

支流代表寄與洪水의 決定

高 在 雄

〈正會員·水公調査計劃部調査課長〉

目 次

1. 概 要
2. 決定方法
3. 實 例
4. 結 論

1. 概 要

洪水에 對하여 科學的인 意味을 賦與하기 爲하여 오랫동안 名稱이 다른 여러가지 洪水를 設定하여 使用하여 온 것은 누구나 잘 알고 있다. 既往最大 洪水라던가, 極大洪水, 計劃洪水, 確率洪水, 基本高水(Standard Project Flood), 確率最大洪水(Probable Max. Flood) 등 數 많은 用語들이 定義되어 利用되고 있다.

이러한 모든 洪水들은 技術의 高度化, 治水對策의 變動等에 따라 갖는 意味가 變動하게 되고 보다 合理的이고 科學的인 解析方法이 開發됨으로서 다시 새로운 假想的인 洪水들이 登場하게 되고 定義될 수 있게 된다.

多目的댐에 依한 洪水調節도 우리나라에서 極히 最近에야 計劃되어 建設되고 있어 過去의 治水計劃에서 基準으로 잡던 洪水位보다는 洪水量이 보다 重要한 意味를 가지게 되었다. Peak 流量뿐 아니라 이의 發生時間, 總洪水流出量 등이 重要하게 되었다. 이러한 水文學的 要素들의 埋地點과 下流被害地區에서의 相對的인 關係는 댐의 計劃이나 建設後의 操作 등에서 가장 基本이 되는 要因이 된다. 即 多目的댐에서의 調節效果는 이러한 모든 事項을 감안한 洪水를 從에서

調節하였을 경우와 調節하지 않았을 경우를 別個로 하여 下流被害地區까지 洪水追跡함으로서 그 差를 가지고 評價해 줄 수 있다.

이렇게 하였을 경우 洪水以外의 要素로서 調節效果를 左右하는 것은 埋地點으로부터 被害地區까지의 距離와 貯水池의 洪水調節容量이다. 勿論 流路의 勾配 斷面積, 粗度, 形狀 등은 여기서는 一括해서 前者인 埋地點으로부터 被害地區까지의 距離로 包括 說明한 것이다.

이러한 事項들은 이미 洪水追跡(Flood Routing)이라는 過程에서 處理되기 때문에 簡單히 解決되나 問題는 어떠한 洪水를 選定하여 前述한 追跡作業을 實施하여야 所期의 目的을 達成할 수 있는가에 있다. 여기서 廣範圍한 뜻을 가지고 使用한 所期의 目的이란 特定한 計劃에 對한 經濟的인 效果를 測定하는 것을 뜻하며 이에 따라 治水目標을 達成하기 爲한 數 많은 代案들을 普遍妥當性있게 比較할 수 있어야 하기 때문이다.

既往의 水文學資料들을 分析해 보면 下流被害地區에서 同一한 規模의 크기인 洪水들이 降雨의 分布地域, 強度, 繼續時間 등이 甚히 相異하여 典型的인 樣相을 가지는 水文學的 特性으로 代表해 줄 수 없음을 알 수 있다. 即 特定地點에 어느 크기의 洪水를 일으킬 수 있는 各支流別 流出量은 無限히 많이 存在할 수 있다. 流域이 넓어서 支流가 많으면 많을수록 더욱 變動의 振幅도 甚해지고 反對로 流域이 적으면 적을수록 降雨의 分布나 其他 洪水에 미치는 要因들이 單純하게 된다.

이렇게 數 많은 洪水를 對象으로 計劃中인 多目的댐 구축에 依한 洪水調節效果를 모두 分析하기란 到底히 不可能하기 때문에 可能하면 가장 적은 數의 洪水만

을 選定하여 分析하더라도 이러한 複雜한 要因들이 代表될 수 있도록 할 必要性이 생기게 된다.

各支流에서 流出하는 流出量이 下流被害地區 Peak 流量에 미치는 比重 即 寄與度는 多目的댐의 位置選定과 調節量決定에 至대한 影響을 주기 때문에 오래 前부터 이를 爲한 開發이 企圖되어 왔다. 아직 完全하지는 않지만 現在 美工兵團(Corps of Engineers)에서 地域적으로 利用하고 있는 支流代表寄與洪水(Typical Tributary Contribution Flood)라는 새로운 洪水가 생기게 된 動機다.

여기서 말하는 支流代表寄與洪水는 지금까지 쓰여 오고 있는 基本高水나 計劃洪水들과는 달라서 그 크기나 發生頻도가 一定한 것이 아니므로 設計를 爲한 基準으로는 쓸 수 없고 單純히 多目的댐의 治水便益 算定만을 爲해 쓰이고 있는 것이 特色이다.

支流에서 流出하는 代表寄與洪水가 크면 클수록 그 支流에 建設된 多目的댐의 洪水調節容량의 活用도가 크다는 뜻이기 때문에 寄與洪水가 적은 支流에 建設된 同一한 容량의 洪水調節機能을 가진 多目的댐보다 훨씬 下流被害地區의 被害輕減에 效果的으로 操作될 수 있다.

2. 決定方法

支流의 代表寄與洪水는 洪水頻度, 年平均流出量, 各支流에 對한 既往洪水의 分析 및 洪水追跡 등을 實施하여 必要한 資料를 얻어 作成한다. 洪水 Hydrograph를 形成하는 基本要素는 세 가지로서 Peak 發生時間, Peak 流量, 洪水總流出量이다. 따라서 下流被害地區의 寄與洪水는 먼저 各支流에 對한 寄與洪水의 形相을 決定하고 나서 이들 各支流의 寄與洪수를 下流로 追跡해서 合成하여 만든다. 만드는 順序를 略述하면 다음과 같다.

가) 數個의 크기가 다른 既往洪수를 選定하여 追跡해 주면서 追跡係數(Muskingum, Average-Lag 方法等)를 各區間別로 確定하여 둔다.

나) 年平均降雨量 및 流出량을 全流域 및 各支流別로 求한다.

다) 基準支流로 가장 典型的이고 重要な 流域을 選定한다. 이 基準流域에서의 洪水總流出량을 3時 假想的으로 定하여 두고 各支流들의 모든 洪水總流出量은 代表地點의 年平均流出량과 各支流別年平均流出量과의 比를 假想的으로 定한 基準流域에서의 洪水總流出量에 등하여 준다. 이 값이 支流代表寄與洪水의 總

流出量이 된다.

라) 基準流域에서의 Peak 流量은 前記 同地點에 對하여 決定한 代表寄與洪水의 總流出量에 相應하는 流量으로 잡는다.

마) 基準流域 Peak 流量을 써서 各支流의 代表寄與洪水의 尖頭流出量을 定한다. 이는 基準流域 Peak 流量에다 基準流域의 頻度曲線에 쌓인 面積과 各支流에 對한 頻度曲線의 面積比를 곱하여 定한다. 美國에서는 再現期間 2年으로부터 2,000년까지의 曲線으로 쌓인 面積을 쓰고 있다. 이 理由는 確率 50%(再現期間 2年)의 洪水가 거의 無害流量에 該當되며 反面 確率 0.05%(再現期間 2,000年)가 經濟分析에 감안해야 할 最上限이기 때문이다. 우리나라에서 適用한다면 無害流量이 漢江本流沿岸에서 各區間別로 多少 差異는 있으나 平均적으로 確率 100%(再現期間 1年)에 該當되므로 下限으로 잡고 上限은 水位 被害額曲線(Stage Damage Curve)의 作成에서 確率 0.1%(再現期間 1,000年)으로 잡는 것이 便利하므로 이에 準하는 것이 좋겠다.

바) 各支流들에 對해 前述한 바와 같이 해서 알게 된 代表寄與洪水總流出량과 Peak 流出量을 써서 既往洪水 Hydrograph의 모양처럼 만들어 준다. 이렇게 하여 決定된 各支流 代表寄與洪수를 가지고 個別的으로 下流로 追跡해서 被害地區까지 合成해 준다. 萬若 追跡區間과 被害中心地가 一致하지 않으면 被害中心地의 Hydrograph가 되도록 調整해 주어야 한다.

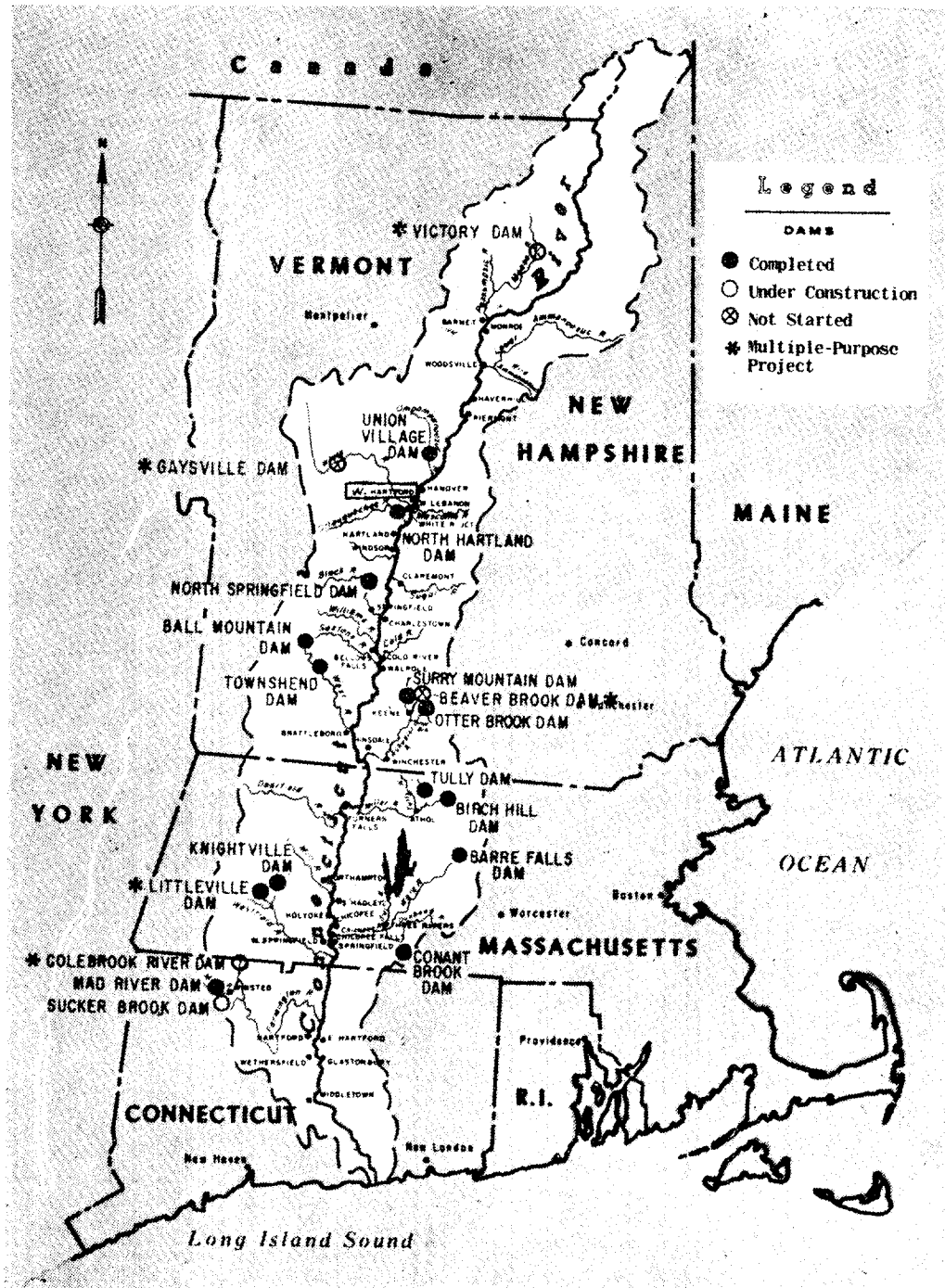
사) 被害中心地의 Peak 流量에 미친 各支流 寄與比率(%)을 計算한다. 各支流의 最下端에 貯水池가 있다고 假定한다면 支流洪수를 100%調節하면 上記와 같이 決定한 被害中心地에 대한 各支流의 寄與比率(%)만큼 Peak 流量을 節減시킬 수 있다.

아) 水位流量曲線, 水位被害額曲線, 流量頻度曲線을 쓰면 各支流에 建設할 多目的댐 구름에 依하여 調節 輕減시킬 被害額을 알 수 있게 된다.

자) 各多目的댐에 一定調節容량(6時流出量)을 두었다고 假定하여 下流에서 얻은 治水便益을 求하여 流域內 모든 댐의 洪水調節容량으로 나누어 주면 한 多目的댐 구름에 對한 單位調節容량當 便益이 나오게 되고 費用도 同一한 單位로 計算하여 比較하면 시스템으로서의 經濟性을 確認할 수 있다.

3. 實 例

支流代表寄與洪水는 가장 처음 美工兵團에서 New



Connecticut River Basin Reservoir Projects

England 地方에 있는 Connecticut 流域에 適用 研究, 發展시켰다. 이 流域은 Canada 의 國境에서 始作해서 南流하여 New York 바로 위에 있는 Long Island 까지 409마일의 流路延長을 가지며 流域面積 11,265平方마일. 平均流域幅 62마일의 細長한 流域이다.

確定된 綜合開發計劃에 依하던 28個의 多目的댐으로 下流 被害地區의 洪水를 調節하도록 計劃되고 있다.

가) 支流尖頭洪水量

自然流量對 頻度曲線으로 둘러 싸인 面積이 各 支流의 洪水發生能力을 表示한다고 假定하여 算術·確率方眼紙에다 圖示한 頻度曲線 밑의 面積과 支流代表 寄與洪水의 Peak 流量과 相關되도록 만들었다. 圖示 限界는 生起確率 50%(再現期間 2年)에서 0.05%(再現期間2,000年)까지로 잡았다.

各支流 頻度曲線과 選定된 限界確率 사이에 있는 面積을 求積器로 제어서 平方吋 單位로 表示하였다. Connecticut 江流域에서는 洪水問題에서 그 位置와 重要도가 높기 때문에 White 江에 있는 West Hartford 를 基準觀測所로 選定하였다.

White 江의 West Hartford 地點에서의 代表寄與洪水 Peak 流量으로는 下流洪水를 追跡할 수 있도록 이 選定한 追跡係數가 適用될 수 있는 範圍의 것으로 決定하였다. 支流들에 對한 代表寄與洪水의 Peak 流量은 前述한 바와 같은 比率를 써서 West Hartford 의 Peak 流量과의 比를 알아서 決定하였다. 다음 表-1에 各 重要支流의 寄與洪水 Peak 流量 決定에 使用된 資料를 要約 記載하여 두었다.

表-1 Connecticut 流域 支流代表寄與洪水 (peak 流量)

支 流 名	觀測所 流域面積 (mile ²)	頻度曲線 面積 (in ²)	white 江과의 比 (%)	寄與洪水 量 (cfs)	支流流 域面積 (mile ²)	支流寄 與洪水 量 (cfs)
Conn. R.	799	8.35	50.8	22,000	799	22,000
Ammonoosuc 상류	232	5.95	36.2	15,700	254	17,200
Israel 강	← 관측기록없음 →				135	10,200
Passumpsic 강	436	4.72	28.7	12,500	507	16,000
Ammonoosuc 강	395	9.34	56.7	24,600	395	24,600
Wells 강	97	1.60	9.7	4,200	98	4,200
Waits 강	← 관측기록없음 →				156	6,600
Ompompanoosuc 강	130	1.98	12.1	5,300	130	5,500
White 강 (基準)	690	16.44	100.0	43,500	690	43,500
Mascoma 강	153	1.50	9.1	4,000	194	4,500
Ottawaquechee 강	221	8.35	50.8	22,100	221	22,100

Sugar 강	269	4.77	29.0	12,600	269	12,600
Black 강	158	5.50	33.5	14,600	204	16,500
Williams 강	103	4.73	28.8	12,300	118	12,400
Saxtons 강	72	3.63	22.1	9,600	72	9,600
Cold 강	83	2.11	12.8	5,600	100	6,850
West 강	308	15.30	94.2	41,000	423	44,500
Ashuelot 강	420	4.34	26.4	11,800	420	11,800
Millerr 강	375	3.91	23.8	10,200	392	10,300
Deerfield 강	558	19.60	119.4	52,000	664	44,000
Chicopee 강	688	4.73	28.8	12,500	721	13,400
Westfield 강	497	15.20	92.5	40,000	517	41,100
Farmington 강	584	7.95	48.3	21,000	584	21,000

나) 支流代表寄與洪水의 總流出量

美內務省 地質調査所(USGS)의 資料들을 利用하여 各 支流에서의 年平均 流出高와 基準觀測所(West Hartford)에서의 年平均 流出高를 求해서 相關시켜 決定하였다. 實測된 既往洪水들의 Peak 流量과 總流出 量間的 關係를 바탕으로 하여 여기서는 West Hartford 에서의 代表寄與洪水로서는 總流出高 3吋로 決定하였다.

그리고 나서 其他 支流代表寄與洪水에 對한 總流出 高는 前述한 바와 같이 West Hartford 와의 年平均流 出高의 比率에다 3吋를 곱하여 決定하였다. 表-2에 支 流代表寄與洪水들의 總流出高를 決定함에 必要한 資 料들을 要約 記載하였다.

表-2 Connecticut 流域 支流代表寄與洪水 (總流出量 및 時間)

支 流 名	觀測所 流域面積 (mile ²)	年平均 流出量 (in)	White 江과의 比 (%)	支流總 流出量 (in)	White 江 peak 時과의 차이 (시간)
Conn. R.	799	26.7	116.6	3.5	+6
Ammonoosuc 상류	232	28.1	122.7	3.7	+6
Israel 강	—	28.1	122.7	3.7	-2
Passumpsic 강	436	22.9	100.0	3.0	0
Ammonoosuc 강	395	22.9	100.0	3.0	-4
Wells 강	97	19.2	83.8	2.5	-4
Waits 강	—	20.8	90.8	2.7	-4
Ompompanoosuc 강	130	20.8	90.8	2.7	-6
White 강(基準)	690	22.9	100.0	3.0	0
Mascoma 강	153	18.4	80.3	2.4	-3
Ottawaquechee 강	221	24.0	104.8	3.0	-4
Sgar 강	269	19.4	84.7	2.5	+2
Clack 강	158	22.0	96.1	2.9	-2
Williams 강	103	20.8	90.8	2.7	-4
Saxtons 강	72	21.0	91.7	2.8	-6
Cold 강	83	19.0	83.0	2.5	-4
West 강	308	25.8	112.7	3.4	-3

Ashuelot 강	420	20.5	89.5	2.7	+22
Millers 강	375	21.9	95.6	2.9	+10
Deerfield 강	558	29.0	126.6	3.8	-4
Chicopee 강	688	20.9	91.3	2.7	+24
Westfield 강	497	25.3	110.5	3.3	-3
Farmington 강	584	23.5	102.6	3.1	+18

다) 支流代表寄與洪水的 形狀 및 時間

各 支流에 對한 寄與洪水的 Peak 發生時間은 流域內 既往洪水들을 分析·調査하여 West Hartford(基準觀測所)에서의 Peak 流量 發生時間에 對한 加重 平均値를 使用하여 決定하였다.

各 寄與洪水的 形狀은 各 支流의 寄與洪水 Peak 流量과 規模가 같은 一個의 既往洪水를 찾아 내어 그 모양이 되도록 만들어 주었다.

觀測記錄이 없는 局地에 對해서는 大部分 同一한 方法으로 作成하였지만 既往洪水들을 分析하여 相當한 調整을 加한 것을 썼다. 이렇게 作成한 各 支流의 代表寄與洪수는 Average-Lag 方法으로 下流被害中心地까지 追跡하여 各洪水들을 合成해 나가면서 流域 各地點에 對한 合成 寄與洪수를 作成하였다. Connecticut 江 主流沿岸에 있는 各地點에서의 寄與洪수에 미치는 各支流 및 局地의 寄與度를 다음 表-3에 表示하여 두었다. 여기서는 上流에서 計算해 가면서 基準觀測所가 位置한 White 江의 合流點까지만 表示하여 두었으나 繼續해서 河口部까지 同一한 計算을 實施하여야 한다. 이와 같이 해서 作成한 各主流地點에서의 代表寄與洪수의 Peak 流量은 表-4에 그 結果值만 表示하여 두었다.

表-3 Connecticut 流域에서의 支流別 各地點寄與量

支 流 名	支流代表寄與 洪水量 (cfs)	支流流 域面積 (mile ²)	下記地點에서의 支流代表 寄與洪수의 寄與量 (cfs)			
			Dalton (1,514 mile ²)	Wells R. (2,644 mile ²)	S. Ne. White wbury 강합류 (2,825 mile ²)	(4,092 mile ²)
1 Conn R.	20,300	799	11,330	4,924	6,000	4,010
2 Ammonoosuc 강	12,250	254	9,920	2,401	3,860	1,290
3 Israel 강	6,550	135	5,000	2,172	3,250	700
4 Local 강	6,550	135	5,000	2,172	3,250	700
4 Local 강	4,760	97.4	3,340	2,023	2,520	830
5 Local 강	400	8.5	175	240	255	90
6 Bog Brook 강	1,260	26.2	890	532	665	210
7 Local 강	2,840	57.9	2,100	879	1,340	300
8 Local 강	2,560	52.5	1,960	566	1,000	260
9 John's 강	3,660	75.5	3,420	587	1,160	380
10 Local 강	392	8.0	225	158	215	40
11 Local 강	3,730	89		1,930	2,090	470
12 Local 강	1,680	40		1,000	1,040	210
13 Passumpsic 강	21,300	507		15,182	16,600	1,860
14 Local 강	375	9		271	270	60
15 Stevens 강	1,800	43		1,480	1,300	340
16 Local 강	1,665	40		1,050	1,025	200
17 Ammonoosuc 강	31,400	402		30,850	19,200	2,320
18 Wells 강	4,200	100			1,860	2,100
19 Local 강	1,780	41			680	780
20 Oliverion Brock 강	1,690	40			870	610
21 Local 강	1,580	39				360
22 Waits 강	6,710	158				3,600
23 Eastman Brook 강	770	22				700
24 Local 강	2,820	64				2,160
25 Clay Brook 강	660	19				600
26 Local 강	2,390	55				2,190
27 Ompompanoosuc 강	5,900	136				5,400
28 Local 강	2,390	62				1,730
29 White 강(基準)	45,600	712				45,600
計			38,360	66,300	65,200	79,400

表-4 主流 重要地點에서의 寄與洪水量

區 分	Dalton	Wells 강	S. New-busy 강	White 강 합류	N. Wal-pale	Vernon	Monta-gue	Holyoke	Thomp-son-vilk	Rodkin Rock
流 域 面 積 (mile ²)	1,514	2,644	2,825	4,092	5,493	6,266	7,865	8,309	9,661	10,870
寄 與 洪 水 量 (cfs)	38,360	66,300	65,200	79,400	119,000	120,350	194,000	197,650	221,000	209,400

4. 結 論

이 方法에서 가장 焦點이 되는 것은 洪水頻度曲線 밑의 面積이 가지는 뜻이다. 一般的으로 確率紙上에 表示한 洪水頻度曲線의 밑부분 面積은 平均 Peak 流量(Average Peak Flow)와 같게 된다. 따라서 支流代表

寄與洪수의 決定에서는 基準流域 Peak 流量과 他支流代表寄與洪水 Peak 流量과는 各 支流의 平均 Peak 流量(洪水頻度曲線 밑의 面積)의 比와 相關시킬 수 있도록 생각한 것이다.

洪水頻度曲線 밑의 面積은 求積器로 질 경우 縱軸은 一般 눈금으로 되어 있고 橫軸은 確率 눈금이기 때문에 讀數란 無意味한 것이다. 하지만 相互比較할 경

우 두 洪水頻度曲線 밑의 面積은 上下確率限界를 同一하게하여 比를 잡는다면 이 比란 洪水頻度曲線의 縱高의 比가 된다. 따라서 縱橫軸의 單位가 틀리기 때문에 惹起될 誤差란 없음을 알 수 있다. 다음에 支流代表寄與洪水가 지니는 意味와 內容을 要約해 보면 다음과 같다.

가) 支流代表寄與洪水는 그 決定에 있어 平均的인 資料들을 썼기 때문에 平均的인 結果를 期待할 수 있다.

나) 洪水頻度曲線 밑의 面積은 平均 Peak 流量과 同一하다.

다) 支流代表寄與洪水의 開發에 있어 支流 Peak 流量은 平均 Peak 流量의 比와 相關된다고 假定하였으며

支流洪水總流出量은 年平均流出量의 比와 相關시켰다.

라) 各多目的댐에서 個別的으로 洪水追跡한 流量을 下流被害地區에서 그대로 合算한 경우와 댐地點에서 合成해가면서 追跡할 경우와는 差異가 생긴다. 洪水量의 크기에 따라 다른 追跡係數를 쓰면 이런 誤差를 없앨 수 있다.

지금까지 說明한 支流代表寄與洪수를 써서 治水便益을 算定한다면 個個의 洪水에 對하여 實施하던 膨대한 作業量을 顯著히 줄일 수 있음은 쉽게 알 수 있다. 아직까지 귀에 익은 洪水가 아니나 不遠 많은 사람들의 關心 對象이 될 것을 豫想하면서 우리나라 河川에서의 適用에서 새로운 檢討 開發도 可能하리라 믿는다.

正會員入會要領

水文 또는 이와 關聯있는 知識이 있거나 또는 識見이 높은 분 水文을 應用하는 事業에 從事하는 분으로서 本協會 事業趣旨에 贊同하여 入會를 願하는 분은 既加入한 會員의 推薦을 받아 本協會所定樣式에 依한 入會願을 提出하여 주시기 바랍니다.

提出處：韓國水文協會事務局

電話(23)0491-3

會費納付

每年莫重한 事業을 推進하면서도 恒常會費納付가 遲延되고있어 協會運營에 많은 支障을 받고있습니다. 여러분이 納付하는 會費는 本協會運營의 動脈이 되오니 協會財政을 十分惠諒하시어 現在까지 未納하신 會員은 다음과 같이 早速한 時日內에 自進納付하여 주시기 바랍니다.

納付金：年間 67年 500 68, 69年 各 600 70, 71年 各 1,000

納付處：直接納付 또는 振替口座 서울 554番에 拂込하여 주시기 바랍니다.

會員證發給

本協會에서는 會員證을 가로 29.5cm 세로 22cm 크기의 한글 및 英文으로 高級 罫紙印刷하여 많은 正會員에게 이미 發給한바 있으니, 希望하는 會員은 다음要領에 依據申請하시면 곧 郵送하겠습니다.

姓名은 한글과 英文으로 記入하고 發給手數料金 400원을 振替口座 서울 554 韓國水文協會로 拂込하여 주시기 바랍니다.