

農 業 用 水 管 理

中華民國 台灣省 石門水庫
管理局長 林 俊 惠



農業用水管理

水稻作農業을 하는 나라에서 過去의 모든 水資源開發事業의 主目的은 水稻에 灌溉하는 것이었다. 其中의 一部 國家들은 最近의 人口增加와 經濟成長으로 因하여 生活 및 工業用水의 需要가 急速히 增加하였으며 또한 容易하게 開發될 수 있는 水資源도 거의 남아 있지 않다. 따라서 모든 目的에 대한 물의 使用者들은 물을 節約함이 必要하다. 그리고 灌溉用水가 開發된 모든 水資源의 가장 많은 部分을 차지하기 때문에 우선 農業用水를 節約하여 생활 및 工業用水로 전환하는 것이 要求되고 있다.

水資源의 目的別 使用 再割當은 討議가 要求되는 아주 興味로운 主題이나 여기에서는 農業用水의 節約方法에 重點을 두고자 한다.

I. 用水路와 附帶構造物의 改善

細密한 灌溉計劃에 따라 用水組織을 再配置해야하며 灌溉組織의 適切한 配置는 全灌溉地域에 用水를 均等하게 分配하기 위해 필요하다. 저렴한 工事費가 土工水路의 主要利點이기는 하나 과잉 滲透損失, 붕괴위험, 維持費의 過多, 넓은 斷面積을 차지하는 等의 不利點이 있다. 라이닝(Lining) 水路가 滲透損失의 減少, 붕괴에 對한 安全, 浸蝕調節, 維持費의 輕減, 用地買收費 減少, 雜草의 成長防止, 送水量의 增加 等의 理由로 장려되

고 있다. 水路損失을 줄이기 위하여는 水路構造物 即 水門, 슬루우스문비, 플루움(Flume), 逆사이핀, 暗渠, 急流工, 落差工 等의 水密性을 改良하여야 하며 더욱 精密한 물管理를 위하여는 원격감지, 원격조절 및 自動裝置들이 必要하게 된다.

II. 輪換灌溉 (Rotational Irrigation)

水稻作을 하는 大部分의 國家들은 連續灌溉 方法을 使用하고 있다. 除草, 施肥, 收穫期를 除外하고는 移秧期부터 벼의 生育期間을 通하여 50~60mm 깊이로 繼續 晝夜로 물을 供給하고 있는 것이다.

대개의 경우 물은 아무런 調節도 없이 잇는에서 아랫논으로 흐르며 이러한 灌溉方法은 용수의 과도한 낭비를 초래케 된다.

輪換灌溉는 全 畝作地域에 適切히 灌溉되도록 適期에, 바른 順序로 알맞은 用水量을 供給하는 灌溉方法이다. 自由中國에서 經驗한 바에 의하면 輪換灌溉는 增收를 기함과 동시에 20~30%의 農業用水가 節約되는 것으로 나타났다.

輪換灌溉 給水에는 3가지 方法이 있다.

1. 幹線에서의 輪換灌溉

물은 幹線의 다른 部分으로 交代로 흐르게 하며 만일 幹線을 區間으로 區分한다면 물은 첫째, 둘째, 셋째 區間으로 交代로 送水되게 된다.

2. 支線에서의 輪換灌漑

물이 여러 支線에 交代로 흐르는 동안 幹線은 繼續 흐르게 하는 方法이다.

3. 支渠 (Farm Ditch)에서의 輪換灌漑

幹線 및 支線에서는 계속 물이 흐르고 있지만 支渠에서는 간단관계가 된다. 이런 方法으로 全 灌漑地域이 여러 輪換 地域으로 나누어지며 各 輪換地域은 여러 輪換單位로 細分된다. 農業用水는 輪換地域內에서 차례로 各 輪換單位에 供給된다. 例를 들면 어떤 輪換地域이 5個의 輪換單位로 나누어지고 輪換間隔日數가 5.5日일 때 各 輪換單位는 面積에 比例하여 給水時間을 割當받게 되며 輪換地域內의 輪換單位에 對한 總 給水時間의 畧은 輪換間隔이 된다.

以上 說明한 輪換灌漑의 3가지 方法중에서 첫째 方法은 모든 幹線이 同一한 容量을 가져야 하며 둘째 方法 역시 동일한 支線, 斷面이 要求된다.

한편 셋째 方法은 좀더 큰 支渠 斷面이 요구될 뿐이지 기존 幹支線은 확장할 필요가 없다. 셋째 方法이 採擇할 수 있는 가장 實用的인 方法임을 經驗을 통하여 알게 되었고 이에 對하여 詳細히 說明하고자 한다.

灌漑地域에 均等하게 給水하기 위하여는 水路의 適切한 排置가 要求되고 調節施設이 모든 水路에 設置되어야 한다. 大部分의 水稻作 農業國들은 人口가 稠密하고 農家口當 耕作面積도 작다. 臺灣省 農林局과 대만농촌 부흥위원회의 調査에 의하면 自由中國에서는 各 農家當 平均 畝所有 面積은 1.1~1.2ha이다. 그들의 生計를 維持하기 위하여 集約的 耕作이 絶對적으로 必要하다. 이제까지 連續灌漑로 紛爭과 浪費를 招來했는데 比하여 輪換灌漑는 經濟的인 農業用水 利用과 農民의 協助 增進을 위하여 가장 效果的인 方法이다. 輪換灌漑는 適期에 適切한 順序로 適當한 量을 給水하는 科學的인 管理方法으로서 모든 農民들이 適當한 量을 그들의 논에 灌漑할 수 있다. 用水 組織은 幹線, 支線 및 支渠 (Farm Ditch) 로 구성된다. 支渠는 人體의 血管처럼 全 灌漑

地域에 퍼져 있으며 직접 筆地에 물을 供給한다. 過去 灌漑事業이 非效率的으로 되어 一部 耕地는 支渠의 不足으로 耕作치 않게 되었는데 이런 事實에 비추어 볼때 支渠의 적정한 配分과 調整의 重要性이 더욱 切實히 요구된다. 輪換灌漑에 있어서 한개의 輪換區域을 위하여 계획된 總用水量은 하나의 分水門을 通하여 誘導되며 支渠를 通하여 各 輪換單位에 차례로 給水된다. 輪換灌漑地域의 모든 支渠는 같은 容量으로 設計되어야 하며 可能한 限 輪換地域은 面積이 같아야 한다. 一般的으로 輪換灌漑는 分水門, 流量測定裝置 및 調整裝置等이 設置되어야 한다. 輪換地域은 50 ha 區劃으로 農耕地를 分割하는 것이 바람직하며 各 區劃의 보통 토양의 경우 0.04~0.07 m³/sec의 用水量이 必要하다.

이런 정도의 流量으로 支渠에서 浸蝕 피해를 막고 流量損失을 줄이는 것은 간단한 方法으로도 可能하다. 同時에 各 輪換地域의 農民들은 用水組織의 維持管理를 위하여 谷易하게 自體機構를 組織할 수 있다. 인근 農民들로부터 灌漑用水의 도난을 防止하기 위하여 排水路, 用水路, 道路 또는 다른 地形物이 輪換地域의 境界가 된다.

各 輪換地域은 干水路의 流量損失과 그로 인한 農民紛爭을 줄이기 위하여 形象이 길게 뻗어있지 않아야 한다. 各 輪換地域은 用水組織의 基本單位로서 約10ha 程度가 되는 小規模 輪換單位로 細分된다. 組織內의 원활한 用水分配를 위하여 輪換地域의 細分과 水路의 適切한 設計는 效率的인 管理에 直接的인 影響을 끼치므로 주의를 기울여야 한다.

輪換灌漑에서 支渠는 全斷面이 同一한 容量으로 설계되며 用水量은 씨레질 및 移秧用水 때문에 씨레정지가 끝날 무렵 最大로 된다. 따라서 水路損失을 除外한 水路의 最大 設計容量은 씨레整地에 使用될 量과 作物生育에 使用될 量이 될 것이다. 支線의 設計容量은 水路損失을 包含한 各 輪換地域에서 要求되는 量이며 水路의 設計容量은 다음 公式에 의하여 計算된다.

$$Q = \left(\frac{AP}{NT} + \frac{AW}{IT} \right) \frac{1}{1-L} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = \left(\frac{AP}{NT} + \frac{A}{10,000E} \right) \frac{1}{1-L} \dots\dots\dots (2)$$

- A = 灌溉面積 (m²)
- P = 씨리整地 必要水量 (m)
- N = 씨리整地에 必要한 日數 (日)
- T = 一日灌溉時間 (sec)
- W = 投入流量 (m)
- I = 時間 또는 灌溉간격 (days)
- E = 灌溉率 (ha/c. m. s)
- L = 水路損失 (小權)
- Q = 水路의 設計容量 (m³/sec)

公式(1), (2)는 本質的으로 같으나 計算條件이 다르다. 設計資料가 덜 必要하므로 公式(2)가 實用的이며 計算하기에 便利하다. 다음은 水路 設計容量을 例로 든것이다.

- 條件 : ○ 輪換地域의 面積 : 54ha
- 土壤 : Sandy loam (0.005mm보다작은 粒子 18% 含量)
- 씨리整地必要量 : 140mm
- 씨리整地要日數 : 20日
- 水路損失 : 15%

解釋 : 灌溉效率의 圖表로 부터

- E = 1,000ha/c. m. s
- A = 54ha = 540,000m²
- N = 20日
- T = 86,400sec
- L = 0.15
- P = 0.140m

따라서 設計容量 Q는

$$Q = \left(\frac{540,000 \times 0.14}{20 \times 86,400} + \frac{540,000}{10,000 \times 1,000} \right) \frac{1}{1-0.15} = 0.115c. m. s$$

設計容量을 算出 決定하는데는 分配計劃과 密接한 關係가 있다. 公式에 의하여 計算한 水路斷面은 有効降雨量을 고려치 않았기 때문에 실제 必要한 것 보다 클 수도 있다. 그러나 한편으로는 다음과 같은 利點도 있다. 即 씨리整地期間이나 오랜 가뭄 끝에 갑자기 많은 流量이 必要할때 또는 넓은 地域에 걸쳐 洪水가 되어 짧은 時間에 많은 量이 흘러야 하는 긴급한 時期等에도 큰 水路斷面은 물을 充分히 處理할 것이다. 마찬가지로 耕地改良을 위하여 湛水할 경우도 水路斷面의 크기는 充分할 것이다.

III. 輪 作

原因이 무엇이던간에 全地域을 灌溉할 充分한 물이 없다면 輪作은 問題點을 解決할 수 있는 가장 合理的인 方法이다. 輪作은 여러 가지 作物을 돌아가면서 耕作하는 것이고 各作物의 必要水量에 따라 灌溉水를 供給한다. 灌溉用水가 全耕作地에 水稻作을 하는데 充分치 않기 때문에 한 해에는 地域中 一部에 供給하고 다음 해에는 다른 地域으로 옮기게 될 것이다.

輪作에는 두가지 形態가 있다.

1. 大區域에서의 輪作

全地域을 作付體系, 灌溉用水量 및 水路

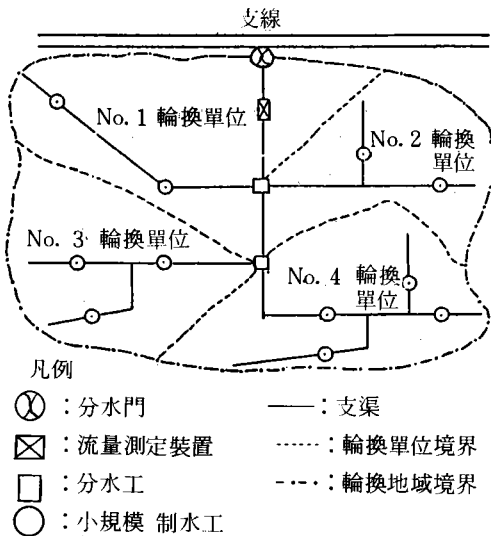


그림.1. 輪換區域과 輪換單位

年度別	1 次 年												2 次 年												3 次 年																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
A 區域	灌溉期	///																	///																	///						
	作物	///					사탕수수												수도					///												///						
B 區域	灌溉期													///																	///											
	作物	///					수도												///					전작물																		
C 區域	灌溉期													///																	///											
	作物	///												///					전작물												///							수도작				

그림. 2. 3년輪作灌溉

組織에 따라 여러개의 大區域으로 나눈다. 輪作은 이 大區域중에서 實施된다.

2. 小規模 區劃內에서의 輪作

全 地域을 여러개의 區劃으로 나누고 作物體系에 따라 이들을 여러개의 小規模 區劃으로 細分한다. 輪作은 한 大區域內의 小規模 區劃에서 實施된다.

輪作은 限定된 灌溉水量을 效率的이고 適節하게 使用할수 있을 뿐만 아니라 土地의 生産量을 維持하기도 한다. 따라서 輪作은 每年 어느 固定된 地域의 部分을 灌溉하고 남은 部分을 灌溉치 않는 方法보다 더 좋다.

치안농組 (Chianan Irrigation Association)의 蒙利區域에서는 灌溉地域을 여러개의 約150ha 區域으로 나누고 다시 約50ha의 小規模區劃으로 細分하였으며 小規模區域을 輪作單位로하여 3年單位로 水稻作, 사탕수수 田作物을 耕作한다.

IV. 貯留池 (Farm Pond)

夜間의 灌溉效率은 매우 낮다. 또한 經濟成長과 生活水準의 向上으로 農民들이 夜間에 灌溉하기 위하여 밖에 나가는 것을 싫어

한다. 夜間에 水源工으로부터 灌溉地域으로 흐르는 農業用水를 節約하기 위하여 可能하다면 貯留池의 施工이 바람직하다. 灌溉地域에 있는 貯留池는 灌溉用水의 貯藏외에 물管理가 容易하고 降雨量의 利用增加 등과 같은 利點이 있다. 例로 타오유안水路를 들어보면 타오유안水路의 主水源工은 탄슈이江의 支流인 타한川에 있는 쉬멘저수지이며 타이완 北部의 2個都에 걸쳐 23,750ha의 蒙利面積을 灌溉하고 있다. 灌溉地域의 土壤은 透水性이 比較的 낮은 段丘形 라토솔(Latosols) 土壤이며 地形은 해발 100m 等高線에 位置한 타오유안水路 아래 서쪽으로 約1/100의 勾配를 가지고 海岸으로 떨어져 있다. 全灌溉地區는 二毛作畝으로 1916年 開發되었다. 타오유안水路의 容量은 16.68m³/sec로 設計되었으며 輪換灌溉 方法을 採擇하기 앞서 타한川으로부터 流入된 물은 總必要水量의 60% 정도로서 그 殘餘量은 全地域에 흩어져 있는 228個의 貯留池와 239個의 江로서 充當하였다. 貯留池의 總貯留容量은 4.17×10⁶m³이고 汙로부터의 年間取水量은 115.44×10⁶m³이다. 따라서 3가지 水源工 即 貯水池, 小貯留池 및 汙로 구성된 이水路組織을 運營하는데는 다음

의 3가지 利點이 있다.

1. 非灌溉時 可能할 때는 언제나 쉬멘貯水池의 물을 水路組織을 通하여 小貯留池에 貯留할 수 있으며 後에 水稻作의 最大必要水量을 充足시킬 수 있고

2. 灌溉地域의 地形이 海岸을 向하여 約 1/100의 勾配를 가지고 계단식으로 되어있기 때문에 貯留池는 自體 流域面積으로부터 흘러 나오는 과잉 灌溉水, 浸透水 또는 降雨量을 貯留하기 위하여 容易하게 만들 수 있었고 따라서 用水의 反復利用이 可能하게 되었다.

3. 上記 2項에서 言及한 바와같이 물의 反復利用을 增加시키기 위하여 灌溉地域内の 河川으로부터 沕를 利用하여 물을 貯留池에 貯留할 수 있었다. 타오유안水路組織이 因여 降雨量이나 反復利用水를 끌어들이기 위하여 앞에서 言及한 施設을 갖추었다 할지라도 輪換灌溉를 採擇하기에 전에 앞에서 指摘한 3가지 水源은 平年에도 全蒙利面積의 灌溉需要를 거의 充足시킬 수 없었다. 어는 支線의 末端地域 農民들은 가뭄때에 물不足으로 빈번히 다투기도 하였다. 이地區에서 輪換灌溉를 實施하기 위한 水路改良은 1955년에 始作하여 1960년에 完全히 끝냈다. 지금은 23,750ha의 灌溉面積이 完全히 물不足 問題로부터 解決되었을뿐만 아니라 輪換灌溉로부터 절약한 물은 쿠양후水路를 利用하여 후코우지구 4,750ha에 補充給水할수 있게 되었다.

V. 水稻作에서 田作으로의 轉換

水稻作은 灌溉用水의 不足과 再分割 使用으로 田作物로 轉換되기도 한다. 澈水灌溉의 最大長點은 다른 어떤 田作物灌溉方法보다 高度의 물管理를 할 수 있다는 것이다. 澈水灌溉는 어느 作物이나 土壤의 表面에 물을 공급할 수 있는 用途가 넓은 灌溉方法으로서 浸透率보다 크거나 작게 또는 같은 比率로 土壤에 물을 供給할 수 있고 完全 自動으로 作動할 수 도 있고 手動으로 操作할 수 도 있다. 一般的으로 澈水灌溉는 어떤 土壤이나 地形

狀態에서도 適用할 수 있으며 地表灌溉가 非效率의이거나 事業費가 비싼 地域에서도 適用될 수 있다.

VI. 農業用水 管理 改善

灌溉組織의 成功的 運用營은 分配組織의 取入水門으로 灌溉水를 수송하는 水路組織의 適切한 管理에 의존할뿐 아니라 用水分配組織의 適正한 管理에도 달려 있다. 送水와 分配組織을 調整하기 위하여 매일의 灌溉事項을 記錄, 報告하기 위한 여러가지 樣式이 構想되어야 한다. 물은 그水源으로부터 여러水路나 送水施設을 通하여 各地域으로 運搬되며 마지막으로 耕作地의 各필지에 到達하게 된다.

本章에서 說明하는 用水組織은 “Rigid Scheduling System”으로서 小規模 面積에 適合하다. 이 組織의 成敗는 有能한 물管理者들에게 달려 있는데 그들은 農民의 要求가 正確히 運營計劃에 反映될 수 있는 狀況에서 農民들과 交分이 두텁고 營農에 經驗이 있는者들이 이어야 한다. 正確한 물管理計劃은 農民들이나 물管理者 모두에게 필수적이다. 灌溉計劃은 3段階로 構成된다.

1. 全般的인 目標計劃

年間 業務計劃은 當會計年度 以前에 準備된다. 準備된 灌溉計劃의 全盤의 目標은 年間 業務計劃에 包含되며 모든 灌溉業務는 이 計劃에 따라야 한다.

2. 圃場灌溉計劃

細部的인 灌溉計劃은 實際로 基本的인 輪番灌溉單位와 함께 始作되며 各單位出張所에서 準備한다. 灌溉單位의 主要 灌溉業務는 農民들의 會議에서 討議되어야 하며 그후 灌溉計劃은 樹立된다.

3. 最終의 全盤的인 灌溉計劃

各地域의 모든 灌溉計劃을 수집하여 全體의 計劃을 作成하며 有用possible한 水資源을 고려하여 檢討하고 計劃樹立하면서 修正이 되어야 한다. 組合長의 決裁後 本計劃은 要約되어 代議員 會議 및 道水資源管理局에 承認받

기 위하여 提出된다. 灌溉計劃이 承認되면 施行에 들어가는데 보통 다음의 段階를 거친다.

1. 灌溉計劃의 公告

公式 公告案이 作成되며 이는 農民들에게 내년도의 灌溉計劃에 對하여 알리는 것과 同時에 關係機關에 알리는 것으로서 그들의 協助와 支援을 要請하는 것이다. 公告內容은 a) 細部灌溉內訳, b) 灌溉面積, c) 推薦하는 作付體系, d) 한발시 輪換灌溉 實施와 關聯된 法規, e) 年間 灌溉目標, f) 其他 關聯事項 等이다.

2. 農民(Water Users)들의 모임

각각 關係단위 구획에 대한 分수문 以下の 關係는 農民들의 責任이다. 그러므로 灌溉業務를 開始하기 前에 農民들의 모임은 필수적이다. 이 모임에는 다음의 여러 사항이 討議된다. 即 a) 各 灌溉 單位別 細部的인 灌溉計劃의 說明, b) 實際 灌溉時 特別留意事項 說明, c) 水路員 고용시 權장事項, d) 支渠 復舊 方法 決定, e) 營農協同 그룹의 調整等

3. 現場 準備

모든 灌溉施設物은 다음事項을 確認하기 위하여 點檢되어야 한다. 即 水門은 良好한 狀態인지, 펌프는 整備가 잘 되어 있는지, 水路는 잘 復舊되어 維持되고 있는지, 水路構造物의 막힌곳은 없는지, 支渠는 깨끗이 整理

되고 復舊되었는지 등의 事項을 檢査하여야 한다. 이過程은 農民들이 물받을 準備가 되어 있는지 確認하는데 도움을 준다.

4. 農業用水 灌溉

農業用水 灌溉時 灌溉 施設物에 對한 統制는 訓練된 技士나 組合의 施設管理 專門家에 의하여 遂行되어야 한다. 모든 灌溉에 關聯된 事項은 準備된 灌溉計劃에 따른다.

5. 觀察과 記錄

모든 灌溉事項은 詳細히 觀察, 記錄되어야 하며 이를 가지고 當初 資料를 補完하게 된다. 또한 灌溉中 灌溉計劃의 修正에 필요한 資料를 提供하기도 한다.

6. 灌溉實施에 對한 檢討

다음의 評價가 施行되어야 한다. 即 a) 作物 生産에 對한 評價, b) 計劃 및 實際 灌溉 實施에 對한 檢討 等으로서 計劃의 檢討에는 灌溉計劃, 單位用水量, 水資源, 有效降雨量 等이 包含된다.

이러한 資料들은 다음해 灌溉計劃 樹立時 參考로 使用된다.

灌溉排水施設物의 適節한 維持管理는 組織의 適節한 運營과 함께 필수적이다. 그러므로 維持管理는 가장 중요한 日常的인 業務이다. 維持管理業務는 a) 日常的인 維持管理 b) 年次的인 修繕業務 및 c) 피해복구 業務로 構成된다.