

# 溫水池에 依한 灌溉用水의 水温上昇 効果에 關한 研究

## A Study on the Effects of Temperature Rise of Irrigation Water Passed Through the Warm Water Pool.

延 圭 錫\* · 崔 禮 煥\*\*  
Kyu Seok Yeon , Ye Hwan Choi

### Summary

The study was to estimate the effect of the rise of water temperature in the warm water pool and to make contribution to the establishment of reducing to a damage of cool water as well as to the planning for warm water pool. This observation was performed in Wudu warm water pool located at Wudu-Dong of Chuncheon for two years from 1975 to 1976.

The results were showed as follows;

1. The daily variation of water temperature was the least for inlet (No.1; 0.6 °C) the second for middle overflow (No.2; 3°C, No.3; 2.3°C) and another for outlet (No.4; 3.6°C, No.5; 3.8°C)

And the highest reaching time of water temperature in each block was later about 1 hour than the time at which air temperature happend in the daytime.

So, the variation of water temperature was sensitive to the variation of air temperature

2. The monthly variation of water temperature at each measuring point was plotted to be increased with increase in air temperature till August (Mean monthly rising degree; No.1; 1.15°C, No.2; 1.7°C, No.3; 1.73°C, No.4; 2.08°C, No.5; 2.0°C), and expressed gradually descended influence upon water temperature after August.

3. The mean temperature of inflow folwed in warm water pool was 7.5~12.5°C, and outflow temperature was described as 13.4~22.5°C to be climbed.

And So, the rising interval of water temperature was shown as 6.7~10.4°C.

4. The correlation between the rising of water temperature and the weather condition was found out highly significant. As the result, their correlation coefficients of water temperature depending on mean air temperature, ground temperature, wind velocity and relative humidity were to be 0.93, 0.90, - 0.83 and 0.71 respectively. But there was no confrimation of the correlation on the clouds, sunlight time, volume of evaporation, and heat capacity of horizontal plane.

\* 農業振興公社 江原道支社

\*\*江原大學 農工學科

5. The water temperature of balance during the period of rice growing in Chuncheon district was shown as table 10, and the mean of whole period was calculated as about 23.7°C.

6. The observed value of the outflow temperature passed through the warm water pool was higher than that of computed, the mean difference between two value was marked as 1.15°C for block1, 1.18, °C for block2, and 0.47°C for block3, respectively. Therefore, the ratio on the rising degree between the observed and computed were shown as 53%, 44%, and 18%, mean 38% through each block warm water pool (referring item ⑨ of table 11, 12, and 13).

Accordingly, formula (4) in order to fit for each block warm water pool was transformed as follow;

$$\theta_w - \theta_0 = \left[ 1 - \exp \left\{ \frac{-h(1+2\phi)}{cp} \cdot \frac{A}{q} \right\} \right] \times (\theta_\infty - \theta_0) \times C$$

Here, correction coefficient was computed 1.38, and being substituted 1.38 for C in preceding formula, the expected water temperature will be calculated to be able to irrigate the rice paddy.

As the result, we can apply the coefficient in order to plan and to construct a new warm water pool.

## I. 結 論

水稻의 多收穫을 爲해서는 무엇보다도 充分한 灌溉用水가 供給되어야 한다는 것은 自명한 事實이다. 때문에 그동안 우리는 이의 解決을 위해 農業用水 開發事業에 拍車를 加해온바, 顯著한 進展을 보여 이제는 漸次的으로 全天候農業의 基盤이 造成되어 가고 있으며, 그 施設도 小規模에서 大規模로 變貌해가고 있는 것이다.

그 中 代表的인 例로서는 四大江流域綜合開發計劃의 一環으로 이미 建設된 昭陽, 安東, 多目的 댐과 特히 農業用水의 供給을 主目的으로한 榮山江의 笠草, 長城, 潭陽, 光洲 等을 들수 있겠다.

그러나, 이와같이 豊富한 水資源을 가진 大規模의 댐에서 農業用水를 供給할 경우 問題點도 적지 않게 나타나는데, 그 中에서 特히 重要視되는 것은 一般的으로 저와 같은 多目的 댐이 農業用貯水池보다 水深이 깊기 때문에 그 底面部的 水温이 상당히 낮은 分布를 나타내므로 이 部分의 물을 그대로 灌溉하면 水稻에 冷水로 인한 被害를 誘發시킨다는 點이다.

이러한 問題는 水稻가 氣温, 水温 等이 比較的 높은 것을 좋아 하기 때문에 더욱 두드러지는데, 그

例는 關係當局이 發表한 1976年度 各 道別 反當 米穀生産量에서도 찾아 볼수 있다.

即, 全國平均은 492kg인데 比하여 江原道는 이 보다 무려 109kg이나 적은 383kg으로 나타난 것이다.

이러한 結果는 여러 要因에 依한 것이 있겠으나 山岳地帶인 江原道地方의 낮은 氣温에 依한 低水温도 큰 要因으로 作用되었으리라 推測되는 것이다.

그리고, 温水取水施設이 되지 않은 大規模의 댐으로 부터 灌溉用水를 供給받음으로 因하여 惹起되는 冷水被害에 對하여는 昭陽江 多目的 댐을 좋은 例로 들수 있다.

即, 昭陽江 多目的 댐은 總貯水量을 29億ton을 湛水할 수 있는 東洋最大의 砂礫 댐으로서 農業用水를 供給받는 取水口는 平均水深 50m지점(平均貯水位 變動 EL. 179~189m로 할때 取水口 中心部 EL 135m까지의 水深은 44~54m임)에 位置하는 發電用水壓鐵管(48m<sup>3</sup>/sec) 末端에 設置된 灌溉用水 供給用 分岐管(1m<sup>3</sup>/sec)에서 放出, 7.4km의 導入路(暗渠 5.7km, 開渠 1.7km, 平均斷面 2.4×1.3m)를 거쳐 供給되고 있으나 導入路 終點의 灌溉期 水温 分布 7.5~12.5°C는 정도 밖에 되지 않는다.

이와같은 低水温은 水稻生育期間 中の 地下水 平均水温 12~18°C보다도 낮고, 用水路內서 限界水温

이라 할 수 있는 23°C에는 훨씬 미달되는 水溫으로서 1973年度에는 이물을 灌溉하여 水稻를 栽培한 結果, 低水溫으로 極甚한 赤枯現象을 나타내어 많은 減收를 招來한 바가 있다.

그리하여 春川市 牛頭地區 蒙利面積 260ha에 對한 灌溉用水의 水溫을 上昇시킬 目的으로 溫水池를 築造하게 되었으나 이 溫水池는 敷地面積이 12.8ha에 達하는 韓國初有의 大施設인 만큼 國內에서는 溫水池에 對한 經驗은 勿論 參考資料 조차 稀少하여 이의 設計 및 施工에 많은 隘路點이 뒤따라야만 했다 따라서 本 研究는 이 溫水池를 對象으로 水溫上昇效果에 對하여 考察해 봄으로써, 앞으로 水溫上昇을 위해 設置될 溫水池 築造는 勿論, 나아가서는 中部 以北地方의 山岳地帶에 나타나고 있는 冷水로 인한 被害를 減免하는 對策의 樹立에도, 다소나마 도움을 주고져 수행된바, 그 結果를 여기에 記述한다.

## II. 研究史

水稻의 冷水被害에 關한 研究는 水稻生育에 必要한 適正 水溫 究明을 始初로 氣溫에 依한 低水溫의 被害를 植物의 生態學的, 生理學的 側面에서 다룬 것이 大部分이다.

冷水被害의 出現은 品種에 따른 抵抗의 強弱, 土壤狀態, 施肥方法, 水稻의 生育狀態, 溫度處理期間의 長短과 氣溫의 高低, 生育期間의 相異 等에 따라 달라지는 것이며, 이것은 着根, 分蘖, 生長 등의 生育을 阻害하는 遲延性冷害와 幼穗의 分化和 發育을 阻害하는 生殖障害型冷水害로 大別된다.

그리하여, 冷水溫이 水稻의 生育에 미치는 영향에 대해 近藤<sup>10)</sup>等은 14°C이하의 水溫이면 分蘖이 되지 않는다고 했고, 田中, 高杉<sup>11)</sup>, 佐木<sup>12)</sup>, 松島<sup>13)</sup> 角田<sup>14)</sup>, 韓<sup>15)</sup> 等은 分蘖 및 生育期가 지연되어 分蘖 기능이 나빠지나 後半의 環境만 좋아지면 서서히 回復된다고 했으며, 榎本<sup>16)</sup>은 出穗 5일 전 부터 그以後는 水溫의 영향이 거의 없다고 했다.

또한 角田<sup>14)</sup>는 水稻의 生育 最適溫度가 30~34°C로서 最低水溫限界는 15°C라고 했으며, 低水溫의 惡影響이 가장 현저하게 나타나는 時期는 幼穗形成期부터 出穗期라고 했다.

한편, 松島<sup>13)</sup>等은 晝夜間 變溫條件下에서 試驗한 結果 分蘖기에 月較差가 크고 特히 夜間에 低水溫인 경우는 穗數 및 一株穎花數가 增加하며, 夜間에 危險低溫이 되더라도 晝間水溫만 높으면 回復되

여 登熟과 收量의 低下가 誘發되지 않는다고 했고 角田<sup>14)</sup>도 이를 確認하여 그의 試驗에서 分蘖기간을 15日間씩 2等分해서 分蘖初期, 分蘖盛期로 나누어 溫度處理를 하였던바 分蘖初期는 晝間溫度 20~25°C, 夜間溫度 20~15°C 等과 같은 低溫이 가장 좋았고, 分蘖盛期에는 晝間 30°C, 夜間 25~30°C와 같이 比較的 높은 溫度가 最高收量을 나타낸다고 보고 하였다.

그리고 畜內의 水溫에 對하여, 川原<sup>17)</sup>는 氣溫에 따른 畜內 水溫의 日變化 傾向을 調査한 바 最高水溫은 13~16時에 最低水溫은 日出直前に 나타나며 灌溉水溫의 上昇은 水深과 密接한 關係가 있다고 하였고, 또 八峽<sup>18)</sup>는 水深에 따라 畜內 水溫이 變化하는데 8~15時 사이는 2cm區가 5cm區보다 1.7~2.5°C나 높으나 16時以後는 오히려 逆轉되어 0.3~1.2°C가 떨어진다고 했다.

또한 角田<sup>14)</sup>은 冷水灌溉가 水稻의 收量에 크게 영향을 미치는 要素는 灌溉日數, 灌溉時刻 및 灌溉水深 등으로서 冷害에 對한 防止策은 夜間灌溉, 晝間止水法 또는 非灌水灌溉法이 效果의이라 하였으며, 松島<sup>13)</sup>은 導水溫度가 25°C 內外이면 冷害를 받는 일이 없겠지만 用水의 溫度가 20°C 內外 일지라도 間斷灌溉나 非灌水灌溉를 하면 水稻栽培에 큰 지장이 없다고 했다.

또한, 農林部<sup>19)</sup>는 設計基準에서 限界水溫은 벼의 品種 및 生育期 等에 따라 다르나 移秧부터 出穗까지의 平均水溫은 23°C 前後이면 되겠으며, 灌溉期間의 平均水溫이 18°C 以下인 곳은 勿論 18°C 以上인 곳에서도 冷水被害가 우려될 때는 適當한 水溫上昇施設을 설치해야 한다고 정하고 있다.

그런데, 水溫上昇施設인 溫水路에 對해 片岡<sup>20)</sup>等은 水溫을 上昇시키는 要素는 太陽과 大氣의 輻射熱量(R)과 空氣中에서 水面으로의 傳達熱量(K)이 있어서 이들 熱量은 水溫上昇外에 凝結 또는 發熱(E), 夜間에 水面에서 反射되는 有効幅射(B)에도 使用된다고 主唱하면서 落差工을 設置하면 水脈이 飛散하는 途中에 熱交換이 일어나 水溫上昇의 效果外 이다 했고, 前川<sup>21)</sup> 等은  $Q=0.95m^3/sec$ ,  $L=1,073m$ ,  $B=12.4m$ ,  $S=1/2,000$ ,  $h=0.21m$ ,  $V=0.35m/sec$  落差工 39개소인 溫水路를 만들어 3~5.7°C의 上昇效果를 얻었다고 했으며, 淵澤<sup>22)</sup>은 ①  $Q=4.97m^3/sec$ ,  $L=875m$ ,  $S=1/2,000$ ,  $h=0.45m$ ,  $v=0.47m/sec$ , 落差工 18個所 ②  $Q=4.97m^3/sec$ ,  $L=1,425m$ ,  $S=1/2,000$ ,  $h=0.45m$ ,  $v=0.47m^3/sec$ , 落差工 30個所, ③  $Q=3.14m^3/sec$ ,  $L=1,500m$ ,  $S=1/2,000$ ,

$h=0.45$ ,  $v=1.46\text{m/sec}$ , 落差工 24個所인 3개의 温水路를 만들어 早朝에  $0.5^{\circ}\text{C}$ , 12~14時에  $2.3^{\circ}\text{C}$ , 日沒後에  $2.3^{\circ}\text{C}$ 의 水温上昇 效果를 얻었고, 村上<sup>25)</sup>은 灌溉期間에 融雪水가  $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 로 흐르는 것을  $1,900\text{m}$  流下시켜,  $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 의 上昇效果를 얻던 것을 水面積  $20,000\text{m}^2$ ,  $L=934\text{m}$ ,  $B=20\text{m}$ , 落差工 25個所의 廣幅温水路를 만들어  $2.17^{\circ}\text{C}$ 의 상승효과를 얻었다고 했다.

또한 田原<sup>26)</sup> 横田<sup>27)</sup> 등은 横越式, 階段式, 温水路式 越流對流式의 3型式을 採擇하여  $1.3\sim 4.4^{\circ}\text{C}$ 의 水温 上昇效果를 보았는데, 이것은 熱收支計算値보다 높다고 하였으며, 韓<sup>10)</sup>은 灌溉期間의 서울지방 平衡水温을  $26.2^{\circ}\text{C}$ 로 계산하고,  $15.5^{\circ}\text{C}$ 의 지하수를  $23^{\circ}\text{C}$ 까지 높이는데 必要한 温水路(池) 面積은  $559\text{m}^2/\text{hr}$ 로 灌溉面積의 5.1%를 차지한다 하였다.

이와같이 水溫 상승 시설로서 温水路에 關한 研究는 많은데 反해 温水池에 關한 研究는 비교적 적어 三原<sup>28)</sup> 등이 温水池의 水溫 상승도와 熱獲得 效率에 關한 分析을 하여 熱收支理論에 依據 温水池에서의 熱收支式을 發表했으며, 八鍬<sup>29)</sup>는 水槽에 各種 塗色을 하여 조사한바 黑色區가 水温이 가장 높았고 白色區가 가장 낮았으며 水面에 黑色板을 띄운 것은 더욱 높아서 혹색구 보다도  $8.6^{\circ}\text{C}$ 나 높았는데, 그 까닭은 蒸發을 억제하여 熱의 손실이 적기 때문이라 하였다. 또한 國內에서는 韓<sup>10)</sup>의 研究

報告가 있는데 黑色 塗色區 4個區와 白色 塗色區 4個區등 8個區( $1.8\times 1.8\text{m}$ )의 模型温水池를 설치하여 30, 50, 100, 150cm 깊이로 灌水試驗한 것으로 그 교차는 30cm에서  $6.1^{\circ}\text{C}$ , 50cm에서  $4.9^{\circ}\text{C}$ , 100cm에서  $3^{\circ}\text{C}$ , 150cm에서  $2.8^{\circ}\text{C}$ 로서 塗色別 温水池 깊이와 水温과의 關係式은 黑色의 경우  $\theta_s = -2.7h + 29.4$  白色의 경우  $\theta_{sA} = -2.6h + 28.4$ 라고 發表했다.

한편, 실제 温水池의 昇溫效果의 事例<sup>30)</sup>는 거의 日本에 있는 것으로서 秋田縣의 谷地澤池( $\theta_s = 17\sim 18^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_w = 20\sim 22^{\circ}\text{C}$   $H=1.52\text{m}$ ,  $Q=0.312\text{m}^3/\text{sec}$ ) 富山縣의 東山池( $\theta_s = 9.1\sim 16.5^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_w = 11\sim 20^{\circ}\text{C}$ ,  $H=1.32\text{m}$ ,  $Q=0.061\text{m}^3/\text{sec}$ ) 鳥取縣의 丸山池( $\theta_s = 10.8\sim 13.7^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_w = 14\sim 18.8^{\circ}\text{C}$ ,  $H=2.5\text{m}$ ,  $Q=0.112\sim 0.196\text{m}^3/\text{sec}$ ) 最野縣의 細野池( $\theta_s = 8.5\sim 12^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_w = 12\sim 16^{\circ}\text{C}$ ,  $H=1.8\sim 2.5\text{m}$   $Q=0.42\text{m}^3/\text{sec}$ ) 向坂池( $\theta_s = 14.2\sim 23.8^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta_w = 20.5\sim 23.4^{\circ}\text{C}$   $H=1.4\text{m}$ ,  $Q=0.72\text{m}^3/\text{sec}$ ) 등에서 찾아 볼수 있는데, 水温 上昇度는 大體로  $1.2^{\circ}\text{C}$ 로 부터  $7^{\circ}\text{C}$ 까지로 나타나 있다.

## II. 研究對象 및 方法

### 1. 研究對象

- 1) 名 稱: 牛頭 温水池
- 2) 位 置: 江原道 春川市 牛頭1洞

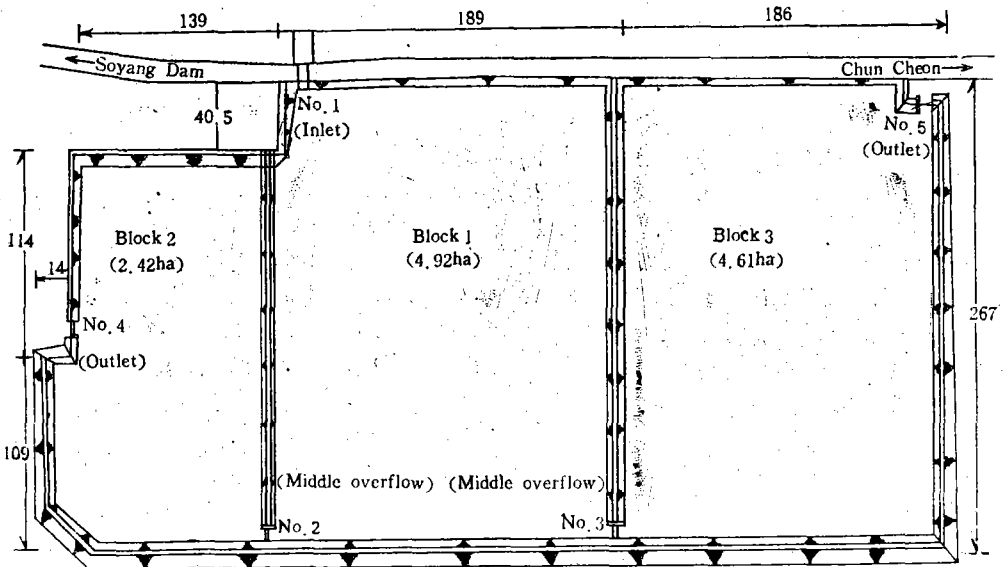


Fig. 1. Top view of the warm water pool. (Unit:m)

3) 概 況

- ① 着工日字: 1974年 5月 8日
- ② 竣工日字: 1974年 8月 30日
- ③ 敷地面積: 12.8ha(水面積 11.95ha)
- ④ 流入量: 1m<sup>3</sup>/sec
- ⑤ 平均水深: 1.15m
- ⑥ 湛水量: 113,871.4ton
- ⑦ 型 式: 遊水型 溫水池
- ⑧ 蒙利面積: 260ha

2. 研究期間

- 1次年度: 1975. 4. 15~9. 10
- 2次年度: 1976. 4. 15~9. 10 (2個年間)

3. 研究方法

1) 流量調査

流入 流量은 溫水池 流入口로 부터 上流 150m 地點의 架樋에 설치한 Pitot tube로 3回 測定한 水位差를 平均하여 計算한 流速과 架樋斷面積을 곱하여 求했으며, 流出流量은 Rehbock의 實驗式에 依해 求했다.

2) 水溫變化調査

日變化는 07~20時까지 每時마다 流入口(No. 1) 中間물넘이(No. 2, 3) 流出口(No. 4, 5)에서의 水溫을 測定했으며, 月變化는 每日4回(09, 12, 15, 18時) 上記 測點에서의 測定值를 平均한 값에 依하였다. 여기서 水溫 測定은 棒狀水銀溫度計(測定範圍 0~50°C, 感度 0.1°C)에 依하였다.

3) 水溫分布調査

Block 1과 Block 3를 對象으로 했으며, 四方 50m간격마다 Pole(길이 1.7m)로 測點을 表示하고 고무 Boat(2人用)를 利用하여 棒狀 長足水銀溫度計(測定範圍 0~50°C, 感度 0.1°C)에 依한 水溫分布(5cm, 55cm, 110cm水 深別 測定)를 調査했다. (測點數; Block1; 20個所, Block3; 20個所 計 40個所)

4) 氣象條件調査

氣象條件은 溫水池로 부터 700m 地點에 位置하는 春川測候所(北緯 37.9°)의 觀測值를 利用했다.

IV. 分析 및 考察

1. 流量 및 溫水池內 滯留時間 算定

1) 流量算定

① 流入流量

Pitot tube에 依해 水位差를 測定한 바 46 mm이므로 流速公式

$$V = \sqrt{2gh} \dots\dots\dots(1)$$

에  $g=9.8 \text{ h}=0.046$ 을 代入

$$\therefore V = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.046} = 0.9495 \text{ m/sec}$$

따라서, 架樋斷面積  $A=1.1\text{m}^2(1.1 \times 10\text{m})$

이므로 流量은 公式

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(2)$$

를 利用하여 求할 수 있음.

$$\therefore Q = 1.1 \times 0.9495 = 1.044 \div 1\text{m}^3/\text{sec}$$

② 流出流量

短形堰이 自由水를 가질 경우 流量을 測定하는 데는 Francis(美, 1852), Bazin(佛, 1888), 冲(日, 1929) 등의 公式이 있으나 比較的 넓게 適用되고 있는 다음의 Rehbock(獨, 1912)의 實驗式을 써서 求했다.

$$Q = \left(1.782 + 0.24 \frac{H + 0.001}{Hd}\right) \times \left(b - \frac{nH}{10}\right) \times (H + 0.0911) \dots\dots\dots(3)$$

但,  $H$ : 溢流水深

$Hd$ : 堰頂과 바닥의 高低差

$b$ : 堰頂幅

$n$ : 端收縮의 數(여기서는 兩端收縮이므로  $n=2$ )

위의 (3)式에 依해 流出流量을 算出하면

① 流出口(No. 4)(條件  $H=0.24, Hd=0.7$ )

$$\begin{aligned} \therefore Q &= \left(1.782 + 0.24 \frac{0.24 + 0.001}{0.7}\right) \times \left(1 - \frac{2 \times 0.24}{10}\right) \times (0.24 + 0.0911)^{\frac{3}{2}} \\ &= 1.864 \times 0.952 \times 0.1905 = 0.34\text{m}^3/\text{sec} \text{ 이며,} \end{aligned}$$

② 流出口(No. 5)(條件  $H=0.24, Hd=0.7$ )

$$\begin{aligned} \therefore Q &= \left(1.782 + 0.24 \frac{0.24 + 0.001}{0.7}\right) \times \left(1 - \frac{2 \times 0.24}{10}\right) \times (0.24 + 0.0911)^{\frac{3}{2}} \\ &= 1.864 \times 0.952 \times 0.1905 \\ &= 0.338 \times 2 \text{ 個所} = 0.66\text{m}^3/\text{sec} \text{ 이다.} \end{aligned}$$

2) 溫水池內 滯留時間 測定

各 Block別 滯留時間은 다음 Table 1과 같이 算出할 수 있다.

Table 1에서 計算된 바와같이 溫水池의 總水面積은 119,502m<sup>2</sup>(11.95ha)이고, 湛水量은 總 133,871.4m<sup>3</sup>으로서 各 Block別 滯留時間은 Block 1에서 15.0hr, Block 2에서 23.7hr, Block 3에서

Table-1 Calculation of staying time in each block.

Classification	Unit	Block 1	Block 2	Block 3	Total	Remarks
Water surface area (A)	m <sup>2</sup>	49,176	24,192	46,134	119,502	
Mean depth (h)	m	1.10	1.20	1.10		
Pondage (S)	m <sup>3</sup>	54,093.6	29,030.4	50,747.4	133,871.4	A × h
Flowing discharge (Q)	m <sup>3</sup> /sec.	1.0	0.34	0.66		
Flowing discharge per hr. (q)	m <sup>3</sup> /hr.	3,600	1,224	2,376		Q × 3,600
Staying time (T)	hr.	15.0	23.7	21.3		S ÷ q

서 21.3hr로 나타난 바, 이는湛水量과 流入, 流出量에 依해서 決定되고 있다.

2, 3), 流出口(No. 4, 5)別로 07~20時까지 每時間 測定하였고, 信賴度を 높이기 爲해 6日間(1976年, 7/8, 7/15, 7/25, 8/6, 8/21, 8/25)의 測定値를 同一 時間別로 平均하여 日變化 樣相을 調査한 바 그 結果는 Table 2 및 Fig. 2와 같다.

2. 水溫의 日變化

水溫의 日變化는 流入口(No. 1), 中間물넘이(No.

Table-2 Daily variation in water temperature.(Unit : °C)

Measuring point	Hour	Hour													
		07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inlet	No.1	10.5	10.6	10.7	10.7	10.8	10.9	10.9	10.9	10.9	11.0	11.1	11.0	10.9	10.8
	No.2	15.2	15.5	16.0	16.3	16.4	16.9	17.2	17.5	17.8	18.1	18.2	17.9	17.3	16.9
Middle overflow	No.3	15.1	15.4	15.7	15.7	15.8	16.1	16.4	16.6	17.0	17.2	17.4	17.1	16.5	15.9
	No.4	19.3	19.8	20.4	21.1	21.7	22.1	22.4	22.5	22.6	22.8	22.9	22.4	21.8	21.3
Outlet	No.5	18.2	18.8	19.3	19.9	2.08	21.3	21.5	21.6	21.8	21.9	22.8	21.5	20.9	20.3
	Mean air temp.	21.0	21.6	22.8	24.2	25.2	26.0	26.6	27.2	27.6	27.7	27.5	27.0	26.1	24.8

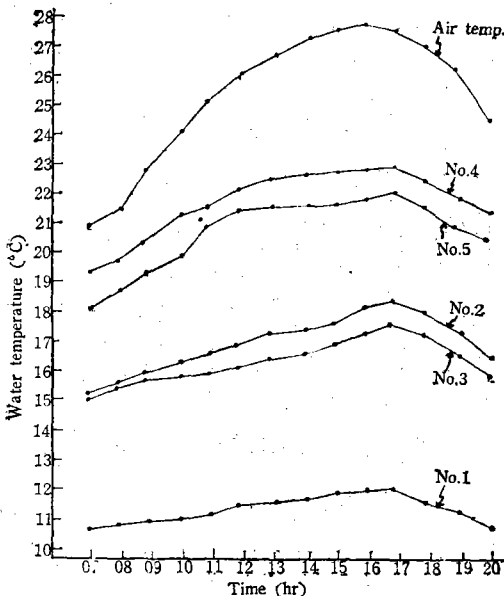


Fig. 2. Daily variation in water temperature.

위의 Table 2 및 Fig. 2에서 볼 수 있는 바와같이 流入口(No. 1) 水溫의 日較差는 0.6°C(最低 10.5°C, 最高 11.1°C)로서 큰 變化가 없었는데 中間물넘이 (No.2,3)는 各各 3.0°C, 2.3°C, 流出口 (No. 4, 5)는 各各 3.6°C, 3.8°C의 日較差를 나타냈다.

즉, 水溫의 日較差는 流入口(No. 1)가 가장 작았고, 다음이 中間물넘이(No. 2, 3), 流出口(No. 4, 5)의 順으로 높게 나타났다.

그리고, 各 測點別 水溫의 最高 到達時間은 共히 17時 前後로서 氣溫의 最高 到達時間 보다 約 1時間 程度 늦은 傾向을 보였다.

이 中 特히 流入水溫은 韓<sup>10)</sup>이 調査한 地下水의 境遇 日最高 到達時間이 18~20時로서, 氣溫보다 2~3時間 늦다고 한데 比해 本 調査에서는 1時間 程度로 氣溫의 變化에 거의 接近하는 變化 樣相을 보였다. 그 까닭은 덤으로 부터 7.4km의 導水路를 거쳐오는 동안 外氣溫의 영향을 直接받기 때문이라 解析된다.

한편, 流出口(No. 4, 5)의 水温도 韓<sup>9)</sup>이 調査한 一般 農業用 貯水池의 境遇(水面, 1, 2, 3m 共히) 氣温과 더불어 上昇하여 外氣温의 最高 到達時間 보다 조금 늦은 16時頃에 最高가 되며, 18時頃까지도 높은 溫度를 維持한다는 것과는 달리 本 溫水池의 境遇는 氣温이 내려감에 따라 水温도 急激히 下降함을 보이고 있는바, 이것 역시 氣温의 變化에 溫水池의 水温이 至極히 敏感함을 보이는 것이라 하

겠는데, 가장 큰 原因은 溫水池의 물이 계속 流入, 流出하는 流動狀態에 있기 때문인 것으로 分析된다.

### 3. 水温의 月變化

水温의 月變化는 日平均水温(測點別로 09, 12, 15, 18時 測定하여 平均)을 各 月別로 다시 平均算出한 것으로 그 結果는 Table 3 및 Fig. 3와 같다.

Table-3 Monthly variation in water temperatur.(Unit : °C)

Monthly		4	5	6	7	8	9
Inlet	No. 1	7.5	8.4	9.4	10.6	12.1	12.5
	No. 2	11.2	11.9	13.7	16.0	18.0	17.2
Middle overflow	No. 3	10.8	11.7	13.3	15.9	17.7	16.8
	No. 4	14.2	15.4	18.0	20.4	22.5	20.5
Outlet	No. 5	13.4	14.5	16.8	19.2	21.4	20.0
	Mean air temp.	13.9	16.1	21.2	23.8	24.4	21.8

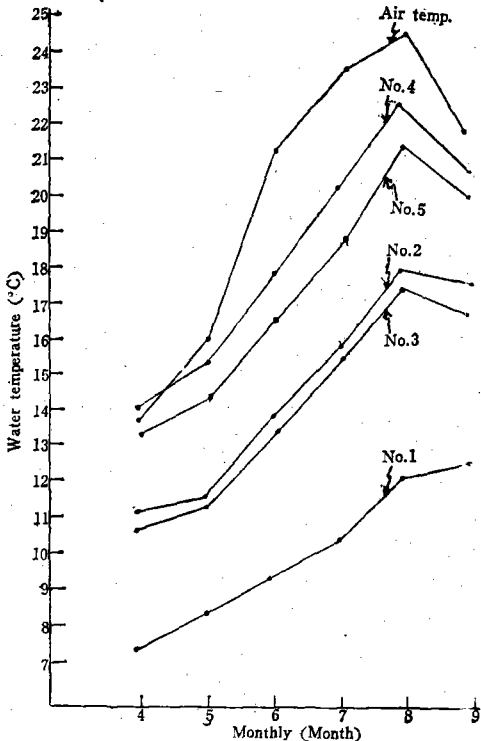


Fig. 3. Monthly variation in water temperature.

여기서 于先 流入口(No. 1) 水温의 月變化를 살펴 보면 4~8月까지는 月平均 1.15°C의 上昇度를 보

이나, 8~9月까지는 0.3°C로서 이보다 낮은 上昇度를 나타내고 있다.

그런데, 이는 韓<sup>10)</sup>이 調査한 地下水温(冲積平野 16.5°C, 谷間平野 18.2°C, 丘陵地 14.9°C)보다도 훨씬 낮은 水温이다.

그리고, 中間물넘이(No. 2, 3) 및 流出口(No. 4, 5)의 境遇도 역시 4~8月까지는 各 各 月平均 1.7, 1.73, 2.08, 2.0°C의 上昇度를 보이다가 마침내 8月을 頂點으로 氣温과 더불어 下降하였다.

이와같이 各 測點의 水温變化가 平均氣温에 正比例하는 樣相을 보여, 氣温의 變化에 水温이 매우 敏感함을 알 수 있다.

한편, 溫水池 流出口(No. 4, 5)의 水温이 平均氣温을 上廻하는 경우는 4月뿐인데 이는 湛水 開始 直後로서 非湛水期에 溫水池 地面 自體가 지니고 있던 地熱이 放出되기 때문이라 推察되며, 이밖에 다른 月은 日平均氣温 보다 平均 2.6°C 程度 下廻하여 黃<sup>11)</sup> 및 韓<sup>9)</sup>이 一般 農業用 貯水池의 表面水温은 平均氣温 보다 1~3°C 程度 높다고 報告한 것과 相反된 現象을 나타내고 있는데 그 原因은 다음의 Table 4에서 쉽게 알 수 있다. 즉, 春川地方의 平衡水温과 流出水温을 比較해 보면 流出水温이 平衡水温에 平均 5.75°C 未達되는 바 이는 아직도 水温上昇의 餘地가 있음을 보여주는 것이며, 이를 爲해서는 熱交換을 할 수 있는 水面積과 滯留時間이

Table-4 Comparison of balance water temperature and outflow temperature.(Unit: °C)

Classification	Monthly						Remarks
	4	5	6	7	8	9	
Balance water temp.	16.15	20.12	25.28	26.66	28.35	25.50	From table 10
Outflow temp.	13.80	14.35	17.40	19.80	21.95	20.25	Mean of No.4 and No. 5
Mean air temp.	13.9	16.1	21.2	23.8	24.4	21.8	

더 確保해야 한다는 것을 말해 주는 것으로서 本溫水池에서도 위의 條件만 充分하면 平均氣溫을 上廻할 수 있을 것이라는 것은 當然한 論理라 하겠다.

적이라 할 수 있는 것은 氣象條件이므로 各 氣象條件의 영향을 分析해 본 結果 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7과 같다.

4. 水溫上昇과 氣象條件

水溫의 變化에 영향을 미치는 要素中 가장 절대

(水溫上昇度는 測候所의 氣象條件 測定時間과 一致시킨 09. 12. 15. 18時의 測定值를 各 旬別로 平均한 것임)

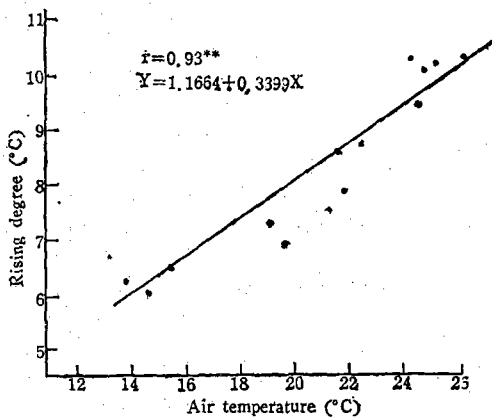


Fig. 4. Correlation between air temperature and rising degree.

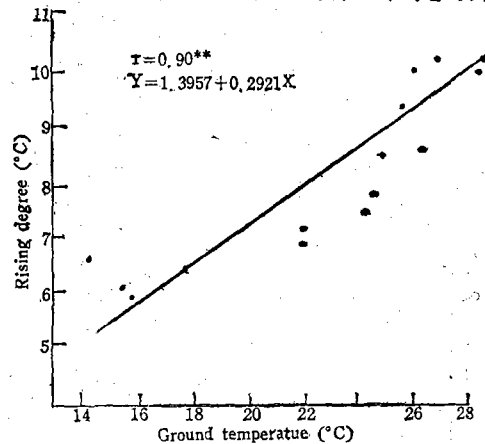


Fig. 5. Correlation between ground temperature and rising degree.

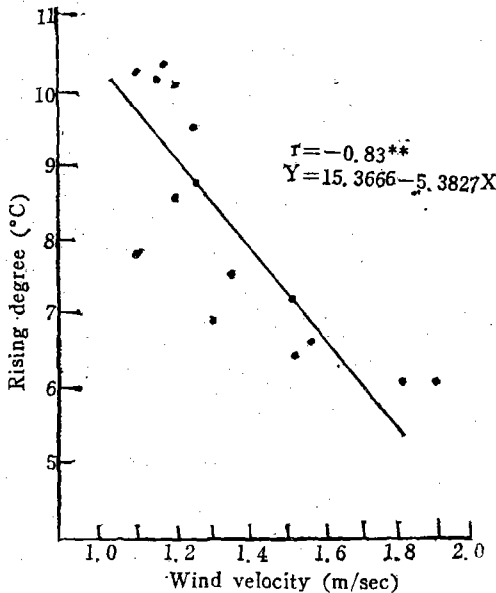


Fig. 6. Correlation between wind velocity and rising degree.

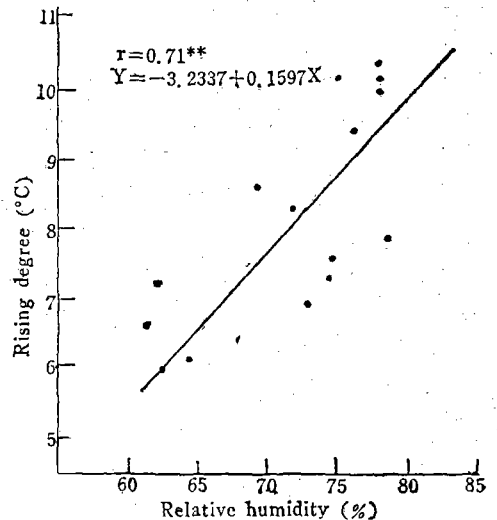


Fig. 7. Correlation between relative humidity and rising degree.



위의 結果에서 볼 수 있는 바와 같이 水溫上昇에 영향을 미치는 氣象條件은 平均氣溫, 地中(地面)溫度, 風速, 相對濕度의 順이었으며, 相關係數는 各各 0.93, 0.9, -0.83, 0.71을 보였다.

이밖에 위와같은 方法으로 雲量, 日照時間, 蒸發量, 水平面日射量 等에 對해서도 相關關係를 檢討했으나 그 有意性은 認定 할 수 없었다.

### 5. 溫水池內 水溫分布

#### 1) 水平分布

溫水池內 底面部(110cm)의 水溫은 流出口나 모서리의 區分없이 거의 비슷한 分布를 보이고 있으나, 表面部(5cm) 및 中間部(55cm)의 경우는 모서리에 流出水의 水溫보다 各各 2~4°C, 1~2°C 程度 높은 水溫이 分布되어 溫水나 死水域을 形成하고 있음을 알 수 있는데 이것은 溫水池의 構造가 1點 流入 1點 流出型이므로 溫水池 表面水의 取水가 圓滑하지 못함을 말해 주는 것이라 하겠다. 따라서 溫水池는 可能한 限 1點 流入 1點 流出型을 止揚할 것이며, 물넘이도 最少의 越流水深만 維持되도록 幅을 넓게 하는 것이 表面水 取水量을 爲해 바람직할 것이다.

#### 2) 垂直分布

灌溉期間 동안에 있어서 一般農業用 貯水池의 水深別 水溫은 韓<sup>3)</sup> 및 閔<sup>34)</sup>이 調査한 바, 表面과 1m水深인 곳의 水溫差가 平均 1~1.5°C 程度 나타내며 그 以下의 水深에서는 水深別 水溫差가 僅少하였다고 한데 비해, 本 溫水池의 平均水深 1.15m에 對한 水溫의 垂直分布는 表面部와 水底部의 水

溫差가 測點에 따라 다르나 대략 1~5°C를 나타냈다.

특히 그 差는 氣溫이 높은 경우 심하고, 낮은 경우는 僅少한데, 이를 다시 測定 部位別로 區分해 보면 表面(5cm)부터 中間部(55cm)까지는 1~5°C로 差가 크고, 中間部 부터 底面部(110cm)까지는 0.5~1°C 程度로 差가 작았다.

### 6. 熱收支式에 依한 水溫上昇效果 檢討

土地改良 事業設計基準<sup>35)</sup>에 依하면 一般의 溫水池의 水溫上昇度는 모든 熱量項들이 平衡을 이루어야 한다는 熱力學의 第1法則에 근거를 둔 熱收支式으로 부터 전개된 다음 式(4)에 依하여 表示된다고 하므로, 이를 利用하여 本 溫水池의 水溫上昇效果를 檢討해 보기로 한다.

$$\frac{\theta_w - \theta_s}{\theta_w - \theta_0} = \left[ 1 - \exp\left\{ \frac{-h(1+2\varphi)}{cp} \cdot \frac{A}{q} \right\} \right] \dots\dots(4)$$

但,  $\theta_w$ : 期待水溫(°C)

$\theta_0$ : 源流水溫(°C)

$\theta_m$ : 平衡水溫(°C)

$h$ : 顯熱傳達係數(cal/m<sup>2</sup>·°C·sec)

$\varphi$ : 飽和水蒸氣壓力-溫度曲線의 變化率 (mmHg/°C)

$cp$ : 물의 容積 熱容量(cal/°C·m<sup>3</sup>)

$A$ : 溫水池 水面積(m<sup>2</sup>)

$q$ : 流入 流量(m<sup>3</sup>/sec)

#### 1) 熱收支式의 各項 算出

##### (1) 地區의 氣象狀況

Table-5 General weather conditions.

Classification	Monthly						
	Unit	4	5	6	7	8	9
Mean air temp.	°C	13.9	16.1	21.2	23.8	24.4	21.8
Relative humidity	%	0.620	0.638	0.710	0.753	0.770	0.785
Clouds		0.640	0.567	0.687	0.783	0.657	0.600
Wind velocity	m/sec	1.700	1.600	1.250	1.216	1.183	1.100

#### (2) 平衡水溫算定

이것은 水層에 주는 純放射量과 空氣中の 放熱量이 平衡일때의 水溫을 말하며, 그 算定式은

$$\theta_m = \theta_0 + \frac{(s/h) - 2D}{1 + \varphi} \dots\dots(5)$$

이다.

여기서,  $\theta_0$ (平均氣溫)는 既知이므로  $S$ (純放射量)  $h$ (顯熱傳達係數)  $D$ (飽差)  $\varphi$ (飽和水蒸氣壓力變化率)를 求하면 된다.

#### ① $S$ (純放射量)의 計算

이는 水溫變化에 有効한 放射熱 Energy의 供給成分과 損失成分의 過不足을 計算하는 것으로서 다음의 式으로 求한다.

$$S = (1-a)R_n - F_n \dots\dots(6)$$

但,  $a$ : 放射率

$R_n$ : 雲天時의 到達 全短波 放射量으로서 最近의 日射觀測值에 依하여 求해진 다음의 式으로 算出한다.

$$R_n = R_0(1 - 0.37n - 0.38n^2) \dots\dots(6-1)$$

(여기서,  $R_0$ : 完全晴天時의 到達全短波放射量

$n$  : 平均雲量  $<0 \sim 1.0>$  임

$F_n$  : 雲量  $n$  일 때의 純放射量으로서 다음 式으로 表  
示된다.

$$F_n = F_0(1 - 0.63n^2) \dots\dots\dots(6-2)$$

여기서  $F_0$ 는 晴天時의 有效放射量으로서

$$F_0 = \theta \delta T^4 + (0.39 - 0.058 \sqrt{ea}) \text{에 依해 求함}$$

但,  $\theta$  : Stefan Boltzmann 常數로

$$8.26 \times 10^{-11} (\text{cal/cm}^2 \text{min}^\circ \text{K}^4)$$

$\delta$  : 水面의 射出率(0.98)

$T$  : 氣温의 絶對溫度( $C+273$ )

$ea$  : 空氣 中の 水蒸氣壓力(mmHg)

그러면 여기서 先 晴天時의 有效放射量( $F_0$ ) 및  
完全晴天時의 到達全短波放射量( $R_0$ )을 求하기로 한  
다.

4月

$$F_0 = 8.26 \times 10^{-11} \times 0.98 \times (286.9)^4 \times (0.39 - 0.058 \sqrt{7.3842}) = 21.2336$$

5月

$$F_0 = 8.26 \times 10^{-11} \times 0.98 \times (289.1)^4 \times (0.39 - 0.058 \sqrt{8.7533}) = 20.5745$$

6月

$$F_0 = 8.26 \times 10^{-11} \times 0.98 \times (294.2)^4 \times (0.39 - 0.058 \sqrt{13.4048}) = 17.9478$$

7月

$$F_0 = 8.26 \times 10^{-11} \times 0.98 \times (296.8)^4 \times (0.39 - 0.058 \sqrt{16.6488}) = 15.9610$$

8月

$$F_0 = 8.26 \times 10^{-11} \times 0.98 \times (297.4)^4 \times (0.39 - 0.058 \sqrt{17.6484}) = 15.4389$$

9月

$$F_0 = 8.26 \times 10^{-11} \times 0.98 \times (294.8)^4 \times (0.39 - 0.058 \sqrt{15.3781}) = 16.5572$$

4月

$$R_0 = \frac{21 - (21 - 20.3) \frac{2.9}{5}}{30.4} \times 0.116 = 0.078582 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{sec} = 78.582 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{sec}$$

5月

$$R_0 = \frac{23}{30.4} \times 0.116 = 0.087763 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{sec} = 87.763 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{sec}$$

6月

$$R_0 = \frac{24}{30.4} \times 0.116 = 0.091597 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{sec} = 91.597 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{sec}$$

7月

$$R_0 = \frac{23.6 - (23.6 - 23.4) \frac{2.9}{5}}{30.4} \times 0.116 = 0.089610 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{sec} = 89.610 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{sec}$$

8月

$$R_0 = \frac{21.6 - (21.6 - 20.9) \frac{2.9}{5}}{30.4} \times 0.116 = 0.080872 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{sec} = 80.872 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{sec}$$

9月

$$R_0 = \frac{18.1 - (18.1 - 17.7) \frac{2.9}{5}}{30.4} \times 0.116 = 0.068180 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{sec} = 68.180 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{sec}$$

따라서 上記 式(6)에 依해  $S$ (純放射量)를 求하면  
다음 Table 6과 같다.

Table-6 Calculation of S.

Classification	4	5	6	7	8	9	Remarks
① $a$	0.0679	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600	0.0679	*
② $1-a$	0.9321	0.9400	0.9400	0.9400	0.9400	0.9321	
③ $1-0.37n-0.38n^2$	0.607	0.668	0.566	0.477	0.593	0.641	
④ $R_0$	78.582	87.763	91.597	89.610	80.872	68.180	
⑤ $(1-a)R_n$	44.4600	55.1810	48.7332	40.1793	46.0388	40.7359	
⑥ $T$	286.9	289.1	294.2	296.8	297.4	294.8	
⑦ $ea$	7.3842	8.7533	13.4048	16.6488	17.6484	15.3781	** $e(\theta_a) \times r$
⑧ $F_0$	21.2336	20.5745	17.9478	15.9610	15.4389	16.5572	
⑨ $1-0.63n^2$	0.7410	0.7970	0.7020	0.6137	0.7280	0.7130	
⑩ $F_n = F_0(1-0.63n^2)$	15.7340	10.3978	12.5993	9.7952	11.2395	12.7987	⑧ $\times$ ⑨
⑪ $S$	28.7260	38.7103	36.1339	30.3841	34.7993	27.9372	⑤-⑩

\* From the planning basis of land improvement. (Irrigation)<sup>27)</sup> p. 198

\*\*

"

• "

p. 200

溫水池에 의한 灌溉用水의 水温上昇 効果에 關한 研究

②  $h$ (顯熱傳達係數)의 計算

$$h = (0.24 + 0.5V_{10}) \dots\dots\dots(7)$$

水面과 空氣와의 사이에서 熱의 授受를 支配하는 것을 나타내는 係數로 값은 風速에 依해 變하며, 다음 式으로 表示된다.

(여기서,  $V_{10}$ 은 地上 10m의 風速이나 測候所에서 測定하는 風速은 地上 6m의 風速이므로  $V_6$ 를 取함)

Table-7 Calculation of  $h$ .

Classification	4	5	6	7	8	9	Remarks
① $0.5V_6$	1.700	1.600	1.250	1.216	1.183	1.100	
② $h$	1.940	1.840	1.490	1.456	1.423	1.340	0.24+①

③  $D$ (飽差)의 計算

부터 求해지는 相對濕度( $r$ )를 쓰면 다음과 같다.

$$D = (1-r) \cdot e(\theta_a) \dots\dots\dots(8)$$

飽差는 어느 때 氣溫에서의 飽和水蒸氣壓力과 空氣中の 水蒸氣壓力의 差이므로 乾濕球의 溫度差로

여기서,  $e(\theta_a)$ 는 飽和水蒸氣壓力(mmHg)이다.

Table-8 Calculation of  $D$ .

Classification	4	5	6	7	8	9	Remarks
① $1-r$	0.380	0.362	0.290	0.247	0.230	0.215	
② $e(\theta_a)$	11.91	13.72	18.88	22.11	22.92	19.59	**
③ $D$	4.5258	4.9666	5.4752	5.4611	5.2716	4.2118	①×②

\*\* From the planning basis of land improvement.(Irrigation)<sup>27)</sup> p. 200

④  $\phi$ (飽和水蒸氣壓力-溫度曲線의 變化率의) 計算

는 것으로 그 값은 다음 Table 9와 같다.

平衡水温의 上昇率을 定하는데 重要한 役割을 하

Table-9 Calculation of  $\phi$ .

Classification	4	5	6	7	8	9	Remarks
① $\phi$	0.78	0.88	1.13	1.24	1.26	1.15	**

\*\* From the planning basis of land Improvement(Irrigation)<sup>27)</sup> p. 200

위에서 산정한 ①②③④項을 가지고  $\theta_m$ (平衡水温)을 計算하면 다음 Table 10과 같다.

Table-10 Calculation of  $\theta_m$ .

Classification	4	5	6	7	8	9	Remarks
① $\theta_a$	13.9	16.1	21.2	23.8	24.4	21.8	
② $s/h$	14.8072	21.0382	24.2509	20.8682	24.4548	20.8486	
③ $2D$	9.0516	9.9332	10.9504	10.9222	10.5432	8.4236	
④ $s/h-2D$	5.7556	11.1050	13.3050	9.9460	13.9116	12.4250	
⑤ $1+2\phi$	2.56	2.76	3.26	3.48	3.52	3.30	
⑥ $\frac{s/h-2D}{1+2\phi}$	2.25	4.02	4.08	2.86	3.95	3.77	
⑦ $\theta_m(^{\circ}C)$	16.15	20.12	25.28	26.66	28.35	25.57	①+⑥

이 값은 春川地方의 平衡水温으로서 얕은 곳(1.5 m보다 낮은)의 경우 여기에 가깝게 接近 할 수는 있으나 어떠한 對策을 강구하더라도 自然狀態에서 는 이 값 보다 높아 질 수 없음을 말해주는 것인데 水稻 栽培期間中の 平均 平衡水温은 23.7 $^{\circ}C$ 로 計算

되었다.

2) 熱收支式에 依한 期待水温 算出

위에서 求한 各項을 式(4)를 변형한 다음의 式에 代入하여 Block別 期待水温(理論值)을 算出하면 Table 11, 12, 13과 같다.

$$\theta_w = \left[ 1 - \exp\left\{ \frac{-h(1+2\varphi)}{cp} \cdot \frac{A}{q} \right\} \right] \times (\theta_m - \theta_0) + \theta_0 \dots\dots\dots (9)$$

Table-11 Calculation of expected water temperature by heat balance formula.(Block 1)

Classification	4	5	6	7	8	9	Remarks
① $\theta_m - \theta_0$	8.65	11.72	15.88	16.06	16.25	13.32	
② $1+2\varphi$	2.56	2.76	3.26	3.48	3.52	3.30	
③ $h$	1.940	1.840	1.490	1.456	1.423	1.340	
④ $-h(1+2\varphi)$	-4.9664	-5.0784	-4.8574	-5.0669	-5.0089	-4.222	
⑤ $\frac{1}{cp} \times \frac{A}{q}$	0.0492	0.0492	0.0432	0.0492	0.0492	0.0492	
⑥ $\frac{-h(1+2\varphi) \times A}{cp \times q}$	-0.24435	-0.24986	-0.23898	-0.24929	-0.24644	-0.21756	
⑦ $\exp\{⑥\}$	0.783214	0.77891	0.787431	0.779354	0.781579	0.80448	
⑧ $1 - \exp\{⑥\}$	0.216786	0.22109	0.212569	0.220646	0.218421	0.19552	
⑨ $⑧ \times (\theta_m - \theta_0)$	1.88	2.59	3.38	3.54	3.55	2.60	
⑩ $\theta_0 (^{\circ}\text{C})$	7.50	8.40	9.40	10.60	12.10	12.25	
⑪ $\theta_w (^{\circ}\text{C})$	9.38	10.99	12.78	14.14	15.65	14.85	

Table-12 Calculation of expected water temperature by heat balance formula.(Block 2)

Classification	4	5	6	7	8	9	Remarks
① $\theta_m - \theta_0$	4.95	8.22	11.58	10.66	10.35	8.37	
② $1+2\varphi$	2.56	2.76	3.26	3.48	3.52	3.30	
③ $h$	1.940	1.840	1.496	1.456	1.423	1.340	
④ $-h(1+2\varphi)$	-4.9664	-5.0784	-4.8574	-5.0669	-5.0089	-4.422	
⑤ $\frac{1}{cp} \times \frac{A}{q}$	0.07115	0.07115	0.07115	0.07115	0.07115	0.07115	
⑥ $\frac{-h(1+2\varphi) \times A}{cp \times q}$	-0.35335	-0.36133	-0.34560	-0.36050	-0.35638	-0.31462	
⑦ $\exp\{⑥\}$	0.70733	0.09674	0.70779	0.69732	0.7002	0.73006	
⑧ $1 - \exp\{⑥\}$	0.29766	0.30326	0.29221	0.30267	0.2998	0.26994	
⑨ $⑧ \times (\theta_m - \theta_0)$	1.47	2.49	3.38	3.22	3.10	2.25	
⑩ $\theta_0 (^{\circ}\text{C})$	11.2	11.9	13.7	16.0	18.0	17.2	
⑪ $\theta_w (^{\circ}\text{C})$	12.67	14.35	17.08	19.22	21.10	19.45	

Table-13 Calculation of expected water temperature by heat balance formula.(Block 3)

Classification	4	5	6	7	8	9	Remarks
① $\theta_m - \theta_0$	5.35	8.42	11.98	10.76	10.65	8.77	
② $1+2\varphi$	2.56	2.76	3.26	3.48	3.52	3.30	
③ $h$	1.940	1.840	1.490	1.456	1.423	1.340	
④ $-h(1+2\varphi)$	-4.9664	-5.0784	-4.8574	-5.0669	-5.0089	-4.422	
⑤ $\frac{1}{cP} \times \frac{A}{q}$	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	0.0699	
⑥ $\frac{-h(1+2\varphi) \times A}{cP \times q}$	-0.34715	-0.35498	-0.33953	-0.35417	-0.35012	-0.30909	
⑦ $\exp\{⑥\}$	0.7067	0.70118	0.71211	0.70175	0.7046	0.73411	
⑧ $1 - \exp\{⑥\}$	0.2933	0.29882	0.28789	0.29825	0.2954	0.26589	
⑨ $⑧ \times (\theta_m - \theta_0)$	1.56	2.51	3.44	3.20	3.14	2.33	
⑩ $\theta_0 (^{\circ}\text{C})$	10.8	11.7	13.3	15.9	17.7	16.8	
⑪ $\theta_w (^{\circ}\text{C})$	12.36	14.21	16.74	19.10	20.84	19.13	

3) 水溫의 理論値와 實測値 比較  
 위에서 算出된 各 Block別 期待水溫(理論値)과 實

際測定水溫(實測値)를 比較하면 다음 Table 14와 같다.

Table-14 Comparison of computed water temperature and observed water temperature.(Unit : °C)

Classification		4	5	6	7	8	9	Remarks
Block 1	Computed	9.38	10.99	12.78	14.14	15.65	14.85	
	Observed	11.00	11.80	13.50	15.95	17.85	17.00	
	Difference	1.62	0.81	0.72	1.81	2.20	2.15	
Block 2	Computed	12.67	14.39	17.08	19.22	21.10	19.45	
	Observed	14.20	15.40	18.00	20.40	22.50	20.50	
	Difference	1.53	1.01	0.92	1.18	1.40	1.05	
Block 3	Computed	12.36	14.21	16.74	19.10	20.84	19.13	
	Observed	13.40	14.50	16.80	19.20	21.40	20.00	
	Difference	1.04	0.29	0.06	0.01	0.56	0.87	

위의 結果에 나타난 바와같이 理論値와 實測値의 差平均은 Block 1에서 1.55°C, Block 2에서 1.18°C, Block 3에서 0.47°C였고 熱收支式에 의하여 求한 理論上의 水溫上昇度(Table 11, 12, 13의 ⑨項)는 Block 1에서 2.92°C, Block 2에서 2.65°C, Block 3에서 2.69°C였다.

그러나, 實際의 水溫上昇度는 理論上의 水溫上昇度에 差平均을 合한 값과 같아야 되므로, 이를 補正코져 各 Block의 差率을 求하면 Block 1에서 53% Block 2에서 44% Block 3에서 18%로 平均 38%였다.

따라서, 前記한 熱收支式 즉 (4)式을 本 溫水池의 各 Block에 共通的으로 合당토록 하기 爲해

$$\theta_w - \theta_a = \left[ 1 - \exp \left\{ \frac{-h(1+2\phi)}{cP} \cdot \frac{A}{q} \right\} \right] \times (\theta_w - \theta_a) \times C \dots\dots\dots(10)$$

라 놓을 경우, 補正係數 C는 1.38이 되므로, 이 값을 (10)式에 代入하면 期待値에 훨씬 가까운 水溫上昇度를 算出할 수 있을 것이다.

그리고, 일단 Block을 區分해서 溫水池를 設計할 때는 水面을 不連續으로 간주해서 各 Block別로 水溫上昇度를 算出해야지, 水脈이 連結된다고 全體面積을 同一한 水面積으로 취급하여 計算해서는 正確을 期하기 어려울 것이다.

V. 結 論

水稻作에 있어서 灌溉水源은 河川, 貯水池, 湖沼, 集水暗渠, 管井 등에서 大規模의 埴에 이르기

까지 範圍가 넓은데 水溫이 낮으면 水稻의 生育 및 收量에 큰 影響을 초래한다. 特히 溫水取水施設이 되지 않은 大規模의 埴에서 灌溉用水를 供給받거나 山間地方에서 河川水(特히 融雪水)를 取水하거나, 地下水를 灌溉할 경우에는 水溫問題가 심각하게 擡頭된다.

따라서 用水路內에서의 限界水溫이라 할 수 있는 23°C(非溫水灌溉時)에 未達될 경우는 水溫上昇施設이 必要하게 되는데 昭陽埴을 灌溉用水로 하고 있는 牛頭地區 導水路 末端의 水溫은 7.5~12.5°C로서 이보다 훨씬 낮아 水稻作이 거의 不可能하였으므로 이에 대한 대책으로 溫水池를 設置하였으나, 國內 最初의 施設로 이의 設計 및 施工에는 많은 애로점이 뒤따랐다.

그리하여 本 研究에는 이 溫水池를 對象으로 水溫上昇 效果에 對하여 考察해 봄으로써 今後의 溫水池 設計에는 勿論, 山間地方의 冷水被害 減免對策의 樹立에도 기여해 보코자 했다.

調査研究內容은 ① 流入流出量 및 溫水池內 滯溜時間의 測定, ② 水溫의 日變化 및 月變化 調査, ③ 水溫上昇度와 氣象條件과의 關係, ④ 溫水池內 水溫分布 調査, ⑤ 熱收支式에 依한 水溫上昇效果 檢討 등이었다.

그 結果 滯溜時間이 길수록 비슷한 條件(流量, 源流水溫)이던 水溫上昇度가 높게 나타났으며, 水溫의 日變化 및 月變化는 氣溫과 密接한 關係를 보였고 水溫上昇度와 氣象條件과의 關係를 分析해본바 平均氣溫, 地中(地表)溫度, 風速, 相對溫度의 順이었으며, 溫水池內 水溫分布는 그 構造가 1點流入, 1點流出型이어서 모서리의 表面水가 流出水溫보다

높은 水温을 나타냈다.

그리고, 熱收支式에 依해서 水温上昇效果를 檢討해 본바 實測值가 理論值보다 전반적으로 높아 理論式(熱收支式)을 補正하는 補正係數가  $c=1.38$ 로 計算되였으므로, 이를 (10)式에 代入하여 期待水温을 算出하면 그 差를 줄일 수 있어, 今後의 温水池 設計에 參考가 될 것이다.

그러나, 아직 國內에는 이러한 大規模의 温水池에 對한 研究結果가 없을 뿐만 아니라 위의 結果도 2個年에 걸쳐 調査, 研究한 短期間의 것이여서 다소 미흡한 점도 있으나 그것은 차후의 속제적인 調査 研究로 充分히 보완될 수 있을 것이다.

단지, 分明한 것은 本 温水池의 月平均 流入水温이  $7.5 \sim 12.5^{\circ}\text{C}$  流出水温이  $13.4 \sim 22.5^{\circ}\text{C}$ 로서  $6.7 \sim 10.4^{\circ}\text{C}$ 의 比較的 높은 水温上昇度를 보이는바, 現條件하에서는 温水池의 機能을 다하고 있다는 點이라 하겠으며, 그 效率를 더 높이기 위해서는 温水池 構造(특히 물넘이)에 對한 세심한 檢討가 필요 하리라 보여진다.

結果的으로 말해서 灌溉用水가 限界水温 以下の 低水温일 경우는 水温上昇施設을 마련하여 그 被害를 防止하여야 하는데, 그 施設中 温水池는 많은 敷地面積이 所要된다는 短點이 있으나, 大規模의 用水處理를 할 경우, 安定된 水温上昇度를 얻는데는 效果的인 施設이라 할 수 있겠다.

## VI. 摘 要

本 研究는 灌溉用水의 水温上昇을 위하여 設置된 江原道 春川市 牛頭洞 所在 牛頭温水池를 對象으로 温水池의 水温上昇效果에 對해 考察해 봄으로써 앞으로의 温水池 築造는 勿論 冷水被害의 減免對策樹立에도 기여코져 '75~'76 2個年에 걸쳐 調査 研究한바 그 結果는 다음과 같다.

1. 水温의 日變化는 流入口(No. 1;  $0.6^{\circ}\text{C}$ )가 가장 작았고, 다음이 中間물넘이(No. 2;  $3^{\circ}\text{C}$ , No. 3;  $2.3^{\circ}\text{C}$ ), 流出口(No. 4;  $3.6^{\circ}\text{C}$ , No. 5;  $3.8^{\circ}\text{C}$ )의 順이였으며, 各 測點別 水温의 最高 到達時間은 共히 17時 前後로 氣温보다 約 1時間程度 늦은 傾向을 보여 氣温의 變化에 민감함을 나타냈다.

2. 水温의 日變化는 各 測點 共히 4~月까지는 氣温과 더불어 上昇(月平均 上昇度 No.1;  $1.15^{\circ}\text{C}$ , No.2;  $1.7^{\circ}\text{C}$ , No.3;  $1.73^{\circ}\text{C}$  No.4;  $2.08^{\circ}\text{C}$ , No.5;  $2.0^{\circ}\text{C}$ )하다가 8月을 頂點으로 점차 下降했다.

3. 温水池의 月平均 流入水温은  $7.5 \sim 12.5^{\circ}\text{C}$ 였으

며, 流出水温은  $13.4 \sim 22.5^{\circ}\text{C}$ 로서  $6.7 \sim 10.4^{\circ}\text{C}$ 의 水温上昇度를 보였다.

4. 温水池의 水温上昇과 有意的인 相關關係를 氣象條件은 平均氣温, 地中(地面)温度, 風速, 相對濕度의 順으로, 그 相關係數는 各各  $0.93, 0.90, -0.83, 0.71$ 이었다. 이외에 雲量, 日照時間, 蒸發量, 水平面日射量 등에 對해서도 相關關係를 檢討했으나 有意性은 認定할 수 없었다.

5. 水稻栽培 期間中 春川地方의 平衡水温은 Table 10과 같으며, 全期間 平均은  $23.7^{\circ}\text{C}$ 로 計算되였다.

6. 温水池의 流出水温은 實測值가 理論值보다 높은데, 그 差의 平均은 Block 1에서  $1.55^{\circ}\text{C}$ , Block 2에서  $1.18^{\circ}\text{C}$ , Block 3에서  $0.47^{\circ}\text{C}$ 로 理論上 平均水温上昇度(Table 11, 12, 13의 ⑨項)에 對한 比率는 各各  $53\%, 44\%, 18\%$ 로 平均  $38\%$ 를 나타냈다.

따라서 (4)式을 本 温水池의 各 Block에 共通的으로 합당토록 補正코져

$$\theta_w - \theta_0 = \left[ 1 - \exp \left\{ \frac{-h(1-2\varphi)}{cp} \cdot \frac{A}{q} \right\} \right] \times (\theta_w - \theta_0) \times c$$

라 놓고, 補正係數를 求한 즉  $c=1.38$ 이 되므로, 上述를 代入하여 期待水温을 算出하면 그 差를 줄일 수 있어, 今後의 温水池 設計에 參考가 될 것이다.

## 參 考 文 獻

1. 崔榮博外 2人; (1972) 水理學, 光林社 pp. 114~120
2. 春川測候所; (1975~1976) 農業氣象旬報
3. 田原耕三外 1人; (1963) タイプ의 異なる水温上昇施設의 檢討, 農土研, Vol. 30(8)
4. 高杉成道; (1938) 生育의 各期에 する一定低温가 水稻に 及ぼす 影響について(豫報), 農及園, Vol. 13(4)
5. 田中稔; (1940) 冷水의 水稻生育에 及ぼす 影響に 就て(第1報), 農及園, Vol. 15(7)
6. 榎本中衛; (1937) 冷水灌溉의 水稻特性에 及ぼす 影響(第3報) 出穂와 水温との 關係(第4報) 稔實와 水温との 關係, 農及園, Vol. 12(11, 12)
7. 淵澤光雄; (1968) 松川第温水路의 水温上昇度 について, 農土研, Vol. 36(4)
8. 韓旭東, 鄭斗浩, 金顯喆, (1969) 貯水池의 水深과 水路長이 水温에 미치는 影響, 農村振興廳研究事業報告書 Vol. 12(6)
9. —; (1971) 地下水灌溉에 따른 水稻冷害에

- 關於 試驗, 農工利用研究所研究報告書 Vol. 1
10. —; (1974) 地下水 灌溉에 의한 水稻의 減收樣狀과 그 防止策에 관한 研究, 韓國農工學會誌 Vol. 6(1) pp. 1~43
  11. 黃 垠; (1972) 農業用水의 水温上昇에 관한 研究, 韓國水文學會誌 Vol. 5(2) pp. 17~29
  12. 丁基鎮; (1975) 昭陽江牛頭沓用水代替施設(温水池)工事報告, 韓國水文學會誌 Vol. 8(1) pp. 51~58
  13. 片岡隆四, 田屋廣治; (1958) 實驗温水路における水温變化について農工研, Vol. 25(8)
  14. 川原琢磨; (1953) 灌溉水温に關する基礎研究(1), 農土研, Vol. 21(4) pp. 14~21
  15. 角田公正, 松島省三(1960) 水稻收量成立原理とその應用に關する作物學的研究 LIV. 生育各期の水温の高低並びにその日較差の大小が水稻の生育, 收量および收量構成要素に及ぼす影響, 日本作物學會記事 Vol. 28(3)
  16. —, —; (1962) 同上 LXII 水深を異にした場合の水温の高低が水稻の生育, 收量ならびに收量 構成要素に及ぼす影響, 日本作物學會記事 Vol. 31(1)
  17. —; (1963) 水温と稻の生育收量との關係する實驗的研究, 農技研, 報告. A
  18. 近藤萬太郎, 岡村保; (1931) 水稻と稻の生育との關係, 農及園, Vol. 6(4) p. 517
  19. 前川忠夫, 林弘宣; (1951) 温水路の研究(第1報) 農土研 Vol. 19(2)
  20. 松島省三, 山口俊三, 岡部俊, 小松辰元; (1953) 稻作には何時の日射が大切か, 收量の成立經過と玄粒大の決定機構, 農及園 Vol. 28(10)
  21. —, 角田公正; (1958) 水稻の生育收量と水温及び日較差との關係, 農及園 Vol. 34(5)
  22. 三原義秋, 大沼一己; (1955) 温水池における水温上昇度と熱獲得效果について, 農技研, Vol. A(4) pp. 45~46
  23. 閔丙燮, 趙成燮; (1969) 忠南地域에서의 地下水開發에 관한 調査, 韓國農工學會誌 Vol. 11(4)
  24. —, 外 5人; (1972) 新制 農業水利學, 郷文社 pp. 24~37
  25. 村上成一; (1969) 温水路の水温調査について 長野縣チケ龍地區, 農土研 Vol. 37(7)
  26. 日本農業土木學會; (1967) 農業土木ハンドブック pp. 492~496
  27. 農林部; (1969) 土地改良事業計劃設計基準(灌溉編) pp. 179~216
  28. 佐木喬; (1935) 稻の結實に及ぼす低温の影響 日本學術協會 Vol. 10(2)
  29. 八鍬利男; (1932) 水深を異にする苗代の温度について(II), 農及園 Vol. 7
  30. 横田良次郎; (1959) かんがい水温上昇施設について(中間報告), 農土研, Vol. 26(7)