<論 文>

推計學的 貯水容量 決定에 關한 研究

A Study on the Determination for Stochastic Reservoir Capacity

崔 漢 圭*
Choi, Han kuy

崔 榮 博**
Choi, Young bak

金 治 弘***
Kim, Chi hong

Abstract

The generated sequences of monthly flows were analyzed based on the range concept.

With the optimum operation rule of the reservoirs as the one which maximizes the water-use downstream the waterrelease from the reservoir was determined and with due considera-tion to the mean inflows and the range of monthly flows the required reservoirs capacity was stochastically determind.

It is suggested that the result obtained in this study would be applied to approximately estimate, in the stage of preliminary design, the required capacity of a reservoir in question with the limited information such as the mean monthly inflow and the period of reservoir operation.

For the determination of a reservoir capacity Rippl's mass-curve method has been long used with the past river flow data assuming the same flow records will be repeated in the future. This study aims to find out a better method for determining the reservoir capacity by employing the analytical theory based on the stochastic process. For the present study the synthetic generation methods of Thomas-Fiering type was used to synthetically generate 50 years of monthly river inflows to three single-purpose reservoirs and three multi-purpose reservoirs.

要 旨

貯水容量을 결정하기 위한 Rippl의 累加曲線法은 과거의 流量資料가 미래에 동일한 記錄으로 반복되리라는 가정하에 오랫동안 사용되어 왔다 .本 研究의 目的은 推計學的 理論에 의한 貯水容量을 결정하는 더 좋은 方法을 찾아내는데 있다. 그러므로 本 論文에서는 3개의 多目的 댐과 3개의 單一目的 댐에 대한 河川의 月 流量을 Tomas-Fiering 法으로 模擬發生하였으며 模擬發生된 月 流量은 Range 개념으로 解析하였다. 또한 물의 利用을 最大化하는 貯水池의 최적운영 法則을 利用함으로서 貯水池로 부터의 流出量을 결정하고 月 流量의 Range와 平均 流入量을 적절하게 고려함으로서 필요한 貯水容量은 推計學的으로 결정하였다. 그러므로 本 研究에서 얻어진 結果는 基本設計 단계에서 제한된 資料, 즉 貯水池의 운영기간과 月 平均流量을 가지고 필요한 貯水池의 容量을 근사적으로 구할 수 있다.

*江原大學校 工科大學 副教授
**高麗大學校 工科大學 教授
***成均館大學校 工科大學 教授

1. 序 論

貯水池는 옛부터 물 需要와 供給을 充足시키는 手段으로서 自然의 물의 不均衡을 調節하는 役割을 하는 重要한 人工築造物이다. 그러나 數學的 方法으로 貯水池의 크기를 決定했던 첫번째 시도는 오로지 Rippl이 累加曲線을 제안했던 19世紀로 거슬러 올릴 수 있다. 즉 流入과 流出過程이 推計學的 性質을 설명하지 못하는 限界點을 지니고 있는데도 불구하고 이 方法은 全世界를 通하여 아직까지 널리 알려져 왔다. 그러나 이 方法은 資料가 過去 記錄에 依存하고 있기 때문에 그 再現性은 거의 期待하기 어렵다. 이것을 補完한 것이 實驗的 方法인데 이는 Monte-Carlo 또는 資料發生法에 의해 單純하게 資料를 增加시켜 過去 水文記錄에 提示되어 있지 않은 高水流量과 低水流量을 再現하고자 하는데 主眼點을 두고 있다.

그러므로 確率理論을 土台로 하여 貯溜容量의 確版分布를 相對度數分布를 中心으로 檢討하여 解析的 立場에서 貯水池 容量을 決定하는 方法을 究明하는데 本 硏究의 目的이 있다.

2. 基本理論

2-1 Thomas-Fiering 모델[11)]

本 硏究에 있어서 流量推定에 사용된 이 모델은 非正常時系列을 위한 一般的인 多季節모델이며 그 식은 다음과 같다.

$$q_{i+1}=\overline{q_{j+1}}+b_j(q_i-\overline{q_j})+N_iS_{i+1}\sqrt{1-\gamma_j^2}\ \cdots(2\text{-}1)$$

$$\gamma_j=\frac{\sum_{i=1}^{N}(q_{ij}-\overline{q_j})(q_{i,j+1}-\overline{q_{j+1}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(q_{ij}-\overline{q_j})^2\,(q_{i,j+1}-\overline{q_{j+1}})^2}}$$

여기서 q_i와 q_{i+1}은 어떤해의 i번째와 $i+1$번째 月流量이고, $\overline{q_j}$와 $\overline{q_j+1}$은 각각 j번째와 $j+1$번째 月平均流量이다. γ_j는 j번째와 $j+1$번째 달의 lag-one 系列相關係數이고 $b_j=\gamma_j\frac{S_{j+1}}{S_j}$로 하여 相關式의 Slope라 부른다. 또 S_j와 S_{j+1}은 각각 j번째와 $j+1$번째 月流量의 標準偏差이고, N_i는 平均이 0이고 分散이 1인 正規分布로 變換된 $N(0,1)$의 Random Number이다.

2-2 Range[6,7,8,9,13)]

Range는 貯水池의 溢流와 空虛現象을 막기 위해 必要한 貯水容量으로서 解析되고 있다. 이와 같은 Range의 槪念은 다음과 같다.

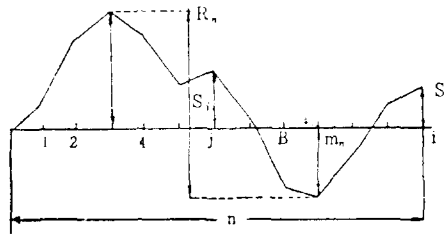

Fig. 1. Definition of the Maximum Partial Sum (M_n), the Minimum Partial Sum (m_n), and the Range (R_n).

$$Z_i=X_i-\bar{X}_n\ \cdots\cdots(2\text{-}2)$$

$$S_i=\sum_{i=1}^{n}Z_i\ ;\ i=1,2,3,\cdots\cdots n$$

$$M_n=M_{ax.}(0,S_1^+,S_2^+,\cdots\cdots S_n^+)$$

$$m_n=M_{in.}(0,S_1^-,S_2^-,\cdots\cdots S_n^-)$$

$$R_n=M_n-m_n$$

S_i=累加合 또는 部分的인 合

M_n=最大部分의 合 또는 過剩分

m_n=最小部分의 合 또는 不足分

R_n=部分的인 合의 Range

X_i=流入量

$\bar{X}_n$=周期別 平均流入量

그런데 資料의 模擬發生을 통하여 Range의 統計的인 分布를 決定하기 위한 理論的인 解析은 다음과 같다. Z_t時系列을 2次 MarKov 모델로 표시하면[3,5)]

$$z_t=a_1z_{t-1}+a_2z_{t-2}+n_t\ \cdots\cdots(2\text{-}3)$$

또는 $n_t=z_t-a_1z_{t-1}-a_2z_{6-2}$ $\cdots\cdots(2\text{-}4)$

$$n_1=z_1,\quad n_2=z_2-a_1z_1,\quad n_3=z_3-a_1z_2-a_2z_1$$

$$n_4=z_4-a_1z_3-a_2z_2\cdots\cdots n_i=z_i-a_1z_{i-1}-a_2z_{i-2}$$

이제 $s_{i,z}=\sum_{t=1}^{i}z_t$와 $s_{i,n}=\sum_{t=1}^{i}n_t$라 하면 n_t의 오른쪽 항은

$$s_{i,n}=z_t+(1-a_1)z_{t-1}+(1-a_1-a_2)\sum_{t=1}^{i-1}z_t+(1-a_2)z_1\ \cdots\cdots(2\text{-}5)$$

매우 큰 i에 대하여 式(2-5)의 끝항은 매우 작아 무시할 수 있으므로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$s_{i,n}\simeq(1-a_1-a_2)s_{i,z}$$

또는 $s_{i,z}=\dfrac{s_{i,n}}{1-a_1-a_2}$ $\cdots\cdots(2\text{-}6)$

만일 처음에 z_t를 m次 Markov 모델로 표시하면 式(2-3)으로부터

$$z_t = \sum_{j=1}^{m} a_j z_{t-j} + n_t \quad \cdots\cdots(2\text{-}7)$$

로 되어 式(2-6)은 다음과 같다.

$$s_{i,z} = \frac{s_{i,n}}{1-\sum_{j=1}^{n} a_j} \quad \cdots\cdots(2\text{-}8)$$

Markov의 從屬모델을 Range의 推定에 利用할 때 平均과 分散은 獨立的인 過程을 이루는 各各의 近似값의 函數로 表示될 수 있다. 그러므로 m次 Markov 모델에 대한 Expected Range는[10]

$$E(R_n) = 2\beta\sqrt{\frac{2n}{\pi}} = 1.5958\,\beta\sqrt{n} \quad \cdots\cdots(2\text{-}9)$$

$$Var(R_n) = \beta^2 4n(l_n{}^2 - 2/\pi) = 0.218\beta^2{}_n$$

여기서 $\beta = \dfrac{s}{1-\sum_{j=1}^{n} a_j}$ $\cdots\cdots(2\text{-}10)$

그런데 2次 Markov 모델을 생각하면 式(2-10)은 다음과 같다.

$$\beta = \frac{s}{[1-(a_1+a_2)]} \quad \cdots\cdots(2\text{-}11)$$

$$S = \left\{1 - a_1{}^2 - a_2{}^2 - \frac{2a_1{}^2 a_2}{(1-a_2)}\right\}^{1/2}$$

$$a_1 = \frac{\gamma_1(1-\gamma_2)}{1-\gamma_1{}^2} \qquad a_2 = \frac{\gamma_2 - \gamma_1{}^2}{1-\gamma_1{}^2}$$

$$\gamma_1 = \frac{\frac{1}{n+1}\Sigma(X_t - \bar{X})\ (X_{t+1} + \bar{X})}{\frac{1}{n}\Sigma(X_t - \bar{X})^2}$$

$$\gamma_2 = \frac{\frac{1}{n-2}\Sigma(X_t - \bar{X})\ (X_{t+2} - \bar{X})}{\frac{1}{n}\Sigma(X_t - \bar{X})^2}$$

여기서 γ_1과 γ_2는 資料 x_i를 다음식(2-12)에 의하여 標準化한 값의 系列相關係數이다.

$$X_t = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad \cdots\cdots(2\text{-}12)$$

여기서 $\bar{x}$는 周期別 月流量 資料의 平均値이고 σ는 資料의 標準偏差이다. 또한 n은 周期(12, 24, …120個月)이다.

2-3 모델의 說明

本 硏究에서는 必要貯溜量을 計算하는데 複合的인 周期性의 推計學的 流入 및 流出過程을 適用한 것이다. 그리고 單獨貯水池容量 決定에 主眼을 두었으며, 실제 資料에서는 저수지 群에 대하여도 吟味하였다. 一般的으로 貯水池에서의 基本 저유방정식은

$$\mathrm{I} - 0 = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \cdots\cdots(2\text{-}13)$$

여기서 I =流入量(m³/sec)

0 =流出量(m³/sec)

$\dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ =時間單位當 貯水容量의 變化量(m³/sec)

저수지에 있어서 地下水 浸透와 地表水로 부터의 漏水는 무시하지만 貯水池에서의 蒸發을 포함 할 때 式(2-13)은 다음과 같다.

$$X_t - Y_t - E_t = \frac{ds}{dt} \quad \cdots\cdots(2\text{-}14)$$

여기서 X_t=流入量(m³/sec)

Y_t=流出量(m³/sec)

E_t=貯水池로 부터의 蒸發量(m³/sec)

ds/dt=貯藏된 물의 變化率(m³/sec)

또한 蒸發도 보통 年平均 貯水池面 蒸發量이 年平均 流入量과 流出量에 比해 적을 때 실제 적용에서 無視된다. 그러므로 式(2-14)는 式(2-15)로 變形할 수 있다.

$$X_t - Y_t = ds/dt \quad \cdots\cdots(2\text{-}15)$$

周期的이고 推計學的인 성분을 포함하는 月 河川流量이 貯水池속으로 흘러 들어간다고 假定할 때 時系列 $Y_{p,\tau}$는 式(2-16)으로 나타낼 수 있다.

$$X_{p,\tau} = \mu_\tau + \sigma_\tau \varepsilon_{p,\tau} \quad \cdots\cdots(2\text{-}16)$$

여기서 τ=2, 2, ……W(W=1개월, 1년, 50년)

p=1, 2, ……T(T=기록된 해의 수)

μ_τ=周期的 平均

σ_τ=周期的 標準偏差

$\varepsilon_{p,\tau}$=平均値 0, 分散 1을 가지는 定常時系列의 推計學的 成分(stationary stochastic component)

周期的인 成分은 調和函數에 의하여 설명되어지며 推計學的 成分은 보통 Markov 線型모델(1次 2次)에 따른다고 가정한다. 周期的인 成分은 平均値 μ_τ(全體資料年數에 대한 平均値이며 1年間隔의 값임)의 周期的 振動을 가지며, μ_τ의 對應値에 관한 標準偏差 σ_τ의 周期性 成分이기도 하다. 마찬가지로 유출도 周期的인 媒介變數와 더불어 推計學的 成分이라고 假定할 수 있다.

換言하여 初期에 있어서는 수요동향은 零이라고 하고 貯水池 運營이 正常的 영역이 되었을 때 비로서 貯水池 貯溜量을 使用한다고 하면 그 模式은 다음과 같이 表示된다.

$$Y_{p,\tau} = q_\tau + S_\tau \xi_{p,\tau} \quad \cdots\cdots(2\text{-}17)$$

여기서 $Y_{p,c}$=需要量(流出量)

q_τ=周期的인 平均

S_τ=周期的인 標準偏差

$\xi_{p,\tau}$=推計學的 成分

貯水池로부터 물의 流出은 대부분 確定論的 過程이

라고 생각하여도 無妨하며 流出量 自體를 推計學的 過程으로 取扱한다는 것은 數學的인 해석만 複雜해지기 때문에 貯水池 容量이 貯水池에 의해 流量이 調節된다고 하면 다음과 같이 간편하게 表記할 수 있다.

$$Y_{p,\tau}=q_\tau \quad\cdots\cdots(2\text{-}18)$$

그러므로 貯水池의 純流入量은 式(2-16)과 (2-18)에 의해 다음과 같이 된다.

$$X_{p,\tau}-Y_{p,\tau}=\mu_{\tau\tau}-q_\tau+\sigma\,\varepsilon_{p,\tau} \quad\cdots\cdots(2\text{-}19)$$

그리하여 貯水池 流量調節이 完全調節일 때의 條件式은 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$\sum_{\tau=1}^{w}q_\tau=\sum_{\tau=1}^{w}\mu_\tau \quad\cdots\cdots(2\text{-}20)$$

그렇지 않으면 調節 또는 開發 P의 比率이 $\bar{q}_\tau/\mu_\tau\times 100$과 같도록 式(2-21)일 때는 部分調節을 意味하는 模式이 된다.

$$\sum_{\tau=1}^{w}g_\tau<\sum_{\tau=1}^{w}\mu_\tau \quad\cdots\cdots(2\text{-}21)$$

50년 이상의 耐用年數는 같고 貯水地의 規模를 充分히 크게 할 때는 式(2-20)이 成立할 수 있다고 볼 수 있겠으나 그렇지 아니하고 式(2-21)과 같이 周圍與件을 勘案하여 開發을 한다 할 때에는 90% 內外가 가장 效率的인 方案인 듯한데 本研究에서는 多目的 댐인 경우는 大體 90% 內外의 開發性을 보고 檢討하였다.

2-4 推計學的 貯水容量 決定

推計學的 貯水容量은 流入量과 周期에 의하여 決定되는 ρ와 σ_τ의 平均과 標準偏差의 函數이므로 推計學的 貯水容量은 式(2-22)로 나타낼 수 있다.[10]

$$s_s=f[\bar{\sigma}_\tau,\ s(\sigma_\tau),\rho] \quad\cdots\cdots(2\text{-}22)$$

여기서 $\bar{\sigma}_\tau$와 $s(\sigma_\tau)$는 周期的인 標準偏差의 平均과 標準偏差를 나타내고 ρ는 正常過程의 推計學的 成分 $\varepsilon_{p,\tau}$를 나타낸다. 또한 式(2-22)와 비슷한 函數 $f(1,0,0)$는 $\sigma_\tau=1$, $s(\sigma_\tau)=0$인 平均이 0이고 標準偏差가 1인 最大不足量으로 定義될 수 있다. 그러므로 式(2-22)에 의하여 非定常時系列의 推計學的 貯水容量을 구하기 위하여 다음과 같은 4가지 型態의 函數에 대하여 考察하였다.

$$f_1=f(1,0,0)$$
$$f_2=f_2(1,0,\rho)$$
$$f_3=f_3(\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),0)$$
$$f_4=f_4(\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),\rho) \quad\cdots\cdots(2\text{-}23)$$

函數 f_4의 型態에서 推計學的 貯水容量은 式(2-24)로 나타낼 수 있다.

$$s_s=f_4[\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),\rho]\simeq\sigma^2[f_2(1,0,\rho)-f_1(1,0,0)]+f_3[\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),0] \quad\cdots\cdots(2\text{-}24)$$

만일 流量의 Random component가 m次 Markov 모델에 따른다면

$$\varepsilon_{p,\tau}=\sum_{j=1}^{m}a_j\varepsilon_{p,\tau-1}+\eta_{p,\tau} \quad\cdots\cdots(2\text{-}25)$$

그런데 式(2-25)와 同等한 1次모델은

$$\varepsilon_{p,\tau}=\rho_1\varepsilon_{p,\tau-1}+\eta_{p,\tau}$$

$$\rho_1=\sum_{j=1}^{m}a_j$$

그리고 $\sigma_{\varepsilon,m}$는 m次 Markov 모델의 標準偏差로서

$$\sigma_{\varepsilon,m}=\frac{v_{ar}\,n}{[1-\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}a_ia_j\rho|i-j|]^{1/2}}$$

그러면

$$f_2(1,0,\rho)=\frac{f_1(1,0,0)(1+\rho_1)^{1/2}\sigma_{\varepsilon,1}}{(1-\rho_1)^{1/2}\sigma_{\varepsilon,m}} \quad\cdots(2\text{-}26)$$

또한 式(2-24)는 다음과 같다.

$$s_s=f_4[\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),\rho]\simeq\sigma_\tau\left[\frac{f_1(1,0,0)(1-\rho_1)^{1/2}\sigma_{\varepsilon,1}}{(1-\rho_1)^{1/2}\sigma_{\varepsilon,m}}-f_1(1,0,0)\right]+f_3[\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),0] \quad\cdots\cdots(2\text{-}27)$$

이제 s_s의 값을 알기 위하여 式(2-27)에서 알려지지 않은 것은 $f_3[\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),0]$이다. 그런데 Yevjevich[6,12]는 이 값을 다음과 같이 나타냈다.

$$f_3[\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),0]=\sigma_nf_1(1,0,0) \quad\cdots\cdots(2\text{-}28)$$

또한 앞에서 Range는 $\sqrt{n}$의 函數라고 알고 있기 때문에 $f_1(1,0,0)$는 $c\sqrt{n}$로 나타낼 수 있으므로 式(2-27)은 다음과 같이 바꾸어 쓸 수 있다.

$$s_s-f_4(\sigma_\tau,s(\sigma_\tau),\rho)\simeq c\sqrt{n}\left[\frac{\sigma_\tau(1+\rho_1)^{1/2}\sigma_{\varepsilon 1}}{(1-\rho_1)^{1/2}\sigma_{\varepsilon,m}}-\sigma_\tau+\sigma_n\right]$$
$$=f(\sigma_\tau,\rho,\sigma_{\varepsilon,m},\sigma_n)c\sqrt{n} \quad\cdots\cdots(2\text{-}29)$$

여기서 C값은 常數이며 式(2-10)에서 記述한 바와 같이 $C=(1-\sum_{j=1}^{m}a_j)$이다.

또한 式(2—29)에서 $cf(\sigma_\tau,\rho,\sigma_{\varepsilon,m},\sigma_n)$는 平均流入量 I의 函數이므로 平均 流入量과의 比를 推計學的 貯水容量係數 (K_s)라 呼稱하면 그 값은 다음과 같다.

$$K_s=\frac{cf(\sigma_\tau,\rho,\sigma_{\varepsilon,m},\sigma_n)}{\mathrm{I}} \quad\cdots\cdots(2\text{-}30)$$

그러므로 推計學的 貯水容量은 式(2-31)로 表記할 수 있다.

$$S_s=K_s\cdot\mathrm{I}\cdot\sqrt{n} \quad\cdots\cdots(2\text{-}31)$$

여기서 S_s=推計學的 貯水容量(m^3/S-M)
K_s=推計學的 貯水容量 係數
I=平均 流入量(m^3/S-M)
n=周期(月의 數)

3. 硏究 및 分析

本 硏究를 위하여 春川, 淸平, 華川 등 3개 單一目的댐과 昭陽, 安東, 大淸 등 3개 多目的댐을 선정하여 硏究하였으며 各 댐에서의 流量資料는 春川댐 建設誌,[14] 昭陽댐 工事誌,[15] 安東댐 工事誌[16] 등과 各 댐에서 實測한 流量資料를 사용하였으며 그 槪況은 表 1과 같다.

3-1 Range 分析

春川댐, 淸平댐, 華川댐, 昭陽댐, 安東댐, 大淸댐 등 6개 댐의 實測流量 資料를 Thomas-Fiering 모델에[11] 의하여 50年間 模擬發生한 流量에 의하여 各 댐의 1年, 2年, ……10年 周期의 Range를 구하고 式(2-9), 式(2-10), 式(2-11)에 의하여 구한 β, $E[R_n]$, $Var[R_n]$의 값은 表2와 같다.

3-2 推計學的 貯水容量分析

전술한 바와 같은 基本理論에 立脚하여 本 論文에서 취급한 2次 Markov 모델에 대하여 春川, 淸平, 華川 등과 같은 3개의 單一目的댐과 昭陽, 安東, 大淸 등과 같은 3개의 多目的댐으로 區分하였으며 式(2-29)에 의하여 구한 單一目的댐의 댐別 推計學的 貯水容量은 다음과 같다.

春川 : $S_s=711.9\sqrt{n}$

淸平 : $S_s=850.4\sqrt{n}$

華川 : $S_s=345.2\sqrt{n}$

그러나 春川, 淸平의 경우, 上流댐의 影響을 받아 貯川容量의 推計學的 推定에는 그 影響을 고려할 필요가 있으므로 縣案點의 流域面積과 上流댐의 流域面積과의 累加面積의 比를 便宜上 利用係數(K)라 呼稱하여 이것으로 調整하기로 하였다.

즉 春川 : $K_{ch}=\dfrac{A_{ch}}{A_{ch}+A_{wh}}=0.5437$

淸平 : $K_{cp}=\dfrac{A_{cp}}{A_{cp}+A_{ch}+A_{sa}}=0.57''$

여기서 A_{ch}는 춘천댐 유역면적

A_{wh}는 화천댐 유역면적

A_{cp}는 청평댐 유역면적

A_{sa}는 소양댐 유역면적

그러므로

春川 : $S_s=0.5437\times711.9\sqrt{n}=387.1\sqrt{n}$

淸平 : $S_s=0.5771\times850.4\sqrt{n}=485.7\sqrt{n}$

그런데 式(2-30)에 의하여 各 댐別 推計學的 貯水容量係數 K_s를 구하여 單一目的댐 群의 一括된 常數를 表記하기 위해 3개 常數의 幾何平均値를 취한 結果가 式(3-1)이다.

春川 : $S_s=2.99\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$

淸平 : $S_s=1.92\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$

華川 : $S_s=3.08\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$

單一目的댐 群 : $S_s=2.59\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$ ………………(3-1)

여기서 S_s : 推計學的 貯水容量(m^3/S-M)

I : 平均流入量(m^3/S-M)

n : 周期(月의 數)

마찬가지로 多目的댐의 式(2-29)에 의한 推計學的 貯水容量을 구한 結果는 다음과 같다.

昭陽 : $S_s=308.5\sqrt{n}$

安東 : $S_s=108.9\sqrt{n}$

〈表 1〉 流 量 資 料

區 分	春 川	淸 平	華 川	昭 陽	安 東	大 淸
流 量 資 料	1967. 10～ 1981. 9(14)	1967. 10～ 1981. 9(14)	1967. 10～ 1981. 9(7)	1974. 10～ 1981. 9(7)	1963. 10～ 1971. 9(8)	1968. 10～ 1974. 9(6)
流 域 面 積	4,841 km^2	10.051 km^2	4,063 km^2	2,703 km^2	1,581 km^2	4,134 km^2
總 貯 水 容 量	150×10^5 m^3	185.5×10^5 m^3	1023×10^6 m^3	2900×10^5 m^3	1248×10^6 m^4	1475×10^5 m^3
有效貯水容量	110×10^5 m^3	82.6×10^6 m^3	658×10^6 m^3	2250×10^6 m^3	1000×10^6 m^3	1025×10^5 m^3

〈表 2〉 $E[R_2]$과 $Var[R_2]$의 값

區 分	春 川	淸 平	華 川	單一 目的 貯 水 池	昭 陽	安 東	大 淸	多目的貯水池
β값	1.8699	1.7378	1.7232	1.7770	1.5959	1.558	1.5760	1.5757
$E[R_n]$	$2.9840\sqrt{n}$	$2.7732\sqrt{n}$	$2.7499\sqrt{n}$	$2.8357\sqrt{n}$	$2.5467\sqrt{n}$	$2.4819\sqrt{n}$	$2.5150\sqrt{n}$	$2.5145\sqrt{n}$
$V_{ar}[R_n]$	0.7626n	0.6587n	0.6467n	0.6887n	0.5555n	0.5276n	0.5417n	0.5415n

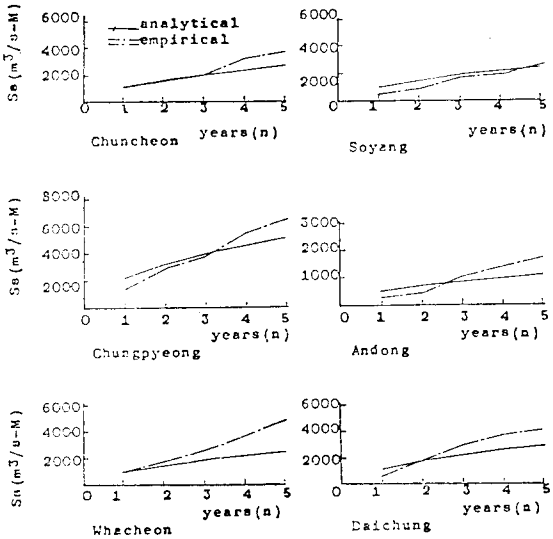

Fig. 2. Stochastic Reservoir Capacity

大淸 : $S_s=486.5\sqrt{n}$

그러므로 多目的댐 群의 推計學的 貯水容量은 式(3-2)와 같다.

昭陽 : $S_s=4.20\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$

安東 : $S_s=3.24\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$

大淸 : $S_s=5.80\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$

多目的댐 群 : $S_s=4.29\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$ ··················(3-2)

以上의 結果를 圖示한 것이 Fig. 2이다.

4. 結　論

過去 月流下量 記錄에 의거한 Rippl의 經驗的 理論인 累加曲線法에 의한 貯水容量 決定方法은 過去의 月流下量 記錄의 再現性이 全無한 관계로 矛盾된 方法임을 알 수 있다. 이것을 是正하여 貯水池容量 決定方法을 解析的 理論에 立脚하여, 즉 推計學的 理論을 土臺로 하여 새로운 貯水池容量 決定方法을 模索한 것이 本 論文이다.

즉, 우리나라 旣設의 單一目的댐 3개地點과 多目的댐 3개地點의 過去 水文記錄에 의거 Thomas-Fiering法에 의해 50年間의 月別流下量을 豫測하고 第2次 Markov 理論을 導入하여 貯水池의 Range와 標準偏差, 相關係數 理論을 土臺로 하여 推計學的 貯水容量을 구하는 公式을 誘導하였다.

(1) 單一目的 貯水池

$S_s=2.59\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$

(2) 多目的 貯水池

$S_s=4.29\,\mathrm{I}\,\sqrt{n}$

그러나 위에서 얻어진 公式은 貯水池의 最大不足量을 基礎로 한 極限値인 貯水池容量이므로 貯水池 開發規模는 單純히 水文學的 立場에서만 決定되는 것이 아니므로 貯水池 下流의 社會的·經濟的 側面을 考慮한 硏究가 앞으로 계속되기를 희망한다.

謝　辭

본 연구는 韓國科學財團의 1985년도 硏究支援費에 의하여 수행되어졌으며 이에 감사 드린다.

REFERNCE

1. Yevjevich, V.M., "*Stochastic Properties of Water Storage*", "Hydrology Paper No. 100, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1981.
2. Yevjevich., "*The Application of Surplus, Deficit and Range in Hydrology*, Hydrology Papers, Vol. 1, No. 10, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1965.
3. Gomide, F.L.S., "*Range and Deficit Analysis Using Markov Chains*", Hydrology Paper No. 79, Colorado State University, Fort Collins, Colorado 1975.
4. Salas-la Graz, J.D., "*Range Analysis for Storage Problems of Periodic-Stochastic Processes*", Hydrology Papers, Vol. 3, No. 57, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1972.
5. Moran, P.A.P., "*A Probability Theory of Dams and Storage Systems: Modification of Release Rules*", Aust. J. Appl. Sci., Vol. 6, pp. 117—130, 1955.
6. Yevjevich. V.M., "*Structural Analysis of Hydrologic Time Series*", Hydrology Papers, Vol. 3, No. 56, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, pp. 1—59, 1972.
7. Quimpo, R.G., "*Stochastic Model of Daily River Flow Sequences*", Hydrology Papers, Vol. 1, No. 1, No. 18, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1967.
8. Yevjevich, V.M., "*The Application of Surplus, Deficit, and Range in Hydrology*", Colorado state University Hydrology Paper No. 10, Fort Collins, Colorado, Sep. 1965.

9. M.M. Siddiqui., "*The Asymptotic Distribution of the Range and Other Functions of Partial Sums of Stationary Process*", Water Resources Research Vol. 12, No. 6, pp. 1271—1276, 1976.
10. Kedar Nath Mutreja., "*Reservoir Capacity for Periodic-Stochastic Input and Periodic Output*", Hydrology Paper No. 86, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1976.
11. George Fleming., "*Computer Simulation Technigues in Hydrology*", Elsevier, pp. 263—272, 1975.
12. Yevjevich, V.M., "*Stochastic Processes in Hydrology*", Water Resources Publications, Fort Collins Colorado, 1972.
13. 崔漢圭, 崔榮博, 金治弘, "河川流量의 水文學的 模擬技法에 關한 研究", 韓國水文學會誌, 第十五卷 第二號, pp. 33—39, 1982.
14. 韓國電力株式會社, "春川水力發電所 建設誌", pp. 50—60. 1966.
15. 建設部, "昭陽江 多目的댐 工事誌", pp. 16—49, 1974.
16. 建設部, "安東多目的댐 工事誌", pp. 15—51.