荒川下流高潮調査報告書

昭和40年3月

建設省 土木研究所

4. 高潮の河川遡上問題を計算せよ（非線型タイプ）

既に述べた河川遡上の計算については全く海の場合と同じ方法で行なうことを取り扱ってきたが、実用上の観点からは、今の台風計算を目的として非線型タイプのアルゴリズムにピーターダーを開発したので、それを利用して高潮計算を実施した。

支配方程式

Boussinesqの渦粘性係数εを一定と仮定することにすれば、運動の方程式は

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + w\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\varepsilon}{\rho}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) \quad (4\text{-}1)$$

と表わされる。但度の変化はそれ以外に次の方向に大

4. 高潮の河川遡上上限水位計算 II (非線型タイプ)

既に述べた河川遡上の計算においては全て海の場合と同じ式と方法を取り扱ってきたが、荒川や那珂川については、その氾濫計算を目的として非線型タイプのアルゴリズムのピーク水位を開発したので、これを利用して高潮計算を実施した。

(1) 基礎方程式

Boussinesqの渦粘性係数εを一定と仮定して差分形式の運動の方程式は

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + w\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \varepsilon\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) \quad (4\text{-}1)$$

と表わされる。塩度の変化は水平方向に比べて鉛直方向に大

ここから $\partial^2 u/\partial x^2$ は $\partial^2 u/\partial z^2$ に対して無視できる。また

左辺第3項は $u\frac{\partial u}{\partial x}$ に対して無視できるから、(4.1)式は

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\xi}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \qquad (4.2)$$

となる。圧力 p は静水圧分布であるから、p は

$$p=\rho g(\rho_1 s-z)$$

$$\therefore -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}=g\left(\frac{\partial h}{\partial x}-\frac{\partial s}{\partial x}\right)=g\left(\frac{\partial h}{\partial x}-I\right)$$

ここに h：水深　s：基準面より測った河床の高さ　I：河床勾配

従って(4.2)式は

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}=-g\left(\frac{\partial h}{\partial x}-I\right)+\frac{\xi}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

ニホン×1241－300ノ（8ビキニ）（一ヲ）

また、$\partial^2 u/\partial x^2$ は $\partial^2 u/\partial z^2$ に対して無視できる。また

左辺第3項は $u\frac{\partial u}{\partial x}$ に対して無視できるが、(4.1)式は

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\varepsilon}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \qquad (4.2)$$

となる。Eのε静水圧分布とすれば、pは

$$p = \rho g(\zeta - z)$$

$$-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = g\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\partial s}{\partial x}\right) = g\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} - I\right)$$

ここに ζ：水位　s：基準面より測った河床の高さ　I：河床勾配

従って(4.2)式は

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} = -g\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} - I\right) + \frac{\varepsilon}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

二次×12行=300字詰(B5ヒキ)

日本及び外国特許出願

底面から $z=s$ から $z=h$ まで積分して積分の順序を変えれば

$$\int_s^h \frac{\partial u}{\partial x}\,dz = \frac{\partial}{\partial x}\int_s^h u\,dz - u_{z=h}\frac{\partial h}{\partial x} + u_{z=s}\frac{\partial s}{\partial x}$$

$$\int_s^h \frac{\partial w}{\partial z}\,dz = w_{z=h} - w_{z=s}$$

$$\int_s^h \frac{\partial u}{\partial t}\,dz = \frac{\partial}{\partial t}\int_s^h u\,dz - u_{z=h}\frac{\partial h}{\partial t} + u_{z=s}\frac{\partial s}{\partial t}$$

$$\int_s^h \frac{\partial p}{\partial x}\,dz = \frac{\partial}{\partial x}\int_s^h p\,dz - p_{z=h}\frac{\partial h}{\partial x} + p_{z=s}\frac{\partial s}{\partial x}$$

$$\int_s^h \frac{\partial \tau}{\partial z}\,dz = \tau_{z=h} - \tau_{z=s}$$

これらを用いて運動方程式を積分すると

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_s^h u\,dz + \frac{\partial}{\partial x}\int_s^h u^2\,dz - u_{z=h}\frac{\partial h}{\partial t} + u_{z=s}\frac{\partial s}{\partial t} - u_{z=h}w_{z=h} + u_{z=s}w_{z=s} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial x}\int_s^h p\,dz + \frac{1}{\rho}p_{z=h}\frac{\partial h}{\partial x} - \frac{1}{\rho}p_{z=s}\frac{\partial s}{\partial x} + \frac{1}{\rho}\tau_{z=h} - \frac{1}{\rho}\tau_{z=s}$$

$$\left|\varepsilon\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{z=s} = \tau_b \qquad \left|\varepsilon\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{z=h+s} = \tau_s$$

$$\frac{1}{g}\frac{\partial U}{\partial t} + \alpha\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{U^2}{2g}\right) - \frac{\partial h}{\partial x} - I + \frac{\tau_b}{\rho g h} - \frac{\tau_s}{\rho g h} = 0$$

τ_b として開水路の Manning の公式を用いれば

$$\tau_b = \rho g R I = \frac{\rho g U^2 n^2}{R^{\frac{4}{3}}}$$

従って全体の式は

$$\frac{1}{g}\frac{\partial U}{\partial t} + \alpha\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{U^2}{2g}\right) - \frac{\partial h}{\partial x} - I + \frac{n^2 U^2}{R^{\frac{4}{3}}} - \frac{\tau_s}{\rho g h} = 0 \qquad (43)$$

25字×12行 = 300字詰 (6ページ)

先ず $z=h$ 水モ $z=s$ の s 面まで積分して積分定数を決める。

剪断応力 τ は圧力 p に関する微分となり，底面での境界条件が重要な役割を演じる。手始めに u と U で表わせ

$$\frac{\partial U}{\partial t}+\alpha\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{U^2}{2}\right)=-g\left(\frac{\partial h}{\partial x}-I\right)+\frac{\left|\frac{\varepsilon}{\rho}\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{z=s}}{h}$$

$$\left|\varepsilon\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{z=s}=\tau_b \qquad \left|\varepsilon\frac{\partial u}{\partial z}\right|_{z=h+\eta}=\tau_s$$

$$\frac{1}{g}\frac{\partial U}{\partial t}+\alpha\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{U^2}{2g}\right)-\frac{\partial h}{\partial x}-I+\frac{\tau_b}{\rho g h}-\frac{\tau_s}{\rho g h}=0$$

τ_b として開水路の Manning の公式を用いれば

$$\tau_b=\rho g R I=\frac{\rho g U^2 n^2}{R^{\frac{4}{3}}}$$

従って運動の式は

$$\frac{1}{g}\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{U^2}{2g}\right)+\frac{\partial h}{\partial x}-I+\frac{n^2U^2}{R^{\frac{4}{3}}}-\frac{\tau_s}{\rho g h}=0 \qquad (4.3)$$

原稿用紙 B5 - 300字詰 (ぎょうせいパーク)

のゆるく流れる時，$\tau_0 = 0$ とおけば一様な不定流の方程式は，

τ_s については 2・2 項の Colding の係数を用いると

$$\tau_s = \frac{3}{2} k^2 f_a W^2$$

これらを (4・3) 式は

$$\frac{1}{g}\frac{\partial U}{\partial t} + \alpha \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{U^2}{2g}\right) + \frac{\partial h}{\partial x} - I + \frac{n^2 U^2}{R^{\frac{4}{3}}} - \frac{3 r^2 \rho_a W^2}{2 g \rho_w h} = 0 \quad (4\cdot4)$$

となる。また連続の式は一般の流れと同様に

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (4\cdot5)$$

である。ここに

Q：流量　A：通水断面積

備考

のせんに考えれば，$\tau_s = 0$ とおけば一般の不定流の方程式が得られる。

τ_s については 2・2 式用いた Colding の係数を用いると

$$\tau_s = \frac{3}{2} k^2 f_a W^2$$

これを (4・3) 式に

$$\frac{1}{g}\frac{\partial v}{\partial t} + \alpha \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{v^2}{2g}\right) + \frac{\partial h}{\partial x} - I + \frac{n^2 v^2}{R^{\frac{4}{3}}} + \frac{3 k^2 f_a W^2}{2 g \rho_w h} = 0 \quad (4\cdot4)$$

となればよい。また連続の式は一般の川の流れと同様に

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (4\cdot5)$$

となる。ただし

Q：流量　A：通水断面積

(4.4), (4.5) 式を Q と書かせば

$$-\left(\gamma\left(1-\frac{Q^2(\partial A/\partial h)}{gA^3}\right)\right)\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{gA^2}\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{n^2Q^2}{R^{\frac{4}{3}}A^2}-\frac{3r^2\rho_a w^2}{2g\rho_w h}=0 \qquad (4.6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{\partial A}{\partial t}=0 \qquad (4.7)$$

となる。この式において、第2項の $Q^2(\partial A/\partial h)/gA^3$ の項は Froude 数の2乗に等しく、一般に1に比べて省略しうる程度の大きさである。また第4項の $(2Q/gA^2)(\partial Q/\partial x)$ の項も他の項に比べて小さいと考えられるのでこれも省略すれば、(4.6), (4.7)式は

$$\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{n^2Q^2}{R^{\frac{4}{3}}A^2}-\frac{3r^2\rho_a w^2}{2g\rho_w h}=0 \qquad (4.8)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{\partial A}{\partial t}=0 \qquad (4.9)$$

ただし、H 基準面上の水位

(4.4), (4.5) 式を h および Q で表わせば

$$\left(1-\frac{\alpha^2(\partial A/\partial h)}{gA^3}\right)\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{gA^2}\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{n^2Q^2}{R^{\frac{4}{3}}A^2}-\frac{3\tau^2\rho_a w^2}{2g\rho_w h}=0 \qquad (4.6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{\partial A}{\partial t}=0 \qquad (4.7)$$

となる。この式において、第2項の $\alpha^2(\partial A/\partial h)/gA^2$ の項は Froude 数の2乗に等しく、一般に1に比べて省略しうる程度の大きさであり、また第4項の $(2Q/gA^2)(\partial Q/\partial x)$ の項も他の項に比べて小さいと考えられるので、これを省略すれば、(4.6), (4.7) 式は

$$\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t}-\frac{n^2Q^2}{R^{\frac{4}{3}}A^2}-\frac{3\tau^2\rho_a w^2}{2g\rho_w h}=0 \qquad (4.8)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{\partial A}{\partial t}=0 \qquad (4.9)$$

ただし、H ：基準面からの水位

(4.6)

(4.7)

68

25×12H-300字詰(5mmセル)

と書かれる。これが基本式である。

チェアオロファピューターの構成

アナログコンピューターは、この水理系の基礎式を電気系で模擬し、電気系に表わされる現象を両水理系に写しかえて求めようとするものである。このためには、電気回路における電気系の方程式が水理系のものと同一であるとともに、境界条件、および初期条件が相似となるようにしなければならない。

ここでは前の計算のときと同様に表-2.2のものを利用による変換を用いた。

(2.12)式の相当係数を用いて(4.8)、(4.9)式を変換すると

$$\frac{\partial e}{\partial x} = \frac{\beta}{g\alpha A}\frac{\partial i}{\partial t} - \frac{n^2\beta^2 i}{R^{\frac{4}{3}}A^2\alpha}i - \frac{3^2 f_0 w^2}{2g\beta\alpha}\frac{1}{\alpha} \quad (4.10)$$

と表わされる式が水の基礎式である。

4.2 アナログコンピューターの構成

アナログコンピューターは、この水理系の基礎式を電気系で模擬し、電気系に表わされる現象を両水理系に写しかえようとするものである。このためには、電気回路における電気系の方程式が水理系のものと同一であるとともに、境界条件、および初期条件が相似となるようにしなければならない。

ここには前の計算のときと同様に表-2.2の台数を対応する変換を用いた。

(2.12)式の換算係数を用いて(4.6)、(4.7)式を変換すると

$$\frac{\partial e}{\partial x} = \frac{\beta}{g\alpha\delta A}\frac{\partial i}{\partial t} + \frac{n^2\beta^2\dot{c}}{R^{\frac{4}{3}}A^2\alpha}i - \frac{3^2\beta_k W^2}{2g\pi\delta_k}\frac{1}{\alpha} \qquad (4.10)$$

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = \frac{\pm}{\beta \cdot \delta} \cdot \frac{\partial A}{\partial H} \cdot \frac{\partial e}{\partial t} \qquad (4.10)$$

となる。

一般に分布定数の伝送回路の基本式は

$$-\frac{\partial v}{\partial x} = r i + l \frac{\partial i}{\partial t} \qquad (4.12)$$

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = c \frac{\partial e}{\partial t} \qquad (4.13)$$

と表わされる。ここに r, l, c は、それぞれ単位長当りの抵抗値、インダクタンス、および静電容量である。

(4.10), (4.11) 式と (4.12), (4.13) 式とを比べてみると両者は良く似ており、両式を相似にするためには (4.12) 式の場合に

$$-\frac{\partial i}{\partial x} = \frac{\varepsilon}{\beta \cdot \delta}\frac{\partial A}{\partial H}\frac{\partial e}{\partial \tau} \qquad (4.15)$$

となる。

一般に分布定数の伝送回路の基本式は

$$\begin{cases} -\dfrac{\partial e}{\partial x} = r i + l\dfrac{\partial i}{\partial \tau} & (4.12) \\ -\dfrac{\partial i}{\partial x} = c\dfrac{\partial e}{\partial \tau} & (4.13) \end{cases}$$

と表わされる。ここに r, l, c はそれぞれ単位長当りの抵抗値、イングクタンス、および静電容量である。

(4.10), (4.11) 式と (4.12), (4.13) 式とを比べてみると両者は良く似ており、両式を相似にするためには (4.12) 式の場合に

$\frac{3k^2 f_{av}^2}{\pi f_{av} k}$ という和分の項をつけ加えよう。(4.12) (4.13)

式は分布定数伝送回路の式であって、この手元の形で r, l, c と適当に与えるものを送ってやらないので微小区間の非線形の四端子回路により表わすことにした。(4.12), (4.13) 式を四端子回路で表わすために、Δx 区間について電圧降下で表わせば、

$$-\Delta e = R \cdot i + L \frac{\partial i}{\partial t} - E \qquad (4.14)$$

$$-\Delta i = C \frac{\partial e}{\partial t} \qquad (4.15)$$

となる。ただし、この式が (4.10), (4.11) 式で表わせるという保証と全く相似になるためには、次の条件を満足しなければならない。

3k²a²w² / ... という和での項をつけんとよい。 (4.12) (4.13)

つまり ... Δ

式は分布定数伝送回路の式であって、この様な形で

r, l, c と適当に与えるものを送ってやなければ

微小な間の非線形の四端子回路により表わすことができた

。(4.12), (4.13) 式を四端子回路で表わすためには、Δx 間

における電圧降下が表われさえば、

$$-\Delta e = R\cdot i + L\frac{\partial i}{\partial t} - E \qquad (4.14)$$

$$-\Delta i = C\frac{\partial e}{\partial t} \qquad (4.15)$$

となる。ただし、この式が (4.10), (4.11) 式で表わされる小信号

系と全く相似となるためには、次の条件を満足しなければ

ならない。

$$L = \frac{\beta \cdot \Delta x}{g \cdot \delta \cdot A} \qquad (4.16)$$

$$R = \frac{n^2 \beta^2 \Delta x}{R^{\frac{4}{3}} A^2 \alpha} \qquad (4.17)$$

$$E = \frac{3 i^2 \rho_0 W^2 \Delta x}{2 g \rho_0 h \alpha} \qquad (4.18)$$

$$C = \frac{\alpha \cdot \Delta x}{\beta \cdot \delta} \frac{\partial A}{\partial H} = \frac{\alpha}{\beta \delta} A_0 \qquad (4.19)$$

ここに，

A_0：水位 H のときの Δx 区間の水面積

L：Δx 区間のインダクタンス

R：Δx 区間の抵抗値

E：Δx 区間に働く起電力

C：Δx 区間の静電容量

図表及び写真挿入指定欄

ライン入り 300字詰 (B4ヨコ 1ページ)

$$L = \frac{\beta \cdot \Delta x}{g \cdot \delta \cdot A} \qquad (4.16)$$

$$R = \frac{n^2 \beta^2 \Delta x \cdot v}{R^{\frac{4}{3}} A^2 \alpha} \qquad (4.17)$$

$$E = \frac{3 \cdot 1^2 \rho_0 W^2 \Delta x}{2 g \rho_0 L x} \qquad (4.18)$$

$$C = \frac{\alpha \cdot \Delta x}{\beta \cdot \delta} \frac{\partial A}{\partial H} = \frac{\alpha}{\beta \delta} A_\alpha \qquad (4.19)$$

ここに，

A_α：水位 H のときの Δx 区間の水面積

L：Δx 区間のイナタンス

R：Δx 区間の抵抗値

E：Δx 区間に働く起電力

C：Δx 区間の静電容量

図表及び写真挿入指定欄

(4.15A), (4.15) 式を表わす電気回路は、図-4.1 に示すごとく、あって、この回路は回路の L, R, E, C が (4.16), (4.17), (4.18), (4.19) 式で表わされる値をとるにおいて、この回路は (4.8), (4.9) 式で表わされる水理系の方程式と全く相似になり、電気回路と水理系の条件のように結合し、初期条件、境界条件を相似に与えれば、この電気系において水理系の計算を行うことができる。

模型係数はコンピューターの回路構成上の要請と精度とを考慮して次の様にきめた。

$\beta = 10^5$ 100 m³/s → 1 mA

$\alpha = 10^{-1}$ 1 m → 10 volt

$\delta = 7.2 \times 10^3$ 1時間 → 0.5 秒

図-4.1 に

(4.15A), (4.15) 式を表わす電気回路は、図-4.1 に示すごとくである。

この回路の L, R, E, C が (4.16), (4.17), (4.18), (4.19) 式で表わされる値をとるならば、この回路は (4.8), (4.9) 式で表わされる水理系の方程式と全く相似になり、電気回路と水理系の条件のように結合し、初期条件、境界条件を相似に与えれば、この電気系において水理系の計算を行うことができる。

換算係数はコンピューターの回路構成上の要請と精度とを考慮して次の様にきめた。

$\beta = 10^5$ 100 m³/s → 1 mA

$\alpha = 10^{-1}$ 1 m → 10 volt

$\delta = 7.2 \times 10^3$ 1時間 → 0.5 秒

図-4.1

(No.)

起電力項については、前の計算と同様に cooling の式を用いることとし、風と河道の方向を考慮して、

$$E = \frac{3r^2 f_a W^2 \Delta x}{2gf_c d} = \frac{4.8\times10^{-7} W^2 \cos\theta \cdot \Delta x}{h\,d}$$

の値を用いた。ここに θ は風と河道とのなす角である。

抵抗項の粗度係数は 0.02 を用いた。

備考

(No.)

起電力項については、前の計算と同様に Cowling の式を用いることにして、風と河道の方向を考慮して、

$$E = \frac{3\gamma^2 f_a w^2 \Delta x}{2gf_w h d} = \frac{4.8\times10^{-7} W^2 \cos\theta \cdot \Delta x}{h d}$$

の値を用いた。ここに θ は風と河道とのなす角である。

抵抗項の損失係数は 0.02 を用いた。

印刷及び写真複写厳禁

荒川および隅田川の河道に関するヒリオ、つまりムスについては、氾濫計算に用いたものをそのまま使用したもので表-4.1に示すとおりであり、水位の測定点は図-4.2に示す通りである。

3.10.3 境界条件

境界条件としては、図-4.2に示すA₀, S₀の流出条件、A₂₀, S₂₀で与える流入量Q₁、およびQ₂, くれとG₅の分割水門の操作、河道に吹く風の強さ、の5つがある。

流出条件は、A₀, およびS₀で同一のものを与えることとし、潮位現形は大正6年、キティ台風伊勢湾台風、最悪台風の4について、東京湾内の高潮計算の結果得られたものに気圧低下による水上昇を考慮したものを用

図-4.2
表-4.1 (a)
(b)

荒川および隅田川の河道に関するデータについては、洪水計算に用いたものをそのまま使用したので表-4.1に示すとおりであり、水位の測定点は図-4.2に示す通りである。

3.10.3 境界条件

境界条件としては、図-4.2に示すA₀, S₀の河口条件、A₂₀, S₂₀で与える流入量Q₁, およびQ₂, そしてG₅の岩淵水門の操作、河道に吹く風の強さ、の5つがある。

河口条件は、A₀およびS₀で同一のものを与えることとし、潮位現形は大正6年、キティ台風伊勢湾台風、最盛台風の4つについて、東京湾内の高潮計算の結果得られたものに気圧低下による吸上げを考慮したものを用

図-4.2
表-4.1(a)(b)

パラメータとして、これを水の方に挿値法で図-4.3～図-4.6
表-4.2～表-4.4に示す。
流入量Q1およびQ2として、Q1が100m³/s、220m³/s
4700m³/sの定流量とQ2が
30m³/sと220m³/sの定流量を用いたケースとピー
クが約4500m³/sにあるような統計の淡水から33年9月
のものを手計算とて用いた。その例は図-4.7、表
-4.5のとおりである。
放流水門の操作は完全開閉、および用水の2種類と
した操作は行なわれたことにした。
風は、湾内の局所計算で行なったものと同じ表-4.6
表-4.7の風を用いた。表-4.6は東から1河道を

図表及び写真の入出定位置
図-4.3
〃 -4.6
表-4.2
〃 -4.3
〃 -4.4
右右手前定則
図-4.7
表-4.5
表-4.6
表-4.7

25字×12行=300字詰(8枚にて1ページ)

いずれにしたがえばよい。それぞれの場合の調節法については図-4.3～図-4.6、表-4.2～表-4.4に示す。

流入量Q₁およびQ₂については、Q₁が100 m³/s, 200 m³/s, 400 m³/sの定流量のばあいとQ₂が30 m³/sと220 m³/sの定流量を用いた。ハイドログラフについては、ピークが約4500 m³/sになるような洪水から33年9月のものを手ごろな例として用いた。その形状は図-4.7、表-4.5のとおりである。

各遊水地の操作は、完全開放、および用水の2種類とし、操作は行なわないことにした。

風については、湾内の高潮計算で行なったものと同じ表-4.7の風を用い、表-4.8、表-4.9に示すように河道を

図表及びスクラップ貼付欄

図-4.3
〃 4.5
〃 4.6
表-4.2
〃 4.3
〃 4.4

古谷手帳記載
図-4.7
表-4.5

表-4.6
表-4.7

25字×12行＝300字詰（8枚にて1ページ）

今ケースでは小貝川の流の方向を考慮した分を吹のせることにした。荒川の場合は、Aのうち4ケースのうち図に今ケース風は表-4.8～表-4.11にまとめたように7方向のうちから、①、⑥、⑦の3方向のものを用いた。これを用えれば荒川右岸の風速は図-4.8～図-4.11のようである。鶴田川についても同様に8つの上向の分から、①、⑥、⑦の3方向の風を用いた。

以上の計算ケースを示したものが、表-4.12であり、全部で24ケースとなる。

3.10.4 計算結果

測定はポンレコーダーにより各地点の水位を記録し最高水位をすみだ。これらをまとめたのが、表-4.13、である。

図表及び写真挿入指定欄

表-4.8
～
表-4.11

図-4.8
～
4.11

表-4.12

表-4.12

25字×12行＝300字詰（B.5にて1ページ）

今までは小さな河道の方向を考慮した分布を次のページに
とにした。表-4.8～表-4.11に示すように7方向のうちから、
①、②、および(7)の3方向のものを用いた。これらを用
いれば、流出に寄与する風速は結局は図-4.8～図-4.11の4ケ
ースである。降雨についても同様にPの上限の分布
①、②および(7)の3方向の風を用いた。
以上の計算ケースを示したものが、表-4.12であり、
全部で24ケースとなる。

3.10.4 計算結果

測定はベンレコーダーにより各測点の水位を記録し
最高水位を読みとった。これらを集めたのが、表-4.13、図

図表及び写真挿入指定欄

表-4.8
5
4.11

図-4.8
5
4.11

表-4.12

表-4.13

25字×12行=300字詰(B.5にて1ページ)

図及び写真挿入先一覧
表-4.14

E/C表-4.14である。

まず、前に求めた高川の通水計算と比較こころみよう。前の計算では、固有流量はのとしたので、今回の計算の100m³/sの流量のものを選び、比較したものが図-4.12である。これで見ると、河口より約16km小台附近までは、線型と非線型の両者はよく合っており、これより上流に行くに従って非定計算の方が水位が高くなる傾向にある。40km附近でキテく、伊勢湾、最安台風は0.5~1.0m位の水位差があり、大正6号については1.5mと1.0mの差が大きい。このように固有流量の小さい場合、高潮に伴う河口水位の上昇は、風の効果により、水位に昇と、上流方向への水の流入により生ずる摩擦抵抗、および潮汐

図-4.12

25字×13行=325字詰(B5ヨコ1ページ)

図及び写真挿入指定欄
表-4.14

上の表-4.14である。

まず、前に示した荒川の潮上計算と比較してみよう。前の計算では、固有流量はゼロとしたので、今回の計算の100m³/sの流量のものを比較したものが図-4.12である。これで見ると、河口より約16km小台附近までは、線型と非線型の両者はよく合っており、これより上流に行くに従って線型計算の方が水位が高くなる傾向にある。40km附近でキテく、伊勢湾、最安台風では0.5~1.0m位の水位差があり、大正6号については1.5mと大きい差が出ている。このように固有流量の小さい場合、高潮時に流況、水位のことなる理由は、風の効果による水位上昇と、上流域からの水の流入により生ずる摩擦抵抗、および慣性

図-4.12

項による水位低下のうち，風の効果の方が大きいためで
ある。線型，非線型の計算に異っているのは抵抗項のみ
であるので，水位の書代もこれの違いによって説明さ
る。

線型タイプの抵抗項は

$$R = \frac{3\mu\rho_w \cdot \Delta x}{g h^2 B} \cdot \frac{\beta}{\alpha}$$

であるので，これによる水位勾配 ΔH は

$$\Delta H = \Delta e \cdot \alpha = R i \alpha$$

となる。今，$Q = 1000\ m^3/s$ $\Delta x = 4000\ m$ とすると，

$$i = \frac{Q}{\beta} \quad 10^3 \times 10^{-7} = 10^{-4}, \quad \alpha = 10^{-1}$$

項における水位低下のうち、風の効果の方が大きいためである。線型非線型の計算に関しているのは摩擦項のみであるので、水位の差もこれの違いによって説明される。

線型タイプの摩擦項は

$$R = \frac{3\mu\rho_w \cdot \Delta x}{g k^2 B} \frac{\beta}{\alpha}$$

であるから、これによる水位差 ΔH は

$$\Delta H = \Delta e \cdot \alpha = R i \alpha$$

ここで、今、$Q = 1000\ m^3/s$　$\Delta x = 4000\ m$ とすると、

$$i = \frac{Q}{\beta} = 10^2 \times 10^{-7} = 10^{-4}, \quad \alpha = 10^{-1}$$

ここで

$$\Delta T = \frac{1.22 \times 10^{3}}{h^{\frac{3}{2}} \cdot B} \qquad (4.20)$$

となる。

計算例は下のように示す。

$$R = \frac{n^{2} \beta^{2} \Delta x \, i}{h^{\frac{3}{2}} B^{2} d}$$

ここで、同様に $Q = 10000\ m^{3}/s$ $\Delta x = 40.0\ m$ を用いると

$$i = \frac{Q}{\beta} = 10^{2} \times 10^{-5} = 10^{-2}, \quad \alpha = 10^{-1}, \quad n = 0.02$$

$$\Delta H = \frac{1.6 \times 10^{6}}{h^{\frac{3}{2}} \cdot B^{2}} \qquad (4.21)$$

となる。

(4.20)式、すなわち(4.21)式において h を 10 m, 20 m, 30 m

図表及び写真挿入指定欄

$$\Delta H = \frac{1.22 \times l a^3}{h^2 \cdot B} \qquad (4.20)$$

ここで

非線型ゼロ点移動量

$$R = \frac{\eta^2 \beta^2 \Delta x i}{h^3 B^2 d}$$

ここで、固有 $Q = 10000\ m^3/s$ $\Delta x = 1000\ m$ とすると

$$\beta = \frac{Q}{\beta} = 10^3 \times 10^{-5} = 10^{-2}, \quad \alpha = 10^{-1}, \quad \eta = 0.02$$

$$\Delta H = \frac{1.6 \times 10^6}{h^3 \cdot B^2} \qquad (4.21)$$

ここで

(4.20)式、および(4.21)式において h を 10 km, 20 km, 30 km

図表及び写真を添付のこと

表-4.15

ξ が 40 km 地点の α と β を代入して ΔH をおのおのとると、表-4.15のようになり、20 km 付近までは線型、非線型の ΔH は1日一の値となり、これより上流に行くに従い非線型の ΔH が大きくなって、計算の場合に比べて水位が低下することを示し、計算結果と一致する。

線型、および非線型の何れがよいかは、計算と小さい結果が現実に近いものをとるべきと思われるが、現在のところこれを検証できる資料は乏しい。従って今の所河道の固有流量の多い場合には、流れの抵抗法則に非線型と考えられるので、非線型タイプの計算を利用する方が信頼性が高いと思われる。流量が少い場合には、流速公式によっても α の表現は変化するからくわしいことは言えないが水位は一般に低めの値となるであろう。

25字×12行=300字詰(B5版 1:1)

表-4.15

$\sqrt{E}$ が 40 km 地点の A と B を代入して α_H をおのおの求めると、表-4.15 のとおりとなり、20 km 附近までは線型、非線型の α_H は住々同一の値となり、これより上流に行くに従い、非線型の α_H が大きくなって、線型の場合に比べて水位低下ということをおこし、計算結果と一致する。

線型、および非線型の何れがよいかは、計算を小さい結果が現実に近いものをとるべきと思われるが、現在の所これを検証できる資料は乏しい。従って今の所河道の固有流量の多い場合には、流水の抵抗則は非線型と考えられるので、非線型タイプの計算を利用する方が信頼性が高いと思われる。流量が少い場合には、流速公式によって α の表現は変化するから何れとも云い難いが水位は一般的にあまり問題にならないであろう。

25字×12行=300字 (B5版 1/2)

つぎに，台風別による結果を調べてみよう。まず花山について

大正6年台風：（図-4.13）　$Q=100\,m^3/s$ と組合せの場合には，河口の水位がほとんど変らずに水平に上流に伝わっていく。これは，抵抗項と記憶の項とがほぼ釣合った状態にいる。$Q=2000\,m^3/s$，右岸 $4100\,m^3/s$ の場合には上流端で，流水に対して，相対が大きくきいて水位上昇をもたらすという河口の潮位が逆に上流へ伝わる状態に近い。

キテイ台風：（図-4.14）　$Q=100\,m^3/s$ と組合せの場合は，大正6年と同様河口と北位相差の上昇とが見られる。$Q=2000\,m^3/s$ 右岸 $4500\,m^3/s$ の場合は，傾向は大正6年と全く同様であり，風が大正6年より弱いために

図-4.13

図-4.14

つぎに、台風計画結果を調べてみよう。まず荒川について

大正6年台風：（図-4.13）　Q=100m³/s と組合せた場合には、河口の水位がほとんど変らずに水平に上流に伝わっている。これは、北武橋と記録の潮位とが同じ場合に相当する。Q=2000m³/s, および 4500m³/s の場合には上流に流水による相乗が大きくきいて水位に異もちろういうものに潮位が低くて河底勾配には通じない。

キティ台風：（図-4.14）　Q=100m³/s と組合せの場合は、大正6年と同様河口北位標高の上昇にが見られる。Q=2000m³/s および 4500m³/s の場合は、傾向は大正6年とまったく同様であり、風が大正6年より弱いために

図-4.13

図-4.14

…水位は 40km 附近で大正6年とほぼ同じ位置く

ている。

伊勢湾台風 (図-4.15) Q=100m³/s と組合せた場合、前

の2台風に比べて上流部での水位上昇が見られる。これ

は風の影響と河幅あるが河口水位がよったために水深

が増加し (3.23) 式の関係から n が減少して上流部での水

位上昇をもたらしたことが考えられる。流量の多い場合、

45km 附近の水位は、大正6年台風の水位とほぼ同一

である。

最悪台風 : (図-4.16) Q=100m³/s と組合せの水位は 図-4.16

4台風のなかで一番上昇度が大きい。これは風の強度も大きく、

継続時間も長いためである。45000m³/s の不定流の場合

83

…水位は 40cm 附近で大正6年に対応する水位位低く
なっている。

伊勢湾台風：(図-4.15) Q=100m³/s と組合せた場合、前
の2台風に比べて上流部での水位上昇が見られる。これ
は風の影響と河幅あるが河口水位が上ったために水深
が増加し(3.2.3)式の関係からnが減少し上流部での水
位上昇をそこなったことが考えられる。流量の多い場合、
45km 附近の水位は、大正6年台風の水位とほぼ同一
である。

最高台風：(図-4.16) Q=100m³/s と組合せの水位は
4台風のなかで一番上昇高が大きい。これは風の強度も大き
継続時間も長いためである。4500m³/s の不定流の場合

図-4.15

図-4.16

28Km 地点で現計画高水位を僅か越えているが、余裕は見ている余裕。あり叶もあり、4400 m³/s の洪水時にかなり大きな高潮が重なっても計画高水位に越えないことが分る。

つぎに隈田川について、やはり台風別に調べる。

大正6年台風：(図-4.17) $Q_2 = 30\ m^3/s$ の組合せの場合、河口より 18 Km 地点まで水位は上がるが、それ以低域から 30~35 Km では河口と同水位を示す。組合せ 5, 9 を見ると単独に比べて水位が下っているが、これは放水路の水を河口まで引張る水と下っているものである。このことから、隈田川では、風の吹き寄せ効果により岩槻水門きわの水位上昇を生じているものと判断される。

図表及び写真挿入指定欄

25字×12行=300字 (5ページ1ページ)

28k.m 地点で現計画高水位を僅か越えているが、余裕は見ている余裕。あるけもあり、4500 m³/s の洪水時にかなり大きな偏差が重なっても計画高水位に越えないことが分る。

つぎに隈田川について、やはり台風別に調べる。

大正6年台風：(図-4.17) $Q_2 = 30\,m^3/s$ A, B 組合せの場合、河口より 18 k.m 附近まで水位は一定するが、それ以低減少し 30~35 k.m では両ピークと同水位を示す。組合せ S, を見ると単独に比べて水位が下っているが、これは放水路の水位が低いために引張られて下っているものである。このことから、隈田川では、風の吹き寄せ効果により岩淵水門きわの水位上昇を生じているものと判断される。

図表及び写真挿入指定

84

25字×12行=300字 (5枚に1枚)

$Q_2 = 220\ m^3/s$ の場合は 27km から上流で急激に水位上昇を生じているが、これは水路が小さく抵抗が大きいためであろう。

キテイ台風：（図－4.18）大正6年。風に比べてきわめて台風は風が弱いにもかかわらず $Q_2 = 30\ m^3/s$ が組合せの水位にあまり小さいと、18km 附近での水位は大正6年のほど上昇していない。$Q_2 = 220\ m^3/s$ の場合にも水位上昇は大正に匹敵しない。 図－4.18

伊勢湾台風：（図－4.19）この時水位が 3.60m と上ったために、$Q_2 = 30\ m^3/s$ が組合せの場合の上流端も 4.0m 近くに上るが、傾向は大正6年の場合とよく似ている。$Q_2 = 220\ m^3/s$ の場合、18km～27km の間とほぼ水平となり上流 図－4.19

$Q_2 = 220\ m^3/s$ の場合は 27 km から上流で急激に水位上昇を生じているが、これは水路が小さく抵抗が大きいためであろう。

キテイ台風：（図－4.18）大正6年。風に比べてキテイ台風は風が弱いにもかかわらず $Q_2 = 220\ m^3/s$ の組合せの水位があまりおおきいと、18 km 附近での水位は大正6年のほうに上昇していない。$Q_2 = 220\ m^3/s$ の場合にも水位上昇は大正に匹敵しおおきい。

図－4.18

伊勢湾台風：（図－4.19）この水位が 3.60 m と上ったために、$Q_2 = 130\ m^3/s$ が組合せの場合の上高潮も 4.0 m 近くにもなるが、傾向は大正6年の場合とよく似ている。$Q_2 = 220\ m^3/s$ の場合、18 km ～ 27 km の間ではほぼ水平となり上流

図－4.19

端水位が大正6年の場合よりも下っている。これは河口水位が高く、その影響で名洲附近の水位が高いために上流部の水深が大きく、堆抗が強く減少して水位が低下したものと思われる。

最大台風：（図-4.20）4台風のうちで、各地点の水位が一番高くなっている。Q_p=220m³/s で伊勢湾台風と見られ、これは、Q_p 18m³～22m³の中ほどの値となり、水位は上流に向かうほど一様に増加している。これは、伊勢湾台風より更に風が強いためである。

図-4.20

図表及び写真挿入指定

(No.)

図及び写真挿入指定欄

満水位が大正6年の場合よりも下っている。これは河口水位が高く、その影響で岩渕附近の水位が高いために上流部の水深が大きく、堆積が逆に減ることと水位が低下したものと思われる。

最大台風：（図-4.20）4台風のうちで、各地点の水位が一番高くなっている。Q=220m³/sで伊勢湾台風と見られるが、これは180～220の中ほどの値となり、水位は上流に向ってほぼ一様に増加している。これは、伊勢湾台風よりも更に風が強いためである。 図-4.20

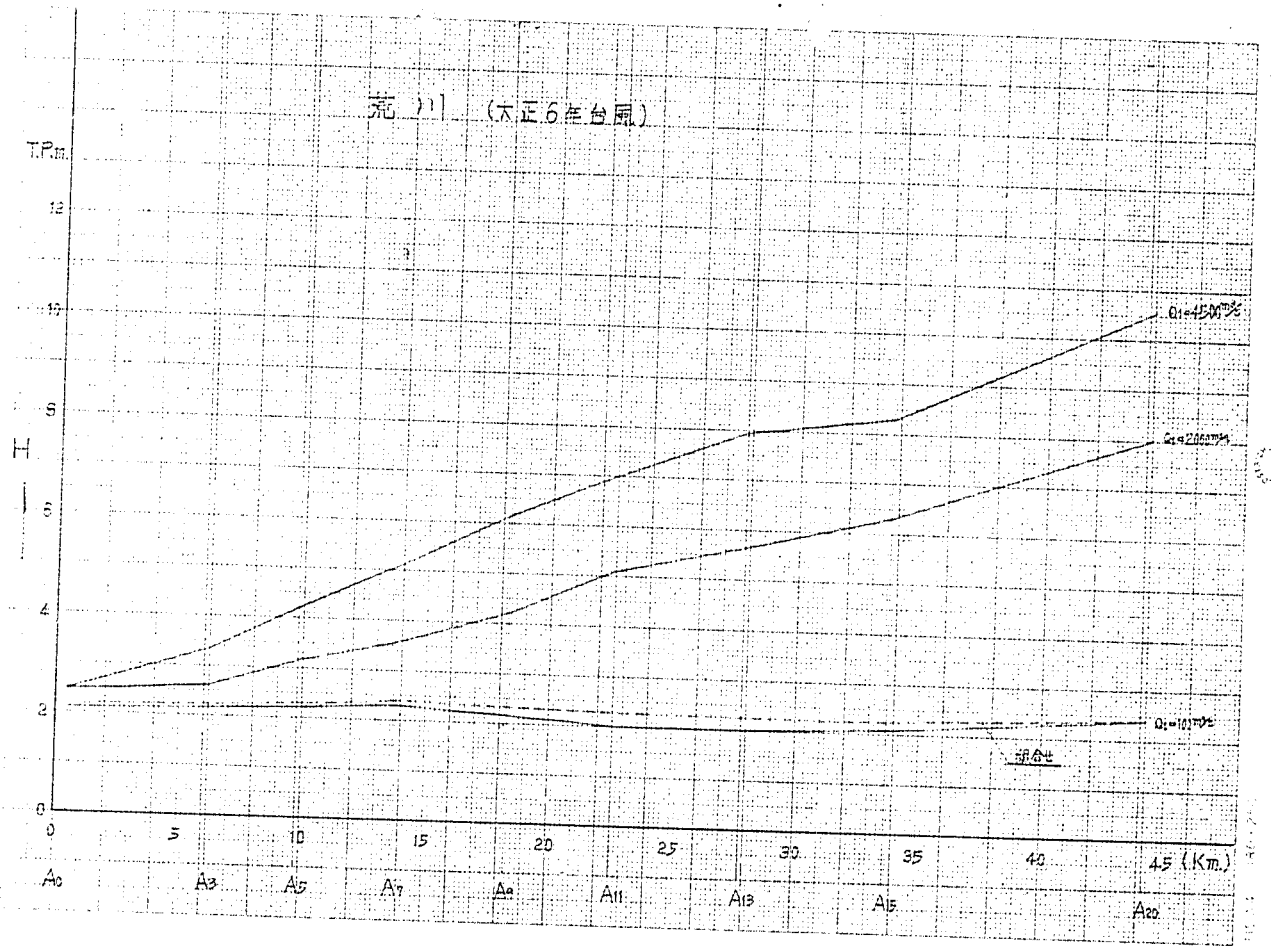
調査

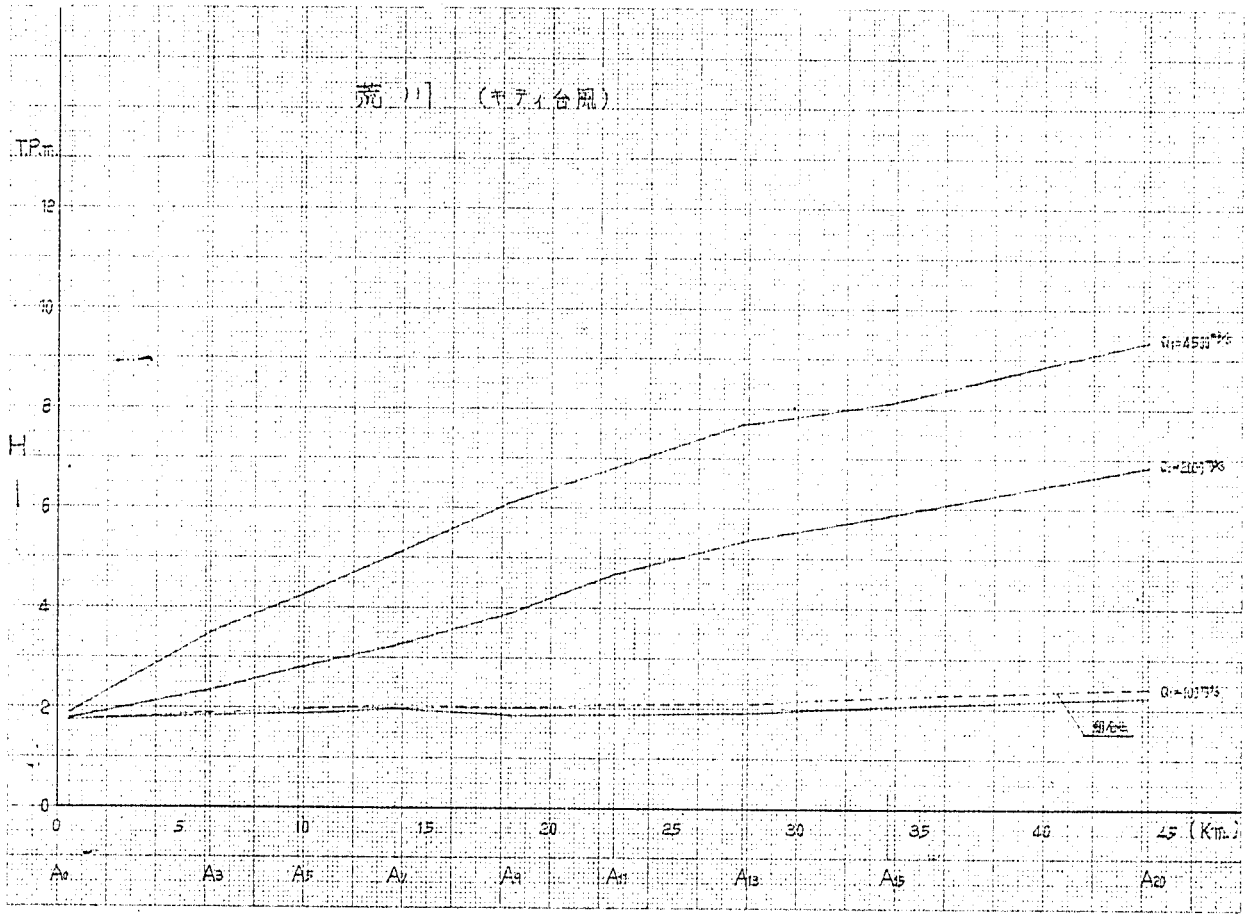
5色

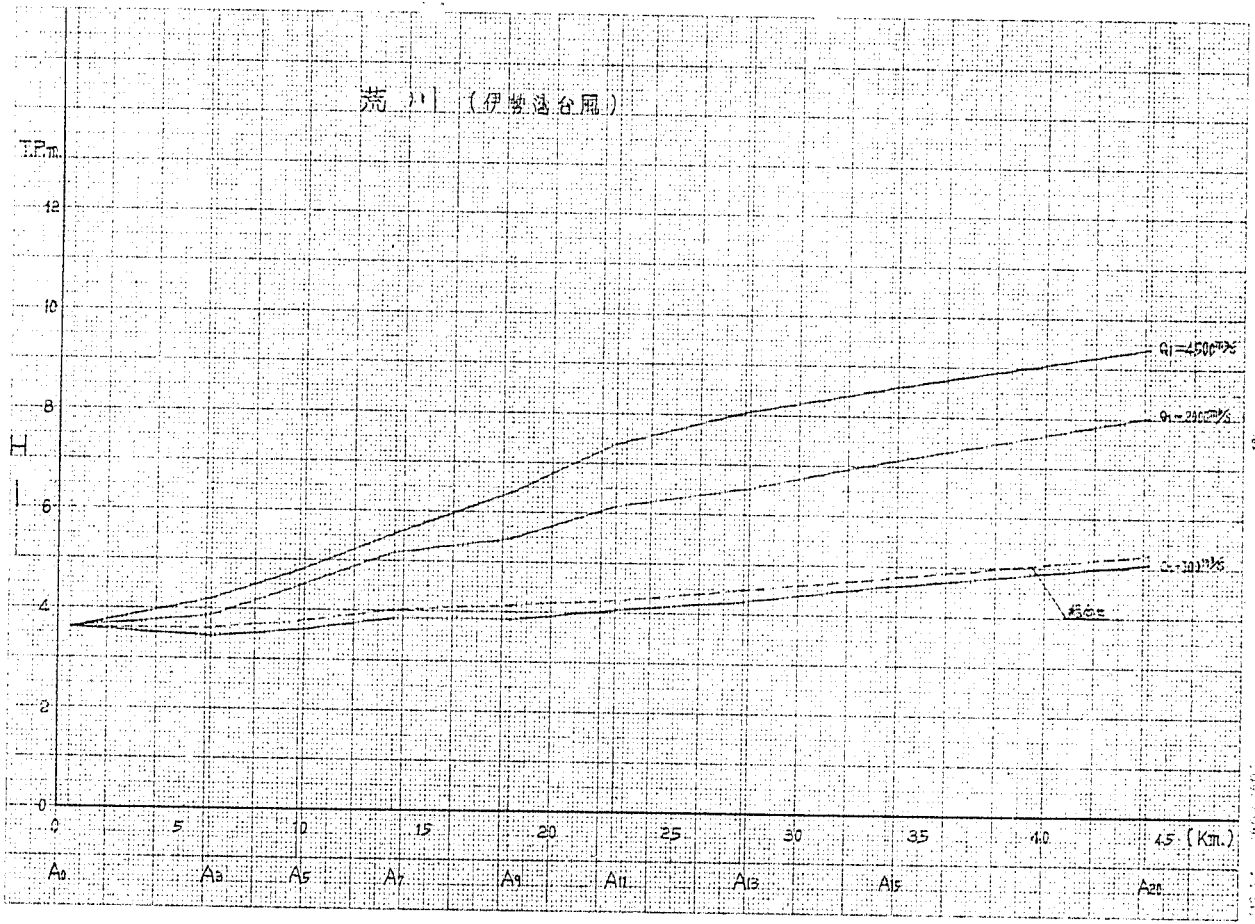
25字×12行＝300字詰（B4判について）

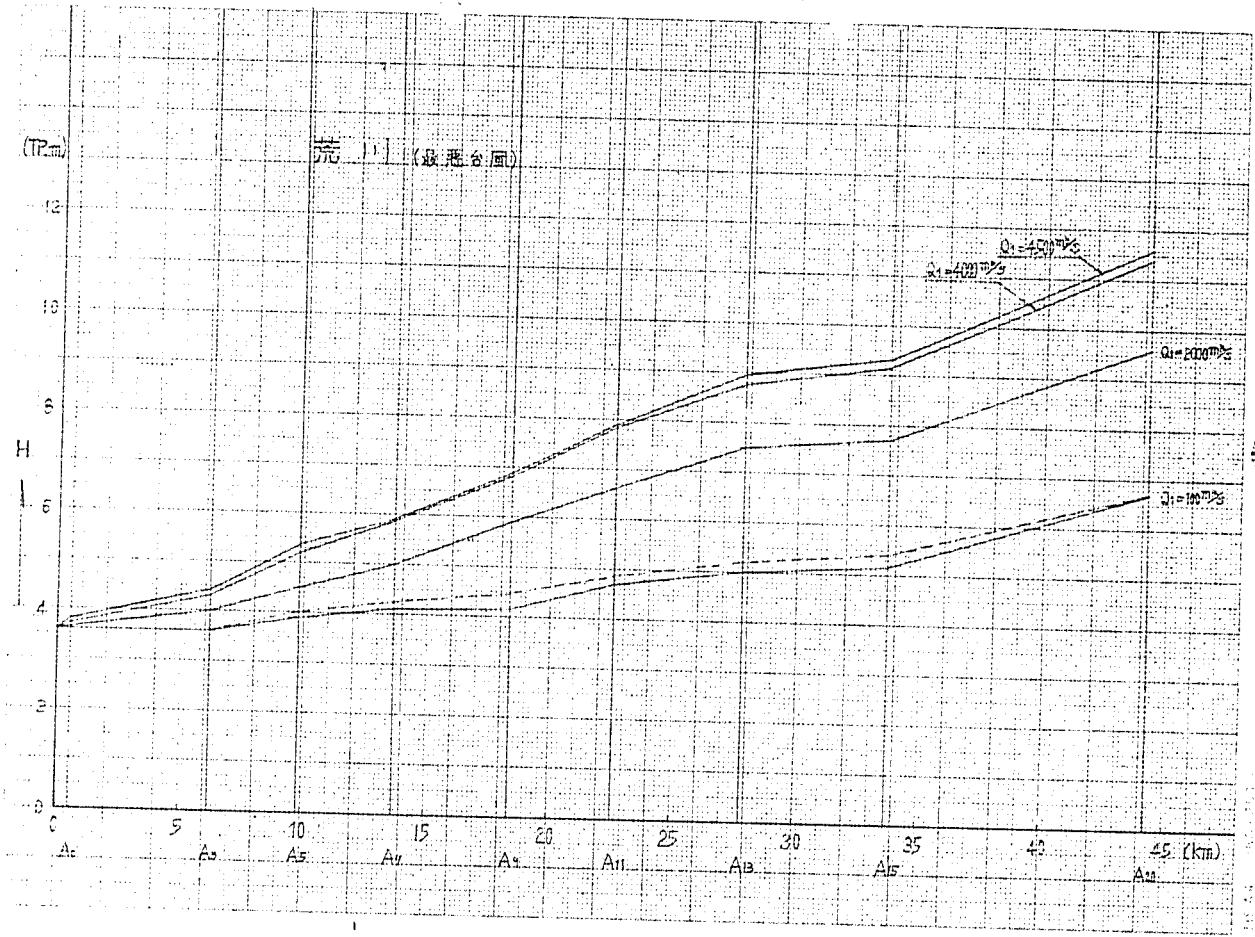
東京湾逆上計算回路図

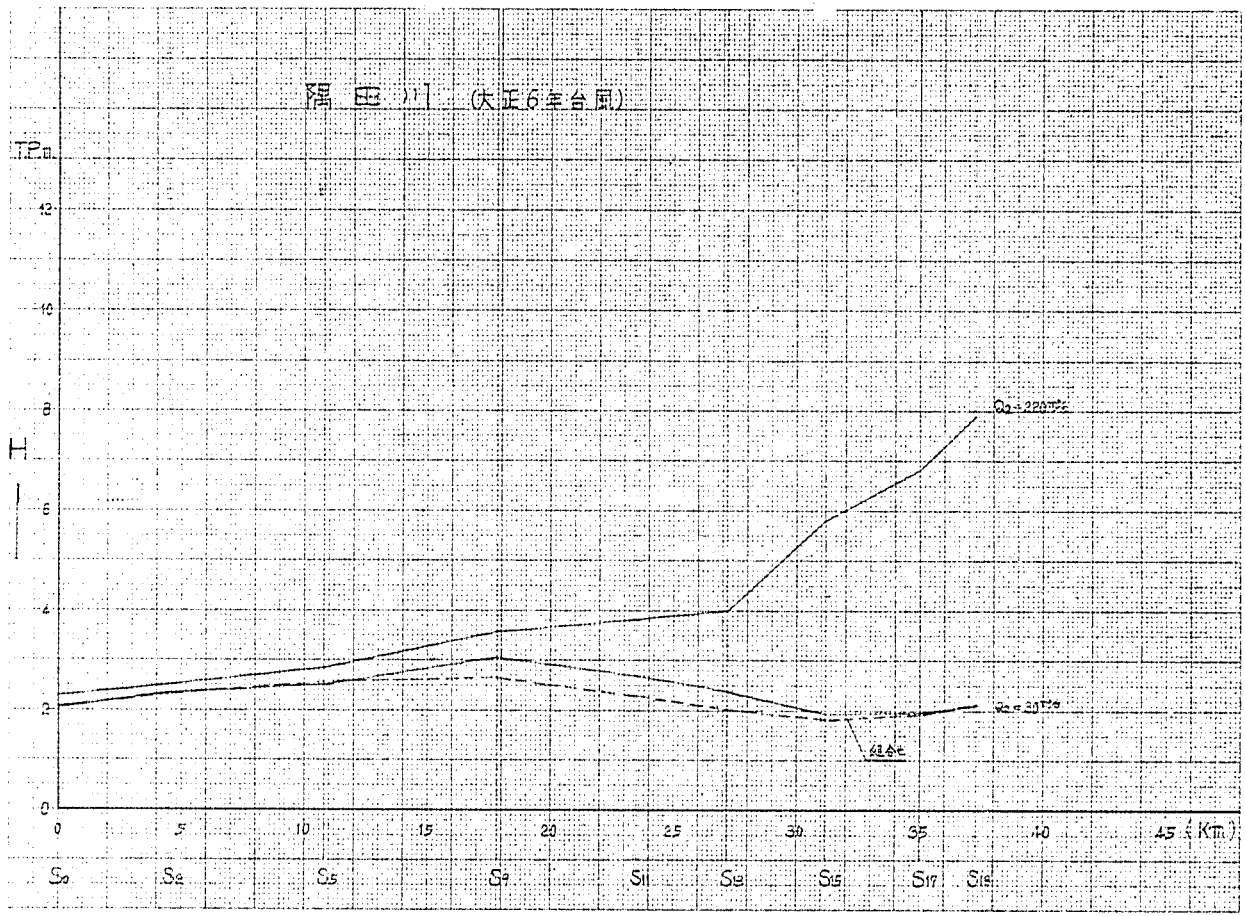
Q_1
A_{20} A_{19} A_{18} A_{17} A_{16} A_{15} A_{14} A_{13} A_{12} A_{11} A_{10} A_9 A_8 A_7 A_6 A_5 A_4 A_3 A_2 A_1 A_0
H_0
河口
q_{in}
S_{20} S_{19} S_{18} S_{17} S_{16} S_{15} S_{14} S_{13} S_{12} S_{11} S_{10} S_9 S_8 S_7 S_6 S_5 S_4 S_3 S_2 S_1 S_0
H_0
Q_2

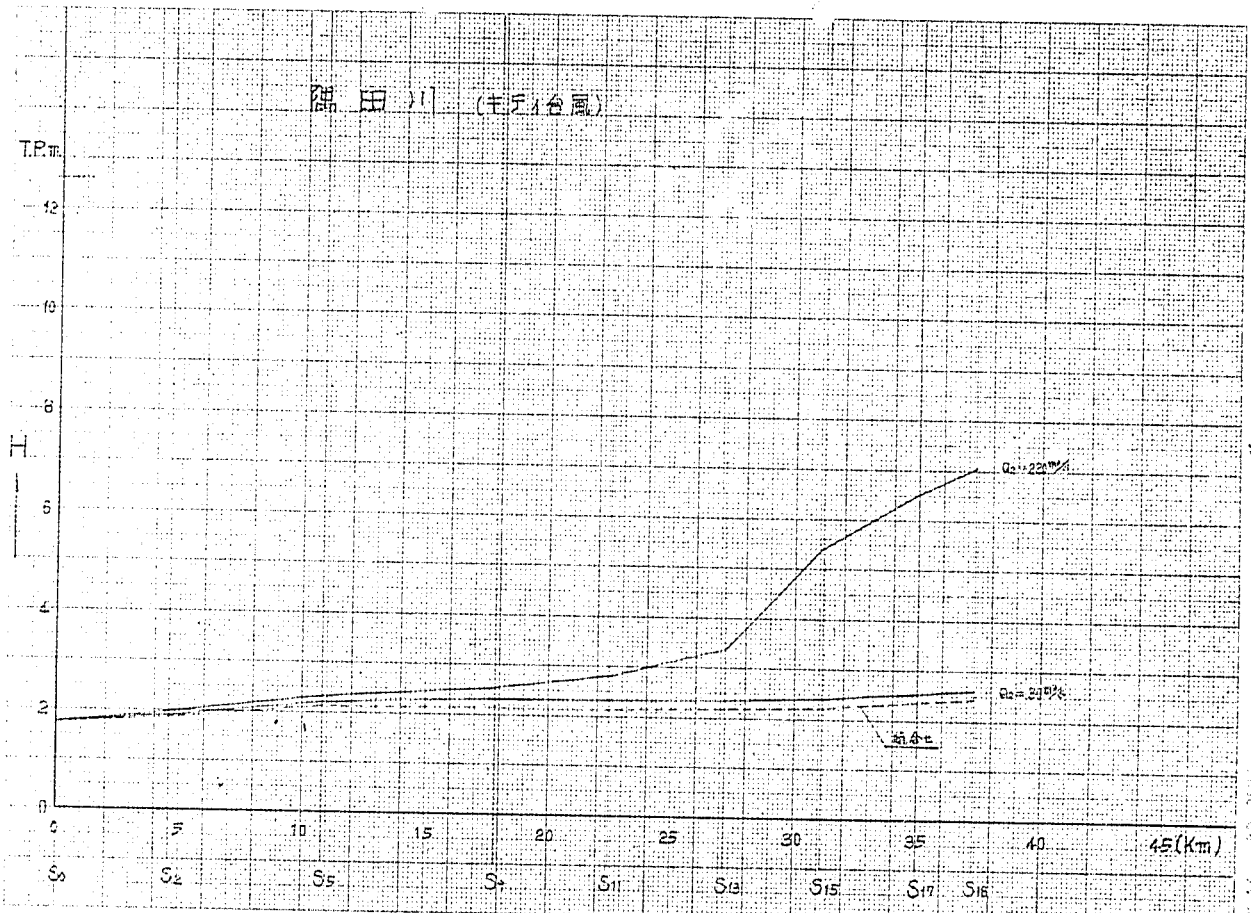

流 川 (大正6年台風)
T.P.m.
H
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45 (Km.)
A0
A3
A5
A7
A9
A11
A13
A15
A20
Q1=450m³/s
Q1=200m³/s
Q1=10m³/s
現況

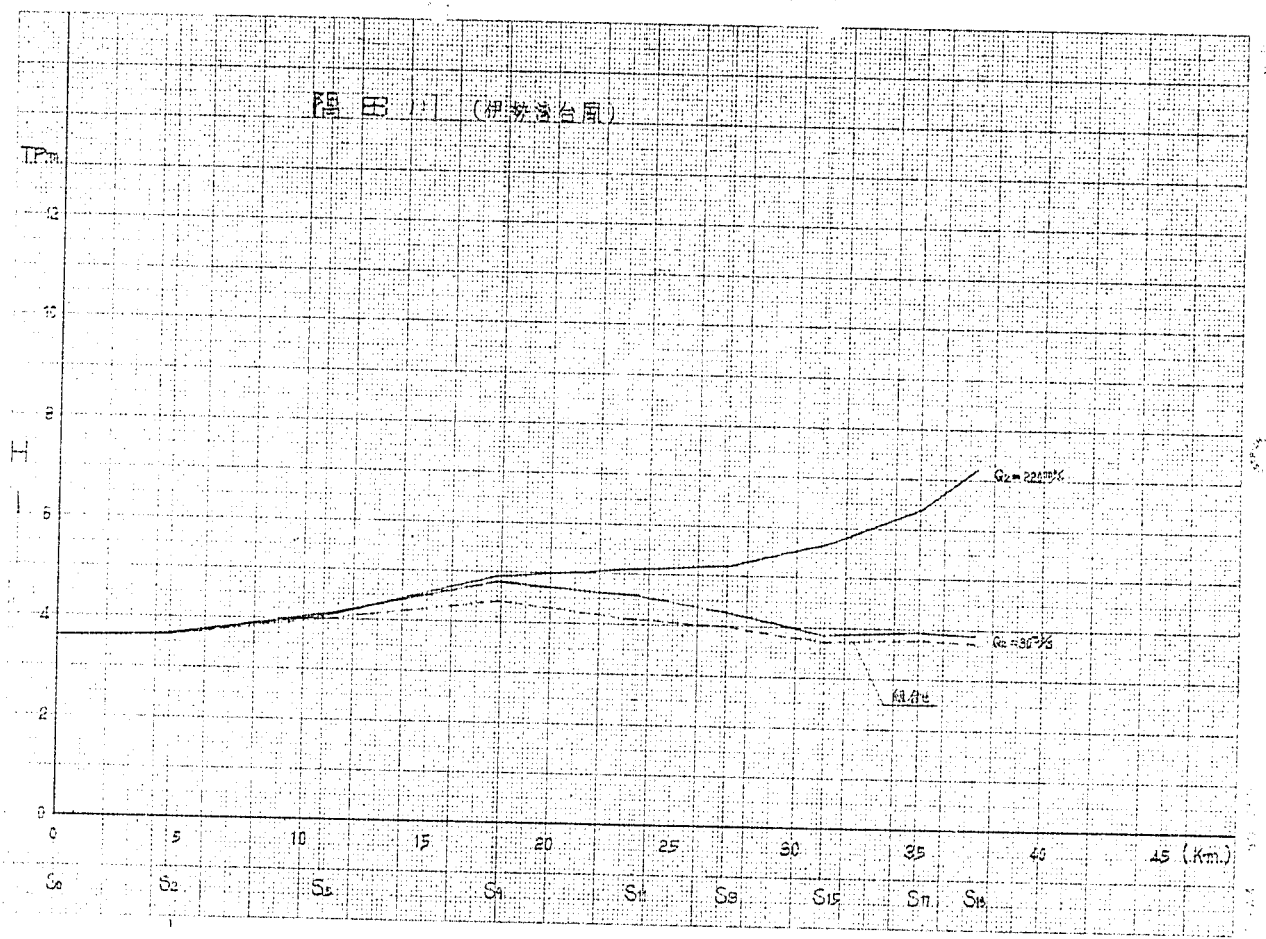

荒川 (ヤティ台風)
T.P.m
H
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45 (Km)
A0
A3
A5
A7
A9
A11
A13
A15
A20

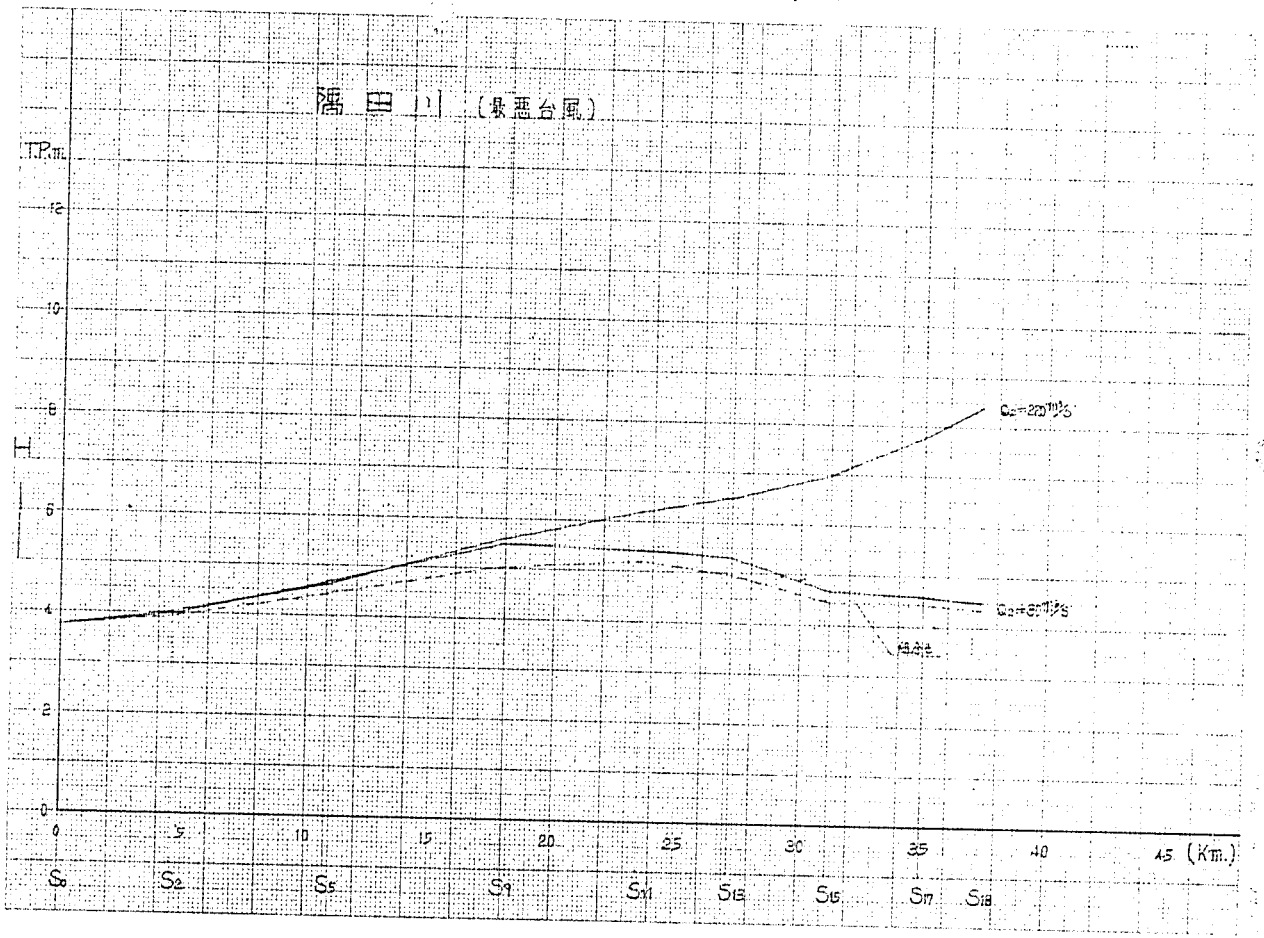

荒川（伊奈治谷堰）
T.P.m.
12
10
8
6
4
2
0
H
Q1=450㎥/s
Q1=200㎥/s
Q=101㎥/s
基点
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45 (Km.)
A0
A3
A5
A7
A9
A11
A13
A15
A20


(TP m)
H
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45 (km)
A1
A3
A5
A7
A9
A11
A13
A15
A17
Q1=450m³/s
Q1=400m³/s
Q1=200m³/s
Q1=100m³/s


隅田川 (大正6年台風)
TPm
12
10
8
6
4
2
0
H
Q=220m³/s
Q=20m³/s
引堤
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45 (Km)
S0
S2
S5
S9
S11
S13
S15
S17
S18


隅田川（モデル台風）
T.P.m.
H
12
10
8
6
4
2
0
Q_2=22[m³/s]
Q_2=2[m³/s]
初期水位
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45(Km)
S_0
S_2
S_5
S_7
S_{11}
S_{13}
S_{15}
S_{17}
S_{18}


T.P.m
12
10
8
6
4
2
0
H
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45 (Km)
S0
S2
S5
S9
S12
S13
S15
S17
S18


隅田川（最悪台風）
T.P.m
H
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
(Km.)
S0
S2
S5
S9
S11
S13
S16
S17
S18

荒川（大正6年台風）

Q_1	100 m³/s	100 m³/s（組合せ）	2000 m³/s	4500 m³/s
A_0	210 cm	217 cm	247 cm	250 cm
A_3	217	222	262	335
A_5	221	229	314	419
A_7	229	238	356	505
A_9	215	233	421	615
A_{11}	201	228	511	700
A_{13}	201	223	566	795
A_{15}	208	226	631	820
A_{20}	241	241	801	1,055

隅田川（大正6年台風）

Q_2	30 m³/s	30 m³/s（組合せ）	220 m³/s
S_0	205 cm	207 cm	203 cm
S_2	236	234	250
S_5	251	256	284
S_9	306	264	357
S_{11}	269	228	381
S_{13}	240	203	400
S_{15}	196	182	580
S_{17}	198	195	683
S_{18}	210	212	788

荒川（キティ台風）

Q_1	100 m³/s	100 m³/s（組合せ）	2000 m³/s	4500 m³/s
A_0	174 cm	174 cm	177 cm	188 cm
A_3	185	191	236	349
A_5	187	197	279	421
A_7	197	206	324	504
A_9	186	202	388	608
A_{11}	187	207	468	681
A_{13}	192	211	533	768
A_{15}	204	224	585	810
A_{20}	224	242	685	935

隅田川（キティ台風）

Q_2	30 m³/s	30 m³/s（組合せ）	220 m³/s
S_0	175 cm	175 cm	175 cm
S_2	192	187	198
S_5	222	216	233
S_9	232	216	253
S_{11}	232	213	280
S_{13}	234	218	337
S_{15}	241	223	542
S_{17}	253	237	652
S_{18}	261	244	705

荒川（伊勢湾台風）

Q_1	100㎥/s	100㎥/s（組合せ）	2000㎥/s	4500㎥/s
A_0	361	361	362	350
A_3	345	360	386	420
A_5	362	376	448	480
A_7	384	400	517	550
A_9	384	412	546	640
A_{11}	404	424	613	740
A_{13}	425	450	651	805
A_{15}	461	476	711	855
A_{20}	509	528	803	1,040

隅田川（伊勢湾台風）

Q_2	30㎥/s	30㎥/s（組合せ）	220㎥/s
S_0	361	363	361
S_2	372	368	367
S_5	410	403	406
S_9	480	441	490
S_{11}	457	411	510
S_{13}	427	400	521
S_{15}	386	372	564
S_{17}	393	377	639
S_{18}	388	374	720

荒川（最悪台風）

Q_1	100㎥/s	100㎥/s（組合せ）	2000㎥/s	4000㎥/s	4500㎥/s
A_0	360	360	365	370	380
A_3	360	360	400	430	440
A_5	390	400	450	520	535
A_7	410	425	500	585	590
A_9	415	445	590	680	685
A_{11}	470	485	660	785	790
A_{13}	500	520	750	875	895
A_{15}	515	540	770	915	930
A_{20}	670	670	960	1,140	1,160

隅田川（最悪台風）

Q_2	30㎥/s	30㎥/s（組合せ）	220㎥/s
S_0	372	373	374
S_2	398	393	403
S_5	467	443	462
S_9	550	502	560
S_{11}	542	518	618
S_{13}	531	494	649
S_{15}	468	443	700
S_{17}	460	443	777
S_{18}	451	433	839

大正三年台風time
河口湖
m/s
Time

NO. 4010
JES-A4 160×250 ㎜

十五合成河堤上河口潮位
NO. 4010
T.P.2
0
-1
-2
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
1
2
JES A-4 150×250

JIS A4 180×250 mm
BRAND SELECT
NO. 4010

伊勢湾台風名古屋上潮位偏差

JES A 4 180×250 ㎜

上皮川 完
吸収曲線及び蛍光曲線
伊勢
λmax 345
355
395
電流
2 Zeit/h

東京湾口航路上潮位
東京湾口航路上流速
T.P.
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
m/min

NO. 401C
BRAND
ESA4 180×250