

## 流域에서의 長期流出機構에 대하여

### On Hydrological Studies of The Long Period Run Off Mechanism from Watershed

朴 成 宇

#### 1. 流域에서의 長期流出 問題의 提起

水文學成立의 目的은 利水와 물에 의한 災害防止에 있으며, 人類의 生活向上과 함께 많은 공헌을 해왔다. 事實이 막대한 學問이 그래도 洪水라는 恐怖의 元凶에 對해서 直接的이고 다가운 現實의인 문제이기 때문에 近來에 와서는 어느 정도 그에 대하여 理論은 밝혀졌다 고 보지만 根本的인 流出機構에 對한 水文學의 基礎理論은 아직 確定되지 않고 있는 것이 事實이며, 本論에서는 過去와 現在에 對하여 論하기로 한다.

近代 水文學은 1930年代의 獨創的인 研究者이고 또 水文學의 發展方向을 明確히 指標化한 사람은 美國의 Horton에서 始作된다. Horton은 水文學은 地球表面上의 모든 雨水의 舉動에 對한 全般的인 問題를 對象으로 해야한다는 것을 지적하고 이것의 循環 즉 水文循環(Hydrologic cycle)의 概念<sup>1)</sup>을 우리에게 提唱한 바 있다. 그후 다시 많은 部分에서 水文學의 發展을 위한 指導의 役割을 해왔다. 1930年代에 始作한 美國의 T.V.A 事業은 事業自體의 必要上 물循環의 가장 重要한 過程의 하나인 流出現象에 대하여 알고자 했고 그러기에 研究의 集中에 의한 많은 成果를 얻었으며, 그중 하나는 河川技術者인 Sherman이 流出解析<sup>2)</sup>의 手法의 한 方法을 1932년에 提案했다. 이러한 事情은 初創期의 水文學의 發展으로의 발랄한 움직임과 情熱的이고 또한 有能한 指導者들에 의하여 取해졌다는 것을 알게 된다.

그러나 1940年代 이후 1950年代의 後期까지는 流出現象에 대한 本質的인 理論의 發展은 없었던 것 같다. 이 時期는 1930年代의 進술한 훌륭한 指導者들의 유산이었던 滲透論이나 單位水文曲線의 手法에 對한 經驗

과 그리고 이 經驗에서 쌓인 많은 資料의 分析과 檢討의 時期였다고 볼 수 있다. 그리고 이 經驗과 檢討의 結果에 肯定的인 立場을 取하고 應用水文學이라는 이름 아래 多少의 修飾을 했기는하나 原理에는 別差異가 없는 時期라고 말할 수 있다. 元來 單位圖法의 基本的인 原理는 流域에서의 Input(降水)에서 Output(流出)의 過程에 對한 機構에 대한 說明이 없다. 그것은 流域을 Black-Box로 取扱하고 Input-Output의 連續性을 線型으로 取扱하여 本質的인 問題인 물生產 Pattern으로서의 기구와 生產過程 즉 流出過程에 對하여서는 言及이 없었기 때문에 水文學의 새로운 兩極의 論爭이 일어났고 오늘날 말하는 水文學의 兩派 즉 Parametric Hydrology Group(P.H.G)와 Stochastic Hydrology Group(S.H.G)으로 나누어졌다.

즉 그중 하나는 流出現象을 可能的인 完全한 形으로 理解하고 그 流出過程에 內在하는 雨水의 여러 기구와 그 相互關係를 追究하는 普偏的인 解析法을 얻어가려는 것이다. 그리고 또 하나는 現實上의 물의 여러 問題에 對處하는 必要上 既成의 概念과 經驗을 通하여 實用的인 解析法 또는 經驗式을 얻어서 事業에 알맞게 적용하려는 방법이다.

사실 1940年代부터 1960年代까지는 後者が 前者를 壓倒한 時期였다. 이것은 많은 經驗과 現實的인 資料와 直面하는 事業이라는 諸問題에서 「流出問題를 取扱하는 데에는 이 方法 밖에 없다」라는 인상을 주기까지 하였다. 그러나 이것은 科學的인 一貫性있는 機構學의 說明이 缺如되어 있기 때문에 論理的 展開의 理論의 Pattern이 없었으며, 數學的 概念의 導入과 따라서 그 普偏性에 對한 論據를 잡을 수 없다는 點에 對하여 缺點을 지적해도 이것에 對應하는 말을 할 수 없었다. 勿論

後者の 경우 그 手法이 상술한 缺點을 가졌었다고 하여도 實用的으로나 또는 水文學 自體의 發展에 曄々한 功績이 있었다는 것도 또한 事實이다. 單位水文學曲線法의 缺點을 補強하는 Synder와 Hydrograph의 Model<sup>19</sup>을 構想한 많은 사람들이 그에 屬하는 人士들이다.

이러한 實情이 우리 水文學界를 支配하고 있는 途中 1960年代를 前後하여 새로운 움직임이 일어났다. 그것은 自然現象에 對한 大膽한 數學的 表示法의 試圖였다. 즉 Mathematic Model에의 指向이었다. 이것은 流出의 複雜한 過程과 機構에 對한 本質的이며 基本的인 數學的 一般法則의 導出이라는 目的에서 1964年 Parametric Hydrology Group (P.H.G)가 탄생하였고 이것에 못지 않기 위하여 1965년에는 Stochastic Hydrology Group(S.H.G)의 두개의 國際的인 研究기구가 誕生했다. 우리가 알기에 前者에 屬하는 巨將은 Nash이며 後者の 指導者는 Linsly等 이다. 이 두개의 Group가 各各 目的하는 目標은 P.H.G가 流出現象을 物理的 變換의 시스템으로서 取扱하여 分析하고 綜合하여 降水和 流量사이의 關係를 Mathematic Model System으로 바꾸어서 一連性있는 普偏性을 確立하자는 것에 對하여 S.H.G도 마찬가지로의 目標이지만 其의 接近하는 方法論에 있어서는 水文 諸現象에 對한 淸準한 統計學的 處理에서 目的達成을 하자는 것이 差異點이다. 그러나 目的하는 바는 같은 것이기 때문에 兩者사이에서 本質的인 差異가 있는 것은 아니다. 즉 現在까지는 水文自體가 事實에 있어서「記述的」인 경우가 많고 또 그것 이외에는 方法이 없는 것 같이 取扱되었지만 複雜하고 參與因子가 數없이 關與하는 水文現象에 對한 計量的 解析法에 依하여 普偏性있는 一般性을 數學的 方法에 依한 解析手段을 쓰자는 데는 兩者의 差異가 없다고 볼 수 있다.

水文學의 發展過程에서 이러한 論爭과 眞摯한 發展에의 努力이 이룩되고 있을 때 1967年 美國 Fort Corinse에서 “水文學에 關한 새로운 理念과 方法에 關한 淸포지움이 開催되었다. 그 目的과 結論은

1) 水理學과 水文學과의 連結點을 發見하고 水文機構의 究明에 水理學 理論의 導入의 價値 與否.

2) 水文學에 있어서 그에 關한 새로운 科學的 發想과 研究方法의 究明等이었다.

여기서 2)項의 地積은 事實 水文學自體의 科學的 研究와 其에 對한 一般的인 詭弱性에 對한 痛烈한 自己 批判이 있으며 앞으로의 前進에 對하여 自己에 對한 加鞭이 었다.

事實 雨水의 流出系統에 對한 研究目的은 流出過程

內에 內在하고 있는 物理的인 內部機構를 分析 綜合하여 河川에서의 時間(언제, 어디서, 얼마의 水量)에서의 流出形態의 量的 決定 또는 推定하자는 것에 있다. 이 結果가 모든 利水治水의 實質的인 數量的 計劃이 되어왔다. 그러나 이것을 위한 研究의 結果는 數없이 發表되어 왔지만 그것에 對한 一貫性이 즉 水文學的인 面에서 斷片的이었으며 때로는 相反되는 경우도 있다. 그러기에 위에서 論述한 바와 같이 今日 資源으로서의 물에 對한 심각한 關心은 水文學自體가 現在와 같은 이러한 科學的인 發展過程으로서는 감당할 수 없을 程度였다. 그러나 너무나도 엄청난 豫測不許의 自然現象과 또 複雜多端한 關與因子를 많이 가지는 流域의 諸條件을 加味한 完全無缺한 流出에 關한 說明을 하는 數學的 表示는 極難한 일이라고 보지만 今日의 流出理論의 根本的인 處理方法을 “보다 一般的인 條件에서 보다 精密한 結論에의 目標”가 그것이며 主觀에서 客觀으로 個別的인 經驗에서 普偏化에의 方向으로 가고 있다고 말할 수 있다.

이와같이 물循環의 其本的인 過程에 있어서 流出現象의 解析方法에 있어서도 最近 커다란 變換이 이루어져 가고 있으며 여기서 또 變換중에서 基本的인 水文學의 概念과 用語에 對한 見解도 커다란 差異를 가지게 될뿐만 아니라 Computer의 出現에 依한 그 適用을 爲한 시스템의 論爭이 벌어질 것은 淸하다. 問題의 提起는 이 Computer의 利用에 對한 水文 諸現象의 相互作用에 對한 Mechanismic process가 水文學的으로 究明되어야 完全히 利用될 수 있는 것이며 이것을 하기에는 流域의 Bergrand 係數의 數學的 Model과 물運動의 流域內에서의 回路에 對한 理論的 배경없이는 發展이 없다는 것에 있다.

그러나 어떻든간에 어린애가 成人이 될 첫 段階는 홍역을 치루어야 하는 것과 같이 水文學이 近代神話를 創造하고 있는 電子計算器의 혜택을 받으려면 이 理論的 過程, 그것은 淸하고 淸킨 密林地帶를 通過한 後 비록 우리 水文學이 限界資源(Critical resource)이라고 하는 이 貴重한 물問題 解決의 科學的인 道具로 쓰일 수 있는 榮光을 차지할 것이다. 그러기에 앞으로의 水文學徒의 일은 이 問題解決에 있는 것이며 Input→Output의 물의 回路組織에 對한 數學的 모델의 完成에 있다고 보는 것이며 또한 世界의 모든 學者는 이것을 위한 일을 하고 있다.

이러한 方式의 工學的 方法을 System Engineering 이라는 이름으로 부르고 있으며 水文學에서도 이러한 手法을 System Hydrology 라는 이름 앞에서 發展시키고

있는 것이 現在 水文學自體의 前進을 爲한 움직임이라고 말할 수 있다.

그러나 오늘날에 와서는 前者의 Parametric Hydrology의 고집도 後者의 전통적인 統計學的인 권위도 모두妥協하여 새로운 流出機構의 解析을 위한 共同研究에 힘쓰고 있다. 이러한 것이 하나의 方法으로 Tunk model<sup>4)</sup>에 의한 流域에서의 斷層流出機構를 說明하려고 하고 있다. 즉 表面流出과 中間流出, 地下流出의 時間的인 lag time의 抽出과 그의 input에 對한 Propotion의 解析인데 이러한 方法이 완전히 流出機構의 說明을 만족케 할지는 의문시할 수 밖에 없다. 이 方法은 탱크·모델(Tunk model)에서 각 土壤층의 투수능력의 分析과 이것의 해석방법으로서는 좋지만 完全한 流域에서의 流出機構의 解析에는 未洽하다. 또 日本에서 유행인 貯溜法<sup>5)</sup>에 의한 低水量解析에 應用하고 있는데 그의 原理는 한마디로 해서 洪水量 Hydrograph의 減水部에 對한 응용이다. 즉

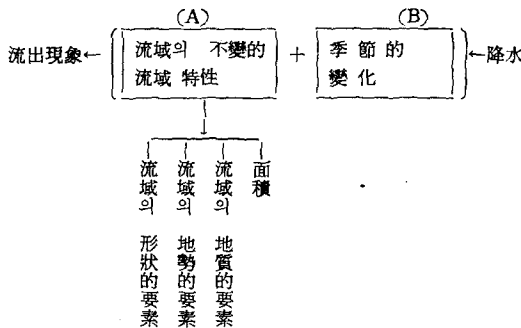
$$K(t) = \sigma^2 t e^{-\sigma t} \dots\dots\dots(1)$$

이것을 다시

$$K(t) = \sigma^{n+1} t^n e^{-\sigma t} / n! \dots\dots\dots(2)$$

로 변화시켜 time series factor에 對한 流出現象을 Hydrograph에 依하여 定式化하는 것이 目的이다. 여기서 減水曲線  $e^{-\sigma t}$ 에서  $\sigma$ 의 定值抽出이 實驗的 方法에서 可能하며 Input(降雨量)에서 計算하는 方法이 그의 骨子이다.

以上의 여러가지 方法은 화려한 數學的 模型의 유도에서 극히 과학적인 것 같이 보이지만 事實 本質的인 面에서 커다란 것을 잃어버린 것 같다.



위의 流出 模型은 누구든지 首肯이 가는 것이다.

우리나라에서는 잘 알려져있는 가지야마(梶山)식의 月別受水量分式에 依하여 月單位的 月別流出量을 算定하고 있다. 즉

$$C = \sqrt{R^2 + (138.6f + 10.2)^2} - 138.6f + E \dots\dots(3)$$

위 式의 유도과정은

(i)  $f$  值의 決定에서 年流出量 500mm의 標準으로하

여 300, 400, 600, 700mm로 했다. 그리고  $f$ 의 값은 1.

4, 1.2, 0.8, 0.6등으로 하여 여기에 對應하게 한 것이며

(ii) Base flow는 月 10.2mm로 주고

(iii)  $E$ 의 값은 季節性을 주어서 月別로 更正한 것이다.

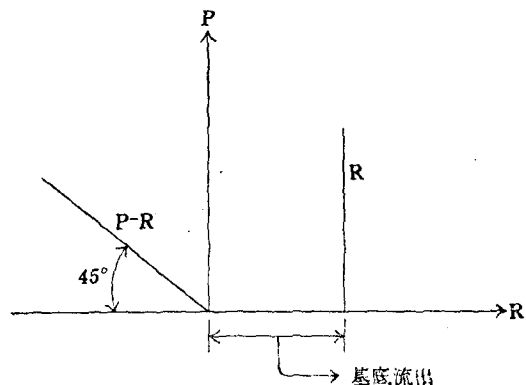
以上의 3가지 條件은 前記한 流出模型에 알맞는 것이며 다른 여러가지 方法에 比하여 손색 없는 式이다. 그러나 문제는 (3) 式 自體의 實驗的 pattern은 大河川이었다는 것과 ( $E$ )의 값이 不條理化하는 것을 생각할 때 우리나라에서 根本的으로 大修正 하거나 또는 本質的인 流出量 計算方法의 새로운 方式의 유도가 必要하다고 생각한다.

### 2. 流域의 降雨 및 流出과의 資料分析에 依한 流出機構의 基本的 性格

극히 평범한 表現을 한다면, 우리나라의 現存하는 諸水文學資料가 科學的인 理論展開를 할 수 있는 程度의 正確한 資料가 못될 경우가 大部分이다. 그러나 이웃나라 日本의 資料는 그의 收集方法이 또 그에 從事하는 사람들의 모든 事情에서 볼 때, 얻어진 資料는 科學的인 研究分析을 하고 그의 結果에서 學問的인 理論展開를 해도 신뢰할 수가 있다.

日本 河川의 500年 Station year의 日記錄值에서 分析한 結果의 要約이 다음과 같다. 즉 流出機構는 數學的 模型을 만든다는 것보다 우선 그 첫 段階에 大略基本法則을 發見하는 것이 첫 事業이며, 다음에 이 法則에 立脚하여 實際에 알맞게 應用하는 것으로 바꾸는 것이 第二段階라고 본다. 이러한 見地에서 研究의 結果는 네가지 形이 있으며 그에 對한 實際의 適要範圍는 다음 號에 다시 論하기로 한다.

이러한 見地에서 流出機構에 對한 理論的인 見解는 다음과 같이 되는 것이라고 提唱한다.



즉,

가)  $P-I=R < 0$ 의 경우

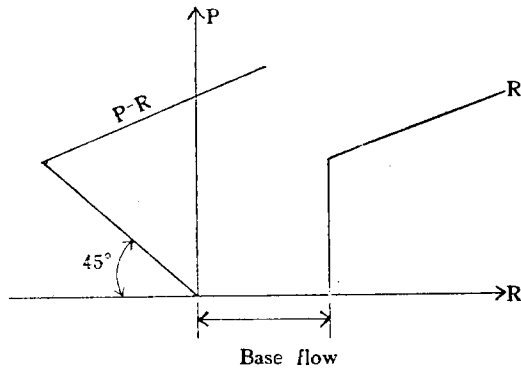
$P$  = 降水

$I$  = 滲透損失量 및 其他損失量

$R$  = 流出量

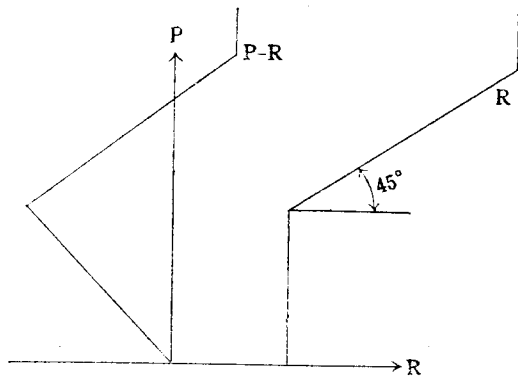
이때 降雨가 如何히 있다하더라도 流出量은 一定하다. 流域에서는 降水를 全量吸收하고  $R$ 의 값은 이 降水의 影響을 받지 않고 一定量의 流出이 있다.

나).  $P-I=R > 0$



이때 流出에서는 강우의 吸收가 있기는 하지만  $P$  全量을 吸收하지는 않고 剩餘降水가 생기는 경우이다.

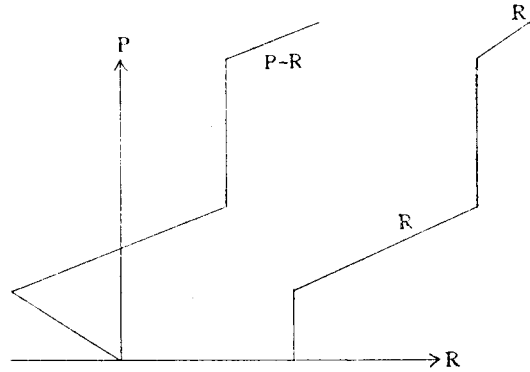
다).  $P-I=R > 0$ 일때는 流域의 상태는 full saturated condition 인데 降水의 全量이 流出하는 경우이다.



라)  $P-R > 0$  인 경우

流出은 降水量에 比하여 더 많아지는 경우

以上の 4個의 경우를 생각할 수 있다 이 變化는 地域的인 流域의 季節別 變化가 크게 關여하는 것으로 생기는 것이며 또 事實資料에 의하여 分析한 結果는 위



의 네 개의 경우가 一年을 通하여 뚜렷하게 나타난다. 以上の 理論에 立脚하여 우리나라 現在의 水收支計算法은 새로운 檢討가 있을 것을 要求하며 따라서 조속히 새로운 水收支計算法의 確定이 必要하게 된다. 이것은 各流域마다의 觀測에 依한 調査整理로 얻어지는 것만이 可能하다.

### 引用 및 參考文獻

- 1) Horton; The field scope and status of the science of hydrology A.G.U. Trans Vol12. 1931
- 2) Sherman; Stream flow from rainfall by the Unitgraph method. Engi. News. Record Vol108 1932
- 3) Snyder; Synthesis Unit-graph for small watershed; Proc Asce. Hy4 2854p 33-34
- 4) 管原正己: 酒自川の 流出에 關한 調査報告, 資源協會 1965.3
- 5) 管原正己: 養老川の 日流出量을 日雨量으로부터 算出하는 方法, 科技廳 1961 4月
- 6) 水野昭: 流域貯水槽에 依한 低水流出의 解析, 建設技術研究報告 1965. 11月
- 7) 永越三郎, 野口正: 貯溜關數法에 依한 低水流出量의 計算, 土木技術資料 Vol 8, No.6 1966. 6月
- 8) 河角鶴夫, 本茂雄: 雨量으로부터 基底流出量을 推定하는 方法, 建設者技術報告 1962. 11
- 9) 建設者 水文研究會編: 流出計算例題集 1971. 5月
- 10) 朴成宇: 流域에서의 流出機構에 關한 水文學的 研究, 日本學術振興會 1972. 5月