

灌漑用 貯水池의 日別 流入量과 放流量의 模擬發生 (II)

-貯水池 樋管 放流量의 推定-

Simulating Daily Inflow and Release Rates for Irrigation Reservoirs(II)

-Modeling Reservoir Release Rates-

金 顯 榮* · 朴 承 禹**
Kim, Hyun Young · Park, Seung Woo

Summary

This study refers to the development of a hydrologic model simulating daily inflow and release rates for irrigation reservoirs. A daily-based model is needed for adequate operation of an irrigation reservoir sufficing the water demand for paddy fields which is closely related to meteorological conditions.

And the objective of this study is to develop a reservoir release rate model and then to calibrate the parameters.

The release rates model considers daily water demands, water supply for transplanting, minimum release for maintaining canal flow, and maximum and regular flooding depth for determining effective rainfall on paddy fields. Each of the factors in the model was regarded as a lumped parameter representing the average condition of a whole irrigated area. The water demand was estimated from the potential evapotranspiration by Penman method, the effective rainfall, and the infiltration on paddy fields.

The release model was found to be capable of adequately simulating daily reservoir releases based on meteorological data.

I. 緒 論

本 論文은 學會誌(第30卷 1號 50페이지)에 掲載된 日別 流入量의 模擬發生에 이어 樋管에서의 日別 放流量을 模擬發生하는 模型에 대한 것이다.

灌漑用水를 供給하는 貯水池는 樋管 放流量의 對象이 作物의 必要水量이 되고, 특히 우리나라와 같이 논벼를 主作物로 하는 경우에 이水量은

當日の 氣象條件에 따라 日別差가 크게 된다. 또한 논벼는 生育時期에 따라 必要水量의 差가 크고, 일반적으로 多雨地域을 中心으로 行하여 지는 營農形態이기 때문에 當日の 降雨量과 그 分布에 따라 必要水量은 크게 지배를 받게 된다. 따라서 必要水量의 日單位 豫測은 合理的인 貯水池의 水 管理에 있어 必須의인 條件이 될 수 있다. (14, 17, 27)

灌漑用 貯水池에 있어 樋管放流量은 畚을 中心

* 農業振興公社(새만금사업단)

** 서울大學校 農科大學

으로 생각하는 必要水量에 비해 全 灌溉區域을 對象으로 하는 것이기 때문에 必要水量을 決定할 때 사용되는 物理的인 意味의 媒介變數는 樋管放流量의 경우 그대로 사용될 수 없으며 또한 用水路의 흐름과 관계되는 水量等を 더 고려하게 된다.

한편 必要水量과 放流量은 畝과 樋管이라는 操作地點이 相異하기 때문에 물 管理의 主體가 相異할 뿐더러 操作方法도 集中과 分散이라는 특징을 각각 가지고 있으며 이에 따라 操作指針이 별도로 존재할 수 있다. 따라서 外國의 경우 논벼를 대상으로 하는 貯水池가 드물기 때문에 貯水殘量과 流入量 등의 要素에 따라 放流量을 決定하는 媒介變數 즉 樋管에서의 操作指針을 구비하고 있는데^{8, 11, 18, 21} 비해 우리나라의 경우 樋管操作에 의한 뚜렷한 指針은 發見할 수 없었고 오히려 各 筆地別 물꼬管理가 뚜렷하였다.²⁷ 이러한 事實은 各 筆地마다 相異한 物理的인 意味를 갖는 매개변수에 의해 必要水量이 결정됨에도 불구하고 貯水池 樋管에서는 全 灌溉區域을 對象으로 放流하므로써 平均化되거나 單純히 代表性의 意味를 가지는 總括型³⁾ (Lumped system) 媒介變數로의 變換을 現實적으로 必要로 한다고 할 수 있다. 예를 들어 한 필지의 물꼬높이는 해당 필지의 有效雨量을 결정하는 인자는 될 수 있지만 全 灌溉面積을 대상으로 하여 有效雨量을 결정할 때는 필지마다 물꼬높이가 상이하므로 總括型 媒介變數로 變換할 수 있다.

放流量 模型에 대한 研究 現況을 살펴보면, 長短期 操作을 통해 貯水殘量과 流入量 등의 要素에 따라 樋管의 방류량을 결정하는 研究로는 Eisel⁸⁾ (1972), Fiering¹¹⁾ (1970) 및 Sniedovich¹⁸⁾ (1980) 등의 研究가 있으며, Maidment¹⁵⁾ (1983)는 作物의 必要水量을 同性區域別로 推定하고 各 區域의 必要水量을 合算한 後 이를 토대로 灌溉量을 決定하는 模型에 대해 연구한 바 있다. 한편 貯水池 模擬操作 模型中 灌溉用水를 취급할 수 있는 HEC-3 및 HEC-5^{5, 10)}와 SSARR,⁶⁾ HYDROSS¹⁹⁾ 模型 等에서는 放流量을 모의발생 또는 推定하지 않고 既 決定된 水量 (Deterministic input)으로 처리하고 있다.

논벼를 主作物로 하는 우리나라의 경우 한 筆地概念의 必要水量만을 물리적인 媒介變數를 使用하여 推定하고 이를 全 灌溉區域에 適用하므로써 모든 筆地의 媒介變數가 同一한 것으로 假定

하였다.^{23, 25, 28, 29)}

本 研究의 目的은 樋管에서의 放流量을 總括型 媒介變數를 使用하여 日別로 模擬發生할 수 있는 模型을 開發하고 實測 放流量 資料에 의해 媒介變數를 補正하므로써 灌溉用 貯水池의 日別 模擬操作을 行할 수 있도록 하는데 있다.

II. 模型의 基本理論

1. 模型의 構成

灌溉用 貯水池의 放流量은 當日의 氣象條件(作物의 蒸發散量 및 有效雨量), 용수로 조건(最低放流量, 水路損失), 포장조건(滲透量, 管理損失, 湛水深, 灌溉面積, 물꼬높이) 및 作物의 生長단계(못자리 및 移秧用水) 등의 要素에 지배를 받는 것으로 볼 수 있다.^{14, 16, 23, 25, 29)} 이들 조건외에 灌溉方式이나 因習등과 같은 工學外的인 要因도 작용할 수 있다.

이러한 要因들은 주로 자연적인 조건에 의해 선택의 여지가 없는 것과 효율적인 물 管理를 위해 인위적으로 操作되는 것으로 구분할 수 있다. 전자는 주로 模型에서 입력자료로서 처리할 수 있으며, 후자는 일반적으로 포장의 必要水量으로부터 시기적으로 또는 공간적으로 樋管의 放流量을 결정하는 일종의 매개변수로 볼 수 있다. 즉, 전자에 속하는 것으로서 氣象, 灌溉面積, 滲透量, 損失率 및 湛水深 等이고 후자로서는 물꼬높이, 못자리 및 移秧用水, 最低放流量 등이 이에 속한다. 따라서 放流量 模型을 개발한다는 의미는 전자의 輸入자료를 利用하여 必要水量을 추정하고 후자의 매개변수를 實測 放流量 자료로부터 보정하는 작업으로 볼 수 있다.

樋管에서의 放流量은 포장에서의 必要水量과 용수로의 흐름을 유지시켜 주는 最低放流量 및 논벼의 경작에 필요한 移秧用水量 등의 附加的 概念으로 볼 수 있으며 여기에 水路損失率을 고려하여 방류량을 결정할 수 있을 것이다. 즉,

$$OR(t) = C[REQ(t) + MR(t) + TS(t)](1 - L/100) * A \dots\dots\dots (2.1)$$

이다. 여기서 $OR(t)$ = t일의 放流量($m^3/日$), $C=10$ (단위 환산계수), $REQ(t)$ = 畝必要水量($mm/日$) $MR(t)$ = 단위면적당(ha) 最低放流量(mm), $TS(t)$ = 移秧用水量(mm), L = 수로 손실율($\%$) 및 A = 灌溉면적(ha)이다.

畚의 必要水量, REQ(t)는 논벼의 蒸發散量과 滲透量 및 有效雨量으로 부터 式(2.2)와 같이 定되다. 16, 23, 25) 즉,

$$REQ(t) = ETp(t) \times Kc + I - Re(t) \dots\dots (2.2)$$

이다. 여기서 $ETp(t)$ = 잠재증발산량(mm), Kc = 논벼의 작물계수, I = 滲透量(mm/日) 및 $Re(t)$ = 유효우량이다.

最低放流量, $MR(t)$ 는 式(2.2)로 계산되는 $REQ(t)$ 가 $MR(t)$ 보다 적어 용수로의 흐름을 유지할 수 없을 때 이를 유지하기 위한 水量이다. 이 水量은 1.0mm/ha 單位로 假定하여 試算의해 실측 방류량 자료로 부터 보정하게 된다. 즉,

$$\left. \begin{array}{l} MR(t) > REQ(t) \text{ 이면 } MR(t) = \text{假定된 값} \\ MR(t) \leq REQ(t) \text{ 이면 } MR(t) = 0.0 \end{array} \right\} \dots\dots (2.3)$$

移秧用水量, $TS(t)$ 는 원칙적으로 해당 경지의 경운깊이, 토양의 공극율, 및 씨래후의 담수심등의 요소에 따라 상이하기 때문에 실측하여야 한다 23) 실측이 곤란할 경우 100mm~150mm의 일반적인 범위에서 결정하거나 실측 방류량 자료에 의해 보정할 수 있다.

水路 損失率, L 은 현장 모니터링 또는 一般의인 基準(農地改良事業設計基準, 灌漑編, 1983)에 따라 10~20%에서 적용할 수 있다.

방류량 모형을 개발하는에는 2가지 접근 방식이 가능할 수 있을 것이다. 하나는 畚 필지마다 (2.1)式을 적용하여 全筆地의 필요수량을 합산하는 分布型^{2,3)} (distributed system)과 다른 하나는 全灌漑區域을 하나의 필지로 보고 (2.1)式을 일괄적으로 적용하는 總괄형^{2,3)} (lumped system)이다. 有效雨量과 관계되는 물꼬높이와 常時管理 湛水深 및 最低放流量과 移秧用水量 등은 筆地마다 또는 해당 貯水池의 灌漑組織의 특성에 따라 변화가 심하기 때문에 全灌漑區域을 대상으로 하는 總括型이 유리할 수도 있다. 본 연구에서는 地區 전체를 하나의 筆地로 概念化하고 放流量 模型을 構成하는 媒介變數로서는 물꼬높이, 常時管理 湛水深, 最低放流量 및 移秧用水量의 개념을 導入하여 總括型 模型으로 개발하도록 한다.

2. 蒸發散量

日單位 潛在 蒸發散量은 Doorenbos等⁷⁾ (1977) 및 Jensen¹⁴⁾ (1983)의 推薦에 따라 Penman式을 사용한다. 본 式은 Penman이 발표한 아래 많은

修正公式이 발표되었으나, 該當 公式에 의하여 作物係數²⁰⁾가 補正되어 있어야 용 가능하다. 農業開發研究所²⁶⁾ (消費水量 算定方法의 定立, 1986)에서는 FAO⁹⁾ (1977)의 修正公式에 의해 作物係數를 補正한 바 있으므로 본 연구에서는 FAO의 Penman式을 사용한다. 이 Penman式은 다음 (2.4)式과 같다.

$$ETp = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot F(u) \cdot (E_a - E_d)] \dots\dots\dots (2.4)$$

여기서 ETp = 潛在蒸發散量(mm/日), W = 氣溫과 관련된 加重係數, R_n = 純日射量(mm/日), $F(u)$ = 風速과 관련된 函數, $E_a - E_d$ = 蒸氣壓差(mb) 및 C = 晝夜의 기후차에 따른 補正係數 등이다.

3. 有效雨量과 必要水量

畚에서의 有效雨量은 全의으로 圃場의 물꼬管理(湛水深의 變化)에 의존한다고 할 수 있다.

日別 湛水深의 變化를 追跡하자면 單一筆地에서의 물收支式을 이용하여야 한다. 유효우량을 고려한 畚에서 물收支式은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$D_t = D_{t-1} + Re(t) + REQ(t) - U_t \dots\dots\dots (2.5)$$

여기서 D_t = t日의 담수심(mm), D_{t-1} = t-1日의 담수심(mm), $Re(t)$ = t日의 有效雨量(mm) 및 $REQ(t)$ = t日의 필요수량(mm)이다. 式(2.5)는 畚의 湛水深을 고려한 (2.2)式의 변형임을 알 수 있다. 한편 소비수량은

$$U_t = ETa + I \dots\dots\dots (2.6)$$

로 된다. 여기서 ETa = 實際 蒸發散量(actual evapotranspiration), I = 日 滲透量(mm) 등이다.

式(2.5)에서 有效雨量, $Re(t)$ 는 日雨量의 크기와 현재 湛水深과 물꼬높이와의 差에 따라 결정되며, 이 差를 有效雨量으로 전환될 수 있는 有效可能雨量, Re' 라고 하면

$$Re' = D_{max} - D_{t-1} + U_t \dots\dots\dots (2.7)$$

로 정의할 수 있다. 여기서 D_{max} = 물꼬높이이다. 이때 日降雨量, R_t 가 Re' 보다 크면 有效雨量은 R_t 중 Re' 만큼 有效雨量이 되고 R_t 가 Re' 보다 적으면 R_t 모두가 有效雨量이 된다. 한편 前日의 湛水深, D_{t-1} 이 매우 작아 常時管理 湛水深, D_{min} 以下를 유지하고 있으면 必要水量 $REQ(t)$

를 供給하여 尙상 D_{min} 을 유지토록 하되 한번의 供給水量은 다음 式에 의해 결정한다.

$$REQ(t) = D_{max} - D_{t-1} - Re(t) + U_t \dots\dots (2.8)$$

이와같이 有效雨量과 必要水量에 따라 계산된 現在의 湛水深 D_t 는 다시 來日 計算에서 D_{t-1} 로서 대치된다.

III. 模型의 適用

1. 入力資料 및 媒介變數

放流量 模型의 適用을 위해 사용한 貯水池는 京畿道 華城郡 半月面의 半月 貯水池, 忠南 論山郡의 塔亭池, 全南 榮山江 上流의 光州 및 長城湖等 4個 貯水池를 선정하였다. 이들 貯水池의 樋管 放流量 實測 資料는 半月 貯水池의 경우 서울 大學校 農工學科에서 '85~'87까지 測定한 바 있으며²⁷⁾ 그外 塔亭池, 光州湖 및 長城湖의 경우 '82~'83에 農業振興公社의 水文調査에 依해 農組에서 測定한 資料를 수집한 바 있다.

Table-1은 4개 貯水池의 放流量 模型의 적용을 위해 入力資料를 요약한 것이다. 이러한 入力資料는 Table-1과 같이 해당 灌溉地區에서 現場 調査에 의해 결정해야 하므로 灌溉地區마다 相異한 값을 가지면서 그 地區에서는 고유의 값을 가

지는 確定的인 값이 된다. 또한 移秧用水量(transplanting water supply), 最低 放流量(minimum release) 및 물꼬높이(flooding depth)와 같은 媒介變數는 全 灌溉面積을 하나의 筆地로 보는 變數로서 어느한 筆地에서 현장 조사에 의해 결정되었다 하더라도 필지 마다 다른 값을 가질 가능성 때문에 해당 地區의 대표값으로 취급할 수 없으며 非確定的인 값이다. 그러므로 이 매개변수는 통관에서 실측된 방류량 자료에 의해 試算法으로 補正할 수 있다.

Table-1에 주어진 매개변수 값의 범위는 일반적으로 사용되는 값이며(農地改良事業設計基準, 灌溉編, 1983) 본 연구에서는 試算을 위해 初期值로서 사용하였다. 이러한 매개변수의 값은 同 Table에서 주어진 것과 같이 100~140mm, 물꼬높이는 50~80mm 및 常時管理 湛水深은 10~20mm이다. 最低 放流量에 대해서는 과거 연구 자료를 발견할 수 없어 1.0mm/ha부터 시작하여 實測值에 근접할 때 까지 補正하였다.

2. 媒介變數의 補正

放流量 模型의 適用 과정은 Table-1에 주어진 入力資料, 氣象資料, 實測 放流量 및 媒介變數의 初期值를 준비하여 다음과 같은 단계를 시행하였다.

①式(2.4)에 의해 Penman式으로 논벼의 蒸發

Table-1. Input data and model parameters for release simulation.

Input data	Unit	Reservoirs				Remarks
		Banweol	Tabjeong	Jangseong	Kwangju	
catchment area	km ²	12.2	218.8	122.8	41.3	deterministic
irrigated area	ha	346	5,400	7,650	1,200	
full water level	m	35.0	28.3	86.5	74.6	
dead water level	m	27.0	16.0	64.0	63.0	
max. storage	10 ³ m ³	1,602	31,756	86,008	16,254	
canal conveyance loss	%	10.0	10.0	15.0	15.0	
Infiltration on paddy	mm/day	4.0	3.5	4.0	4.8	
municipal & industrial water	m ³ /day	-	-	-	8,950~60,480	
Model Parameters						indeterministic
water supply for transplanting	mm	100~140				
min. release	mm/ha	?				
max. flooding depth	mm	50~80				
regular flooding depth	mm	10~20				

散量을 推定하고 삼투량을 고려하여 畓에서의 消費水量을 算定한다.

② 畓에서의 日別 湛水深의 變化를 假定한 물꼬높이와 常時 管理 湛水深에 의해 追跡하여 有效雨量을 결정하고 式(2.8)에 의해 必要水量을 推定한다.

③ 假定한 最低 放流量과 移秧用水量을 이용하여 式(2.1)에 의해 통관에서의 放流量을 模擬發生한다.

④ 模擬發生 放流量 累加曲線이 實測 방류량의 누가곡선에 근접할 때 까지 매개변수의 값을 변화시키면서 上記 ①~③의 過程을 반복한다.

⑤ 이때 누가곡선을 이용함과 동시에 日別 誤差(RMS: Root-Mean-Square)⁴⁾를 계산하여 最小 誤差를 갖는 매개변수의 값을 결정한다.

上記 過程에 의해 各 媒介變數別로 補正하고 그 결과를 고찰하면 다음과 같다.

(1) 물꼬 높이 및 常時 管理 湛水深의 補正

Fig 1(a)~(d) 및 Table-2는 Table-1에 주어진 媒介變數 범위내에서 10mm단위로 8가지 경우에 대하여 放流量을 모의 발생시키고 實測累加 放流量 곡선과 함께 비교하고 있다. 半月 貯水池의 경우 Fig. 1(a)에서 보는 바와 같이 답수심에 따른 放流量의 分명한 變化는 8月 中旬 이후에 나타나고 있으며 그 이전의 變化는 微微하여 道상에서 判別하기가 어렵다. 이러한 사실은 8月 이전의 降雨 형태가 日 降雨量이 60mm를 초과한 적이 없고 또한 연속 日 降雨量도 그리 많지 않았기 때문에 어느 경우에도 물꼬를 월류한

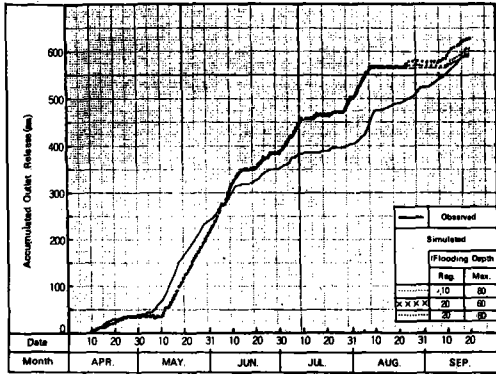


Fig 1(a). Observed and Simulated Outlet release at Banwoel Reservoir with flooding depths on paddy field, 1986.

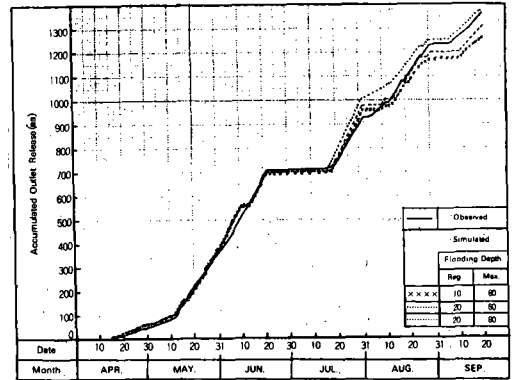


Fig. 1(c). Observed and Simulated Outlet release at Kwangju Reservoir with flooding depths on paddy field, 1981.

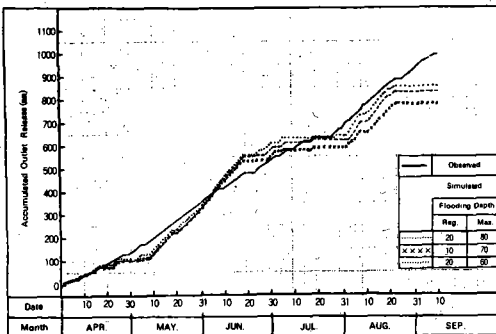


Fig. 1(b). Observed and Simulated Outlet release at Tabjeong Reservoir with flooding depths on paddy field 1983.

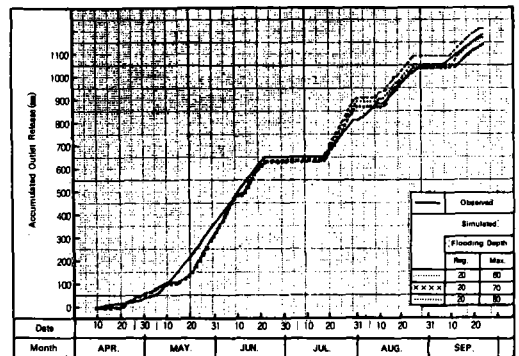


Fig. 1(d). Observed and Simulated Outlet release at Jangseong Reservoir with flooding depths on paddy field 1981.

수량이 많지 않았던 것으로 풀이된다. 實測 放流量 곡선과 비교할 때 7月 初旬에 큰 오차가 발생하였는데 그 이유는 7月 初旬의 降雨量은 11.8mm로서 매우 작은 값을 기록하여 많은 放流量이 추정되었으나 실제 放流量은 同 期間에 별다른 증가를 보이지 않았기 때문이며 同 期間의 실제 放流量을 줄인 이유를 단순히 통관 유량 측정 기록만 가지고는 판단하기 곤란하였다. 한편, 물꼬 높이와 常時 管理湛水深은 각각 80mm와 10mm 일때 가장 적은 오차가 발생하였으나, Table-2에서와 같이 오차의 표준 편차가 80mm와 20mm의 경우 더 적었기 때문에 이 값이 타당할 것으로 판단되었다.

Fig. 1. (b)의 塔亭池의 경우 9月 初旬을 제외하고 模擬發生 結果는 實測 放流量 곡선과 잘 일치함을 볼 수 있다. 또한 물꼬 높이와 常時 管

리 常時 管理湛水深은 각각 60mm와 20mm일때가 實測 放流量 곡선에 가장 접근하였다. 물론 灌溉期間中 總 放流量과 日別 오차의 표준 편차도 Table-2에서 같이 60mm와 20mm일 때가 가장 적었다.

Fig. 1. (c) 및 (d)의 光州湖와 長城湖의 경우 灌溉 全 期間에 걸쳐 實測 및 모의발생 放流量 곡선이 거의 일치함을 볼 수 있으며 물꼬 높이와 常時 管理湛水深은 각각 60mm와 20mm 및 70mm와 20mm일때 실제 放流量 곡선에 가장 접근하였다. Table-2의 오차 분석에 있어서도 이 경우 가장 적은 오차와 표준 편차를 보여주고 있다.

4 개 貯水池를 종합하면 Table-2에서와 같이 常時 管理湛水深의 경우 4 개 저수지 모두 20mm로 보정된 것으로 보아 이 값이 일반적으로 수용 가능한 값을 추정할 수 있었다. 물꼬 높이의 경

Table-2. Calibration of flooding depth on paddy.

Unit : mm

Reservoir	Flooding Depth		Yearly Total			Root-Mean Square (daily)	Standard Deviation of Error
	Regular	Max.	Observed	Simulated	Error		
Banweol	10	80	588.8	592.8	-4.0	37.8	14.0
		70		606.3	-17.5	39.6	13.1
		60		620.7	-31.9	41.6	12.3
		50		630.4	-41.6	43.1	11.9
	20*	80*	588.8	606.3	-17.5	39.6	13.1
		70		620.7	-31.9	41.6	12.3
		60		630.4	-41.6	43.1	11.9
		50		654.7	-65.9	49.4	11.6
Tabjeong	10	80	1,004.9	754.0	250.9	90.5	19.2
		70		783.8	221.1	78.6	19.0
		60		817.2	187.8	66.0	19.0
	20*	80	1,004.9	832.6	172.3	63.6	19.9
		70		817.2	187.8	66.0	19.0
		60*		859.7	145.2	51.2	18.8
Kwangju	10	80	1,392.1	1,281.5	110.5	55.5	10.9
		70		1,316.8	75.2	39.4	10.5
		60		1,352.1	39.9	25.5	10.2
	20*	80	1,392.1	1,316.8	75.2	39.4	10.5
		70		1,352.1	39.9	25.2	10.2
		60*		1,393.4	-1.4	13.7	10.2
Jangseong	20*	80	1,183.7	1,135.2	48.2	6.6	13.7
		70*		1,170.8	12.9	4.4	13.3
		60		1,208.3	-24.6	6.1	13.1

(*) means a value within the optimal range which minimizes the error and the Root-Mean-Square of the one

灌溉用 貯水池의 日別 流入量과 放流量의 模擬發生(II)

우 60mm~80mm의 범위를 보여주고 있으며 4개 貯水池 평균 67.5mm로 계산되었다. 灌溉期間中總放流量에 있어서 80mm를 기준할때 60mm때의 放流量은 4개 貯水池 평균 4.8%의 증가에 그치고있다. 따라서 4개 貯水池 평균 물꼬 높이 67.5mm를 實測 자료가 없는 貯水池에 적용하더라도 그 오차는 크지 않을 것으로 판단된다. 한편 물꼬 높이와 常時 담수심에 따른 放流量의 분명한 차이는 Fig.1의 4개 貯水池 共히 7月 이후에 나타나므로써 이 때개변수는 本畝期の 放流量에 영향을 주로 미침을 알 수 있었다.

(2) 移秧用水量의 補正

移秧用水量의 補正은 Table-1에서 주어진 100mm와 140mm의 2가지 경우에 대하여 4개 貯水池에서 실시하였다. 그러나 光州 및 長城湖의 경우 Fig.1. (c) 및 (d)에서 보는 바와 같이 140mm를 공급하였을때 이미 實測 放流量 곡선과 잘 일치 하였으므로 100mm의 경우에 대해서는 별도의 분석은 하지 않았다.

Fig.1. (a) 및 (b)에서와 같이 移秧 期間인 5月 中旬에서 6月 上旬 사이의 實測值 곡선의 기

울기가 대조를 이루고 있다. 半月 貯水池의 경우 同期間의 기울기는 他 期間의 그것에 비해 급한 편이고, 塔亭池의 경우 他 期間의 기울기와 별 차이를 보이지 않고 있다. 그 이유는 4月과 5月の 降雨量과 그 분포에 크게 지배를 받았기 때문으로 사료된다. 1986년 4,5月の 半月 降雨量은 77.0mm인데 비해 1983年 塔亭池의 그것은 229.8mm로서 무려 33.5%가 더 많이 발생하였다. 그 분포에 있어서도 兩 貯水池 모두 日 降雨量이 30mm를 초과한 적이 없어 유효율이 85%에 이르고 있다. 塔亭池의 경우 이양에 필요한 대부분의 수량을 강우로부터 공급받을 수 있었다는 사실 때문에 移秧初期에 있어서는 Table-3에서 보는 바와 같이 40mm의 차이가 있었을 지라도 이양이 종료되는 6月 初旬의 추정 放流量은 약 20mm로 감소 되었다. 그러나 半月 貯水池의 경우 降雨量이 적어 이양용수량의 차이가 그대로 유지되어 약 40mm로 나타났다.

Table-3에서 적정 이양용수량을 결정하기 위해 4月에서 7月까지 旬別로 實測 放流量과 함께 RMS를 비교한 결과 半月 貯水池 및 塔亭池

Table-3. Calibration of water supply for transplanting.

unit : mm

Reservoir		Banweol					Tabjeong				
		Observed	Simulated Release 1)				Observed	Simulated Release			
			100mm	RMS	140mm	RMS		100mm	RMS	100mm	RMS
APR.	Early	-	- ²⁾	- ³⁾	- ⁴⁾	-	38.5	40.2	4.1	40.2	4.1
	Middl.	29.4	22.4	5.3	22.4	5.3	92.6	80.7	3.8	80.7	3.8
	Late	39.2	34.0	3.8	34.0	3.8	140.0	94.6	33.2	112.3	20.1
	subtotal	39.2	34.0	4.5	34.0	4.5	140.0	94.6	13.7	112.3	9.3
MAY	Early	65.9	36.0	14.1	36.0	14.1	200.0	94.6	79.4	138.8	56.4
	Middl.	165.2	116.4	43.2	130.8	35.4	278.8	192.8	96.7	231.4	46.1
	Late	241.3	214.3	39.0	244.4	16.6	360.4	334.0	56.1	341.4	34.5
	subtotal	241.3	214.3	32.3	244.4	21.9	360.4	334.0	76.7	341.4	45.3
JUN.	Early	300.6	317.5	11.1	361.9	38.5	422.1	477.4	21.5	498.4	30.8
	Middl.	325.3	349.9	26.6	394.3	71.7	487.2	570.6	72.9	591.6	93.9
	Late	350.4	386.9	32.6	431.3	77.0	539.5	594.6	65.6	615.6	86.6
	subtotal	350.4	386.9	23.4	431.3	62.2	539.5	594.5	53.3	615.6	70.4
JUL.	Early	384.8	457.2	53.4	501.6	97.9	595.5	628.5	49.5	649.5	70.6
	Middl.	388.1	466.9	76.9	511.3	121.4	644.4	640.7	5.8	661.7	25.3
	Late	405.6	503.1	78.7	547.5	123.2	699.9	640.7	21.0	661.7	17.5
	subtotal	405.6	503.1	70.0	547.5	114.4	699.9	640.7	25.3	661.7	37.1
mean		405.6	503.1	32.5	547.5	50.8	699.9	640.7	33.3	661.7	49.5

1) Releases are the accumulated depths with respect to each period.

2) & 4) The values are the water supplied additionally during the transplanting period.

3) RMS : Root-Mean-Square of the daily errors

모두 7月까지의 평균 RMS는 각각 이양용수량이 100mm의 경우 32.5mm와 33.3mm이며, 140mm의 경우 50.8mm와 49.5mm로서 100mm일 때가 더 적은 오차를 보여 주므로서 實測 放流量에 접근하였음을 알 수 있었다. 그러나 이상의 貯水池에서와 같이 이양용수량은 同 期間의 降雨量과 그 분포에 의해 지배를 받는 것이므로 어느 해의 實測 放流量에 의해 補正되었다 하더라도 이 값은 일정한 값이 될 수 없을 것이다.

(3) 最低 放流量의 補正

最低 放流量의 補正은 1.0mm/ha 단위로 4개 貯

水池에서 실시하였다. 그 결과 光州湖와 長城湖의 경우 각각 4.0mm/ha와 5.0mm/ha에서 Fig. 1. (c) 및 (d)와 같이 實測值 곡선에 가장 접근하였다. 여기서는 Fig. 2. (a) 및 (b)와 같이 半月貯水池와 塔亭池에 있어 각각 3.0mm/ha와 6.0mm/ha를 계획하였을 경우와 이를 고려하지 않았을 경우에 대해서 고찰하기로 한다.

Fig. 2. (a)와 (b)에서 보는 바와 같이 最低 放流量을 계획하지 않는다면 4月에서 5月初旬까지 放流量에 있어 분명한 차이를 볼 수 있다. 이 시기는 논벼 생육에 있어 묘대기에 해당되며 이 때의 묘대面積은 全 面積의 1/20에 해당되므

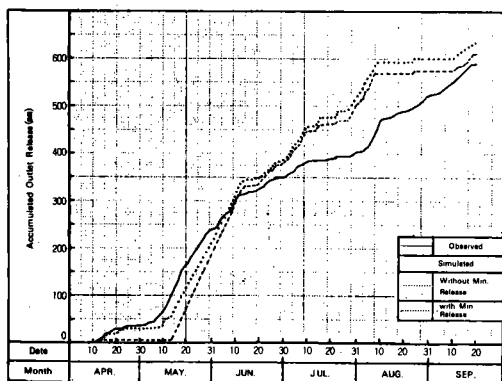


Fig. 2(a). Observed and simulated Outlet release at Banweol Reservoir with minimum release, 1986.

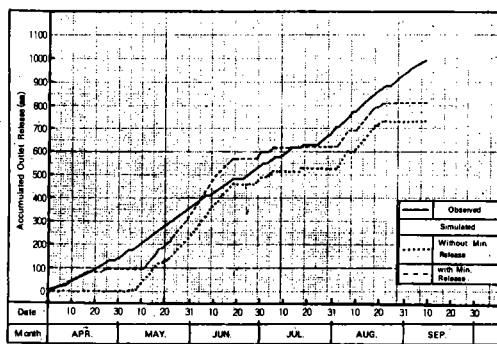


Fig. 2(b). Observed and Simulated Outlet release at Tabjeong Reservoir with minimum release, 1983.

Table-4. Calibration of minimum release.

Unit : mm

Reservoir		Banweol					Tabjeong				
		Observed	Simulated Release ¹⁾				Observed	Simulated Release			
Period	non		RMS	min.	RMS	non		RMS	min.	RMS	
APR.	Early	-	- ²⁾	-	- ³⁾	- ⁴⁾	38.5	3.6	15.3	40.2	4.1
	Middl.	29.4	5.5	12.7	22.4	5.3	92.6	3.6	64.8	80.7	3.8
	Late	39.2	5.5	30.0	34.0	3.8	140.0	3.6	119.4	112.3	20.1
	subtotal	39.2	5.5	21.4	34.0	4.5	140.0	3.6	66.5	112.3	9.3
MAY	Early	65.9	5.5	43.2	36.0	14.1	200.0	30.1	165.1	138.8	56.4
	Middl.	165.2	63.3	96.5	116.4	43.2	278.8	122.7	154.8	231.4	46.1
	Late	241.3	176.9	83.5	214.3	39.0	360.4	232.7	143.2	341.4	34.5
	subtotal	241.3	176.9	74.7	214.3	32.3	360.4	232.7	154.0	341.4	45.3
mean		241.3	176.9	48.1	214.3	18.4	360.4	232.7	110.3	341.4	27.3

- 1) Releases are the accumulated depths with respect to each period.
- 2) The minimum release is not considered.
- 3) The minimum release has a value of 3.0mm and 6.0mm per hectares in Banweol and Tabjeong reservoir respectively.
- 4) RMS : Root-Mean-Square of the daily errors.

Table-5. The parameters calibrated for the release model.

Parameters \ Reservoirs	Banweol	Tabjeong	Kwangju	Jangseong
Flooding depth (mm)				
Maximum	80	60	60	70
Regular	20	20	20	20
Water supply for transplanting (mm)	100	100	140	140
Minimum release (mm/ha)	3.0	6.0	4.0	5.0

로 매우 작은 水量이 放流될 수 밖에 없다. 그러나 實測 放流量 곡선은 2개 貯水池 모두 一定量 이상 방류한 사실을 나타내주고 있기 때문에 最低 放流量의 존재를 확인할 수 있다. Table-4는 이러한 사실을 數值的으로 나타낸 것이다. 半月 貯水池의 경우 4월 까지의 放流量에 있어 最低 放流量을 고려하지 않았을 때 5.5mm인데 비해 3.0mm/ha를 공급하였을 때는 34.0mm가 되어 同期間의 實測 放流量 39.2mm와 4.5mm의 RMS를 보여 實測值에 접근하고 있음을 보여주고 있다.

塔亭池의 경우에도 半月 貯水池와 유사한 결과를 Table-4는 보여주고 있다.

補正된 最低 放流量은 Table-5에 요약된 것과 같이 貯水池의 灌溉面積에 따라 어떤 관계를 보이고 있음을 추측할 수 있다. 半月, 光州, 長城 및 塔亭池의 灌溉面積은 각각 346, 1,200, 7,650 및 5,400ha에 대하여 最低 放流量은 각각 3.0, 4.0, 5.0 및 6.0mm/ha를 보여주므로서 灌溉面積의 규모에 따라 변하고 있다. 그러나 이들에 대한 확실한 증명은 좀더 많은 貯水池에 대한 實測 放流量 자료가 있어야 가능할 것으로 판단된다.

한편 本 放流量 模型에 대한 檢證은 다음 學會誌에 발표예정인 日別 模擬操作 模型의 舉動分析으로부터 그 타당성을 類推할 수 있을 것으로 思料된다.

IV. 要約 및 結論

灌溉用 貯水池의 放流量 模型을 구성하고 있는 媒介變數 즉, 물꼬 높이, 常時 管理 湛水深, 移缺 用水量 및 最低 放流量에 대하여 實測 放流量 자료를 보유하고 있는 半月貯水池, 塔亭池, 光州湖 및 長城湖 등 4개 貯水池에서 補正한 결과 Table-5와 같이 요약되며 이들에 대한 고찰 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 이들 媒介變數는 筆地마다 定해지는 물리적인 媒介變數가 아니라 灌溉區域 전체를 대표하는 一種의 總括型 매개변수이다.

② 常時 管理 湛水深의 경우 4개 貯水池 모두 20mm일때가 가장 적합하였다.

③ 물꼬 높이는 貯水池 別로 60~80mm사이에서 변화하였으나 평균 67.5mm를 사용하더라도 예상되는 오차는 4.8% 이하로 추정되었다.

④ 이양용수량의 경우 同 期間의 降雨量과 그 분포에 지배를 받는 것으로 나타났기 때문에 短期間의 實測 자료로는 대표적인 값을 도출할 수 없었다. 그러나 종래의 100mm~140mm는 實測 자료에 의해 타당한 값을 확인하였다.

⑤ 最低 放流量은 3.0~6.0mm/ha의 범위를 가지며 灌溉面積의 규모에 따라 변하는 것으로 추측되었다.

⑥ 이들 媒介變數는 논벼의 생육시기와 밀접한 관계를 가지고 있다. 즉, 最低 放流量은 묘매기의 放流量을, 이양용수량은 이양기의 放流量을, 물꼬 높이 및 常時 管理 湛水深은 雨期인 本畚期 이후의 放流量에 영향을 미치고 있었다.

參 考 文 獻

1. Allen, R. G., C. E. Brockway, & J. L. Wright, 1983. Weather station siting and consumptive use estimates, J. of Water Resour. Plann. & Manage., Vol. 109, No. 2, ASCE.
2. Anderson, M. G. & T. P. Burt, 1985. Modeling strategies, hydrological forecasting, Edited by M. G. Anderson, John Wiley & Sons.
3. Blackie, J. R., & C. W. O'Keefe, 1985. Lumped catchment models. Hydrological Forecasting, Edited by M. G. Anderson et

- al. John Wiley & Sons.
4. Brandt Siegmund, 1978. Statistical and Computational Methods in Data Analysis, Chap. 6-4. pp.102~103. North-Holland.
5. Corps of Engineers, 1971. Hydrologic Engineering Methods for Water Resources Development, Vol. 1. 8. 9. the Hydrologic Eng. Center, U. S. Army.
6. _____, North Pacific Div., 1972. SSARR program description and user manual. U. S. Army, COE, Portland, Oregon.
7. Doorenbos, J. & Pruitt, W. O., 1977. Crop requirements, FAO, Irrigation and Drainage Paper 24, Rome. Italy.
8. Eisel, L. M., 1972. Chance-constrained reservoir model, WRR., Vol. 8, No. 2, 339~347.
9. FAO, 1977. Irrigation and Drainage Paper No. 24.
10. Feldman, A. D., 1981, HEC models for water resources system simulation : theory & experience, Advances Hydroscience, Vol. 12, Edited by V. T. Chow.
11. Fiering, M. B., 1970. Probability, statistics, and decision for civil engineers by J. R. Benjamin & C. A. Cornell, pp. 201~211, McGraw Hill Inc.
12. Hanson, C. L. 1976. Model for predicting evapotranspiration from native rangelands in the Northern Great Plains, Trans, ASAE, 19 SW.
13. Jensen, M. E., 1973. Consumptive use of water and irrigation water requirements, Report, Tech. Comm. on Irrig. and Water Requir., J. of Irrig. and Drain. Div., ASCE.
14. _____, 1983. Design and operation of farm irrigation systems, pp. 189~232. ASAE Monograph No. 3.
15. Maidment, D. R., 1983. Modeling water demands of irrigation projects, J. of . Irri & Drain. Div. ASCE, VOL. 109, No. 4.
16. 日本 農林省 構造 改善局 設計課, 1988. 農業 土木技術者のための電算標準 例題輯 pp. 198.
17. Rhenals, A. E. & R. L. Bras, 1981. The irrigation scheduling problem and evapotranspiration uncertainty, WRR. Vol. 17, No. 5.
18. Sniedovich, M., 1980. Analysis of a chance-constrained reservoir control model, WRR., Vol. 16, No. 5.
19. USBR, 1983. HYDROSS-Hydrologic River Operation Study System, User's guide, U. S. Dep. of the Interior, Bureau of Reclamation, Upper Missouri region.
20. Wright J. L. 1972. Recent developments in determining crop coefficient values, Irri & Drain Div., ASCE, Vol. 38, No. IR 2.
21. 權純國, 高德九, 1984. 有效雨量 模型의 檢證과 利用性 檢討, 서울대학교부속, 農業開發 研究所.
22. 金成俊·鄭夏禹, 1987. 水原地方 畝의 有效雨量 算定을 위한 電算模型開發 및 利用性 檢討, 서울大學校 碩士學位論文.
23. 金始原·金哲基·李基春, 1984. 農業水利學, 鄉文社.
24. 金顯榮, 1981. 水稻의 必要水量 算定方法의 比較 및 單位 用水量 差異에 관한 研究, 江原大學校 碩士論文
25. 農水産部, 農業振興公社, 1983. 農地改良事業 設計基準, 灌溉編.
26. 農業開發研究所, 1984~1986. 作物 消費水量 算定方法의 定立, 農水産部, 農業振興公社.
27. _____, 1985~1986. 貯水池 管理 研究, 農水産部, 農業振興公社.
28. 農業振興公社, 1981, Program解説 第1輯.
29. 閔丙燮, 1975. 農業水利學, 鄉文社