

名古屋大学 正員 工学部 西畑 勇夫  
名古屋大学 〇学佐員 鈴木 正勝

### 〈まえがき〉

従来より、内水あるいは低平地における流出解析にも標準特性曲線などによる水理学的な方法が用いられている。それらの多くは、適当な初期条件、下流および上流における境界条件より出発して、順次下流に向って流水を追跡して行くものである。筆者も不曾川下流不曾岬村において、こうした方法を適用して来たが、内水あるいは低平地での流出は、いわゆる外水の状況に支配されるどころが不向き、それによって流出機構、流水状況も変化する場合があると思われる。

本論文では、まず従来の標準特性曲線法による解析結果をもとにして、実際現象との差異について考察するとともに、下流の水位条件による流出機構をも捉えようとする解析計算法を提示しようとしたものである。

### 1. 対象流域の概要(図-1)

流域一帯はおおむね平坦で、水田がそのほとんどの面積を占め、その標高がT.P.10m程度の修理地帯であるため自然排水はまったく不可能な地域である。流域のほぼ中央に幹線水路が南北に走り、これに幾つかの小排水路が田面からの雨水を集めながら流れている。幹線水路に流入した雨水は適当な水位(川先において、夏期平均T.P.117m)まで貯留された後、川先に設置されている三基の排水ポンプによって、鋸田川に通ずる水路に排水されている。

### 2. 標準特性曲線法による解析

流水の基礎方程式はつぎのようになる。

$$A = K \cdot Q^P$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 8 \quad \text{== F. } P = \frac{3}{(22+3)}, K = (1/100 \cdot K_0^{\frac{3}{2}})$$

== F.  $A, Q$ : 流路内の流水の断面積( $m^2$ )および流量( $m^3$ )。  $\sin \theta$ : 流路勾配。  $n$ : Manningの粗度係数。  $K, Z$ : 径深  $R$  が  $R = K Z^{\frac{2}{3}}$  と仮定する場合の定数。  $8$ : 水路への横流入量。

上式において、 $x=0, t=0$  より出発する特性曲線は周知のよう

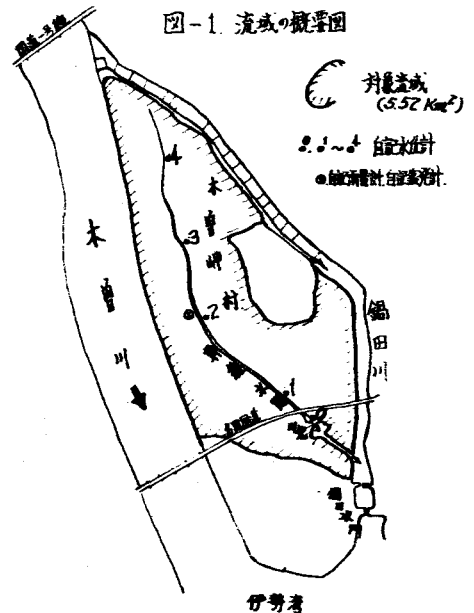
$$\log t = \log K - \log 8 + \log Q$$

$$\log t = \log K + \log Z + (P-1) \log Q$$

$$8=0 \text{ の場合は } \log t = \log K + \log P + \log Z + (P-1) \log Q$$

と与えられる。

流域を適当な数に区画模型化し、田面より小排水路への流出機構を仮定し、さうして小排水路への流入を横流入量とすると、上流から下流へと上式によつて流水を追跡することができ



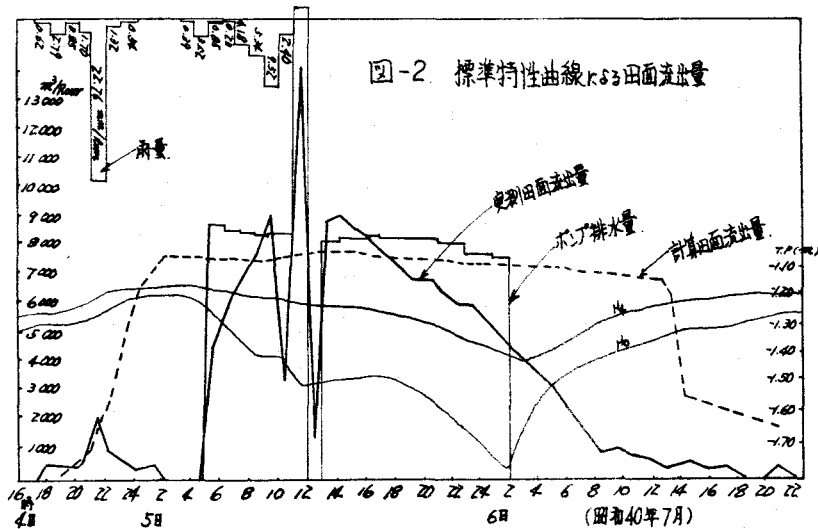


図-2. 標準特性曲線による田面流出量

図-2は以上の方法を不曾岬村に適用した解析結果を示したものである。この解析では、幹線水路は貯水池として扱い、そこに貯る水の流動は考えず水位変動のみを扱った。計算に用いた蓄水量は図-3に示すとおりである。したがって図-2における田面流出量は、小排水路より幹線水路への総流出量である。一オ、幹線水路の水位（水路に沿って5点）と、その末端部のポンプ排水量の時間的変化が実測されているので、これから実際の幹線水路への流出量を算定した。（実測田面流出量）

図-3

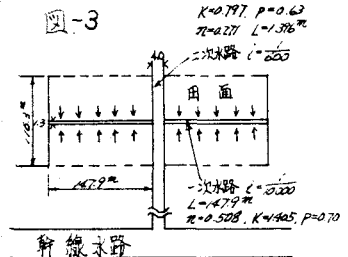


図-2によれば、実際の流出と計算値との間には、時間的にも量的にもかなりの差異がみられる。実測田面流出量は、ポンプが運転されてはじめて本格的に起っているが、ポンプが停止されると減少し、やがて終了している。すなわち、実際には幹線水路の水位が上昇すると、その影響が上流田面にまで及び、田面からの流出が一時的に抑制あるいは事実上終了して多くの雨水は田面に貯留されたままとなっている。再びポンプが作動させて幹線水路水位を下げると、田面よりかなりの流出が起ることは言うまでもない。一オ、上記の解析法では、下流における条件を考慮することなく、上流田面より水を追跡したもので、そこには下流端水位による影響が入っていない。図-2にみられる差異は以上述べた点に因るものと思われる。

実際、低平地における内水問題では、その下流部に流出に及ぼすかなりの湛水現象がみられ、これを説明するためには、下流部の湛水が上流部よりの流出状況に大きな影響を及ぼしている点を説明せねばならないであろう。

### 3. 下流条件より出発する解析計算

以上述べてきた問題を明らかにするためには、下流条件の流出に及ぼす効果を把握する必要がある。このため、不曾岬村幹線水路において水位5点とポンプ排水量を観測した。そこで筆者らは目下以下に示す方法によって、幹線水路下流端水位を出発点として田面よりの流出流量を試行的に算定し、あわせて、その流出機構に及ぼす効果を検討している。現在まだ考察の途上であって最終的な結論は

ていないが、つぎにその概略を説明する。

一般に、横流入量がある場合の非定常流の運動および連続の方程式はつぎのようである。

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{V^2}{2g} \right) + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = S_0 - S_f$$

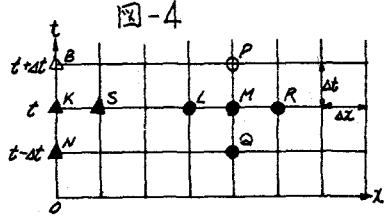
$$\text{ここに、} S_0 = \text{河床勾配、} S_f = \tau^2 V^2 / R^{4/3}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial (AV)}{\partial x} = q$$

これを矩形断面について差分表示すれば

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} + \frac{\Delta}{\Delta x} \left( \frac{V^2}{2} \right) + \frac{1}{g} \frac{\Delta V}{\Delta x} = g(S_0 - S_f) \quad (1)$$

$$B \frac{\Delta y}{\Delta t} + \frac{\Delta (AV)}{\Delta x} = q \quad \text{ここに、} B: \text{水路幅。} \quad (2)$$



となる。上式を幹線水路について解けば、幹線水路への横流

入量が求められるのであるが、この場合、水位観測点間では、 $q$ は水路に沿って一様に分布しているものと仮定し、 $q$ に適当な値をえつつ流水を追跡する試行的計算法をとった。これを試行的に進め、各観測点での水位(計算値)が十分な精度をうるようにする。

実際の計算に当たっては高速電子計算機を利用しているが、そのためにつぎのようにした。

i) 出発下流端での流速の算定:  $t - \Delta t$ ,  $t$ ,  $t + \Delta t$  における下流端状態を表わす格子点を図-4のようにとり、点 K, S, N での諸量が与えられたとき、点 B における流速  $V_B$  を求める。

図-4より、 $\frac{\Delta V}{\Delta t} = (V_B - V_K) / \Delta t$ ,  $\frac{\Delta V}{\Delta x} = (V_S - V_K) / \Delta x$ ,  $\frac{\Delta y}{\Delta t} = (y_B - y_N) / \Delta t$ ,  $\frac{\Delta y}{\Delta x} = (y_S - y_K) / \Delta x$ , これを(1),(2)式に代入し、連続式<sup>(2)</sup>を整理して運動式に加え、 $V_B$ を求めるとつぎのようになる。

$$V_B = V_K - \left\{ \frac{V_S^2 - V_K^2}{2\Delta t} + g \left( \frac{y_S - y_K}{\Delta x} - S_0 + \frac{\tau^2 V_K |V_K|}{R_K^{4/3}} \right) + \frac{1}{g} \left\{ \frac{B_K (y_B - y_N)}{\Delta t} - g + \frac{A_S V_S - A_K V_K}{\Delta x} \right\} \right\} \cdot \Delta t \quad (3)$$

したがって、 $q$ を仮定し、 $y_B$ を水位記録より与えれば下流端流速  $V_B$  が求まる。

ii) 境界に接しない部分での水位  $y_P$ , 流速  $V_P$  の算定: 図-4より同様に、 $\frac{\Delta V}{\Delta t} = (V_P - V_Q) / \Delta t$ ,  $\frac{\Delta V}{\Delta x} = (V_R - V_Q) / \Delta x$ ,  $\frac{\Delta y}{\Delta t} = (y_P - y_Q) / \Delta t$ ,  $\frac{\Delta y}{\Delta x} = (y_R - y_Q) / \Delta x$ , これを(1),(2)式に代入して  $y_P, V_P$  を求めるとつぎのようになる。

$$y_P = y_Q - \left\{ (A_R V_R - A_Q V_Q) - g \cdot \Delta x \right\} \cdot \frac{1}{B_P} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (4)$$

$$V_P = V_Q - \left\{ \frac{V_R^2 - V_Q^2}{2} + g (y_R - y_Q) \right\} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} + g \left( S_0 - \frac{\tau^2 V_Q |V_Q|}{R_Q^{4/3}} \right) \cdot \Delta t \quad (5)$$

iii)  $q$  の算定:  $q$  を仮定した上、境界条件として(3)式を用いれば  $V$  が求まる。これを(4),(5)式を用いて計算を進め、直上流観測地点での  $y_P$  が観測値と十分な精度で一致するときの  $q$  を求め、それとその区間での横流入量、すなわち田面からの流出量とする。順次上流にこの方法を適用して行く。

以上のようにして  $q$  を算定することにより、その時間的変化と田面からの流出量の概略を知ることができ、さらに田面における貯留効果とそれらの下流条件による変化の様子を推定することができよう。

くおとがさ、低平地の流出にあっては、下流端条件が非常に大きな役割を果たしていることを述べ、上流からの解析法ではその模倣を十分表現しえないことを指摘した。さらに筆者らが現在検討している計算法に細めた。今後さらに検討を進め、下流部湛水の影響をも含めた解析の研究を進める所存である。

(参考文獻) (1) 水石重太郎: 特殊曲線法による出水解析について、土木学会論文第29号、昭和30.12. 1972-86

(2) E. Isaacson, J. J. Stoker & A. Toerschi, Numerical solution of flood prediction and river regulation problems, New York Univ. Report II, 1956.