

우리나라 홍수량 공식들의 比較研究

The Comparative Study of the Flood Discharge Formulas in Korean Rivers

高 在 雄*
Ko, Jae Ung

Abstract

The design flood formulas in Korean river are reviewed from the early historical stage of the river improvement projects to the present situation. The 11 different formulas are selected for the comparative purpose of the each results at the same rainfall and basin characteristics under the same size of the basin. The max. and min. values of the design flood discharge for the same basin deviated almost as large as 400% according to the formula used without respect to the basin size. The remains have big scattering within those deviations.

The steps to derive the design flood are very complicated and tedious time consuming process at present applications. However the results computed through the steps are quationable in accordance with the lengths of the hydrological historic records and the accuracy of the data observation technique in view of the engineering judgement. The purpose of this review will give the one of the simplest and the reasonable approach to eliminate misleading the determination of the design flood peak.

要 旨

우리 나라의 河川綜合開發計劃 수립의 기준이 되는 計劃洪水量 결정수단으로 활용되어 왔던 洪水量公式 들을 조사하였다. 이들 가운데 11種의 洪水量 公式를 선정하여 流域規模에 따른 計劃比洪水量을 계산 比較하였다. 강우조건과 유역조건이 가능한 범위까지 같은 경우가 될수 있게 하여 검토한 바 같은 유역에서 극치들의 변동폭이 400% 나 되는 편차를 가지며 이런 범위안에서 각공식 별로 서로 많은 차이를 보여 주게 됨을 알 수 있었다.

지금 쓰이고 있는 洪水量 산정의 절차는 무척 복잡하고 많은 努力을 거쳐서 어렵게 결정하고 있으나 成果는 사용된 水文資料의 期間이나 精度에 좌우되어 工學的인 判斷의 타당성이 결여된 경우가 많았음을 경험하였다.

따라서 보다 단순하면서 合理的인 수단의 개발을 기왕의 洪水量 公式 比較에서 얻을 수 있었다.

* 正會員·建國大學校 工科大學 教授, 土木工學科

1. 序 言

우리 나라에서 河川改修計劃의 기준으로서 사용하고 있는 計劃洪水量은 1910年代에 들어서면서 비로소 추진되었던 河川調査事業과 大河川들에 대한 改修計劃 樹立에서 처음으로 檢討 決定되기 시작하였다.

가장 먼저 計劃洪水量 推定에 쓰인 것은 1921년에 나온 $Q=4000A^{2/3}$ 이라는 식을 들 수 있다. 이 식에 나온 Q 는 最大洪水量으로 단위는 個(立方尺/秒)로 되어 있고 A 는 流域面積으로 단위는 平方里가 되어 있다. 이때만 해도 既往의 洪水實測 資料가 없는 가운데 豫備計劃을 세우기 위해서 우선 없기 보다는 낡다는 생각으로 外國의 예를 土臺로 만든 듯하다.

이러한 과정을 거치면서 全國 重要河川地點들에 대한 降雨觀測과 洪水位 및 流量測定이 이루어 지면서 때 맞추어 1925년에는 由來를 찾을 수 없는 大洪水가 漢江을 휩쓸어 全般的인 改修計劃의 재검토가 요청되어 이 당시의 洪水量들의 推定이 가능하여 이를 대표시킬 수 있는 最大洪水量公式를 29個 기록을 바탕으로 만들 수 있게 되었다.

이때 만들어진 公式이 잘 알려진 梶山公式으로 1926년에 만들어져서 지금까지도 명맥이 유지되고 있다. 解放 이전에는 물론 전적으로 이 공식에 의해서만 計劃洪水量이 결정되었을 뿐 아니라 해방이 되고 나서도 우리 나라는 계속 治水主宗의 河川改修가 계속되어 最大洪水의 peak만이 關心事이 었기에 梶山公式의 活用으로 計劃洪水量이 算定 決定되어 왔다.

1960년대에 와서야 利水面의 수증대를 보게 되어 最大洪水의 peak뿐 아니라 hydrograph까지 알아야 하게 되어 現代的인 水文學的 技法을 바탕으로 하는 流出解析이 도입되었다. unit hydrograph, synthetic hydrograph 혹은 watershed routing 등에 의해 降雨기록을 가지고 流出 hydrograph를 추정하게 되었다. 이러한 바탕에 의거 計劃洪水量이 결정되는 산정과정의 많아졌으며 복잡하게 되어 해가 갈수록 수많은 方法論들이 研究提示되어 채택한 方法에 따른 精度나 成果가 심한 차이를 가져다 주고 있다.

어떤 경우에는 사용된 方法이 指向하고 있는 精度를 과연 그대로 반영해 줄수 있는 成果를 얻었는가 하는 문제까지 부딪치는 경우를 많이 경험하고 있다.

本論文에서는 情報의 洪水 속에서 現實적으로 널리 쓰이는 最新技法들의 복잡성에 휘말려 焦點을 잃고 방황하면서 경주한 노력에 비해 나온 成果의 精度를 기대하기 힘들기 조차 할 수 있게 하는 잘못을 排除시킬 수 있는 yard stick을 정립하기 위한 노력의 一端으로 洪水量算定の 과거와 現在를 조명해 보고자 하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 洪水量 公式

우리 나라 하천에서 하천개수계획 수립에 사용하기 위한 計劃洪水量을 결정한 가장 오랜 자료는 전국 13개 하천에 대하여 1915년부터 실시한 하천조사 초기에 홍수자료를 수집하여 1919년에 만든 식이⁽¹⁾ 가장 오랜 것으로 판단된다. 수문자료들이 충분히 갖추어져 있지 않은 상태에서 우선 시급하게 계획수립에 쓰고자 하였기 때문에 구미 여러 나라에 쓰이고 있는 經驗公式을 바탕으로 만든 것이다. 그 主宗은 Dickens의 식이나 Mcmouth의 식들을 참고한 것으로 최대홍수량을 추정할 수 있는 표준홍수량이라는 이름으로 다음 식으로 계산하였다.

$$Q=4000A^{2/3} \quad (2.1)$$

여기서 Q : 최대홍수량(個:立方尺/秒)

A : 유역면적(平方里)

流域面積의 2/3제곱에 洪水量이 비례하는 것으로 잡은 것은 Ryves가 인도 하천에 대해서 만든 식에서도 같은 값으로 나타나고 있다.

그 뒤 유량측정이 많이 이루어져서 이들 측정 지점에서 유량곡선이 작성되었으며 곧 잇따라 1925년 7월의 대홍수가 발생하여 한강에서는 어떤 홍수보다도 큰 홍수위를 나타내었으므로 이에 상응하는 홍수량이 중요한 의미를 가지게 되었다.

따라서 이미 작성된 流量曲線式을 바탕으로 이를 연장하거나 또한 실측홍수위를 바탕으로 水面傾斜法 등으로 홍수량을 추정하였다. 그래서

$$Q = 4,000 A^{0.8}$$

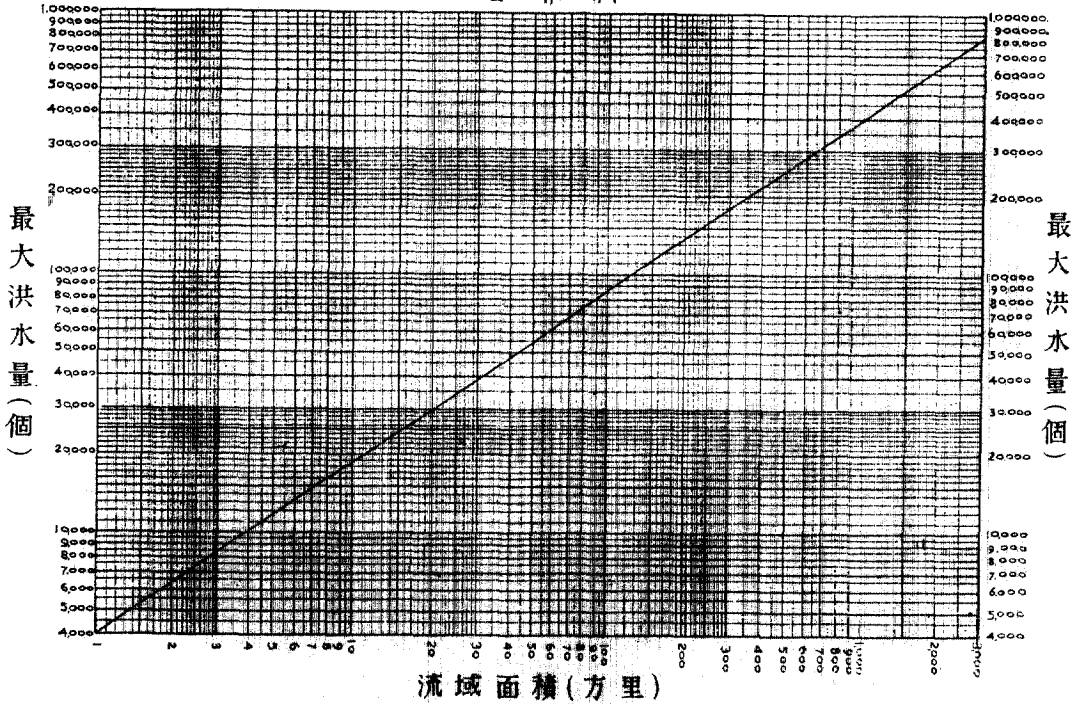


그림 2-1. 最大洪水量 圖表(1919)

各地點에서의 이때 홍수량 규모를 우리 나라 하천에서의 최대홍수량 결정기준으로 설정하는 것이 타당하다고 보게 되었으며, 이를 바탕으로 1926년경에 梶山公式⁽⁴⁾이 만들어져 그 뒤 오랜 기간 애용되었다. 梶山公式 作成에 쓰인 홍수량기록은 29개이며 다음과 같은 식으로 나타내었다.

$$Q = CA^{(0.877 - 0.04 \log A)} \quad (2.2)$$

여기서

$$C = F(310 + r) \left(4 + \frac{A}{L^2} \right) \quad (2.3)$$

Q : 最大洪水量(m³/sec)

A : 流域面積(km²)

r : 流域의 最大平均日雨量(mm)

L : 流路延長(km)

F : 流域의 傾斜 및 林相狀況에 따른 계수로
서 다음 표준에 따른다.

0.0079... 傾斜 급하고 임야가 적으며 유출이 많은 유역

0.0075... 비교적 유출 많은 유역

0.0071... 中位에 있는 유역

0.0067... 비교적 유출 적은 유역

0.0063... 가장 유출이 적은 유역

이 公式에서는 처음은 尺貫法으로 식이 만들어졌으나 이를 미터法으로 고쳐 주었다. 여기서 특기할 것은 洪水量流出을 유역의 形狀係數 $\frac{A}{L^2}$ 와 상관시킨 점과 Madras 공식 등에서 볼 수 있듯이 유역면적 A의 멱지수 속에 다시 log A의 項이 들어있다는 점이다. 참고로 Madras의 식을 제시하면 다음과 같다.

$$Q = 2000 A^{(0.89 - 1/15 \log A)} \quad (2.4)$$

그 뒤 梶山公式은 개정되어 유역면적의 크기에 따라 다음과 같이 구분 적용하게 되었다.

$$Q = CA^{(1.0160 - 0.1135 \log A)} \quad (2.5)$$

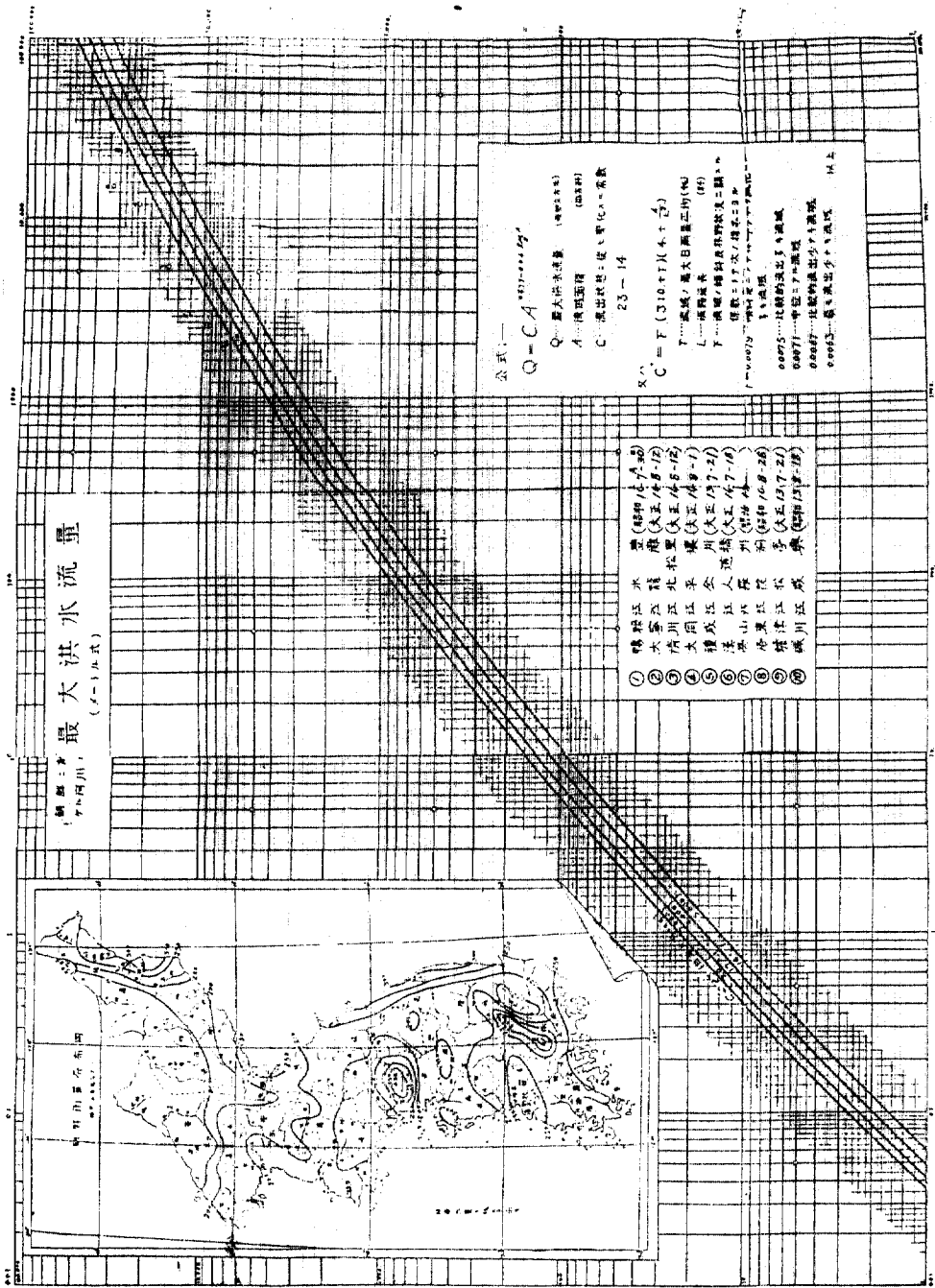
: 42.91 km² 이하인 유역

$$Q = 1.886 CA^{(0.8784 - 0.0101 \log A)}$$

: 42.91 km² 이상인 유역

여기서 F 값을 다시 다음과 같이 수정하였다.

F의 값	梶山舊式	梶山新式
	0.0079	0.0104



最大洪水流量
(2-1)式

桐山
河川

公式—

$$Q = CA^{0.71-0.67A^2}$$
 Q—最大洪水流量 (cm³/s)
 A—流域面積 (km²)
 C—流出係數 (按A變化) 係數
 23—14
 K—
 C—
 C = 下 (310 + 1) / (4 + 1/2)
 1—流域面積 / 最大日雨量 (mm)
 2—流域面積
 3—流域 / 流域面積的平方根 (km)
 係數 = 1.7次 / 係數 = 3.2
 1.5 流域
 0.0075—流域的平方根
 0.0071—流域
 0.0067—流域的平方根
 0.0063—流域
 14.5

- ① 鴨綠江 水 (昭和14.8.12)
- ② 大野川 江 水 (昭和14.8.12)
- ③ 作樂川 江 水 (昭和14.8.12)
- ④ 大野川 江 水 (昭和14.8.12)
- ⑤ 大野川 江 水 (昭和14.8.12)
- ⑥ 大野川 江 水 (昭和14.8.12)
- ⑦ 大野川 江 水 (昭和14.8.12)
- ⑧ 大野川 江 水 (昭和14.8.12)
- ⑨ 大野川 江 水 (昭和14.8.12)
- ⑩ 大野川 江 水 (昭和14.8.12)

流域面積 (方科)

二目 2-2. 桐山 洪水量 公式(舊式)(1926)

0.0075	0.0096
0.0071	0.0088
0.0067	0.0080
0.0063	0.0072

그 뒤 알려진 식으로는 우리나라 하천에 대한 小中の 공식으로 다음과 같이 되어 있다. 이 공식은 일반화되지 못해 잘 알려지지 못했다.

$$Q = \left(\frac{r-50}{144} \right) \{ 10.85 - 4.2 \log A + 0.42(\log A)^2 \} A \quad (2.7)$$

여기서 Q : 최대홍수량(m³/sec)

A : 유역면적(km²)

r : 최대일우량(mm)

元泰常博士⁽¹⁵⁾는 지류가 없는 경우의 기본공식으로 극대홍수량을 다음 식으로 제시하였다.

$$q_m - q_0 = \rho_1 C \frac{\phi AR}{\sqrt{at_c + t_c}} \quad (2.8)$$

$$\text{단, } R = \frac{b\sqrt{at_c}}{a + \sqrt{at_c}} \quad (2.9)$$

$$\rho_1 = \frac{5.8}{\left(\frac{t_c}{t_r} \right) + 4.8} \quad (2.10)$$

여기서

q_m : 최대홍수량(m³/sec)

q₀ : 평수시유량(m³/sec)

A : 유역면적(km²)

t_c : 도달시간(hr.) t_c = $\frac{L}{W}$

φ : 유출율(평균 0.7~0.9)

C : 유역의 형태에 따라 변하는 계수(1.5~2.4 이며 보통 1.9~2.0을 쓴다)

a, b : 그 지역의 강우기록에서 얻게 되는 常數

L : 幹川의 유로연장(km)

W : 홍수도달속도(km/hr.)

ρ₁ : retardation 계수

retardation 을 받지 않은 경우

$$\left(\frac{t_c}{t_r} \leq 1 \right) \rightarrow \rho_1 = 1$$

retardation 을 받는 경우

$$\left(\frac{t_c}{t_r} > 1 \right) \rightarrow \rho_1 < 1$$

梶山公式의 常數들을 보다 많은 홍수자료들로서 조정하려는 시도들도 이루어지게 되었으며 주로 낙동강의 홍수자료들을 수집 정리하여 崔

榮博, 李舜鍾⁽¹³⁾은 1964년 다음과 같은 식을 발표하였다.

$$Q = 0.786CA^{(1.104 - 0.081 \log A)} \quad (2.11)$$

1966년 韓長會⁽²⁾는 그의 논문에서 다음과 같은 식을 제시하였다.

$$Q = AS^{0.5} (0.169 - 0.0065 \frac{L^2}{A}) R \quad (2.12)$$

여기서 A : 유역면적(km²)

L : 幹川의 유로연장(km)

R : 최대일우량(mm)

S : 河床傾斜

1972년에는 金熙鍾⁽¹⁰⁾에 의해 다음식이 알려졌다.

$$Q = 0.125R_T \cdot A : q_b < 0.01 \text{ 일 때} \quad (2.13)$$

$$Q = 0.2833q_b^{0.176} R_T \cdot A : 0.01 < q_b < 1.0 \text{ 일 때} \quad (2.14)$$

여기서 q_b : 단위유역면적당의 起立유량(m³/sec/km²)

R_T : hyetograph에서 구함(mm/hr)

계획홍수량을 결정함에 있어 우리나라에서는 1950년대까지는 최대홍수량 또는 극대홍수량 등의 이름으로 빈도개념이 없는 그저 기왕 최대라는 막연한 개념의 경험공식들이 쓰여지다가 1960년대에 들어서면서부터 홍수빈도의 개념이 利水 측면에서의 水工構造物인 댐, 저수지 등의 안전과 결부되어 도입되었다. 하천개수에서 하천구조물의 주종이 되는 제방의 설계에서는 경제성인 도의시되어 어떤 홍수에서도 안전해야 한다는 안전제일주의적인 기준이었기 때문에 利水的인 구조에서 경제성이 감안된 설계기준들의 채택과는 개념적인 거리가 있었다. 따라서 이미 나와 있던 洪水量 公式들이 거의가 雨量을 함수로 잡고 있기 때문에 강우량의 빈도를 추정함으로써 손쉽게 기존 최대홍수량 공식들을 이러한 홍수빈도 결정에도 고쳐쓸 수 있는 편법이 강구되었다.

실제적인 문제에서도 장기간의 홍수기록을 조사해서 이를 토대로 洪水頻度分析을 하기란 어려움이 많았지만 강우량 기록은 손쉽게 얻을 수 있었기 때문에 차라리 강우빈도 분석을 해서 강우량으로 간접적인 확률홍수량을 얻기가 용이하여 따라서 梶山の 최대홍수량 공식 등이 그대로

명맥을 유지할 수 있었다.

한편 현대 水文學이 우리 나라에 소개되기 시작한 것도 1950년대 후반이었으며 1960년초에 와서는 어떻게든지 梶山公式의 영향권에서 탈피하려는 노력이 일기 시작하였다. 單位流量圖理論의 도입이 그 대표적인 것으로 大規模댐 계획에서 일본인 기술진이 가지고 들어온 合成單位流量圖法에 의한 中安公式이 알려지게 되었다.

中安公式은 지리적으로 가깝고 지형적으로 공통점이 많은 日本河川을 대상으로 한 것이기 때문에 우리 나라에서 원용하더라도 큰 모순이 없으리라는 막연한 기대와 이렇게 편리한 수단이 그때까지 우리 나라에서는 나와 있지 않았다는 점 때문에 폭넓게 활용되는 이변을 가져다 주었다.

다음으로 이 期間부터 보급 적용되기 시작하여 지금까지도 큰 비중을 가지면서 계획홍수량 결정에 쓰이는 방법이 Muskingum 유역 추적에 의한 홍수량 산정법이다. 그 간편함과 같은 水系내의 여러 지점에서의 홍수량을 동시에 결정하는 경우 등에서 유효하여 많이 쓰이고 있다. 中安方法 등 무비관적인 적용을 개선하기 위한 노력의 일환으로 Snyder 식을 수정 적용시킨 시도가 尹龍男, 鮮于仲皓⁽¹⁴⁾에 의하여 이루어진 것이 1975년이다. 한강, 금강 두 하천에서의 홍수기록을 가지고 각각의 하천에 대하여 별도로 다음식을 제시하였다.

$$\text{한강 } t_p = 1.444(L \cdot L_c)^{0.304} \quad (2.15)$$

$$q_p = \frac{0.752}{t_p^{0.752}} \text{ (남한강)} \quad (2.16)$$

$$q_p = \frac{0.523}{t_p^{0.643}} \text{ (북한강)} \quad (2.17)$$

$$\text{금강 } t_p = 0.1141(L \cdot L_c)^{0.5155} \quad (2.18)$$

$$q_p = \frac{1.0715}{t_p^{0.33}} \quad (2.19)$$

여기서 q_p : 尖頭比洪水量($m^3/sec/km^2$)

t_p : 流域지체時間(hr)

계획홍수량을 한가지 방법만으로 충분히 결정할 수 있는 가장 합리적인 방법이 나와 있다면 모든 水工構造物의 계획과 건설이 유효 적절해질 수 있음은 모두가 느끼는 점이다. 그러나 이러한 해답을 얻기란 지금으로는 쉽지 않다. 미국에서도 오래전부터 수공구조물을 계획하고 건설하는 기관에 따라 방법이 달라서 계획과 계획

간의 불균형이 간과할 수 없는 문제를 가져다 주기 때문에 이를 해소시키기 위한 노력으로 美水資源評議會(Water Resources Council) 산하에 水文分科委員會를 두어 홍수빈도분석방법의 통일을 기도하였다. 1966~1967년 사이에 연구 검토된 결론은 그당시로서는 한가지 방법만으로 통일시킬 수 없는 단계임을 인식하면서 다만 기본방법(base method)이라는 명칭으로 log-Pearson type III 방법을 선정추천기로 한 바가 있다.

지금 우리 나라에서 일반화된 계획홍수량 決定方法은 流域이 작은 경우에는 合理式, 中安方法, 梶山公式 또는 Muskingum 유역추적법 등 개별적으로 모두 계산해 보아서 서로의 결과치를 비교 검토하여 임의로 설계자가 선정하고 있다. 또한 流域이 큰 경우에는 위의 경우에서 단지 합리식만 제외시키고 나머지는 동일한 방법으로 하게 된다.

따라서 유역과 유역간은 물론 동일 유역내의 서로 다른 지점간에 있어 計算者에 따른 불균형과 차이는 극심하였으며 심지어는 동일지점에 대한 計劃洪水量決定에서도 계산자가 다른 경우는 차이가 너무 심해서 큰 혼란이 야기되고 있다. 이러한 점을 감안할 때 계획홍수량이란 각 지점에서의 精度높은 산정도 중요하지만 차라리 각 지점간의 균형이 훨씬 중요도가 높아 이러한 균형을 조정시킬 수 있는 근거를 마련해 보려고 하는 노력이 일게 되었다. 1981년 洪永河⁽¹⁵⁾는 하천정비 기본계획에서 결정해 놓은 각 지점의 기본홍수량을 조사해서 200 km^2 ~10,000 km^2 유역면적을 가진 경우 기본홍수량으로 다음 식을 제시하였다.

$$\log Q = 0.622 \log A + F \quad (2.20)$$

여기서 Q : 100년 빈도기본홍수량(m^3/sec)

A : 유역면적(km^2)

F : 유역특성 계수로서 1.54~1.81 사이의 값 중에서 유역의 유출상황에 따라 결정해 주는 常數

金振圭⁽⁹⁾는 鮮于, 尹龍男公式에서 流域別로 너무 편차가 심한 것을 고려하여 차라리 이 두 流域의 水文學의 同質性을 인정해 준다는 가정하에 모든 資料를 가지고 統計處理하여 다음과 같이 수정 표시해 보았다.

$$t_f = 0.815(L \cdot L_c)^{0.385} \quad (2.21)$$

$$q_p = \frac{1.072}{t_f^{0.872}} \quad (2.22)$$

여기서는 사용자료의 精度에 의해 생기는 偏倚가 많이 줄어들면서 수정되고 있다.

필자는⁽¹¹⁾ 지금까지 모든 경우 홍수빈도를 강우빈도로서 간접적으로 결정해 주는 데서 생기는 모순을 없애기 위해 전국 24개 水文觀測所에서의 홍수량 기록을 수집하여 홍수량을 가지고 빈도분석하여 確率洪水量을 결정해 주는 기준을 마련하였다. 單一相關式으로 이를 정리한다면 다음과 같게 된다.

$$Q_T = 15.5 T^{0.22} A^{0.64} \quad (2.23)$$

여기서 Q_T : T년 홍수량(m^3/sec)

T: 재현기간(년)

A: 유역면적(km^2)

이 식은 전국을 단일상관식으로 하였기 때문에 유역과 유역간의 강우특성의 차이에서 오는 홍수량의 차이가 나타날 수 없다. 그러나 일반적인 경우 필자는 우리나라의 경우 유역간의 차이를 너무 민감하게 신경쓰지 않아도 된다는 주장을 해 오고 있으며 더구나 계획홍수량을 결정하는 과정에서는 여기서 제시된 기준을 표준으로 15.5의 값을 잡아두었으므로 유역별로 이를 조정해 준다면 큰 무리없이 산정될 수 있다.

다음에 이 값을 유역별로 조정해주는 방법을 제시할 기회를 찾기로 하겠다.

강우량을 가지고 간접적으로 確率洪水量을 결정하는 경우의 모순은 관련되는 몇개 雨量觀測地點에 대해서 별개로 지점별 강우빈도 분석을 실시하여 여기서 나온 同一再現期間에 해당하는 강우량을 가지고 각 우량관측지점별로 Thiessen 망을 짜서 流域確率降雨量을 산정하는 점이다. 우리가 실제로 필요한 것은 지역강우빈도 분석인데 DAD 해석과는 개념적으로 거리가 먼 조작된 결과 즉 水文學의인 뜻이 없는 降雨量 값으로 計劃洪水量을 산정하고 있다.

PMP 라든지 지역확률 강우량 등이 올바르게 마련되어 있지 않기 때문에 그러한 이름을 빌렸지만 실제로는 동떨어진 내용인 현재와 같은 算定方式은 혼란만을 계속 야기시키게 된다. 그럴 바에야 차라리 전국을 하나의 척도로 균형있게

비교할 수 있는 公式의 제시가 뜻을 지니게 된다.

3. 각 公式들의 比較

전술한 우리 나라 河川에 대한 計劃洪水量公式은 引用된 變數들이나 parameter가 모두 다르게 特色지어져서 쓸수 있도록 되어 있다. 따라서 이들을 한가지 基準으로 그 값을 비교해본다는 것은 뜻은 있겠으나 그 어려움은 보통이 아니다. 筆者는 어느 누군가가 이러한 試圖를 받듯이 이루어지도록 노력해야 한다는 데 뜻이 있었으므로 正確性은 떨어질지라도 가능한 범위까지 기준을 같이하여 비교함에 뜻이 있다고 보아 여기서 試圖기로 하였다.

(가) $Q = 4.000 A^{2/3}$ 공식

이 공식의 단위는 Q: 個(立方尺/秒)이고
A: 平方里(流域面積)

여기서는 1 平方里 = 15.4234 km^2

$$1 \text{ 立方尺/秒} = 0.02783 m^3/S$$

이므로 이를 metric 으로 換算하면

$$Q = 17.97 A^{2/3} \quad (3.1)$$

가 된다.

(나) 梶山舊公式검토

$$Q = CA^{0.78-0.06 \log A} \quad (3.2)$$

여기서 Q: 立方尺/秒

A: 平方里(流域面積)

C: 流出상태에 따라 變化하는 常數
8,000~5,000

$$C = F(310+r) \left(4 + \frac{A}{L^2}\right) \quad (3.3)$$

r: 流域의 最大日雨量 平均(耗)

L: 流路延長(里)

F: 流域의 傾斜 및 林野상태에 따른 係數로서 다음 표준에 의한다.

$F = 2.74 \dots$ 傾斜가 급하고 林野가 적으며
流出량은 流域

$F = 2.60 \dots$ 比較的 流出량은 流域

$F = 2.47 \dots$ 中位에 있는 流域

$F = 2.33 \dots$ 比較적 流出적은 流域

$F = 2.19 \dots$ 가장 流出이 적은 流域

上記 公式은 尺貫法이므로 이를 metric 으로 고치면

$$Q=CA^{(0.877-0.04\log A)} \quad (3.4)$$

$$C=F(310+r)\left(\frac{A}{L^2}\right)$$

여기서 비교의 기준으로

$$\frac{A}{L^2}=0.213(\text{우리나라 40개 하천에 대한}$$

평균값)

$$F=0.0071(\text{中位에 있는 流域})$$

r = 降雨量(100年頻度を 쓴다)

$$r=P_{100}=725A^{-0.140} \quad (3.5)$$

을 대입 유도한다⁽¹⁰⁾.

(㉑) 梶山新式검토

$A=42.91 \text{ km}^2$ 이하

$$Q=CA^{1.0160-0.1135\log A} \quad (3.6)$$

$A=42.91 \text{ km}^2$ 이상

$$Q=1.886 CA^{0.6784-0.0101\log A} \quad (3.7)$$

$$C=F(310+r)\left(4+\frac{A}{L^2}\right)$$

여기서 $\frac{A}{L^2}=0.213$

$$F=0.0088$$

r : 降雨量(100年 빈도를 쓴다)

$$r=P_{100}=725A^{-0.140}$$

을 대입 유도한다.

(㉒) 小中氏의 공식

$$Q=\left(\frac{r-50}{144}\right)\{10.85-4.2\log A+0.42(\log A)^2\}A \quad (3.8)$$

여기서

$$r=P_{100}=725A^{-0.140} \quad (3.9)$$

(㉓) 筆者의 식

$$Q_T=15.5T^{0.22}A^{0.64} \quad (3.10)$$

여기서 Q_T : T 년 홍수량(m^3/S)

T : T 년 再現期間(m^3/S)

A : 유역면적(km^2)

여기서 $T=100 \text{ yr}$ 으로 보았다.

(㉔) 洪永河의 식

洪永河는 $200 \text{ km}^2 \sim 10,000 \text{ km}^2$ 유역에 대해서 이미 결정된 각 지점의 기본 홍수량을 정리式化하여 다음의 범위를 설정하였다.

$$\log Q=0.622 \log A+F \quad (3.11)$$

여기서 $F=1.81$ (上限)

$F=1.67$ (中位)

$$F=1.54 \text{ (下限)}$$

(㉕) 韓長會의 식

이 공식에서는 $\frac{A}{L^2}$ 의 形狀係數를 역수로 函數化했고 여기에다가 實測洪水量이 가능하면 맞도록 $S^{0.5}$ 項을 도입시킨 것이 특징이다.

$$Q=AS^{0.5}\left(0.169-0.0065\frac{A}{L^2}\right)R \quad (3.12)$$

단, $S^{0.5}$ 와의 相關分析이 이루어지지 못한 점이 아쉬움으로 남는다. 비교를 위해서는 土木學會誌에 提出된 公式유도에 활용된 資料를 그대로 이용하였다.

(㉖) 金振圭의 식

鮮于仲皓, 尹龍男 兩人에 의해서 해석된 錦江漢江에 대한 synthetic unit hydrograph의 도출과정을 그대로 쓰면서 두 유역의 水文學的 異質性을 무시하고 하나의 식으로 유도 발표한 것이다.

여기서는

$$t_1=0.815(L \cdot L_c)^{0.335} \quad (3.13)$$

$$q_p=\frac{1.072}{t_1^{0.672}} \quad (3.14)$$

로 나타났으며 t_p 와 t_1 간의 차이를 무시해서 써도 큰 어려움이 없다고 생각할 수 있다.

(㉗) 元泰常博士의 식

元泰常博士의 우리나라 水文學界에 기여한 공을 생각한다면 너무나 알려지지 못하고 있는 듯해서 이번 기회에 이에 대한 評價를 나름대로 試圖해 보았다.

出發은 合理式의 理論을 바탕으로 해서 洪水追跡을 포함 발전시키려고 애를 썼으며 利用의 복잡성 때문에 잘 알려지지 못한 것이 著者의 立場에서 보았을 때 섭섭한 점이라고 생각된다.

여기서도 비교를 위해서는 元泰常博士의 力著인 河川工學⁽¹⁶⁾을 보아서 公式유도에 活用된 資料를 그대로 引用 비교하는 것이 타당하다고 보았다.

(㉘) 鮮于仲皓, 尹龍男의 식(漢江)

synthetic unit hydrograph에 의한 최초의 試圖로서 커다란 意義를 가진다. 活用 資料의 制限때문에 폭넓게 代表해 줄 수 있는 결과는 얻기가 힘든 것으로 보인다.

(㉙) 鮮于仲皓, 尹龍男의 식(錦江)

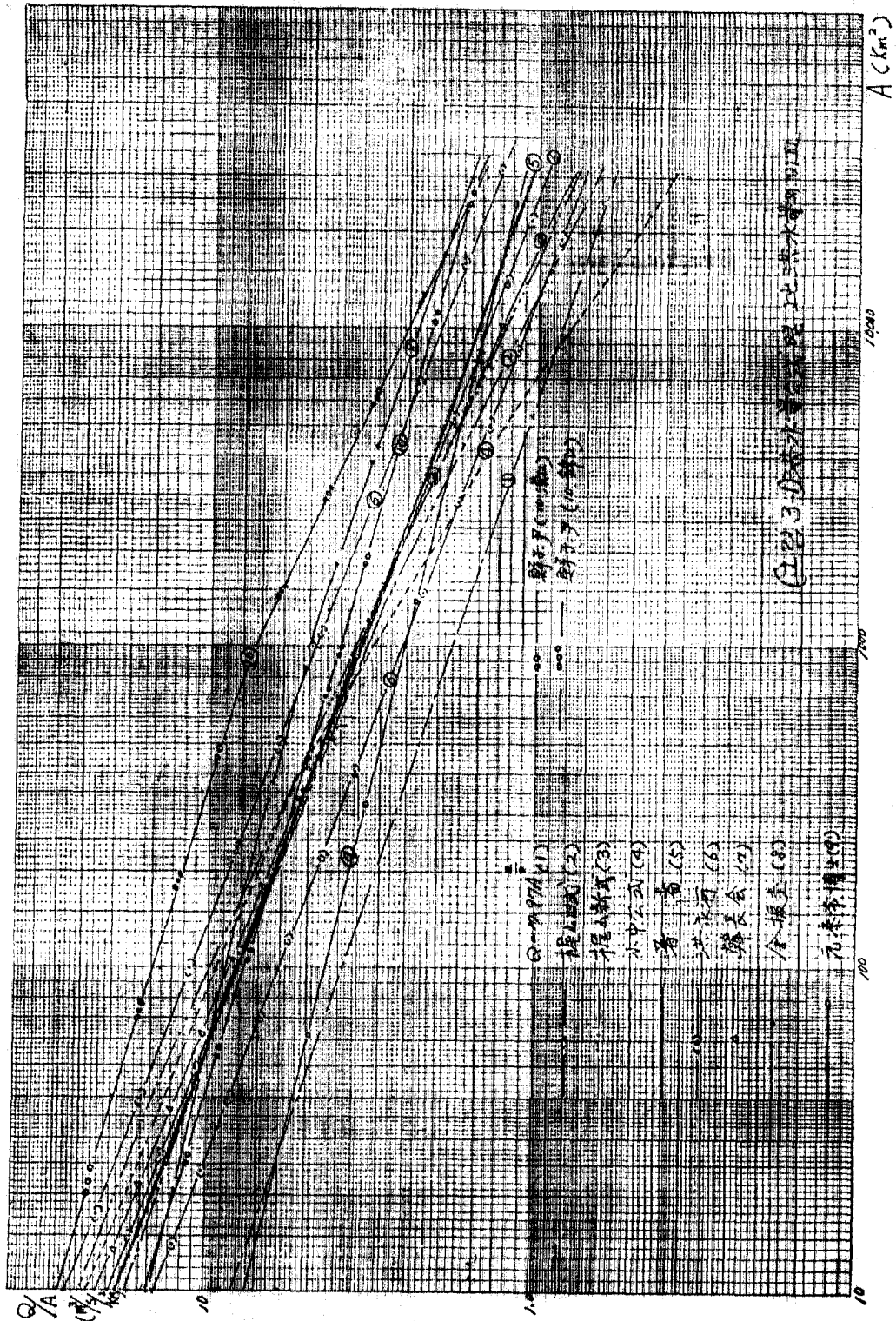


그림 3-1.

表 3-1. 洪水量公式別 比洪水量的 비교

단위 : m³/s/km²

流域面積 (km ²)	Q=17.97A ^{0.8}	梶山舊式	梶山新式	小中公式	筆者	洪永河公式			韓長會	金振圭	元泰當	鮮于·尹 (漢江)	鮮于·尹 (錦江)
						上	中	下					
10	8.341	17.160	24.370	23.330	18.635	27.040	19.590	14.520	21.50	14.890	6.898	9.057	27.50
40	5.254	11.139	14.935	13.833	11.313	16.010	11.600	8.598	12.50	10.022	5.070	7.374	20.00
100	3.872	8.107	10.004	9.499	8.135	11.320	8.200	6.081	8.80	9.151	4.137	6.427	14.510
500	2.264	4.370	4.907	4.523	4.557	6.163	4.465	3.310	4.75	6.015	2.894	4.593	9.285
1,000	1.797	3.270	3.602	3.187	3.551	4.742	3.436	2.547	3.45	4.950	2.481	3.948	7.424
5,000	1.051	1.577	1.742	1.251	1.989	2.581	1.870	1.386	1.80	2.978	1.736	2.597	3.715
10,000	0.834	1.125	1.217	0.801	1.550	1.936	1.439	1.067	1.30	2.344	1.489	2.153	2.665
30,000	0.578	0.640	0.767	0.391	1.044	1.311	0.950	0.704	0.78	1.599	1.116	1.564	1.454

두개의 流域을 별도로 다룬 것은 水文學의 同質性이 없다고 보았으리라 믿어진다. 그러나 이러한 경우 구래여 적은 유역들을 나누어서 별도로 해석을 해야만 하는지에 대한 이견을 筆者는 항상 提示하고 싶은 심정이다. 보다 많은 資料 즉 두개의 河川을 합하여 처리한다면 어떤 면에서는 資料가 regionalized 되어서 짧은 기간동안의 資料를 水文統計的으로 처리하면서 생기는 착오가 제거되지 않을까 하는 생각은 속단이 될는지?

(ㄷ) 洪水量 공식별 비 홍수량의 비교

앞 表 3-1에 각 홍수량 공식별로 유역면적 10, 40, 100, 500, 1000, 10000, 30000 km² 등 우리나라 유역 규모의 크기를 토대로 비 홍수량을 계산 나타내었다. 이를 다시 도표화하여 그림 3-1에 제시하여 두었으므로 개략적으로 대상 유역면적의 크기에 따라 적용을 하면 타당하겠다고 인정되는 식을 찾아 볼 수도 있는 利點이 있다.

4. 檢討 및 考察

4.1 檢討

本 論文에서는 우리 나라 각 河川地點에서의 計劃洪水量的 規模를 가능하면 최소의 노력과 시간으로 그리고 精度도 向上시켜야만 한다는 現實的인 必要性에 대한 方向提示가 다루어진 것이다. 대부분의 경우 洪水實測資料를 얻을 수 없기 때문에 降雨記錄으로 流出을 推定하는 대단히 水文統計學的으로 科學화된 方法을 써서 많은 노력과 시간을 거처서 決定하는 것이 計劃洪水量이다.

地點에 따라서는 이러한 高度의 水文統計學的의 技法이 적용되어 精度 높은 成果를 얻을 수 있기도 하지만 아직까지는 可用資料의 觀測期間이 짧거나 水文資料의 觀測精度가 문제되어 이런 科學화된 節次에 따라 推定된 洪水量이 工學的의 판단의 기준을 혼돈시킬 可能性이 높다.

降雨一流出의 分析에서 要因이 되는 變數를 줄여서 單純化시키고 可用水文資料들을 地點別로 獨立된 統計集團으로 分析하지 말고 地域化시켜 地域화된 統計값들의 活用에서 우리는 보다 合理的으로 計劃洪水量的의 判斷을 할 수 있는 어느 면에서는 中間과정의 검토가 가능할 수 있을 것이다.

여기서는 대담한 假定일는지 모르지만 우리나라 全流域圈을 水文學의 同質性인 同一地域으로 前提하고 시작하였다. 지금으로서는 이를 水文學的으로 立證할 만큼의 水文觀測記錄年數가 되지 못하기 때문에 앞으로 몇십년이 지난뒤에 結論지어지게 되는 것으로 생각한다.

全國을 한 水文學의 圈域으로 생각해서 分析했을 때의 利點은 資料의 數의 不足이나 觀測誤差 등에 의한 문제점들이 流域別이나 地點別로 偏倚되지 않고 成果의 均衡을 기대할 수 있어 精度의 向上이 기대되며, 우리 나라 實情에서 보았을 때 高度의 engineering technology의 開發, 모방 못지 않게 중요한 것은 engineering philosophy에 의한 結論이나 判斷이 지금 시점에서 중요하다고 평가 하고 싶다.

4.2 考察

表 3-1에서 보여 주듯이 각 공식별로 유도된 計劃比洪水量(여기서는 편의상 100年 頻度로 통

表 4-1. 適用可能公式(10% 範圍標準偏差)

流域面積 km ²	比洪水量(最大) m ³ /s/km ²	比洪水量(最小) m ³ /s/km ²	比洪水量(平均) m ³ /s/km ²	10%범위標準偏差 m ³ /s/km ²	通用可能式
10	27.500	6.898	17.388	15.649~19.127	梶山(舊), 筆者
40	20.000	5.070	11.185	10.066~12.304	梶山(舊), 筆者, 洪永河(中)
100	14.510	3.872	8.258	7.432~9.084	梶山(舊), 筆者, 洪永河(中), 韓長會
500	9.285	2.264	4.784	4.306~5.262	梶山(舊), 梶山(新), 小中, 筆者, 洪永河(中), 韓長會, 鮮于.尹(漢江)
1,000	7.424	1.797	3.736	3.362~4.110	梶山(新), 筆者, 洪永河(中), 韓長會, 鮮于.尹(漢江)
5,000	3.715	1.051	2.028	1.825~2.231	筆者, 洪永河(中)
10,000	2.665	0.801	1.543	1.389~1.697	筆者, 洪永河(中), 元泰常
30,000	1.599	0.391	0.989	0.890~1.088	筆者, 洪永河(中)

일시킴)의 변동폭이 너무나 벌어지게 됨을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 실제로 우리 나라 중요 각 하천에 대해서 결정해 둔 基本洪水量的 決定 成果들의 차이도 洪永河의 식에서 쉽게 찾아 볼 수 있다.

理論的으로 살펴본다면 이들 偏差들은 對象流域에 있어서의 다음 두가지 要因들의 差異 때문인 것으로 평가될 수 있다.

- 1) 降雨量
- 2) 地形要因

우선 첫번째 要因인 降雨量의 경우에는 筆

者의 연구⁽¹¹⁾에서 地域化시킨 100年 頻度 地域 最大日雨量에서 다음 식을 얻을 수 있었다.

$$P_{100} = 725A^{-0.140} \quad (4.1)$$

여기서 A : 流域面積(km²)

P₁₀₀ : 100年頻度最大日雨量(mm)

다음은 地形要因인 바 流出에서 가장 큰 變數로 꼽게 되는 것은 流域面積임은 누구나 인정한다. 流域面積의 다른 地形要因을 보여 준 식은 韓長會, 元泰常, 兩式에서 나오게 되며, 鮮于.尹 등의 식에서도 사용된(L·L₀)항이 流域面積과 相關시켰을 때 극히 높은 相關을 보여 주어

表 4-2. 適用可能公式(20%範圍標準偏差)

流域面積 km ²	比洪水量(最大) m ³ /s/km ²	比洪水量(最小) m ³ /s/km ²	比洪水量(平均) m ³ /s/km ²	20%범위標準偏差 m ³ /s/km ²	通用可能式
10	27.500	6.898	17.388	13.910~20.866	梶山(舊), 筆者, 洪永河(中), 金振圭
40	20.000	5.070	11.185	8.948~13.422	梶山(舊), 筆者, 洪永河(中), 韓長會, 金振圭
100	14.510	3.872	8.258	6.606~9.910	梶山(舊), 小中, 筆者, 洪永河(中), 韓長會, 金振圭
500	9.285	2.264	4.784	3.827~5.741	梶山(舊), 梶山(新), 小中, 筆者, 洪永河(中), 韓長會, 鮮于.尹(漢江)
1,000	7.424	1.797	3.736	2.989~4.483	梶山(舊), 梶山(新), 小中, 筆者, 洪永河(中), 韓長會, 鮮于.尹(漢江)
5,000	3.715	1.051	2.028	1.622~2.434	梶山(新), 筆者, 洪永河(中), 韓長會, 元泰常
10,000	2.665	0.081	1.543	1.234~1.852	梶山(新), 筆者, 洪永河(中), 韓長會, 元泰常
30,000	1.599	0.391	0.989	0.791~1.187	筆者, 洪永河(中), 元泰常

유역지체시간 t_i 도 流域面積의 函數로 고쳐 쓸 수 있었다.

따라서 元泰常, 韓長會 兩式의 경우만 각 공식결정에 쓰인 實測값을 찾아서 比洪水量을 그대로 적용시켜 비교하였다. 이 비교에서 본다면 小流域에서 大流域까지의 모든 범위의 對象流域에서 비교적 中位값에 가까운 식은 洪永河(中)의 식과 筆者의 것이 되고 있다.

여기서 명시하고 싶은 점은 筆者의 식은 여기서 나온 공식비교후에 유도된 것이 아니고 24개 전국 중요 수문관측소의 洪水량빈도분석에서 얻은 결과를 바탕으로 地域化시켜서 頻度項까지 포함시킨 것임을 밝혀 둔다. 洪永河의 中位式은 上限과 下限의 平均이라는 뜻을 가지기 때문에 水文學的인 의미는 없으나 實用的인 중요성은 가지고 있다.

表 4-1 에는 비교 대상으로 선정된 11개 식에서 나온 比洪水量을 산술평균해서 이 평균값을 기준으로 $\pm 10\%$ 범위내에 들어가는 식을 구분표시하였으며 동일한 방법으로 $\pm 20\%$ 표준편차수에 들어가는 식을 조사한 것이 表 4-2 에 나와 있다.

다음 表 4-3 에서는 각 공식별로 適用可能하다고 판단되는 流域의 規模를 조사해 본 것이다. 큰 뜻은 가지지 않으나 단시간에 洪水량 산정에 있어 초기 단계 검토에 활용한다면 분석의 방향 선정에 지침이 될수 있겠다.

表 4-3. 各 公式別 適用可能流域面積(km²)

區 分	10%범위標準 偏差	20%범위標準 偏差	備 考
1. $Q=17.97A^{0.8}$	—	—	
2. 梶山(舊式)	10~1,000	10~3,500	
3. 梶山(新式)	150~3,000	100~20,000	
4. 小中公式	150~800	40~1,500	
5. 筆 者	10~30,000	10~30,000	
6. 洪永河(中)	20~30,000	10~30,000	
7. 韓長會式	40~4,000	15~25,000	
8. 金振圭式	50~150	10~500	
9. 元泰常式	7,000~25,000	3,000~30,000	
10. 鮮于尹 (漢江)	50~1,500	40~3,000	

5. 結 論

河川綜合開發計劃 수립에 있어 모든 基準이되는 하천 중요지점에서의 計劃洪水量 결정에 위해서는 우리 나라에서도 일찍이 1910年代부터 시작되었으며 현재까지도 계속 연구 발전되고 있으며 앞으로도 계속될 과제이다. 초기에는 주로 治水的인 側面에 活用키 위한 것이었으나 河川開發을 利水的인 方向으로 다루게 된 지금에 와서는 이러한 쪽에서 중요성이 증대되고 있다.

洪水문제는 水系를 一貫하여 다루게 되어 어떤 地點에서 결정한 計劃洪水量의 값은 上下流에 影響을 주므로 이 값의 決定은 그 지점뿐 아니라 모든 水系에 대해서도 恰當한 計劃洪水量의 결정에 가져다 주며 반면 恰當한 결정에서는 모든 水系에 대한 治水 安全性을 저하시키게 되는 危險성을 가져다 준다.

本 論文에서는 그 동안 우리 나라에서 적용해 온 모든 洪水量公式를 조사 발굴하여 소개도 하고 비교검토코자 한 것으로 일부 여기에 누락된 공식들이 있으리라 생각되나 우선 나름대로 11개의 식을 정리 비교해 본 바 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 공식별로 계산된 洪水量의 편차가 커서 극치의 비교에서 보면 400% 정도의 편차를 일반적으로 보여 준다.

2) 각 공식별 비교에서 평균적인 수준을 대표하는 식으로는 筆者의 식과 洪永河의 식(中位值)으로 계획초기단계에서의 洪水量검토에 활용할 수 있는 타당도가 높다.

3) 우리 나라에서 잘 알려진 梶山의 新公式은 100 km² 이상에서 20,000 km² 정도 유역에서 적용성이 높은 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

1. 洪永河, "우리나라 河川의 100年頻度 基本洪水量에 對하여", 大韓土木學會誌, 第29卷 3號(1981), pp. 89~91.
2. 韓長會, "韓國河川의 頂點洪水量 算定을 위한 새로운 公式을 提案함", 大韓土木學會誌 第13卷 4號(1966), pp. 1~8.
3. 朝鮮總督府, 治水及水利踏查報告書, 朝鮮總督府

官房土木部(1921).

4. _____, 朝鮮の洪水, 朝鮮總督府(1925).
5. _____, 朝鮮の河川, 朝鮮總督府(1925).
6. _____, 朝鮮河川調査書, 朝鮮總督府(1929).
7. 梶山淺次郎, “朝鮮に於ける最大洪水量公式”, 日本土木學會誌, 8(1921), p. 831.
8. _____, “朝鮮漢江, 洛東江, 大同江の洪水豫報に就いて”, 日本土木學會誌, 14(1928) p. 77.
9. 金振圭, “合成單位流量圖에 관한 研究”, 建國大學校 大學院 碩士論文(1982).
10. 金熙鍾, “韓國河川の流出에 관한 研究(洛東江流域을 中心으로)”, 大韓土木學會二十周年論文集(1972), pp. 148~164.
11. 高在雄, “우리나라 地域最大日雨量의 頻度分析에 관한 研究”, 韓國水文學會誌, 第13卷 1號(1980.3) pp. 39~48.
12. _____, “우리나라의 洪水”, 産業基地開發公社, 産公의 메아리(1986.8), pp. 32~38.
13. 李舜鐸·崔榮博, “洛東江에 대한 梶山氏의 最大洪水量公式의 檢討試論”, 大韓土木學會誌, 第12卷 3號(1964), pp. 32~40.
14. 鮮于仲皓, 尹龍男, “洪水量推定을 위한 合成單位流量圖 유도의 研究調查報告書”, 建設部(1974), pp. 1~591.
15. 元泰常, 河川工學, 서울: 文運堂(1961).

(接受: 1988. 1. 12)