

太和江 流域의 水文特性에 關한 研究(I)

沈 名 弼
土 木 工 學 科

〈要 約〉

水工構造物の 計劃, 設計 및 運營을 위해서는 水文學的인 考慮가 있어야 하며, 어떤 地域의 水文特性의 가장 重要한 要素는 降雨特性이라 할 수 있다.

本 論文에서는 太和江 流域의 水文特性에 關한 研究의 첫 단계로 地點雨量과 面的雨量과의 關係 및 短時間 降雨強度式에 對해 研究해 보았다.

A study on the hydrologic characteristics of the Taewha River Basin (I)

Sim 'Myung Pil
Dept. of Civil Engineering

〈Abstract〉

Whenever we plan, design or operate a hydraulic structure, we must bear in mind that the hydrologic characteristics play an important role. Undoubtedly the most important thing among them is the rainfall characteristics of the basin concerned.

As the first step of a series of study on the hydrologic characteristics of the Taewha River Basin, the relationships between the point rainfall and the average depth of rainfall over the basin are investigated. Included also are some examinations on various rainfall intensity-duration-frequency formulac for various durations.

I. 序 論

우리 人類에게 있어서 물은 必要不可缺한 基本資源으로 물의 利用은 人類文明의 發達에 크게 기여해 왔다. 따라서 물이 人間에게 주는 利點은 最大限 利用하고 물에 의한 被害를 最小限으로 줄이기 위해서는 水資源을 가장 科學的이고 効率的인 方法으로 開發하고 管理를 하므로써 人類의 最大福祉와 繁榮을 누릴 수 있다 하겠다.

특히 우리나라 最大의 蔚山工業園地를 끼고 있는 太和江을 生活用水, 農業用水 및 工業用水 등을 供給하는 重要한 河川으로 이 流域의 水工構造物의 効率的인 設計 및 管理, 運營을 위해서는 水文學的인 考慮가 있어야 한다.

한 地域의 水文學的인 特性은 그 地域의 氣候와 地質構造等에 의하여 決定되며 가장 重要한 要素는

그 地域의 降雨特性이라 할 수 있다. 本 論文에서는 太和江流域의 水文特性에 關한 研究의 첫 단계로서 地點雨量과 面積雨量과의 關係 및 短時間 降雨強度式에 對해서 研究해 보았다.

II. 太和江 流域의 概況

太和江 流域은 그 水源을 慶尙南道와 慶尙北道の 境界인 蔚州郡 上北面 德峴里 加知山에서 시작하여 南東流하다가 南面 九秀里 부근에서 大岩堤가 있는 大谷川과 合流하면서 東流하여 작은 支流인 尺果川과 만나 蔚山市의 新舊市街地를 가르면서 一大支流인 東川과 合流東海에 流入한다. 太和江의 路延長은 41.5km이며 流域面積은 626.4km²이고 流域의 平均 幅은 15km이다. 河川勾配는 下流部에서 약 $\frac{1}{3,000}$ 程度이다. (1)



그림 1. 太和江 流域圖

Ⅲ. 資料의 整理 및 分析

降雨量等の 水文資料를 水文統計學의 으로 解析하는 경우에는 資料의 分析方法이 重要하며 一般의 으로 水文解析에는 每年 最大值를 標本值로 取하여 水文圖을 解析하고 있다. (2) (3) (4)

本 論文에서는 太和江 流域內에 位置한 호계, 순금, 석과, 금곡리, 궁근 等 五箇 雨量觀測所의 降雨量 資料와 蔚山湖候所의 最近 20年間의 自記雨量 紙로부터 持續期間別 每年 最大值를 整理分析하였다. (5)

Ⅳ. 流域의 平均降雨量

雨量計로 測定한 降雨量은 雨量計가 設置된 地點

의 地點雨量으로서 이런 面積에 對한 平均雨量은 特別히 考慮하여 面積雨量이라 부르니 流域內의 몇 개의 雨量觀測所의 地點雨量으로부터 平均 面積雨量을 推定할 수 있으며, 一般의 으로 面積雨量을 求하는 方法으로 算術平均法(Arithmetic mean method), Thiessen의 加重法(Thiessen's weighing method), 等雨線法(Isohyetal method), Percentage of mean annual method, Isopercental method 等이 있으며 (6) (7) (8) 그 流域의 面積雨量의 精度는 流域面積의 크기, 山岳効果等의 地相學의 條件 및 降雨特性, 觀測所의 流域中心에서 떨어진 거리, 降雨計測網의 密度等에 의해 決定되며 一般의 으로 觀測所의 數의 平方根에 比되하는 것으로 알려져 있으며 (8) (9) 그림 2. 는 降雨計測網의 密度가 流域의 面積雨量 選定에 미치는 影響을 表示하고 있다.

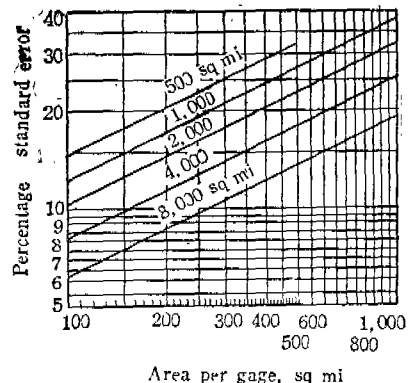


그림 2. 計器當 面積에 따른 標準誤差 (7)

表 1은 各 觀測所別 月平均 降雨量을 나타내며 面積雨量은 雨量計가 不均等하게 分布되어 있을 때 널리 使用되고 있는 Thiessen의 加重法을 使用하였으니, 이 方法은 全流域面積에 對한 各 觀測所의 支

表 1. 各 觀測所別 月, 年平均 降雨量

관 측 소	월 평 균 강 우 량 (mm)												년우량 (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
St. 1(궁 근)	27.1	46.85	99.75	89.1	113	98.5	279.9	267.2	249.6	64.9	62.1	30.3	1428.3
St. 2(금곡리)	31.	39.80	100.4	117.9	113.5	77.6	327.3	351.5	217.6	26.2	70.8	32.	1505.6
St. 3(석 과)	18.1	44.15	118.5	92.65	114.3	97.9	287.	176.	247.1	64.8	59.95	21.7	1342.15
St. 4(순 금)	19.85	42.	25.4	73.1	59.05	68.4	192.6	201.45	234.5	42.	51.5	24.9	1085.3
St. 5(호 계)	36.15	73.1	118.1	105.5	104.2	79.8	275.9	213.6	267.6	58.6	64.05	36.1	1432.7
평 균	26.44	49.18	92.43	95.65	100.81	84.80	272.54	241.95	243.28	51.3	61.68	29.00	1358.81

配面積比를 加重因子(weighing factor)로 잡아 이
를 各 雨量值에 곱하여 合算한 후 이 값을 全流域
面積으로 나눔으로 面積雨量을 算定하는 方法으로서
山岳效果가 비교적 작고 流域面積이 略500~5000km²
인 곳에서 使用하는 것이 좋은 것으로 알려져 있다.

그린 3은 太和江流域의 Thiessen Diagram을 나
타내며 各 地點別 面積 및 面積比를 表 2에 나타내
었다.

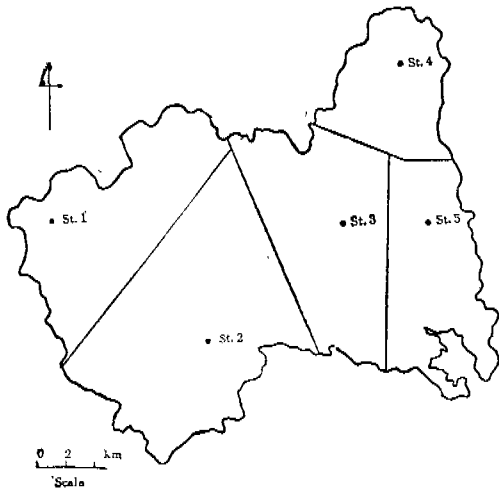


그림 3. Thiessen Diagram

表 2. 各 地點別 面積 및 面積比

지 점	지배면적(km ²)	면적비(%)
St. 1	139.6	22.29
St. 2	162.4	25.93
St. 3	138.2	22.06
St. 4	57.5	9.18
St. 5	128.7	20.54
計	626.4	100.00

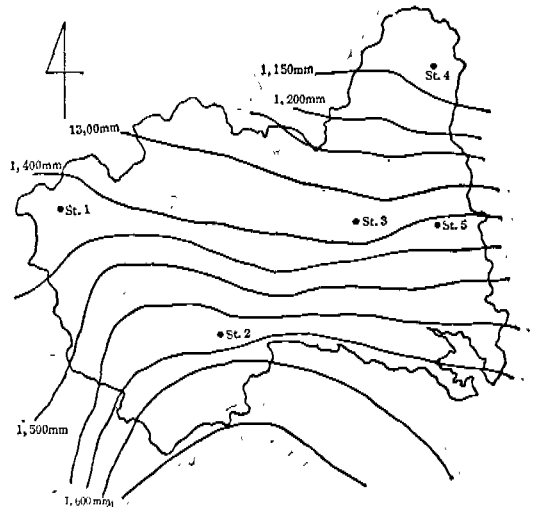


그림 4. 年雨量 等雨線圖

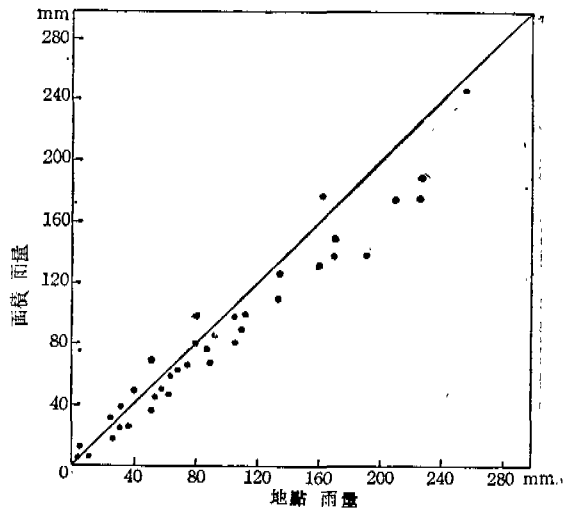


그림 5. 금곡리의 月別 地點雨量과 面積雨量과의 比較

表 3. Thiessen法에 의한 年. 月別 面積雨量

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
	mm													
1966	5.02	57.48	176.64	68.24	125.53	96.51	141.27	190.25	84.25	97.16	59.78	11.20		1113.33
1968	3.9	4.9	62.58	37.94	79.95	48.14	244.79	173.01	112.27	98.38	39.14	19.52		924.52
1969	32.81	78.04	26.30	169.41	79.95	140.55	306.50	297.6	596.63	3.05	25.59	37.25		1793.22
1972	68.42	70.24	178.14	101.27	149.54	88.29	409.85	267.28	295.78	45.92	132.06	49.01		1855.83
平 均	27.54	52.67	110.92	94.22	108.66	93.37	275.6	232.04	272.2	61.13	64.14	29.23		1421.72

表 3은 地點雨量으로부터 Thiessen法에 의해 求한 年, 月別 平均面積雨量을 나타내며 그림 4는 表 2으로부터 求한 年雨量의 等雨線圖이다.

觀測點別 地點雨量과 面積雨量과의 關係를 알기 위해 그림 5에 各곡리의 경우를 도시했으며, 流域內에 雨量의 空間的인 變化가 전혀 없다면 그림에 表示된 直線과 같은 關係를 가져야 하나 대체로 一致함을 알 수 있다. 觀測點別 流域中心부터 떨어진 距離에 따른 標準誤차를 求해 보았으나 距離와 標準誤差 間に 特別한 相關關係를 보이지 않았다.

V. 再現期間別 降雨強度式의 算定

水文學的 解析 및 設計에 있어서는 日, 月 및 年 總降雨量만으로서는 問題點의 解決이 곤란한 경우가 많으며 降雨의 強度(Rainfall intensity), 持續期間(Duration), 生起頻度(Frequency) 및 地域範圍(Areal extent) 等에 關한 分析이 必要하다.

降雨強度는 單位時間에 내리는 降雨量의 尺度로서 降雨強度와 持續期間과의 關係를 表示한 式은 降雨強度式이라 하며 持續期間, 再現期間 및 地域常數에 關係하며, 과거의 降雨量統計로부터 再現期間別 確率降雨強度를 求해 最小自乘法에 의해 이들 常數를 求할 수가 있다.

表 4는 蔚山測候所의 最近 20年間 (1959~1978년)의 資料로부터 持續期間別 降雨強度를 크기별로 나타낸 것이다.

一般의 變量이 어떤 特定值 X와 같거나 그 以上の 값이 發生하는 것이 平均 T年에 1回 程度 나타난다고 期待될 때 T를 X의 再現期間(Return period) 또는 確率年이라 한다.

再現期間에 따른 確率降雨量은 算定하는 方法에는 分布函數에 의한 方法, 極值分布에 의한 方法, 順位表에 의한 方法이 있으며⁽⁶⁾ 本 論文에서는 가장 普遍的이고 計算이 簡便한 極值分布에 의한 方法인 Gumbel-Chow法⁽⁶⁾⁽¹⁰⁾을 使用하였다.

表 4. 20年間(1959~1978年)의 持續期間別 降雨強度

지속시간(Min) 순 위	5	10	20	30	40	60	100	120
	mm							
1	135.6	102.0	88.2	80.8	79.05	65.5	54.72	50.35
2	133.2	96.0	85.8	62.8	60.15	55.0	49.62	49.1
3	109.2	84.0	64.8	61.0	60.00	48.0	37.50	33.35
4	106.8	80.4	62.1	60.8	58.35	46.0	35.82	32.60
5	97.2	71.4	60.9	54.8	52.35	45.1	35.46	32.10
6	94.8	70.8	59.7	53.8	52.05	44.1	34.62	30.55
7	85.2	69.6	54.6	46.2	44.70	41.2	32.82	29.35
8	82.8	67.2	51.6	45.2	39.75	3.36	31.74	29.05
9	82.8	66.0	50.4	43.2	37.65	32.2	25.56	24.80
10	81.6	61.8	48.6	42.6	36.60	29.5	23.76	22.10
11	74.4	55.8	47.7	39.4	33.45	28.3	23.46	21.15
12	73.2	55.2	45.6	38.4	32.55	27.0	22.44	20.25
13	73.2	51.0	44.4	37.4	32.10	26.0	22.02	19.65
14	70.8	49.2	36.9	35.4	31.65	24.8	21.36	18.90
15	69.6	48.0	36.0	33.8	31.05	24.7	18.96	16.70
16	63.6	42.6	35.7	33.4	28.80	23.6	18.24	16.50
17	55.2	42.0	34.2	31.4	28.35	23.5	17.82	15.90
18	50.4	40.8	33.6	30.6	28.35	22.6	17.16	14.70
19	49.2	39.0	30.3	27.4	27.15	19.8	15.78	14.50
20	49.2	36.6	26.7	24.2	21.75	19.5	14.52	14.45
합 계	1638.	1229.4	997.8	882.6	815.85	680.0	553.38	506.05
평균	81.9	61.47	49.89	44.13	40.79	34.	27.67	25.30

表 5. 再現期間別 確率降雨強度

재현기간 (Year)	지속시간 (Min.)	5	10	20	30	40	60	100	120
		mm							
2		81.17	58.44	47.19	41.84	38.41	31.94	25.89	23.61
5		99.48	74.74	61.73	54.16	51.21	43.02	35.46	32.72
10		113.78	85.53	71.37	62.32	59.68	50.37	41.81	38.76
20		127.52	95.90	80.23	70.16	67.83	57.42	47.90	44.56
50		145.27	109.29	92.58	80.29	78.35	66.53	55.77	52.05
100		158.58	122.65	101.54	87.88	86.23	73.36	61.66	57.66

Gumbel은 標本의 最大値가 어떤 값 X 를 넘지 않는 確率 p 를 다음과 같이 나타내었다.

$$p = \exp[-e^{-y}] \quad (5-1)$$

$$y = \frac{1}{0.7797\sigma} (X - \bar{X} + 0.45\sigma) \quad (5-2)$$

여기서 \bar{X} : 標本의 平均値

σ : 標本의 標準偏差로서

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N}} \text{ 이다.}$$

N : 資料의 數

Chow는 非對稱分布에 關해서는 이것을 簡單히 하면 다음 式으로 誘導된다는 것을 나타내었다.

$$X = \bar{X} + K\sigma \quad (5-3)$$

여기서 K 는 度數係數(Frequency factor)이며 再現

期間 T 와는 다음과 같은 關係가 있다.

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[0.5772 + \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (5-4)$$

Gumbel-Chow法에 의해 再現期間別 確率降雨強度를 求한 것이 表 5이다.

降雨強度와 持續期間과의 關係는 地域에 따라 다르나 대체로 다음의 세 가지 型이 經驗公式으로 使用된다. (7)(11)

$$\left. \begin{aligned} \text{Talbot Type} \quad I &= \frac{a}{t+b} \\ \text{Sherman Type} \quad I &= \frac{c}{t^n} \\ \text{Isiguro Type} \quad I &= \frac{d}{\sqrt{t+e}} \end{aligned} \right\} \quad (5-5)$$

表 6. Talbot Type에 의한 確率降雨強度

재현기간 (Year)	지속시간 (Min.)	5	10	20	30	40	60	100	120	상	수
		mm								a	b
2		70.73	63.99	53.75	46.33	40.72	32.77	23.57	20.67	3,358	42.5
5		87.37	80.27	69.06	60.60	53.98	44.31	32.61	28.81	4,944	51.6
10		99.80	92.06	79.70	70.27	62.83	51.85	38.43	34.02	5,936	54.5
20		111.74	103.36	89.88	79.51	71.18	59.06	43.98	39.00	6,890	56.7
50		127.29	118.06	103.11	91.52	81.27	68.44	51.22	45.49	8,141	59.0
100		139.77	129.75	113.49	100.85	90.74	75.59	56.67	50.36	9,054	59.8

表 7. Sherman Type에 의한 確率降雨強度

재현기간 (Year)	지속시간 (Min.)	5	10	20	30	40	60	100	120	상	수
		mm								c	n
2		80.04	61.78	47.69	40.99	36.81	31.64	26.14	24.42	146	0.3735
5		98.17	77.69	61.49	53.62	48.66	42.44	35.72	33.59	169	0.3375
10		113.91	89.40	71.25	62.39	56.79	49.73	42.07	39.63	190	0.3274
20		124.70	100.04	80.25	70.55	64.38	56.60	48.11	45.40	208	0.3179
50		141.93	114.43	92.27	81.35	74.40	65.59	55.96	52.88	234	0.3107
100		156.30	126.17	101.85	89.85	82.21	72.53	61.94	58.55	257	0.3089

表 8. Isiguro Type에 의한 確率降雨強度

재현기간(Year)	지속기간 (Min)	5	10	20	30	40	60	100	120	상 수	
		mm								d	e
2	77.65	62.39	48.82	41.84	37.34	31.63	25.45	23.51	294	1.50	
5	95.41	79.08	63.67	55.39	49.92	42.82	34.94	32.41	428	2.25	
10	108.34	90.58	73.54	64.26	58.09	50.02	41.00	38.08	512	2.49	
20	121.07	101.85	83.17	72.91	66.07	57.03	46.88	43.60	594	2.67	
50	137.56	116.40	95.61	84.08	76.32	66.09	54.51	50.74	701	2.86	
100	151.18	128.12	105.39	92.76	84.25	73.01	60.26	56.11	778	2.91	

여기서 I ; 降雨強度(mm/hr)

t ; 降雨의 持續期間(min.)

a, b, c, d, e, n 地域에 따른 常數

表 5의 값들로부터 最小自乘法으로 各 地域常數를 求하고, 式 5-5로부터 再現期間 및 持續期間에 따른 確率降雨強度를 求한 값들을 表 6,7,8에 나타내고 이들의 關係를 圖示한 것이 그림 6,7,8이다.

以上으로 求한 3가지 式型에 對해 어느型이 蔚山 地域에 더 適合한 것인가를 알기 위해 x^2 -test를 行했으며 各 再現期間에 따른 x^2 -value를 比較하기 위하여 表 9에 나타내었다.

表 9에서 알 수 있듯이 Sherman型이 全再現期間에 對해서 가장 잘 附合하는 것을 알 수 있다.

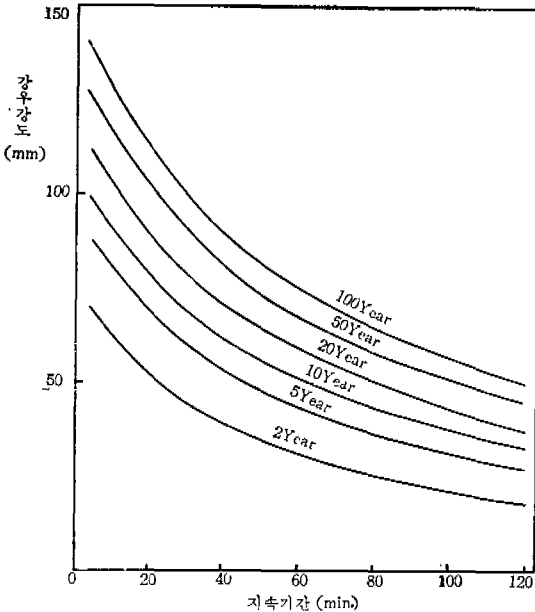


그림 6. Talbot Type 確率降雨強度圖

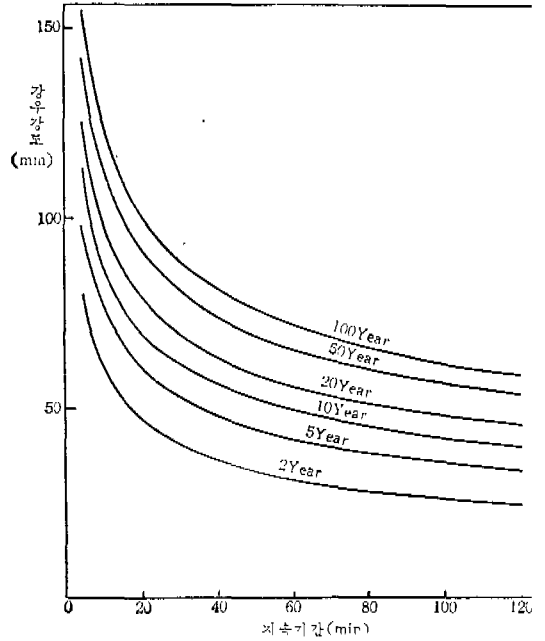


그림 7. Sherman Type 確率降雨強度圖

表 9. Type 및 再現期間에 따른 x^2 -value

Type	재현기간(Year)	2	5	10	20	50	100	Σx^2
Talbot		4.06	4.48	5.35	6.27	7.21	7.34	34.71
Sherman		0.32	0.30	0.35	0.44	0.69	0.34	2.44
Isiguro		0.51	0.54	0.74	0.98	1.24	1.11	5.12

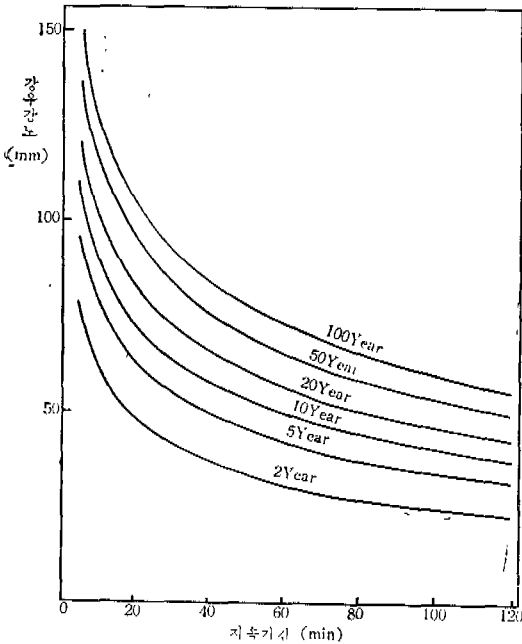


그림 8. Isiguro Type 確率 降雨 強度圖

Ⅱ. 結 論

한 流域의 水文學的 特性은 그 地域의 氣候 및 地質學的 特性에 關係되나, 本 論文에서는 地質學的 인 特性은 考慮하지 않고 降雨特性에 對해서만 分析 研究해 보았다. 流域內 觀測所 雨 資料의 부족으로 미비한 點이 있겠으나, 水工構造物의 設計 取水 및 上下水道의 排水計劃 等に 유용하게 使用되리라 생각되며 本 論文에서 얻은 結論은 다음과 같다.

1. 太和江流域內의 觀測所別 地點雨量은 流域의 平均面積雨量에 잘 代表하는 것으로 나타났다.
2. 觀測所別 流域의 中心으로부터 떨어진 거리와, 地點雨量과 面積雨量과의 標準誤差는 特別한 相關關係를 보이지는 않는다.

3. 短時間 降雨強度式의 適合度 檢定結果 Talbot 型은 適合하지 않고, Isiguro型보다 Sherman型이 全再現期間에 잘 附合하는 것으로 나타난다.

참 고 문 헌

1. 신홍설계공사, 울산신구시가지 하수계통 조사설계 기본계획보고서, pp.29~30, 울산시 (1970)
2. Lumb, A. M. and R. K. Linsley, "Hydrologic Consequences of Rainfall," Jour. of the Hydraulics Div., ASCE, Vol.97, No.HY7, pp. 1065~1080 (1971)
3. Zonvnc, J. J. and D. H. Rogers, "Impact of Rainfall Enhancement on Hydrology" Jour. of Hydraulics Div., ASCE, Vol. 104, No. HY5, pp. 681~694 (1978)
4. 李元煥·金再韓, "回歸線에 의한 國內 地點 確率 降雨量算定에 關한 研究", 韓國水文學會誌, 第9권, 第1號, pp. 81~85 (1976)
5. 建設部, 水文調查年報 1966, 1968, 1969, 1972
6. Linsley, R. K., Kohler, M. A. and J. L. H. Paulhus, Hydrology for Engineers, pp. 34~37, pp. 248~242, McGraw-Hill Co. (1958)
7. Chow, V. T., Hand Book of Applied Hydrology, pp. 9-28~9-31, McGraw-Hill Co. (1964)
8. 丸井信雄, 水工學便覽, pp. 249~253, 森北出版 (1972)
9. 선우중호·윤용남·김순보, 國際水文開發計劃(IHP) 代表試驗 流域研究 調查報告書, p. 143, 建設部(1975)
10. Linsley, R. K. and J. B. Franzini, Water Resources Engineering, pp. 114~117, McGraw-Hill Co. (1964)
11. 朴仲鉉, 下水道基本計劃 및 設計基準, pp. 114~125, 建設部(1974)