

# 最大洪水量の算定에 있어 水文氣象學的 考察

曹 喜 九

〈本協會理事·延世大學校 理工大學〉

## 1. 序 言

水文氣象學은 물의 管理와 利用을 위하여 물循環을 研究하는 科學으로서 最近에 물에 對한 關心이 高潮된 에 따라 經濟性이 높은 學問으로 擡頭하게 되었다. 이 學問은 水工事業의 設計, 期間決定, 效率의이고 安全한 運營에 이르기까지 물에 關係되는 모든 問題解決에 크게 도움이 되고있다. 이들中에 가장 興味있는 새로운 課題는 洪水量算定을 위한 最大可降水量(Probable Maximum Precipitation; PMP)에 관한 研究라 할 수 있다.

最大洪水量の 算定은 統計의 分析보다 PMP의 物理的方法에 의하여 調査하는 것이 더 合理的인 方法이라 할수있겠다. 그 理由는 豪雨에 對한 現 氣象資料가 過去 數百또는 數千年間의 代表的인 見本이 될수있다는 假定을 立證할수 있기때문이다. 氣團의 濕潤含有量은 이 期間에 뚜렷한 變化가 없었고 現在에 알려져있는 豪雨外에 다른 特殊한 型的 豪雨가 觀測된 경우가 없다. 이것은 우리가 屬하여있는 太陽系에 큰 變化가 일어나지 않는限 地球行星의 熱收支도 變하지 않을 것이며 따라서 모든 大氣現象 特히 現豪雨의 模型도 크게 變하지 않을 것이다. 그러므로 降水量의 物理的 最大限界值가 流域에 따라 存在하여 不變性을 갖고있어 PMP의 算定이 最大可能洪水量을 研究하는데 가장 科學的인 方法의 하나라 할것이다.

여기에서는 洪水量の 算定을 위하여 降水量의 時空의 分析과 PMP의 一般的인 分析方法을 說明하고자 한다.

## 2. 豪雨의 時空의 分析

雨量計에 의하여 觀測된 降雨量은 그 觀測點의 값을 代表하고 있다. 그러나 洪水는 地點降水量에 의하는 것이 아니라 流域에 내린 降雨의 實際容積에 起因되고 있다. 그러므로 洪水量을 算定하기 위한 最適의 資料는 特定期間에 特定面積에 내린 平均길이로서 表示되는 降雨의 時空值(DAD Values)라 하겠다.

### 가. 豪雨域과 期間

DAD(Depth-Area-Duration)分析을 위하여 한 豪雨의 始終과 地圖上에 豪雨域의 境界가 表示되어야 한다. 後者は 局地的인 강한 豪雨에 對하여 零되는 等降雨量線으로서 決定될 수 있으나 보다 큰 一般的인 豪雨에 對하여서는 豪雨期間과 그 強度 그리고 分析目的에 따라 境界等降雨量線을 50mm부터 100mm 또는 그 以上으로 定하면 될 것이다. 理想的인 豪雨期間은 降雨가 始作하여 끝난 時間까지가 되나 이것은 모든 觀測所에서 얻은 豪雨가 꼭 同一한 期間에 觀測한 경우이다. 그러나 작은 降雨量을 가지고 斷續的으로 數日間 계속되거나 모든 觀測所에서 降雨의 始終이 다를때는 위의 경우는 不可能하다. 이때는 積算曲線(Mass Curves)에 의하여 豪雨의 強度가 第一 강한 時間(Principal bursts)을 基準으로 하여 그 前後를 選定하는 方法도 있다.

### 나. 期間別 降水量(Depth-Duration Values)

期間別 降水量 分析은 積算曲線을 利用한다. 이 曲

線을 모든 自記雨量觀測所에 對하여 作成하고 豪雨의 中心 資料가 自記錄計에 의하여 얻어진 最大値가 아니면 隣接한 自記値와 天氣圖를 參考로하여 期間別 積算 曲線을 만든다. 期間増分(Duration increment)은 普通 6時間을 標準으로 하고 있다. 그러나 강한 局地雷雨는 1時間 또는 2時間의 増分이 必要하나 反對로 넓은 流域에 比較的 均一하게 數日間 繼續되는 降雨과 特別 自記測器가 없고 1日 1回만 觀測하는 곳에서는 24時間의 増分이 적당할 것이다. 이 以上の 期間増分은 別 意義가 없다고 하겠다. 積算曲線을 最大 6-, 12-, 18-, 와 24-時間 降雨量이 되겠끔 6時間 増分으로 하고 이들 増分値 中에 第一 많은 값을 6時間 最大地點値 그리고 두 連續 6時間의 合이 最大되는 것을 12時間 最大地點 등으로 記入 한다. 다음에 다른 積算曲線을 이와 마찬가지로 方法으로 最大 増分値를 求하여 앞에서 求한 最大値보다 큰 값이 있는 가를 調査한다. 이와 같

은 方法으로 期間別 最大地點 降水量(Maximum depth-duration values at a point)을 求한다.

#### 다. 面積別 降雨量(Depth-area relation)

降雨域의 面積은 等降雨量線圖(Isohyetal charts)에 의하여 求하여 진다. 等降雨量線圖를 作成 할때 平地의 경우는 一般적으로 觀測所 사이에 內插法에 의하여 平滑(Smooth)하게 그리지만 너무 機械的이 되어서는 안된다. 山岳地帶에서는 單純한 內插으로서는 滿足한 等降雨量線圖를 얻을수 없다. 이와같은 경우는 等百分率法(Isopercental technique)을 利用하여 地形效果를 考慮하여 作成한다. 처음 그림 1과 같이 생긴 簡單한 等降雨量線圖를 生覺하자. 各 等降雨量線內의 平均降雨量(Depth)을 計算하고 面積을 求한다. 이와같이 平均降水量을 이에 대응되는 面積에 記入한다. 이것이

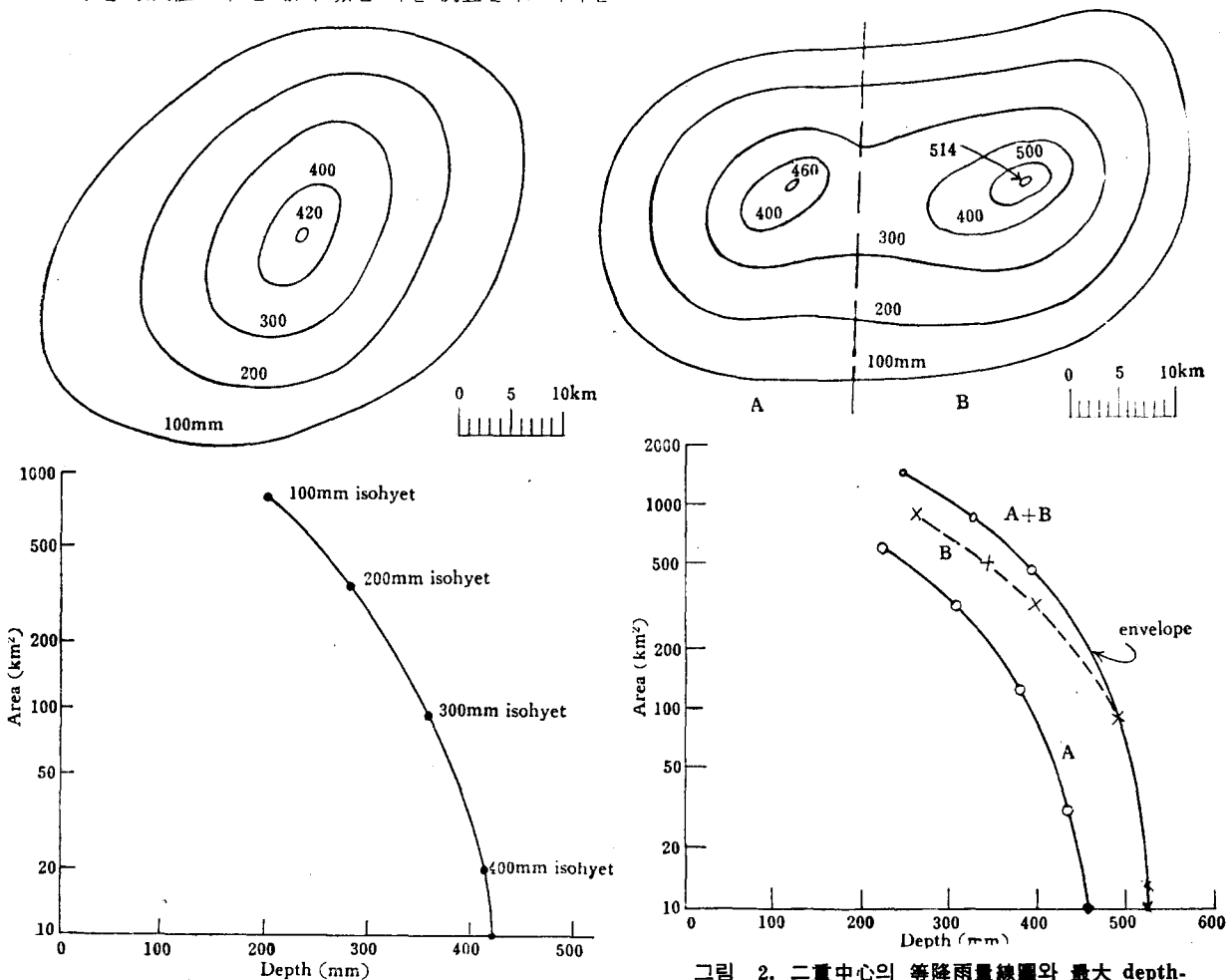


그림 1. 等降雨量線圖와 depth-area 曲線

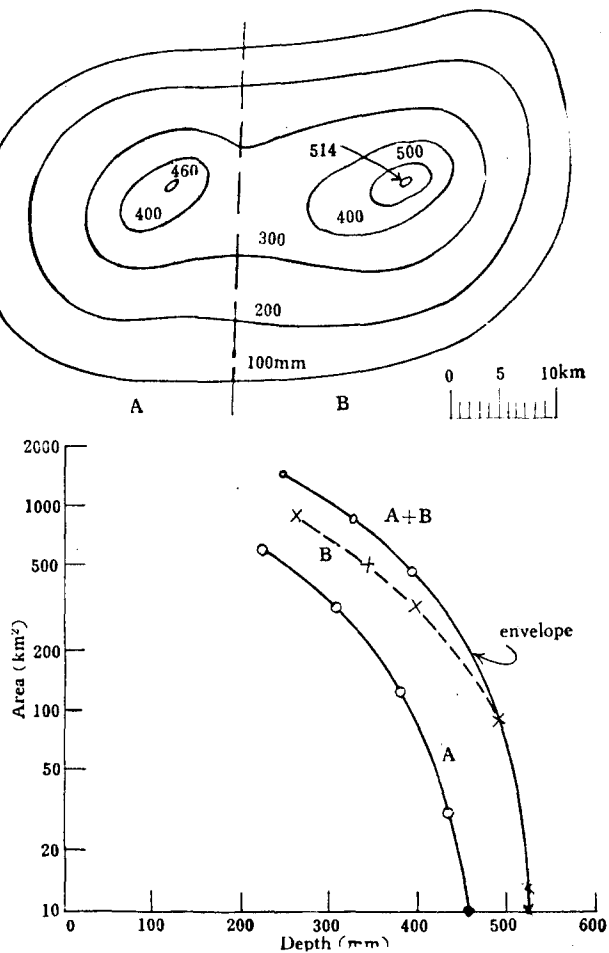


그림 2. 二重中心의 等降雨量線圖와 最大 depth-area 曲線

depth-area curve이다. 普通面積을 對數등급위에 記入한다. 降雨의 分布圖가 몇個의 豪雨中心을 갖고 있는 경우에도 各中心에 對하여 depth-area curve를 計算하고 둘 이상의 中心을 包含하고 있는 等降雨線을 合하여 그림 2와 같이 求한다. 이와같이 여러 中心과 合한 depth-area curves에 對하여 各面積의 最大降雨量에 對하여 包絡曲線(Envelope curve)을 作成한다. 이것이 豪雨에 對한 最大 depth-area 曲線이다. 이 曲線에 對하여 標準面積의 크기, 100km<sup>2</sup> 200km<sup>2</sup> 등에 對應되는 강우량(Depth)을 읽어 表 1과 같이 表示할 수 있다.

## 라. 最大 DAD 表의 完成

表 1과 같이 最大 DAD 表를 完成하기 爲하여 서는

表 1. 南韓의 最大 depth-area-duration 值  
(1964~1968)

Area (Km <sup>2</sup> )	Duration of rainfall in hours					
	6	12	18	24	30	48
Max. Sta.	222d	270c	311h	375h	391h	484e
50	220d	268c	303h	368h	381h	468e
100	216d	268c	300h	363h	377h	460e
200	212d	263c	297h	358h	374h	448e
300	207d	252c	292h	350h	368h	436e
500	200d	242c	285h	340h	356h	420e
1000	184d	232c	274h	323h	338h	396e
1500	173d	227c	265h	312h	325h	378e
2000	164d	222c	259h	304h	316h	368e
3000	151d	213c	250h	291h	301h	346e
5000	140d	203c	236h	268h	279h	321e
10000	124d	179c	208h	235h	245h	296e
15000	111d	158c	191h	217h	225h	266e
20000	100d	139c	178h	198h	208h	238e

Remarks: c, d, e, h.; Storm symbol (see Table 1)

mass curve method와 incremeut isohetal method의 두 가지 方法이 있다. 各 方法은 豪雨의 特性, 資料의 性質, 分析目的에 따라 長短點을 갖고 있다.

### ㄱ) Mass curve method.

豪雨의 等降雨線圖의 全面積을 小面積(Sub area)으로 區分한다. 各 小面積에 平均 降水量을 이 地域 또는 가까이 있는 몇個의 觀測所의 mass curve에 對하여 6時間量으로 나눈다. 6時間 降水量을 各 面積에 對하여 記入한다. 그러면 6時間에 對한 包絡은 最大 depth-area 曲線이 된다. 다음에 여러 面積크기에 對하여 12時間 最大量은 小面積의 6 時間의 값을 連續 合하고 隣接한 小面積값과 合하여 平均하여 求한다. 18時

間, 24時間등도 이와같은 方法으로 하여 일는다. 各期間에 對하여 depth-area enveloping curve를 作成하고 表를 만들기 爲하여 標準面積의 값을 읽으면 된다.

### ㄴ) Incremental isohyetal method.

이것은 全豪雨間期를 time incremeut로 나누고 各時間의 증분에 對하여 等降雨量線圖를 各各 만든다. 이것은 먼저 自記雨量觀測所의 값을 直接記入하고 다음에 重要觀測所의 積算曲線을 作成하고 마지막에 다른 觀測所에 對하여 資料를 記入하여 만든다. 만일 incremental map에서 觀測所의 값이 높은 값을 나타내고 그 다음 map에서는 주위 觀測所의 값보다 낮다면 다른 時間區分으로서 兩雨量圖를 平滑하게 만드는 것이 좋다. 다음에는 標準期間에 對한 最大降雨量을 나타내는 等降雨量圖를 作成한다. incremental maps를 連續的으로 配列하여 等雨量線圖의 中心에서 比較의 넓은 地域에 最大値를 나타내는 連續 incremental maps를 調査한다. 쉽게 判斷하기 어려울 때는 臨時選擇을 基하여 12時間, 24時間等으로 하여 選擇한다.

둘 혹은 2이상의 等雨量線圖를 合하여 觀測所의 값을 合하여 이 값을 記入하여 세 等雨量線圖를 作成한다.

이와같이 各 標準期間에 對하여 最大等降雨量線圖를 作成하고 depth-area relations를 만들고 特定期間에 對한 最大 depth-area enveloping curve를 作成하고 前과 같이 DAD 表를 만들수 있다.

### ㄷ) 두 方法의 比較

mass curve method는 많은 mass curves의 作成이 要求되므로 非自記觀測所의 mass curves를 作成하기가 힘이 든다. 그러나 等降雨量線圖는 하나만 作成하면 된다.

Incremental isohyetal maps technique는 더 簡單하고 더 限定된 等降雨量 分布를 利用할 수 있다. 그리고 mass curves가 比較의 적게 드나 더 많은 等降雨量線圖가 必要하다.

## 3. 最大可降水量 調査

最大可降水量(PMP)을 算定하는데는 最大化(Maximization), 豪雨移轉(Transposition)과 包絡(Envelopment)의 세 過程으로 나누어 調査할 수 있다.

### 1) 豪雨의 最大化

降雨의 生成過程이 純理論의으로 아주 正確하게 最大降水量을 얻을수 있을 程度로 알려져 있지는 않고

있다. 一般적으로 이 最大化의 方法에는 物理的, 統計學的 그리고 混合法의 세가지가 있다.

(1) 物理的 方法

어떤 다른 條件下에서는 觀測된 豪雨의 降水量보다 더 많은 量을 觀測할 수 있다는 假定은 할 수 있을 것이다. 例를들면 山의 風上側에 濕氣의 上昇에 의하여 생기는 豪雨는 가까운 곳에 傾斜가 보다 急한 山에 의 하였으면 더 強度가 강한 豪雨를 觀測하게 되었을 것이다.

또 그 山에 流入되고 있는 熱帶性氣流의 比濕이 더 높았으면 더 많은 降雨을 나타냈을 것이다. 그리고 오래동안의 가뭄에서 2~3日間의 豪雨가 繼續인 降雨

로서 地面이 完全히 濕했을 때 있었다고 하면 洪水의 發生效果는 더 클 것이다. 이와같은 假定으로 補正하는 것을 最大化한다고 한다.

가. 濕潤補正

ㄱ. 最大濕潤示數(Maximum moisture index)

濕潤最化의 첫段階는 豪雨期間에 그 地域에서 期待할 수 있는 大氣의 最大濕潤狀態를 決定하는 것이다. 쉽게 調查할 수 있는 方法의 하나는 여러 觀測所의 長期間의 地上露點溫度 또는 水蒸氣壓의 測定值를 調查하는 것이다. 各觀測所에 對한 最高值를 Graph에 記入하여 그림 3와 같이 smooth하게 季節別로 包絡曲線을 만든다. 이 露點溫度를 1000mb 面까지 濕潤斷過程

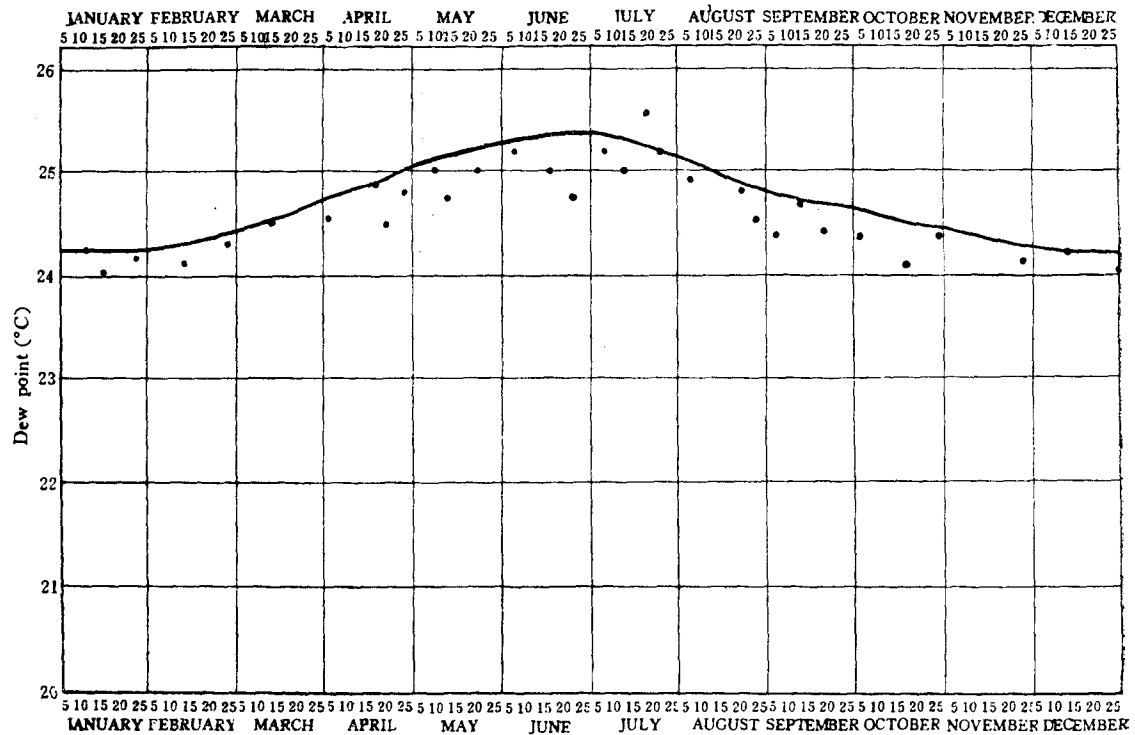


그림 3. 最大露點溫도의 包絡曲線

에 의하여 補正하여 求한다. 各觀測所의 露點溫도의 包絡曲線에서 季節에 따르는 값을 地圖에 記入하여 季節別等露點溫도의 分布圖를 作成한다. (그림 4참조)

ㄴ. 豪雨의 濕潤示數(Storm moisture index)

濕潤最大化의 둘째段階는 豪雨域으로 流入되는 高溫多濕한 空氣의 潤氣를 調查하는 過程이다. 普通 豪雨域으로 流入되는 熱帶性空氣內的 몇 測候所에서 觀測된 最高露點溫度를 平均하여 求한다. 이 調査는 普通 降雨域內的 값을 利用한다. 또는 豪雨域과 海洋사이에 있는 露點溫度를 利用하는 경우도 있다. 그림 5는 天

氣圖에 의하여 露點溫度를 求하는 方法이다.

ㄷ. 豪雨補正(Storm adjustment)

同一場所와 同一季節에 豪雨의 露點溫도와 最高露點溫度를 全氣柱에 對하여 可降水量으로 換算한다. 이들 露點溫度는 12時間 持續性值(12hr-persisting dew points)를 利用한다. 換算原理는 다음과 같다

$$W_a = \frac{1}{g} \int_p^{p_0} q dp$$

$$q_s = 0.622 \frac{e_s}{p}$$

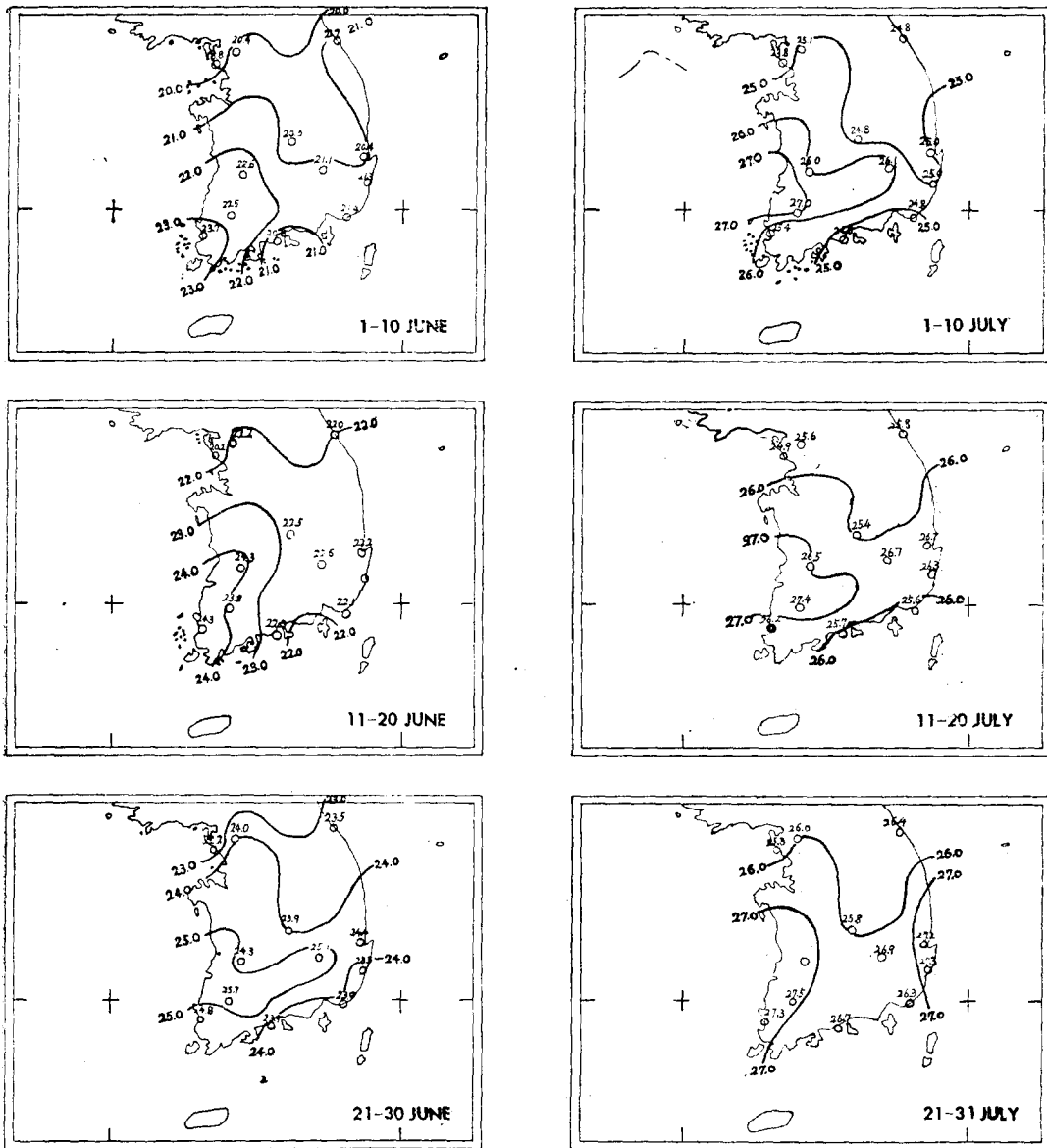


그림 4 a.南韓의 12時間持續性 最高露點溫度(李光愷氏, 1971)

여기  $W_0$ 는 可降水量,  $q_s$ 는 飽和比濕,  $dp$ 는 氣層의 氣壓差,  $e_s$ 는 飽和蒸氣壓 그리고  $p$ 는 氣壓을 各各 表示한다. 全氣柱의  $q_s$ 는 露點溫度에 의하여 求하여진다. 이와같이 大氣를 飽和斷熱狀態라고 假定하여 求한것이다. 이것을 쉽게 求할수 있도록 그림 6.과같이 nomogram 만들어져 있다.

濕氣에 對한 最大補正值는 最高露點濕度에 의한 可降水量과 豪雨의 露點溫度에 의한값과의 比로서 表示된다.

例를 들면 最高露點溫도의 값이 豪雨의 값보다 25%

가 많다면 이 豪雨에 의한 降水量分佈에 1.25를 乘하여 준다.

나. 바람補正

바람의 最大化는 大部分 山岳地方에서 利用되고 있다. 이것을 觀測된 豪雨域으로 流入되는 바람이 더 強하면 降雨量이 더 增加하였을 것이라는 假定이다. 바람補正에 對한 매우 簡單한 方法의 하나는 海岸에 있는 觀測所나 또한 바다사이에서 位置한 觀測所에서 每日의 空氣移動을 調査하여 同一場所와 同一季節에서 風向이 같은 日最大의 空氣移動과 比較하는것이다. 보다

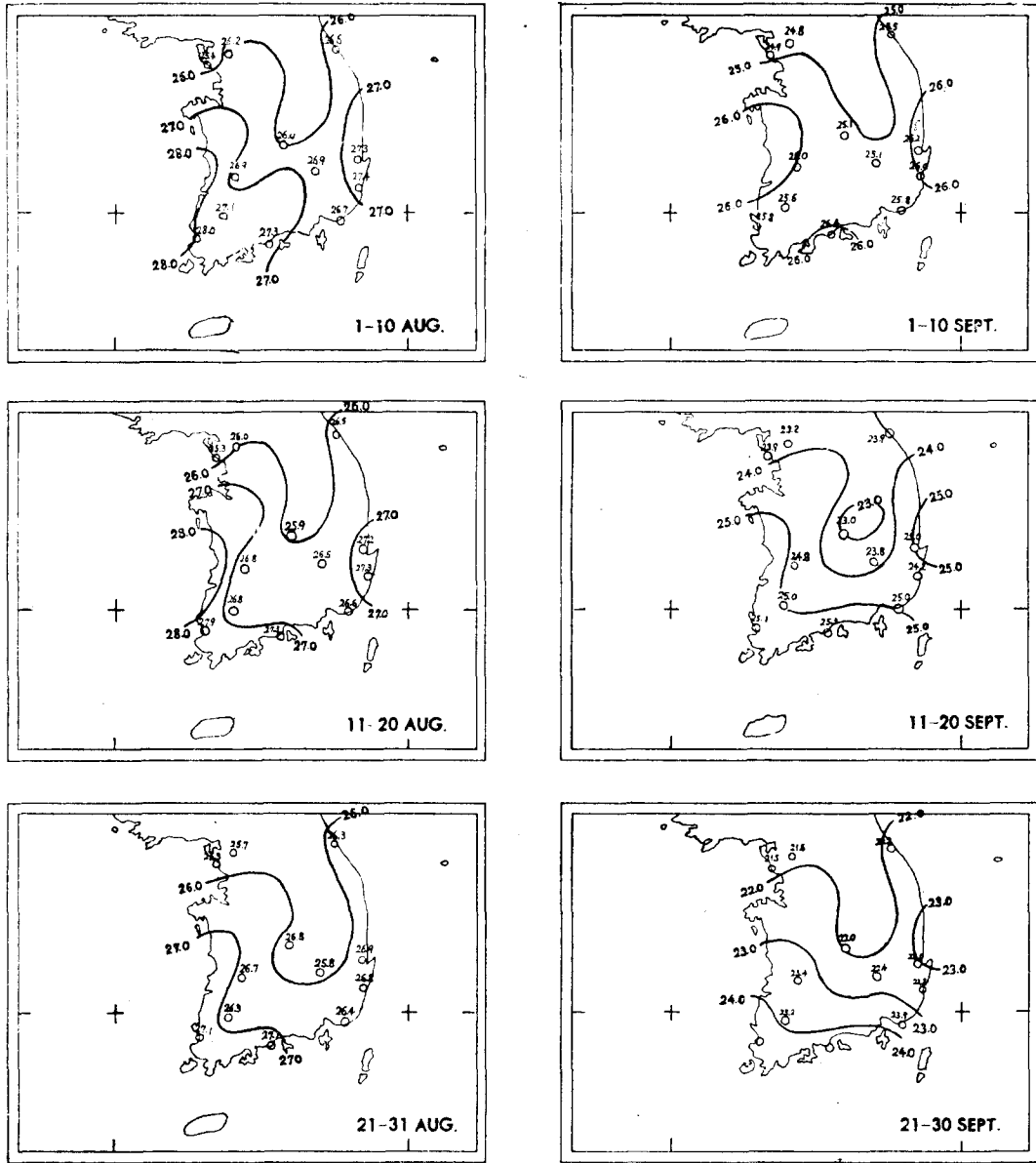


그림 4 b.南韓의 12時間持續性 最高露點溫度

正確한 바람補正은 여러層에서 storm wind 와 maximum wind 의 測定이 必要하게 된다.

(2) 統計의 方法

水文學과 水文氣象學에서 이 最大化의 統計的 方法이 第一 많이 利用되고 있다. 簡單히 말하면 年最大 24時間 降水量 또는 年最大 洪水量과 같은 要素는 母集團이라 부르는 많은 數中の 한 見本으로서 생각하고 이 見本內의 값은 數學的으로 表示할 수 있는 어떤 法則에 따라 近似的으로 分布되어 있는 값을 찾아낸다. 이것 亦是母集團內에 있는 모든 값이 이 法則에 의하

이 分布되어 있다는 假定을 한것이다. 母集團內에 어떤 特殊值의 再現 頻度 또는 特定期間에 對한 極值等을 計算한다.

(3) 混合法(Composite method)

이 混合法은 豪雨의 時間的 變化의 系列을 最大化하는 Sequential maximization 과 空間的 最大化(Spatial maximization)의 混合法이다. 前者는 降雨期間中에 한바탕 많이 내리는 豪雨(burst) 사이 또는 流域內에 豪雨 사이의 觀測된 時間間隔을 縮少시키므로 時間的 變化系列內에 豪雨를 再配列시켜 最大化시키는 方法이고 後

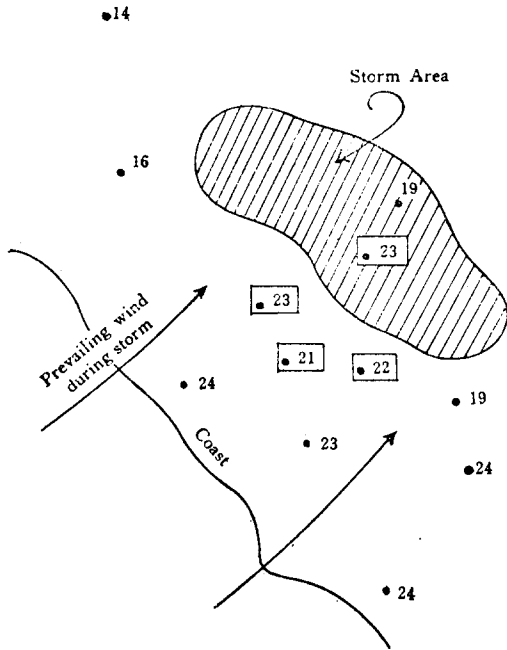


그림 5. 豪雨의 代表的인 最大露點溫度의 算定

$$\text{豪雨의 露點溫度} = \frac{23+23+21+22}{4} = 22.2^{\circ}\text{C}$$

者は 同時に 發生한 storm burst 를 時間的 그리고 空間的으로 假想 再配列된겨 앞으로 可能的 豪雨를 調査 하는 것이다.

(4) 洪水의 最大化

豪雨와 같이 洪水의 最大化도 세가지 方法이 있다. 觀測된 洪水를 地面侵透量이 보다 적다고 假定함으로써 流出量을 再評價하는 것이다. 이것은 初期에 매우 乾燥한 地面에 내린 豪雨에 의하여 發生한 洪水를 最大化하는 物理的 方法이 있다. 그밖에 降水의 水文曲線을 sequential maximization 하는 方法이다. 이것은 오래前 부터 河川工事의 設計에 많이 適用되고 있다. 그리고 實際로 觀測된 洪水보다도 더 甚한 條件下에서 支流狀態를 本流로 最大化하는 混合法이다.

2) 豪雨移轉

豪雨移轉은 研究資料의 補充을 위하여 氣候圈이 같은 地域의 豪雨를 對象流域으로 移轉하는 方法이다. 이 豪雨移轉에는 다음과 같은 節次를 생각할 수 있다.

(1) 豪雨位置와 時間

豪雨移轉의 첫段階는 最大降雨가 언제 어디서 일어났는가를 明確히 밝혀야한다. 이것을 위하여는 等降雨量線圖와 豪雨中心의 積算曲線에 가장 좋은 資料가 된다.

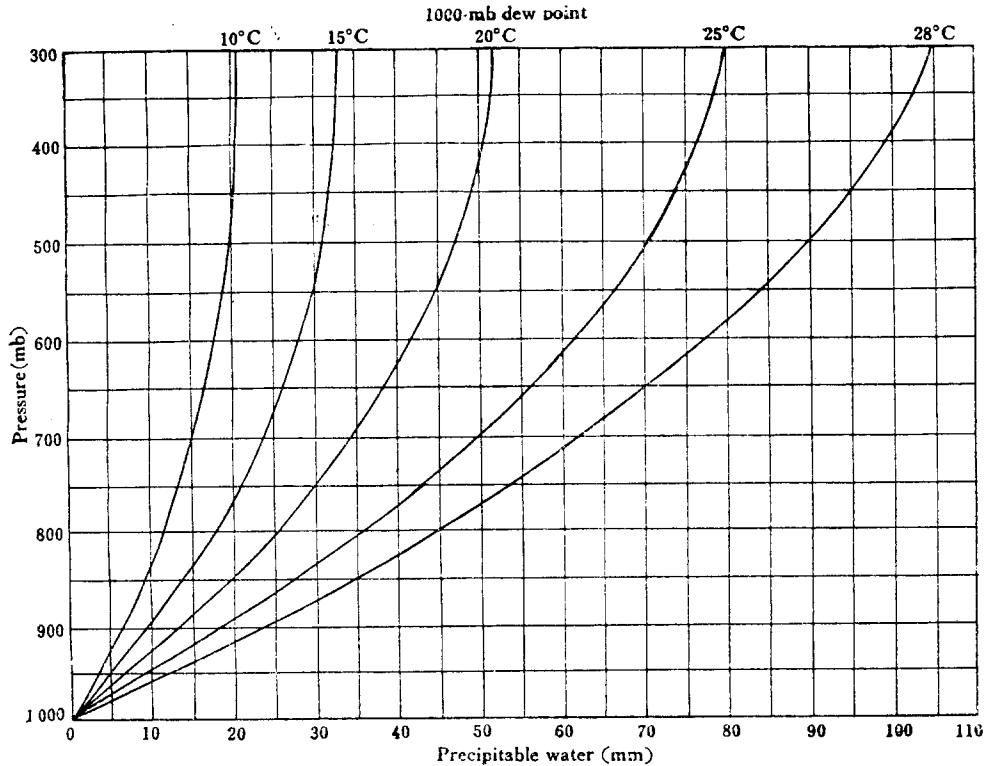


그림 6. 飽和僞斷熱大氣의 可降水量

(2) 豪雨의 原因

天氣圖에 의하여 綜觀氣象學의 豪雨의 原因을 調査하는 것이다. 우리나라의 例로서 台風과 夏節의 停滯前線等은 큰 豪雨를 同伴한다.

(3) 豪雨型에 따라 影響를 주는 地域

過去의 天氣圖와 큰 豪雨를 通하여 어떤 特定型의 豪雨가 再發할 수 있는 地域을 調査한다.

(4) 豪雨型에 의한 局地的影響

地形, 接地面과 地域에 따라 降雨의 原因을 細密히 分析하여 移轉限界(Transposition limits)를 決定한다. 이것은 降雨에 對하여 (3)의 調査와 山과 같은 局地的 影響을 모두 考慮하여 最少의 修正으로 移轉할 수 있는 境界를 말한다.

例를 들면 停滯前線上의 波動에 의하여 생긴 豪雨는 寒氣와 暖氣사이의 큰 溫度差에서 強함을 알 수 있다. 그러므로 大陸과 海洋이 나란히 位置한 곳에 寒氣는 大陸에서, 暖氣는 海洋에서 移動하여 그 前線이 形成될때 그 地域에서는 큰 豪雨가 자주 發生한다. 中緯度에서는 停滯前線이 잘 나타나 하지만 위와같은 條件에 의하여 생긴 豪雨를 어느 地域에든지 모두 移轉할 수는 없다. 그리고 台風은 海岸附近에서 比較的 큰 豪雨를 나타내고 있으므로 地形效果가 거의 없다고 할지라도 內陸에 까지 移轉시킬 수는 없을 것이다.

(5) 移轉補正(Transposition adjustments)

가. 濕潤補正: 濕氣에 對한 移轉補正을 위하여 처음 豪雨位置와 移轉位置의 最高露點 溫度를 그림 4와 같은 分布圖를 利用한다. 露點溫度에 의하여 可降水量을 各各 換算하여 이 두 比를 移轉補正值로 한다. 그러므로 이 比를 모든 豪雨의 DAD 值에 乘하여 주어야 한다.

濕潤最大化를  $\gamma_m$ , 移轉補正을  $\gamma_t$ , 그리고 綜合最大化를  $\gamma_{mi}$  라고 할때 다음과 같이 各各 表示할 수 있다.

$$\gamma_m = \frac{W_x}{W_s}, \quad \gamma_t = \frac{W_t}{W_x},$$

$$\gamma_{mi} = \frac{W_x}{W_t} \cdot \frac{W_t}{W_s} = \frac{W_x}{W_s}$$

여기의  $W_s$ ,  $W_x$ 와  $W_t$ 는 豪雨의 露點溫度, 豪雨位置에서 最大露點溫度 그리고 移轉地의 最大露點溫度에 의한 可降水量을 各各意味한다.  $\gamma_t$ 는 보다 濕한 곳과 乾燥한 곳으로 移轉하느냐에 따라 1.0보다 적거나 크게 된다. 그러나  $\gamma_m$ 은 1.0보다 적어서는 안된다. 그밖에 地形과 季節에 對한 補正을 하는 경우도 있다.

나. 障害補正: 障害物은 調査流域과 海洋사이에서 있는 山脈을 意味한다. dam 設置에 適合한 流域은 普通山에 의하여 둘러싸여 있다. 平地에서 높은 山頂의 流域까지 豪雨를 移轉할때 山에 의한 豪雨의 力學的인 效果때문에 難點이 많다. 그러나 高度가 1000m 以下의 山에 對하여는 一定한 比率로서 豪雨를 減少시켜 移轉補正을 한다.

다. 傾斜變化: 山脈의 風上側으로 부터 다른 傾斜를 가진 山脈으로 補正하는 것이다. 傾斜가 더 큰 곳으로 移轉할 경우에는 補正值가 보다 커야 할 것이다.

라. 季節: 여러時期에 나타나는 豪雨型과 降雨를 이르는 “애카니즘”의 知識이 不明確함으로 季節移轉은 普通 몇 週日程度의 짧은 期間에 限定되어 있다. 그러므로 여름의 豪雨는 겨울로 移轉이 不可能하다.

3) 包絡

最大可降水量(PMP)을 算定하는데 셋째過程을 移轉

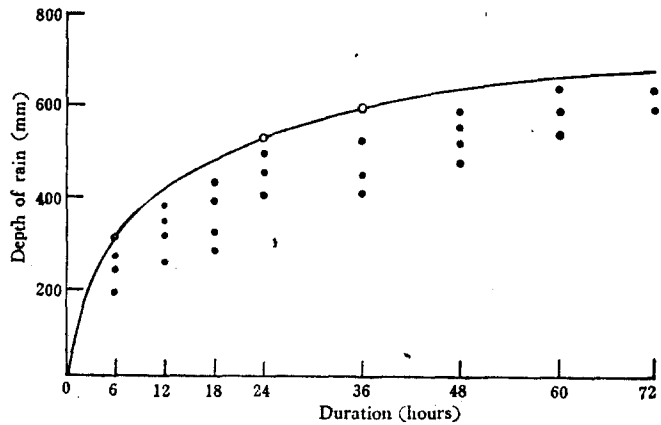


그림 7. 移轉과 最大化된 豪雨의 depth-duration 包絡(1000km<sup>2</sup>)

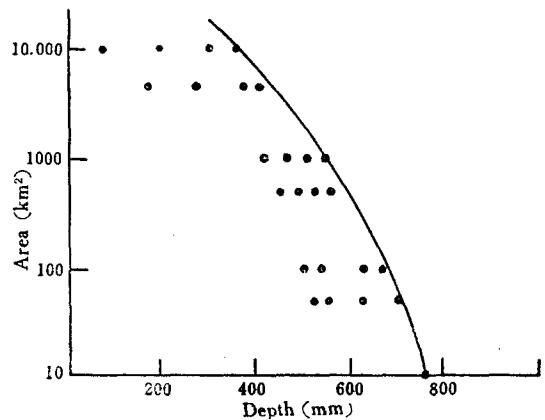


그림 8. 移轉과 最大化된 豪雨의 depth-area 包絡(24時間)



하고 最大化된 값을 包絡하는 것이다. PMP DAD 값을 얻기 위하여 그림 7, 8과 같이 두 graphs의 data를 모두 包絡시켜 求한다.

#### 4. 結 言

洪水량의 算定에 있어 水文氣象學的인 한 分析法을 一般的인 見地에서 考察했다. PMP의 算定法은 降水量의 量的 豫報에 관한 研究와 同一함으로 이 分野의 發展은 PMP 研究에 直接應用될 것이다. 合理的이고 經濟的인 水文構造物의 設計는 어떤 因習的인 것보다 더 科學的인 方法에 의하여 洪水량을 算定함으로서 이루어질 것이다. 이 目的을 達成하기 위하여서는 流域別 水循環의 大氣의 過程 特히 降水量의 量的 豫報를 地面 效果와 함께 研究되어야 할 것이다. 이와같은 研究는 우리나라의 四大江流域開發을 成功的으로 이끌어

나가는데 크게 貢獻할 것으로 믿는다.

#### 參 考 文 獻

- 李光悟(1971): 洛東江流域의 PMP 推定에 관한 研究 韓國氣象學會誌 Vol. 6. No.2.
- Myer, V.A (1966); Hydrometeorological Approach to Assessment of the Frequency and Magnitude of Floods, Fourth Joint WMO/ECAFE Hydrologic Seminar April 25—May 9.
- Wiesner, C.J.(1964); Hydrometeorology and River Flood Estimation. RCVD, B, APR.
- WMO (1969); Estimation of Maximum Floods, WMO Technical Note 98, No 233, TP126.
- WMO (1963); Manual for Depth-Area-Duration Analysis of Storm Precipitation, No 237. TP129.

#### <p. 17에서 계속>

계획의 완성을 위한 연구에 의하여 4~5점의 에너지 및 비용 곡선을 만드는데 소요될 것이다.

계획의 각각의 주요한 부분에 대한 연구는 위와같은 기초에서 추진되어 왔고 현재 되어오고 있다.

#### § 7. 結論(Conclusion)

복잡한 水力발전과 급수계획의 모의 조작은 초고속에 의한 自動的인 계수형 컴퓨터(Digital Computer)를 갖길 때 실용적이고 경제적이다.

요구된 프로그램은 비교적 간단했고 확실한 조작 규칙이 사업에 대하여 완성되었고 각 계산은 상당히 정확했다.

보다 상세한 연구는 결정하는데 필요한 광범위한 자료를 제공하겠지만 기술적인 판단에 의하여 재 산정되

진 않았다. 그와 같은 연구는 人力에 의한 계산으로는 불가능 할 것이다.

여기에 기술한 계획이 함께 약  $13 \times 10^{11} \text{Gal}(584 \times 10^7 \text{m}^3)$ 의 저류량으로부터 최종적으로  $810 \text{m} \cdot \text{g} \cdot \text{d}$ 를 급수하는 매우 광범위한 것이었지만 여기에 적용된 과정은 소규모 계획에도 동일하게 응용될수 있었고 같은 중요성을 가지고 적용되었다.

본 보고에서 특별히 지적하지 않았지만 Snowy Mountains Authority에 의해 진행된 이와같은 연구는 기본적인 프로그램 기술을 연마한 기술자의 수준에 의해서 광범위하고 빈번히 가능할 것이다.

저자는 이와 같은 수준이 기술조직 계산을 광범위하고 매우 많이 사용키위해 필요하다고 믿으며, 여기에 서술된 프로그램에서 주의할 것은 기술자와 특수한 프로그램 기술자와의 사이에 의사소통을 피할수 없다는 것이다.