 2, 35p. Appil 1961.
11. Reich, B.M.
Design hydrographs for very small wa-
tersheds from rainfall
Civil Engineeen section Colorado stat-
university Fort callins, Culorado. Jnly
1962.
12. U.S. Soil Conservation Service, National
engineering hand book section 4. Hydrol-
ogy, Supplement A. December 1957.
13. Wan Tae Sang.
A study on maximum flood Dischange
Formula JSCE March
(筆者 서울大 農大 教授)