數理統計學의 水文學에의 應用

朴　成　宇

1. 머 리 말

이 論文은 다음 號에 發表豫定인 筆者의 3年間의 일의 結果인「우리나라의 灌漑, 排水, 河川의 洪水調節을 爲하여 水文學的 諸資料를 주기 爲한 硏究」의 一部인 韓國의 降雨分析을 理解시키기 爲한 基礎的인 數學的 展開를 現在 歐美各國의 硏究者들의 硏究狀況을 紹介하므로써 滿足할 것이라고 生覺되기에 最近의 이 方向의 것을 여기 要約하여서 發表한다. 事實 다음號에 發表豫定인 筆者의 論文은 比較的 現場技術者 諸兄에게는 그다지 親密하지 않은 數理統計學을 利用하여 結果된 것이므로 其等의 數學的 說明을 지루하게 하는것을 避하기 爲한 것이며, 그러나 한 硏究의 結果가 其의 理論的인 基礎없이는 그리고 其 基盤이 萬人이 納得가는 것에 依하여야 한다는것은 常識이기에 筆者는 다음號의 自己의 論文을 爲하여 即 其論文의 數理的理論을 事實上 여기서 論하고 있는 셈이다. 그러나 다음號의 筆者의 論文中의 「降雨繼續中의 密度關係」에서의 數學的 基礎는 여기에 없다. 그것은 筆者만의 새로운 數學的 處理이다. 統計學이란 自然 또는 社會의 現象을 數學的 記號와 數學的 言語에 依하여 論하는 學問이며 더욱 自然의 오랜 現象을 觀測하면 거기에는 自然의 法則을 우리에게 暗示해준다. 우리는 아직 우리의 周圍에 있는, 그리고 其의 現象이 至極히 우리의 生活에 必要한것이지만 아직 其의 法則을 理解못하고 있는것이 많다. 그래서 이러한 法則을 찾어내려는 하나의 努力의 方法으로서 統計的方法에 數理的理論을 加味하는 手法이 使用되고 있다.

歷史的으로 이의 起源을 살펴보면 水文學的諸構造物의 計劃에 있어서 水學的諸量을 取扱하여 이것을 合理化하려는 試圖에서 美國의 W.E. Fuller가 1913年 頃에 着目하였고 A. Hazen等에 依하여 引繼되었다. 重要하고 巨大한 事業에 其의 科學的인 根據없이 直觀的 또는 設計者의 主觀에 依하여 이러한 水文事象을 處理하거나 또는 어떠한 實際的인 事由와 妥協하여 水文學的 諸構造物의 設計基準을 擇하거나 또는 漠然한 基準에서 이러한 硏究가 적어도 技術者의 良心的 基本指針을 줄수는 없다고 생각한다.

여기서는 Fuller 以來의 歷史的 過程을 따르므로서 其의 基本槪念을 把握하고 對數正規法(logarithmic normal distribution)에 對하여 여러자지 適用法과 다음에 現在標準法으로 되어있는 Gumbel 法(極値極限法)과 其後의 非母數法等의 最近의 傾向을 說明하고 數理統計學의 以後의 이 方面에의 利用可能을 說明하려 한다.

2. 洪水確率의 理念化

Fuller는 歐美의 많은 河川에서 얻은 資料에서 다음과 같은 實驗式을 提案했다.

※ W. F. Fuller : Flood blows Trans. A. S.C.E. Vol. 77 (1941)

$$R' = Q'/Qave = (1+0.8\log T) \cdots\cdots\cdots ①$$

여기서는 各1年間에서의 最大24時間 平均洪水量을 q'로서 表示하면 N個年에서의 記錄에서는 N個의 q'의 값이 生긴다. 이러한 q'의 값을 其의 크기의 順序대로 $q'_1, q'_2, q'_3 \cdots\cdots\cdots q'_n$로 한다면

$$Q_i' = \left(\sum_{j=1}^{i} q_j'\right)/i \quad Q'_{ave}=Q'_N, \quad T_i' = N/i$$ 로서

表示할 수 있다. 이렇게 하여서 그는 Q_i'의 값으로서 T_i'年의 24時間 平均洪水量이라고 呼稱하였다.

이 方法에 따른다면 틀림없이 $i=1$일때는 $Q_1' = q_1'$(旣往의 N個中 最大)는 $T_1' = N$年 洪水로 되어서 N年間에서의 한번은 이 以上의 값을 取하여진다는 實際의 記錄上의 값과 一致하지만 i가 그 以上의 값을 取한다면 Q_i'는 i번에 오는 크기의 q_i' 以上의 i個中의 q'에 對한 算術平均値를 가르치기 때문에 實際의 記錄上의 T_i' 年洪水($=q_i'$)의 값보다 커질 것이다. 그러나 이러한 애매한것은 어느 程度 數理統計學이 是正해 줄 수 있을 것이지만 여기서는 根本的으로

로 Fuller의 方法의 根本問題를 是非 해 보자. Fuller는 Semi-log paper에 R'_i와 T'_i를 plot하여서 式 ①의 두個의 常數1과 0.8을 決定지었다. 그러나 日本에서는 이 式 ①을 利用하여 實際的으로 몇個의 河川에 適用하여서 洪水生起確率年을 計算하니 $R'=Q/Q_{ave}=1+1.4\log T'$의 값이 나왔고 또 2~3個의 河川에서 同一한 方法에 依하여 其의 常數를 計算하니 Fuller의 常數 0.8代身에 1.1~1.4 程度의 값이 나왔다고 한다. 여기에 하나 注意해야 할것은 Fuller의 洪水量은 24時間 平均洪水量 q' 였지만 日本에서는 尖頭洪水量(peak flood flow) q를 代置했다. 事實上 洪水調節과 堤防等의 治水計劃에서는 q' 보다 q의 값이 重要한 資料가 될것은 勿論이다. Fuller는 Q 에서 Q의 값(q'에서 q의 값)을 得하는데는 $Q=Q'(1+2A^{0.3})$로서 주었다. 但 A는 流域의 面積이며 square mile 單位이다. 그리고 또 ①式을 使用할 때는 $N<10$의 條件이며 Q_{ave}의 값에 自信이 없다면 $Q'_{ave}=CA^{0.8}$의 式으로 주었다. 但 Q'_{ave}는 (cfs), A……流域의 面積(平方哩), C는 河川의 係數이며 美國에서는 $C<100$이지만 日本에서는 $C>100$으로 取扱하고 있다. 結論的으로 Fuller의 實驗式으로서는 $Q=CA^{0.8}(1+0.8\log T')(1+2A^{0.3})$으로 되지만 問題는 C의 값의 定하는것에 달려있다고 본다. Fuller는 旣往의 記錄에서 定하여졌는 式 ①을 使用하여서 Fig ①의 直線關係를 右쪽까지 뻗쳐 未來의 값도 推定하자는 目的이였다. 그래서 그는 各種工事에 對한 必要한 값을 計算하여서 表 ①와 같은 것을 提示하였다.

Table ①

各種水文諸構造計劃洪水量에 對한 Fuller의 洪水年標準.

種　　別	破損時의被害程度	$1+0.8\log T'$	洪水年 T'
①建設期間中의 暫定的構造物	僅　少	1.5~2	$10^{0.625}\sim10^{1.25}$
②小規模의 永久構造物	僅　少	2~3	$10^{1.25}\sim10^{2.5}$
③暫定構造物	比較的大	2~3	$10^{1.25}\sim10^{2.5}$
④大規模의 永久的構造物	物的損失만이大	3~5	$10^{2.5}\sim10^{5}$
⑤　〃	物的人的被害大	5~6	$10^{5}\sim10^{6.5}$

即 Toble (1)는 美國에서 Fuller 時代의 것이며 今日에 있어서도 이러한 標準을 使用하고 있지만 國家의 經濟狀況의 變化와 流域에 있어서의 水文學的 條件이 相異한 우리나라에서 이 表를 使用한다는 것은 無意味한 것이다. 여기서는 Fuller의 此理論에 對하여 確率統計에 애매한 點이 많기때문에 여기 그에 對하여 一次 注意해 보기로 한다.

以下의 說明에서는 q(尖頭洪水量)의 값을 使用한다면 過去의 記錄을 그의 크기의 順序로 쓰면 q_1, q_2,……p_N가 된다. 여기서 얻어진 q_1, q_2,……q_N의 各各 自己의 값보다 큰값을 取하여 q가 생기는 超過確率은 보기에는 $W^1={}^1/_N$, ${}^2/_N$……${}^N/_N=1$이 된다는것을 알게된다. 그래서 보기에는 洪水年 T'의 값은 이等의 逆數를 取한 것이 되니까 其의 하나하나는 N_1, $N/_2$…… 1等이되며 q에 對하여는 $T'_i={}^1/_{wi}'=N/_i$年으로서 우선 規定지운 것이다. 然而나 이것을 좀더 嚴密히 確率密度曲線에 立脚하여 생각해보자. 只今 q에 相當하는 確率變量을 X라고 하면 X가 알맞게 $q_1=x_1$, $q_2=x_2$……$q_n=x_n$가 생기는 標本上의 生起確率은 q_1, q_2,……q_n 中에서 두個以上의 같은 값을 갖이는것이 없는限 모두가 ${}_1/{}^N$이 될것은 明白한 事實이다. 標本上의 Histogram는 Fig ①에서 보는 바와 같이 X 軸上에 x_1, x_2……x_n를 取하고 이等을 中心으로 하는 X의 連續微小區域上에 $({}^1/_n)$만큼의 面積을 갖이게끔 矩形을 세운 셈이된다. 即 標本値 x_1, x_2……, x_n는 各區域의 端點이 되는것이 않이고 各區域의 代表値로서의 中點이라고 생각해야 할것이다. 따라서 $q_1=x_1$, $q_2=x_2$……, $q_n=x_n$에 對한 嚴密한 標本上의 超過確率 W는 其의 各各의 값보다 오른쪽의 面積 ${}^1/_{2n}$, ${}^3/_{2n}$, ……(2/n−1)/2n로서 表示할 수 있을 것이다. 또 嚴密한 標本上의 洪水年 T는 其의 逆數가되며 一般的으로 i 차례의 標本値$qi=xi$에 對해서는 다음과 같은 關係를 갖이게 된다. 即 xi에 對해서는 $wi={}^{(2i-1)}/_{2n}$, $Ti={}^1/_{wi}={}^{2n}/_{(2i-1)}$……③

이렇게 嚴密히 追窮하면 Fuller 式으로 i 차례의 標本値 qi보다 많은 값의 平均値 Qi와 보기에 나타났는 Ti'의 값을 取하는 것보다 $qi=xi$ 自體와 嚴密한 標本上의 超過確率 wi와 關係를 是非하는 것이 合理的이라는것을 알게된다.

$q=x$와 w와의 關係를 한번 더 Fig ①의 Histogram에서 살펴보기로 하자.

$x_i(i=1, 2, 3\cdots\cdots N)$의 間隔은 橫軸上 中央의 點에서 若干 왼쪽자리에서 嚴密하며 이것을 左右쪽으로 離脫되면서 漸次로 其의 Interval이 커지는 것이 보통이다. 그래서 標本上 生起確率 $(1/n)$을 갖이는 等面積矩形을 그려가면 其의 높이는 底邊長에 逆比例한다. 故로 그림과 같이 中央에서 若干 왼쪽에서 最高가 되는 그러한 Unsymetrical histogram가 된다. 그러나 이러한 Histogram는 어디까지나 標本上의 것이며 統計的으로서는 이러한 曲線自體를 發見해야 할 것이며 發見한 後에 x_i의 값에 對한 確率을 推定해야 할 것이다. 여기에 이 密度曲線을 나타내는 密度函數를 $V(x)$라고 하면 $x-$Axis上의 x에 依하여 其의 生起確率은 計算된다. 即 $V(x)dx$가 그것이다. Fig ①에서 밑에있는 그림으로 超過確率을 圖示한다면 標本上에서는 $X-$Axis의 $x_1, x_2, x_3\cdots\cdots x_n$ 上에 $w=1/2n,\ 3/2n,\ 5/2n\cdots\cdots (2n-1)/2n$의 값을 갖인 縱距의 左下向하는 折線이 만드러진다. 그래서 좀 더 數學的인 記號를 使用한다면 X値에 相當하며 其의 x에서 오른쪽의 密度線과 둘러쌓인 面積 $w(x)=\int_{x}^{x\text{의 上限}} V(x)dx$를 縱距로하는 曲線이 만드러진다. 이와같이 超過確率을 直接 圖示할 수 있는 線圖를 繼續線, 또 $w(x)$를 繼續函數라고 부른다. 그러면 全確率은 即 密度線下의 總面積은 1인까닭으로 非超過確率을 가르키다 累加線은 繼續線을 其의 $w=0.5$에 該當하는 點의 周圍에 上下로 轉倒하였는 線型을 가르키게되며 累加函數는 $1-w(x)$로 된다는것을 理解할 수 있다. 即 다시말하면 X와 W와의 關係에서 X와 W와의 關係를 推定하면 된다는것을 알 수 있기 때문에 Fig ①의 上半分의 密度線은 새삼스러히 그려서 其의 生起確率을 論할 必要가 없다.

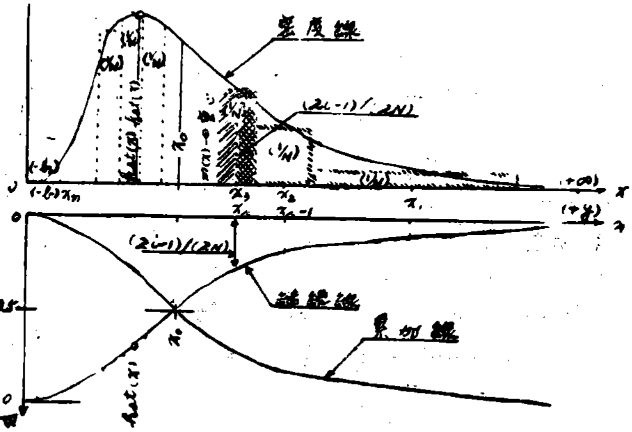

圖-1 密度線과 繼續線

3. 對數正規法

前節에서 論했는 $v(x)$, 그리고 여기에 連關되는 $w(x)$에 對해서 어떠한 統計的 分布函數를 假定했으면 좋을 것인가에 對하여서는 Fuller 以後 pearson의 I, III form을 利用한 Foster法 그리고 또 pearson의 III型에 類似한 經驗的인 數表를 使用한 Harzen法, 또는 Goodrich法等에 考案되었지만 1935年頃부터 歐美各國에서 여기 論하려는 對數正規分布(logarithmic normal distribution)를 利用하는 方法이 生겼다.

于先 統計的分布에서 普通 우리가 使用하는 normal distribution function에 對하여 생각해보자. 여기서는 먼저 $v(x)$, $w(x)$等과 區別하기 爲하여 添字0를 붙쳤다면

$$\left.\begin{aligned} V_0(x) &= \frac{1}{2}\phi_0(\varepsilon)\frac{d\varepsilon}{dx} = \frac{h}{\sqrt{\pi}}\mathrm{EXP}\{-h^2[x-m(x)]^2\} = V_0(\varepsilon) \\ &\text{여기서}\quad \varepsilon = h[x-m(x)] \end{aligned}\right\}\cdots ④$$

$$W_0(x) = \frac{1}{2}[1-\phi_0(\varepsilon)] = W_0(\varepsilon) \cdots\cdots ⑤$$

一般的으로

$$\left.\begin{aligned} \phi_0(\theta) &= \frac{2}{\sqrt{\pi}}\mathrm{Exp}(-\theta^2)\ (\text{Gauss의 誤差函數}) \\ \phi_0(\theta) &= \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\theta}\mathrm{Exp}(-u^2)du = \int_0^{\theta}\phi_0(u)du \end{aligned}\right\}\cdots ⑥$$

여기서 ④式中의 $m(x)$는 (x)의 mean, h는 (x)의 Standard deviation $str(x)$, 即 $h=1/\{\sqrt{2}\ str(x)\}$의 關係를 갖이게 되는 常數이다. 따라서 $m(x)$, h는 N個의 標本値 (x)에서 다음의 式으로 推定할 수 있다.

$$\left.\begin{aligned} m(x) &= \sum_{i=1}^{N} x_i/N, \quad h = 1/\{\sqrt{2}\,str(x)\} \\ str(x) &= \left[\sum_{i=1}^{N}\{x_i - m(x)\}^2/N\right]^{0.5} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots ⑦$$

이렇게 하여서 두個常數를 推定한 다음에 ④

式에 依하여 任意의 x에 對하여서 ε의 값을 求하면 된다. 이 x에 對한 $W_0(x)=W_0(\varepsilon)$는 常用하는 數表에서 바로 찾어 낼 수 있을 뿐만 아니라 이와 反對로 $W_0(x)$를 주어서 x의 값을 推定할 수도 있는 것이다. 이러한 數表는 普通 $\sqrt{2}\,\varepsilon$과 $W_0(\varepsilon)$과의 關係가 많은 統計敎課書에 실려져 있다. 然而나 이 正規分布는 x의 값이 $+\infty$에서 $-\infty$까지의 사이에 左右가 Symetric한 函數인 때문에 어떻한 手段에 依하여 Fig ① 에서의 Histogram과 같이 中央에서 若干 왼편쪽에서 Mode hst(x)를 갖이는 Unsymetrical distribution function을 만들기 爲하여 對數正規分布(logarithmic normal distribution)를 생각해냈다. 그래서 其中 가장 간단한 型은 ④式中의 變量 (x) 代身 그의 絶對値 (log x)를 變量으로하는 分布이다. 그래서 그의 密度及 積積函數를 $V_E(x)$, $W_E(x)$라고 하면 ④式中의 媒介變量 ε가 다음과 같은 型으로 變할뿐이지 이 函數의 q에 對해서는 $v_0(x)$ $w_0(x)$와 全然 꼭 같은 型이 남는다.

卽 $\varepsilon = k\{\log x - m(\log x)\} = k \log (x/x_0)$

여기서 $m(\log x) = \log x_0$, ………………… ⑧

此式中 두개의 常數는 式 ⑦과 같은 것이며

$$m(\log x) = \sum_{i=1}^{N} (\log xi)/N = \log x_0,$$

$$k = 1/\{\sqrt{2}\ \mathrm{str}\ (\log x)\}$$

$$\mathrm{str}(\log x) = \left[\sum_{i=1}^{N}\{\log xi - m(\log x)\}^2/N\right]^{0.5} = \left[\sum_{i=1}^{N}\{\log (xi/x_0)\}^2/N\right]^{0.5} \quad \cdots⑨$$

여기서 얻어진 값등에 依하여 먼저 말한 數表에 依하여 x와 $W_E(x)$와의 關係를 推定할 수 있다, 그러나 이러한 複雜한 手段을 없애고 直接的인 圖解에 依하여 此等의 값을 求하려 했던것이 Hazen의 法이다. Hazen法은 그가 考案했든 特別한 Hazen紙에 依하여 解法을 만든 것이다. 이 特別한 pape의 만드는 方法과 其의 理論的根據는 여기서 省略한다.

4. Gumbel(極 極限)法과 非母數法

a) Gumbel法

위에서 말한 것과는 全然 다른 方法이 順序統計學的인 思考下에서 1941年頃부터 始作되어 現在로서는 美國에서 標準型이 되어있는 Extreme limitting distribution (極値 極限分布)에 발받침을 하는 E. J. Gumbel의 方法이 있다. 第三節에서 logarithmic normal distribution에서 Hazen氏法을 若干 改良한 方法에 日本京都大學衛生工學科 岩井重久敎授의 岩井法이 있다. 여기서는 그의 興味있는 數理論과 그의 例題等의 原文을 筆者가 多數 所有하고 있기 때문에 이것은 次後에 機會에 미루기로 한다. 只今 確率變量 x 가 前節에서의 V(x), W(x)等의 記號와 同一한 것으로 取扱하고 f(x)의 密度函數, 그리고 또 F(x)의 累加函數에 따른 것이라고 한다면 여기 萬若 n個의 標本値를 큰것부터 順序에 따라 x_1, x_2, ………, x_n로 했을때 x가 m차례의 x_m의 값을 取하게 되는 確率密度는 乘法의 定理에 依하여 $x_1 \sim x_{m-1}$에 對한 $\{1-F(x_m)\}^{m-1}$ 또 x_m에 對한 $dF(x_m) = f(x_m)d_m$, $x_{m+1} \sim x_n$에 對한 $\{F(x_m)\}^{n-m}$를 곱한 것에서 얻을수 있는 모든 可能한 Combination $\lfloor n / \{\lfloor (n-m) \lfloor (m-1)\} = \binom{n}{m}m$를 곱한 것으로 되는 것이며 다음의 3項分布形으로 되는 것이다. 卽 順序統計量의 基本確率密度

$$d\theta(m) = \binom{n}{m}m\ F(x_m)^{n-m}\ \{1-F(x_m)\}^{m-1}\ f(x_m)\ dx_m \cdots\cdots⑩$$

또 두個의 Extreme value인 max. x_1, min. xn에 對해서는

$$\left.\begin{aligned} d\theta_{(1)} &= n\{F(x_1)\}^{n-1} f(x_1)\, dx_1 \\ d\theta_{(n)} &= n\{1-F(x_n)\}^{n-1} f(x_n) dx_n \end{aligned}\right\} \cdots\cdots⑪$$

여기서 x_1에 對해서 n의 極限$+\infty$까지를 取했을때 θ의 distribution은 다음과 같은 form인 것이 알려져 있다. 卽

$$\left.\begin{aligned} \theta &= \mathrm{Exp}\{-\exp(-\eta)\} \\ \eta &= a\ x - b),\ a, b 는\ \mathrm{Const.} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots⑫$$

以下에서의 說明은 x_1에 對해서만 取扱한다. 理由는 max. flood에 對하여서만 우리는 必要할때가 많으니까. min. xn에 對한 것은 max. 渴水에 對한 것으로 ⑪의 F(x)에對한 追窮에 依하여 찾어낼 수 있는 것이지만 여기서는 省略한다. ⑫에서 θ를 x의 function이라고 생각한다면 이것은 x에 對한 累加函數 F(x)가 바로 그것이다. 그래서 어떠한 方法에 依하여(여기서는 퍽 지루하니까 其의 方法을 論하는 것은 省略한다. (事實 이글의 算者의 意圖는 現在 使用되고

있고 그것이 벌서 理論的으로 認定받고 있는 方法이기 때문에 그다지 詳細한 說明의 必要가 없다고 생각하며 다만 此等의 史的背景을 論하려는 것이 目的이기 때문에) ⑫의 Const. a, b의 값을 決定지운다면 若干의 手苦끝에 洪水의 Return period (T)의 값을 計算할 수 있다. 이 計算을 하는데 極히 便利하게 考案된 것이 Gumbel 紙인데 이것에 依하여 容易하게 所要의 값을 算出하고 있다.

b) 非函數法

變量 x의 根本問題를 생각지 않은채로 其의 크기의 順序만을 考慮하고 純順序 統計學的으로 誘導한 것이 非函數型分布 (Non—parametric distribution)를 使用하여서 解析하는 方法인데 이것은 大洪水가 않인 小洪水를 相對로하는 都市의 上水道設計에서 max. flood value 보다 적은 값을 取하여 設計의 基準으로 使用하려 할때 有效할 것이며 1948年부터 H. A. Thamas. Jr 에 依하여 着目한 것으로 最近에는 Gumbel 等의 大數理統計家等도 여기 注目하고 있다. 結論的으로 말하면 此方法에 依한 計算에서는 n 의 값이 25의 경우에 其의 Confidence Significant 는 0,900～0,962에 達한다고 한다.

5. 結　論

위에서 極히 簡單하게 美國을 中心으로 하는 (現在 美國이 水文學分野는 第一 발달한 나라) 이 方面의 硏究에 對한 歷史를 회고하면서 近來의 動向을 解說할 것이다. 이러한 數理統計的基礎 위에서 筆者는 새로운 方法을 發見한 것은 않이며 이들의 方法을 踏襲하여 우리나라의 降雨分析을 始作했을 뿐이다. 4節5節等의 方法은 現在 美國에서 가장 熱心히 理論展開를 하고 있으며 우리도 水文學的 諸構造物의 設計에 주먹九九式의 基礎위에서 設計를 한다는 時代는 지났다고 생각하는 나머지 不肖하지만 敢히 此 方面에 손을 댄셈이다.

(筆者: 서울大學校 農大 敎授)

開墾에 對한 調査 및 計劃事業

金　學　榮

國土의 綜合的開發利用의 高度化問題는 耕作地擴充, 安全農家의 造成 土地利用의 徹底와 單位面積生産量의 增收等으로 國民經濟向上은 自然資源인 土地와 물資源의 多角的利用에 있으며 地域開發計劃에 있어 中樞를 占有하고 있는 開墾事業은 在來의 土地改良事業을 脫皮하야 綜合的인 調査와 計劃이 要求되며 이에 隨伴되여 自動的으로 行政面이나 技術面에있어 他局間에 强力한 協助와 有機的인 連絡下에서 所期의 目的을 達成할 수가 있다. 換言하면 農村地域開發이란 태두리안에 開墾事業인故로 山林地, 牧野地造成, 開田, 開畓에 隨伴하야 建設工事로 農道, 飮料水施設, 防災林, 土壤浸蝕防止工事, 排水施設, 灌漑施設 等이 必要하게 되며, 農業土木이 지니고 있는 役割이 廣範圍한 同時에 事業推進上 試驗場에 土壤科, 山林局, 畜政局에 橫的이며 有機的인 緊密한 體系가 있음으로써 이 事業을 成功裡에 이끌 수가 있다고 確信하는바이다.

이 開墾에 對한 調査 및 計劃에 大體的인 調査順序를 列記하면 다음과 같다.

〔I〕 未開發의 現狀 및 開發의 制約條件에 關한 調査로서

a. 地域의 土地利用現況調査
b. 開墾可能地土地分類 및 要土地改良調査
c. 用地取得에 對한 可能性調査
d. 氣候調査
e. 飮料, 雜用水에 對한 地質槪査
f. 社會經濟環境調査
g. 開發의 必要性에 對한 調査
h. 地域內의 交通, 水利現況災害에 대한 調査