

漢江水系의 主要流域에 對한 地上學的 因子分析에 關한 研究

中央大學校 副教授〈工博〉 李 培 浩

安 城 農 專 大 助 教 授 柳 熙 正

I. 研究目的

漢江水系內의 17個主要流域을 對象으로 圖上에서 調査된 17個項 284個의 地相學的 因子를 “Factor Analysis”에 依해 各 因子들 間의 相關性을 分析하고, “Forward Stepwise 回歸”에 依해 $Q_{2.33}$ 과의 關係式을 찾아내어 比較分析 하므로서, 水文關係 資料 處理 方向을 모색 한다.

II. 調査資料 範圍

1. 分析流域의 選定

主로 南漢江 水系를 對象으로 既存 Dam 이나 感潮에 依한 影響이 적은, 17個 流域을 擇하여 比較的 自然 그대로의 流出形態를 分析할수 있도록 했으며, 流域面積上으로 小流域에서 大流域에 이르기까지 多樣하게 處理될수 있도록 水位觀測點 別로 流域을 區分하였다.

2. 地上學美的 因子調査

國立地理院 發行 1/50,000 地形圖 33 枚와 1/25,000 地形圖 132 枚에서 河川 流出에 影響을 주는 地相學的 因子를 流域의 Size, Slope, Steepness, Drainage, Siuoasity, Surface 로 大別

하고, 이들을 細分하여 17個 項目에 調査한 方法은 다음과 같다.

① 流域面積 (AREA) : 水位觀測點 別로 流域 boundary 를 1/50,000 地形圖에 넣어 求積器로 5回測定 平均하여 km로 나타냈다.

② 河川延長 (ALC) : 1/25,000 地形圖에서 Curvi-meter로 5回測定 平均하여 km로 나타냈다.

③ 灣曲灣, (SIN₁) : 河川延長 (ALC)을 1km Cord 로 區分測定하고 ALC와의 比로 나타냈다.

④ 滿曲度₂ (SIN₂) : SIN₁ 과 같고 2 km Cord 로 區分測定

⑤ 水面區配 (SC) : Mauning 式 $V = F (S^{1/2})$ 에서

$$T_i = L_i / V = G (L_i / S_i^{1/2}), \text{ TIME} = \sum T_i = \sum (L_i / S_i^{1/2}), \\ SC^{1/2} = ALC / \text{TIME}$$

⑥ 流域傾斜 (SC) : Grid Intersection Method 에 依하여

$$SL = 1,571 * \sum N * \Delta Z / \sum L_i$$

$\sum N$; GridLine 과 等高線 交點의 總數

ΔZ ; 等高線의 高差 間隔 (m),

$\sum L_i$; 流域內 Grid Line 의 總延長 (km)

⑦ 流域傾斜와 河川 水面區配의 比 (RSLsc) ; SL/SC , Steepness 測定置.

⑧ 面積 - 高度 傾斜 (SAE) : Grid intersection method 에 依해

作成, $SAE_{30-70} = \text{Elev. } 70 - \text{Elev. } 30 / (0.7 - 0.3) \cdot \text{AREA}$

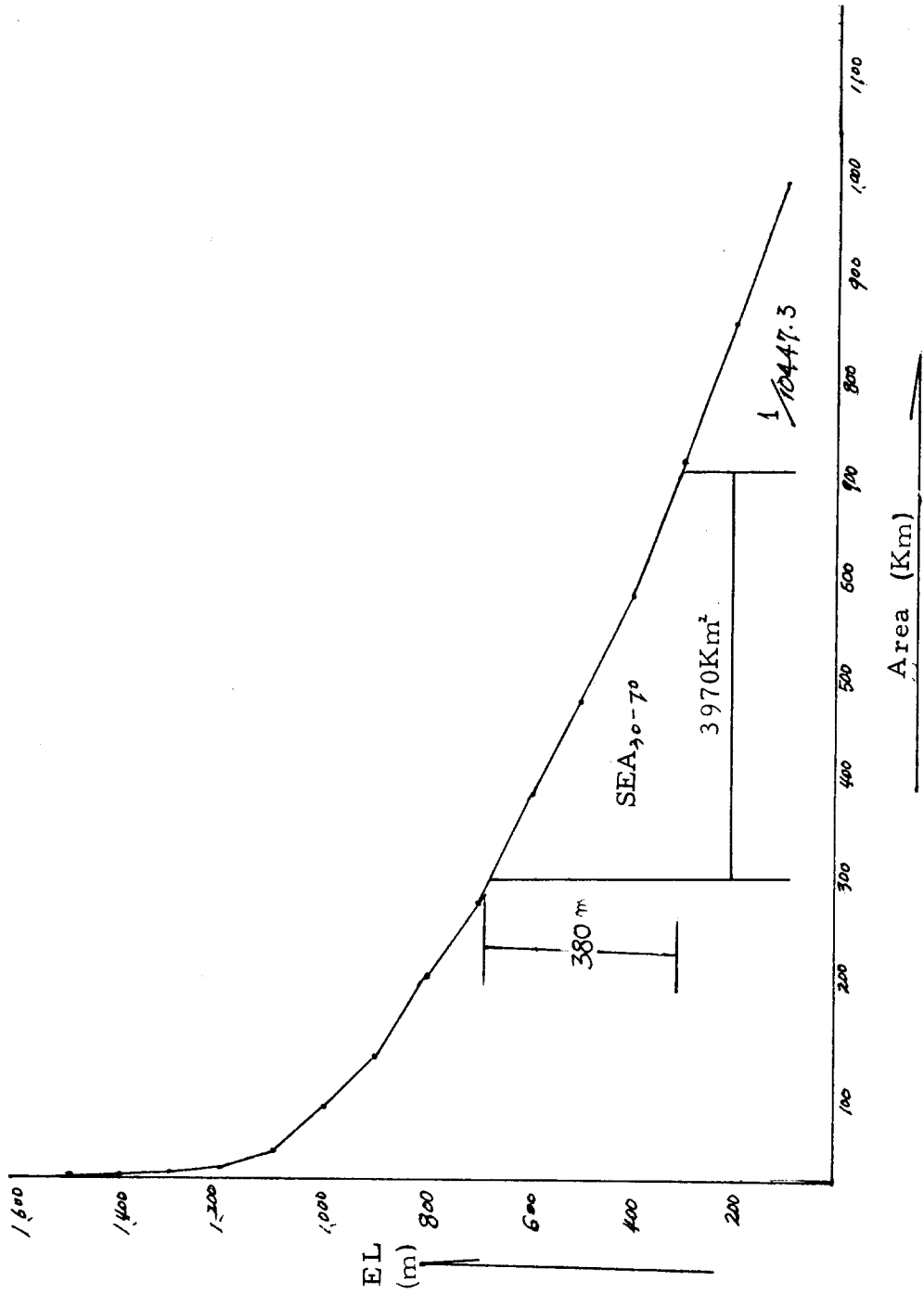


Fig2. Slope of Area - Elevation Curve in Yo Ju Watershed.

⑨ 平均高度 (AME); Grid interecation Method 에 依함.

$$AME = [\Sigma(\Sigma N_i * \bar{Z}_c)] / N$$

⑩ 最高·最低比 (REL); 流域內 最高標高와 最低標高의 比. (Relief)

⑪ 最高·最低差 (DIFH); 流域內 最高標高와 最低標高의 差 (m)

(Ruggedness)

⑫ 河川密度 (DD); 流域內 存在 河川의 總延長을 等高線 맨 끝까지 延長하여 測定한 값을 流域面積으로 나누었다.

$$DD = 1,571 * \Sigma N / \Sigma L_i$$

⑬ 流域形狀 (SHP); $ALC^2 / AREA$

⑭ 山地比率 (FR); [山地面積 (km²) / 流域面積 (km²)] * 100

⑮ 流域內 小溜地의 流域面積 率 (SW); Controled Watorshed (km²)

⑯ 流域 重心長 (LCA); 各 流域을 두꺼운 종이에 그려서 자른後 의 枱 3~5 個點에 “핀”을 꽂아 錐를 단 실을 늘어뜨려 그 直線의 交點을 求하였다. (km)

⑰ 河川區配 (DSC); 河川 發源點의 標高와 水位 觀測點의 標高 差를, 延長으로 나누었다.

※土壤, 地質 因子는 調査上 難點이 많아 다음으로 미루었다.

⑱ 累年平均 降雨量 (MAP); 各 流域을 代表할수있는 雨量觀測所를 選定하여 韓國 水文調査書 (1962-1978)와 韓國水文調査年報 「雨量 編에서 14~23年間의 年平均 降雨量을 算術平均 하였다.

⑲ 累年平均 洪水量 <Q_{2.33}>; 韓國 水文調査書 (1962-1978)와 韓國

河川調査書(1974), 水文調査年報 水位編에서 最近 16 ~ 31年間の最高 洪水位를 발취하여 Rating Curve가 있는 8個所의 것만 流量으로 換算하여 그 算術平均置를 $Q_{2.33}$ 으로 했다.

Ⅲ. 研究方法

1. 流域內 特定因字間의 關係分析

因子間에 關係가 成立되는 것을 Plot 하고 關係式으로 誘導하여 分析檢討한다.

2. 因子分析

復雜한 現相이 어느 少數의 內在因子에 依해서 說明될수 있다는 假政하에서 그 內在因子를 抽出하는 積極的인 解析方法.

因子分析의 構成

- ①. 主因子 解法 → 因子抽出
- ②. Varimax 法 → 直交回轉
- ③. 完全 推定法 → 因子 評點의 推定

一般 多因子 Model

$$x_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} F_j + a_i U_i \dots\dots\dots (1)$$

F_1, F_2, \dots, F_m m個의 共通因子

X_i ; i 번째 確率變數 (實現值=觀測

值라고 假定)

U_i ; 獨立因子

a_{ij} ; 因子 貢荷量 (factor Loading)

條件

- $E(F_j) = 0$
 - $V(F_j) = 1$ (分散 1)
 - $E(U_i) = 0$
 - $V(U_i) = 1$
 - $COV(F_j, U_i) = 0$
 - $COV(U_i, U_j) = 0$
- } 共通因子的 基準化
- } 獨立因子的 基準化
- } 獨立因子와 共通因子的 獨立性
- } 獨立因子間的 獨立性

(1) 式을 行列 記號로 나타내면

$$X = FcA'c + UA'u \dots\dots\dots (2)$$

여기서 $(A'c : A'u) = A'$, $(Fc : u) = F$ 라 하면

$$X = FA' \dots\dots\dots (3) \quad (\text{因子分析의 基本 假說})$$

主因子 解法

基本式 (3) 에서

A : 共通因子 負荷 行列

F : 共通因子 行列

$R = AA'$ 가 된다.

各 要素로 나타내면

$$r_{jk} = \sum_{p=1}^m a_{jp} a_{kp} \quad (j, k = 1, 2, \dots, 1) \text{ 된다.}$$

이 條件에서 $(\sum_{i=1}^1 a_{i1}^2)$ 을 最大가 되도록 決定하는 것이 主因子 解法의 原理이다.

λ_{jk} 를 “Lagrangian” 未定乘數로 하면

$$T = \sum_{j=1}^1 a_{j1}^2 - \sum_{j,k} \lambda_{jk} r_{jk} = \sum_{j=1}^1 a_{j1}^2 - \sum_{j,k} \sum_{p=1}^m \lambda_{jk} a_{jp} a_{kp}$$

..... (4)

式 (4) 를 a_{jp} 로 備微分하면

$$\frac{\partial T}{\partial a_{j1}} = a_{j1} - \sum_{k=1}^1 \lambda_{jk} a_{k1} = 0 \quad \text{..... (5)}$$

$$\frac{\partial T}{\partial a_{jp}} = - \sum_{k=1}^m \lambda_{jk} a_{kp} = 0 \quad \text{..... (6)}$$

다시 Kronecker 의 δ_{ip} 써서 上 2 式을 정리하면

$$\frac{\partial T}{\partial a_{jp}} = \delta_{1p} a_{j1} - \sum_{k=1}^1 \lambda_{jk} a_{kp} = 0 \quad (p=1, 2, \dots, m)$$

$$\text{Kronecker simbol} \begin{cases} \delta_{1p} = 1 & p = 1 \\ \delta_{1p} = 0 & p \neq 1 \end{cases}$$

兩邊에 a_{j1} 을 곱하여 j 에 대한 合을 내면

$$\delta_{1p} \sum_{j=1}^1 a_{j1}^2 - \sum_{j=1}^1 \sum_{k=1}^1 \lambda_{jk} a_{j1} a_{kp} = 0$$

式(5)에서 $\sum_{j=1}^1 \lambda_{jk} a_{ji} = a_{ki}$, $\sum_{j=1}^1 a_{j1}^2 = U_1$ 이라하면

U_1 ; F_1 의 共通性에 對한 貢獻量

$$\delta_{jp} \mu_1 - \sum_{k=1}^1 a_{ki} a_{kp} = 0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式(7)에 a_{jp} 를 곱해서 P에 對한 乘을 求하고 그의 r_{jk}
 $= \sum_{p=1}^m a_{jp} a_{kp}$ 를 고려하면

$$\mu_1 a_{j1} - \sum_{k=1}^1 r_{jk} a_{ki} = 0 \quad (j=1, 2, \dots, p) \quad \dots\dots\dots (8)$$

行列記號로 表示하면

$$(R - \mu_1 I) A' = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式(9)가 實根을 갖기 위하여

R의 固有方程式

$$|R - \mu_1 I| = 0 \quad \dots\dots\dots (10) \quad R \text{의 再成相關行列}$$

貢獻量의 (U)의 最大 U_1 을 第1因子로 다음이 第2
 차례를 求할수 있다.

因子負荷行列 A (a_{ij})를 求하기 위하여 各各의 固有值를 對角要素로

하는 對角行列을 (U_i) 라하고, 對應하는 固有 Vector 을 行의 要素로 하는 固有 Vector 行列을 $V(v_{1j})$ 라하면

$R = A A' = V V' = (V^{-1/2}) (V^{-1/2})'$ 로 되고 $A = V^{-1/2}$ 이 된다.
 上式을 各項에 適用하면

$a_{ij} = V_{ij} \sqrt{U_i}$ 로 된다.
 이 값은 因子와 變量과의 關連整度を 나타낸다.

Verimax 法

因子 F_i 의 判別을 쉽게 하기 위하여, 因子 負荷量에 自乘의 分散으로 보고, 因子 負荷量들에 對해 最大한 判別이 쉽도록 回轉시킨다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^m \sum_{j=1}^m b_{jp}^4 - \frac{1}{n^2} \sum_{p=1}^m \left(\sum_{j=1}^m b_{jp}^2 \right)^2 \dots\dots\dots \text{회전 후 負荷量을 } b_{jp} \text{ 로 했을때 自乘의 分散}$$

Communality 의 크기가 다른 Weight 로 되기 때문에 Communality 規率化, n 가 一定을 考慮하면

$$V = n \sum_{p=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{b_{jp}}{h_j} \right)^4 - \sum_{p=1}^m \left(\sum_{j=1}^n \frac{p^2 b_{jp}}{h_j^2} \right)^2$$

上記에서 最大가 되도록 回轉시킨 값을 Varimax 基準이라 한다.

小巡回 ; 2 個 因子씩 組合으로한 回轉

大巡回 ; mC_2 의 回의 回轉

1 大巡回마다 V 를 求하고, 一定値에 수렴되면 그친다.

回轉貧渡 - 45 45 範圍

$$\varphi = \frac{1}{4} \tan^{-1} \frac{D - 2AB/n}{C - (A^2 - B^2)/n}$$

$$h_j = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^m a_{ji}^2 \right)}$$

$$x_j = a_{jp}/k_j \quad , \quad y_j = a_{jp}/h_j$$

$$u_j = x_j^2 - y_j^2 \quad , \quad v_j = 2x_j y_j$$

$$A = \sum_{j=1}^n u_j \quad , \quad B = \sum_{j=1}^n v_j$$

$$C = \sum_{j=1}^n (u_j^2 - v_j^2) \quad D = 2 \sum_{j=1}^n u_j v_j$$

決定된 를 사용해서 다음과 같이 2 因子씩 回轉

$$\begin{pmatrix} a_{1p} & a_{1q} \\ a_{2p} & a_{2q} \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ a_{np} & a_{nq} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{1p} & b_{1q} \\ b_{2p} & b_{2q} \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ b_{np} & b_{nq} \end{pmatrix}$$

CV c^{-1} V_{10-7} 이면 수렴된 것으로 본다.

因子評點推定 (factor score)

各 標本이 求해진 因子들 어느정도 所有하는가를 Test (完全推定法)

F ; 因子評點의 推定值

B = (b_{ij}) ; 因子評點에 對한 變量의 係數行列

重回歸 Model

$$F = X \times B \dots\dots\dots (12)$$

殘差平方和가 最大로 되도록 最小自乘法으로 B를 決定하고 (12)

式에 代入하여 F를 決定한다.

$$Q = (F - X \times B)' (F - X \times B)$$

B로 備微分하여 0으로 놓고 正規方程式을 求하면

$$-X'F + X'XB = 0$$

여기서 X = F A' 이므로

$$X' = A F' \text{로 되고}$$

左邊에 代入하면

$$A F' F = X' \times B (F' F = I \quad X X' = R)$$

$$A = R B$$

B = R⁻¹A 이값을 (12)式에 代入하면

$$\hat{F} = X R^{-1} A$$

上式에서 求해진 F가 直交解의 경우 完全推定法에 依한 因子 評點의 推定值이다.

3. 回歸分析

Q 2.33 에 對한 各 因子들의 關係를 forward stepwise 回歸分析 結果를 다음과 같은 型의 式으로 誘導한다.

$$Q_{2.33} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_KX_K$$

$$Q_{2.33} = aX_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \dots X_K^{b_K}$$

Q 2.33 ; 累年平均 洪水量

a ; intercept

b_1, b_2, \dots, b_K Regression Coefficient

X_1, X_2, \dots, X_K ; Factors

IV . 結果 및 考察

1 . 流域内 特定因子間の 關係

① 流域面積 (AREA) 와 河川延長 (ALC) 의 關係兩對數紙에

Plot 한 結果, 直線의 關係로, 最小自乘法에 依해 다음式을 얻었다 .

$$ALC = 1.398 \text{ AREA}^{(\beta) 0.60} \quad r^2 = 0.937$$

(α) (β) 의 값을 Gray 는 流域面積 0.62~13.3 mile² , 35 個 流域에서 $\alpha=1.40$, $\beta=0.568$ 로 發表했고, Wu , Hopkins 도 流面積 0.6~1.000 mile² 에서 같다 . 韓國河川書 () 는 全國 400 個以上 河川에서 $\alpha=1.598$, $\beta=0.598$ 로 洛東江 流域은 $\alpha=1.64$. $\beta=0.571$ 로 發表된바 있어, 本 結果와 잘 일치한다 . 의 結果

② 河川重心長 (LCA) 과 河川延長 (ALC) 의 關係方眼紙에 Plot

한 結果, 直線의 關係로, 最小自乘法에 依해 式으로 誘導한바

$$LCA = 2.49 + 0.462 \text{ ALC}^{(b)} \quad r^2 = 0.940 ,$$

(a) 와 (b) 값을 Gray () 는 美國 35 個 小流域의 物理的 特性分析에서 (a) = 0 , (b) = 0.5 로 충분히 使用될 수 있다고 結論적으로 發表한바 있어, 本 結果와 恰似하나 LCA는 各種 水文分析에서 重要性을 지니고 있으므로 分析對象을 考慮하여 檢討使用함이 可한것으로 思料된다 .

2 . Factor Analgsis .

漢江水炭内の 17個 流域에 對한 284個의 地相學的 因子를 Factor Analysis에 依해 分析할 結果 Table-1, 2, 3, 4와 같다 .

Table -1의 結果에서 Eigenvalue를 보면 factrol의 경우 8.62로서 全體의 50% 以上 相關性이 높은 因子들이 集中되고 있음을 意味하며, Pfactor 5,까지에서는 Eigernoave 16.275로서 95.7%를 알려준다 .

Table-5는 Rotated시킨 값을 logarithmic form으로 變換한 것으로서 0.9를 넘는 값이 7개 以上되는 것으로 보아, 이 地域의 因子間의 相關性은 거의 farcor 1에 依해 左右된다고 할 수 있다 .

factor 1에서 相關性이 높은 7個의 因子들中 同時에 1個이상 多重回歸分析에 使用할 경우 1個外에는 모두 無意味하게 된다 .

※ 考察은 생략, 發表에서 하기로함 .

Table - 1 MEAN AND STANDARD DEVIATIONS

| | | | | | |
|---------|----------|----------|---------|---------|----------|
| | AREA | ALC | SINI | SIN2 | SO |
| MEAN | 3301.86 | 149.238 | 1.23718 | 1.50853 | 0.00478 |
| STD DEV | 3945.3 | 114.897 | 0.12488 | 0.38145 | 0.00457 |
| | REL | DIFF | DD | SHP | FD |
| MEAN | 17.46159 | 1257.46 | 0.97603 | 8.9888 | 74.47765 |
| STD DEV | 20.35966 | 239.494 | 0.11487 | 3.20851 | 9.64410 |
| | SL | RSLSC | SAE | AME | |
| MEAN | 0.39762 | 140.914 | 0.89178 | 633.295 | |
| STD DEV | 0.03623 | 83.41952 | 1.49846 | 175.925 | |
| | SW | LCA | MAP | DSC | |
| MEAN | 70.52941 | 68.46588 | 1176.07 | 0.01393 | |
| STD DEV | 134.383 | 47.80275 | 146.319 | 0.01516 | |

Table - 2 EIGENVALUES, PORTION AND CUM PORTION

| | | | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| EI ENVALUES | 8.629242 | 4.266614 | 1.548666 | 0.946834 | 0.883821 | 0.640826 |
| PORTI N | 0.479 | 0.237 | 0.086 | 0.053 | 0.049 | 0.036 |
| CUM PORTION | 0.479 | 0.716 | 0.802 | 0.855 | 0.904 | 0.940 |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| EIGENVALUES | 0.507141 | 0.215776 | 0.161661 | 0.081731 | 0.053472 | 0.043413 |
| PORTION | 0.028 | 0.012 | 0.009 | 0.005 | 0.003 | 0.002 |
| CUM PORTION | 0.968 | 0.980 | 0.989 | 0.993 | 0.996 | 0.999 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| EIGENVALUES | 0.017401 | 0.001712 | 0.001346 | 0.000346 | 0.000000 | 0.000000 |
| PORTION | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| CUM PORTION | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Table-3 FACTOR LOADINGS-from Rotated FACTORS for 17selected watershed characteristics Taken From the Original Analysis (from logarithmic transformation of data)

| Watershed Characteristic | FACTOR 1 | FACTOR 2 | FACTOR 3 | FACTOR 4 | FACTOR 5 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| AREA | 0.95345 | 0.14327 | 0.10973 | -0.19129 | -0.12074 |
| ALC | 0.96870 | 0.17051 | 0.03342 | -0.11746 | -0.12943 |
| SIN 1 | 0.57404 | 0.49029 | -0.39771 | 0.33900 | 0.34891 |
| SIN 2 | -0.03329 | 0.58594 | 0.08074 | 0.61537 | 0.48932 |
| SO | -0.99277 | -0.02358 | -0.07812 | -0.04190 | -0.03843 |
| SL | 0.11540 | 0.81851 | -0.50765 | -0.04055 | 0.19233 |
| RSLSC | 0.99046 | 0.10281 | 0.00538 | 0.01974 | 0.05296 |
| SAE | -0.96896 | -0.04390 | 0.05060 | 0.18038 | 0.12899 |
| AME | 0.24545 | 0.86000 | -0.19705 | 0.38811 | 0.05734 |
| REL | 0.63892 | -0.18058 | 0.55853 | -0.39908 | -0.25051 |
| DIFH | 0.68153 | 0.07867 | 0.20334 | -0.62579 | -0.09008 |
| DD | -0.03325 | 0.23462 | -0.11954 | 0.94236 | 0.08614 |
| SHP | -0.88729 | 0.24695 | -0.25096 | 0.17038 | -0.14505 |
| FR | -0.46960 | 0.30530 | -0.11696 | 0.22734 | 0.78074 |
| SW | -0.90575 | -0.24710 | 0.23291 | -0.08850 | -0.17722 |
| LCA | -0.97667 | 0.13876 | -0.10494 | -0.07639 | -0.07348 |
| MAP | -0.00458 | -0.29124 | 0.92792 | -0.10420 | 0.00100 |
| DSC | -0.98296 | -0.09985 | 0.05297 | -0.01170 | 0.08720 |

TABLE-4 CORRELATION COEFFICIENT MATRIX of SELECTED CHARACTERISTICS
(UPPER DIAGONAL OF LOG-TRANSFORMED DATA.LDWER DIAGONAL OF ARITHMETIC DATD)

| Character istic | AREA | ALC | SIN 1 | SIN 2 | SC | SL | RSLSC | SAE | AME | REL | DIFH | DD | SHP | FR | SW | LCA | MAP | DSC |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| AREA | 1.00000 | 0.99207 | 0.46203 | -0.10797 | -0.94847 | 0.15366 | 0.95162 | -0.97522 | 0.25423 | 0.76039 | 0.80884 | -0.20156 | 0.82284 | -0.55624 | 0.88948 | 0.96274 | 0.06209 | -0.95711 |
| ALC | 0.96830 | 1.00000 | 0.54070 | -0.06390 | -0.95852 | 0.21306 | 0.96786 | -0.98297 | 0.32402 | 0.68910 | 0.76654 | -0.11566 | 0.88775 | -0.53449 | 0.87431 | 0.99489 | -0.01481 | -0.97773 |
| SIN 1 | -0.12298 | -0.03708 | 1.00000 | 0.60336 | -0.56947 | 0.70374 | 0.63182 | -0.49575 | 0.79077 | -0.18891 | 0.14336 | 0.50491 | 0.75220 | 0.26661 | 0.19401 | 0.62441 | -0.52808 | -0.59316 |
| SIN 2 | -0.29555 | -0.21232 | 0.42911 | 1.00000 | -0.04026 | 0.49574 | 0.07307 | 0.19246 | 0.74285 | -0.43390 | -0.39397 | 0.74297 | 0.10684 | 0.63575 | -0.29911 | -0.04272 | -0.19109 | -0.01406 |
| SC | -0.53229 | -0.65851 | -0.06266 | -0.19177 | 1.00000 | -0.10249 | -0.99372 | 0.94451 | -0.26926 | -0.65268 | -0.64990 | 0.00358 | -0.85955 | 0.43043 | -0.90652 | -0.95700 | -0.04822 | -0.97587 |
| SL | -0.21710 | -0.06663 | 0.41749 | 0.38643 | -0.11973 | 1.00000 | 0.20984 | -0.15774 | 0.83281 | -0.38474 | 0.01591 | 0.21659 | 0.40047 | 0.40814 | -0.22824 | 0.26211 | -0.70003 | 0.21743 |
| RSLSC | 0.92066 | 0.97384 | -0.04589 | -0.11588 | -0.76583 | -0.08176 | 1.00000 | -0.95142 | 0.34429 | 0.60118 | 0.64906 | 0.00274 | 0.89021 | -0.38910 | 0.86970 | 0.97363 | -0.03874 | 0.98494 |
| SAE | -0.41530 | -0.53236 | -0.24075 | -0.12403 | 0.90161 | -0.28897 | -0.60109 | 1.00000 | -0.20829 | -0.68706 | -0.77541 | 0.19433 | -0.87217 | 0.57476 | -0.88867 | -0.97778 | 0.03891 | 0.97226 |
| AME | -0.29450 | -0.19281 | 0.56484 | 0.61605 | -0.01782 | 0.60524 | -0.21122 | -0.23989 | 1.00000 | -0.28301 | -0.07152 | 0.57526 | 0.53458 | 0.30379 | -0.07174 | 0.34368 | -0.46815 | 0.34268 |
| REL | 0.39317 | 0.80503 | -0.26964 | -0.33139 | -0.40200 | -0.53194 | 0.75042 | -0.25532 | -0.48659 | 1.00000 | 0.79401 | -0.52516 | 0.33057 | -0.70329 | 0.83401 | 0.58581 | 0.58105 | 0.60536 |
| DIFH | -0.77224 | 0.83587 | -0.16885 | -0.39910 | -0.57714 | 0.06384 | 0.79463 | -0.48615 | -0.20596 | 0.61700 | 1.00000 | -0.58105 | 0.50300 | -0.54137 | 0.68102 | 0.72515 | 0.23312 | 0.63525 |
| DD | 0.35474 | -0.41323 | 0.02432 | 0.33313 | 0.22136 | -0.11834 | -0.39976 | 0.08502 | 0.29162 | -0.24434 | -0.61150 | 1.00000 | 0.21627 | 0.38581 | -0.23395 | -0.06282 | -0.27838 | 0.01244 |
| SHP | -0.58605 | 0.75151 | 0.08790 | 0.01932 | -0.79035 | 0.21933 | 0.79537 | -0.66113 | 0.07874 | 0.38755 | 0.65201 | -0.32640 | 1.00000 | -0.38045 | 0.69471 | 0.92678 | -0.29531 | 0.91489 |
| FR | 0.73749 | -0.68240 | 0.21197 | 0.58375 | 0.19586 | 0.50008 | -0.62013 | 0.07939 | 0.52192 | -0.74265 | -0.50858 | 0.20554 | -0.42601 | 1.00000 | -0.67885 | -0.48232 | -0.21260 | 0.46507 |
| SW | 0.90615 | 0.80435 | -0.25909 | -0.34245 | -0.41205 | -0.52010 | 0.76890 | -0.28602 | -0.46522 | 0.95843 | 0.57590 | -0.20751 | 0.38531 | -0.76648 | 1.00000 | 0.84284 | 0.29555 | 0.87885 |
| LCA | 0.89834 | 0.96944 | 0.04030 | -0.19011 | -0.63878 | 0.05105 | 0.96458 | -0.58427 | -0.12689 | 0.65792 | 0.85285 | -0.44016 | 0.81449 | -0.63986 | 0.68830 | 1.00000 | -0.13431 | 0.97830 |
| MAP | -0.33924 | 0.16862 | -0.33486 | -0.13882 | 0.04492 | -0.50825 | 0.10085 | 0.15108 | -0.44764 | 0.61814 | 0.20065 | -0.03938 | -0.26379 | -0.25391 | 0.57683 | 0.00767 | 1.00000 | 0.08678 |
| DSC | -0.48464 | -0.59777 | -0.35198 | -0.22718 | 0.91031 | -0.21565 | -0.67562 | 0.56228 | -0.23425 | -0.31635 | -0.43441 | 0.01657 | -0.69658 | 0.15623 | -0.35067 | -0.64418 | 0.14814 | 1.00000 |

Table-5. Results of forward stepwise regression Analysis.

| Classification | step | Function | R ² | Remark |
|------------------|------|--|----------------|--------|
| arithmetic form | 1 | $Q2.33 = -267.57 + 43.17 \text{ LCA}$ | 0.8859 | |
| | 2 | $Q2.33 = 3705.47 - 794783.02 \text{ SC} + 23.58 \text{ LCA}$ | 0.9662 | |
| | 3 | $Q2.33 = 1527.16 - 574168.90 \text{ SC} + 186.11 \text{ SHP} + 20.91 \text{ LCA}$ | 0.9866 | |
| | 4 | $Q2.33 = 3829.62 - 3868.62 \text{ SIN}_1 - 152957.08 \text{ SC} + 298.22 \text{ SHP} + 24.56 \text{ LCA}$ | 0.9991 | |
| | 5 | $Q2.33 = 3628.25 + 3.89 \text{ ALC} - 4156.51 \text{ SIN}_1 - 71184.06 \text{ SC} + 330.15 \text{ SHP} + 16.60 \text{ LCA}$ | 0.9995 | |
| | 6 | $Q2.33 = 5001.74 + 3.76 \text{ ALC} - 4657.67 \text{ SIN}_1 - 38240.57 \text{ SC} + 308.08 \text{ SHP} + 17.70 \text{ LCA} - 0.60 \text{ MAP}$ | 1.000 | |
| | 7 | | | |
| Logarithmic form | 1 | $Q2.33 = 3.69 \text{ LCA} \cdot 1.01$ | 0.9847 | |
| | 2 | $Q2.33 = 3.18 \text{ SHP} \cdot 0.76 \text{ LCA} \cdot 0.74$ | 0.9993 | |
| | 3 | $Q2.33 = 4.79 \text{ DIFH}^{-0.25} \text{ SHP} \cdot 0.71 \text{ LCA} \cdot 0.80$ | 0.9959 | |
| | 4 | $Q2.33 = 5.38 \text{ DIFH}^{-0.27} \text{ SHP} \cdot 0.73 \text{ FR}^{-0.095} \text{ LCA} \cdot 0.787$ | 0.0000 | |

3. 回歸分析

Q2.33 을 從屬變數로, factor 들을 獨立變數로하여 回歸分析한 結果 다음式에 誘導 되었다. ※考察생량→発表時

本 研究에서 漢江水 의 主要 17個 流域을 分析檢討한바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. AREA - ALC 의 關係

$$ALC = 1.398 \text{ AREA}^{0.6} \quad R^2=0.937$$

2. LCA - ALC 의 關係

$$LCA = 2.49 + 0.462 \text{ ALC} \quad R^2=0.940$$

3. factor Analysis에서 相關關係가 높은 因子는 stepwise 回歸에서도 높게 나타나지만 段階別로는 脫落되는 因子도 있다.

4. 이 地域은 factor 1에 相關性 比重이 50%이상 集中된다.

5. factor 의 各 群에서 相關性이 높은 factor가 1個以上 回歸分析은 無意味하다.

6. factor Analysis에 依해서 流域의 感應性을 바르게 把握할 수 있다.

7. 水文分析에서 r^2 값이 떨어지더라도 測定이 用易한 因子를 使用할 수도 있다.

특히 많은 量의 Data를 回歸分析할 경우 Factor Analysis를 하므로서 相關關係가 높은 因子를 段階別로 取할 수 있으므로 程度높은 回歸分析을 할 수 있다.

8. 回歸分析 結果式은 Table-5와 같다.