

近時、山地を対象とした雨水の流出機構に關する研究には注目すべき進展がみられ、低平地においてもこれを応用した解析法などすぐれた研究が発表されているが、一般に河川中、下流部に発達する水田地域の流出機構については、なお未解明な問題も多く、農地排水、内水排除の計画に際し、さらに究明するべき課題の一つである。水田地域における雨水の流出は、その流下過程により、i) 水田区画の集合した水田域における雨水の流出、ii) これら水田域からの流出水を受ける排水路における流出とに大別されるが、これらの流出現象は、水田区画と排水路との結合状態、各排水路の通水能力、組織などを含む流域条件 ならびに排水地裏における排出条件などにより流出性状が複雑に変動する。したがって、流下過程においてあらわれるこれらの各現象を究明把握するとともに統合された取扱いが必要である。本文では、まず各排水路へ流出する水田域特有の流出性状を考察するため、水田域を構成する基本単位として、“各水田区画の欠口を通じて排水路まで雨水が流下する一連の水田区画(単位水田域)”について一様な降雨があるとき、これらを連続する *Linear reservoir* と仮定して、各水田区画欠口における流出量を求める解析方法、およびこの線型仮定を検討するための若干の実験を行ない、降雨強度に対応して、貯留係数(K)を変化さすとかなりよい近似がえられることがわかった。次に、この単位水田域に対する解析法を実際の水田域に適用するための取扱い方、問題点などについて考察する。

1. 単位水田域における降雨流出

各水田区画の欠口を通じて排水路に流出する単位水田域(Fig.1)と連続する線型貯水池と仮定し、これら各区画に一様な降雨があると考えると、有効雨量と流出量との間に次の関係が成立する。

$$\left. \begin{aligned} \text{最上端より区画 } 1, \quad \frac{dQ_{a1}}{dt} + K_1 Q_{a1} &= K_1 Q_{r1} \\ \text{区画 } 2, \quad \frac{dQ_{a2}}{dt} + K_2 Q_{a2} &= K_2 (Q_{r2} + Q_{a1}) \\ \vdots \\ \text{区画 } n, \quad \frac{dQ_{an}}{dt} + K_n Q_{an} &= K_n (Q_{rn} + Q_{a,n-1}) \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

ここに $Q_{ri}(t)$; 流入量, $Q_{ai}(t)$; 区画 i への有効雨量, A_i ; 水田区画面積, K_i ; 貯留係数 ($V=KQ$), 尾字 1, 2, 3, ... ; 区画番号。

いま $Q_{ri}(t)$ を単位時間間隔にわけ, *Step fn.* を用いて (Fig.2, Fig.3, (1) 式) を解くと,

$$\left. \begin{aligned} Q_{a1} &= \sum_{r=0}^t f_r Q_r(t-r\Delta t) \\ Q_{a1}(t-r\Delta t) &= \left[(S_r(t) - e^{-\frac{t-r\Delta t}{K_1}}) - (S_{r-1}(t) - e^{-\frac{t-(r-1)\Delta t}{K_1}}) \right] \\ Q_{a2} &= \sum_{r=0}^t f_r Q_r(t-r\Delta t) \quad (A_1=A_2, \quad K_1=K_2=K) \\ Q_{a2}(t-r\Delta t) &= \left[2 \left(S_r(t) - e^{-\frac{t-r\Delta t}{K}} \right) - (S_{r-1}(t) - e^{-\frac{t-(r-1)\Delta t}{K}}) \right] - \frac{1}{K} \left\{ (t-r\Delta t) e^{-\frac{t-r\Delta t}{K}} - (t-(r-1)\Delta t) e^{-\frac{t-(r-1)\Delta t}{K}} \right\} \\ Q_{an} &= \sum_{r=0}^t f_r Q_r(t-r\Delta t) \quad (A_1=A_n, \quad K_1=K_n=K) \\ Q_{an}(t-r\Delta t) &= \left[\left(1 + \frac{r-1}{n-1} \right) \left(S_r(t) - e^{-\frac{t-r\Delta t}{K}} \right) - (S_{r-1}(t) - e^{-\frac{t-(r-1)\Delta t}{K}}) \right] - \frac{K_1}{K_1 K_2} \left\{ e^{-\frac{t-r\Delta t}{K_1}} e^{-\frac{t-r\Delta t}{K_2}} - e^{-\frac{t-(r-1)\Delta t}{K_1}} e^{-\frac{t-(r-1)\Delta t}{K_2}} \right\} \end{aligned} \right\} \text{----- (2)}$$

Fig.1 単位水田域

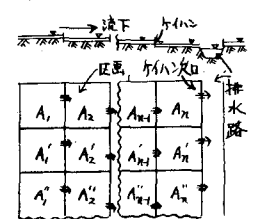


Fig.2 単位関数

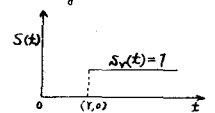
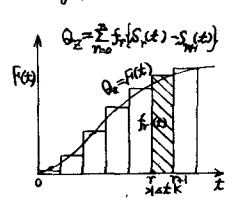


Fig.3 Step-fn. 表示



$$Q_{out} = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \Phi_n(t - \gamma_n t) \quad (A_1 = A_2 = \dots = A_n, \quad \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_n)$$

$$\Phi_n(t - \gamma_n t) = \left\{ \eta \left(S_n(t) \cdot e^{-\frac{t - \gamma_n t}{K}} - (S_n(t) - e^{-\frac{t - \gamma_n t}{K}}) \right) - (n-1) \left(\frac{t - \gamma_n t}{K} \right) e^{-\frac{t - \gamma_n t}{K}} - (t - (n-1)\gamma_n t) e^{-\frac{t - \gamma_n t}{K}} - (n-2) \left(\frac{t - \gamma_n t}{K} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ (t - \gamma_n t) e^{-\frac{t - \gamma_n t}{K}} - (t - (n-1)\gamma_n t) e^{-\frac{t - \gamma_n t}{K}} \right\} - \dots - (1) \left(\frac{t - \gamma_n t}{K} \right)^{\frac{n-1}{2}} \left\{ (t - \gamma_n t) e^{-\frac{t - \gamma_n t}{K}} - (t - (n-1)\gamma_n t) e^{-\frac{t - \gamma_n t}{K}} \right\} \right\}$$

有効雨量が求まると、(2)式を用いて任意の水田区画が結合する単位水田域からの流出量を unit-graph 上に求めることができる。

2. 線型貯水池仮定の検討

単位水田域で降雨流出があるときもなお各区画内の水面勾配はわずかで、ほぼ湛水領域にあると考えられる。つぎに線型仮定をおく上述の解析法を検討するため行なった実験の概要をのべる。photo. 1. に示すように既設水路(幅1.6m)を利用し、厚さ10cmのコンクリートブロックで4区画に仕切り、それぞれ欠口(鋭縁矩形形せき)をけめ、各区画に欠口底下2cmまで土を敷きならした。降雨装置は、実験区画上に2列に配置した1/2 inch パイプに1mm径の孔を10cm間隔にあり、降雨強度の制御は、ベンチュリーメーターが所定の水位差を示すようバルブで調節した。Table-1に行った実験の条件および諸量を示す。Fig-4・Fig-5、Fig-6に各ケースの实测Hydrographおよび前記解析法(貯留係数Kは降雨強度に対応する値)による計算値を示す。これを見ると、かなりよい適合度を示すことがわかる。この貯留係数Kの取扱いについて若干の考察をする。欠口の越流量を $Q_a = C A \eta^n$ と表示すると、 $1/K = C/A \eta^n$ となり、Kは区画面積、欠口ならびに越流水深により

Table-1

ケース	降雨条件	欠口巾	1区画面積	田面より欠口底までの高さ
A	44 mm/hr	4 cm	4.43 cm ²	2 cm
B	73 mm/hr	4 cm	4.43 cm ²	2 cm
C	44 mm/hr, 73 mm/hr 44 mm/hrの割合	4 cm	4.43 cm ²	2 cm

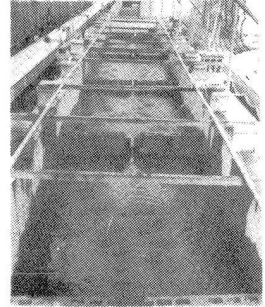


Fig. 1 降雨強度 73 mm/hr の Hydrograph

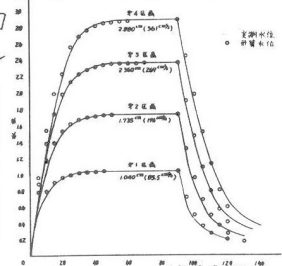
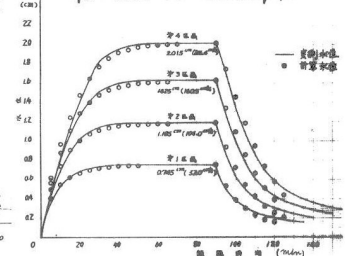


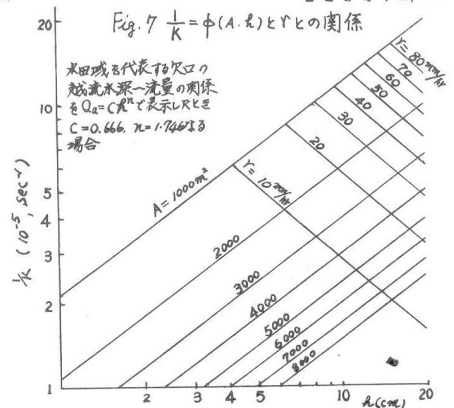
Fig. 5 降雨強度 44 mm/hr の Hydrograph



による計算値を示す。これを見ると、かなりよい適合度を示すことがわかる。この貯留係数Kの取扱いについて若干の考察をする。欠口の越流量を $Q_a = C A \eta^n$ と表示すると、 $1/K = C/A \eta^n$ となり、Kは区画面積、欠口ならびに越流水深により変化する。この関係の一例を表示したのがFig-7である。ところが実際の水田欠口の水位変化は、わずか $0 < \eta < 0.15(m)$ の範囲にあり、越流水位は時間と共に降雨強度に対応する水位に近づく、しかも流出ピーク近傍ではこの状態に近いと考えられるので、多少大まかな取扱いではあるが、一応貯留係数の値として降雨強度に対応する数値をとる。

3. 実際の水田域への適用方法と問題点

- i) 水田地域の排水系統を調査し、各排水路に対する水田域に地帯分割する。
- ii) 各水田域について、水



田区画数(N)、各水田域を代表する欠口の平均断面および単位水田域の結合型(結合数 n)をきめる、Ⅲ)各水田域排水路に沿って N 個の単位水田域が並列する矩形水田域におきかえる、Ⅳ)各水田域に対し降雨強度列の $\bar{x} = f(C, A, n)$ を算定し、(2)式を用いて単位田玉 $y_n(t)$ を求める、Ⅴ)有効雨量がさまると、各水田域からの単位長さ当りの流出量は、水田区画の排水路に沿う長さを b とすると、 $q(t) = \frac{1}{b} \{ \sum_{n=1}^N y_n(t - r_n t) \}$ で表わされ、各水田域から排水路への流出量が求まる。さうにこの $q(t)$ を流入条件として排水路における流出特性を論じることが出来る。ここでこれらの解析法を適用するうえの問題点にみられると、まず有効雨量、基底流量、下流水位による流出阻害の取扱ひについてさうに検討が必要である。また排水路における流出解析の検討、湛水現象の究明などが今後の問題として残る。