

半月地區의 日別 논湛水深의 特性分析

Analyzing Daily Water Level Fluctuations at Banweol Paddy Fields

李 南 鎬* · 鄭 夏 禹** · 朴 承 禹**
Lee, Nam Ho · Chung, Ha Woo · Park, Seung Woo

Summary

This paper attempts to characterize general tendency in water level fluctuations at paddy fields, that may be important to efficient irrigation water uses. Banweol district was chosen to be the study area, and water levels among irrigation practice parameters were measured daily throughout the irrigation periods of 1985-1986. Time series analyses showed that water levels at fields have strong serial correlations. A rather long term periodicity was also observed from spectral analyses. Correlations between water levels at adjacent fields ranged 0.4-0.9, indicating wide variations in irrigation practices. The water levels showed little correlations with meteorological factors like evapotranspiration, nor with irrigation practices like water supply rates. Standard errors of the average water levels were computed for different number of field plots within a block. The results indicated that low level areal coverage of gauging plots may be applied for field monitoring of daily water level fluctuations.

I. 緒 論

農業을 포함한 人間活動의 모든 分野에 물의 需要가 競爭의 原因으로 增大함에 따라 水資源의 量的·質的 擴大가 要求되고 있다. 이와 같은 必要性을 充足하기 위해서는 과거에 重點을 두었던 新規 水資源의 開發보다는 既存 水資源의 效率의 利用에 力點을 두어야 하는 것이 世界的인 추세이다.

農業用水의 效率의 利用이란 물의 量的인 節約 뿐만 아니라 물에 의한 生産性 增加라는 概念도 포함되어 있다. 前者는 물의 浪費를 줄여 使用 效率을 높이는 것이며, 后者는 適切한 灌溉에 의해 作物의 生産量을 增加시키는 것이다.

農業用水는 效率의 原因으로 使用되지 못하는 것으로 報告되고 있는데^{1,2)}, 그 理由는 다음과 같이 要約된다. 첫째, 灌溉組織은 取水施設, 用水組織

및 圃場 등으로 構成되어 空間적으로 分散되어 있기 때문에 集中的으로 分散되어 있기 때문에 集中的으로 管理하기 어렵다. 둘째, 물이 많이 必要한 灌溉方式을 採用하고 있다. 셋째, 氣象因子들의 變化가 不確實하여 灌溉需要量의 豫測이 어렵기 때문에 正確한 灌溉量의 決定이 困難하다. 따라서 效率的인 물管理를 위해서는 우선적으로 灌溉組織의 構造的인 特性을 파악하고 또한 그 組織이 어떻게 運用되는 가를 分析할 必要가 있다. 이와 같은 灌溉組織에 대한 綜合診斷을 통해 問題點이 導出되어야 適切한 組織運用計劃을 樹立할 수 있을 것이다.

灌溉組織에서 基本構成要素의 하나가 圃場이다. 이 圃場의 構造的 特性과 運用特性을 파악하기 위하여 圃場에서 물이 流出入되는 現象이 分析되어야 한다.

圃場에서 물의 流出入에 의한 물의 消耗 結果

* 서울대학교 大學院

** 서울대학교 農科大學

는 圃場湛水深의 變化로 나타난다. 湛水深은 氣象條件, 地形의 特性, 논벼의 生育期 뿐 아니라 人爲的인 水管理에도 影響을 받기 때문에 湛水深의 變化는 複雜한 樣相을 보인다.

湛水深의 調節方法에 따라 논의 灌溉方式¹⁰⁾¹⁵⁾들이 區分되는데, Doorenbos와 Kassam⁵⁾ 및 Hsu¹⁰⁾ 등은 湛水調節方式에 따른 灌溉用水節約 및 生産量變化에 대해 研究한 結果에 의하면 土壤水分含量에 따라 湛水深을 調節하는 方式이 用水節約과 收穫量增加에 效果가 있는 것으로 報告하고 있다. Wickam¹⁹⁾과 IRRI¹¹⁾¹²⁾ 등은 湛水深의 有無를 作物에 대한 stress概念으로 變換하여 이 stresses와 收穫量의 關係를 回歸模型化한 바 있다. 鄭²⁹⁾ 등은 1983년부터 1986년에 걸쳐 湛水深에 따른 消費水量과 收穫量의 變化에 대해 研究하였고, 權²³⁾, 鄭^{28,29,30)} 및 Wickam과 Sen²⁰⁾ 등은 湛水深資料와 논의 水收支方程式을 利用하여 有效雨量을 算定하였다. 이와같이 湛水深에 관한 研究들은 주로 湛水深이 作物生育 및 收穫量에 미치는 影響에 대한 分析을 論하였으나 湛水深 그 自體의 變化特性에 관한 研究는 없는 實情이다

氣象, 水文 및 水質資料들의 時間的 變化特性에 관한 研究로서 時系列分析技法이 一般的으로 利用되고 있다. Gupta와 Chauhan⁸⁾은 논벼의 週別 消費水量에 대해 時系列分析을 實施하여 自己回歸模型의 適合性을 檢討하였다. 朴²⁵⁾은 月平均 氣溫과 日降水量에 대한 自己相關性과 스펙트럼分析을 하였다. 鮮²⁶⁾은 13個의 雨量觀測地點의 月降雨量에 대한 週期性分析을, 金²⁴⁾ 등은 流量, 氣壓, 溫度 및 降雨量의 週期性을 分析, 檢討한 바 있다. Quimpo¹⁶⁾는 日流量에 대한 自己相關分析을, Thomann¹⁷⁾은 日別水溫과 溶存酸素의 變化에 대한 自己相關分析과 스펙트럼分析을 實施하였다.

本 研究는 用水組織 및 圃場에서 水管理特性을 分析하기 위해 첫째, 生育期別 湛水深의 變化特性을 살펴보고 둘째, 湛水深에 대한 時系列分析 · 空間的變化特性分析 및 水管理因子와의 相關分析 등을 實施하고, 셋째, 計測網密度에 대해 考察코자한다.

II. 材料 및 方法

1. 對象地區

本 研究는 京畿道 華城郡 半月面에 位置한 半

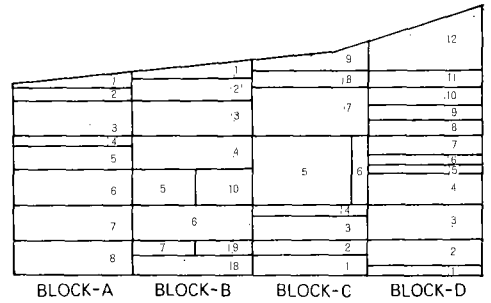


Fig. 1. Experimental Station (1985).

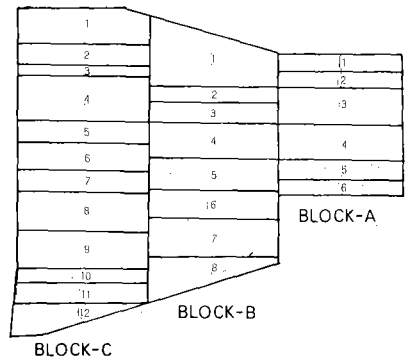


Fig. 2. Experimental Station (1986).

月貯水池의 蒙利區域을 對象으로 하였다. 湛水深은 區域內에서 任意的인 블럭을 選定하여 調査하였다. 1985년에는 半月面 八谷二里에 있는 블럭이 選定되었는데 Fig. 1과 같이 4個 블럭 39個 筆地로 構成되어 있다. 1986년에는 八谷一里를 對象으로 하여 Fig. 2와 같은 3個 블럭 26個 筆地로 된 區域이 選定되어 測定을 實施하였다.

湛水深測定圃場의 特性은 다음과 같다. 1985년의 測定對象地는 上流側과 下流側의 標高差는 2.24~2.93m의 範圍였으며 筆地別 面積은 355~4,448m²로서 平均 1,846m²이다. 土壤은 細砂壤土, 微砂質壤土 및 微砂質壤土 등으로 構成되어 있는데 圃場의 土性別 構成比는 Table-1과 같다. 1986년의 測定對象地는 畚間의 標高差가 0~0.88m되는 比較的인 傾斜진 地域이고, 이곳은 土壤은 Table-1에서 보는 것과 같이 壤土, 細砂壤土, 微砂質壤土 및 砂質土를 이루고 있다.

2. 調査期間

湛水深調査는 1985~1986년의 2個年 동안 移秧日로부터 始作하여 灌溉期間에 걸쳐 每日 實施되었는데, 1985년에는 6月 1日부터 8月 31日

Table-1. Gradients of each soil texture of experimental regions.

| Soil Texture | Unit : % | |
|-------------------|----------|------|
| | 1985 | 1986 |
| silty clay loam | 15 | - |
| loam | 59 | 51 |
| silt loam | 14 | 16 |
| coarse sandy loam | 12 | 28 |
| sandy loam | - | 5 |

까지 92日間, 1986년에는 6月1일부터 9月20日까지 112日間に 걸쳐 資料가 蒐集되었다.

4. 時系列分析

논의 日別 湛水深의 變化는 時系列資料로 定義할 수 있다. 時系列이란 統計의 特性으로 特徵지을 수 있는, 發生順序대로 整理된 資料이다⁴⁾. 一般의 時系列은 確定的 成分과 推計的 成分으로 構成¹⁹⁾되어 있는데, 이것을 몇가지 主要 變動成分으로 分解^{4,13)}하여 附加의 形式으로 表示하면 式(1)과 같다.

$$X_t = T_t + P_t + E_t \dots \dots \dots (1)$$

여기서, X_t 는 時系列이고 T_t, P_t 및 E_t 는 각각 傾向成分, 週期成分 및 推計的 成分이다. 이와 같은 時系列의 變化特性을 分析하기 위한 理論 및 技法은 다음과 같다.

가. 自己相關分析^{1,2,3,4,9,13,22,24)}

自己相關分析은 任意的 時間間隔을 가진 連續된 값들의 一次 從屬여부를 決定하는데 使用된다²²⁾. x_t 와 x_{t+k} 를 二個의 資料組合으로 생각하면, 遲延時間 k 에 대한 自己相關係數(ρ_k)는 式(2)와 같이 定義된다.

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(x_t, x_{t+k})}{[\text{var}(x_t) \cdot \text{var}(x_{t+k})]^{1/2}} \dots \dots \dots (2)$$

여기서, $\text{cov}(x_t, x_{t+k})$ 는 二 變量 x_t, x_{t+k} 의 共分散이고, $\text{var}(x)$ 및 $\text{var}(x_{t+k})$ 는 變量 x 및 x_{t+k} 의 分散이다. $k=0$ 이면 $\rho_0=1$ 이 되고 $k > 1$ 일때 $\rho_k=0$ 이면 이 時系列은 任意的(random)이라 定義한다. 遲延時間 k 에 따른 自己相關을 圖示하는 自己相關圖(correlogram)는 時系列의 推計的 成分의 特徵을 表現하고 또한 그 形態에 따라 時系列模型을 選定하는 判斷根據가 될

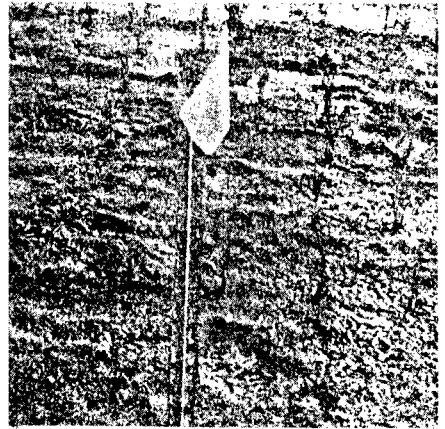


Fig.3. A staff-gauge for measuring the paddy water level.

수 있다. 自己相關係數의 有意性檢定을 위해 다음의 Anderson方法^{3,4,13)}을 使用할 수 있다. 自己相關係數 ρ_1 에 대한 信賴區間(C, L)은 式(3)과 같다.

$$C, L(\rho_1) = \frac{1}{N-1} \pm t\alpha \frac{\sqrt{N-2}}{N-1} \dots \dots \dots (3)$$

여기서, $t\alpha$ 는 $(1-\alpha)$ 確率水準에서의 正規分布 標準偏差度이며, $\alpha=5\%$ 일때 1.96으로 주어진다. ρ_1 이 信賴區間內에 있으면 任意的이고 그 反對의 경우는 時間的의 持續性이 存在한다고 定義한다.

나. 스펙트럼分析

時系列의 資料數가 N 인 週期成分을 가지는 時系列은 式(4)와 같이 Fourier級數로 表示할 수 있다.

$$X_t = \bar{X} + \sum_{k=1}^m (A_k \sin \frac{2\pi k}{N} t + B_k \cos \frac{2\pi k}{N} t) \dots \dots \dots (4)$$

여기서, \bar{X} 는 變數의 平均値이고 A_k 와 B_k 는 t 의 調和常數^{1,13)}이다. 각 頻度別 強度는 式(5)와 같이 表示되는데, 여기서 f_k 는 頻度數이다. 式(5)에 의한 f_k 別 $I(f_k)$ 의 變化를 圖示하면 週期線圖(periodogram)가 그려진다. 이것은 時系列의 週期成分을 찾아내고 確率成分을 檢討하는데 利用되고 있다.

$$I(f_k) = \frac{1}{2} (A_k^2 + B_k^2) \dots \dots \dots (5)$$

式(5)에서 頻度別 強度 I 를 0~0.5까지 任意的 頻度數範圍에서 連續的으로 表示해 나가면 式(6)과 같이 表示되고, 이때 $I(f)$ 를 標本스펙트럼

(sample spectrum)¹¹이라 한다.

$$I(f_i) = \frac{2}{N} (a_i^2 + b_i^2), \quad 0 \leq f \leq \frac{1}{2} \dots\dots\dots (6)$$

標本스펙트럼은 任意的 週期 f의 調和成分의 增幅을 感知하고 推定하는데 適用된다¹³. 이것의 自己共分散 C_k와의 關係는 다음과 같다.

$$I(f) = 2 \left\{ C_0 + 2 \sum_{k=1}^{n-1} C_k \cos 2 \pi f k \right\}, \quad 0 \leq f \leq \frac{1}{2} \dots\dots\dots (7)$$

任意的 頻度에 대한 分析에는 倍率스펙트럼 (power spectrum)이 使用되며 式(8)과 같이 定義된다.

$$p(f) = 2 \left\{ \gamma_0 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \gamma_k \cos 2 \pi f k \right\}, \quad 0 \leq f \leq \frac{1}{2} \dots\dots\dots (8)$$

여기서, γ_k 는 理論的 共分散으로서 E(C_k)의 無限級數로 表示된다. γ_k 대신에 自己相關係數 ρ_k 를 導入하면 스펙트럼密度函數 g(f)는 다음과 같다.

$$g(f) = P(f) / \gamma_0 = 2 \left\{ 1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \rho_k \cos 2 \pi f k \right\}, \quad 0 \leq f \leq \frac{1}{2} \dots\dots\dots (9)$$

Hamming에 의한 遲延窓口 (lag window) 概念을 導入하여 頻度別 스펙트럼의 變化幅을 줄인 平滑 스펙트럼 (smoothed spectrum)^{11,13}은 式(10)과 같다.

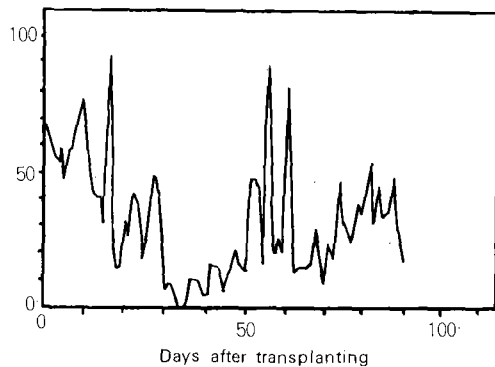
$$\hat{p}(f_i) = 0.23 \hat{p}'(f_{i-1}) + 0.54 \hat{p}'(f_i) + 0.23 \hat{p}'(f_{i+1}) \dots\dots\dots (10)$$

여기서, \hat{p}' 는 遲延窓口를 使用하지 않은 경우 ($\lambda_k = 1$)의 스펙트럼이다.

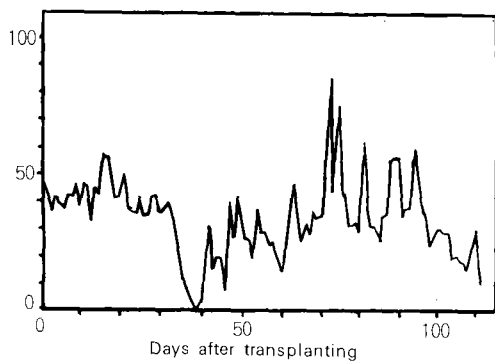
III. 結果 및 考察

1. 生育期別 湛水深變化

논벼의 生育에 따른 湛水深의 變化特性을 分析하기 위하여 1985年, 1986年에 測定區域의 日平均 湛水深을 測定整理하였는데 그 日別 變化는 Fig. 4와 같으며, 生育期別 平均 日湛水深을 計算한 結果는 Table - 1과 같다. 移秧后 10日間은 1985年에 61mm, 1986年에 42mm로 깊게 湛水하고, 이후 約 20日間은 有效分蘗期에 該當되는데 1985年에 44mm, 1986年에 43mm의 값을 보였다. (以



(a) 1985



(b) 1986

Fig. 4. Daily fluctuation of paddy water level.

下 1985年值, 1986年值 順으로 記載함) 順次 無效分蘗期에는 中間落水를 實施하는 慣行때문에 12mm, 18mm의 湛水深을 보이는데, 이때 完全落水가 되어 湛水深이 零이 되지않는 것은 筆地別로 中間落水時期가 다르기 때문이다. 다음으로 幼穗形成期를 前後한 20日間은 다시 물을 湛水시키기 始作하여 43mm, 25mm를 나타내고, 穗孕期에 이르러서는 43mm, 42mm의 값을 보이고 出穗期, 登熟期에는 49mm, 37mm를 記錄하고 있다. 그 이후로는 落水가 實施되었다. Table - 2와 같은 生育

Table-2. Mean daily paddy water level after rice transplanting.

| No. of days after transplanting | 1~10 | 11~30 | 31~40 | 41~60 | 61~75 | 76~105 | ≥106 |
|---------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
| | 1985(mm) | 61 | 44 | 12 | 43 | 43 | 49 |
| 1986(mm) | 42 | 43 | 18 | 25 | 42 | 37 | - |

期別 湛水深 變化形態는 數值상으로는 差異가 있지만 李²⁷⁾가 提案하고 있는 生育期別 灌溉調節 水深과 類似함을 보이고 있으며, 또한 Kung¹⁴⁾의 경우와도 類似함을 찾아볼 수 있다.

2. 自己相關性分析

1985~1986年の 筆地湛水深, 블럭湛水深 및 區域湛水深에 대해 式(2)~式(5)를 利用하여 自己相關係數를 구하고 式(6)에 의해 信賴區間을 計算하여 時系列의 持續性 여부를 檢討하였다. Fig.5와 Fig.6은 각각 筆地湛水深과 블럭湛水深에 대한 自己相關圖의 一例를 나타내고, Fig.7은 1985, 1986年の 區域湛水深의 自己相關圖를 圖示한 것이다. 自己相關圖에 나타난 바와 같이 遲延時間 $k=1$ 일때의 自己相關係數(ρ_1)는 0.45~0.80의 값을 보인다. 이것은 任意時點의 湛水深이 先行 湛水深에 從屬的인 關係임을 나타낸 것이다. 한

편 Anderson檢定에 의한 信賴區間은 $-0.207 \sim 0.206$ 으로서 遲延時間 $k=1$ (日)에 대하여 持續性이 有意성을 가지고 있음을 알 수 있다. Fig.6의 경우에 $k=3 \sim 10$ (日)에서부터 自己相關係數가 信賴區間 안에 位置하는데, 이것은 今日的 湛水深과 2~9 (日)前的 湛水深과의 사이에 從屬的인 關係가 有意성이 있음을 意味한다. Fig.7의 區域湛水深의 경우는 遲延時間 $k=6 \sim 7$ (日) 程度까지 湛水深이 持續性을 有意的으로 가지고 있음을 알 수 있었다.

3. 週期性分析

각 블럭 및 區域湛水深의 變化에 대한 週期性 檢討를 위해 式(8)로부터 緩和스펙트럼密度를 計

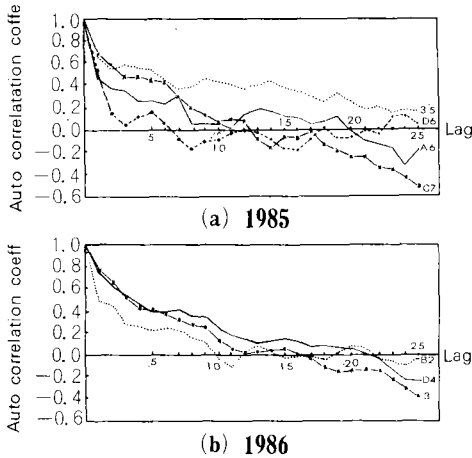


Fig.5. Correlograms of daily water levels of individual paddy plots.

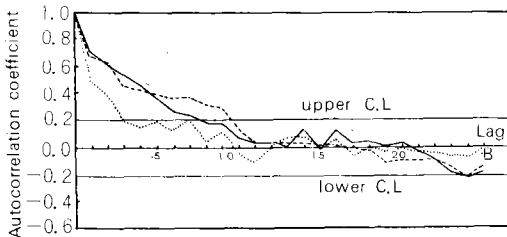


Fig.6. Correlograms of mean doily water levels of paddy blocks (1986).

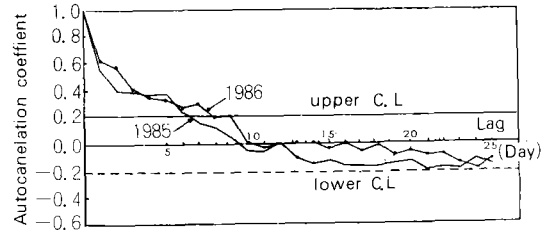


Fig.7. Correlograms of mean daily water levels of experimental sites.

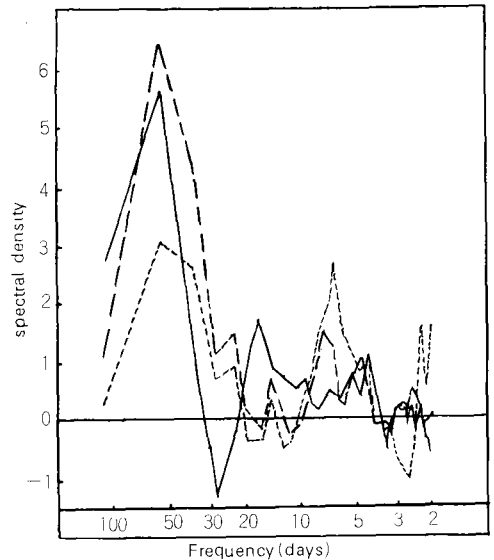


Fig.8. Spectral density functions of mean daily water levels of paddy blocks (1986)

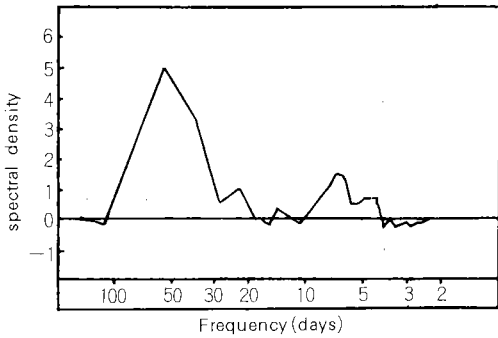


Fig.9. Spectral density function of mean daily water level of experimental site (1986).

算하였다. Fig.8은 블록湛水深에 대한 스펙트럼 밀도를 이용한 週期線圖이고, Fig.9는 區域湛水深에 대한 週期線圖이다. 각 블록別 湛水深의 경우는 Fig.8에서 볼 수 있듯이 A, B, C 블록이 모두 35~36日 範圍의 큰 週期性을 보이고 있다. 또한 그 內容을 살펴보면 A블록의 경우는 15~16日에서, B블록의 경우는 7~8日에서, C블록에서는 22~23日과 7~8日에서 작은 週期現象이 보이고 있다. Fig.9의 區域湛水深에 대한 分析結果를 보면 Fig.8의 블록湛水深의 경우와 同一하게 35~60日에서 큰 週期性을 나타내고 있고, 6~7日 사이에서 작은 週期性을 보인다.

논벼의 生育期別 必要湛水深²⁷⁾을 概略적으로 보면 移秧后 着根期에는 물을 깊게 대주고 無效分蘖期間에는 中間落水하며, 穗孕期에 이르러 다시 깊게 湛水해야하고 이후 稔진적으로 湛水深을 낮추어 나가면서 出穗后 30~35日후에 斷水시키는 것으로 되어 있다. 이와 같은 湛水調節方法에 上記現象을 비추어 보면, 湛水深時系列에서 35~60日의 큰 週期性을 보이는 現象은 中間落水에 起因하는 것으로 解析된다. 그 다음으로 나타나는 6~8日의 작은 週期性은 넓은 蒙利區域內에서 灌溉가 매체로 6~8日 間隔으로 實施된다는 것을 意味한다고 볼 수 있다.

4. 湛水深의 空間的 變化

1985年의 試驗圃場에서 任意의 筆地의 湛水深變化를 基準으로 하여 余他 筆地들의 湛水深變化와의 相關關係를 圖示하고 있는 것이 Fig.10이고 1986年 資料를 利用한 計算結果는 Fig.11에 圖示

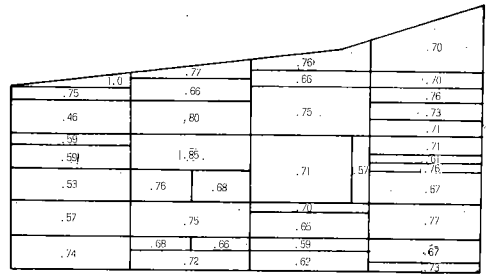


Fig.10. Correlation coefficients of individual plots vs standard plot A1 (1985).

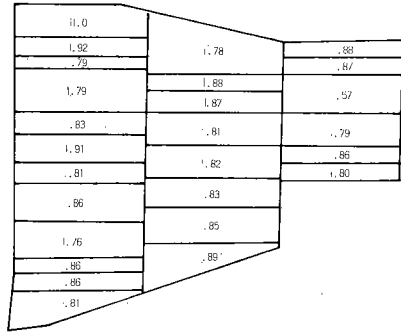


Fig.11. Correlation coefficients of individual plots vs standard plot C1 (1986).

하고 있다. Fig.10에서 보면 基準筆地 A1의 湛水深에 대한 余他筆地의 湛水深과의 相關係數는 0.46~0.8의 範圍를 갖는데 平均값은 0.68이다. Fig.11에서 1986年의 경우는 基準筆地 C1에 대해서 0.57~0.92의 相關係數와 0.83의 平均값을 가져서 어느정도 높은 相關을 보이고 있다. 여기서 1986年은 1985年보다 높은 相關값을 보이고 있는데 이것은 1986年의 試驗圃場區域에서의 湛水調節方式이 1985年 區域보다 筆地別로 높은 類似性을 가지고 있는 것으로 解析된다.

나. 블록 및 區域湛水深

각 블록의 日平均 湛水深變化와 그 블록을 構成하는 筆地들의 湛水深變化와의 相關性을 分析하고, 區域의 日平均 湛水深變化와 각 筆地들의 湛水深變化와의 相關性을 分析하였는데, 1985年과 1986年에 대한 計算結果는 각각 Table-3, Table-4와 같다. Table-3에서 보면 1985年의 경우에 블록湛水深과 筆地湛水深의 相關係數는 0.73

Table-3. Correlation coefficients of the water levels of individual plots(1985).

| PLOT No. | CLASS BLOCK | VS. WATER LEVELS OF BLOCK | | | | VS. WATER LEVEL OF SITE | | | | Re. |
|----------|-------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-----|
| | | A | B | C | D | A | B | C | D | |
| 1 | | 0.726 | 0.897 | 0.921 | 0.945 | 0.775 | 0.902 | 0.905 | 0.912 | |
| 2 | | 0.849 | 0.776 | 0.878 | 0.870 | 0.837 | 0.803 | 0.871 | 0.820 | |
| 3 | | 0.890 | 0.941 | 0.956 | 0.952 | 0.792 | 0.918 | 0.941 | 0.955 | |
| 4 | | 0.894 | 0.869 | 0.774 | 0.955 | 0.861 | 0.883 | 0.803 | 0.929 | |
| 5 | | 0.888 | 0.930 | 0.960 | 0.921 | 0.874 | 0.903 | 0.941 | 0.901 | |
| 6 | | 0.828 | 0.917 | 0.805 | 0.881 | 0.771 | 0.841 | 0.832 | 0.857 | |
| 7 | | 0.899 | 0.903 | 0.970 | 0.971 | 0.837 | 0.834 | 0.953 | 0.947 | |
| 8 | | 0.903 | 0.947 | 0.797 | 0.909 | 0.900 | 0.912 | 0.803 | 0.889 | |
| 9 | | | 0.914 | 0.825 | 0.912 | | 0.916 | 0.813 | 0.889 | |
| 10 | | | 0.923 | | 0.878 | | 0.880 | | 0.859 | |
| 11 | | | | | 0.908 | | | | 0.902 | |
| 12 | | | | | 0.923 | | | | 0.921 | |
| A.V. | | 0.860 | 0.902 | 0.876 | 0.919 | 0.831 | 0.879 | 0.874 | 0.898 | |

Table-4. Correlation coefficients of the water levels of individual plots(1986).

| PLOT No. | CLASS BLOCK | VS. WATER LEVELS OF BLOCK | | | VS. WATER LEVEL OF SITE | | | Re. |
|----------|-------------|---------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-----|
| | | A | B | C | A | B | C | |
| 1 | | 0.941 | 0.859 | 0.949 | 0.943 | 0.796 | 0.944 | |
| 2 | | 0.959 | 0.953 | 0.959 | 0.953 | 0.947 | 0.962 | |
| 3 | | 0.711 | 0.946 | 0.869 | 0.635 | 0.928 | 0.868 | |
| 4 | | 0.930 | 0.876 | 0.888 | 0.878 | 0.893 | 0.879 | |
| 5 | | 0.942 | 0.879 | 0.872 | 0.919 | 0.869 | 0.847 | |
| 6 | | 0.899 | 0.916 | 0.922 | 0.872 | 0.907 | 0.908 | |
| 7 | | | 0.917 | 0.890 | | 0.920 | 0.895 | |
| 8 | | | 0.945 | 0.913 | | 0.952 | 0.904 | |
| 9 | | | | 0.866 | | | 0.859 | |
| 10 | | | | 0.934 | | | 0.917 | |
| 11 | | | | 0.928 | | | 0.918 | |
| 12 | | | | 0.867 | | | 0.855 | |
| A.V. | | 0.897 | 0.911 | 0.905 | 0.867 | 0.902 | 0.896 | |

~0.97이고 0.89의 平均값을, 區域湛水深과 筆地湛水深은 0.78~0.95의 相關係數와 0.87의 平均값을 보이고 있다. 1986년의 경우는 불력湛水深의 경우에, 相關係數와 平均값은 각각 0.71~0.96과 0.91이고 區域湛水深의 경우는 0.64~0.96과 0.89이다. 그리고, 1985년과 1986년의 計算結果를 比較하면 큰 差異를 보이지 않고 있다. 그밖에 任意의 筆地의 湛水深變化는 불력 및 區域湛水深變化를 상당한 水準까지 說明($\gamma^2=0.8$)하고 있었음을 알 수 있었다.

5. 물管理因子와의 相關性

本項의 分析對象인 물管理 關聯因子는 貯水池

取水量(PF), 用水支渠取水量(IR), 降雨量(RN) 및 蒸發散量(ET) 등인데 이들의 分析에 1986년의 日時系列 資料를 利用하였다. 區域湛水深(DD)와 불력湛水深(BD)를 포함한 6個 因子들에 대한 相關係數를 計算하여 作成한 相關行列(correlation matrix)은 Table-5와 같다. Table-5에서 區域湛水深과 불력湛水深과의 相關係數는 0.967의 높은 값을 보이고 있다. 그리고 旱의 湛水深은 降雨量에 따라 上昇하고, 蒸發散量의 增加에 따라 低下하기 마련인데, 이 結果에서 보면 區域湛水深(DD)와 불력湛水深(BD)는 降雨量과 각각 0.401, 0.315의 相關값을 보이고 蒸發散量과는 -0.189, -0.165의 逆相關을 나타내고 있

Table-5. Correlation matrix of factors related to water management.

| class | DD | BD | PF | IR | RN | ET |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| DD | 1.000 | | | | | |
| BD | 0.967 | 1.000 | | | | |
| PF | 0.015 | 0.045 | 1.000 | | | |
| IR | 0.001 | 0.015 | 0.189 | 1.000 | | |
| RN | 0.401 | 0.315 | -0.179 | -0.096 | 1.000 | |
| ET | -0.189 | -0.165 | 0.113 | 0.110 | -0.399 | 1.000 |

다. 한편, 貯水池取水量(PF)과 用水支渠取水量(IR)은 區域湛水深(DD)变化에 대한 相關성이 거의 없는(0.015, 0.001) 것으로 나타났다. 그리고 貯水池取水量(PF)은 降雨量(RN)에 따라 減少(-0.179)되는 逆相關을 보이고, 蒸發散量(ET)에 따라 增加(0.113)하는 現象을 보이고 있지만, 相關도가 그다지 크지 않다. 用水支渠取水量(IR)도 貯水池取水量(PF)과 同一한 現象을 보이고 있다. 그 까닭은 對象地區의 貯水池가 效率的으로 操作되지 못하고 있음과 土壤의 保水能 및 給水의 遲延現象으로 解析된다. 또한 湛水深의 自己相關性(0.45~0.80)이 큰 것에도 起因된 것으로 생각된다.

6. 計測密度에 따른 誤差分析

湛水深은 灌溉計劃을 樹立하는데 必要한 基礎情報이기 때문에, 可及의 正確한 母集團의 값을 얻는 것이 바람직하다.

計測密度를 높이면 母集團에 가까운 값을 얻을 수 있지만 現實的으로는 時間과 費用問題가 따르기 마련이다. 그러므로 適正計測密度의 選定이 必要하다. 計測密度를 定하자면 湛水深의 空間的 变化特性, 湛水深資料의 重要도와 經濟性등이 考慮되어야 할 것이다.

本 研究에서는 湛水深의 空間的 变化를 利用해서 計測密度에 따른 標準誤차를 計算하여 그것이 許容誤差範圍內에 들도록 決定하였다. 즉 計測筆地의 數에 따른 標準誤差의 变化를 對數用紙에 plot 하고 回歸分析한 結果 Fig. 12와 같은 直線을 얻었다. 각 경우別로 分析對象筆地의 數는 8~39筆地인데, 筆地數가 많아질수록 直線에 더욱 가깝게 接近함을 보이고 있다. 즉 Fig. 12에서 보면 5筆地를 測定하였을 때는 22%程度의 誤차가 豫想되고, 反對로 誤차가 10% 이내가 되기 위해서는 20筆地 以上の 筆地를 測定해야 되는 것으로 나

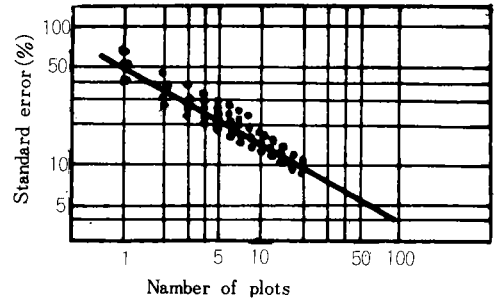


Fig. 12. Standard error of paddy water levels as a function of measuring density and no of plots.

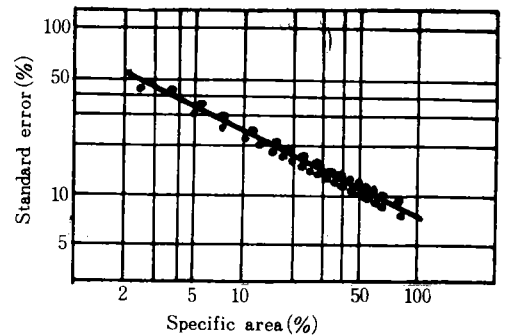


Fig. 13. Standard error of paddy water levels as a function of measuring density and specific area.

타났다.

한편으로 Fig. 13은 計測面積比에 따른 標準誤差의 变化를 보이고 있는데 85年과 86年에 거의 類似한 結果가 導出되었다. 즉 20%의 計測誤차를 勘案해야할 경우를 보면 對象面積의 15%가 測定되어야 하는 것으로 나타났다.

IV. 結 論

本 研究은 半月貯水池 蒙利區域內畜에서 選定된 圃場에서 1985年과 1986年의 灌溉期間에 測定된 日湛水深資料를 利用하여, 논벼의 生育期別湛水深变化의 特性을 파악하고, 時系列分析을 實施하였으며, 각 湛水深들 간의 相關性和, 湛水深과 물管理因子들과의 相關性을 究明하였다. 또한 計測密度에 따른 誤差分析을 하고 그 結果도 考察하였다. 研究結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 非湛水深은 논벼의 生育期別로 变化하는데

移秧直后, 穗孕期, 開花出穗期 등에서 큰 값을 보이고, 無效分蘗期에 中間落水가 實施되는 關係로 最低값을 나타내었다.

2. 湛水深 時系列은 自己相關分析結果에 의하면 持續性이 存在하였다. 또 2~9日 前까지의 湛水深과 從屬的인 關係가 있음도 判定되었다.

3. 湛水深 時系列은 스펙트럼分析結果에 의하면 35~60日의 큰 週期性과 6~8日의 작은 週期性을 보였다. 큰 週期的現象을 보이는 것은 中間落水 前後의 湛水深變化가 類似한데 起因하는 것으로 解析된다.

4. 任意的 筆地의 湛水深變化와 余他筆地의 湛水深들과의 相關係數는 0.46~0.92의 比較的 큰 變化幅을 보이는데, 이것은 余他 筆地들과의 灌溉調節方式이 同一하지 않음을 나타내는 것으로 推定된다.

5. 筆地의 湛水深變化는 블럭湛水深變化 및 區域湛水深變化와 높은 水準의 相關關係가 있다고 解析되는데 相關係數의 自乘 γ^2 가 0.8 程度였다.

6. 湛水深變化에 가장 큰 影響을 미치는 물管理因子는 降雨量이기는 하나, 相關係數가 0.40과 0.32로서 比較的 낮은 相關性을 보였다. 그 까닭은 非效率的인 貯水池操作, 湛水深의 높은 自己 相關性, 土壤의 保水能과 그 遲延現象으로 解析되며, 이와같은 現象은 貯水池取水量과 用水支渠取水量이 圃場의 湛水深變化에도 影響을 미치는 것으로 判斷된다. 또한 蒸發散量은 逆相關을 보였다.

7. 湛水深資料를 利用한 計測網密度에 따른 標準誤差는 對象面積의 15%以上을 測定하여야 誤差를 收斂할수 있을 것이다.

參 考 文 獻

1. Box, G. E. P. & G. M. Jenkins, Time Series Analysis, Forecasting and Control, Holden-Day, San Francisco, 1976, 575p.
2. Bras, R. L., & I. Rodriguez-Iturbe, Random Function & Hydrology, Addison-Wesley Pub. co., 1985, 559p.
3. Clarke, R. T., Mathematical Models in Hydrology, Irr. & Dra. Paper, No. 19, FAO, 1973, 282p.
4. Chow, V. T., Handbook of Applied Hydrolog-

- y, Mc. Graw-Hill Book Co., 1964.
5. Doorenbos, J. & A. H. Kassam, Yield Response to Water, Irr. & Dra. paper, No. 33, FAO, 1979, 193p.
6. Early, A., Irrigation Evaluation Procedure for Flooded Rice Crops, Monitoring & Evaluation Manual, AID, 1931.
7. Gilles, B. C., A Water Management Model for Lowland Paddy Irrigation Systems, Thesis for the degree of Master of Eng., A. I. T., Bangkok, Thailand, 1980.
8. Gupta, R. K., & H. S. Chauhan, Stochastic Modeling of Irrigation Requirements, J. of Irr. & Dra. Eng Div., ASCE, 112(1), Feb., 1986.
9. Haan, C. T., Statistical Methods in Hydrology, The Iowa State Univ. Press, Ames., 1978, 379p.
10. Hsu, Y. P., Water Management in Paddy Fields, Extension Bulletin No. 1, Food & Fertilizer Technology Center, 1970, 1-42p.
11. IRRI, Irrigation and Water Management, Annual Report, 1972, 57-66p.
12. , , 1974, 236-241p.
13. Kottegoda, N. T., Stochastic Water Resources Technology, MacMillan Press Ltd., London, 384p.
14. Kung, P., Irrigation Agronomy in Monsoon Asia, Plant Production & Protection Division, FAO, Rome, 1971, 106p.
15. Nakagawa, S., Water Requirements and Their Determination, Tropical Agriculture Research Series No. 9, M. A. F., 1976, 193-208p.
16. Quimpo, R. G., Autocorrelation and Spectral Analysis in Hydrology, J. of Hydr. Eng., ASCE, 94(2), Mar., 1968, 363-373p.
17. Thomann, R. V., Time Series Analysis of Water Quality Data, J. of Sanit. Eng. Div, ASCE, 93(1), Feb., 1967, 1-23p.
18. Wickham, T., A Farm Level Analysis of Water Management for Rice in the Humid Tropics, First National Seminar on Water Management at the Farm Level, Bangkok, Thailand, 1972.
19. Wickham, T. & L. N. Sen, Water Mangement

- for Lowland Rice : Water Requierment and Yield Response, Soil & Rice, IRRI, 1978.
20. Wickham, T. & L. N. Sen, Determination of Effective Rainfall for Lowland Rice, IRRI, Saturday Seminar Paper, Apr., 1977.
 21. Yevjevich, V., Probability and Statistics in Hydrology, Water Resources Pub., Fort Collins, Colorado, 1972, 302p.
 22. Yevjevich, V., Stochastic Process in Hydrology, Water Resources Pub., Fort Collins, Colorado, 1972, 276p.
 23. 權純國, 有效雨量 算定方法의 改善, 農業用水開發試驗研究(II), 農水産部, 農業振興公社, 1983, II 57-II 89p.
 24. 金永漢, 鮮于仲皓, 韓國水文資料에 대한 cross-spectrum 解析, 大韓土木學會, 第26卷, 1號, 1978年 3月.
 25. 朴承禹, 農事試驗에서 스펙트럼 解析法應用과 電算프로그램開發, 農事試驗報告書, 農村振興廳, 1986.
 26. 鮮于仲皓, spectral density에 의한 韓國 月雨量의 週期性分析, 大韓土木學會誌, 第26卷, 1號, 1978年 3月.
 27. 李殷雄, 水稻作, 鄉文社, 1971.
 28. 鄭斗浩, 水原地方의 논의 有效雨量에 관한 研究, 忠北大學院 논문집 第3輯, 1976, 43-51p.
 29. 鄭夏禹 外, 作物消費水量算定方法의 定立, 農業用水開發試驗研究, 農水産部, 農業振興公社, 1983-1986.
 30. 鄭夏禹 外, 畓에서의 有效雨量에 관한 研究, 서울大學校農學研究 第11卷, 第1輯, 1986年 6月.