

恒久的旱害對策을 爲한 全天候農業用水 施設의 農業水文學의 背景調查 研究(Ⅱ)

(慶北地方 中心)

Studies on the Agri-Hydrological Backgrounds of the All-Weather-Farming Water Resources Facilities to Prevent the Drought-Disasters Permanently (Ⅱ)

徐 承 德* · 權 武 男* · 李 基 明* · 金 照 雄*
Seung Duk Suh, Moo Nam Kwon, Ki Myung Lee, Cho Ung Kim

2. 流域 및 農業水文學의 背景

1) 流域 및 河川現象

(1) 河川流域現狀

慶北地方은 洛東江流域圈을 代表하는 곳으로 洛東江洛의 역사와 함께 그의 發展을 共存해 왔다고 보며 慶北地方의 評價는 洛東江을 評價하는 것과 같은 現象임을 볼 수 있다. 東海岸의 兎山江, 太和江 및 王遶川 流域등을 除外하고는 모두가 洛東江의 11個 大支流와 100餘個의 小支流속에 包含되며 本流河川은 比較的 傾斜가 완만하고 洪水의 傳播速度가 늦으며 洪水時 浸水狀態는 平面的 擴散을 輕하게 되며 河川敷地의 土質과 地形으로 보아 開發餘地는 그리 좋은 便이 못된다. 特히 本研究와 關聯하여 洛東江의 本支流를 中心하여 경상북도 농지 당국에서 新設한 水利施設物을 基準한 河川形狀을 살피면 다음 表 7과 같다. 本表에 依하면 流域의 形狀은 大體的으로 水利施設을 위요하는 小河川 들로서 大概是 樹枝形과 平行形의 모양을 나타내고 있으며 一部는 扇形을 나타내는 곳도 볼 수 있어 洪水의 크기, 洪水波等이 流域의 形態와 關係가 크기 때문에 大體로 이들 流域에서는 激甚한 洪水頂點과 洪水波의 傳播는 크게 없을 것으로 解析된다. 大體로 平均流域幅은 淤, 揚水場 등의 河川工作物 地點이 크고 貯水池地點이 적은 것으로 나타났으며 河川의 單位 當의 流域幅이 크게는 15.3m 작게는 1.1m이지만 平均 5.0m를 나타내어 普通의 流域河川群으로 評價되며 流域面積과 河川長 사이에는

$A=0.42L^{1.75}$ 의 關係를 나타내고 있으며^{13,14)} 洛東江의 한 大支流인 琴湖江流域의 境遇는 $A=0.352L^{1.848}$ 이 示현된 바 있다¹⁵⁾. 이에 대해서는 D.M. Gray가 美國流域에서 $L=1.40A^{0.588}$ 를 提示한 바 있으며 이들과 지극히 類似性이 있음을 나타내고 있다. 한편 形狀係數는 0.15에서 0.56의 범위에서 平均 0.37을 나타내고 있으며 標高는 15m~500m를 나타낸 바 있어 山間으로 갈수록 급한 형상이며 各 小地域마다의 主河川의 平均傾斜는 19.1m/km에서 4.3m/km 범위로 平均 8.4m/km의 結果로써 津洞을 기준한 洛東江 本流의 2~3m/km의 平均경사보다는 급한 형상으로 山間계곡에 갈수록 小流域에서의 경사가 급하게 됨으로 小流域의 유역관리가 더욱 어렵게 된다^{4,5)}.

(2) 地勢 및 地質

地勢는 比較的 傾斜가 완만한 便이며 地質狀態는 主로 壯年期 및 老年期の 地質에 屬하며 大部分이 中生代 백악기 堆積岩과 이를 貫入한 多種의 火成岩類와 4期層으로 構成되어 있고 特히 백악기에 屬하는 洛東統과 新羅統의 堆積岩層, 신라統의 火山岩層, 佛國寺統의 花崗岩층 등과 4기층의 沖積層으로 構成되어 있다^{7,8,13)}. 農耕地는 慶北道의 全面積對比 19.5%로써 全國農耕地의 國土面積 對比 22.7%에 比하면 相當이 낮은 分布를 가지고 있어 農耕地確保에 더욱 힘을 기울여야 되겠으며 이들 또한 相當한 부분이 浸蝕되어 있는 實情으로 時急한 土地資源의 開發과 더불어 保全對策이 要望되고 있다^{7,8,13,14)}.

(3) 河川長과 河川重心長과의 關係

(學會誌, Vol. 22, No. 4 p 81 繼續)

* 慶北大學校 農科大學

表-7. 流域 및 河川 現況

No.	流域名	小川名	하천장 km	重要施設	流域面積 km ²	形狀	평균폭 m	형상계수	표고 m	주하천 경사 m/km	유역 최고점 m
1	은천	기계천	17.0	集水暗渠	79.87	平行形	4.7	0.28	77—500	7.5	영일군 788
2	양동	"	30.0	"	172.62	樹枝形 平行形	5.8	0.19	20—500	4.7	월성군 788
3	안강	칠평천	15.0	集水暗渠·洑	89.3	扇形	6.0	0.40	18—200	7.1	" 612
4	광명	심곡천	19.5	洑	108.75	直交形	5.6	0.29	60—300	5.5	경주시 829.2
5	충효	이조천	29.6	揚水場	452.25	扇形	15.3	0.51	30—420	4.3	" 840
6	덕동	북천(경주)	10.0	貯水池	51.70	"	5.2	0.52	130—400	19.1	" 745
7	서보	북천(상주)	18.0	洑	98.94	樹枝形 平行形	5.5	0.31	80~300	8.0	상주군 725.4
8	공평	공평천	4.3	管井	10.34	樹枝形	2.4	0.56	80—160	8.9	문경군 486.5
9	후포	대조천	16.2	양수장	68.82	"	4.3	0.26	15—340	7.1	상주군 524
10	오평	지경천	13.0	"	64.28	樹枝形 平行形	4.9	0.38	25—300	4.8	칠곡군 976.6
11	중미	광곡천	7.0	貯水池	7.42	樹枝形	1.1	0.15	60—440	12.2	" 839
12	창림	신풍천	4.0	"	7.40	"	1.9	0.46	45—300	9.6	선산군 600
13	화산	장천	3.7	管井	6.05	樹枝形 平行形	1.6	0.44	70—300	10.9	상주군 400
평균							5.0	0.37	—	8.4	—

降水에 依하여 이뤄진 流出을 흐를 수 있게 하는 河道를 河川으로 보았을 때 이 河川長은 流出의 集中現象과 洪水到達등에 重要한 關係를 지닌다^{35,37}. 한편 河川에서 集水되어 流下하는 流出과 遲滯時間 등에 영향을 주는 要素로는 河川長과 함께 河川流域의 重心點과 河川과 直角을 이루는 地點에서 出口까지의 距離로써 定하는 重心長의 영향을 크게 받는다^{13,14}. 이는 河川의 長短보다 流出의 集中流下 現象이 流域의 形態에 따라 이뤄지는 河川重心點에 그 영향을 더 받기 때문이다^{22,35,38}. 本分析에서 調査된 結果에 依하면 河川重心長 $L_{ca}=0.5L$ 또는 $L_{ca}=0.54L^{0.88}$ 등의 식을 誘導한 바 있어 河川重心長 L_{ca} 는 대개 0.4~0.5L의 관계가 成立됨을 볼 수 있어 本流域도 一般流域의 보편성을 지니고

있다고 解析된다.

(4) 流域面積과 傾斜度와의 關係

洛東江 主流를 基準한 流域의 傾斜度(%)에 대한 面積分布狀況을 分析한 바 面積과 傾斜에 對한 百分比現況이 다음 表-8과 같다. 이 結果에서 보면 傾斜度 20% 未滿의 流域面積이 全體面積 對比 28.0%, 30%未滿의 경우각 41.0%를 차지하는 現象으로서 이는 氣候, 土性, 土質 및 土深 등의 農地開墾의 與件이 具備된다면 개간事業의 方向에서 볼때 傾斜度의 見地에서만은 比較的 價値가 있는 경사상태라고 볼 수 있다.

(5) 流域의 主河川傾斜

各 分析小流域의 出口로부터 分水嶺에 이르는 傾斜의 平均의인 값을 대변하는 것으로서 主河川의

表-8. 傾斜度別 面積分布現況

면적	경사도(%)	10	20	30	40	50	60	80	100
면적 (%)		14.5	28.0	41.0	56.1	65.0	72.0	90.0	100
누가면적 (km ²)		2,872.0	5,546.3	8,121.4	11,112.4	12,875.4	14,262.0	17,827.5	19,808.28

平均傾斜測定에 가장 合理性이 認定되고 있는

$$S = \left(\frac{\sum h_i}{\sum \left(\frac{h_i}{\sqrt{s_i}} \right)} \right)^2$$

에 依據 分析하였다.

式中 h_i 는 河川小區間(Reach)으로서 本分析에서

는 1個 小地區 當大體의으로 15개 가량으로 區分하여 分析하였고 s_i 는 各小地區內의 區間傾斜로 풀이한다. 結果에 依하면 慶北道內 洛東江流域의 水利施設을 包容하고 있는 山地流域의 主河川平均傾斜는 8.4m/km(表 7 참조)로 계산되었다. 한편 主

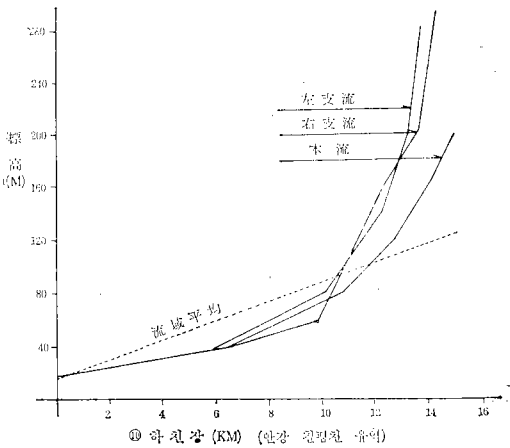


그림 10. 流域河川平均傾斜圖(안강 칠평천 유역)

河川의 傾斜는 흐름의 傳播에 크게 영향을 준다. 傾斜가 急하면 洪水波는 빨라지고 緩하면 洪水波도 늦어져 結局 傾斜의 緩急이 洪水尖頭에도 영향을 준다고 보아 大概 山地流域은 多少 急한 傾斜를 示현함으로 山地의 土地保全과 治水管理에 노력하여야 하겠다. 13個 分析對象의 結果에서 대표적으로 안강 칠평천 유역에 대하여 도시하면 그림 10과 같다.

(6) 遲滯時間과 河川流域特性值와의 關係

洛東江流域圈에서 流出水文의 根據가 確實한 9個의 實驗流域에서 100餘個의 實測流出曲線에 依據하여 誘導認定된^{13,15)} 單位流量圖로부터 解析된 流出의 時間의 特性值인 遲滯時間과 流域의 物理的 特性值인 河川長, 河川重心長 및 主河川의 傾斜등과 어떠한 關係가 있는지를 찾기 위하여 對數紙에 點化하여 分析한 結果 이들 間에서 아주 留意性이 큰 直線形으로 相關率 0.968인 $L_z = 0.539 \left(\frac{L_r \cdot L_{ca}}{\sqrt{s}} \right)^{0.856}$ 식을 얻었다. (그림 11 참조). 이 지체시간으로서 다음 章에 설명되는 最大比流量과 지체시간과의 관계곡선에서 쉽게 유역면적당의 洪水流出量을 산출할 수 있게 된다.

2) 農業水文學의 背景

(1) 河川流量曲線式誘導

洛東江 流域圈에서의 實測流量測定은 本流의 重要地點과 4大江流域開發計劃 樹立에 依한 堤施設地點에서의 實測值經驗이 있을 뿐 기타 農業用 水利施設物에 對한 山地小流域에 對해서는 거의 그 實測事例를 볼 수가 없다. 本調査研究에서는 이를 간

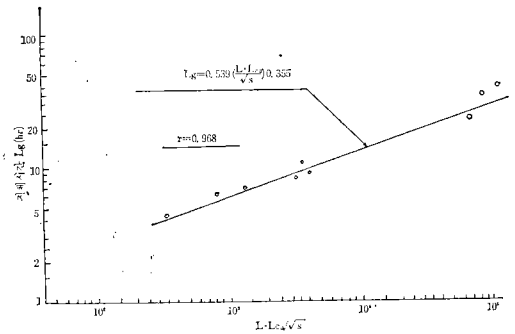


그림 11. 遲滯時間과 河川特性值와의 關係

안하여 13個水利施設地區 小流域河川에서 調查研究期間을 通하여 比較的渴水位로 부터 高水位까지 地域當 水位別로 數回씩 測定하여 1年間의 測定值를 土臺로 하고 이들 河川을 大體의인 梯形自然河川임을 考慮하여 h 와 Q 및 \sqrt{Q} 에 대하여 계산표를 만들고 一般式으로서 $Q = C(h \pm Z)^2$ 의 二次方程式을 유도하기 爲한 常數處理로서는 最少自乘法에 依하여 常數

$$a = \frac{n[h\sqrt{Q}] - [h][\sqrt{Q}]}{n[h^2] - [h][h]} \text{와}$$

$$b = \frac{[h^2][\sqrt{Q}] - [h][h\sqrt{Q}]}{n[h^2] - [h][h]} \text{로 산출하고}$$

$\sqrt{C} = a, C = a^2, Z = \frac{b}{a}$ 에 依하여 誘導하고¹⁹⁾ 또

平凡한 自然 河川임을 감안하여 Manning formula에 依한 計算值와를 比較檢定 組合하여 地區別로 水位對流量曲線(Rating curve)式을 誘導한 바 그 結果는 다음 表 9과 같고 대표로 안강지구 칠평천에 대한 것을 표본으로 도시하면 그림 12-(A)와 같다. 이들은 모두가 水位上昇에 따라 유량의 증가가 樣形의 하천형태로 二次式으로 展開됨이 증명되며 다시 이를 전체유역에서 하천의 크기에 관계없이 물의 흐름수위에 대한 단위면적당(1km²)의 평균치로 계산한 계산식이 表 9의 下欄에 기재되어 있으며 이는 전유역에 대해서 필요한 곳의 하천유량을 계산하는 水位別 比流量이 되기도 한다(전유역 평균 유량 곡선도 그림. 12 참조.

(2) 滲透量 算定

滲透量은 農業用水施設工事의 基本設計에서 貯水容量의 內容積決定과 農地지역 畝面에서의 漏水狀態를 判斷하는 基準과 湛水量의 日減水深算定등에 있어서의 基本資料가 되는 重要한 要素이다.

本地區에서는 42個地域의 貯水池, 揚水場, 集水暗渠, 洑, 관경 등의 水利施設 몽리지역에서 몽리면적의 10分之1정도의 孔數를 選定하여 滲透量 測定器인 Rapid Percometer (신속 누수량 측정기, 日製品)에 依하여 實測分析하였다²⁵⁾. 그리고 地區는 慶北道에서 選정한 15個 農業用水施設物地域과 洛東江本流流域과 東海岸沿岸地域 등의 27個施設物地域 등 42個 地點에서 實측분석하였다. 分析된 結果에 依하던 慶北地域은 大體로 1日當 滲透量이 적게는 2.5mm크게는 5.5mm 程度로써 平均 4.0mm

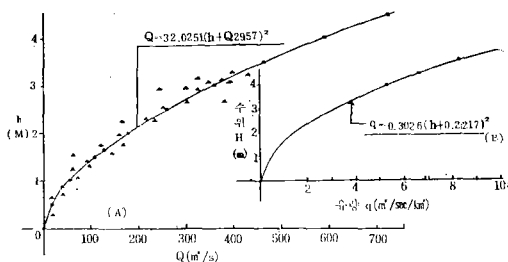


그림. 12. 水位對流量曲線圖

表-9. 流量曲線式

No.	地區名	小川名	流域面積 (km²)	水利施設物	方程式(m³/sec)	備考
1	은천	기계천	79.87	집수압거	$Q = 26.348(h + 0.228)^2$	영일군
2	양동	"	172.62	"	$Q = 46.915(h + 0.258)^2$	월성군
3	안강	칠평천	89.3	집수압거·보	$Q = 32.251(h + 0.2957)^2$	"
4	광명	심곡천	108.75	보	$Q = 40.386(h + 0.0177)^2$	경주시
5	충효	이조천	452.25	양수장	$Q = 78.419(h + 0.439)^2$	"
6	덕동	북천(경주)	51.70	저수지	$Q = 42.055(h + 0.176)^2$	"
7	서보	북천(상주)	98.94	보	$Q = 33.640(h + 0.0145)^2$	상주군
8	공평	공평천	10.34	관정	$Q = 4.609(h + 0.353)^2$	문경군
9	후포	대조천	68.82	양수장	$Q = 21.734(h + 0.238)^2$	성주군
10	오평	지경천	64.28	"	$Q = 20.612(h + 0.225)^2$	칠곡군
11	중미	광곡천	7.42	저수지	$Q = 4.149(h + 0.314)^2$	"
12	창림	신풍천	7.40	"	$Q = 3.633(h + 0.255)^2$	신산군
13	화산	장천	6.05	관정	$Q = 2.917(h + 0.287)^2$	상주군
14	全流域平均	m³/sec/km²			$q = 0.3206(h + 0.2217)^2$	

(日當)를 示顯하고 있음을 볼 수 있다. 엄밀한 意味에서의 滲透現象은 降雨強度, 土壤種類, 含水量 土壤面狀態 등의 因子影響을 감안하여 實驗結果된 Horton의 $f_p = f_c + (f_0 + f_c)e^{-kt}$ 에 依하여 算定함이 妥當하나²⁴⁾ 實驗分析이 되기에는 많은 時間과 實驗要因이 따르기 때문에 短時日에 行하기는 거의 不可能한 일이다. 故로 시간별 減水現象은 알기 어렵지만 實측치에 의한 日當滲透量이 可能하기 때문에 實측기계에 의한 分析을 실시케 되었다.

(3) 流域의 流出能力의 量的解析

流域의 流出能力은 流域을 構成하고 있는 土壤의 種類와 土地利用 및 處理狀態(Treatment) 등에 따라 상당한 차이를 나타낸다. 이들 因子의 各樣한 組合에 對한 流域의 一般의 流出能力을 量的으로 表示할 수 있으면 總雨量-有効雨量의 關係樹立에 있어서 좋은 地表狀態學의 特性을 考慮한 것이 될 것이다. 이러한 關係에 對하여 美國農務省 土壤保全處(United States Department of Agriculture,

Soil Conseration Service)에서 考案한 流域의 土壤, 土地利用狀態 등을 考慮하여 有効雨量을 決定짓는 方法을 研究하여 總雨量과 有効雨量間의 關係를

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

로 表示하고 式中에서 P는 豪雨別 總雨量(mm), I_a 는 降雨初期의 損失(mm), S는 流域의 最大 潛在 保留水量과 初期損失의 合(mm)이고 Q는 直接流出量에 該當하는 有効雨量이다. 또 I_a 는 流出이 始作되기 前에 生起는 遮斷이라든지 浸透 및 地面貯溜 등을 包含하며 S와는 $I_a = 0.2S$ 의 關係를 갖는다. 故로

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

式으로 變換하여 有効雨量算定法에서 사용하고 있는 總雨量-有効雨量關係式이 이워진다. 그리고 S는 土壤의 先行土壤含水量條件(Antecedent Soil Moisture Condition, A. M. C) 또는 先行降雨指數

表-10. 土壤被覆型別 平均流出數(土壤含水條件 II, $I_a=0.2s$)

土地利用狀態	處理狀態	地表浸透狀態	土壤群			
			A	B	C	D
Fallow(休耕地) Row crops(畚)	S R	—	77	86	91	94
	"	Poor	72	81	88	91
	"	Good	67	78	85	89
	C	Poor	70	79	84	88
	"	Good	65	75	82	86
	C & T	Poor	66	74	80	82
Smallgrain(田)	"	Good	62	71	78	81
	S R	Poor	65	76	84	88
	"	Good	63	75	83	87
	C	Poor	63	74	82	85
	C	Good	61	73	81	84
	C & T	Poor	61	72	79	82
Closed Seeded legume① or rotation meadow (輪作草地)	"	Good	59	70	78	81
	S R	Poor	66	77	85	89
	"	Good	58	72	81	85
	C	Poor	64	75	83	85
	C	Good	55	69	78	83
	C & T	Poor	63	73	80	83
Pasture or range (牧場地帶)	"	Good	51	67	76	80
	—	Poor	68	79	86	89
	—	Fair	49	69	79	84
	—	Good	39	61	74	80
	C	Poor	47	67	81	88
	C	Fair	25	59	75	83
Meadow (Permanent) (영구목초지)	C	Good	6	35	70	79
	—	Do	30	58	71	78
Woods (farm Woodlots) (山林地)	—	Poor	45	66	77	83
	—	Fair	36	60	73	79
Farmsteads(農家) (Roads (dirt)② (hard surface(도로)	—	Good	25	55	70	77
	—	—	59	74	82	86
	—	—	72	82	87	89
	—	—	74	84	90	92

*SR: Straight Row C: Contoured

C&T: Contoured & Terraced

① Close-drilled or broadcast

② Including right-of-way

A群(重砂質土): 微量의 粘質泥土를 包含한 透水각 強한 砂土(排水良好)

B群(輕砂質土): A群보다는 적지만 浸透率이 大體로 크고 투수상태가 土濕이 있을뒤에 발생하는 砂質土

C群(粘土): 浸透率이 大體로 작고 相當히 粘質이 甚하고 교질상태의 토양으로 剖해된 뒤에 투수가 발생함.

D群(重粘土): 침투율이 대단히 작고 불투수성인 증점토질 토양으로 배수불량이며 높은 유출을 나타냄.

(Antecedent Precipitation Index A. P. I.) 등에 따라 달라진다. 이 S는 流域의 土壤이나 土地利用 및 處理狀態등 水文學的 土壤-被覆狀態를 나타내는 것으로서 한 流域의 流出能力을 表示하는 流出數(Curve Number)라는 變數를 $C_N = \frac{1,000}{S+10}$ 또는 $S = \frac{1,000}{C_N} - 10$ 등으로 表示함으로서 S의 效果를 間接的으로 考慮하게 된다^{21, 23, 25, 26}.

本地域에서는 各 地區當 10~30個의 區分小流域을 流域工學的으로 分割하고 土壤-被覆型別 面積은 加重因子

$$C_N = \frac{\sum_{i=1}^n (CN)_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

로 하여 全體의인 C_N 을 求하

였다. 한편 洛東江流域은 地表의 性質이 大概 暴雨가 내리기 며칠 전부터 부슬비 또는 소나비가 내리 地表가 飽和되는 狀態를 이루는 것으로 보아 C_N 을 결정하는 데는 Condition III로 바꾸어 換算條件⁽⁶⁾에 의하여 確定하니 79가 되었다. 本 分析에 사용되었거나 분석된 결과는 다음 表-10, 11과 같고 경북권 유역에서 사용할 수 있는 流出數에 따르는 강우량對 유출량 관계도는 그림, 13과 같다.

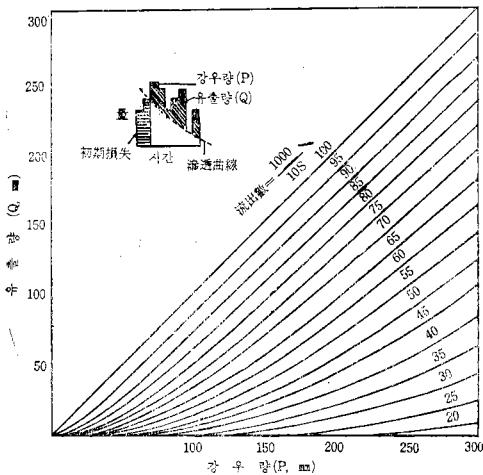


그림. 13. 總雨量對有效雨量(流出)關係圖

(4) 最大比流量과 遲滯時間과의 關係

最大比流量은 流域의 單位面積當 洪水現象의 量的 結果가 大略 어느 程度 될 것인지를 判斷하는 重要한 尺度가 되는 것으로서 筆者는 既히 既存實測值를 利用하여 洛東江流域圈內 9個試驗流域을 組合하여 遲滯時間에 對한 最大比流量關係式으로서

$q_p = 10^{-0.52 - 0.0184 L_g} L_g$ (m³/sec/km²)을 誘導해 놓은 바 있어 이를 本流域의 最大比流量으로 利用하도록 勸奨한다^{13, 14}. 이는 相關率 0.998로써 高度의 留意性이 있으며 洪水流出을 分析코자 할 때에 50,000分地圖에 依하여 河川의 物理的 特性值를 求하여 L_g 를 求한 다음 q_p 를 求하고 여기에 유역면적을 乘하여 그 구역의 最大流出量($Q_p = q_p \times A$, m³/sec)으로 解析한다. (그림. 14 참조)

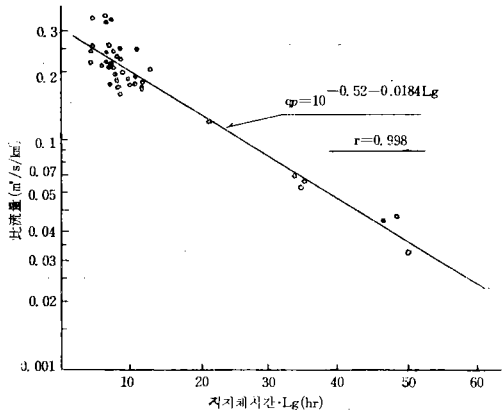


그림. 14. 遲滯時間對比流量曲線圖

(5) 流量係數別 單位洪水量計算

大體로 洪水量計算은 實測值에 依하여 解析함이 原則이지만 小流域의 구석구석까지의 實測值의 求得은 大端히 어렵다. 관례에 依하여 流域面積이 小流域인 2,500ha (25km²) 內外인 境遇는 大略合理式 ($Q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot T \cdot A$)을 多用하고 있으며 그 上以의 規模에서는 또 다른 유도공식, 합성식 및 실험등에 의하여 실시하고 있다. 그러나 實測值 없는 곳에서의 利用이 可能함으로 本流域에서도 利用할 수 있게 解析하여 설계량으로 多用하는 100년 및 200년 頻度值에 對하여 강우강도를 頻度圈別로 도입하여 해석한 結果 다음 表-12와 그림. 15, 16과 같다. 式中 f는 유출계수로써¹⁷⁾ 유역상태에 따라서 急峻한 山地에서 0.75~0.90, 三紀層의 山丘와 灌溉中인 畝에서는 0.7~0.8, 起伏이 있는 土地, 森林 및 유역의 半 이상이 平地의 大河川인 경우는 0.5~0.75, 平坦한 경지에서는 0.45~0.6, 山地河川에서는 0.75~0.85, 그리고 平地小河川에서는 0.45~0.75를 사용한다. 한편 降雨強度 r은 洪水到達時間內의 平均降雨強度인데 시간강우에 對한 頻度值가 없을 때를 對備하여 均部式($r_T = \left(\frac{r_{24}}{24}\right) \left(\frac{24}{T}\right)^{0.10}$,¹⁸⁾을 多用하고 있다. 한편 차¹⁰⁾은 1978년도 研究論

表-11. 流出數(C.N)와 $I=0.2s$ 에 대한 常數

C.N (조건 Ⅱ)	C.N (조건 Ⅰ)	C.N (조건 Ⅲ)	S Values (mm)	Curve Starts Where P= (mm)	C.N (조건 Ⅱ)	C.N (조건 Ⅰ)	C.N (조건 Ⅲ)	S Values (mm)	Curve Starts Where P= (mm)
100	100	100	0	0	60	40	79	169.4	33.9
99	97	100	2.5	0.5	59	39	77	176.5	35.3
98	94	99	5.2	1.0	58	38	76	183.9	36.8
97	91	99	7.8	1.6	57	37	75	191.5	38.3
96	98	99	10.6	2.1	56	36	75	199.6	39.9
95	87	98	13.4	2.7	55	35	74	207.8	41.6
94	85	98	16.2	3.2	54	34	73	216.4	43.3
93	83	98	19.1	3.8	53	33	72	225.3	45.1
92	81	97	22.1	4.4	52	32	71	234.3	46.9
91	80	97	25.1	5.0	51	31	70	244.1	48.8
90	78	96	28.2	5.6	50	31	70	254.0	50.8
89	76	96	31.5	6.3	49	30	69	264.2	52.8
88	75	95	34.5	6.9	48	29	68	274.3	54.9
87	73	95	37.8	7.6	47	28	67	287.0	57.4
86	72	94	41.4	8.3	46	27	66	297.2	59.4
85	70	94	44.7	8.9	45	26	65	309.9	62.0
84	68	93	48.3	9.7	44	25	64	322.6	64.5
83	67	93	52.1	10.4	43	25	63	335.3	67.1
82	66	92	55.9	11.2	42	24	62	350.5	70.1
81	64	92	59.4	11.9	41	23	61	365.8	73.2
80	63	91	63.5	12.7	40	22	60	381.0	76.2
79	62	91	67.6	13.5	39	21	59	396.2	79.2
78	60	90	71.6	14.3	38	21	58	414.0	82.8
77	59	89	75.9	15.2	37	20	57	431.8	88.4
76	58	89	80.3	16.1	36	19	56	452.1	90.4
75	55	88	84.6	16.9	35	18	55	472.4	94.5
74	55	88	89.2	17.8	34	18	54	492.8	8.89
73	54	87	94.0	18.8	33	17	53	515.6	103.1
72	53	86	98.8	19.8	32	16	52	538.5	107.7
71	52	86	103.6	20.7	31	16	51	563.9	112.8
70	51	85	108.7	21.7	30	15	50	591.8	118.4
69	50	84	114.0	22.8					
68	48	84	119.4	23.9	25	12	43	762.0	152.4
67	47	83	125.0	25.0	20	9	37	1,016.0	203.2
66	46	82	130.8	26.2	15	6	30	1,440.2	288.0
65	45	82	136.7	27.3	10	4	22	2,286.0	457.2
64	44	81	142.7	28.5	5	2	13	4,286.0	965.2
63	43	80	149.1	29.8	0	0	0	0	0
62	42	79	155.7	31.1					
61	41	78	162.3	32.5					

文中에서 大邱地方에 대한 日雨量으로부터 時雨量換算誘導式으로 $r_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{T}{t} \right)^{0.5570}$ 을 導出하여 좋은 結果를 提示하여 놓았는데 아직 사용한 예가 없으

며 장차는 많은 利用이 있을 것으로 본다. 한편 筆者는 物部公式를 $r_T = Cr_{24}$ 식으로 變形하여 T (洪水到達時間)에 따라 C 계수를 算定한 早見表를 作成하니 表-13과 같다. (式中 r_{24} 는 실제 日降雨量)

表-12. 유량계수 및 시간 우량별 단위 홍수량

빈도권역	빈도	시간우량	Q=m ³ /sec/ha					비고
			f=0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
경주	100	83.6	0.116	0.139	0.163	0.186	0.209	
	200	99.4	0.138	0.166	0.193	0.221	0.248	
군위	100	42.6	0.059	0.071	0.083	0.095	0.107	
	200	45.1	0.063	0.075	0.088	0.100	0.113	
김천	100	49.9	0.069	0.083	0.097	0.111	0.125	
	200	55.3	0.077	0.092	0.108	0.123	0.138	
대구	100	47.9	0.067	0.080	0.093	0.106	0.120	
	200	52.6	0.073	0.088	0.102	0.117	0.132	
문경	100	53.3	0.074	0.089	0.104	0.118	0.133	
	200	58.0	0.081	0.097	0.113	0.129	0.145	
상주	100	54.0	0.075	0.090	0.105	0.120	0.135	
	200	63.5	0.088	0.106	0.123	0.141	0.159	
천산	100	49.3	0.068	0.082	0.096	0.110	0.123	
	200	54.6	0.076	0.091	0.106	0.121	0.137	
성주	100	58.2	0.081	0.098	0.114	0.130	0.146	
	200	65.0	0.090	0.108	0.126	0.144	0.163	
안동	100	44.4	0.062	0.074	0.086	0.099	0.112	
	200	48.6	0.068	0.081	0.095	0.108	0.122	
영양	100	44.8	0.062	0.075	0.087	0.100	0.112	
	200	48.8	0.068	0.081	0.095	0.108	0.122	
영주	100	50.1	0.068	0.081	0.095	0.108	0.122	
	200	52.2	0.073	0.087	0.102	0.116	0.131	
영천	100	37.9	0.053	0.063	0.074	0.084	0.095	
	200	40.1	0.056	0.067	0.078	0.089	0.100	
울진	100	78.5	0.109	0.131	0.153	0.174	0.196	
	200	73.2	0.129	0.155	0.181	0.207	0.233	
의성	100	53.3	0.075	0.090	0.105	0.120	0.135	
	200	58.6	0.081	0.098	0.114	0.130	0.146	
경송	100	48.1	0.067	0.080	0.094	0.107	0.121	
	200	52.5	0.073	0.088	0.102	0.117	0.132	
포항	100	46.0	0.064	0.077	0.089	0.102	0.115	
	200	50.6	0.070	0.084	0.099	0.112	0.126	
울릉	100	41.0	0.057	0.068	0.080	0.091	0.103	
	200	43.5	0.060	0.073	0.085	0.097	0.109	

以上的 分析에서 流量係數別 單位洪水量計算은 比較的 小流域에 적용할 것이며 中大流域에서는 流量圖法, 合成式方法 등을 적용할 것이며 頻度設定에서도 被害物의 重要度, 流域의 規模, 排水地域의 狀態 등에 따라 定할 것이다. 한편 平野部의 排水 構造物에 對하여는 頻度年을 10~20년에 맞추어 降雨도 1日~2日의 連續降雨등으로 考慮하여 檢討함이 옳을 것이다.

3) 河床伏流水의 變化現象

河床은 비록 渴水期에 그 表面이 水分이 存在하지 않는다 하더라도 伏流現象에 依하여 相當期間은 伏流水(subsurface water)가 存在하고 있다^{27, 28, 30}. 그런데 地下에서의 물의 흐름이나 移動은 雨물의 水理學을 利用하면 精確의 경우를 考慮하여 地下

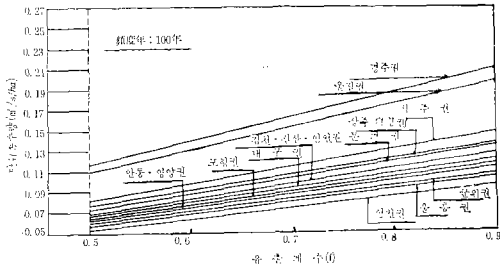


그림 15. 頻度圈域別 流出係數 對 單位洪水量圖

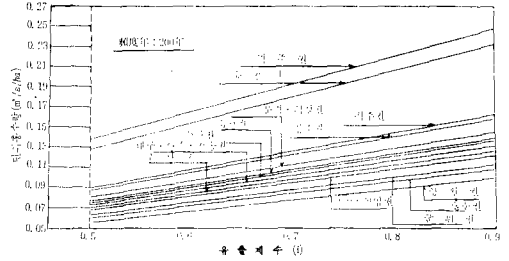


그림 16. 頻度圈域別 流出係數 對 單位洪水量圖

表-13. 홍수도달시간(T) 對 時雨量係數(C) 관계표

T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	비	고	
0.1	1.6090	2.2	2.2050	4.3	0.1311	6.4	0.1006	8.5	0.0832	10.6	0.0718	설계시우량 200mm 이고 홍수도달시간 2.0hr이 면 $r_T = Cr_{24}$ = 0.218 × 200 = 43.6mm		
0.2	1.0140	2.3	0.1990	4.4	0.1291	6.5	0.0995	8.6	0.0826	10.7	0.0714			
0.3	0.7736	2.4	0.1934	4.5	0.1272	6.6	0.0985	8.7	0.0820	10.8	0.0710			
0.4	0.6386	2.5	0.1882	4.6	0.1253	6.7	0.0976	8.8	0.0813	10.9	0.0705			
0.5	0.5509	2.6	0.1833	4.7	0.1235	6.8	0.0966	8.9	0.0807	11.0	0.0701			
0.6	0.4873	2.7	0.1788	4.8	0.1218	6.9	0.0951	9.0	0.0801	11.1	0.0697			
0.7	0.4397	2.8	0.1745	4.9	0.1202	7.0	0.0947	9.1	0.0795	11.2	0.0693			
0.8	0.4023	2.9	0.1705	5.0	0.1186	7.1	0.0939	9.2	0.0790	11.3	0.0689			
0.9	0.3719	3.0	0.1667	5.1	0.1170	7.2	0.0930	9.3	0.0784	11.4	0.0684			
1.0	0.3467	3.1	0.1631	5.2	0.1155	7.3	0.0921	9.4	0.0778	11.5	0.0680			
1.1	0.3254	3.2	0.1596	5.3	0.1140	7.4	0.0913	9.5	0.0773	11.6	0.0677			
1.2	0.3070	3.3	0.1564	5.4	0.1126	7.5	0.0905	9.6	0.0768	11.7	0.0673			
1.3	0.2911	3.4	0.1533	5.5	0.1113	7.6	0.0897	9.7	0.0762	11.8	0.0669			
1.4	0.2270	3.5	0.1504	5.6	0.1099	7.7	0.0889	9.8	0.0757	11.9	0.0665			
1.5	0.2646	3.6	0.1476	5.7	0.1087	7.8	0.0882	9.9	0.0752	12.0	0.0661			
1.6	0.2534	3.7	0.1449	5.8	0.1074	7.9	0.0874	10.0	0.0747	12.1	0.0658			
1.7	0.2434	3.8	0.1424	5.9	0.1062	8.0	0.0867	10.1	0.0742	12.2	0.0654			
1.8	0.2343	3.9	0.1399	6.0	0.1050	8.1	0.0860	10.2	0.0737	12.3	0.0651			
1.9	0.2260	4.0	0.1376	6.1	0.1038	8.2	0.0853	10.3	0.0732	12.4	0.0647			
2.0	0.2184	4.1	0.1353	6.2	0.1027	8.3	0.0846	10.4	0.0728	12.5	0.0644			
2.1	0.2114	4.2	0.1332	6.3	0.1017	8.4	0.0839	10.5	0.0723	12.6	0.0640			
12.7	0.0637	12.8	0.0634	12.9	0.0630	13.0	0.0627	—	—	—	—			
13.1	0.0624	13.2	0.0621	13.3	0.0618	—	—	—	—	—	—			

水的 採水量을 보면 $Q = \frac{2\pi ck(H-h_0)}{2.3 \log_{10} R/r_0}$ 에 의해서 R 이 영향원의 반지름으로서 보통 우물의 半지름 r_0 의 3,000~5,000배 또는 500~1,000m까지 영향을 받으니 한지점의 河川位置에서 外的인 作用을 주었을 때 附近에서 받는 영향은 至大하다^{27~29, 31}. 慶北道內 많은 河川에서 農業用水施設로써 渴水時 伏流水를 利用하는 集水暗渠와 관정시설은 많은 수를 헤아릴 수 있다^{24~26}. 그런데 이 施設物들의 位置에서 최근 骨材採取에 依한 河川굴착이 크게 擴大되고 있다. 이 境遇 伏流水의 下降영향이 현저하게 일

어나고 있는 事實은 重大한 문제점을 惹起시키고 있다. 今般 流域河川調查 分析가운데 代表的으로 測定調查한 바를 紹介하던 河川의 乾川時 대략 1m 地下에 伏流水位(Sub surface water level)가 存在하여 集水暗渠에서의 集水取水가 可能하였는데 本施設物 위치로부터 下方 200m 地點에서 3m 가량의 깊이에 依한 骨材採取가 있는 뒤의 복류수위가 3m 가량으로 拋物線形으로 降下(drop down)하는 現象(그림. 17 참조)으로 보아 骨材採取 기타 施設物 주위에서의 굴착작업이 旱魃時 灌溉用水의 貯溜作

業에 크게 영향이 미칠 것임이 調査解析되고 있음으로 앞으로의 旱害對策을 위한 농업용수관리를 함에 있어서 철저한 保全對策과 制度的인 對策이 강구되어야 할 것으로 본다.

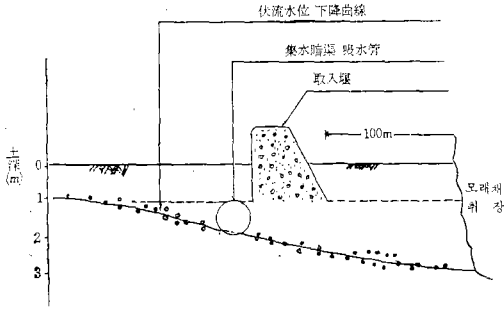


그림 17. 河川굴착지점 伏流水位 下降圖

IV. 綜合結論

本 綜調查研究에서 各章 및 各節別로 詳細히 分析한 것을 綜合的으로 발췌하여 結論지으면 다음과 같다.

1) 慶北地方의 年間平均降水量은 1044.0mm로써 全國平均 1159mm 對比 115mm가 적으며 北部地方(奉化, 榮州, 醴泉, 聞慶 等地)과 東海岸地方(蔚珍, 盈德, 清道 等地)은 大體로 1,100~1,200mm程度이고 內陸地帶(安東, 義城, 善山, 漆谷, 大邱, 青松, 永川 等地)는 900~1,000mm 內외의 寡雨地域으로 解析되었다. 한편 地點間에서는 최대 1297.3mm가 있고 最少 882.8mm가 있었으며 雨期季節降水로는 646mm로써 平均對比 62.0%로써 전국평균 65%보다 多少下廻하는 傾向이었고 最大 65.9%, 最少 39.1%의 地域間分布가 있었다.

2) 月平均降水는 7月 1位(23.2%, 242.2mm), 8月 2位(6.7%, 174.2mm), 6月 3位(11.0%, 115mm), 9月 4位(10.9%, 114.2mm)를 나타내어 6月降水가 적어 移缺初期 寡雨로 인한 旱魃의 憂慮가 많다. 그리고 降水日數는 平均 69日로써 365日 對比 19.0%이고 最大 125日(1972), 最少 19日(1968)의 結果로서 降水日數로 볼 때 最大多雨年이 1972年, 最大寡雨 1968年으로 나타났다.

3) 日最大, 2日連續最大 및 3日連續最大의 極值記錄은 1972年 8月 20日의 322.0mm(봉화군 소천면), 동년동지역의 8.20~21의 346.0mm, 그리고 1965年 7.20~22의 372.2mm(청도군운문)로 각각 나타났다으며 이는 頻度圈에서 볼 때 20~30年の

頻度年을 示顯하고 있다. 한편 강우 頻度圈域으로 全道를 17個圈域을 設定하였고 各各의 頻度值를 5年에서 1,000年까지 10분, 30분, 1시간 2, 3, 4, 5시간과 1일에 대하여 頻度를 引用 解析하였다.

4) 無降水제 속일수는 旱魃基準으로 가장 重要視하는 20~24日 連續이 30%(0.3회) 即 10年에 3회가 발생하였고 25~29日이 15%(0.15회) 即 10年에 1.5회, 6年當 1회의 發生으로 그리고 30~34日이 0.9%(0.09회) 即 10年에 1회의 발생이 그리고 35일이상이 0.4%(0.4회) 即 25年에 1회의 旱魃로 나타났다으며, 15~19일은 80%(0.8회) 即 5年에 4회가 발생하는 것으로써 이에 대처한 泄해방지 대책이 필요하다. 그리고 6, 7, 8月の 3個月 강우가 年降水의 1/2未滿을 기준하는 분석으로는 15年 기간中 1967, 68, 73, 76年の 旱魃이 極甚했던 것으로 解析되어 代表的으로는 1968年の 寡雨年과 1972年の 多雨年을 뒷받침하고 있다.

5) 流域面積과 河川長과는 $A=0.42L^{1.75}$ 의 關係로써 보편적인 河川川을 나타내고 있으며 形狀係數는 0.37, 全河川의 平均傾斜는 8.4m/km로써 낙동강 全體(津洞基準) 平均 2~3m/km보다는 山地傾斜를 나타내고 있어 山谷部河川 傾斜에 依한 洪水傳播等 集中降雨時의 災害對策에 노력해야 하겠으며 農耕地는 慶北道 全體面積對比 19.5%로써 全國耕地面積의 國土面積比 22.7%에 比하면 낮은 比率의 耕地로써 農耕地 確保에 努力해야 하겠다.

6) 河川長과 河川量心長과의 關係로는 $L_{Ca}=0.453L$ 로써 美國流域 $L_{Ca}=0.54L^{0.66}$ 보다는 적지만 大體로 L_{Ca} 는 0.4~0.5L의 關係가 있듯이 나타났다.

7) 流域面積과 傾斜度와의 關係에서 傾斜度 20%未滿의 流域面積이 全體面積對比 28%, 30%경사의 경우가 41%로써 比較的 全體流域의 地表傾斜度는 緩慢한 편으로 評價된다.

8) 流出의 時間의 特性值인 滯留間과 河川流域의 特性值 河川長, 重心長, 傾斜度와의 사이에는 $L=0.539 \left(\frac{L L_{Ca}}{\sqrt{S}} \right)^{0.455}$ 의 關係식이 해석되어 5萬分圖面에 依해서만도 지체시간을 계산할 수 있게 하였고 또 最大比流量과 지체시간과 的關係로서 $q_p=10^{-0.52-0.0184L_g} L_g(m^3/sec/km^2)$ 이 유도되어 L_g 를 5萬分圖에서 求하고 또 q_p 를 求하여 여기에 A 를 도입함으로써 全體流域의 洪水상태를 判斷할 수 있는 方法을 提示하였다.

9) 流域河川의 水位別 流量曲線을 誘導하였고 流域別로 이를 基準하여 全流域圈에 대하여 $q=0.3026$

$(h+0.2217)^2(m^3/sec/km^2)$ 의 공식을 算出함으로서 流域內 어느 河川에서든지 水位를 假想함으로서 單位面積當의 水位對流量을 求하여 여기에 A를 도입 함으로써 全體水量을 推定할 수 있다.

10) 滲透現象은 全流域에서 최소 2.5mm/day ; 최대 5.5mm/day로써 平均 4.0mm/day로 나타났다.

11) 流域의 流出能力을 量的으로 推定하기 爲한 流域의 地被解析에 依한 분석 結果 本流域의 경우 流出水(C.N) 79를 산출하였고 流域의 地被상태에 依한 總雨量對總 流出量을 구할 수 있게 하였다.

12) 小流域에서 洪水量을 계산하기 爲하여 流出 係數別로 단위 洪水量을 계산할 수 있게 旱見表와 圖를 만들었고 강우강도 환산식을 $r_T=C_r 24$ 식으로 설정하였다.

13) 河川의 伏流水는 農業用水를 目的으로한 水利施設의 貯水에서 骨材採取 作業에 依하여 急激한 水位 低下現象이 나타나 用水 貯溜에 문제점을 若 起시키고 있어 이에 對한 水利施設保護對策의 制度 的 뒷받침이 要求되고 있다.

參 考 文 獻

1. 建設部(1962~1976), 韓國水文調查年報 雨量編, 水位編.
2. —(1970~1977), 韓國水資源開發調查年報.
3. (1971), 災害統計總覽, pp.31~47.
4. —(1972), 洛東江流域開發支援調查報告書 附錄圖面.
5. 국제연합開發計劃機構 洛東江流域調查團(1968), 洛東江流域 水資源開發計劃 3권, pp.9~12, 104, 4권 pp.XII~XV, 19~28, 7권 3.
6. 中央觀象台(1962), 韓國氣候圖 pp.1, 61, 75.
7. 慶尙北道(1962~1977), 慶北統計年報 序文編, 강우량편
8. 慶尙北道(1977~1978), 旱害克服誌, pp.27~56.
9. 大邱市(1973), 大邱市史 pp.12~16, pp.580~585.
10. 朴成宇(1968), 水利構造物設計 基準을 爲한 降雨分析, 서울대학교 附設(農業開發研究所, pp.66~165, pp.172.
11. —(1974), 河川의 流況에 關한 水文學的 研究, 韓國農工學會誌 16卷2號, pp.78~80.
12. 白鍾哲(1973), 琴湖江 Peak 流出量 推定에 關한 考察, 嶺南大學校 大學院 論文, pp.5.
13. 徐承德(1975) 流域特性에 依한 合成單位圖의

- 誘導에 關한 研究, 韓國農工學會誌 第17卷1號~2號
14. —(1976, 號農業用水開發利用을 爲한 河川流出의 分析의 研究, 慶北大 敎大院 論文集 6, 7輯, pp. 174, 176.
15. —(1977), 大邱圈 地域開發을 위한 琴湖江 및 周邊河川의 水文, 水理 및 河川形態學의 研究 慶大論文集 23권, 353, 354, 356~357.
16. —(1973, 水利構造物 設計計劃에 必要한 慶南地域降雨의 特性에 關한 研究, 慶尙大學 農業研究所報 7號, pp.93~94.
17. 尹勇男(1978), 水文學, pp.33~36, 淸文閣.
18. 鄭昌熙(1970), 新地質學概論, pp.92~105, 博英社.
19. 鄭英鎭(1978), 現代統計學, pp.44~66, 先進文化社.
20. 池光夏(1966), 大興池 流域의 代表降雨量觀測所 選定에 關한 考察, 農業土木學會誌 8권2號, pp.64.
21. 土地改良組合聯合會(1969), 全天候農業用開發事業 德湖地區 事業計劃書, 水文編, pp.203~222
22. 韓國農工學會誌(1970), 山地小流域 河川의 流出機構에 대하여 12권 4號, pp.76~78.
23. 李舜鐸, 慶北地方의 旱魃에 關한 研究, 嶺南大論文集 4輯 174~175.
24. 農水產部, 農業振興公社(1978), 農地基盤造成 事業統計年報.
25. 農林部. 土地改良組合(1969), 水文調查綜合報告書, pp.37, 1.57~168.
26. 產業基地開發公社(1974), 韓國河川調查書, pp. 27, 568, 668, 1817.
27. 金子良(1956), 水文學的 循環における 土壤의 效果, 農業技術研究所報告 F 9號, pp.67~70, 162~170.
28. 石川茂男(1978), 水資源開發と 流域保全, pp. 161~172, 381~387, 東京大學出版會.
29. 中島陽太(1972), 郎豪雨의 研究(IV) 京大防災研究所報 第15號 B pp.285~290.
30. 佐藤晃三(1971), 低水流出의 研究, 研究報告, pp.31~35, 文部省 特定 研究班御明神試驗流域研究班
31. Chow, V.T. (1968) : Hand Bock of Applied Hydrology, pp.21-1.
32. Grad, D.M. (1962) : Derivation of Hydrographs for small water-sheds from Measurable

- Physical Characteristics, Research Bulletin, 506, pp.522--539. Iown State Univ. of of Science & Technology.
33. Kent, K.M. (1966) : Hydraulic Prediction of downstream floods, Transactions of the A.S.A E. Vol. 9, No. 3, pp.350—351.
34. Laurenson, E.M. (1954) : The Derivation of Infiltration indices Under Australian Conditions, Symposium Paper 1163 pp.47—52.
35. U.S.D.A., SCS (1969) : Hydrology, National Engineering Hand Book Section 4, pp.10.1—10.24.
36. U.S.B.R. (1961) : Design of small dams, pp. 38—50.
37. Warren, Viessmen, JR (1968) : Runoff Estimation for very small Drainage Area, A.G.U. W.R.R. Vol 4, No. 1 pp.87—93.

(接受 : 1980. 11. 11)