

ISSN 0386—5878

土研資料第1939号

土 木 研 究 所 資 料

河川における不定流計算法(Ⅲ)

— 複断面を考慮した陰型式差分法 —

昭和 58 年 3 月

建設省土木研究所
河 川 研 究 室

Copyright © 1982 fiscal year by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor transland into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。
したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

は じ め に

土木研究所では、関東地方建設局の依頼により、昭和53年度より利根川不定流計算法の検討を行っている。従来の不定流プログラムは陽型式であったが、計算精度の向上をはかるために陰型式プログラムを改良することとした。その基本プログラムは昭和54年に作成されている。(土研資料1569号, 1980年) また分合流部の接続法等を考慮した拡張計算法が昭和56年に検討されている。(土研資料1762号, 1982年) 昭和57年度は複断面河道の特性を考慮した基礎方程式の改良と基本プログラムの改良を行った。

本報告書は、このプログラムの内容と計算例を解説して考察を加えたものである。なお、計算および計算結果の作図は、それぞれ建設省土木研究所のHITAC(M-180)型電子計算機およびTSSグラフィックディスプレイを使用した。また、プログラム言語はFORTRAN 77を用いた。

昭和58年3月

建設省	土木研究所
河川研究室	須賀 堯三
	石川 忠晴
	加賀谷 均

目 次

は じ め に

第1章 概 要	1
第1節 陰型式差分法の特徴	1
第2節 河川研究室における陰型式不定流計算プログラムの検討	1
第3節 本年度検討の概要	2
第2章 陰型式差分法の定式化	3
第1節 単断面不定流計算の定式化	3
1.1 基礎方程式	3
1.2 基礎方程式の差分化	3
1.3 初期条件	5
第2節 複断面不定流計算の定式化	6
2.1 基礎方程式	6
2.2 複断面河道の流量分担	6
2.3 基礎方程式の差分化	7
2.4 連立一次方程式の解法	12
2.5 初期条件	13
第3章 不定流計算プログラムの解説	14
第1節 計算フロー	14
第2節 プログラムの紹介	15
第4章 モデル河川による検討	21
第1節 概 要	21
第2節 モデル河川 (Case 1)	21
第3節 モデル河川 (Case 2)	33
第4節 モデル河川 (Case 3)	44
第5節 モデル河川 (Case 4)	56
第6節 まとめ	71
第5章 利根川河道における複断面不定流計算適用例	72
第1節 概 要	72
第2節 昭和47年9月洪水について	72
第3節 昭和57年9月洪水について	94
第4節 まとめ	114
お わ り に	114

第1章 概 要

第1節 陰型式差分法の特徴

河川不定流の基礎方程式は、距離 x と時間 t を独立変数とし流量 Q と水位 H を従属変数とする1階の非線形偏微分方程式である。また境界条件は一般に流量 Q と水位 H を含む代数関係式として与えられる。これをそのまま差分表示すると、或る時間の状態を既知として、次の時間ステップの流量と水位の分布を未知数とする代数方程式系を得る。陰型式差分法とはこの代数方程式系をそのまま解こうとするもので、不定流数値計算法のうち最も単純で機械的な方法である。

陰型式差分法の最大の欠点は計算量が膨大なことである。すなわち、計算区間内断面数を N とすると、 $2N$ 個の未知数を同時に（すなわち $2N$ の元のマトリックスを）解かねばならない。加えて原方程式が非線形であるために収束計算を行わねばならない。ひと昔前にはこれは非常に困難な作業であったので、その他の方法、例えばマスキンガム法等の簡易法、陽型式蛙飛び計算法、特性曲線法などが考案され実用に供されてきた。

しかし近年のエレクトロニクスの進歩により、計算機容量の増大と演算の高速化がもたらされ、陰型式差分法の実用化が可能となってきた。計算量が膨大になるという点を除けば陰型式差分法が他の計算法に劣る点は何も無いと言える。例えば陽型式差分法に表われるような差分（ Δx 、 Δt ）に関する計算安定化のための制約条件は必要とされない。また特性曲線法で必要とされる格子点の値の補完もいらない。さらに大きな特長として、陰型式差分法では相当複雑な境界条件でも機械的に扱うことができるのである。このような特長が生じる理由は、他の計算法が計算量を減らすための工夫や近似を行っているものに対して、陰型式差分法では原方程式をほとんどそのまま解くからである。すなわち、simpleなものほどtoughと言えよう。

第2節 河川研究室における陰型式不定流計算プログラムの検討

昭和53、54年度には、不定流計算の基本プログラムが水理公式集等の文献を参考にして作成されている。

この段階では、基礎計算式の誘導とチェックおよび水理公式集の諸式の近似性の検討と若干の修正を行っている。また利根川の布川（76.5 km）より河口に到る区間で昭和47年洪水の再現計算を行い適用性を調べている。さらに時空間メッシュの取り方による計算結果の変化や所要計算時間など基礎的事項が検討されている。本検討の結果は、土研資料1569号（1980年）に取りまとめられている。

昭和56年度には、分合流部での計算接続方法が検討された。利根川中・下流には、小貝川、鬼怒川、江戸川のような大支派川があるため、計算区間を栗橋（130 km）まで拡張するためには、これらの部分を含めた計算が必要とされるからである。この段階でも基本的には水理公式集等に紹介されている方法を用いている。栗橋より河口の区間において、昭和47年9月洪水の再現計算が行われているが、江戸川への分派量が実際よりかなり過大となり、以降の流量関係がすべて狂ってしまったために十分な一致は得られ

なかった。このように分合流のうち特に分流については慎重な取り扱いが必要とされる。たまたま、昭和56年、57年に大規模な出水が続き、比較的大流量における江戸川の流れ特性が把握可能になった。また土木研究所で実施されている江戸川流頭部水理模型実験で、昭和58年度前半に現形状実験が行われる予定である。そこでこれらの整理結果を待って分流計算プログラムを作成する方が良いと判断され、この検討は一休みすることとなった。なお、本検討の概要は土研資料1762号（1982年）にまとめられている。

また以上の検討は、葛西技官（現岩手工事事務所洪水予報課）が中心となって進めた。

一方これとは別に、瀬田川における陰型式差分計算プログラムが昭和56年度に開発された。本プログラムの主目的は、瀬田川洗堰操作にともなう遡上波の予測にあり、通常の不定流と現象的に趣きを若干異にするが、基本的に変わることは無い。本プログラムの差分化と解法は、従来の陰型式プログラムとかなり異なっている。特に異なるのは次の3点である。①境界条件式が任意の形で組み込めること。②非線形項の収束計算を行うこと。③区間差分式が陽な形でプログラム化されていることである。琵琶湖から瀬田川洗堰に到る区間での再現計算は、かなり良好な結果を示している。なお、本検討結果は土研資料1759号（1982年）にまとめられている。

第3節 本年度検討の概要

利根川下流部は複断面河道であり、低水路と高水敷の粗度特性が異なり、かなりの流速差が見られる。

このことによって、洪水伝播形態が単断面河道と異なるものと考えられる。一方従来の陰型式差分不定流プログラムは、単断面河道の運動方程式を解くものであり、限界があるように思われる。実際、区間別の粗度値の決定などに物理的考察の入る余地が無いので、将来の河道状況の変化に対応することができない。そこで、本年度は、複断面河道の特性を考慮して計算法の修正を行うこととした。

複断面河道においては、低水路、高水敷各々について運動方程式と連続式を立てなければならない。その結果、水理公式集に紹介されているような従来の変数消去法では、非常に複雑な予備計算を行わねばならなくなる。したがって、瀬田川で実施された“原差分式を陽な形”でプログラム化する方法が有利である。（これは陽型式差分という意味ではない。原差分式自体は陰型式である。）そこで、瀬田川方式に従って複断面特性を組み入れることにした。ただし、瀬田川と利根川における運動方程式各項の重みと収束性の違いから、原差分式の線形化を若干変えている。

第2章 陰型式差分法の定式化

単断面河道とした場合の不定流計算と複断面河道特性を考慮した場合の不定流計算を比較する目的で、全く同じ形式で両者の差分式を作成した。

第1節 単断面不定流計算の定式化

1.1 基礎方程式

。運動の式

$$A \frac{\partial Q}{\partial t} - 2Q \frac{\partial A}{\partial t} - \frac{Q^2}{A} \frac{\partial A}{\partial x} + gA^2 \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{gn^2|Q|Q}{R^{4/3}} = 0 \quad (1)$$

。連続の式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

1.2 基礎方程式の差分化

(1)および(2)式を差分化するわけだが、非線形項が含まれているため厳密解は得られない。したがって逐次近似により解を求めることになる。

。運動の式

第1項

$$A \frac{\partial Q}{\partial t} \rightarrow \frac{Aa}{2\Delta t} (\Delta Q_1 + \Delta Q_2)$$

ここに、添字1はある区間の下流側の断面に関する値、添字2は上流側の断面に関する値、 ΔQ は Δt の間の変化量である。

$$Aa = \frac{2(A_1 + A_2) + \Delta A_1 + \Delta A_2}{4}$$

ΔA は Δt の間の変化量である。

第2項

$$-2Q \frac{\partial A}{\partial t} \rightarrow -\frac{Qq}{\Delta t} (\Delta A_1 + \Delta A_2) = -\frac{Qq}{\Delta t} (A_{c1} \Delta H_1 + A_{c2} \Delta H_2)$$

ここに、 ΔH は Δt の間の変化量である。

$$Qq = \frac{2(Q_1 + Q_2) + \Delta Q_1 + \Delta Q_2}{4}$$

$$Ac_1 = \frac{\Delta A_1}{\Delta H_1}, \quad Ac_2 = \frac{\Delta A_2}{\Delta H_2}$$

ただし、逐次近似を行う初回だけ

$$Ac_1 = \frac{A_1}{H_1}, \quad Ac_2 = \frac{A_2}{H_2}$$

第3項

$$\begin{aligned} -\frac{Q^2}{A} \frac{\partial A}{\partial x} &\rightarrow -\frac{Q^2 q}{Aa} \frac{(A_1 - A_2) + 1/2(\Delta A_1 - \Delta A_2)}{\Delta x} \\ &= -\frac{Q^2 q}{Aa} \frac{A_1 - A_2}{\Delta x} - \frac{Q^2 q}{2Aa \Delta x} (Ac_1 \Delta H_1 - Ac_2 \Delta H_2) \end{aligned}$$

第4項

$$gA^2 \frac{\partial H}{\partial x} \rightarrow gA^2 a \frac{2(H_1 - H_2) + (\Delta H_1 - \Delta H_2)}{2\Delta x}$$

第5項

$$\begin{aligned} \frac{gn^2 |Q| Q}{R^{4/3}} &\rightarrow \frac{gn^2}{4Rr^{4/3}} |Q_1 + Q_2| (Q_1 + Q_2 + \Delta Q_1 + \Delta Q_2) \\ &= \frac{gn^2}{4Rr^{4/3}} |Q_1 + Q_2| (Q_1 + Q_2) + \frac{gn^2}{4Rr^{4/3}} |Q_1 + Q_2| (\Delta Q_1 + \Delta Q_2) \end{aligned}$$

$$\text{ここに, } Rr = \frac{2(R_1 + R_2) + \Delta R_1 + \Delta R_2}{4}$$

ΔR は Δt の間の変化量である。

これを整理すると

$$\begin{aligned} &\left[\frac{Cv}{2} Aa + \frac{gn^2}{4Rr^{4/3}} |Q_1 + Q_2| \Delta x \right] \Delta Q + \left[\frac{Cv}{2} Aa + \frac{gn^2}{4Rr^{4/3}} |Q_1 + Q_2| \Delta x \right] \Delta Q_2 \\ &+ \left[-CvQqAc_1 + \frac{gAa^2}{2} - \frac{Qq^2}{2Aa} Ac_1 \right] \Delta H_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left[-CvQqAc_2 - \frac{gAa^2}{2} + \frac{Qq^2}{2Aa} Ac_2 \right] \Delta H_2 \\
& = \left[\frac{Qq^2}{Aa} (A_1 - A_2) - gAa^2(H_1 - H_2) - \frac{gn^2}{4Rr^{4/3}} |Q_1 + Q_2| (Q_1 + Q_2) \Delta x \right] \quad (3)
\end{aligned}$$

ここに $Cv = \Delta x / \Delta t$ である。

。連続の式

第1項

$$\frac{\partial A}{\partial t} \rightarrow \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2}{2\Delta t} = \frac{1}{2\Delta t} (Ac_1 \Delta H_1 + Ac_2 \Delta H_2)$$

第2項

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \rightarrow \frac{2(Q_1 - Q_2) + (\Delta Q_1 - \Delta Q_2)}{2\Delta x}$$

これを整理すると

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 + [CvAc_1] \Delta H_1 + [CvAc_2] \Delta H_2 = -2[Q_1 - Q_2] \quad (4)$$

(3), (4) 式の他に下流端および上流端の境界条件式を入れ、連立一次方程式を解けば解を得る。なお、 Aa , Qq , Rr , Ac_1 , Ac_2 は未知数を含んでいるので最初 ΔH , ΔQ を 0 と仮定し不定流計算を行い、得られた解を用いて逐次近似を行うことになる。

1.3. 初期条件

初期条件を不等流計算で与えるが、通常の不等流計算で初期条件を与えると不定流計算開始直後に乱れを生じる。そこで、ここでは不定流計算式から導かれる不等流計算式を用いる。すなわち(1)式で ∂t の項を 0 とおけばよい。

$$-\frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}} = 0$$

これを差分化すると

$$-\frac{Q^2}{gAa^3} (A_1 - A_2) + (H_1 - H_2) + \frac{n^2 Q^2 \Delta x}{Aa^2 Rr^{4/3}} = 0$$

ここに、 $Aa = (A_1 + A_2)/2$, $Rr = (R_1 + R_2)/2$

$$H_2 = H_1 - \frac{Q^2}{gAa^3} (A_1 - A_2) + \frac{n^2 Q^2 \Delta x}{Aa^2 Rr^{4/3}} \quad (5)$$

第2節 複断面不定流計算の定式化

2.1 基礎方程式

○運動の式

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial A}{\partial t} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}} = 0$$

低水路と高水敷で流速が異なるとすると、Total の運動量収支が釣り合うから全断面で積分して

$$\int_A \left(\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial A}{\partial t} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}} \right) = 0$$

$$\int_{\hat{A}} \left(\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial A}{\partial t} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}} \right)$$

$$+ \int_{\bar{A}} \left(\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial A}{\partial t} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}} \right) = 0$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial \bar{Q}}{\partial t} - \frac{2\bar{Q}}{g\bar{A}} \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} - \frac{\bar{Q}^2}{g\bar{A}^2} \frac{\partial \bar{A}}{\partial x} + \bar{A} \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\bar{n}^2 |\bar{Q}| \bar{Q}}{\bar{A} \bar{R}^{4/3}}$$

$$+ \frac{1}{g} \frac{\partial \hat{Q}}{\partial t} - \frac{2\hat{Q}}{g\hat{A}} \frac{\partial \hat{A}}{\partial t} - \frac{\hat{Q}^2}{g\hat{A}^2} \frac{\partial \hat{A}}{\partial x} + \hat{A} \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\hat{n}^2 |\hat{Q}| \hat{Q}}{\hat{A} \hat{R}^{4/3}} = 0$$

$$\therefore \frac{1}{g} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2\bar{Q}}{g\bar{A}} \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} - \frac{2\hat{Q}}{g\hat{A}} \frac{\partial \hat{A}}{\partial t} - \frac{\bar{Q}^2}{g\bar{A}^2} \frac{\partial \bar{A}}{\partial x} - \frac{\hat{Q}^2}{g\hat{A}^2} \frac{\partial \hat{A}}{\partial x} + A \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\bar{n}^2 |\bar{Q}| \bar{Q}}{\bar{A} \bar{R}^{4/3}} + \frac{\hat{n}^2 |\hat{Q}| \hat{Q}}{\hat{A} \hat{R}^{4/3}} = 0 \quad (1)$$

ここに、“ $\bar{}$ ”は低水路に関する値，“ $\hat{}$ ”は高水敷に関する値，無印は共通または合計の値である。

○連続の式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\therefore \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} + \frac{\partial \hat{A}}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

2.2 複断面河道の流量分担

上式を解くにはさらに低水路流と高水敷流の相互作用を定式化しなければならない。（断面合成された(1)式および(2)式を使う見返りである。）しかし相互作用については現在のところ明確にされておらず、また仮にわかったとしても高次の非線形関係と予測されるので容易には解けないであろう。一方利根川下流の洪水継続時間は極めて長く、したがって(1)式の中の定流要素（左辺の6～8項）の比率が高い。

そこで定流における断面分割法から得られる低水路と高水敷の流量比率を仮定して連立するという方法をとる。

定流では

$$\bar{Q} \doteq \frac{1}{n} \bar{h}^{5/3} \bar{B} I e^{1/2} \quad \left(\bar{h} = \frac{\bar{A}}{\bar{B}} \right)$$

$$\hat{Q} \doteq \frac{1}{\hat{n}} \hat{h}^{5/3} \hat{B} I e^{1/2} \quad \left(\hat{h} = \frac{\hat{A}}{\hat{B}} \right)$$

それぞれの流量比率は

$$\bar{\alpha} = \frac{\bar{Q}}{\bar{Q} + \hat{Q}} = \frac{\frac{1}{n} \bar{h}^{5/3} \bar{B}}{\frac{1}{n} \bar{h}^{5/3} \bar{B} + \frac{1}{\hat{n}} \hat{h}^{5/3} \hat{B}}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{Q}}{\bar{Q} + \hat{Q}} = \frac{\frac{1}{\hat{n}} \hat{h}^{5/3} \hat{B}}{\frac{1}{n} \bar{h}^{5/3} \bar{B} + \frac{1}{\hat{n}} \hat{h}^{5/3} \hat{B}}$$

なお、ここでは側壁の影響は考慮されていない。

2.3 基礎方程式の差分化

・運動の式

第1項

$$\frac{1}{g} \frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\Delta Q_1 + \Delta Q_2}{2g \Delta t}$$

第2項

$$\begin{aligned} & -\frac{2\bar{Q}}{g\bar{A}} \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} - \frac{2\hat{Q}}{g\hat{A}} \frac{\partial \hat{A}}{\partial t} \\ & = -\frac{2\bar{Q}q}{g\bar{A}a} \frac{\Delta \bar{A}_1 + \Delta \bar{A}_2}{2\Delta t} - \frac{2\hat{Q}q}{g\hat{A}a} \frac{\Delta \hat{A}_1 + \Delta \hat{A}_2}{2\Delta t} \\ & = -\frac{\bar{Q}q}{g\bar{A}a\Delta t} (\bar{A}c_1 \Delta H_1 + \bar{A}c_2 \Delta H_2) - \frac{\hat{Q}q}{g\hat{A}a\Delta t} (\hat{A}c_1 \Delta H_1 + \hat{A}c_2 \Delta H_2) \\ & = -\frac{1}{g\Delta t} \left(\frac{\bar{Q}q\bar{A}c_1}{\bar{A}a} + \frac{\hat{Q}q\hat{A}c_1}{\hat{A}a} \right) \Delta H_1 - \frac{1}{g\Delta t} \left(\frac{\bar{Q}q\bar{A}c_2}{\bar{A}a} + \frac{\hat{Q}q\hat{A}c_2}{\hat{A}a} \right) \Delta H_2 \end{aligned}$$

$$\text{ここに, } \bar{Q}_q = \frac{1}{4} \{ \bar{\alpha}_1 Q_1 + \bar{\alpha}_2 Q_2 + \bar{\alpha}_1^d (Q_1 + \Delta Q_1) + \bar{\alpha}_2^d (Q_2 + \Delta Q_2) \}$$

$$\bar{\alpha}^d = \frac{\bar{Q} + \Delta \bar{Q}}{(\bar{Q} + \Delta \bar{Q}) + (\hat{Q} + \Delta \hat{Q})}$$

$$\hat{Q}_q = \frac{1}{4} \{ \hat{\alpha}_1 Q_1 + \hat{\alpha}_2 Q_2 + \hat{\alpha}_1^d (Q_1 + \Delta Q_1) + \hat{\alpha}_2^d (Q_2 + \Delta Q_2) \}$$

$$\hat{\alpha}^d = \frac{Q + \Delta Q}{(\bar{Q} + \Delta \bar{Q}) + (\hat{Q} + \Delta \hat{Q})}$$

$$\bar{A}_a = \frac{1}{4} \{ \bar{A}_1 + \bar{A}_2 + (\bar{A}_1 + \Delta \bar{A}_1) + (\bar{A}_2 + \Delta \bar{A}_2) \}$$

$$\hat{A}_a = \frac{1}{4} \{ \hat{A}_1 + \hat{A}_2 + (\hat{A}_1 + \Delta \hat{A}_1) + (\hat{A}_2 + \Delta \hat{A}_2) \}$$

$$\bar{A}_{c1} = \frac{\Delta \bar{A}_1}{\Delta H_1}, \quad \hat{A}_{c1} = \frac{\Delta \hat{A}_1}{\Delta H_1}, \quad \bar{A}_{c2} = \frac{\Delta \bar{A}_2}{\Delta H_2}, \quad \hat{A}_{c2} = \frac{\Delta \hat{A}_2}{\Delta H_2}$$

ただし逐次近似を行う初回だけ

$$\bar{A}_{c1} = \frac{\bar{A}_1}{H_1}, \quad \hat{A}_{c1} = \frac{\hat{A}_1}{H_1}, \quad \bar{A}_{c2} = \frac{\bar{A}_2}{H_2}, \quad \hat{A}_{c2} = \frac{\hat{A}_2}{H_2}$$

第3項

$$\begin{aligned} & - \frac{\bar{Q}^2}{g \bar{A}^2} \frac{\partial \bar{A}}{\partial x} - \frac{\hat{Q}^2}{g \hat{A}^2} \frac{\partial \hat{A}}{\partial x} \\ &= - \frac{\bar{Q} \bar{q}}{g \bar{A} \hat{a}} \frac{\bar{A}_1 - \bar{A}_2 + \{ (\bar{A}_1 + \Delta \bar{A}_1) - (\bar{A}_2 + \Delta \bar{A}_2) \}}{2 \Delta x} \\ & \quad - \frac{\hat{Q} \hat{q}}{g \hat{A} \hat{a}} \frac{\hat{A}_1 - \hat{A}_2 + \{ (\hat{A}_1 + \Delta \hat{A}_1) - (\hat{A}_2 + \Delta \hat{A}_2) \}}{2 \Delta x} \\ &= - \frac{\bar{Q} \bar{q}}{g \bar{A} \hat{a}} \frac{\bar{A}_1 - \bar{A}_2}{\Delta x} - \frac{\bar{Q} \bar{q}}{2 g \bar{A} \hat{a}} \frac{\Delta \bar{A}_1 - \Delta \bar{A}_2}{\Delta x} \\ & \quad - \frac{\hat{Q} \hat{q}}{g \hat{A} \hat{a}} \frac{\hat{A}_1 - \hat{A}_2}{\Delta x} - \frac{\hat{Q} \hat{q}}{2 g \hat{A} \hat{a}} \frac{\Delta \hat{A}_1 - \Delta \hat{A}_2}{\Delta x} \\ &= - \frac{\bar{Q} \bar{q}}{g \bar{A} \hat{a}} \frac{\bar{A}_1 - \bar{A}_2}{\Delta x} - \frac{\bar{Q} \bar{q}}{2 g \bar{A} \hat{a} \Delta x} (\bar{A}_{c1} \Delta H_1 + \bar{A}_{c2} \Delta H_2) \end{aligned}$$

$$-\frac{\hat{Q}q^2}{g\hat{A}^2}\frac{\hat{A}_1-\hat{A}_2}{\Delta x}-\frac{Qq^2}{2g\hat{A}\hat{a}\Delta x}(\hat{A}c_1\Delta H_1-\hat{A}c_2\Delta H_2)$$

第4項

$$\begin{aligned} A\frac{\partial H}{\partial x} &= Aa\frac{2(H_1-H_2)+(\Delta H_1-\Delta H_2)}{2\Delta x} \\ &= \frac{Aa}{2\Delta x}\Delta H_1 - \frac{Aa}{2\Delta x}\Delta H_2 + \frac{Aa}{\Delta x}(H_1-H_2) \end{aligned}$$

$$\text{ここに, } Aa = \bar{A}a + \hat{A}a$$

第5項

$$\begin{aligned} &\frac{\bar{n}^2|\bar{Q}|\bar{Q}}{\bar{A}\bar{R}^{4/3}} + \frac{\hat{n}^2|\hat{Q}|\hat{Q}}{\hat{A}\hat{R}^{4/3}} \\ &= \frac{\bar{n}^2}{4\bar{A}a\bar{R}r^{4/3}}|\bar{Q}_1+\bar{Q}_2|(\bar{Q}_1+\bar{Q}_2) + \frac{\bar{n}^2}{4\bar{A}a\bar{R}r^{4/3}}|\bar{Q}_1+\bar{Q}_2|(\Delta\bar{Q}_1+\Delta\bar{Q}_2) \\ &+ \frac{\hat{n}^2}{4\hat{A}a\hat{R}r^{4/3}}|\hat{Q}_1+\hat{Q}_2|(\hat{Q}_1+\hat{Q}_2) + \frac{\hat{n}^2}{4\hat{A}a\hat{R}r^{4/3}}|\hat{Q}_1+\hat{Q}_2|(\Delta\hat{Q}_1+\Delta\hat{Q}_2) \end{aligned}$$

以上より運動の式を整理すると

$$\begin{aligned} &\left[\frac{Cv}{2g} + \frac{\bar{n}^2\Delta x}{4\bar{A}a\bar{R}r^{4/3}}|\bar{\alpha}_1Q_1+\bar{\alpha}_2Q_2|\bar{\alpha}_1^d + \frac{\hat{n}^2\Delta x}{4\hat{A}a\hat{R}r^{4/3}}|\hat{\alpha}_1Q_1+\hat{\alpha}_2Q_2|\hat{\alpha}_1^d \right] \Delta Q_1 \\ &+ \left[\frac{Cv}{2g} + \frac{\bar{n}^2\Delta x}{4\bar{A}a\bar{R}r^{4/3}}|\bar{\alpha}_1Q_1+\bar{\alpha}_2Q_2|\bar{\alpha}_2^d + \frac{\hat{n}^2\Delta x}{4\hat{A}a\hat{R}r^{4/3}}|\hat{\alpha}_1Q_1+\hat{\alpha}_2Q_2|\hat{\alpha}_2^d \right] \Delta Q_2 \\ &+ \left[-\frac{Cv}{g}\left(\frac{\bar{Q}q}{\bar{A}a} + \frac{\hat{Q}q}{\hat{A}a} \right) + \frac{Aa}{2} - \frac{\bar{Q}q^2}{2g\bar{A}a^2}\bar{A}c_1 - \frac{\hat{Q}q^2}{2g\hat{A}a^2}\hat{A}c_1 \right] \Delta H_1 \\ &+ \left[-\frac{Cv}{g}\left(\frac{\bar{Q}q}{\bar{A}a} + \frac{\hat{Q}q}{\hat{A}a} \right) - \frac{Aa}{2} + \frac{\bar{Q}q^2}{2g\bar{A}a^2}\bar{A}c_2 + \frac{\hat{Q}q^2}{2g\hat{A}a^2}\hat{A}c_2 \right] \Delta H_2 \\ &= \frac{\bar{Q}q^2}{g\bar{A}a^2}(\bar{A}_1-\bar{A}_2) + \frac{\hat{Q}q^2}{g\hat{A}a^2}(\hat{A}_1-\hat{A}_2) - Aa(H_1-H_2) \\ &\quad - \frac{\bar{n}^2\Delta x}{4\bar{A}a\bar{R}r^{4/3}}|\bar{\alpha}_1Q_1+\bar{\alpha}_2Q_2|(\bar{\alpha}_1^dQ_1+\bar{\alpha}_2^dQ_2) \\ &\quad - \frac{\hat{n}^2\Delta x}{4\hat{A}a\hat{R}r^{4/3}}|\hat{\alpha}_1Q_1+\hat{\alpha}_2Q_2|(\hat{\alpha}_1^dQ_1+\hat{\alpha}_2^dQ_2) \end{aligned} \tag{3}$$

・連続の式

第1項

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} + \frac{\partial \hat{A}}{\partial t} \\
 &= \frac{\Delta \bar{A}_1 + \Delta \bar{A}_2}{2 \Delta t} + \frac{\Delta \hat{A}_1 + \Delta \hat{A}_2}{2 \Delta t} \\
 &= \frac{\bar{A} c_1 \Delta H_1 + \bar{A} c_2 \Delta H_2}{2 \Delta t} + \frac{\hat{A} c_1 \Delta H_1 + \hat{A} c_2 \Delta H_2}{2 \Delta t} \\
 &= \frac{\bar{A} c_1 + \hat{A} c_1}{2 \Delta t} \Delta H_1 + \frac{\bar{A} c_2 + \hat{A} c_2}{2 \Delta t} \Delta H_2
 \end{aligned}$$

第2項

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{2(Q_1 - Q_2) + (\Delta Q_1 - \Delta Q_2)}{2 \Delta x}$$

これを整理すると

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 + C v (\bar{A} c_1 + \hat{A} c_1) \Delta H_1 + C v (\bar{A} c_2 + \hat{A} c_2) \Delta H_2 = -2(Q_1 - Q_2) \quad (4)$$

(3), (4)式の他に下流端および上流端の境界条件式を入れると次の連立一次方程式を得る。

$$\begin{array}{|c|} \hline C_{0,0} \ C_{0,1} \\ \hline C_{1,0} \ C_{1,1} \ C_{1,2} \ C_{1,3} \\ \hline C_{2,0} \ C_{2,1} \ C_{2,2} \ C_{2,3} \\ \hline \\ \hline C_{K-1,K-2} \ C_{K-1,K-1} \\ C_{K-1,K} \ C_{K-1,K+1} \\ C_{K,K-2} \ C_{K,K-1} \\ C_{K,K} \ C_{K,K+1} \\ (K=2 \sim) \\ \hline \\ \hline C_{2N-1,2N-2} \ C_{2N-1,2N-1} \ C_{2N-1,2N} \ C_{2N-1,2N+1} \\ C_{2N,2N-2} \ C_{2N,2N-1} \ C_{2N,2N} \ C_{2N,2N+1} \\ C_{2N+1,2N} \ C_{2N+1,2N+1} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \Delta Q_0 \\ \hline \Delta H_0 \\ \hline \\ \hline \Delta H_{1-1} \\ \hline \Delta Q_1 \\ \hline \Delta H_1 \\ \hline \\ \hline \Delta H_{N-1} \\ \hline \Delta Q_N \\ \hline \Delta H_N \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline B_0 \\ \hline B_1 \\ \hline \\ \hline B_{K-1} \\ \hline B_K \\ \hline B_{K+1} \\ \hline \\ \hline B_{2N-1} \\ \hline B_{2N} \\ \hline B_{2N+1} \\ \hline \end{array}$$

第0行および $2N+1$ 行には、それぞれ下流端の境界条件式および上流端の境界条件式が入る。

また $K=2I$ として、第 I 区間の運動の式を $K-1$ 行に、連続の式を K 行に入れてある。

各要素の内容は次のとおりである。

下流端の境界条件式を水位で与えるとすれば

$$C_{0,0} = 0$$

$$C_{0,1} = 1$$

$$B_0 = H_0(J) - H_0(J-1) \quad J \text{ は時間ステップ}$$

上流端の境界条件式を流量で与えるとすれば

$$C_{2N+1,2N} = 1$$

$$C_{2N+1,2N+1} = 0$$

$$B_{2N+1} = Q_N(J) - Q_N(J-1)$$

運動の式については

$$C_{K-1,K-2} = \frac{Cv}{2g} + \frac{\bar{n}^2 \Delta x}{4\bar{A}a \bar{R}r^{4/3}} |\bar{\alpha}_1 Q_1 + \bar{\alpha}_2 Q_2| \bar{\alpha}_1^d + \frac{\hat{n}^2 \Delta x}{4\hat{A}a \hat{R}r^{4/3}} |\hat{\alpha}_1 Q_1 + \hat{\alpha}_2 Q_2| \hat{\alpha}_1^d$$

$$C_{K-1,K-1} = -\frac{Cv}{g} \left(\frac{\bar{Q}q \bar{A}c_1}{\bar{A}a} + \frac{\hat{Q}q \hat{A}c_1}{\hat{A}a} \right) + \frac{Aa}{2} - \frac{\bar{Q}q^2}{2g \bar{A}a^2} \bar{A}c_1 - \frac{\hat{Q}q^2}{2g \hat{A}a^2} \hat{A}c_1$$

$$C_{K-1,K} = \frac{Cv}{2g} + \frac{\bar{n}^2 \Delta x}{4\bar{A}a \bar{R}r^{4/3}} |\bar{\alpha}_1 Q_1 + \bar{\alpha}_2 Q_2| \bar{\alpha}_2^d + \frac{\hat{n}^2 \Delta x}{4\hat{A}a \hat{R}r^{4/3}} |\hat{\alpha}_1 Q_1 + \hat{\alpha}_2 Q_2| \hat{\alpha}_2^d$$

$$C_{K-1,K+1} = -\frac{Cv}{g} \left(\frac{\bar{Q}q \bar{A}c_2}{\bar{A}a} + \frac{\hat{Q}q \hat{A}c_2}{\hat{A}a} \right) - \frac{Aa}{2} + \frac{\bar{Q}q^2}{2g \bar{A}a^2} \bar{A}c_2 + \frac{\hat{Q}q^2}{2g \hat{A}a^2} \hat{A}c_2$$

$$B_{K-1} = \frac{\bar{Q}q^2}{g \bar{A}a^2} (\bar{A}_1 - \bar{A}_2) + \frac{\hat{Q}q^2}{g \hat{A}a^2} (\hat{A}_1 - \hat{A}_2) - Aa(H_1 - H_2)$$

$$- \frac{\bar{n}^2 \Delta x}{4\bar{A}a \bar{R}r^{4/3}} |\bar{\alpha}_1 Q_1 + \bar{\alpha}_2 Q_2| (\bar{\alpha}_1^d Q_1 + \bar{\alpha}_2^d Q_2)$$

$$- \frac{\hat{n}^2 \Delta x}{4\hat{A}a \hat{R}r^{4/3}} |\hat{\alpha}_1 Q_1 + \hat{\alpha}_2 Q_2| (\hat{\alpha}_1^d Q_1 + \hat{\alpha}_2^d Q_2)$$

連続の式については

$$C_{K,K-2} = 1$$

$$C_{K,K-1} = Cv(\bar{A}c_1 + \hat{A}c_1)$$

$$C_{K,K} = -1$$

$$C_{K,K+1} = C v (\bar{A} c_2 + \hat{A} c_2)$$

$$B_K = -2(Q_1 - Q_2)$$

2.4 連立一次方程式の解法

変数を最終行から順次上に向かって消去していけばよい。その過程を具体的に記せば次のようである。

$$C_{1,0}X_0 + C_{1,1}X_1 + C_{1,2}X_2 + C_{1,3}X_3 = B_1 \quad (1)$$

$$C_{2,0}X_0 + C_{2,1}X_1 + C_{2,2}X_2 + C_{2,3}X_3 = B_2 \quad (2)$$

$$D_{3,0}X_2 + D_{3,1}X_3 = E_3 \quad (3)$$

$$(1) \times D_{3,0} - (3) \times C_{1,2}$$

$$C_{1,0}D_{3,0}X_0 + C_{1,1}D_{3,0}X_1 + (C_{1,3}D_{3,0} - C_{1,2}D_{3,1})X_3 = B_1D_{3,0} - E_3C_{1,2} \quad (4)$$

$$(2) \times D_{3,0} - (3) \times C_{2,2}$$

$$C_{2,0}D_{3,0}X_0 + C_{2,1}D_{3,0}X_1 + (C_{2,3}D_{3,0} - C_{2,2}D_{3,1})X_3 = B_2D_{3,0} - E_3C_{2,2} \quad (5)$$

$$(4) \times (C_{2,3}D_{3,0} - C_{2,2}D_{3,1}) - (5) \times (C_{1,3}D_{3,0} - C_{1,2}D_{3,1})$$

$$D_{1,0}X_0 + D_{1,1}X_1 = E_1 \quad (6)$$

ここで、

$$D_{1,0} = C_{1,0}D_{3,0}(C_{2,3}D_{3,0} - C_{2,2}D_{3,1}) - C_{2,0}D_{3,0}(C_{1,3}D_{3,0} - C_{1,2}D_{3,1})$$

$$D_{1,1} = C_{1,1}D_{3,0}(C_{2,3}D_{3,0} - C_{2,2}D_{3,1}) - C_{2,1}D_{3,0}(C_{1,3}D_{3,0} - C_{1,2}D_{3,1})$$

$$E_1 = (B_1D_{3,0} - E_3C_{1,2})(C_{2,3}D_{3,0} - C_{2,2}D_{3,1})$$

$$- (B_2D_{3,0} - E_3C_{2,2})(C_{1,3}D_{3,0} - C_{1,2}D_{3,1})$$

(6)式がさらに上位の式と組み合わせられる。したがって、この操作を重ねれば最終的に次の2元1次方程式を得る。

$$C_{0,0}X_0 + C_{0,1}X_1 = B_0 \quad (7)$$

$$D_{1,0}X_0 + D_{1,1}X_1 = E_1 \quad (8)$$

(7)式および(8)式から

$$X_0 = \frac{B_0D_{1,1} - E_1C_{0,1}}{C_{0,0}D_{1,1} - D_{1,0}C_{0,1}}$$

$$X_1 = \frac{B_0D_{1,0} - E_1C_{0,0}}{C_{0,1}D_{1,0} - D_{1,1}C_{0,0}}$$

(4)式より

$$X_3 = \frac{B_1 D_{3,0} - E_3 C_{1,2} - C_{1,0} D_{3,0} X_0 - C_{1,1} D_{3,0} X_1}{C_{1,3} D_{3,0} - C_{1,2} D_{3,1}}$$

(3)式より

$$X_2 = \frac{E_3 - D_{3,1} X_3}{D_{3,0}}$$

あとは順次下に戻ってくれば解が得られる。

2.5 初期条件

不等流計算で初期条件を与える。2.2の(1)式において時間変化の項を無視すると、

$$-\frac{Q^2}{g\bar{A}^2} \frac{\partial \bar{A}}{\partial x} - \frac{\hat{Q}^2}{g\hat{A}^2} \frac{\partial \hat{A}}{\partial x} + A \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\bar{n}^2 |\bar{Q}| \bar{Q}}{\bar{A} \bar{R}^{4/3}} + \frac{n^2 |Q| Q}{A R r^{4/3}} = 0$$

これを差分化すると、

$$-\frac{\bar{Q} q^2}{g \bar{A} a^2} \frac{\bar{A}_1 - \bar{A}_2}{\Delta x} - \frac{\hat{Q} q^2}{g \hat{A} a^2} \frac{\hat{A}_1 - \hat{A}_2}{\Delta x} + A a \frac{H_1 - H_2}{\Delta x} + \frac{\bar{n}^2 \bar{Q} q^2}{\bar{A} a \bar{R} r^{4/3}} + \frac{\hat{n}^2 \hat{Q} q^2}{\hat{A} a \hat{R} r^{4/3}} = 0$$

したがって、

$$H_2 - H_1 = -\frac{\bar{Q} q^2}{g \bar{A} a^2 A a} (\bar{A}_1 - \bar{A}_2) + \frac{\bar{n}^2 \bar{Q} q^2 \Delta x}{\bar{A} a \bar{R} r^{4/3}} - \frac{\hat{Q} q^2}{g \hat{A} a^2 A a} (\hat{A}_1 - \hat{A}_2) + \frac{\hat{n}^2 \hat{Q} q^2 \Delta x}{\hat{A} a \hat{R} r^{4/3}}$$

ここに、

$$\bar{Q} q = \frac{\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2}{2} = \frac{\bar{a}_1 Q + \bar{a}_2 Q}{2}$$

$$\hat{Q} q = \frac{\hat{Q}_1 + \hat{Q}_2}{2} = \frac{\hat{a}_1 Q + \hat{a}_2 Q}{2}$$

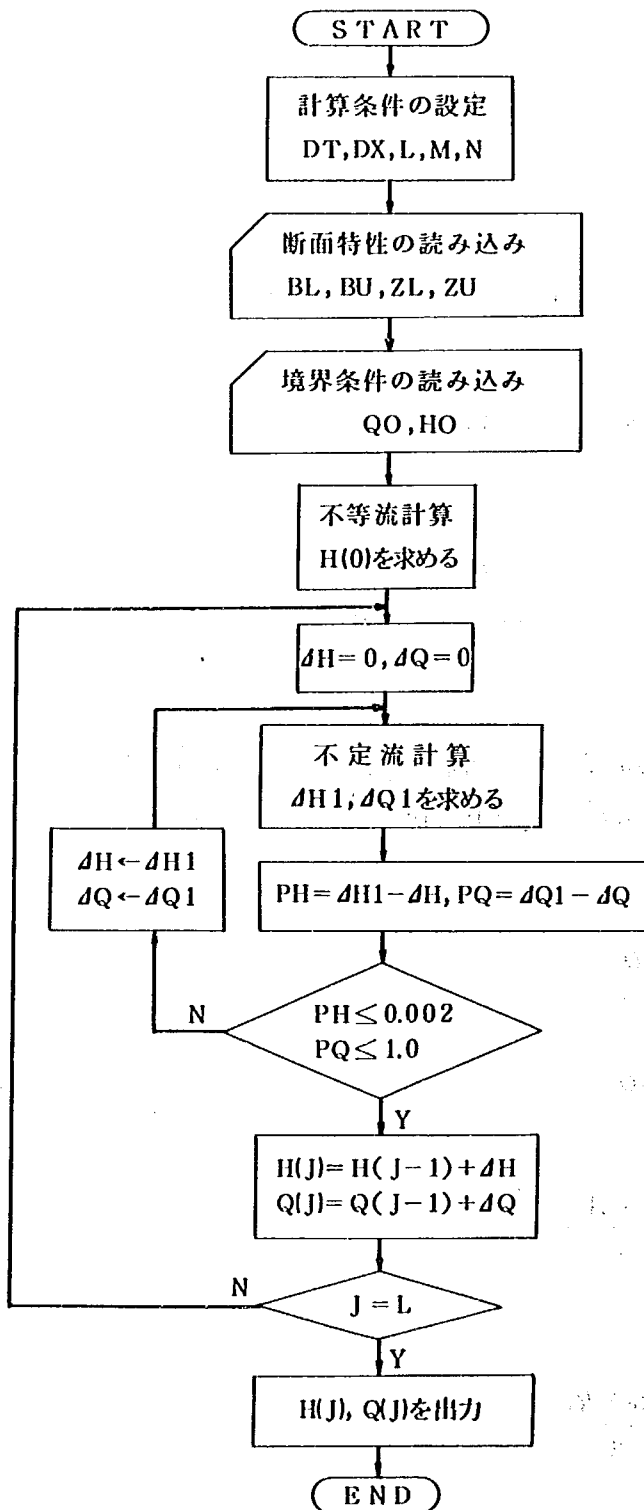
$$\bar{A} a = \frac{\bar{A}_1 + \bar{A}_2}{2}, \quad \hat{A} a = \frac{\hat{A}_1 + \hat{A}_2}{2}$$

$$A a = \bar{A} a + \hat{A} a$$

$$\bar{R} r = \frac{\bar{R}_1 + \bar{R}_2}{2}, \quad \hat{R} r = \frac{\hat{R}_1 + \hat{R}_2}{2}$$

第3章 不定流計算プログラムの解説

第1節 計算フロー



DT : Δt (時間ステップ, 単位は秒)

DX : Δx (各断面の間隔, 単位 m)

L : 時間ステップ数 ($J=0, L$)

M : 断面数 ($I=0, M$)

N : 粗度係数

BL : 低水路の幅

BU : 高水敷の幅

ZL : 低水路の河床高

ZU : 高水敷の河床高

$Q0$: 上流端流量

$H0$: 下流端水位

$H(0)$: $J=0$ のときの水位

ΔH : Δt 時間後の水位の変化量 (仮定)

ΔQ : Δt 時間後の流量の変化量 (仮定)

$\Delta H1$: 計算による Δt 時間後の水位変化量

$\Delta Q1$: 計算による Δt 時間後の流量変化量

PH : 仮定と計算による水位変化量の差

PQ : 仮定と計算による流量変化量の差

第2節 プログラムの紹介

2.1 複断面不定流計算プログラム

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
1	00001	REAL Q(0:1,0:151),H(0:1,0:151),BL(0:151),BU(0:151),ZL(0:151),ZU(0:151),AL(0:1,0:151),AU(0:1,0:151),RL(0:1,0:151),RU(0:1,0:151),Q0(0:151),H0(0:42),DH(0:151),DQ(0:151),C(0:303,0:13),B(0:303),D(1:152,0:151),E(152),DH1(0:151),DQ1(0:151),DDQ(0:151),DDH(0:151),ALL(0:1,0:151),ALU(0:1,0:151),NL,NU,NL1,NL2
2		DX=500.
3		DT=3600.
4		NL1=0.012
5		NL2=0.025
6	00002	NU=0.05
7	00003	I1=101
8	00004	CV=DX/DT
9	00005	G=9.8
10	00006	M=151
11	00007	L=42
12	00008	READ(5,100) (BL(I),BU(I),ZL(I),ZU(I),I=0,M)
13	00009	100 FORMAT(4F8,2)
14	00010	READ(5,110) (Q0(J),H0(J),J=0,L)
15	00011	110 FORMAT(2F8,2)
16	00012	DO 10 I=0,M
17	00013	10 Q(0,I)=Q0(I)
18	00014	NL=NL1
19	00015	H(0,0)=H0(0)
20	00016	AL(0,0)=BL(0)*(H(0,0)-ZL(0))
21	00017	IF(H(0,0).LT.ZU(0)) THEN
22	00018	AU(0,0)=0
23	00019	ELSE
24	00020	AU(0,0)=BU(0)*(H(0,0)-ZU(0))
25	00021	END IF
26	00022	RL(0,0)=AL(0,0)/BL(0)
27	00023	RU(0,0)=AU(0,0)/BU(0)
28	00024	IF(H(0,0).LT.ZU(0)) GO TO 20
29	00025	X1=(H(0,0)-ZL(0))*((5./3.)*BL(0)/NL
30	00026	X2=(H(0,0)-ZU(0))*((5./3.)*BU(0)/NU
31	00027	ALL(0,0)=X1/(X1+X2)
32	00028	ALU(0,0)=X2/(X1+X2)
33	00029	GO TO 30
34	00030	20 ALL(0,0)=1.
35	00031	ALU(0,0)=0
36	00032	30 DO 40 I=1,M
37	00033	IF(I.GE.I1) NL=NL2
38	00034	H(0,I)=H(0,I-1)+ZL(I)-ZL(I-1)
39	00035	80 AL(0,I)=BL(I)*(H(0,I)-ZL(I))
40	00036	IF(H(0,I).LT.ZU(I)) THEN
41	00037	AU(0,I)=0
42	00038	ELSE
43	00039	AU(0,I)=BU(I)*(H(0,I)-ZU(I))
44	00040	END IF
45	00041	RL(0,I)=AL(0,I)/BL(I)
46	00042	IF(AU(0,I).EQ.0) GO TO 13
47	00043	GO TO 14
48	00044	13 RU(0,I)=0
49	00045	GO TO 15
50	00046	14 RU(0,I)=AU(0,I)/BU(I)
51	00047	15 IF(H(0,I).LT.ZU(I)) GO TO 50
52	00048	X1=(H(0,I)-ZL(I))*((5./3.)*BL(I)/NL
53	00049	X2=(H(0,I)-ZU(I))*((5./3.)*BU(I)/NU
54	00050	ALL(0,I)=X1/(X1+X2)
55	00051	ALU(0,I)=X2/(X1+X2)
56	00052	GO TO 60
57	00053	50 ALL(0,I)=1.
58	00054	ALU(0,I)=0
59	00055	60 AAL=(AL(0,I)+AL(0,I-1))/2.
60	00056	AAU=(AU(0,I)+AU(0,I-1))/2.
61	00057	AA=AAAL+AAU
62	00058	RRL=(RL(0,I)+RL(0,I-1))/2.
63	00059	RRU=(RU(0,I)+RU(0,I-1))/2.
64	00060	ALAL=(ALL(0,I)+ALL(0,I-1))/2.
65	00061	ALAU=(ALU(0,I)+ALU(0,I-1))/2.
66	00062	EH=-((Q0(0)*ALAL)*H2*(AL(0,I-1)-AL(0,I)))/(G*AAAL*H2*ALAL*H2*Q0(0)*H2*DX/(AAAL*AA*H2*H2*(4./3.)))
67	00063	IF(H(0,I-1)+H(0,I).LT.ZU(I-1)+ZU(I)) GO TO 70
68	00064	EH=EH-(Q0(0)*ALAU)*H2*(AU(0,I-1)-AU(0,I))/(G*AAU*H2*AA)+NU*H2*ALAU*H2*Q0(0)*H2*DX/(AAU*AA*H2*H2*(4./3.)))
69	00065	
70	00066	
71	00067	
72	00068	
73		
74		

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
75	00069	70 IF (ABS(EH-H(0,I)+H(0,I-1)).LT.0.001) GO TO 40
76	00070	H(0,I)=H(0,I-1)+EH
77	00071	GO TO 80
78	00072	40 CONTINUE
79	00073	DO 1 I=0,M
80	00074	1 WRITE(70,700) H(0,I),Q(0,I)
81	00075	700 FORMAT(F9.5,F9.3)
82	00076	DO 200 J=1,L
83	00077	DO 210 I=0,M
84	00078	DH(I)=0
85	00079	210 DQ(I)=0
86	00080	400 DO 220 I=0,M
87	00081	NL=NL1
88	00082	IF(I.GE.1) NL=NL2
89	00083	H(1,I)=H(0,I)+DH(I)
90	00084	Q(1,I)=Q(0,I)+DQ(I)
91	00085	AL(1,I)=BL(I)*(H(1,I)-ZL(I))
92	00086	IF(H(1,I).LT.ZU(I)) THEN
93	00087	AU(1,I)=0
94	00088	ELSE
95	00089	AU(1,I)=BU(I)*(H(1,I)-ZU(I))
96	00090	END IF
97	00091	RL(1,I)=AL(1,I)/BL(I)
98	00092	IF(AU(1,I).EQ.0) GO TO 16
99	00093	GO TO 17
100	00094	16 RU(1,I)=0
101	00095	GO TO 18
102	00096	17 RU(1,I)=AU(1,I)/BU(I)
103	00097	18 IF(H(1,I).LT.ZU(I)) GO TO 230
104	00098	X1=(H(1,I)-ZL(I))*X(5./3.)*BL(I)/NL
105	00099	X2=(H(1,I)-ZU(I))*X(5./3.)*BU(I)/NU
106	00100	ALL(1,I)=X1/(X1+X2)
107	00101	ALU(1,I)=X2/(X1+X2)
108	00102	GO TO 220
109	00103	230 ALL(1,I)=1.
110	00104	ALU(1,I)=0
111	00105	220 CONTINUE
112	00106	NL=NL1
113	00107	DO 260 K=1,M
114	00108	IF(K.GE.1) NL=NL2
115	00109	QQL=(ALL(0,K-1)*Q(0,K-1)+ALL(0,K)*Q(0,K)+ALL(1,K-1)*Q(1,K-1)+ALL(1,K)*Q(1,K))/4.
116	00110	QQU=(ALU(0,K-1)*Q(0,K-1)+ALU(0,K)*Q(0,K)+ALU(1,K-1)*Q(1,K-1)+ALU(1,K)*Q(1,K))/4.
117	00111	AAL=(AL(0,K-1)+AL(0,K)+AL(1,K-1)+AL(1,K))/4.
118	00112	AAU=(AU(0,K-1)+AU(0,K)+AU(1,K-1)+AU(1,K))/4.
119	00113	RRL=(RL(0,K-1)+RL(0,K)+RL(1,K-1)+RL(1,K))/4.
120	00114	RRU=(RU(0,K-1)+RU(0,K)+RU(1,K-1)+RU(1,K))/4.
121	00115	AA=AAL+AAU
122	00116	IF(DH(K-1).EQ.0) GO TO 270
123	00117	AC1L=(AL(1,K-1)-AL(0,K-1))/DH(K-1)
124	00118	AC1U=(AU(1,K-1)-AU(0,K-1))/DH(K-1)
125	00119	GO TO 280
126	00120	270 AC1L=AL(0,K-1)/RL(0,K-1)
127	00121	IF(AU(0,K-1).EQ.0) THEN
128	00122	AC1U=0
129	00123	ELSE
130	00124	AC1U=AU(0,K-1)/RU(0,K-1)
131	00125	END IF
132	00126	280 IF(DH(K).EQ.0) GO TO 290
133	00127	AC2L=(AL(1,K)-AL(0,K))/DH(K)
134	00128	AC2U=(AU(1,K)-AU(0,K))/DH(K)
135	00129	GO TO 300
136	00130	290 AC2L=AL(0,K)/RL(0,K)
137	00131	IF(AU(0,K).EQ.0) THEN
138	00132	AC2U=0
139	00133	ELSE
140	00134	AC2U=AU(0,K)/RU(0,K)
141	00135	END IF
142	00136	300 KK=2*K
143	00137	C(KK-1,0)=CV/(2.*G)+NL*2*ABS(ALL(0,K-1)*Q(0,K-1)+ALL(0,K)*Q(0,K))
144	00138	*ALL(1,K-1)*DX/(4.*AAL*RRLL*(4./3.))
145	00139	IF(AAU.EQ.0) GO TO 310
146	00140	C(KK-1,0)=C(KK-1,0)+NU*2*ABS(ALU(0,K-1)*Q(0,K-1)+ALU(0,K)*Q(0,K))
147	00141	*ALU(1,K-1)*DX/(4.*AAU*RRUU*(4./3.))
148	00142	310 C(KK-1,1)=CV*QQL*AC1L/(G*AAL)+AA/2.-QQL*2*AC1L/(2.*G*AAL*2)
149	00143	IF(AAU.EQ.0) GO TO 320
150	00144	C(KK-1,1)=C(KK-1,1)-CV*QQU*AC1U/(G*AAU)-QQU*2*AC1U/(2.*G*AAU*2)
151	00145	320 C(KK-1,2)=CV/(2.*G)+NL*2*ABS(ALL(0,K-1)*Q(0,K-1)+ALL(0,K)*Q(0,K))
152	00146	*ALL(1,K)*DX/(4.*AAL*RRLL*(4./3.))
153	00147	
154	00148	

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
155	00144	IF(AAU.EQ.0) GO TO 330
156	00145	C(KK-1,2)=C(KK-1,2)+NUM#2#ABS(ALU(0,K-1)#Q(0,K-1)+ALU(0,K)#Q(0,K))
157		#ALU(1,K)#DX/(4.#AAU#RRU#(4./3.))
158	00146	330 C(KK-1,3)=CV#QQL#AC2L/(G#AAL)-AA/2.+QQL#2#AC2L/(2.#G#AAL#2)
159	00147	IF(AAU.EQ.0) GO TO 340
160	00148	C(KK-1,3)=C(KK-1,3)-CV#QQU#AC2U/(G#AAU)+QQU#2#AC2U/(2.#G#AAU#2)
161	00149	340 B(KK-1)=QQL#2#(AL(0,K-1)-AL(0,K))/(G#AAL#2)-AA#(H(0,K-1)-H(0,K))
162		#-NL#2#ABS(ALL(0,K-1)#Q(0,K-1)+ALL(0,K)#Q(0,K))#(ALL(1,K-1)#Q(0,K-
163		#1)+ALL(1,K)#Q(0,K))#DX/(4.#AAL#RRL#(4./3.))
164	00150	IF(AAU.EQ.0) GO TO 350
165	00151	B(KK-1)=B(KK-1)+QQU#2#(AU(0,K-1)-AU(0,K))/(G#AAU#2)-NU#2#ABS(AL
166		HU(0,K-1)#Q(0,K-1)+ALU(0,K)#Q(0,K))#(ALU(1,K-1)#Q(0,K-1)+ALU(1,K)#Q
167		#(0,K))#DX/(4.#AAU#RRU#(4./3.))
168	00152	350 C(KK,0)=1.
169	00153	C(KK,1)=CV#(AC1L+AC1U)
170	00154	C(KK,2)=-1.
171	00155	C(KK,3)=CV#(AC2L+AC2U)
172	00156	260 B(KK)=-2.#(Q(0,K-1)-Q(0,K))
173	00157	C(0,0)=0
174	00158	C(0,1)=1.
175	00159	B(0)=H0(J)-H0(J-1)
176	00160	C(2#M+1,2)=1.
177	00161	C(2#M+1,3)=0
178	00162	B(2#M+1)=Q0(J)-Q0(J-1)
179	00163	D(M+1,0)=C(2#M+1,2)
180	00164	D(M+1,1)=C(2#M+1,3)
181	00165	E(M+1)=B(2#M+1)
182	00166	DO 360 K=M,1,-1
183	00167	KK=2#K
184	00168	D(K,0)=C(KK-1,0)#D(K+1,0)#(C(KK,3)#D(K+1,0)-C(KK,2)#D(K+1,1))-C(KK
185		#,0)#D(K+1,0)#(C(KK-1,3)#D(K+1,0)-C(KK-1,2)#D(K+1,1))
186	00169	D(K,1)=C(KK-1,1)#D(K+1,0)#(C(KK,3)#D(K+1,0)-C(KK,2)#D(K+1,1))-C(KK
187		#,1)#D(K+1,0)#(C(KK-1,3)#D(K+1,0)-C(KK-1,2)#D(K+1,1))
188	00170	E(K)=(B(KK-1)#D(K+1,0)-E(K+1)#C(KK-1,2))#(C(KK,3)#D(K+1,0)-C(KK,2)
189		#D(K+1,1))-(B(KK)#D(K+1,0)-E(K+1)#C(KK,2))#(C(KK-1,3)#D(K+1,0)-C(K
190		#K-1,2)#D(K+1,1))
191	00171	D(K,1)=D(K,1)/D(K,0)
192	00172	E(K)=E(K)/D(K,0)
193	00173	360 D(K,0)=1.
194	00174	DQ1(0)=(B(0)#D(1,1)-E(1)#C(0,1))/(C(0,0)#D(1,1)-D(1,0)#C(0,1))
195	00175	DH1(0)=(B(0)#D(1,0)-E(1)#C(0,0))/(C(0,1)#D(1,0)-D(1,1)#C(0,0))
196	00176	DO 370 K=1,M
197	00177	KK=2#K
198	00178	DH1(K)=(B(KK-1)#D(K+1,0)-E(K+1)#C(KK-1,2)-C(KK-1,0)#D(K+1,0)#DQ1(K
199		#-1)-C(KK-1,1)#D(K+1,0)#DH1(K-1))/(C(KK-1,3)#D(K+1,0)-C(KK-1,2)#D(K
200		#+1,1))
201	00179	370 DQ1(K)=(E(K+1)-D(K+1,1)#DH1(K))/D(K+1,0)
202	00180	PQ=0
203	00181	PH=0
204	00182	DO 380 I=0,M
205	00183	DDQ(I)=DQ1(I)-DQ(I)
206	00184	DDH(I)=DH1(I)-DH(I)
207	00185	IF(PQ.LT.ABS(DDQ(I))) PQ=ABS(DDQ(I))
208	00186	380 IF(PH.LT.ABS(DDH(I))) PH=ABS(DDH(I))
209	00187	IF(PQ.LE.1.#OR,PH.LE.0.#002) GO TO 250
210	00188	DO 390 I=0,M
211	00189	DQ(I)=DQ1(I)
212	00190	390 DH(I)=DH1(I)
213	00191	GO TO 400
214	00192	250 DO 2 I=0,M
215	00193	2 WRITE(70,700) H(1,I),Q(1,I)
216	00194	DO 420 I=0,M
217	00195	H(0,I)=H(1,I)
218	00196	Q(0,I)=Q(1,I)
219	00197	AL(0,I)=AL(1,I)
220	00198	AU(0,I)=AU(1,I)
221	00199	RL(0,I)=RL(1,I)
222	00200	RU(0,I)=RU(1,I)
223	00201	ALL(0,I)=ALL(1,I)
224	00202	420 ALU(0,I)=ALU(1,I)
225	00203	200 CONTINUE
226	00204	STOP
227	00205	END

2.2 水位・流量縦断面図作成プログラム

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
1	00001	INTEGER YMD(8),SDD01(24),SDD02(24),SDD03(24),HI(4),LO(4).
2	00002	REAL HA(0:42,0:151),QA(0:42,0:151),ZL(0:151),ZU(0:151),HS(0:42,1:5
3		*)S(8),QS(18:42,1:3)
4	00003	M=151
5	00004	L=42
6	00005	READ(80,800) (ZL(I),ZU(I),I=0,M)
7	00006	800 FORMAT(2F8.2)
8	00007	READ(70,700) ((HA(J,I),QA(J,I),I=0,M),J=0,L)
9	00008	700 FORMAT(F9.5,F9.3)
10	00009	READ(60,900) ((HS(J,I),I=1,5),J=0,L)
11	00010	900 FORMAT(5F6.2)
12	00011	READ(40,200) (S(I),I=1,8)
13	00012	200 FORMAT(8F7.2)
14	00013	READ(90,300) (YMD(I),I=1,8)
15	00014	300 FORMAT(8I5)
16	00015	READ(10,400) (SDD01(I),SDD02(I),SDD03(I),I=1,24)
17	00016	400 FORMAT(3I5)
18	00017	READ(15,500) (HI(I),LO(I),I=1,4)
19	00018	500 FORMAT(8I5)
20	00019	READ(25,150) ((QS(J,I),I=1,3),J=18,L)
21	00020	150 FORMAT(3F9.3)
22	00021	CALL PLOT3(BUFF,LENGTH,LOV)
23	00022	DO 10 J=0,L
24	00023	CALL PLOT(340.0,0.0,-3)
25	00024	CALL RECT(-14.0,-14.0,360.0,335.0,0.0,3)
26	00025	CALL AXIS(0.0,0.0,'KYORI(KM)',-9,310.0,0.0,0.0,2.5)
27	00026	CALL AXIS(0.0,0.0,'H(M)',4,340.0,90.0,-7.0,0.5)
28	00027	X0=4.
29	00028	Y0=ZL(0)*20.+140.
30	00029	CALL PLOT(X0,Y0,3)
31	00030	DO 20 I=0,M
32	00031	X=FLOAT(I)*2.+4.
33	00032	Y=ZL(I)*20.+140.0
34	00033	20 CALL PLOT(X,Y,2)
35	00034	Y0=ZU(0)*20.+140.
36	00035	CALL PLOT(X0,Y0,3)
37	00036	DO 30 I=0,M
38	00037	X=FLOAT(I)*2.+4.
39	00038	Y=ZU(I)*20.+140.
40	00039	IF(ZU(I).EQ.100.) GO TO 30
41	00040	CALL DASHP(X,Y,1.0)
42	00041	30 CONTINUE
43	00042	Y0=HA(J,0)*20.+140.
44	00043	CALL PLOT(X0,Y0,3)
45	00044	DO 40 I=0,M
46	00045	X=FLOAT(I)*2.+4.
47	00046	Y=HA(J,I)*20.+140.
48	00047	40 CALL PLOT(X,Y,2)
49	00048	DO 50 I=0,M,2
50	00049	X=FLOAT(I)*2.+4.
51	00050	Y=HA(J,I)*20.+140.
52	00051	50 CALL SYMBOL(X,Y,2.0,2.0,0,-1)
53	00052	DO 80 I=1,5
54	00053	X=S(I)*4.
55	00054	Y=HS(J,I)*20.+140.
56	00055	80 CALL SYMBOL(X,Y,2.5,1.0,0,-1)
57	00056	CALL KANJI(10.0,302.0,6.8,YMD(0.0))
58	00057	CALL KANJI(10.0,295.0,5.24,SDD01(0.0))
59	00058	CALL KANJI(10.0,288.0,5.24,SDD02(0.0))
60	00059	CALL KANJI(10.0,281.0,5.24,SDD03(0.0))
61	00060	CALL KANJI(265.0,200.0,7.4,HI(0.0))
62	00061	CALL KANJI(265.0,80.0,7.4,LO(0.0))
63	00062	CALL SYMBOL(10.0,274.0,5.0,J=1,0.0,2)
64	00063	T=FLOAT(J)
65	00064	10 CALL NUMBER(19.0,274.0,5.0,T,0.0,-1)
66	00065	DO 70 J=0,L
67	00066	CALL PLOT(340.0,0.0,-3)
68	00067	CALL RECT(-14.0,-14.0,325.0,335.0,0.0,3)
69	00068	CALL AXIS(0.0,0.0,'KYORI(KM)',-9,310.0,0.0,0.0,2.5)
70	00069	CALL AXIS(0.0,0.0,'Q(H/5)',7,300.0,90.0,2000.0,200.0)
71	00070	Y0=QA(J,0)*0.05-100.
72	00071	CALL PLOT(X0,Y0,3)
73	00072	DO 60 I=0,M
74	00073	X=FLOAT(I)*2.+4.
75	00074	Y=QA(J,I)*0.05-100.
76	00075	60 CALL PLOT(X,Y,2)

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
77	00076	DO 100 I=0,M,2
78	00077	X=FLOAT(I)*2.4.
79	00078	Y=QA(J,I)*0.05-100.
80	00079	100 CALL SYMBOL(X,Y,2.0,2.0,0,-1)
81	00080	IF(J.LT.18) GO TO 120
82	00081	DO 110 I=1,3
83	00082	X=S(I+5)*4.
84	00083	Y=QS(J,I)*0.05-100.
85	00084	IF(QS(J,I).EQ.0) GO TO 110
86	00085	CALL SYMBOL(X,Y,2.5,1.0,0,-1)
87	00086	110 CONTINUE
88	00087	120 IF(J.EQ.15.OR.J.EQ.20) GO TO 90
89	00088	CALL KANJI(10.0,302.0,6,8,YMD,0.0)
90	00089	CALL KANJI(10.0,295.0,5,24,SOD01,0.0)
91	00090	CALL KANJI(10.0,288.0,5,24,SOD02,0.0)
92	00091	CALL KANJI(10.0,281.0,5,24,SOD03,0.0)
93	00092	CALL SYMBOL(10.0,274.0,5.0,'J=',0.0,2)
94	00093	T=FLOAT(J)
95	00094	CALL NUMBER(19.0,274.0,5.0,T,0.0,-1)
96	00095	GO TO 70
97	00096	90 CALL KANJI(10.0,152.0,5,8,YMD,0.0)
98	00097	CALL KANJI(10.0,145.0,5,24,SOD01,0.0)
99	00098	CALL KANJI(10.0,138.0,5,24,SOD02,0.0)
100	00099	CALL KANJI(10.0,131.0,5,24,SOD03,0.0)
101	00100	CALL SYMBOL(10.0,124.0,5.0,'J=',0.0,2)
102	00101	T=FLOAT(J)
103	00102	CALL NUMBER(19.0,124.0,5.0,T,0.0,-1)
104	00103	70 CONTINUE
105	00104	CALL PLOTE
106	00105	STOP
107	00106	END

2.3 水位・流量ハイドログラフ作成プログラム

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
1	00001	INTEGER KJNO(14),ADRESS(8,14),YMD(8)
2	00002	REAL HA(0:42,0:151),QA(0:42,0:151),HS(0:42,1:5),S(8),QS(18:42,1:3)
3	00003	M=151
4	00004	L=42
5	00005	READ(70,700) ((HA(J,I),QA(J,I),I=0,M),J=0,L)
6	00006	700 FORMAT(F9.5,F9.3)
7	00007	READ(60,600) ((HS(J,I),I=1,5),J=0,L)
8	00008	600 FORMAT(5F6.2)
9	00009	READ(40,500) (S(I),I=1,8)
10	00010	500 FORMAT(8F7.2)
11	00011	READ(30,400) ((ADRESS(J,I),I=1,14),J=1,8)
12	00012	400 FORMAT(14I5)
13	00013	READ(90,200) (YMD(I),I=1,8)
14	00014	200 FORMAT(8I5)
15	00015	READ(25,100) ((QS(J,I),I=1,3),J=18,42)
16	00016	100 FORMAT(3F9.3)
17	00017	CALL PLOTS(BUFF,LENGTH,LDV)
18	00018	DO 20 K=1,5
19	00019	CALL PLOT(460.0,0.0,-3)
20	00020	CALL RECT(-14.0,-14.0,425.0,445.0,0.0,3)
21	00021	CALL AXIS(0.0,0.0,'STEP',-4,420.0,0.0,0.0,1.0)
22	00022	CALL AXIS(0.0,0.0,'H(M)',4,400.0,90.0,1.0,0.2)
23	00023	CALL PLOT(0.0,0.0,3)
24	00024	I=(S(K)-1.)*2.
25	00025	DO 10 J=0,L
26	00026	X=FLOAT(J)*10.
27	00027	Y=(HA(J,I)-1.)*100./2.
28	00028	10 CALL PLOT(X,Y,2)
29	00029	DO 30 J=0,L
30	00030	X=FLOAT(J)*10.
31	00031	Y=(HS(J,K)-1.)*100./2.
32	00032	30 CALL SYMBOL(X,Y,2.5,1.0,0,-1)
33	00033	DO 60 N=1,14
34	00034	60 KJNO(N)=ADRESS(K,N)
35	00035	IF(K.EQ.5) GO TO 90
36	00036	CALL KANJI(10.0,402.0,5,8,YMD,0.0)
37	00037	CALL KANJI(10.0,395.0,5,14,KJNO,0.0)
38	00038	IF(K.GT.2) GO TO 70
39	00039	CALL SYMBOL(10.0,388.0,5.0,'NL=0.012',0.0,8)

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT	LOC	OPAD
40	00040	GO TO 80		
41	00041	70 CALL SYMBOL(10.0,388.0,5.0,'NL=0.025',0.0,8)		
42	00042	80 CALL SYMBOL(10.0,381.0,5.0,'NU=0.050',0.0,8)		
43	00043	GO TO 20		
44	00044	90 CALL KANJI(10.0,300.0,5.8,YMD,0.0)		
45	00045	CALL KANJI(10.0,293.0,5.14,KJNO,0.0)		
46	00046	CALL SYMBOL(10.0,286.0,5.0,'NL=0.025',0.0,8)		
47	00047	CALL SYMBOL(10.0,279.0,5.0,'NU=0.050',0.0,8)		
48	00048	20 CONTINUE		
49	00049	DO 21 K=1,3		
50	00050	CALL PLOT(460.0,0.0,-3)		
51	00051	CALL RECT(-14.0,-14.0,315.0,440.0,0.0,3)		
52	00052	CALL AXIS(0.0,0.0,'STEP',-4,420.0,0.0,0.0,1.0)		
53	00053	CALL AXIS(0.0,0.0,'Q(M3/SEC)',9,290.0,90.0,2200.0,200.0)		
54	00054	CALL PLOT(0.0,0.0,3)		
55	00055	I=(S(K+5)-1.)#2.		
56	00056	DO 40 J=0,L		
57	00057	X=FLOAT(J)#10.		
58	00058	Y=(QA(J,I)#0.1-220.)/2.		
59	00059	40 CALL PLOT(X,Y,2)		
60	00060	DO 50 J=18,L		
61	00061	IF(QS(J,K).EQ.0) GO TO 50		
62	00062	X=FLOAT(J)#10.		
63	00063	Y=(QS(J,K)#0.1-220.)/2.		
64	00064	CALL SYMBOL(X,Y,2.5,1,0.0,-1)		
65	00065	50 CONTINUE		
66	00066	DO 1 N=1,14		
67	00067	1 KJNO(N)=ADRESS(K+5,N)		
68	00068	CALL KANJI(10.0,292.0,5.8,YMD,0.0)		
69	00069	CALL KANJI(10.0,285.0,5.14,KJNO,0.0)		
70	00070	IF(K.EQ.3) GO TO 22		
71	00071	GO TO 23		
72	00072	22 CALL SYMBOL(10.0,278.0,5.0,'NL=0.025',0.0,8)		
73	00073	GO TO 21		
74	00074	23 CALL SYMBOL(10.0,278.0,5.0,'NL=0.012',0.0,8)		
75	00075	21 CALL SYMBOL(10.0,271.0,5.0,'NU=0.050',0.0,8)		
76	00076	CALL PLOTE		
77	00077	STOP		
78	00078	END		

1	00000	1
2	00000	2
3	00000	3
4	00000	4
5	00000	5
6	00000	6
7	00000	7
8	00000	8
9	00000	9
10	00000	10
11	00000	11
12	00000	12
13	00000	13
14	00000	14
15	00000	15
16	00000	16
17	00000	17
18	00000	18
19	00000	19
20	00000	20
21	00000	21
22	00000	22
23	00000	23
24	00000	24
25	00000	25
26	00000	26
27	00000	27
28	00000	28
29	00000	29
30	00000	30
31	00000	31
32	00000	32
33	00000	33
34	00000	34
35	00000	35
36	00000	36
37	00000	37
38	00000	38
39	00000	39
40	00000	40
41	00000	41
42	00000	42
43	00000	43
44	00000	44
45	00000	45
46	00000	46
47	00000	47
48	00000	48
49	00000	49
50	00000	50
51	00000	51
52	00000	52
53	00000	53
54	00000	54
55	00000	55
56	00000	56
57	00000	57
58	00000	58
59	00000	59
60	00000	60
61	00000	61
62	00000	62
63	00000	63
64	00000	64
65	00000	65
66	00000	66
67	00000	67
68	00000	68
69	00000	69
70	00000	70
71	00000	71
72	00000	72
73	00000	73
74	00000	74
75	00000	75
76	00000	76
77	00000	77
78	00000	78

第4章 モデル河川による検討

第1節 概要

実際の利根川河道での不定流計算に入る前に、まずモデル河川による計算を行い、単断面計算と複断面計算の特性および両者の相違を明確にすることを試みた。ここでは、河道条件および水理条件をいろいろ変えて計算を行い、両者を比較するとともに、基本的な性質について述べる。

計算 Case と検討内容を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1

Case 1	ピーク時に水位が若干高水敷に乗る程度の洪水
Case 2	水位が完全に高水敷に乗る洪水
Case 3	低水路と高水敷の粗度係数が異なる場合
Case 4	高水敷を拡張した場合

Case 1 と Case 2 は、流量規模を変えて他は同一条件としたものである。これによって流量規模による両計算法の応答特性の違いを見る。

Case 3 は、流量規模の他に低水路と高水敷の粗度係数が異なる場合について検討したものである。ここでは、両計算法の粗度係数の決め方および根本的な違いを明らかにする。

Case 4 は、高水敷を拡張させ他は Case 3 と同一条件としたものである。ここでは、河道形状の変化に対する両計算法の応答特性の違いを見る。

第2節 モデル河川 (Case 1)

2.1 計算の内容

ここでは、水位が高水敷に乗らないところから増水させ、ピーク時に若干高水敷に乗る程度の流量時系列を与えて、単断面計算と複断面計算の結果を比較してみた。

2.2 断面特性

この計算で用いたモデル河川は、矩形断面の低水路および高水敷を持つ一様水路で、延長が 20km、各断面間の距離が 500 m、河床勾配が 1/2000 である。図 4.2.1 および表 4.2.1 に断面特性を示す。

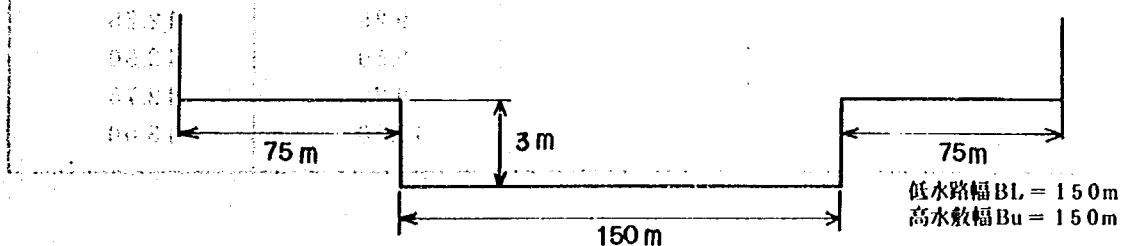


図 4-2-1

表 4.2.1 断面特性 (モデル河川)

距 離	断 面 番 号	BL (低水路幅)	BU (高水敷幅)	ZL (低水路高)	ZU (高水敷高)
0.0 km	0	150 m	150 m	0.00 m	3.00 m
0.5	1			0.25	3.25
1.0	2			0.50	3.50
1.5	3	一	一	0.75	3.75
2.0	4	様	様	1.00	4.00
2.5	5	幅	幅	1.25	4.25
3.0	6			1.50	4.50
3.5	7			1.75	4.75
4.0	8			2.00	5.00
4.5	9			2.25	5.25
5.0	10			2.50	5.50
5.5	11			2.75	5.75
6.0	12			3.00	6.00
6.5	13			3.25	6.25
7.0	14			3.50	6.50
7.5	15			3.75	6.75
8.0	16			4.00	7.00
8.5	17			4.25	7.25
9.0	18			4.50	7.50
9.5	19			4.75	7.75
10.0	20			5.00	8.00
10.5	21			5.25	8.25
11.0	22			5.50	8.50
11.5	23			5.75	8.75
12.0	24			6.00	9.00
12.5	25			6.25	9.25
13.0	26			6.50	9.50
13.5	27			6.75	9.75
14.0	28			7.00	10.00
14.5	29			7.25	10.25
15.0	30			7.50	10.50
15.5	31			7.75	10.75
16.0	32			8.00	11.00
16.5	33			8.25	11.25
17.0	34			8.50	11.50
17.5	35			8.75	11.75
18.0	36			9.00	12.00
18.5	37			9.25	12.25
19.0	38			9.50	12.50
19.5	39			9.75	12.75
20.0	40			10.00	13.00

2.3 境界条件

境界条件は、上流端流量と下流端水位で与えた。その際に下流端水位は常に一定（4 m）にしておいた。時間ステップは、 $\Delta t = 1200 \text{ sec}$ （20分）で30ステップの計算を行っている。表4.2.2に境界条件の一覧を示す。

表4.2.2 境界条件

J	QO	HO	J	QO	HO	J	QO	HO
0	300 m ³ /s	4 m	11	700 m ³ /s	4 m	21	550 m ³ /s	4 m
1	310	一 定	12	800	一 定	22	500	一 定
2	320		13	900		23	450	
3	330		14	1000		24	400	
4	340		15	1000		25	350	
5	350		16	1000		26	340	
6	400		17	900		27	330	
7	450		18	800		28	320	
8	500		19	700		29	310	
9	550		20	600		30	300	
10	600							

J：時間ステップ

QO：上流端流量

HO：下流端水位

2.4 主な計算条件の一覧

時間ステップ	$\Delta t = 1200 \text{ sec} = 20 \text{ min}$
ステップ数	30ステップ（ $J = 0 \sim 30$ ）
断面間隔	$\Delta x = 500 \text{ m}$
粗度係数	低水路および高水敷ともに $N = 0.03$
$Q_{\min}$	300 m ³ /sec
$Q_{\max}$	1000 m ³ /sec
下流端水位	4 m（const.）

2.5 計算結果

図4.2.2～図4.2.9に水位縦断面図、図4.2.10～図4.2.17に流量縦断面図を示す。 $J = 0$ は不等流計算である。水位縦断面図を見ればよくわかるように、水位が低水路内にあるときは、単断面計算、複断面計算ともに計算の内容が同じなので全く同じ結果が得られる。ただし、下流端水位は、高水敷より上に設定してあるので、水位が高水敷と交わる付近で若干の相違が見られる。水位が高水敷に接近している

$J=15$ からは、単断面計算と複断面計算の違いが明確になってくる。単断面計算では、水位が高水敷と交差する点から水面勾配が急変しているが、複断面計算では、水面勾配は高水敷に影響されず、常に安定している。実際、単断面計算では、 $J=15$ で解が振動し複断面計算と同じ収束条件（ $PH < 0.002\text{ m}$ かつ $PQ < 1.0\text{ m/s}$ ）では収束させることができなかったため、残差が最も小さくなった時点で計算を打ち切り、次の時間ステップへ進むという手段をとった。単断面計算では、水位が高水敷に乗った時点から流量も急激に乱れている。これらの現象は、単断面計算の径深（ R ）のとり方に起因しており、高水敷の幅が広いほど $R=A/B$ は水位が高水敷に乗る境界で急激に小さくなり、 R （径深）- H （水位）曲線はそこで不連続を生じるということによる。したがって、複断面河道で水位があまり高くない場合には、単断面計算法は適用できないと言える。

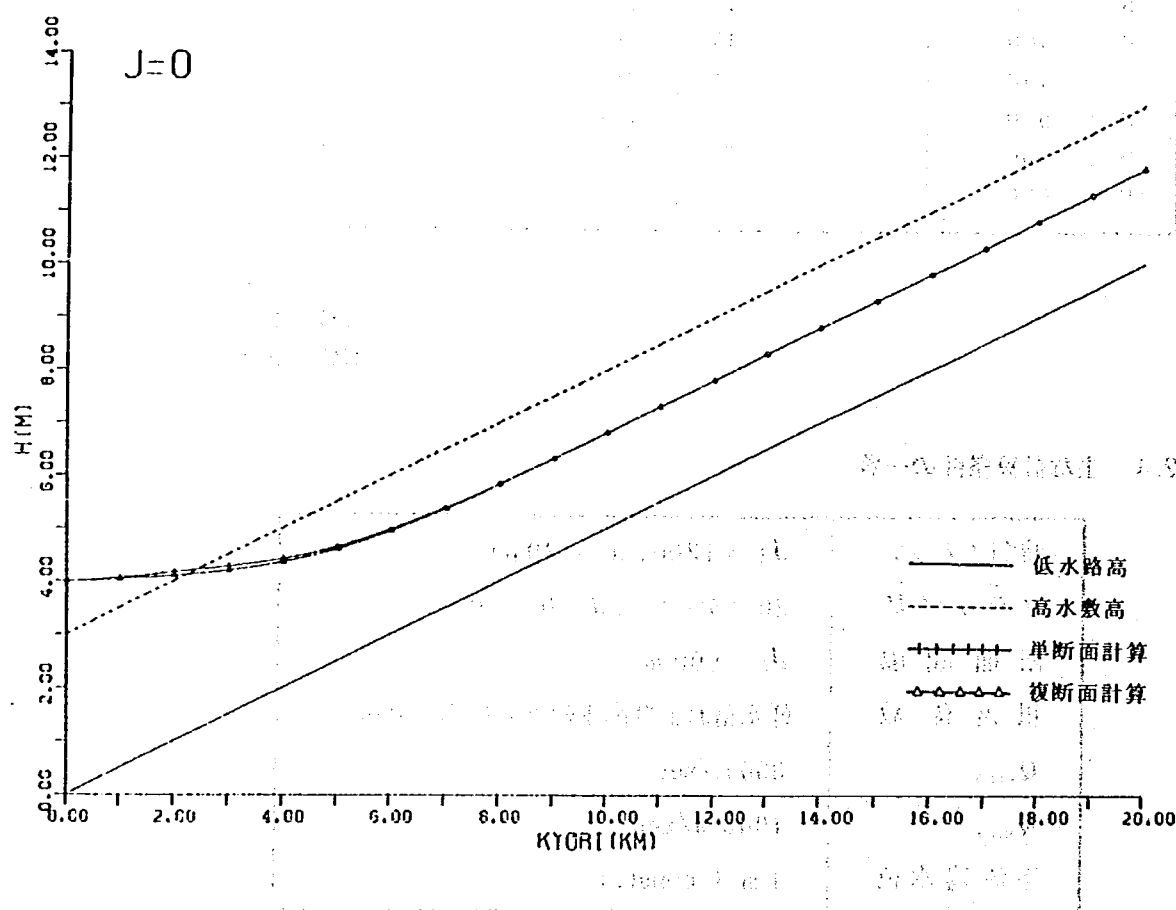


図4-2-2 水位縦断面図

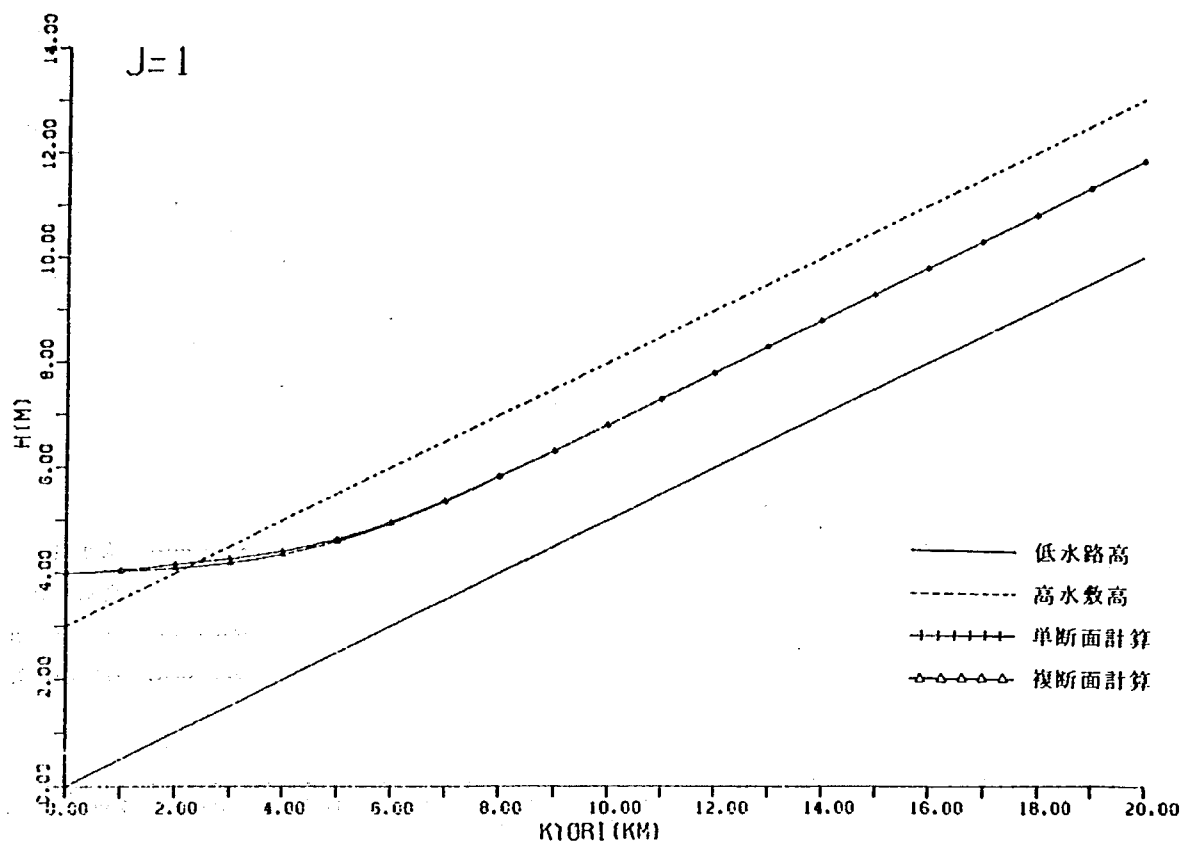


図4-2-3 水位縦断図

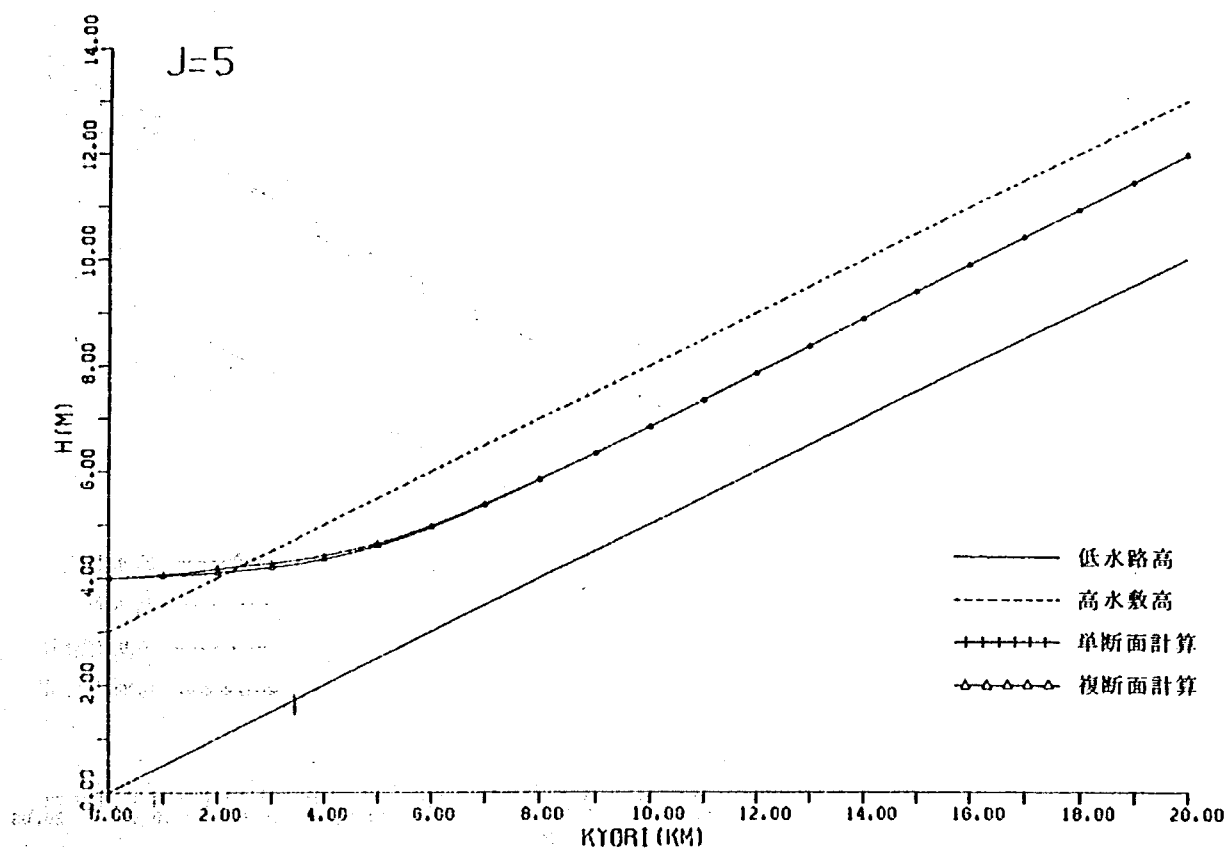


図4-2-4 水位縦断図

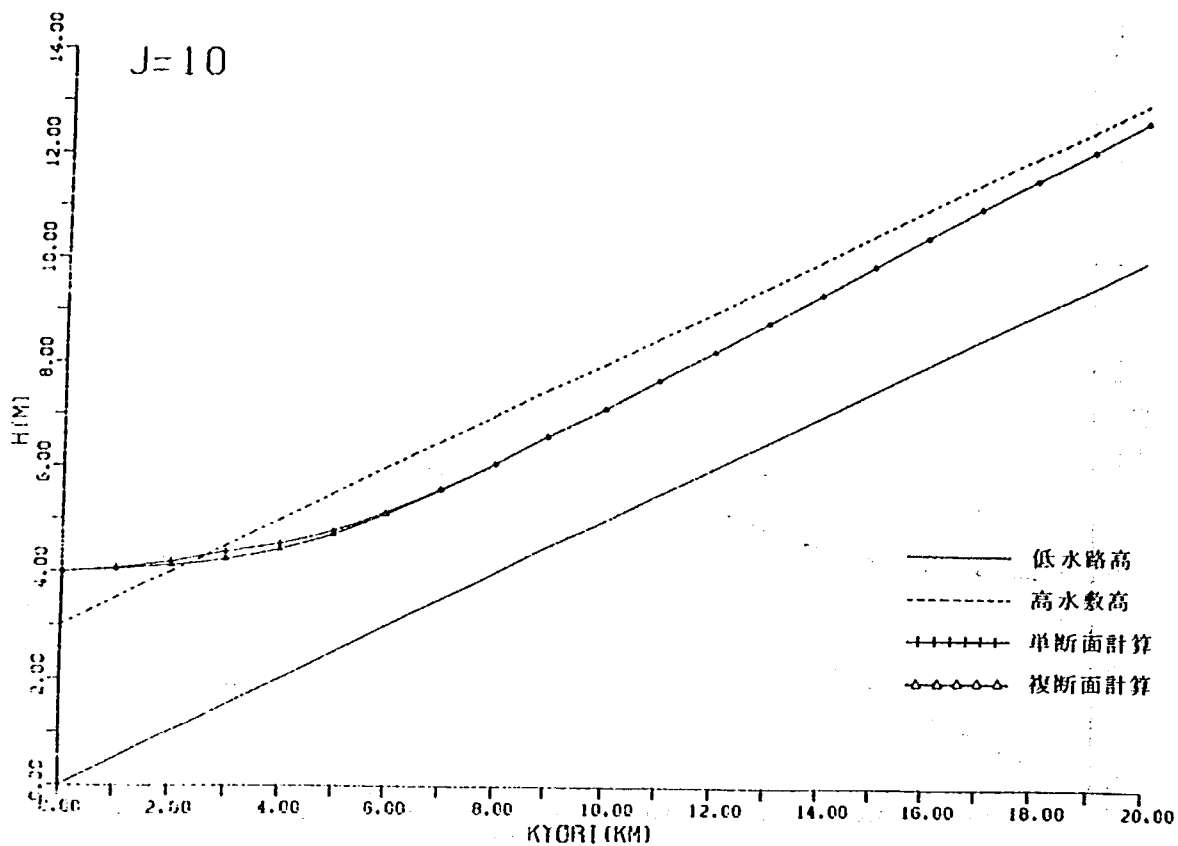


図4-2-5 水位縦断面図

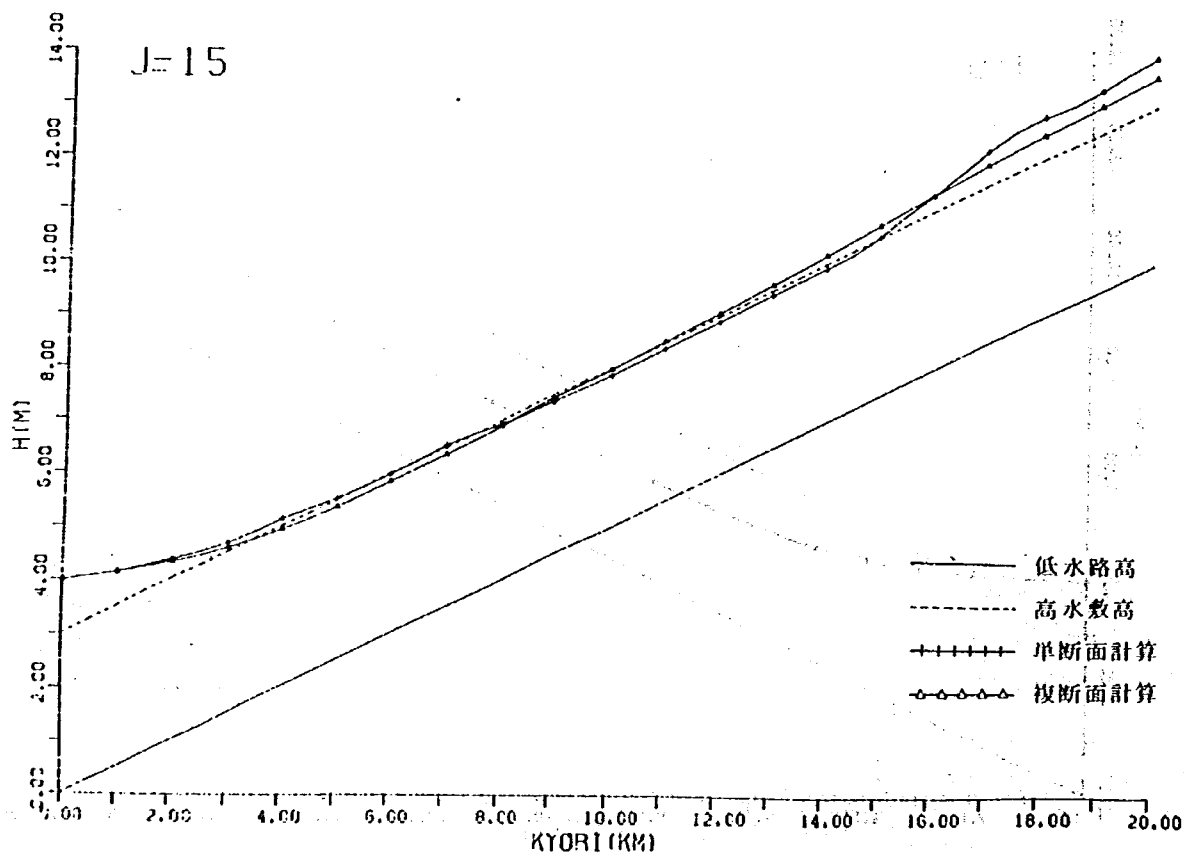


図4-2-6 水位縦断面図

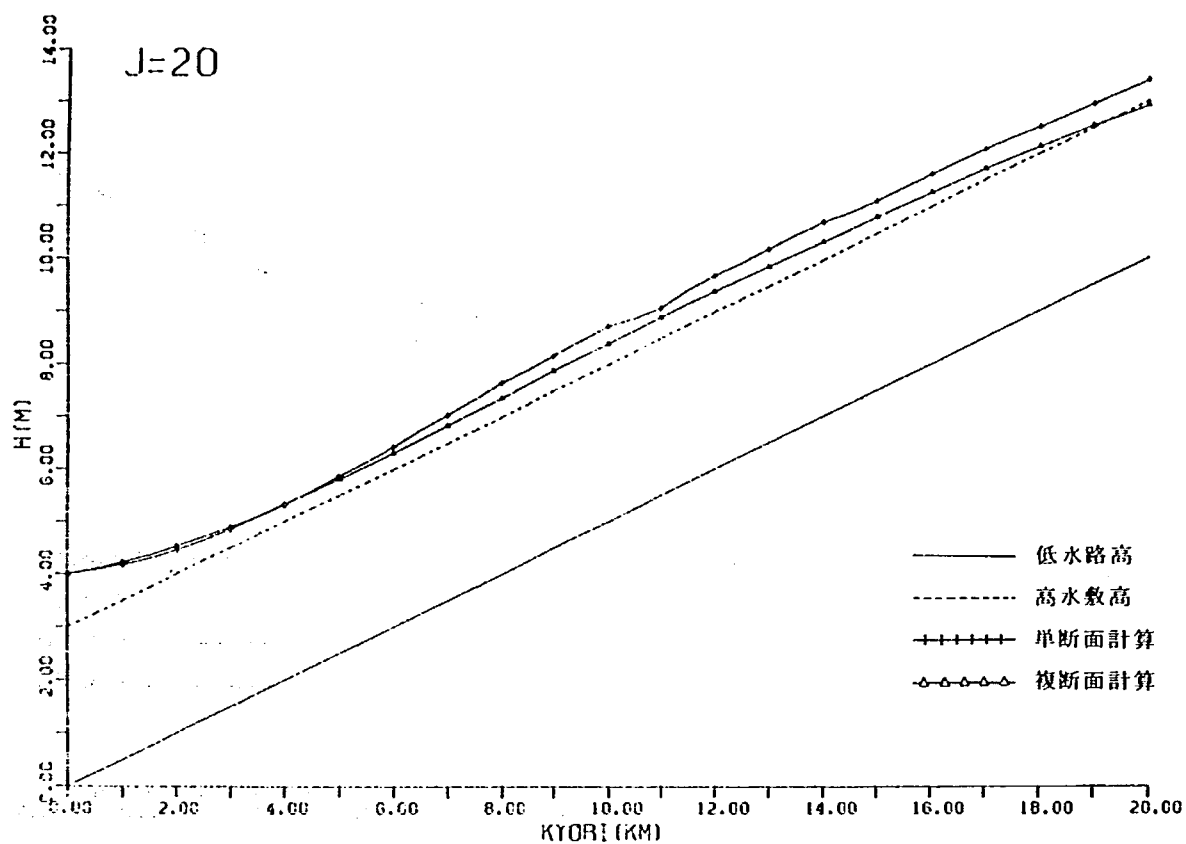


図4-2-7 水位縦断面図

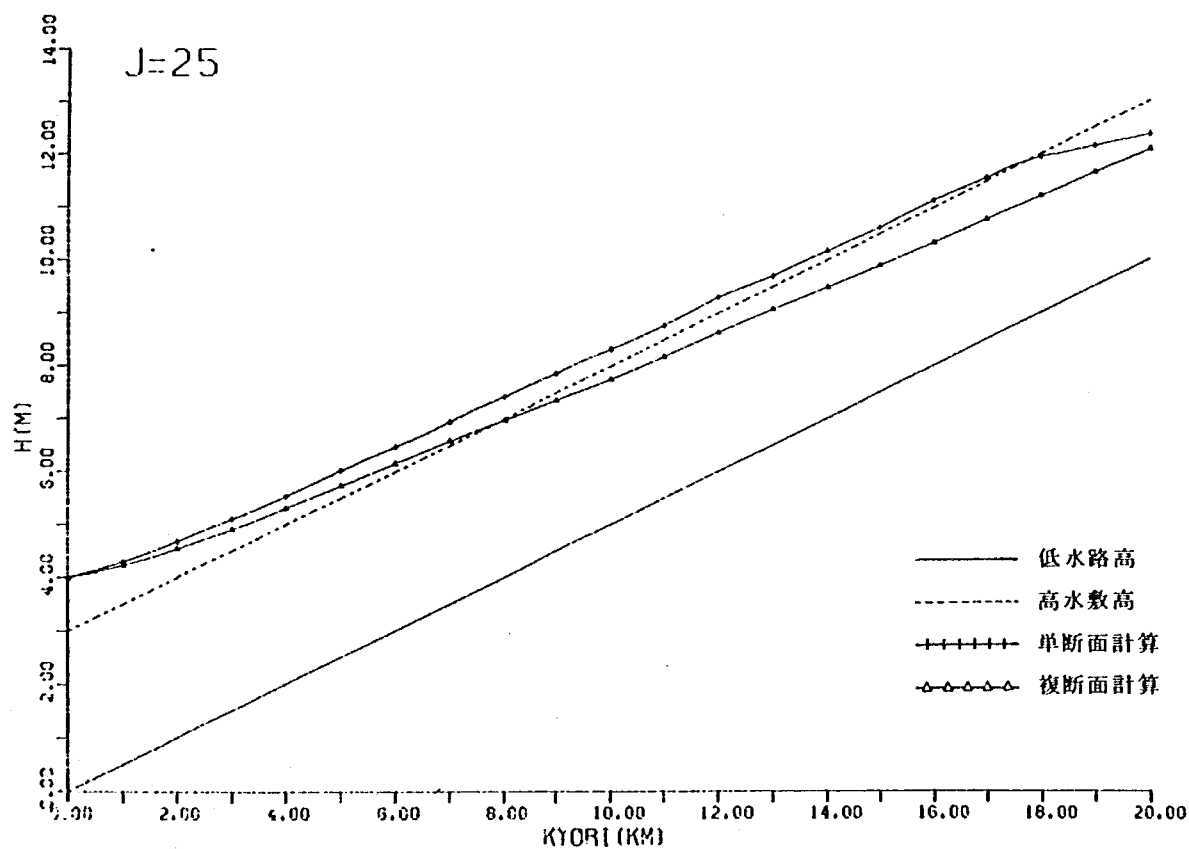


図4-2-8 水位縦断面図

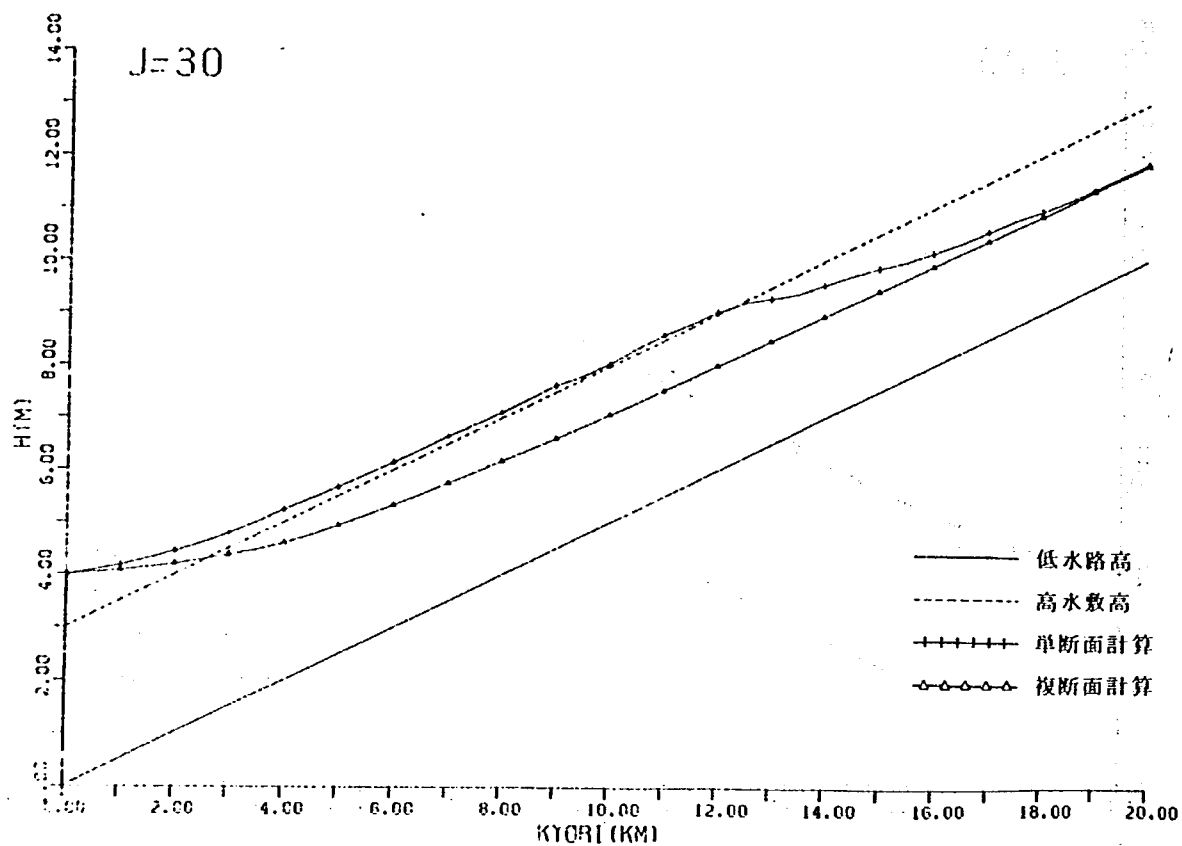


図 4-2-9 水位縦断面図

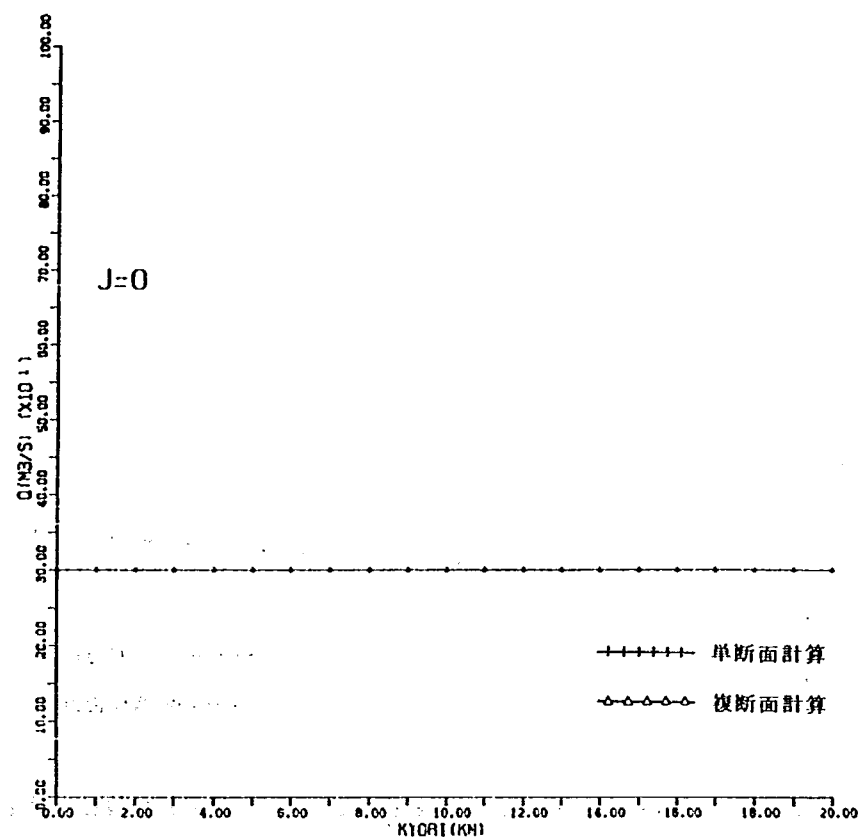


図4-2-10 流量縦断図

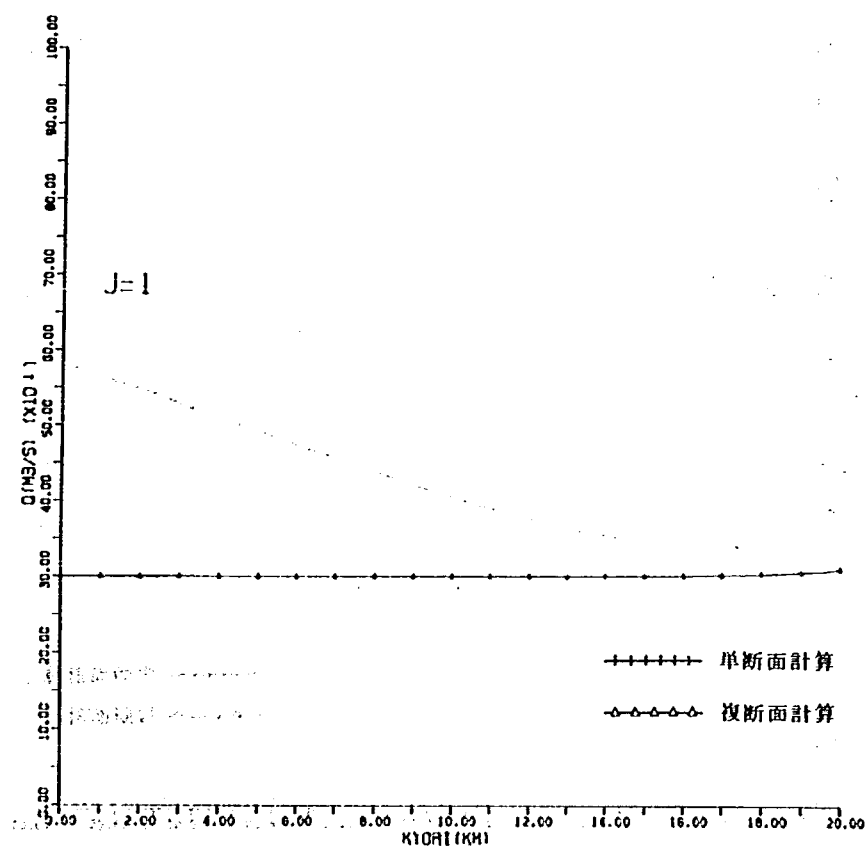


図4-2-11 流量縦断図

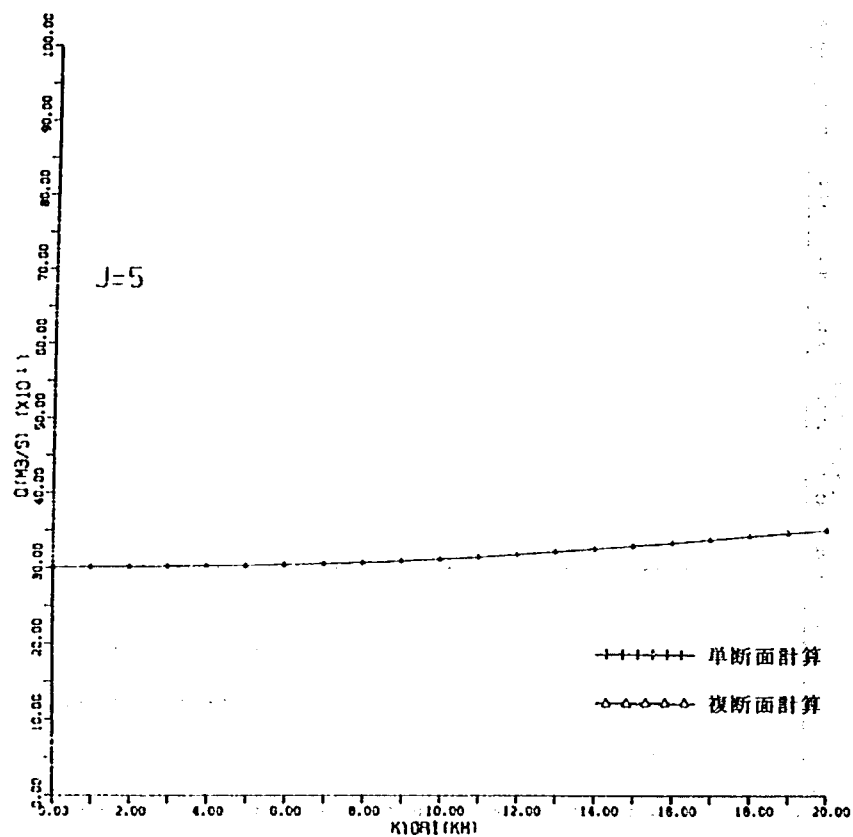


図4-2-12 流量縦断面図

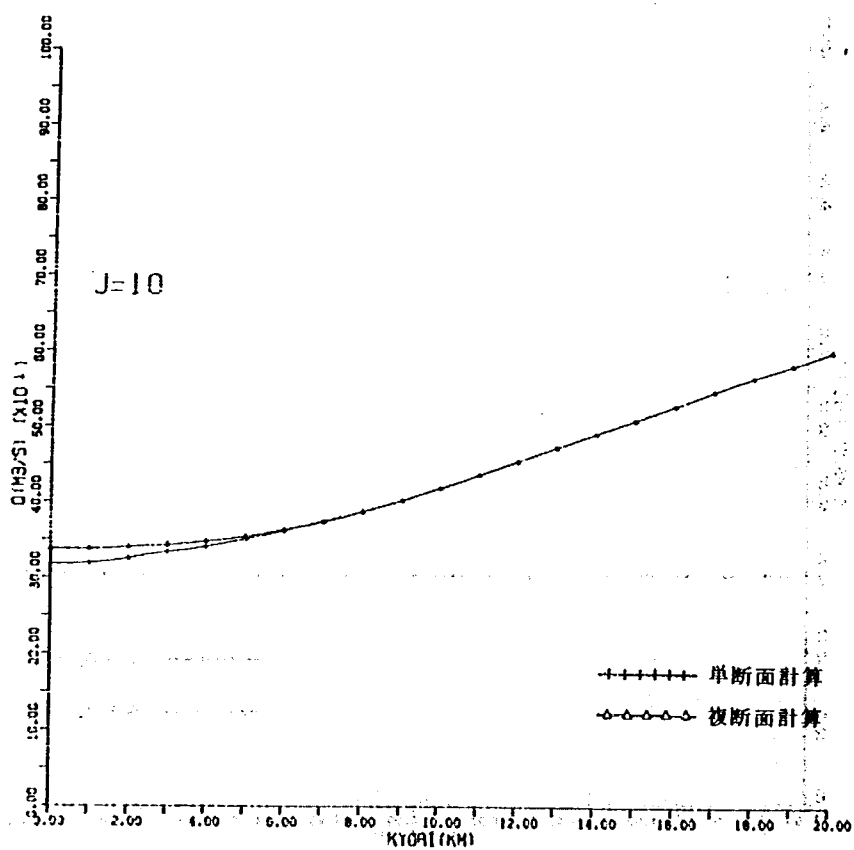


図4-2-13 流量縦断面図

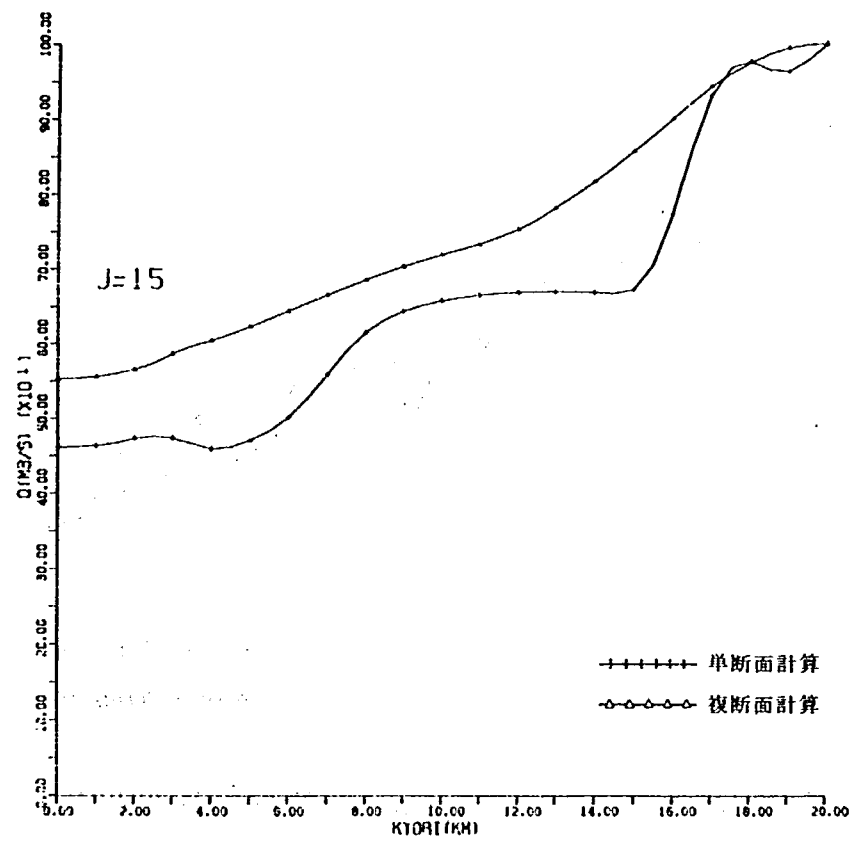


図4-2-14 流量縦断面図

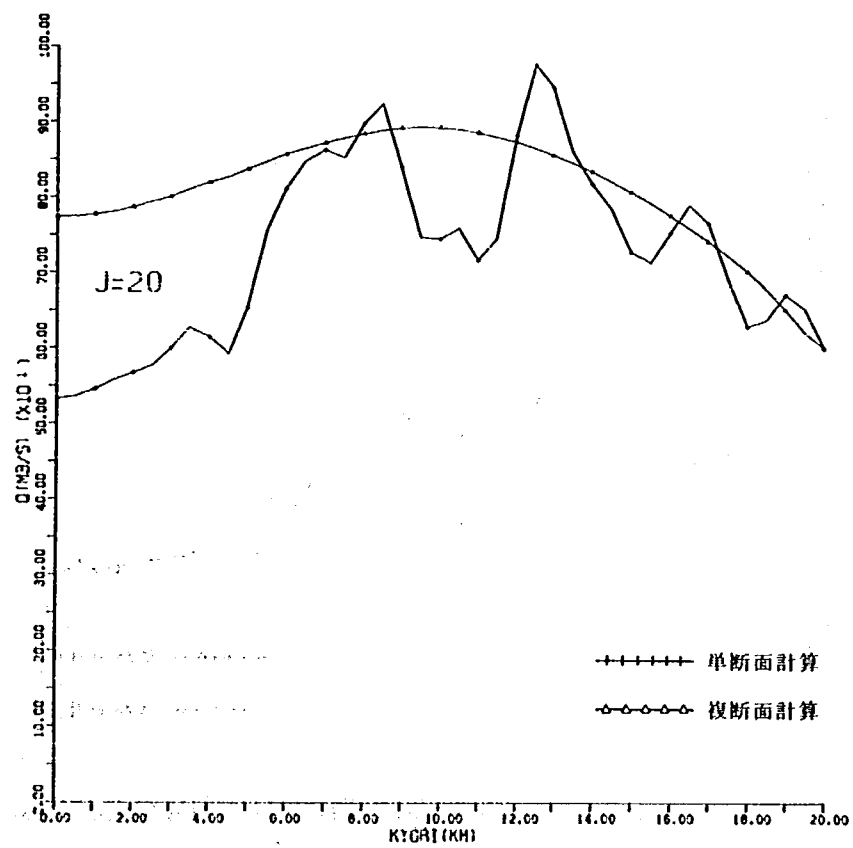


図4-2-15 流量縦断面図

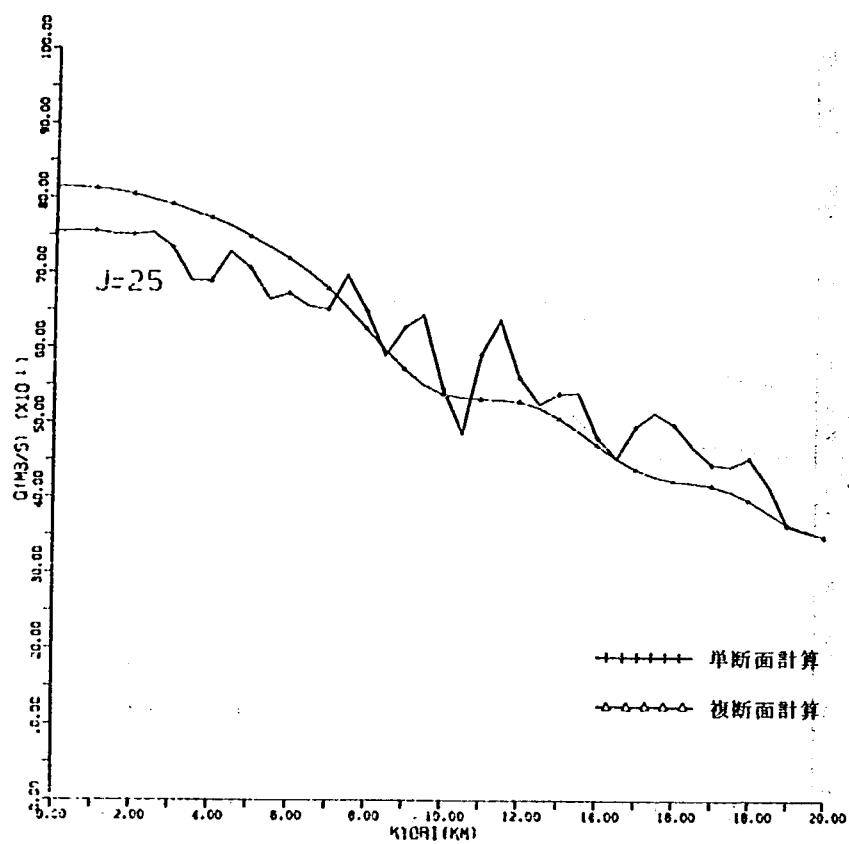


图 4-2-16 流量縱断图

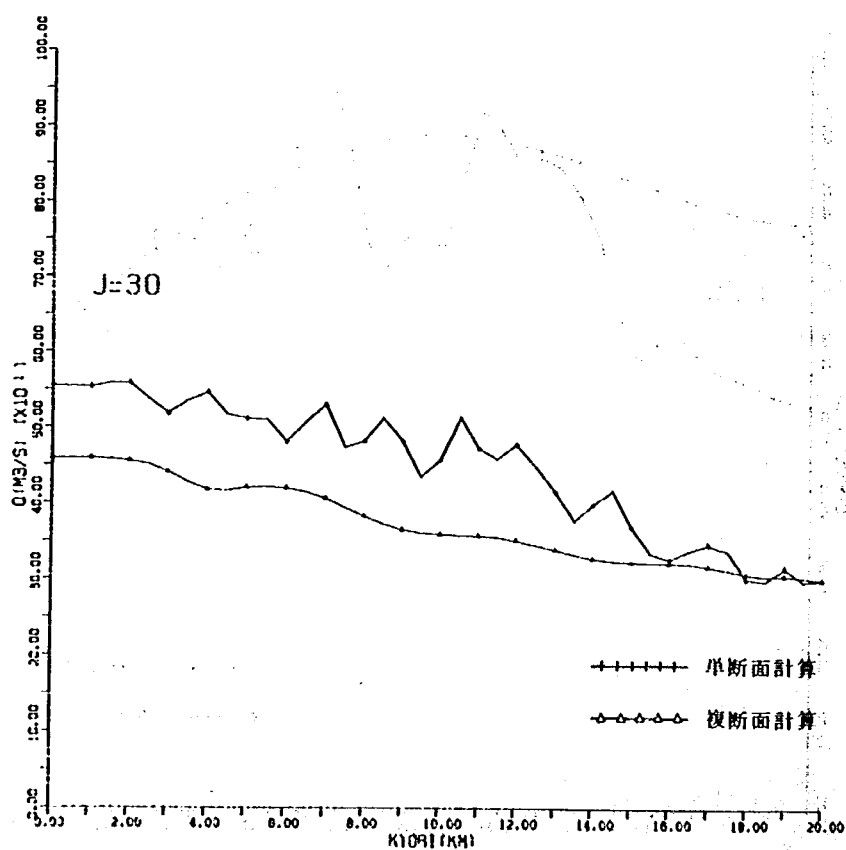


图 4-2-17 流量縱断图

第3節 モデル河川 (Case 2)

3.1 計算の内容

Case 1 と同じモデル河川を用い、今度は水位が高水敷に乗ったところから出発するような流量時系列を与えて単断面計算と複断面計算を比較してみた。

3.2 境界条件

上流端流量の境界条件は、表 4.3.1 に示すとおりである。

表 4.3.1 境界条件

J	QO	HO	J	QO	HO	J	QO	HO
0	700 m ³ /s	4 m	11	1100 m ³ /s	4 m	21	950 m ³ /s	4 m
1	710	一定	12	1200	一定	22	900	一定
2	720		13	1300		23	850	
3	730		14	1400		24	800	
4	740		15	1400		25	750	
5	750		16	1400		26	740	
6	800		17	1300		27	730	
7	850		18	1200		28	720	
8	900		19	1100		29	710	
9	950		20	1000		30	700	
10	1000							

J : 時間ステップ

QO : 上流端流量

HO : 下流端水位

3.3 主な計算条件の一覧

時間ステップ	$\Delta t = 1200 \text{ sec} = 20 \text{ min}$
ステップ数	30 ステップ ($J = 0 \sim 30$)
断面間隔	$\Delta x = 500 \text{ m}$
粗度係数	低水路および高水敷ともに $N = 0.03$
$Q_{\min}$	700 m ³ /sec
$Q_{\max}$	1400 m ³ /sec
下流端水位	4 m (const)

3.4 計算結果

図 4.3.1～図 4.3.8 に水位縦断面図，図 4.3.9～図 4.3.16 に流量縦断面図を示す。図 4.3.17 には 10 km 地点の水位のハイドロを示す。水位が高水敷と交差していないため，単断面計算でも水位，流量ともに安定した結果が得られた。水位については単断面計算の方が複断面計算より高くなっている。流量については，増水期には単断面計算の方が大きく，減水期になると逆に複断面計算の方が大きくなる。図 4.3.17 には 10 km 地点の水位のハイドロを示してあるが，これのピーク水位を一致させるために単断面計算での粗度係数を変えてみた。その結果，単断面計算での粗度係数を約 $NB = 0.024$ にすることによってピーク水位を一致させることができた。（図 4.3.18）しかし，不等流計算および増水期については，その差は縮まるものの依然として単断面計算の方が高い値を示した。また同図から分るように複断面計算のピークが常に遅れる傾向が見られる。

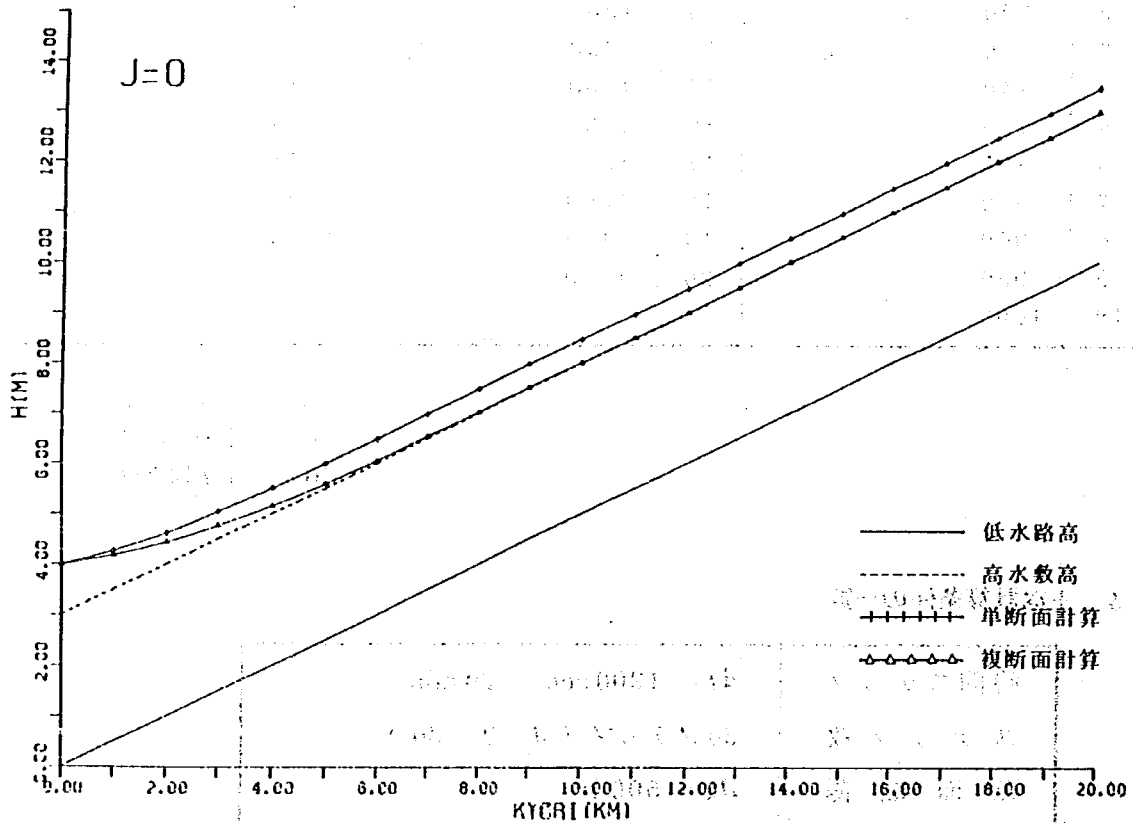


図4-3-1 水位縦断面図

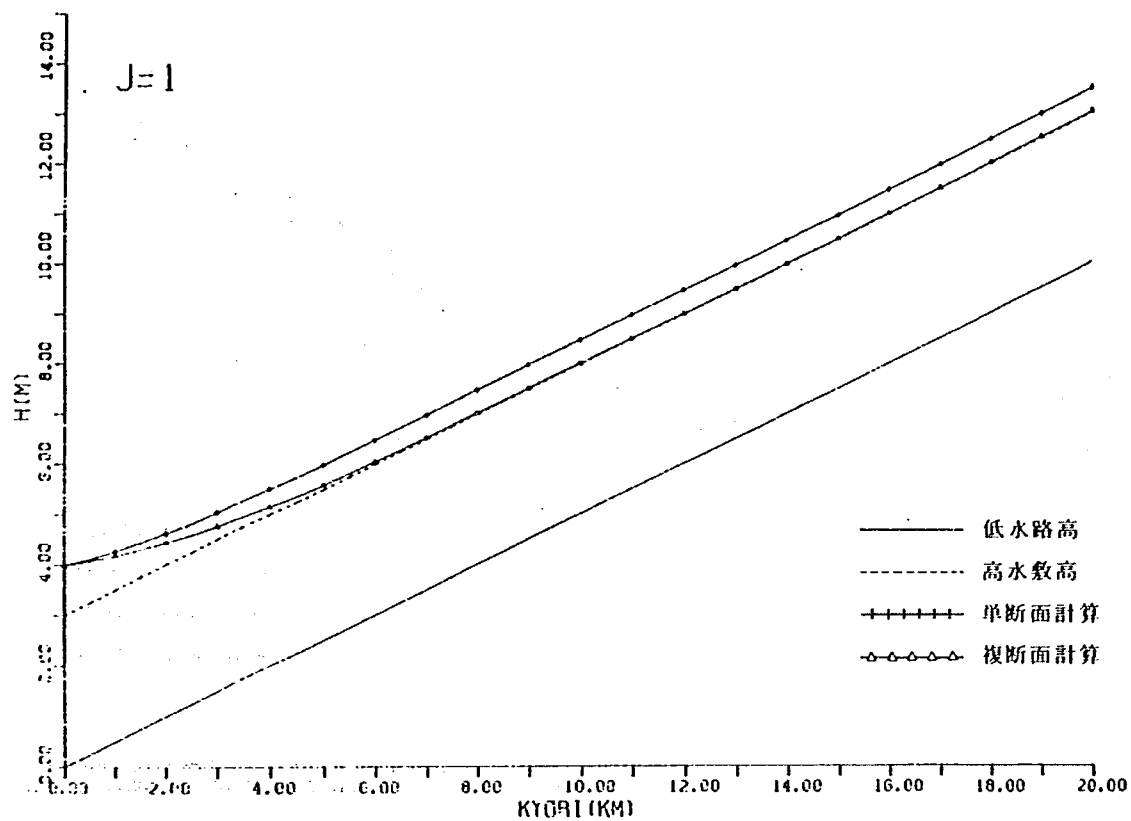


図4-3-2 水位縦断面図

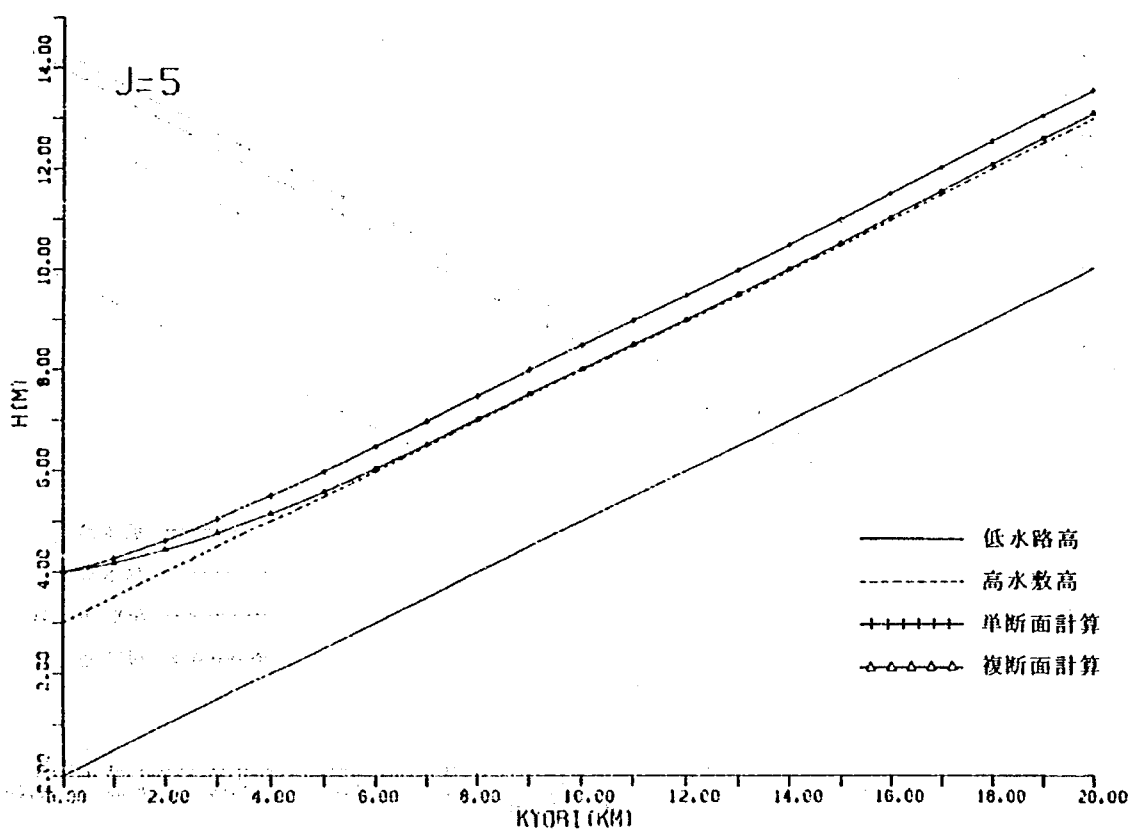


図4-3-3 水位縦断面図

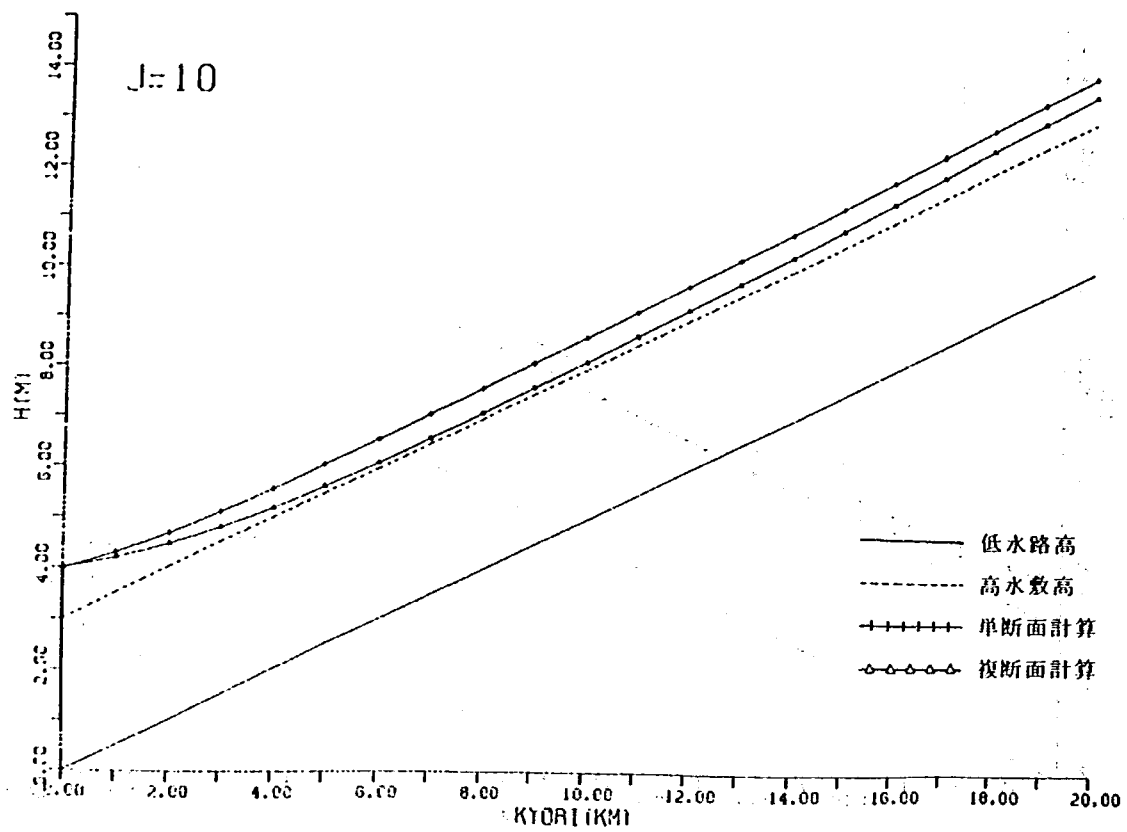


図4-3-4 水位縦断図

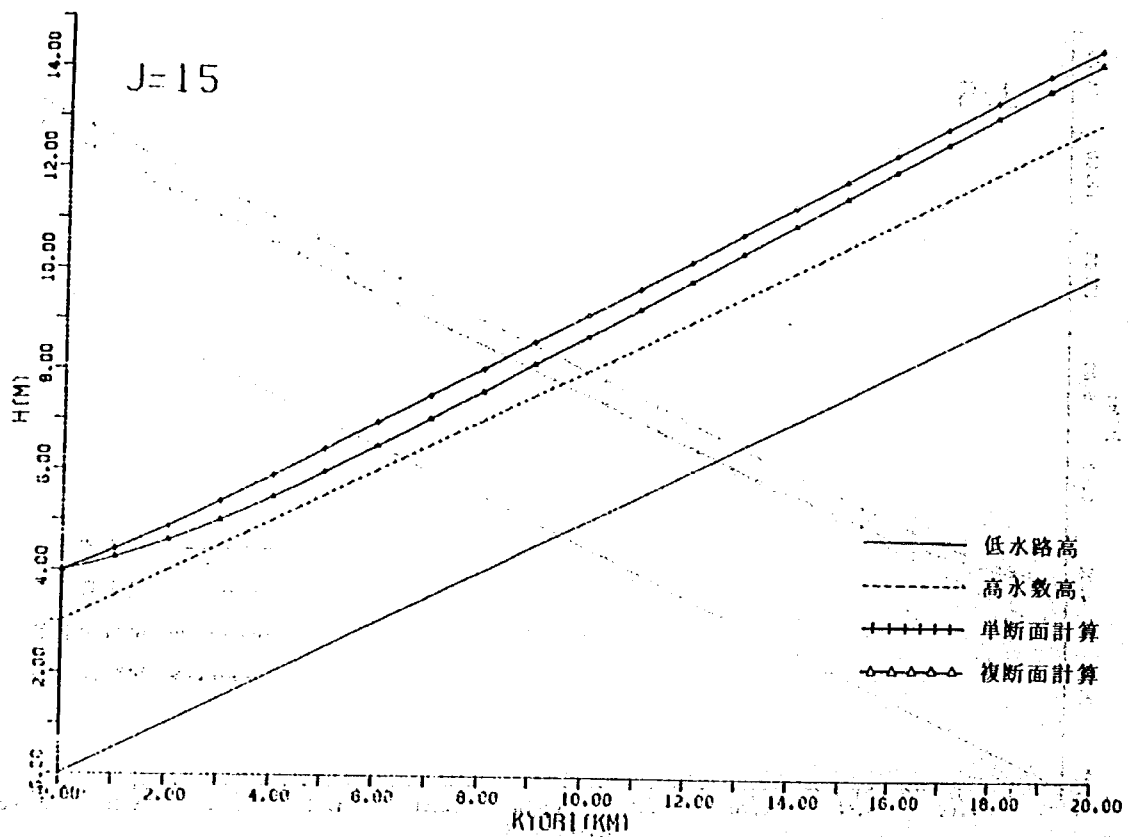


図4-3-5 水位縦断図

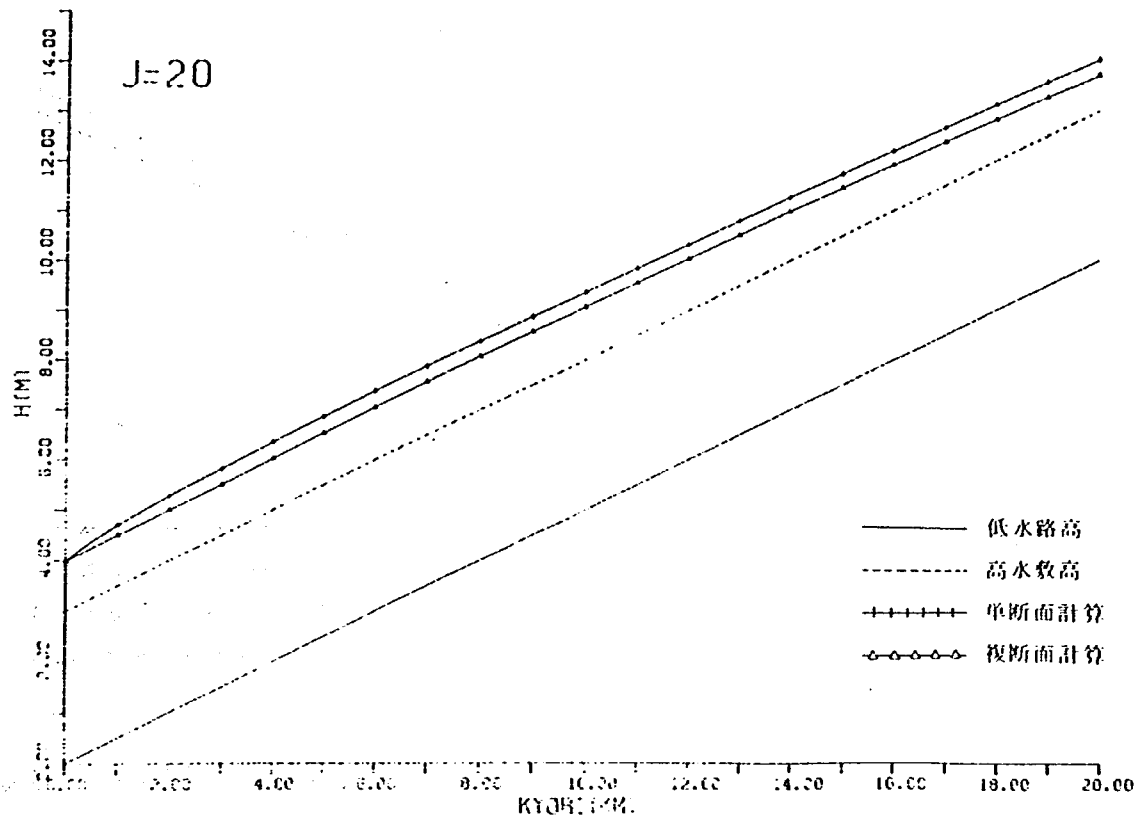


图 4-3-6 水位縦断図

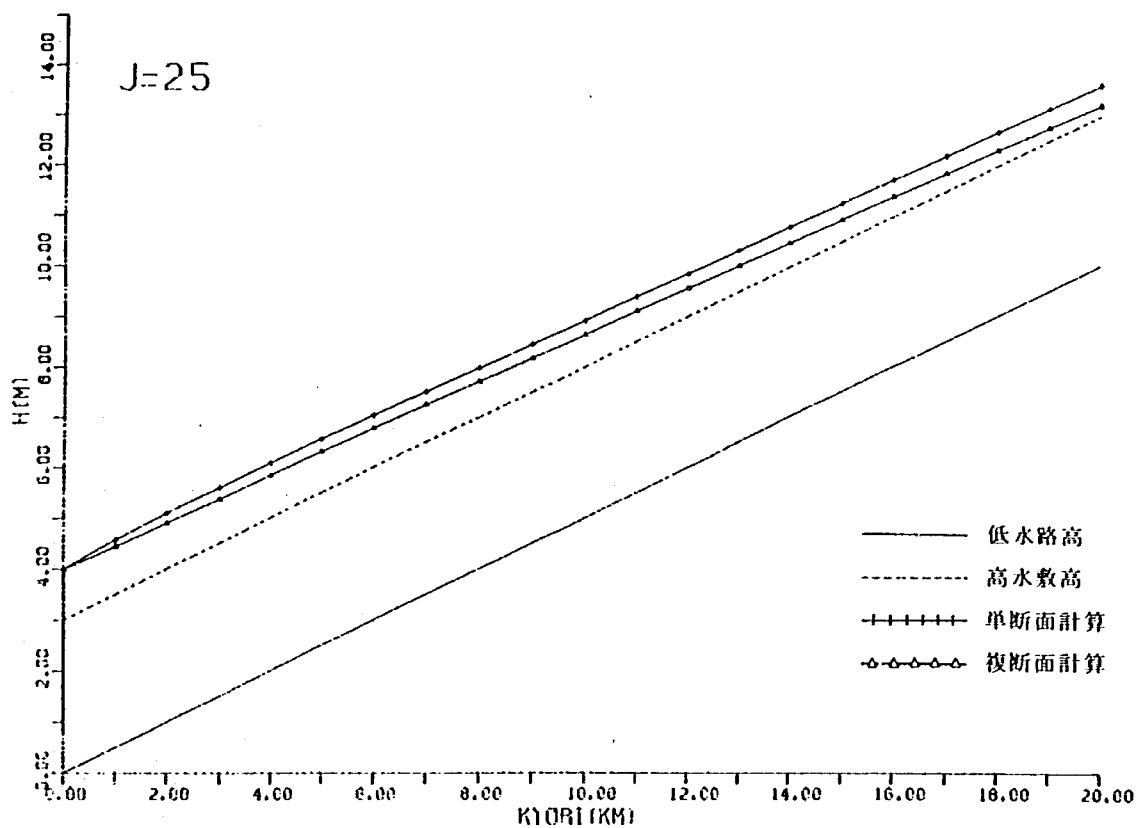


图 4-3-7 水位縦断図

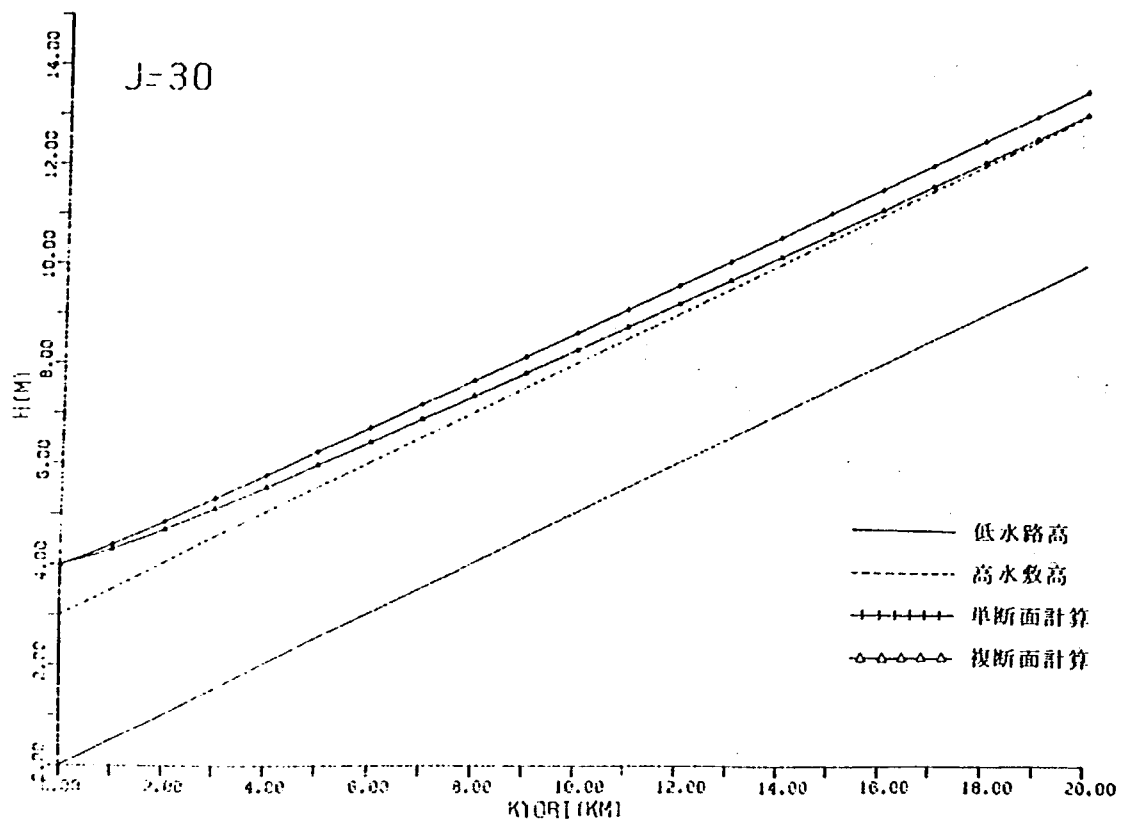


图4-3-8 水位縦断図

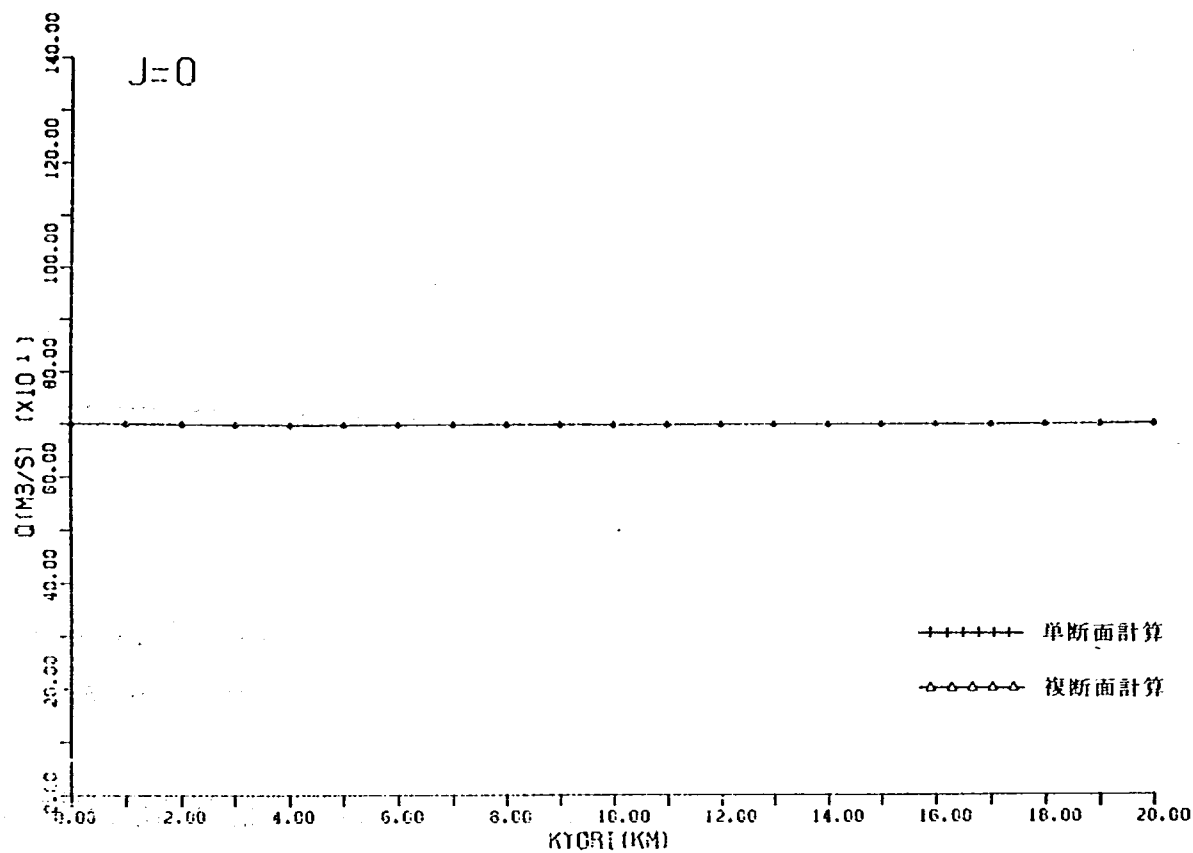


図4-3-9 流量縦断図

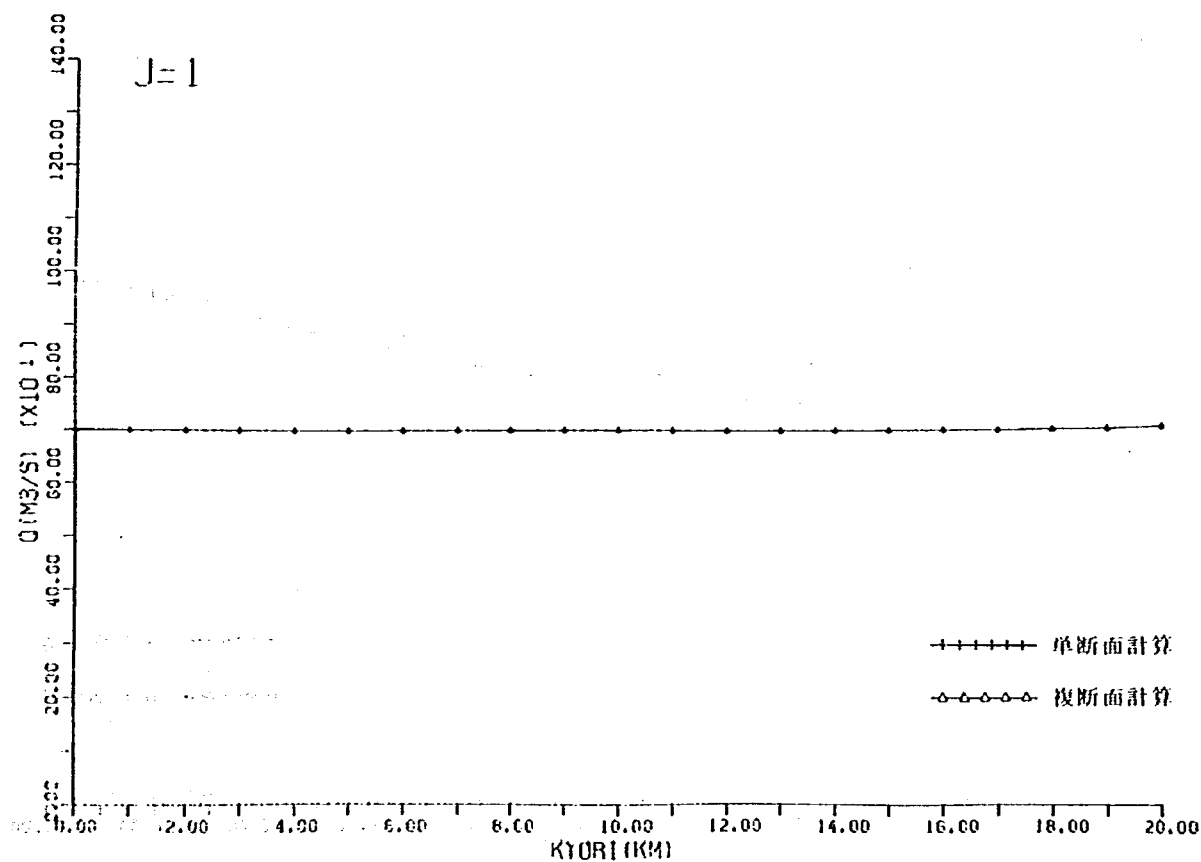


図4-3-10 流量縦断図

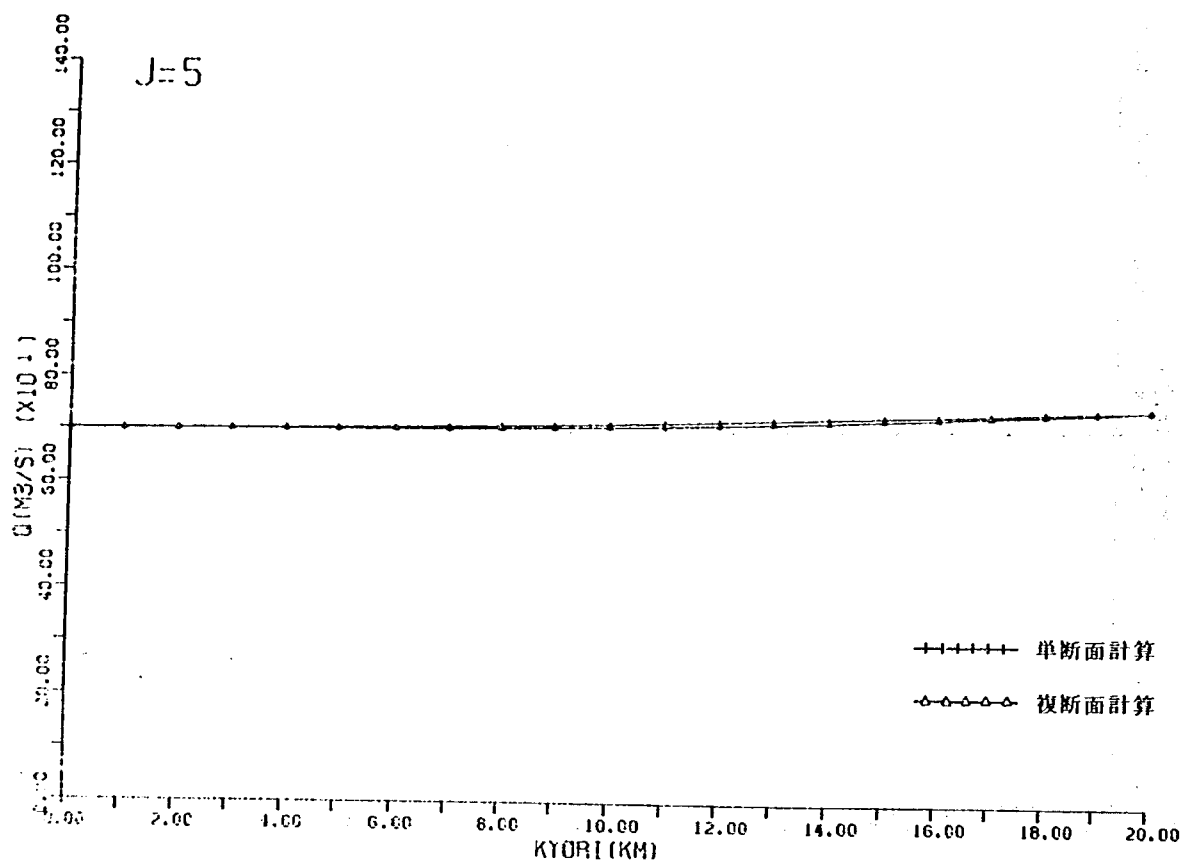


図4-3-11 流量縦断面図

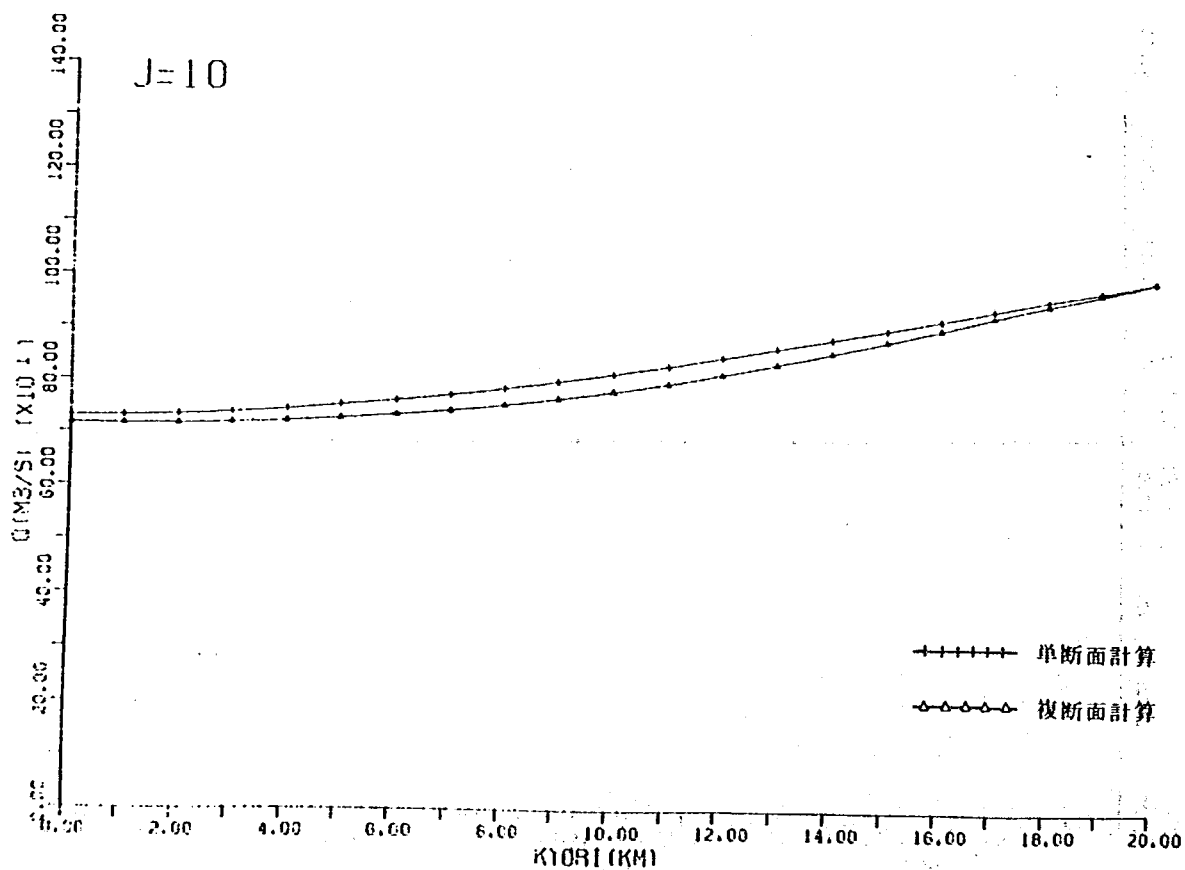


図4-3-12 流量縦断面図

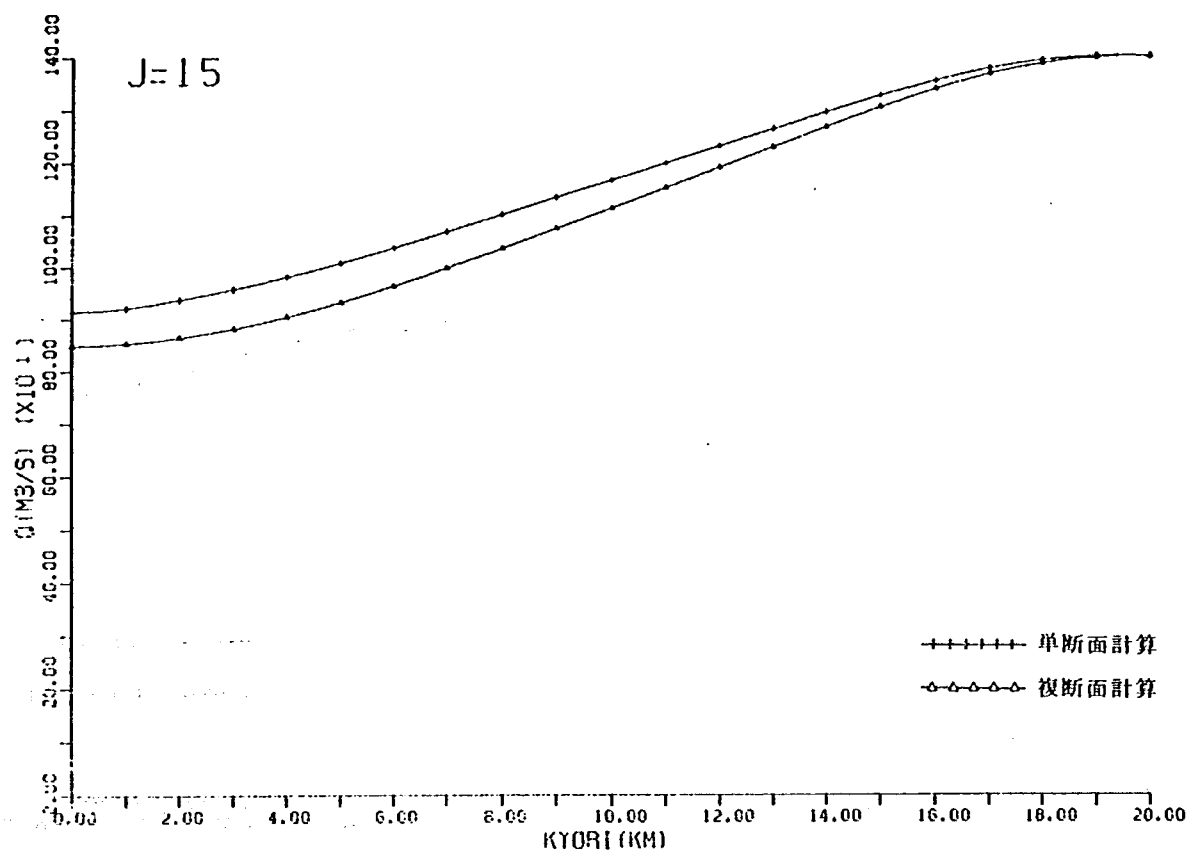


図4-3-13 流量縦断面図

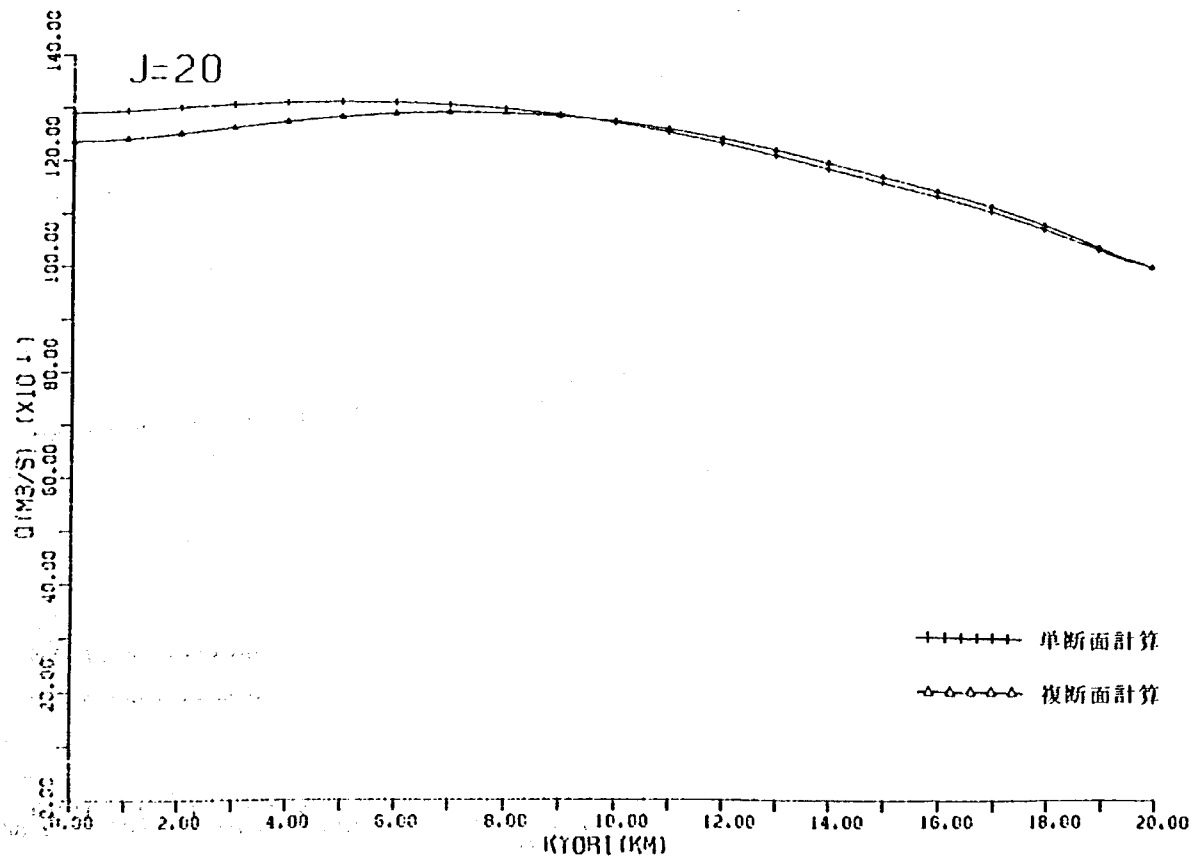


図4-3-14 流量縦断面図

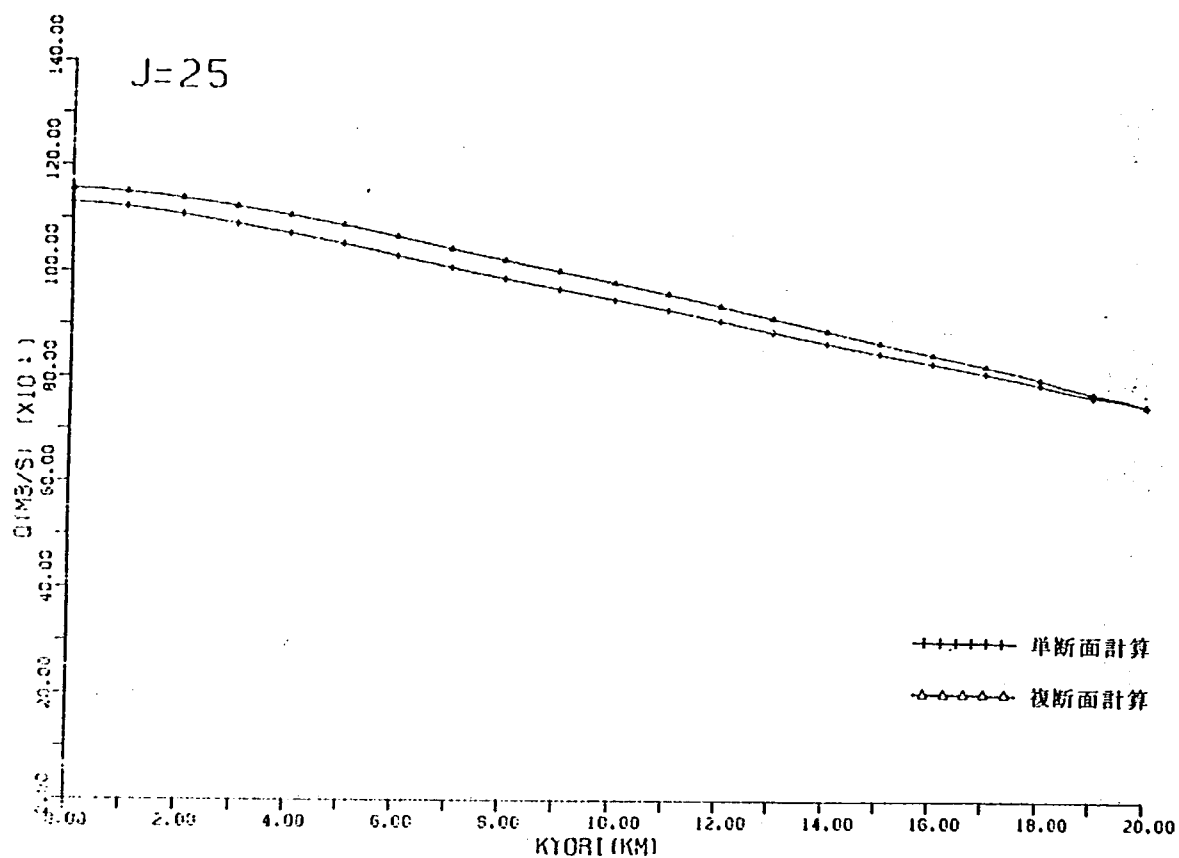


図4-3-15 流量縦断面図

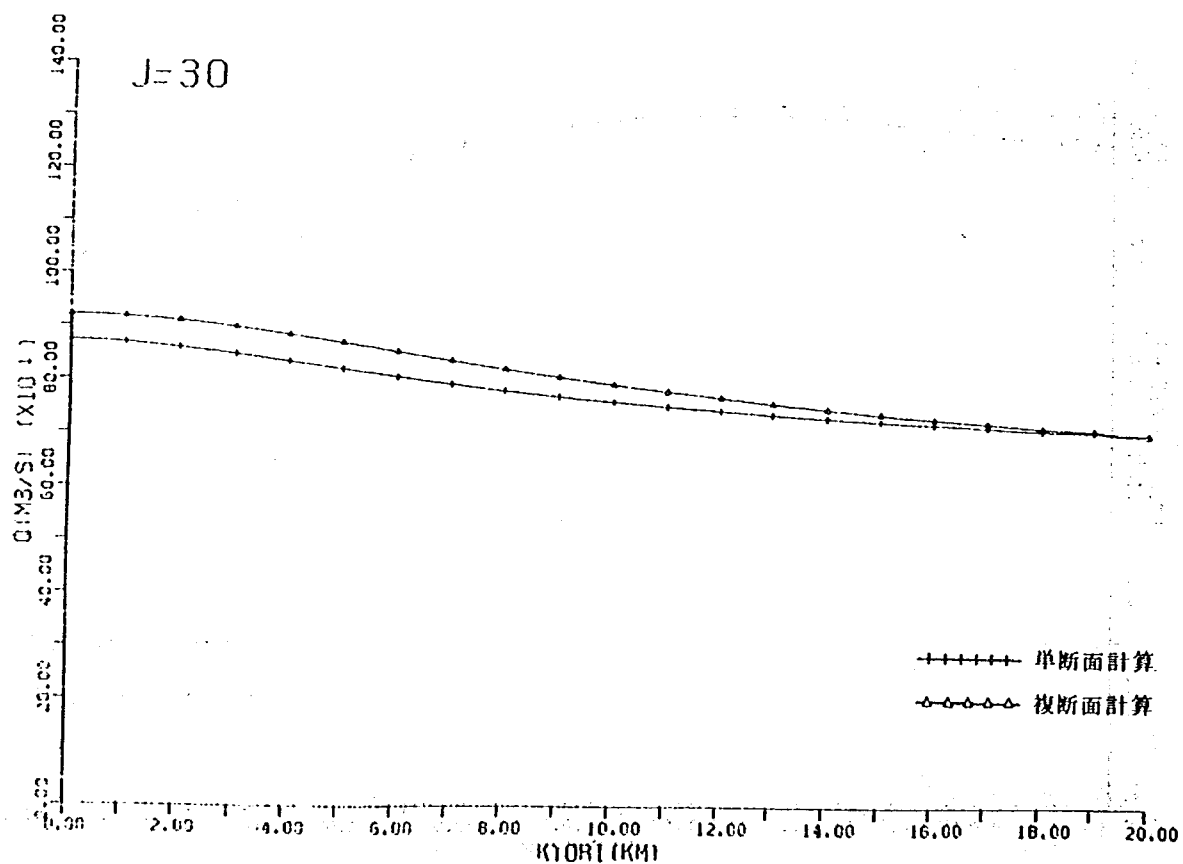


図4-3-16 流量縦断面図

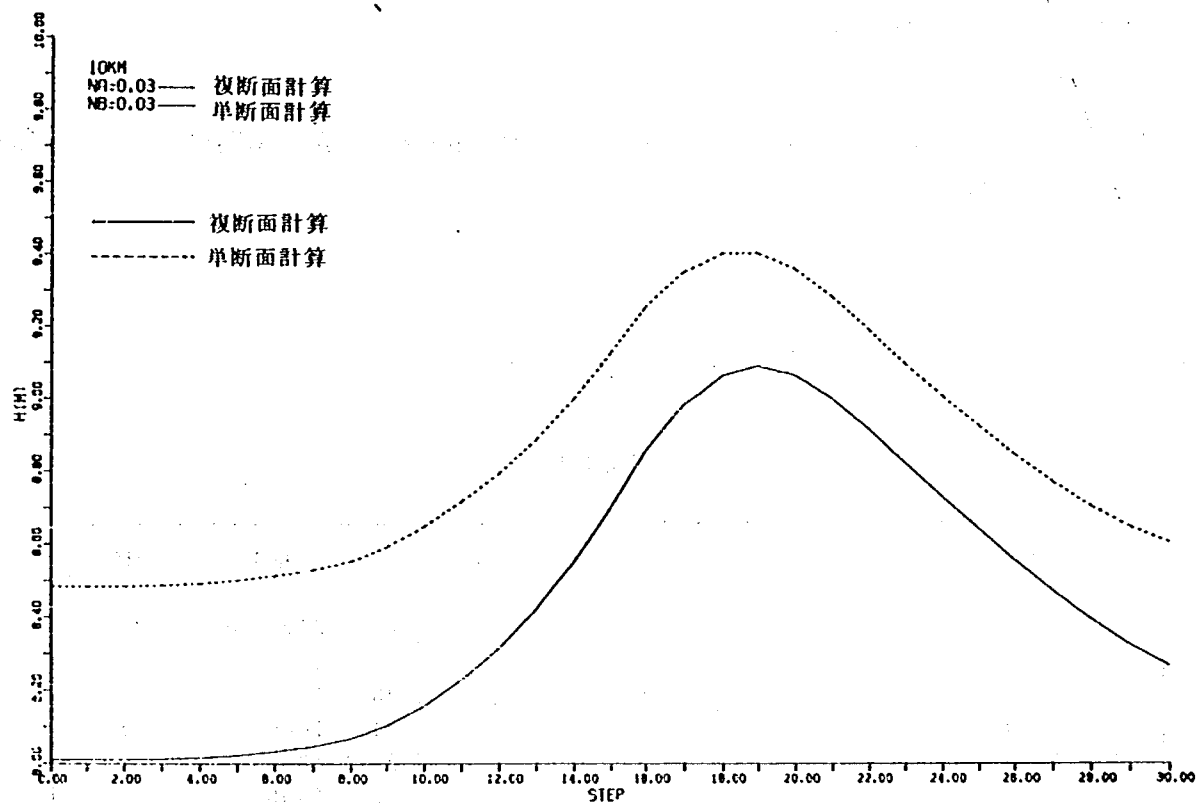


図4-3-17 水位のハイドロ

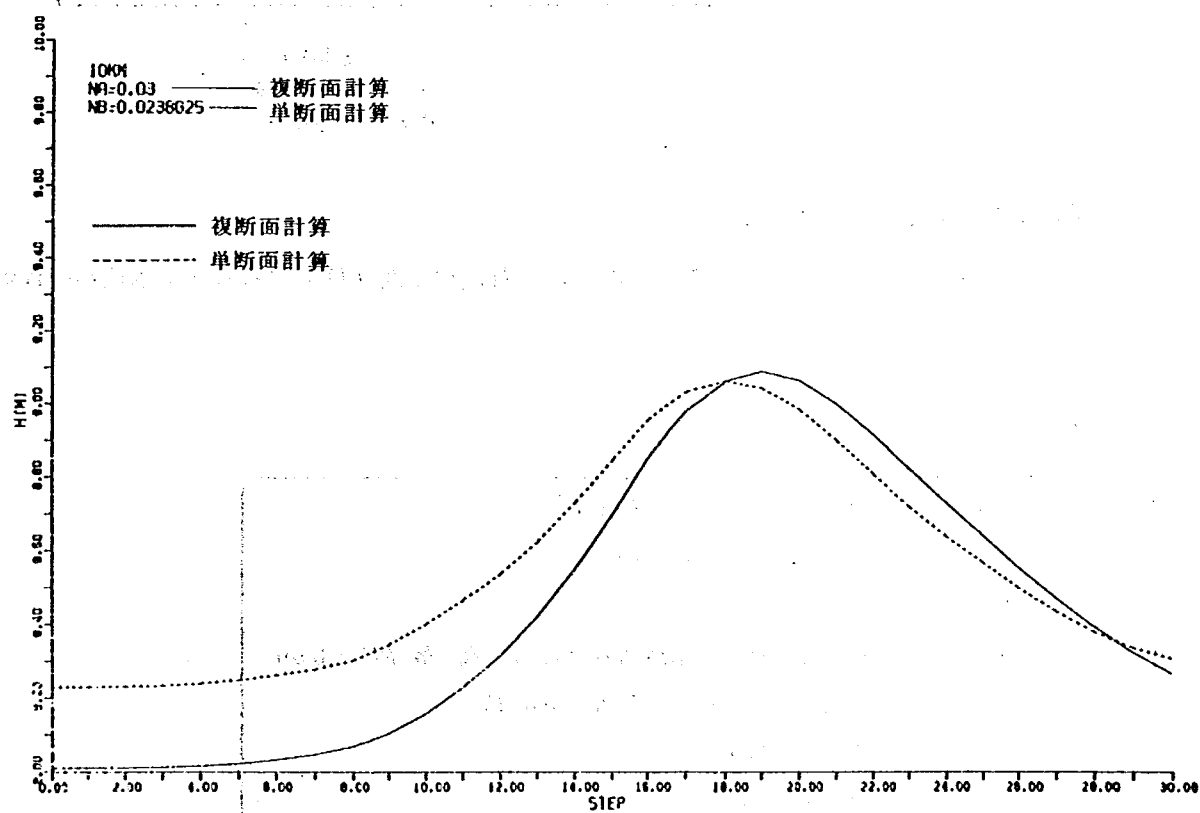


図4-3-18 水位のハイドロ

第4節 モデル河川 (Case 3)

4.1 計算の内容

Case 2 よりさらに流量を大きくし、かつ低水路と高水敷の粗度係数が異なる場合について、単断面計算と複断面計算を比較してみた。

4.2 境界条件

上流端流量の境界条件は、表 4.4.1 に示すとおりである。

表 4.4.1

J	QO	HO	J	QO	HO	J	QO	HO
0	1250 m ³ /s	4 m	11	2400 m ³ /s	4 m	21	2100 m ³ /s	4 m
1	1300	一 定	12	2600	一 定	22	2000	一 定
2	1400		13	2800		23	1900	
3	1500		14	3000		24	1800	
4	1600		15	3000		25	1700	
5	1700		16	3000		26	1600	
6	1800		17	2800		27	1500	
7	1900		18	2600		28	1400	
8	2000		19	2400		29	1300	
9	2100		20	2200		30	1250	
10	2200							

J : 時間ステップ

QO : 上流端流量

HO : 下流端水位

4.3 単断面計算での粗度係数の決め方

複断面計算による 10 km 地点でのピーク水位を求め、これに単断面計算によるピーク水位が一致するように粗度係数を決めた。

4.4 主な計算条件の一覧

時間ステップ	$\Delta t = 1200 \text{ sec} = 20 \text{ min}$
ステップ数	30 ステップ (J = 0 ~ 30)
断面間隔	$\Delta x = 500 \text{ m}$
粗度係数	複断面計算 低水路 $NL = 0.03$, 高水敷 $NU = 0.06$ 単断面計算 断面平均 $N = 0.03172$
$Q_{\min}$	1250 m ³ /sec
$Q_{\max}$	3000 m ³ /sec
下流端水位	4 m (const)

4.5 計算結果

図4.4.1に10 km地点でのピーク水位が単断面計算と複断面計算とで一致するときの粗度係数を用いた場合のハイドロを示す。図4.4.2～図4.4.8に水位縦断面図、図4.4.9～図4.4.15に流量縦断面図を示す。水位はピークで合うように粗度係数を設定したが、Case 2と同じように不等流計算および増水時においては、水位のハイドロは単断面計算の方が高くなっている。流量も依然として増水時には単断面計算の方が大きく、減水時には複断面計算の方が大きくなるという傾向は変わっていない。なお、複断面計算での低水路および高水敷の粗度係数がともに $NA = 0.03$ のときは、単断面計算での粗度係数は約 $NB = 0.028$ で10 km地点のピーク水位が一致するようになった。図4.4.16および図4.4.17にそのハイドロを示す。さきに述べた高水敷の粗度係数が $NU = 0.06$ のときは、単断面計算での粗度係数は約 $N = 0.032$ であったから、これと比較すると確かに高水敷の粗度を大きくした影響はでているものの、それほど大きなものではないことが分る。また複断面計算での低水路および高水敷の粗度係数をそれぞれさきの計算と同じく $NL = 0.03$ 、 $NU = 0.06$ とし、単断面計算での粗度係数もさきの方法で決めた $N = 0.032$ を用いて、流量をさらに増やした場合の10 km地点での水位ハイドロを求めてみた。

その結果ピーク水位は一致しなくなった。したがって、単断面の粗度係数は水深によって変動することが分る。そのハイドロを図4.4.18に示す。

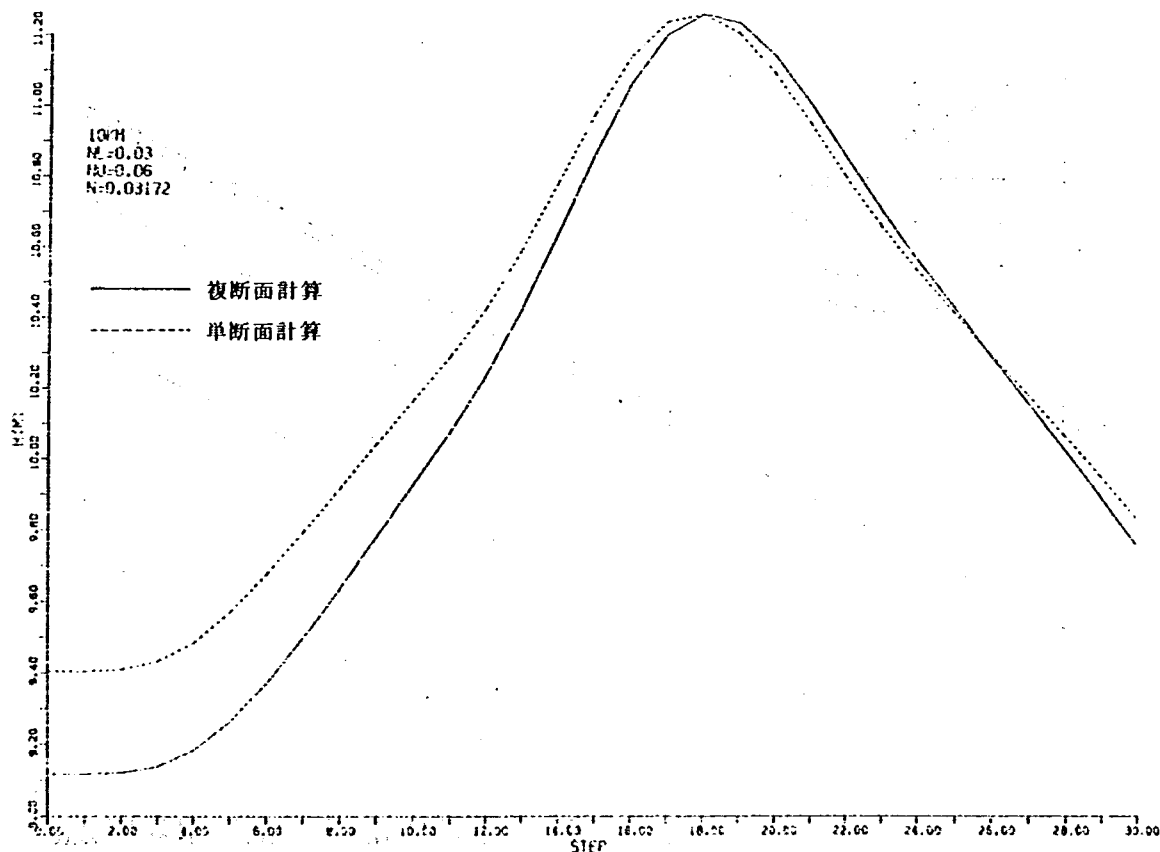


図4-4-1 水位のハイドロ

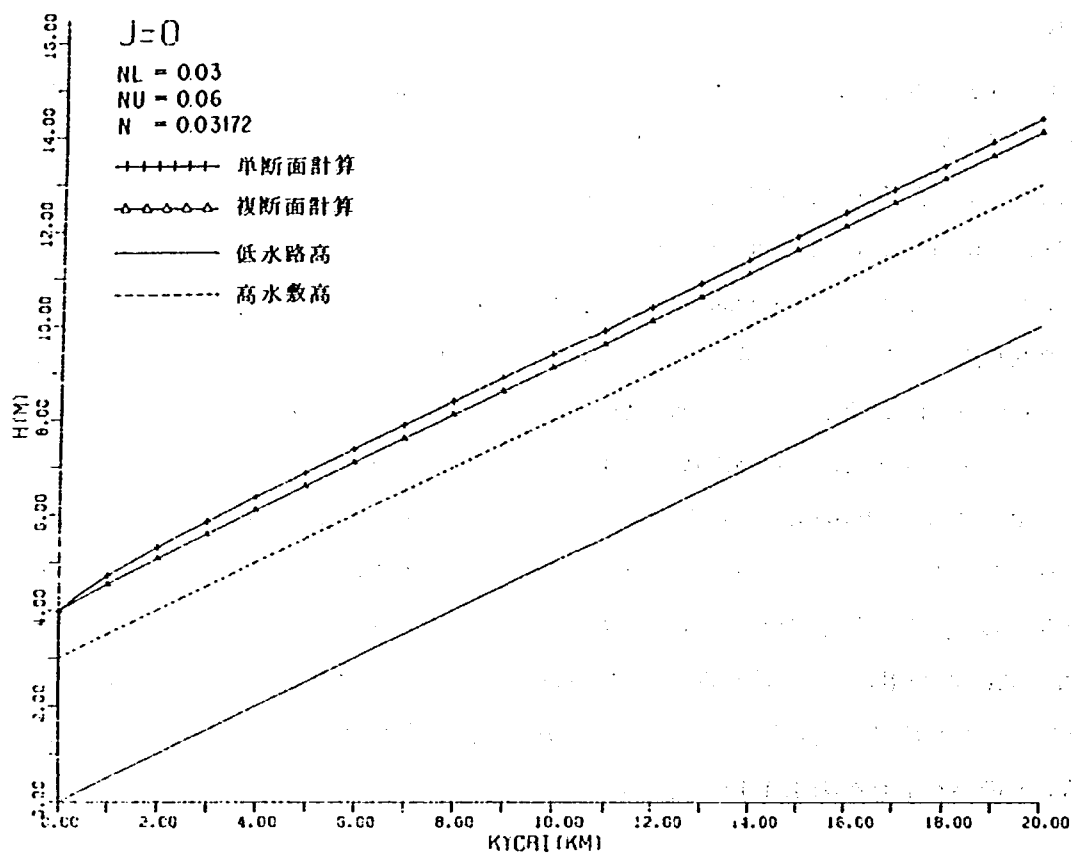


图 4-4-2 水位縦断図

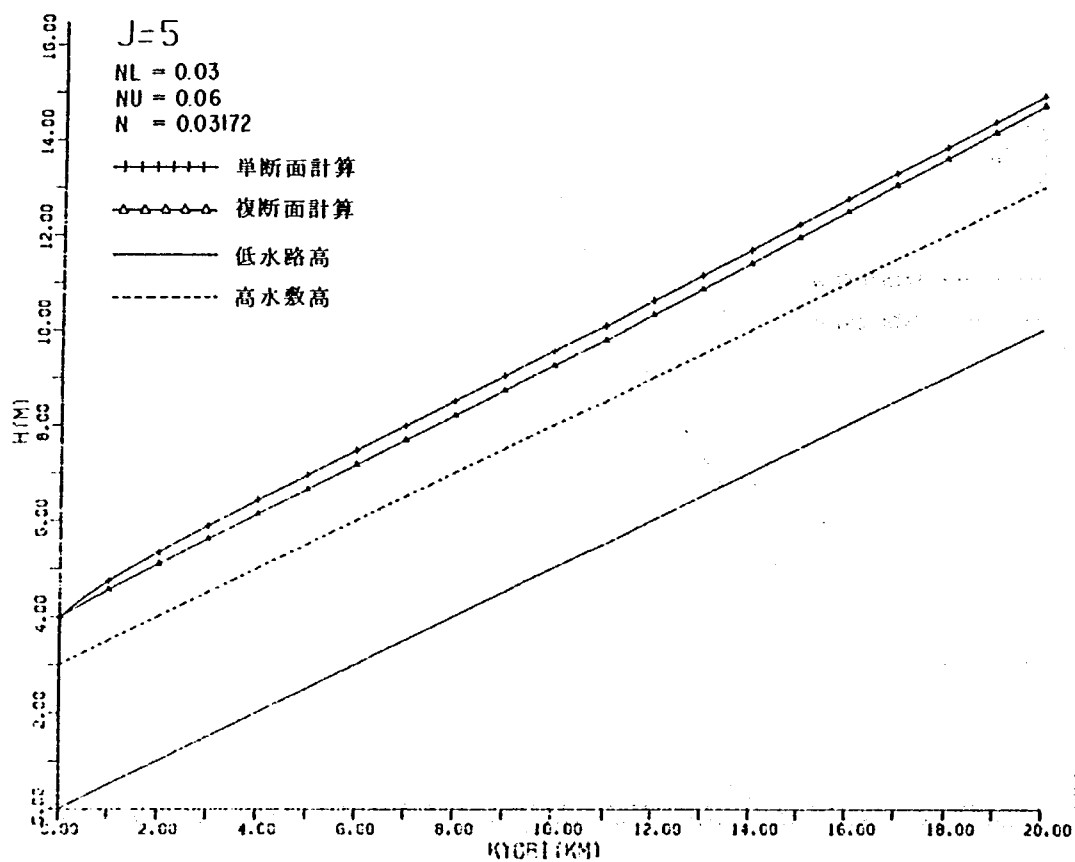


图 4-4-3 水位縦断図

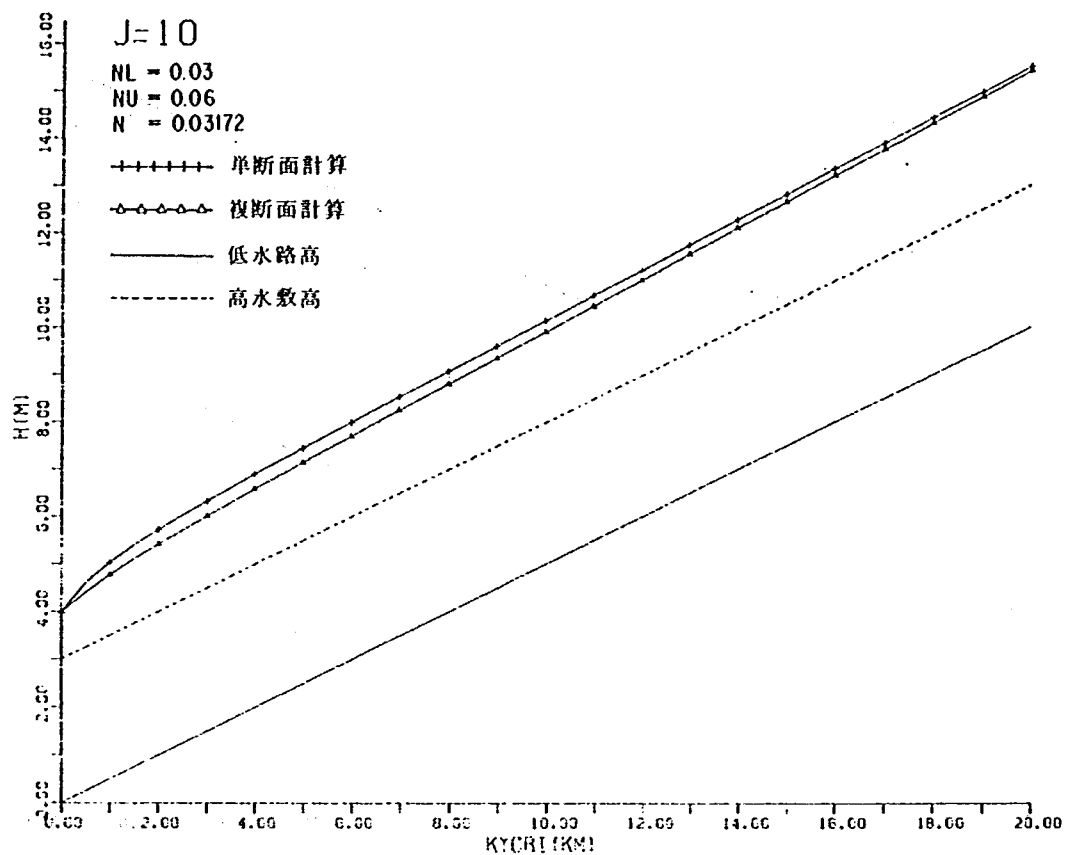


図4-4-4 水位縦断面図

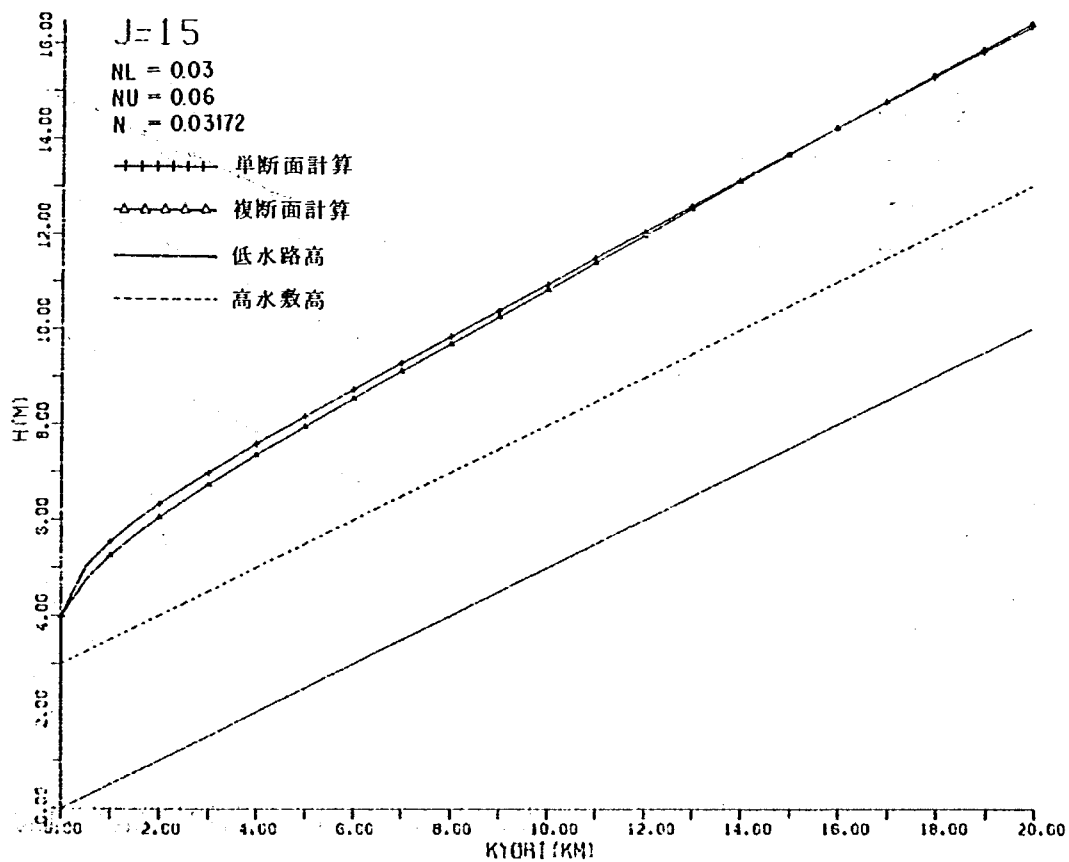


図4-4-5 水位縦断面図

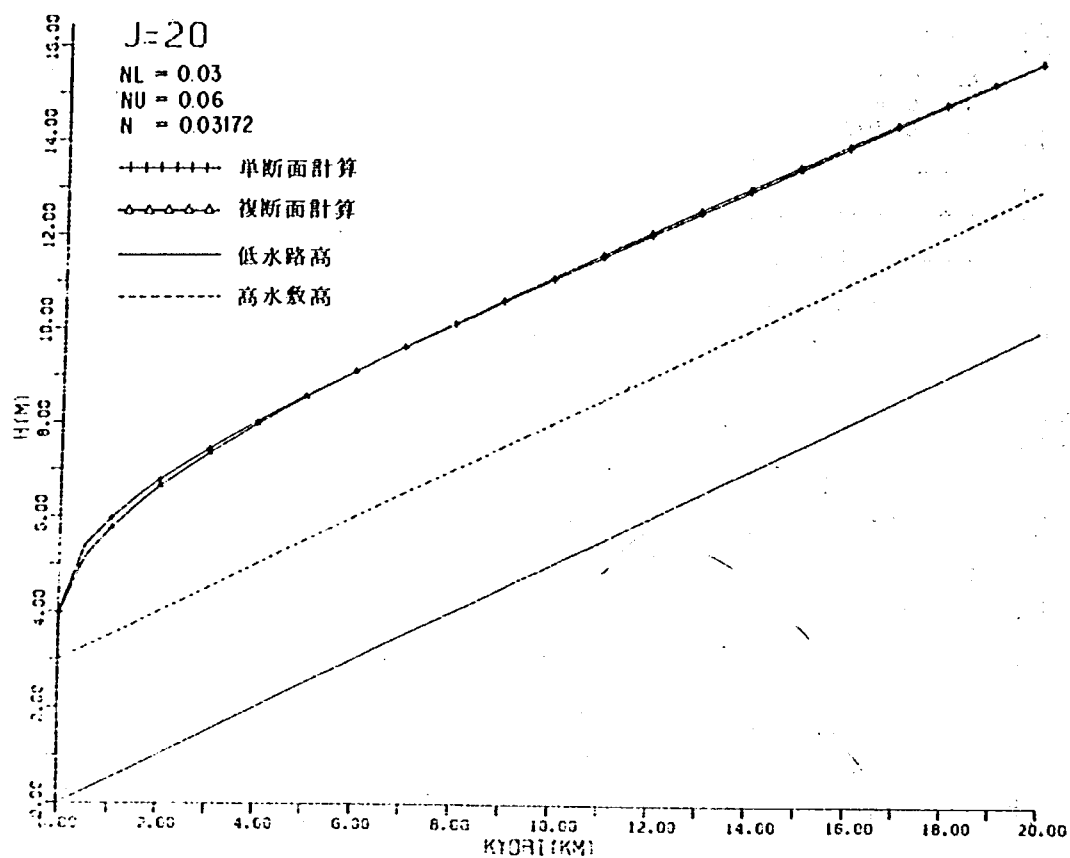


图4-4-6 水位縦断図

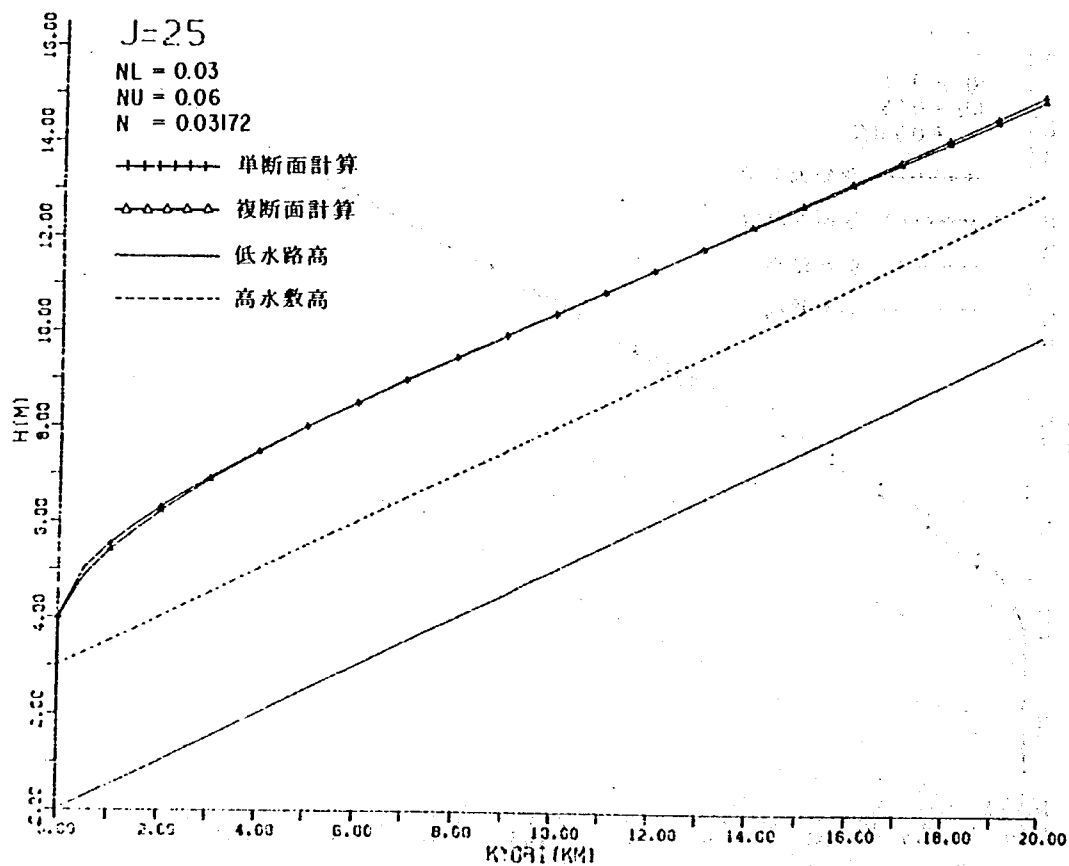


图4-4-7 水位縦断図

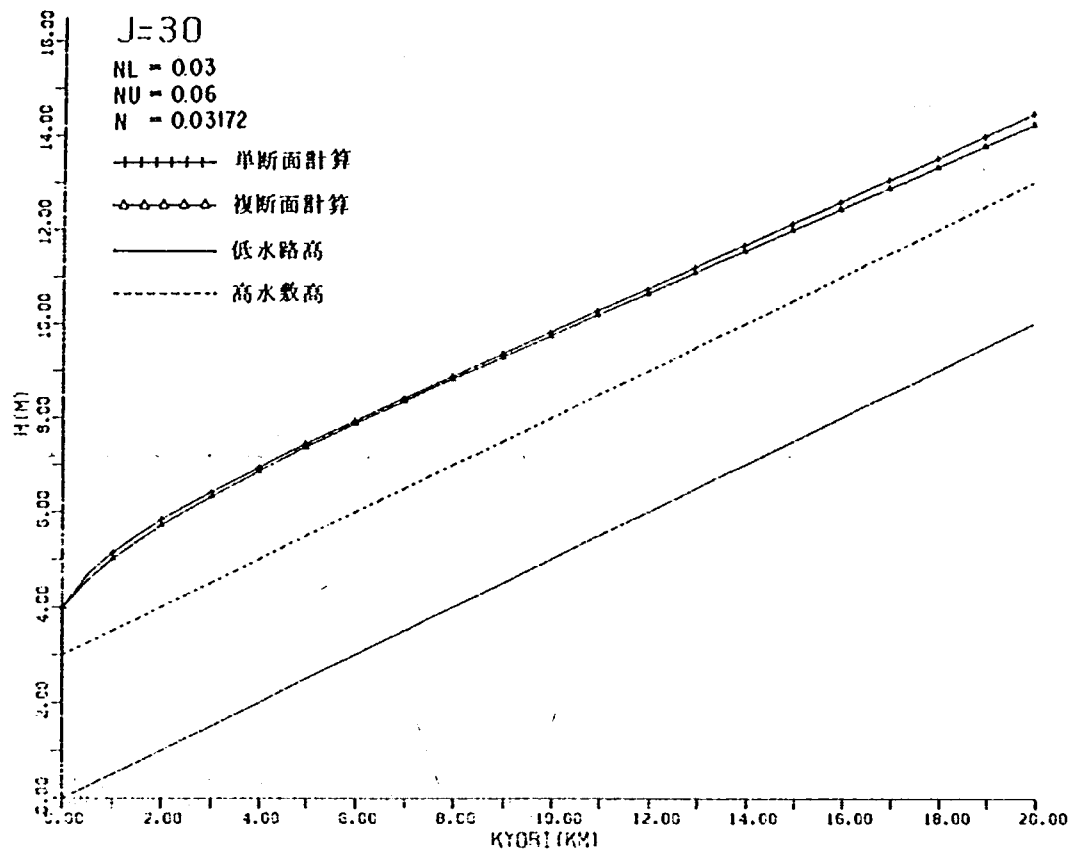


图4-4-8 水位縦断図

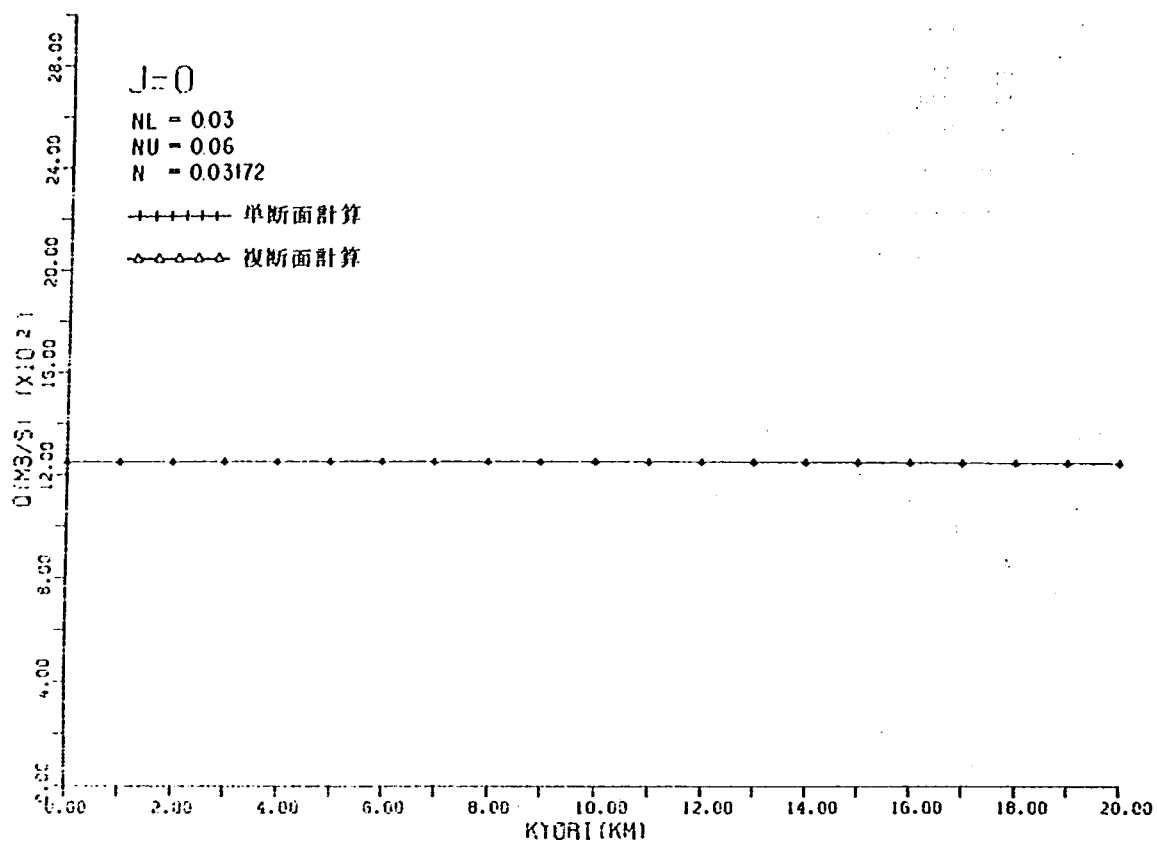


図4-4-9 流量縦断図

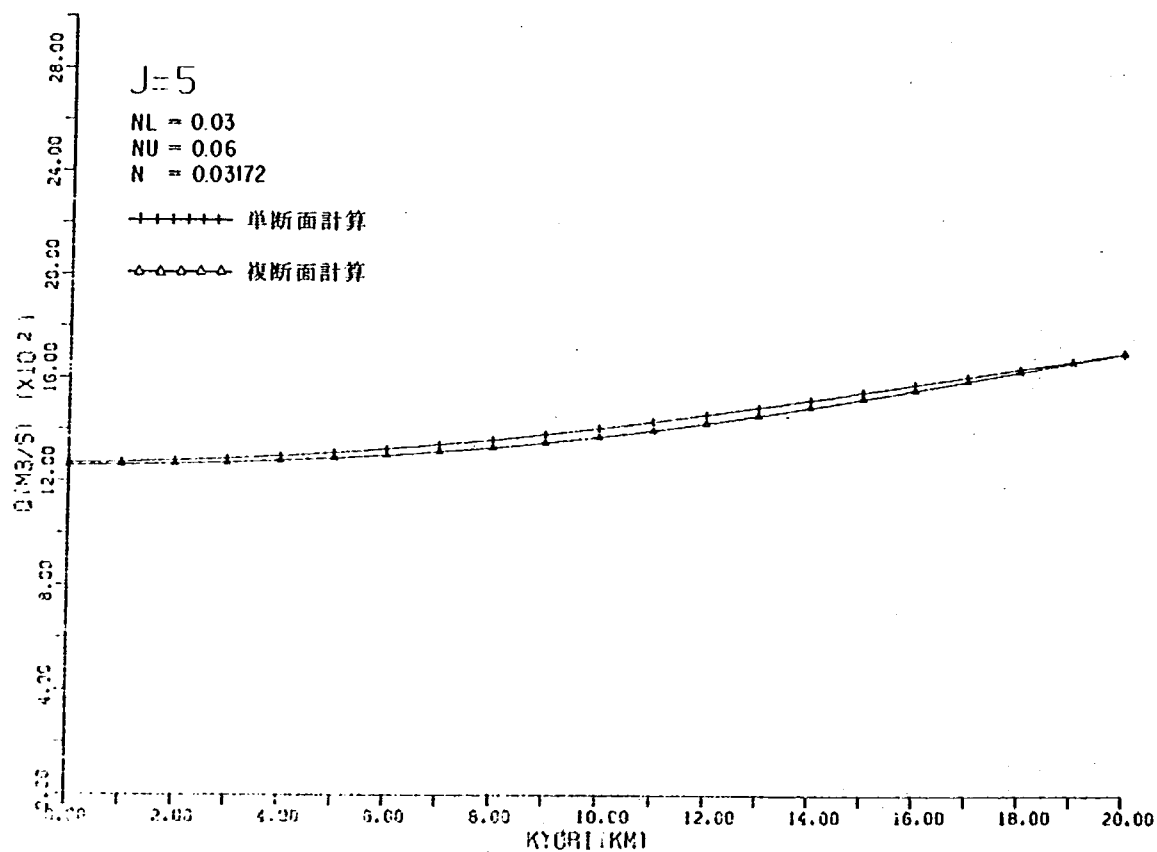


図4-4-10 流量縦断図

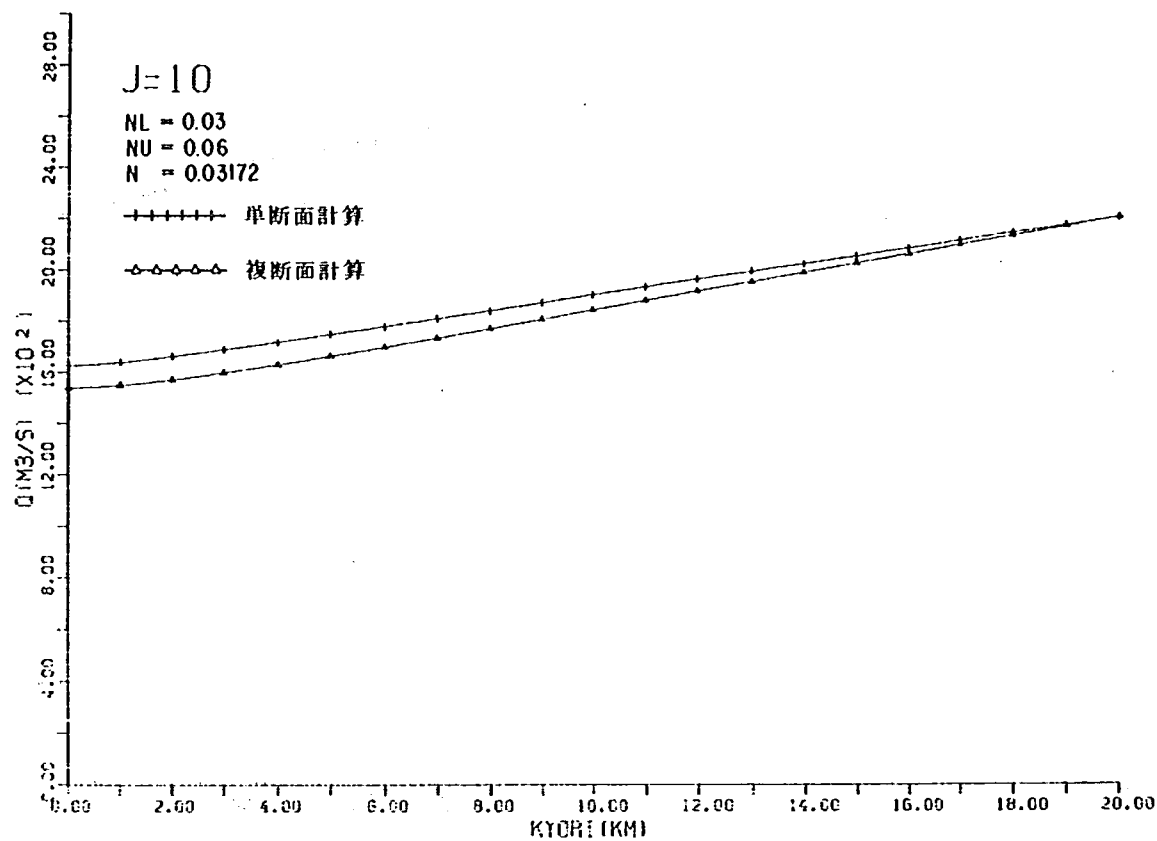


図4-4-11 流量縦断図

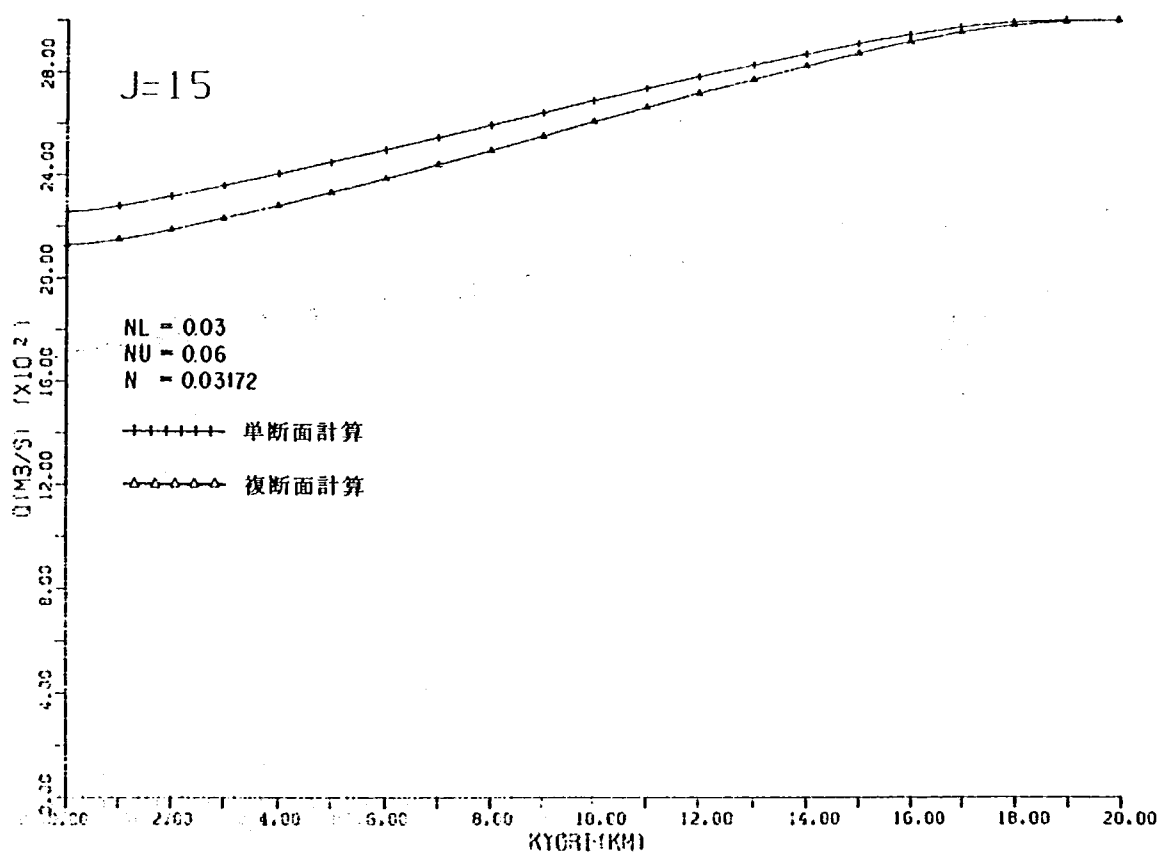


図4-4-12 流量縦断図

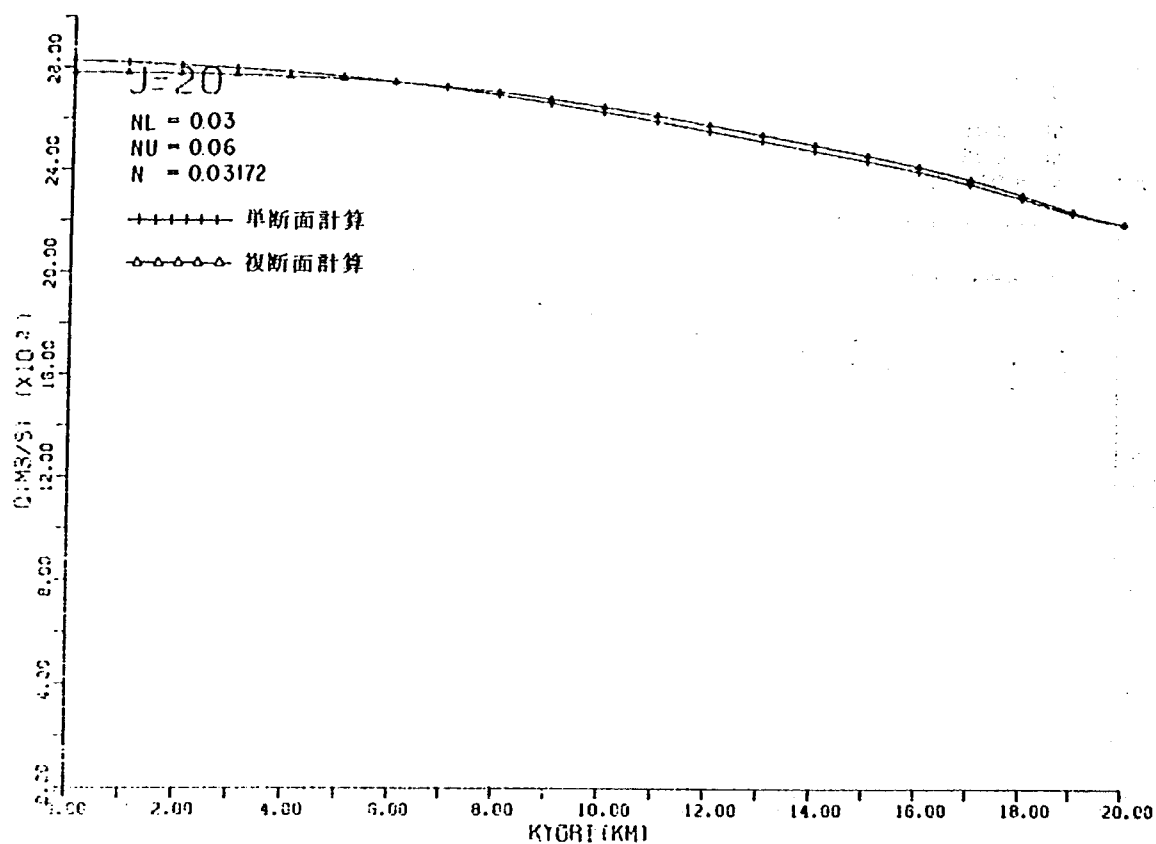


図4-4-13 流量縦断図

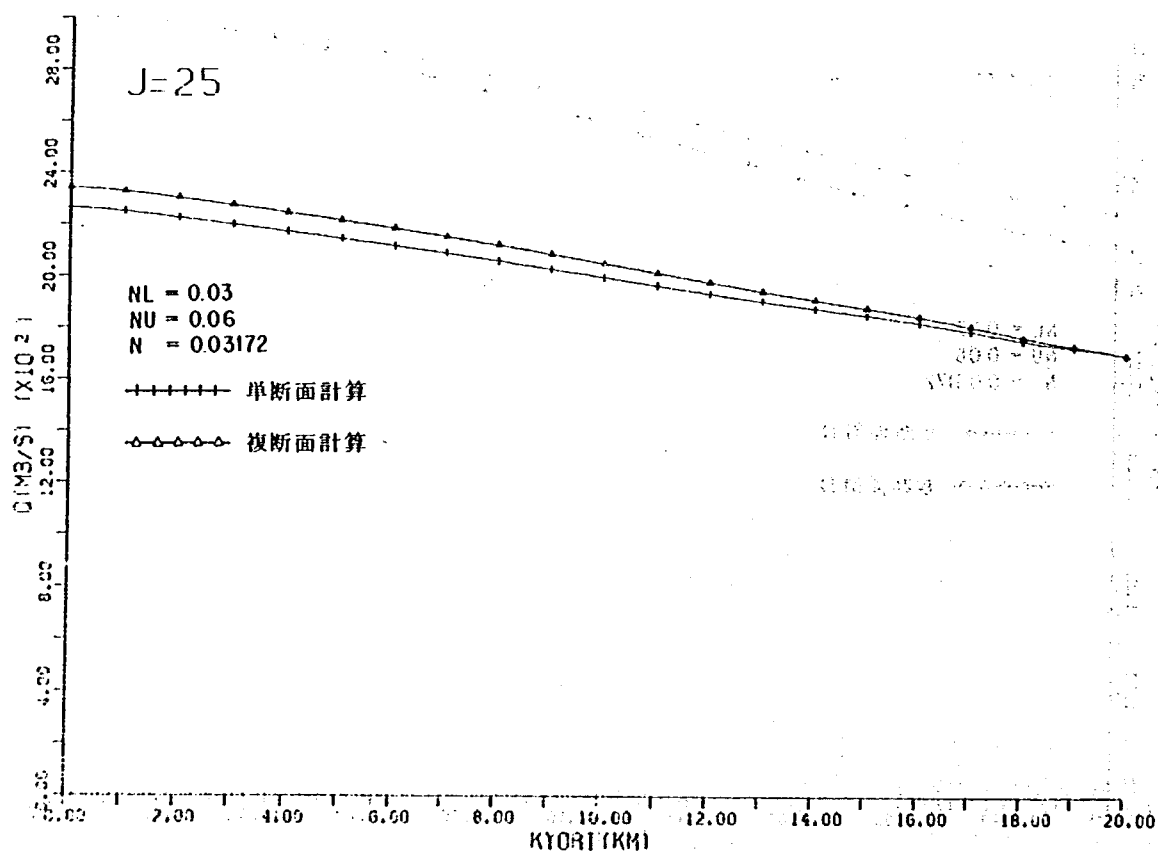


図4-4-14 流量縦断図

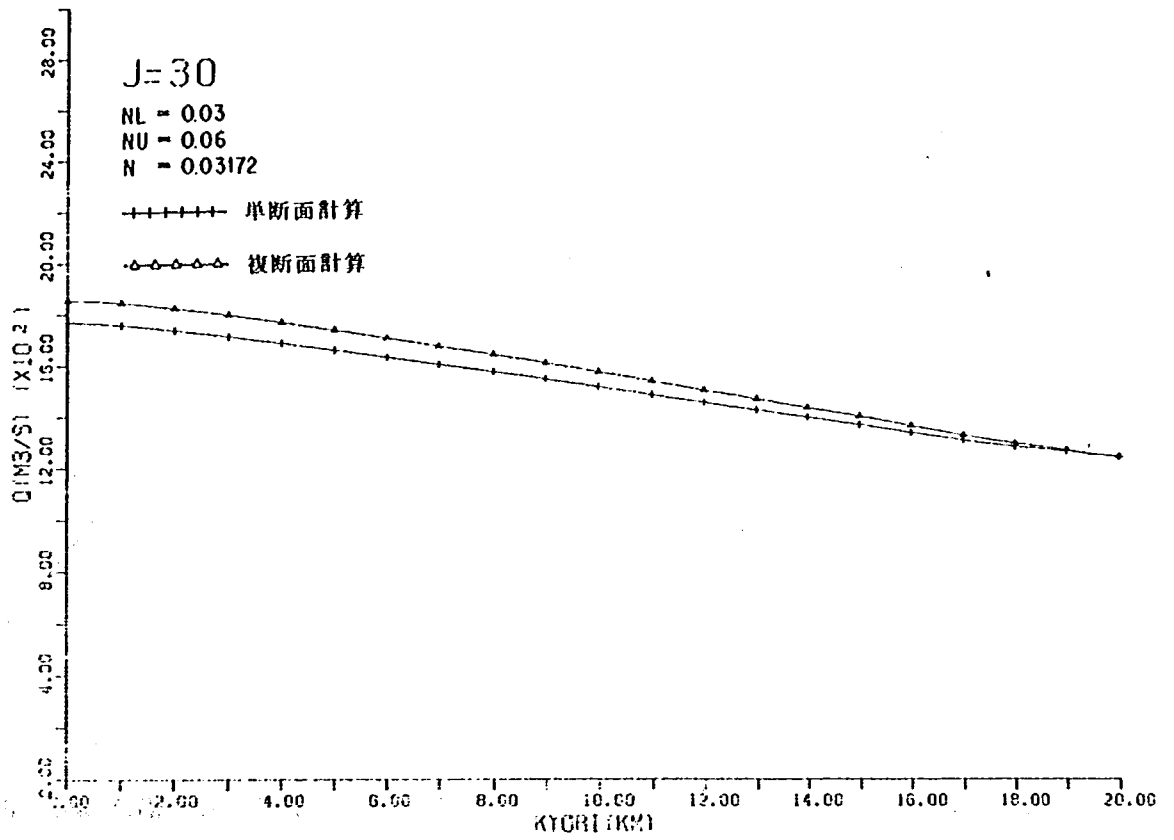


图 4-4-15 流量縦断図

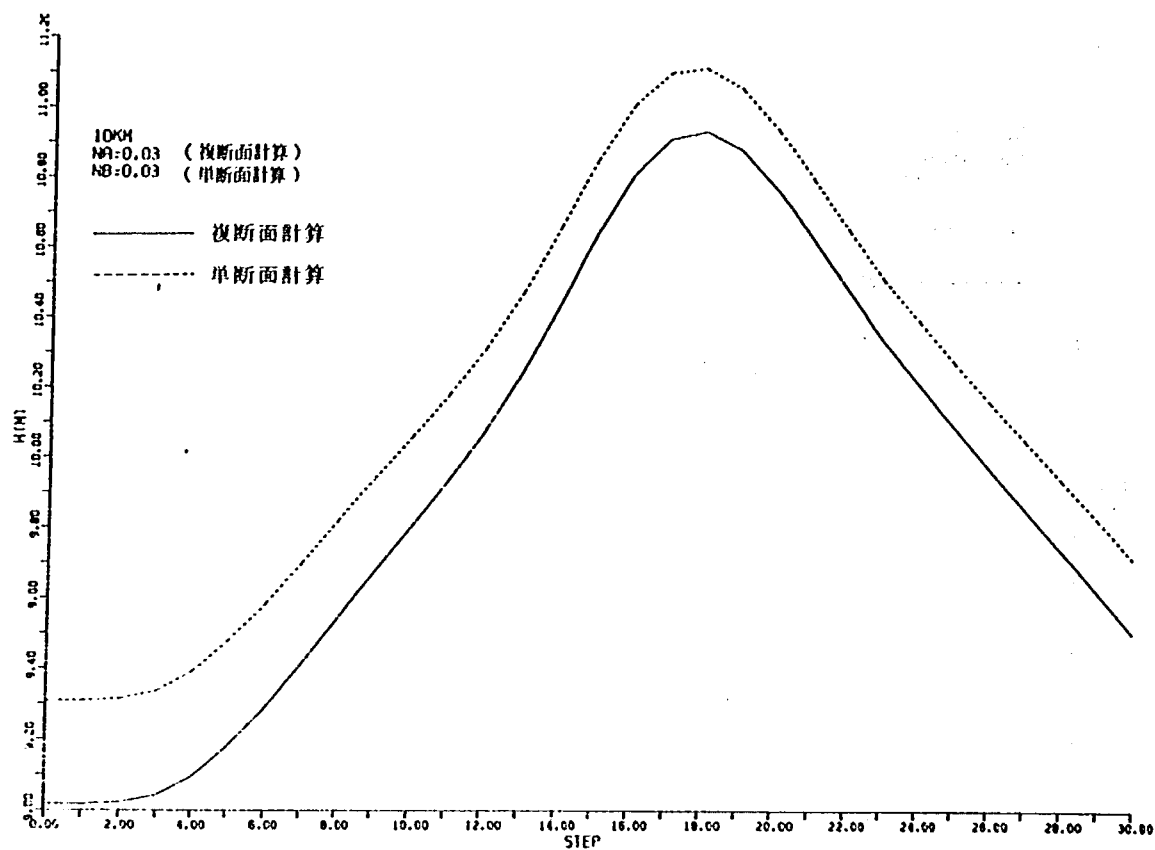


図4-4-16 水位のハイドロ

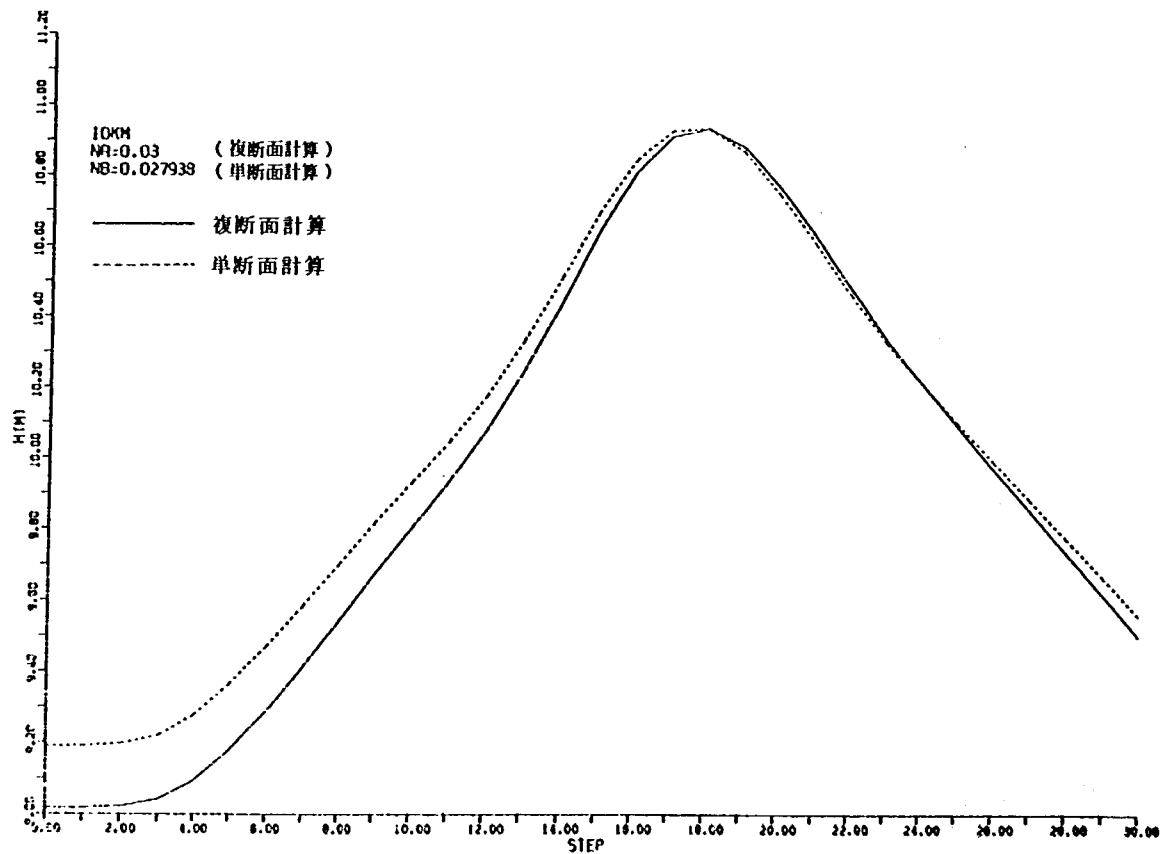


図4-4-17 水位のハイドロ

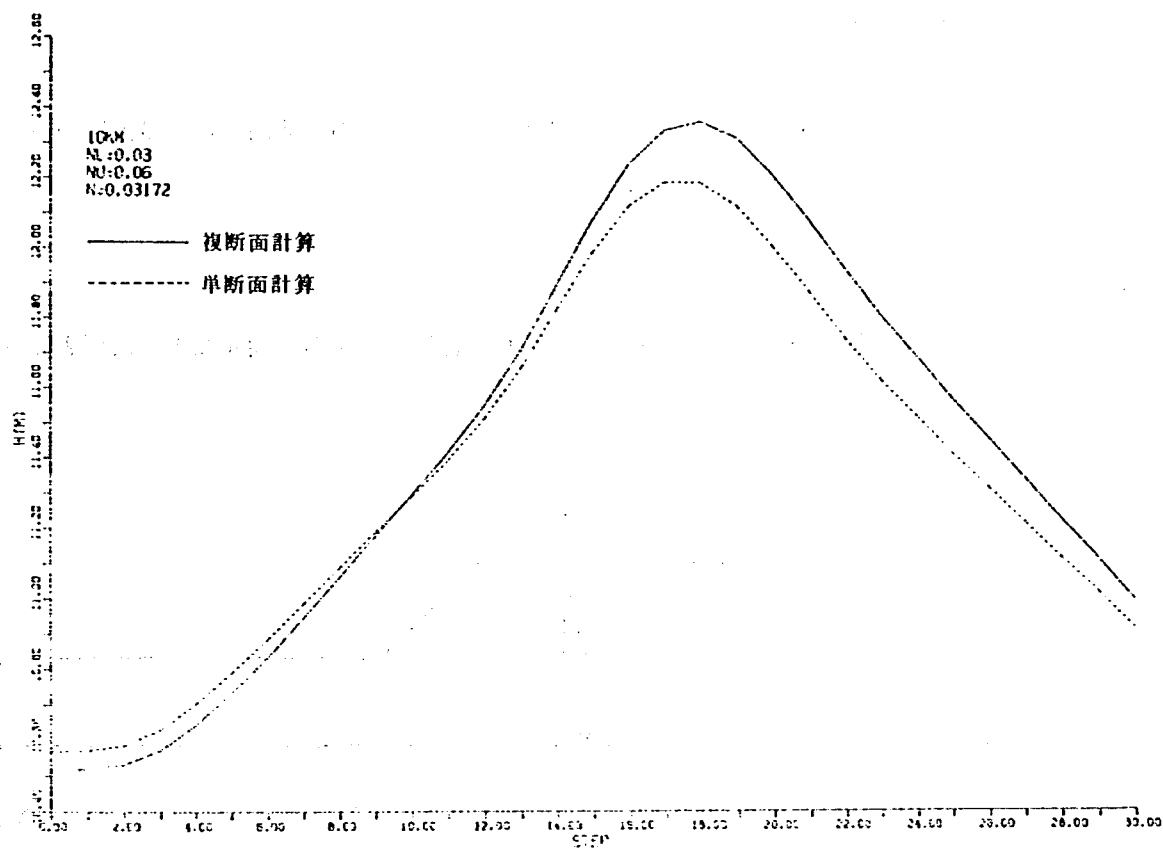


図4-4-18 水位のハイドロ

第5節 モデル河川（Case 4）

5.1 計算の内容

境界条件および粗度係数を Case 2 と同じものを用い，高水敷を途中で拡幅させた場合について，単断面計算と複断面計算を比較してみた。

5.2 断面特性

河道延長，各断面間の距離，河床勾配は 2.2 で述べたものと同じである。図 4.5.1 および表 4.5.1 に拡幅河道の断面特性を示す。

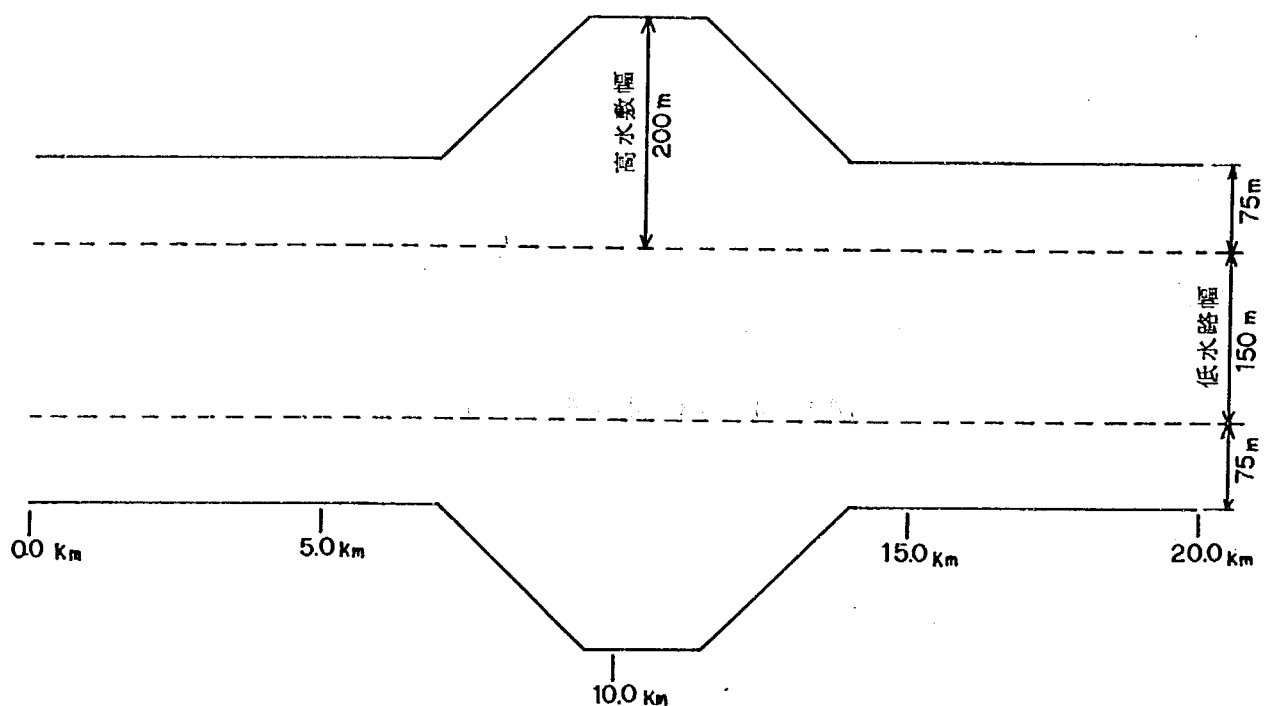


図 4.5.1 モデル河川（拡幅）

表 4.5.1 断面特性（モデル河川，高水敷幅）

距 離	断面番号	BL（低水路幅）	BU（高水敷幅）	ZL（低水路高）	ZU（高水敷高）
0.0 km	0	150 m	150 m	0.00	3.00 m
0.5	1		150	0.25	3.25
1.0	2	一	150	0.50	3.50
1.5	3	様	150	0.75	3.75
2.0	4	幅	150	1.00	4.00
2.5	5		150	1.25	4.25
3.0	6		150	1.50	4.50
3.5	7		150	1.75	4.75
4.0	8		150	2.00	5.00
4.5	9		150	2.25	5.25
5.0	10		150	2.50	5.50
5.5	11		150	2.75	5.75
6.0	12		150	3.00	6.00
6.5	13		150	3.25	6.25
7.0	14		150	3.50	6.50
7.5	15		200	3.75	6.75
8.0	16		250	4.00	7.00
8.5	17		300	4.25	7.25
9.0	18		350	4.50	7.50
9.5	19		400	4.75	7.75
10.0	20		400	5.00	8.00
10.5	21		400	5.25	8.25
11.0	22		400	5.50	8.50
11.5	23		400	5.75	8.75
12.0	24		350	6.00	9.00
12.5	25		300	6.25	9.25
13.0	26		250	6.50	9.50
13.5	27		200	6.75	9.75
14.0	28		150	7.00	10.00
14.5	29		150	7.25	10.25
15.0	30		150	7.50	10.50
15.5	31		150	7.75	10.75
16.0	32		150	8.00	11.00
16.5	33		150	8.25	11.25
17.0	34		150	8.50	11.50
17.5	35		150	8.75	11.75
18.0	36		150	9.00	12.00
18.5	37		150	9.25	12.25
19.0	38		150	9.50	12.50
19.5	39		150	9.75	12.75
20.0	40		150	10.00	13.00

5.3 主な計算条件の一覧

時間ステップ	$\Delta t = 1200 \text{ sec} = 20 \text{ min}$
ステップ数	30 ステップ ($J = 0 \sim 30$)
断面間隔	$\Delta x = 500 \text{ m}$
粗度係数	複断面計算 低水路 $NL = 0.03$, 高水敷 $NU = 0.06$ 単断面計算 断面平均 $N = 0.3172$
$Q_{\min}$	$1250 \text{ m}^3/\text{sec}$
$Q_{\max}$	$3000 \text{ m}^3/\text{sec}$
下流端水位	4 m (const)

5.4 計算結果

図 4.5.2～図 4.5.5 に水位縦断図, 図 4.5.6～図 4.5.9 に流量縦断図を示す。水位については, 拡幅した断面で水面勾配が変化し水深が減少しており, その効果が明確に現れている。図 4.5.10～図 4.5.13 には拡幅河道と拡幅していない河道の単断面計算による水位縦断図, 同じく図 4.5.14～図 4.5.17 には流量縦断図を示してある。また図 4.5.18～図 4.5.21 には拡幅河道と拡幅していない河道の複断面計算による水位縦断図, 同じく図 4.5.22～図 4.5.25 には流量縦断図を示してある。これをみると, 水位については単断面計算の方が複断面計算よりも拡幅の影響を受けていることが分る。流量については, 拡幅した区間よりも下流に影響が出ており, それが下流端にまで及んでいる。

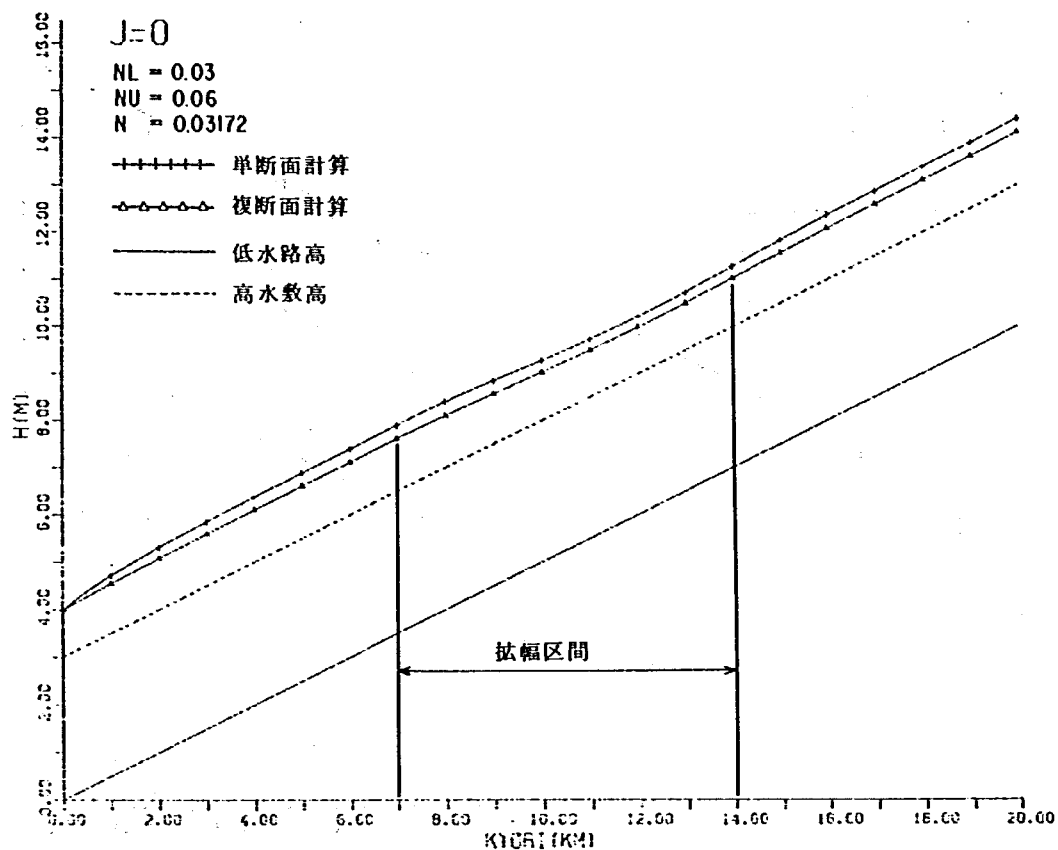


図4-5-2 水位縦断面図

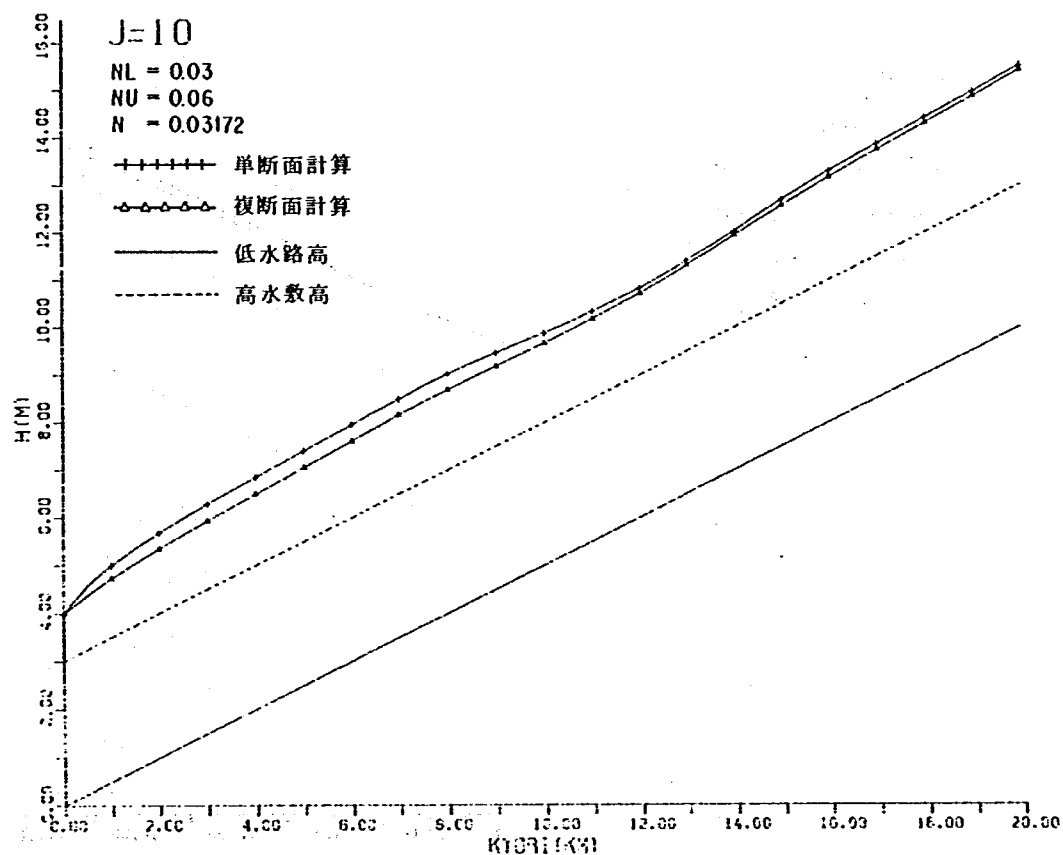


図4-5-3 水位縦断面図

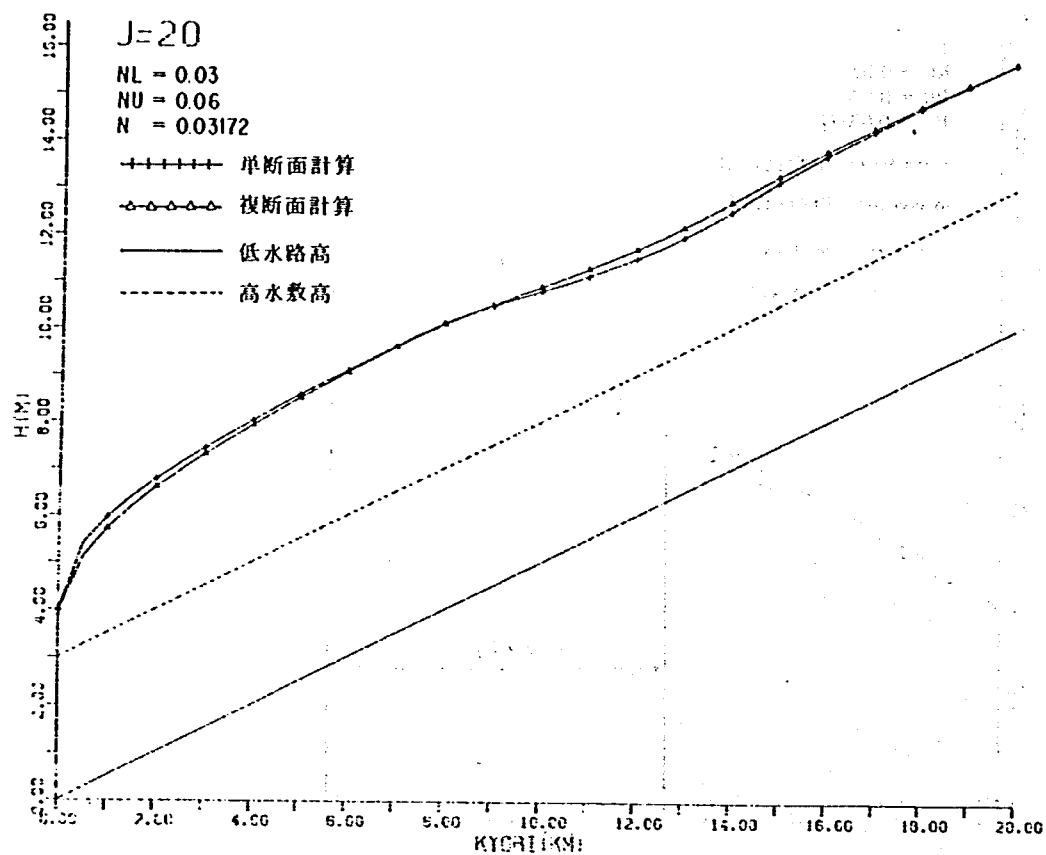


図4-5-4 水位縦断図

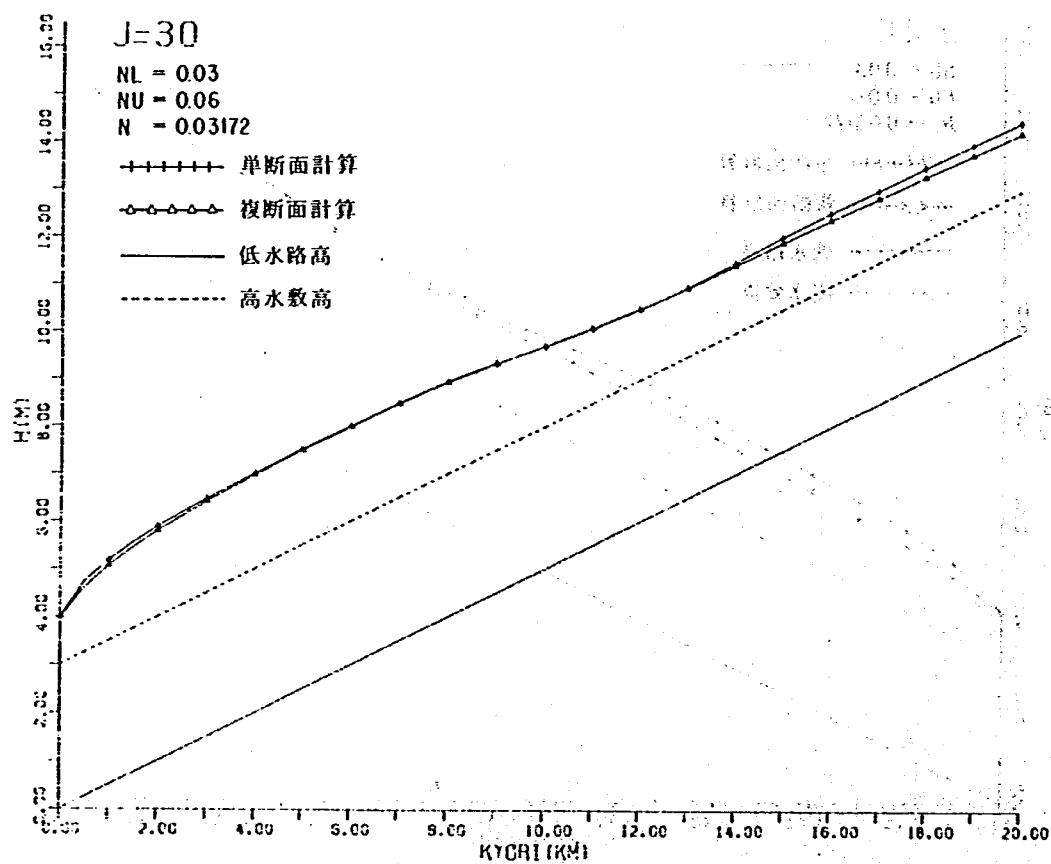


図4-5-5 水位縦断図

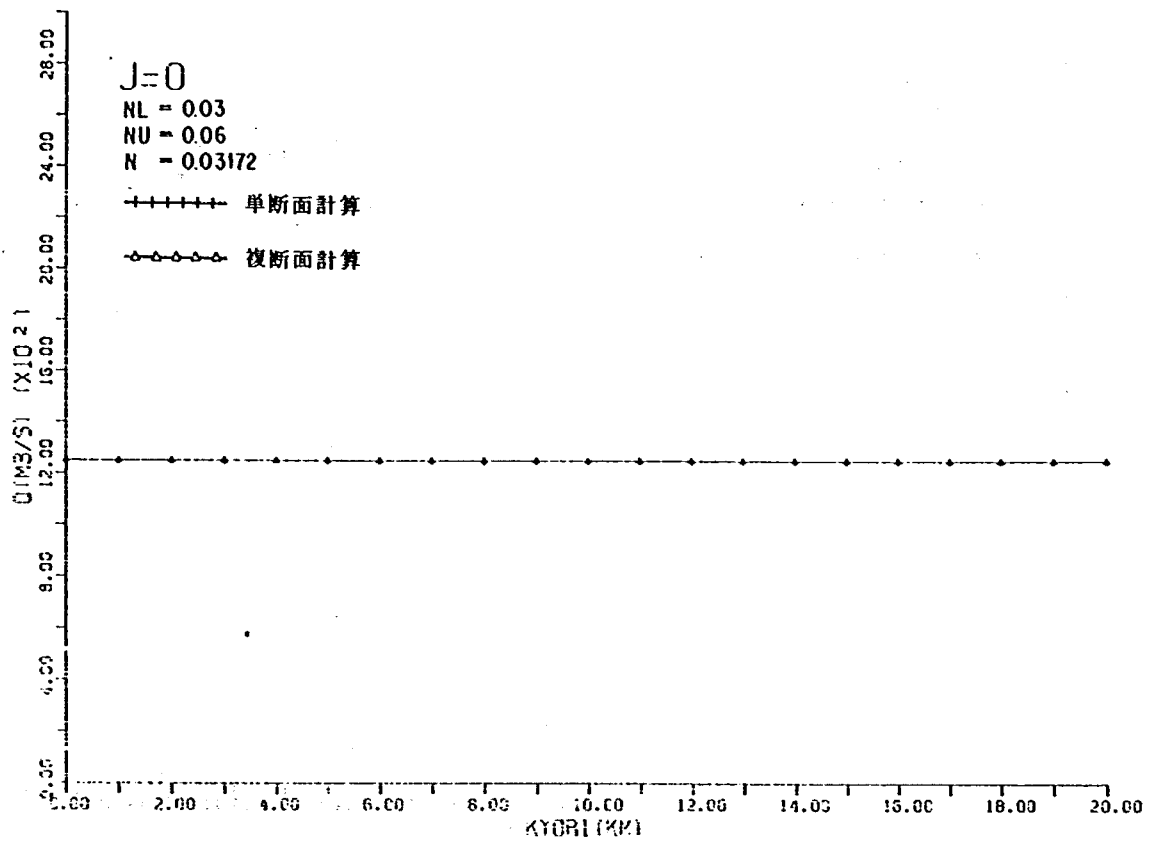


図4-5-6 流量縦断図

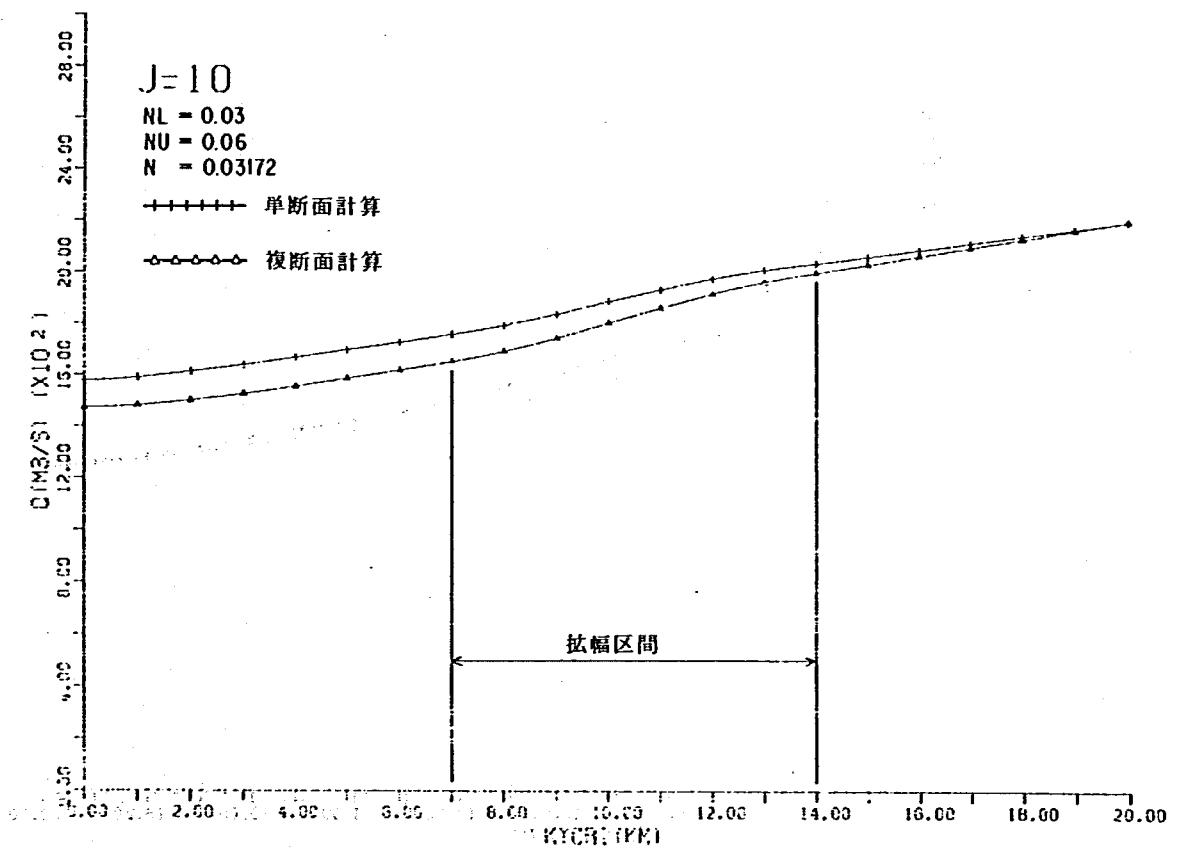


図4-5-7 流量縦断図

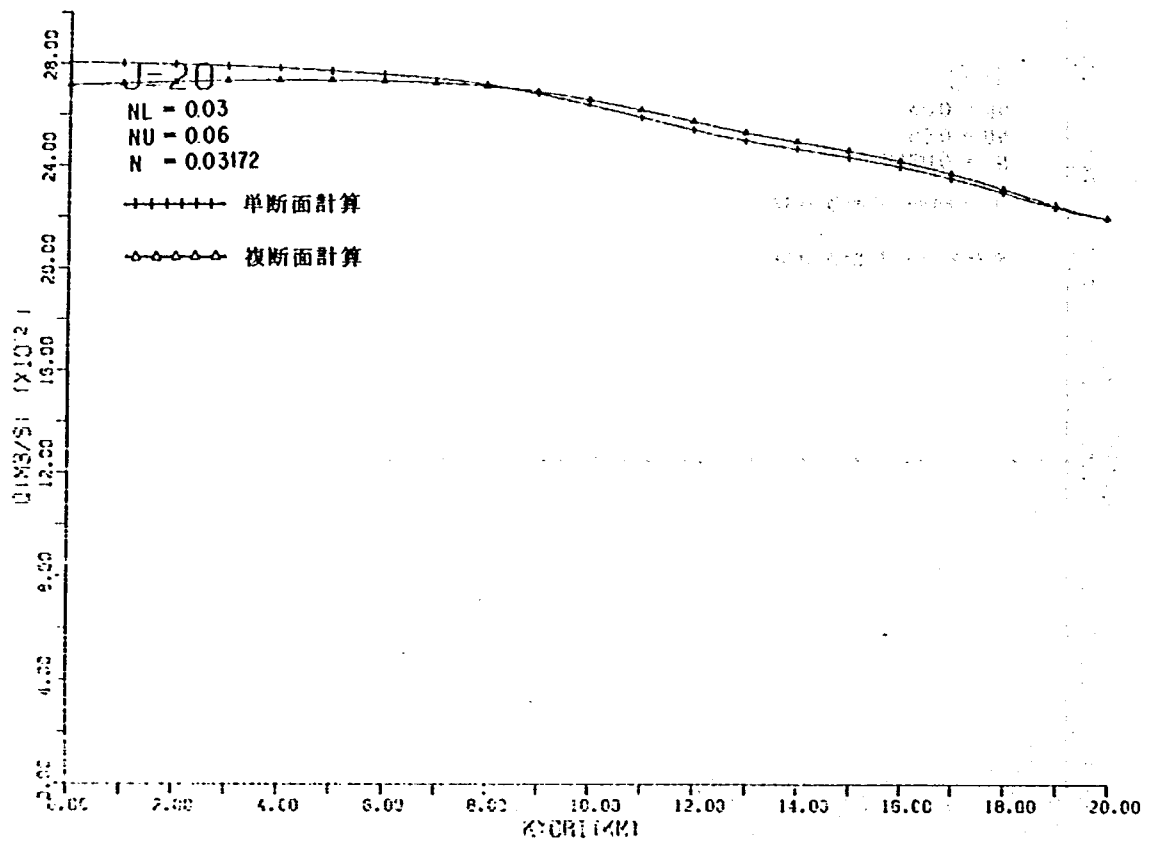


図4-5-8 流量縦断図

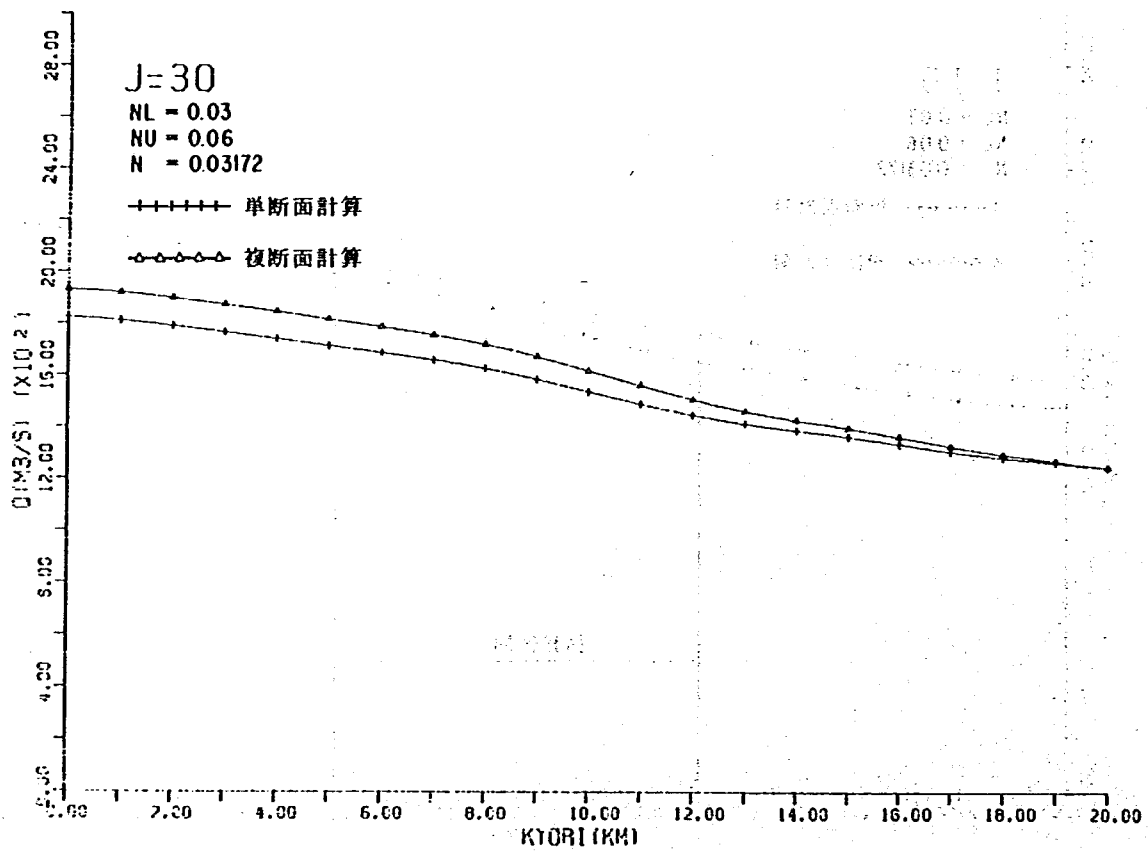


図4-5-9 流量縦断図

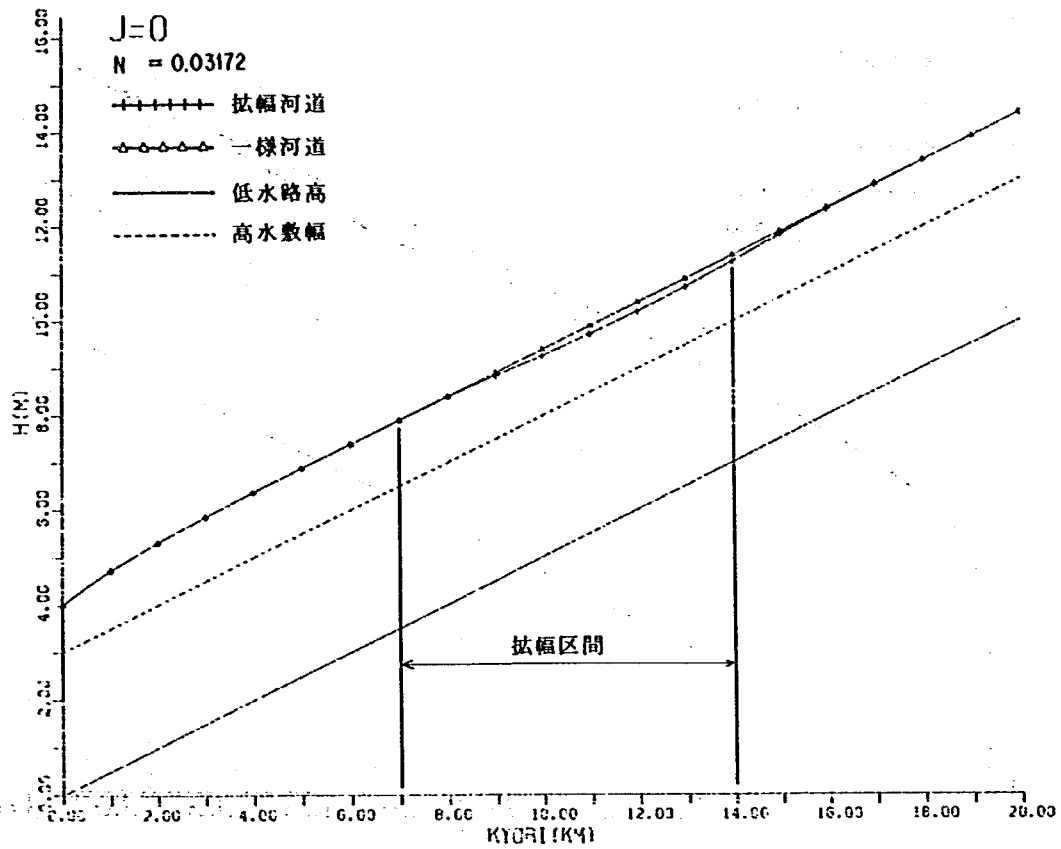


図4-5-10 水位縦断面図

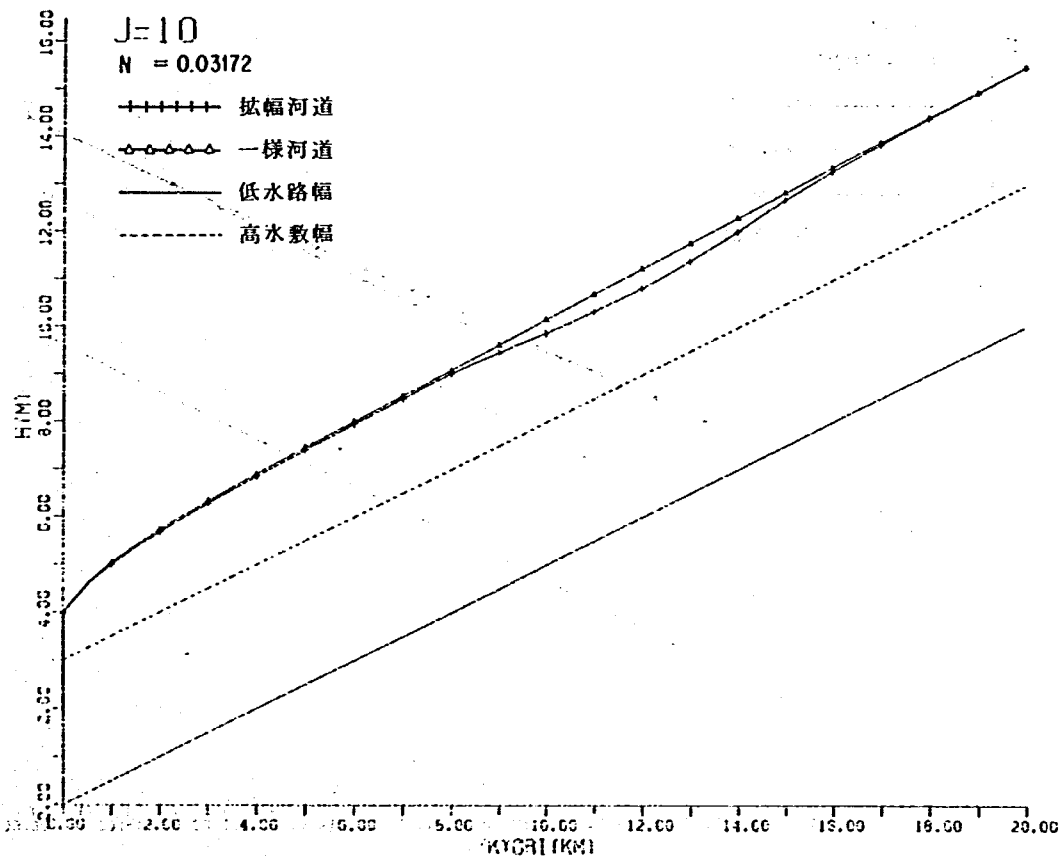


図4-5-11 水位縦断面図

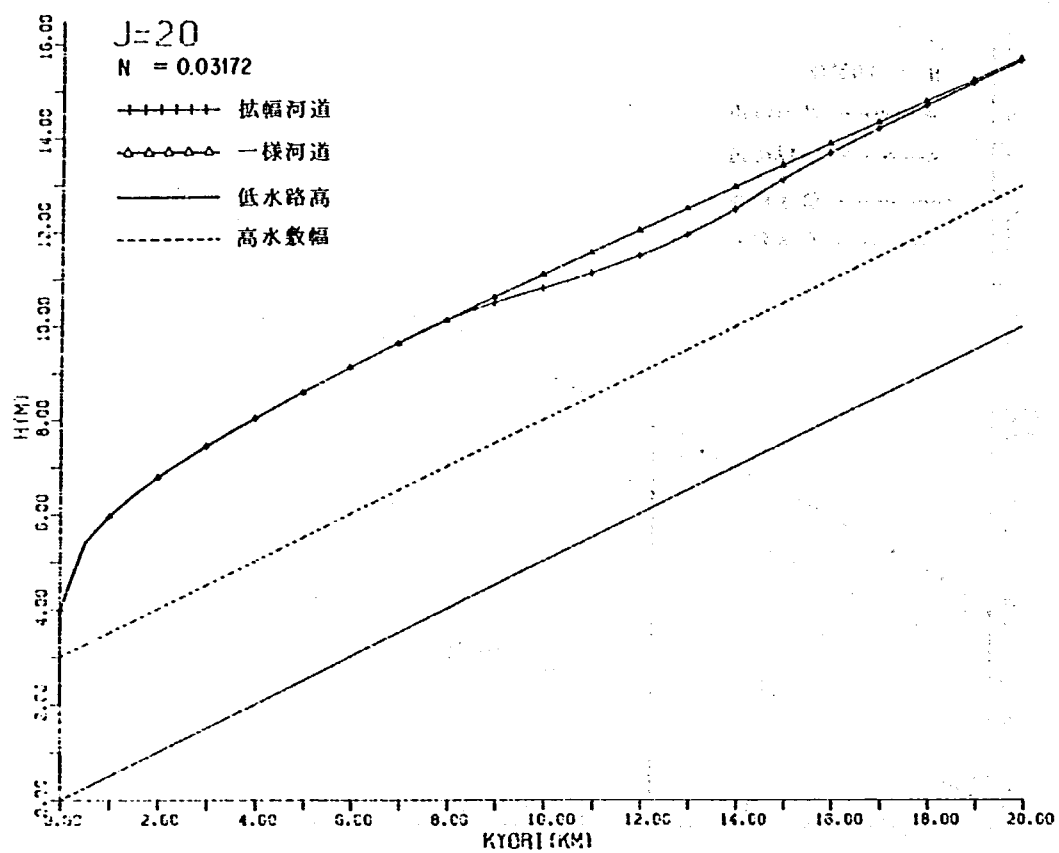


図4-5-12 水位縦断面図

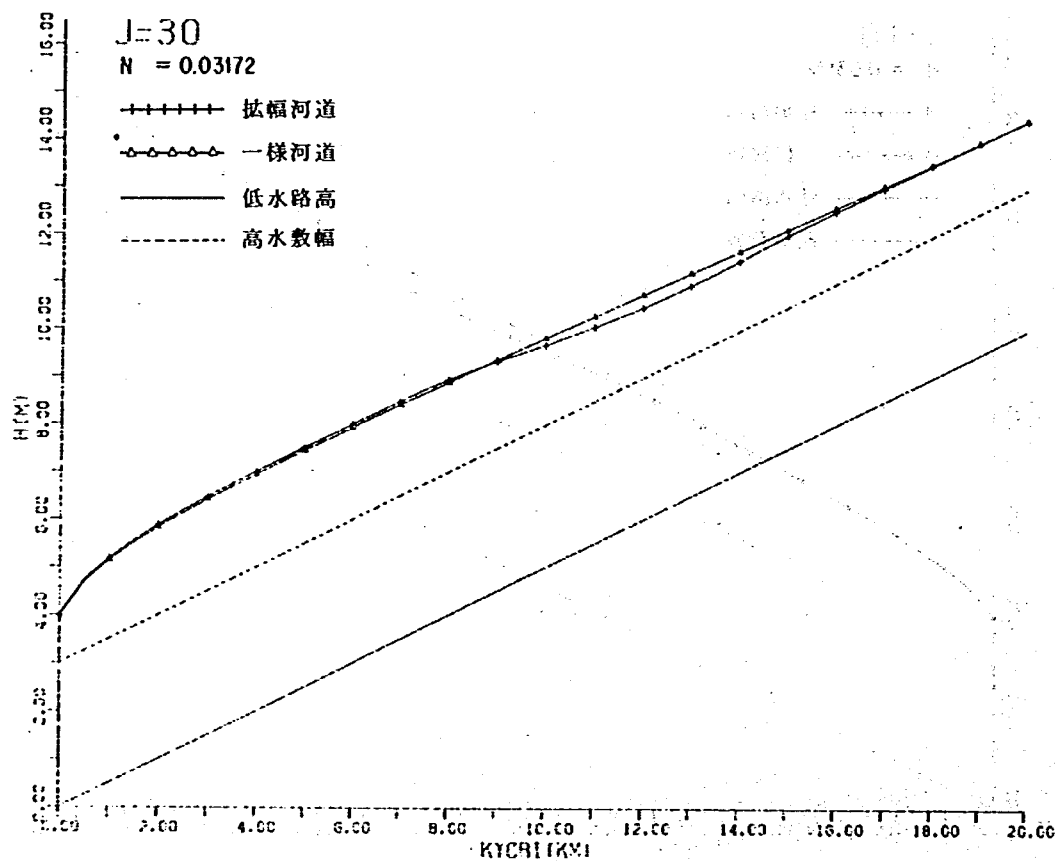


図4-5-13 水位縦断面図

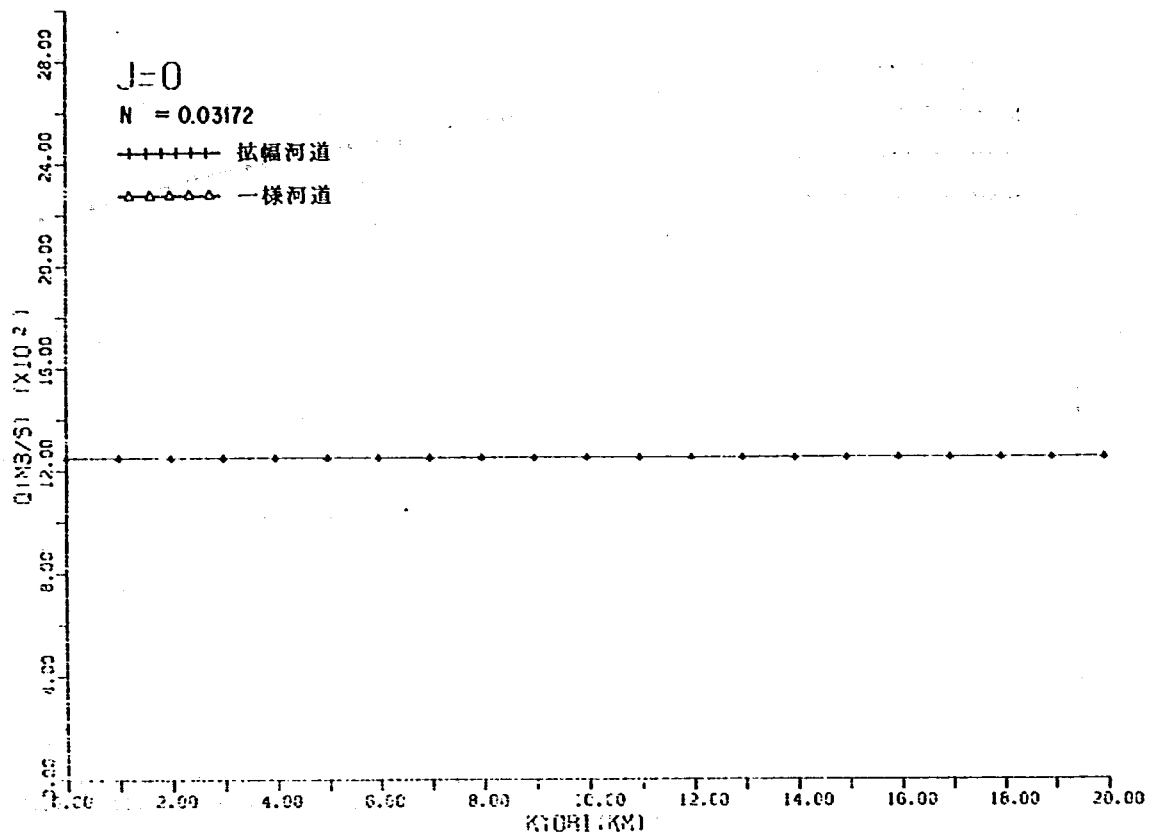


図4-5-14 流量縦断図

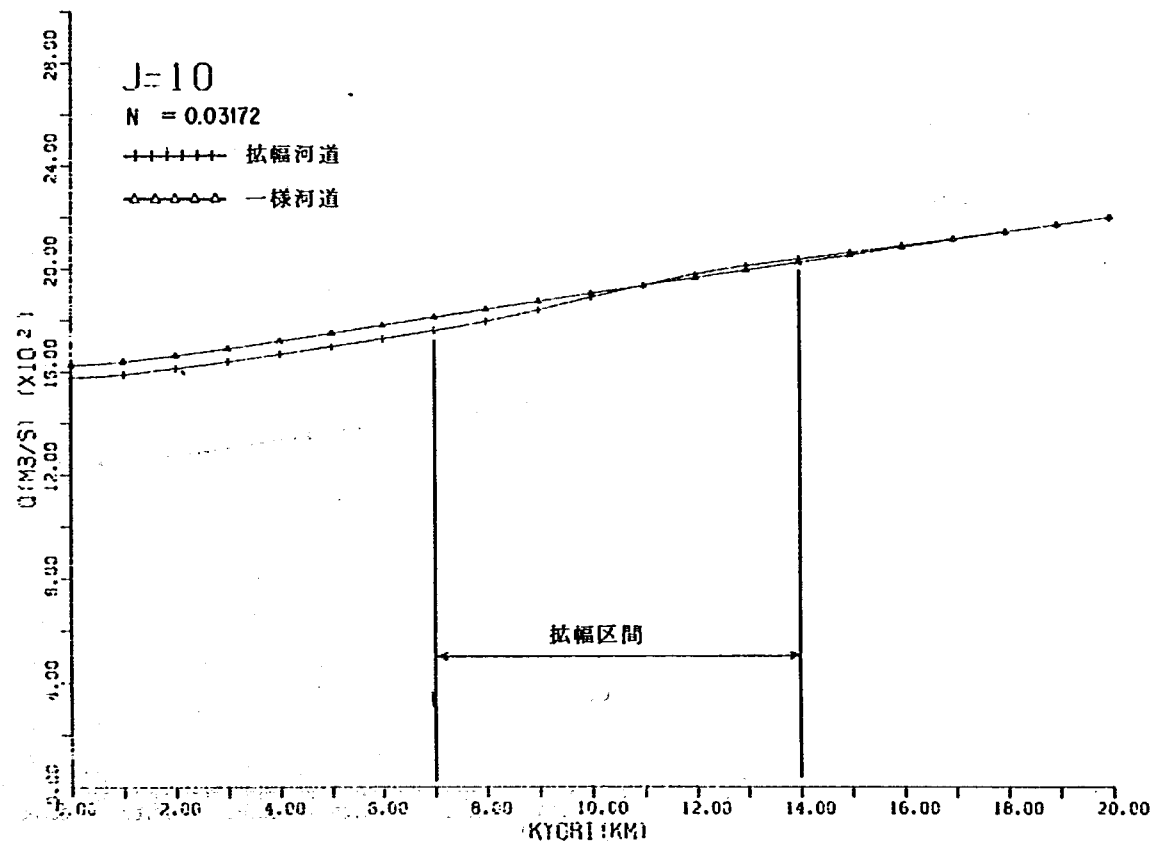


図4-5-15 流量縦断図

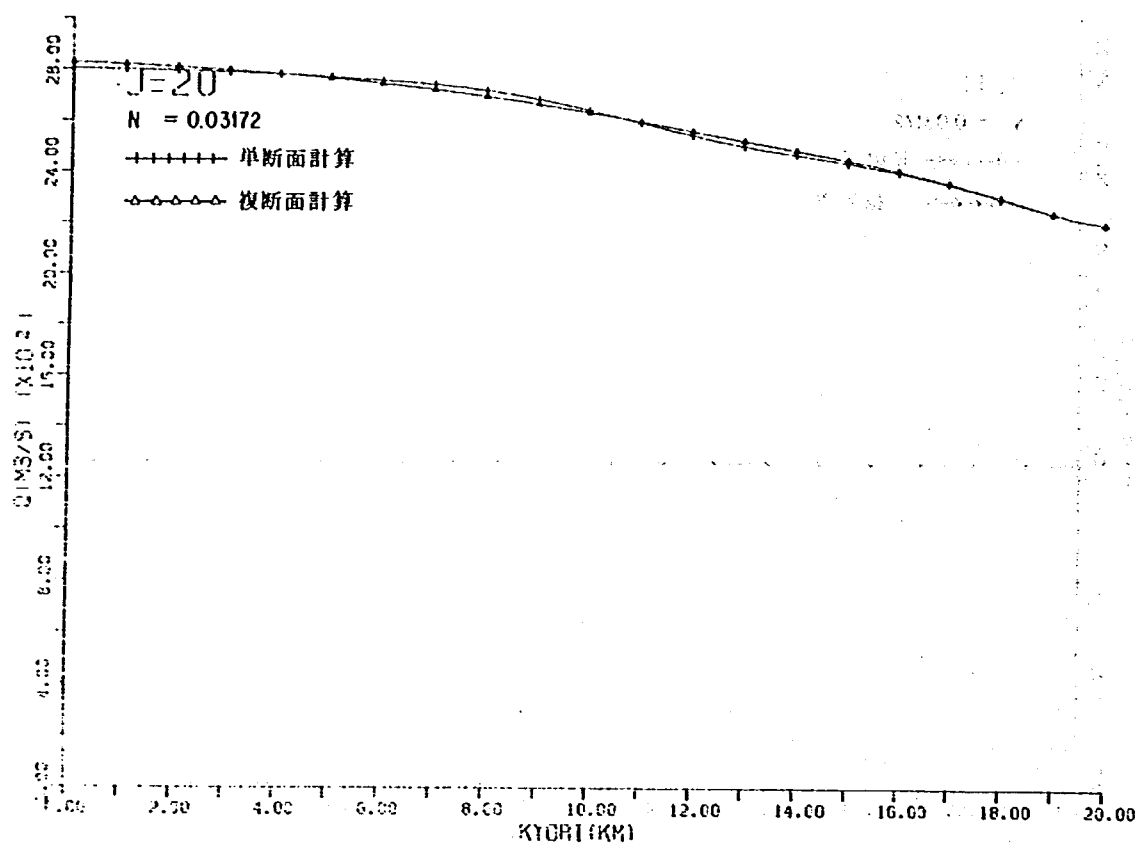


図4-5-16 流量縦断面図

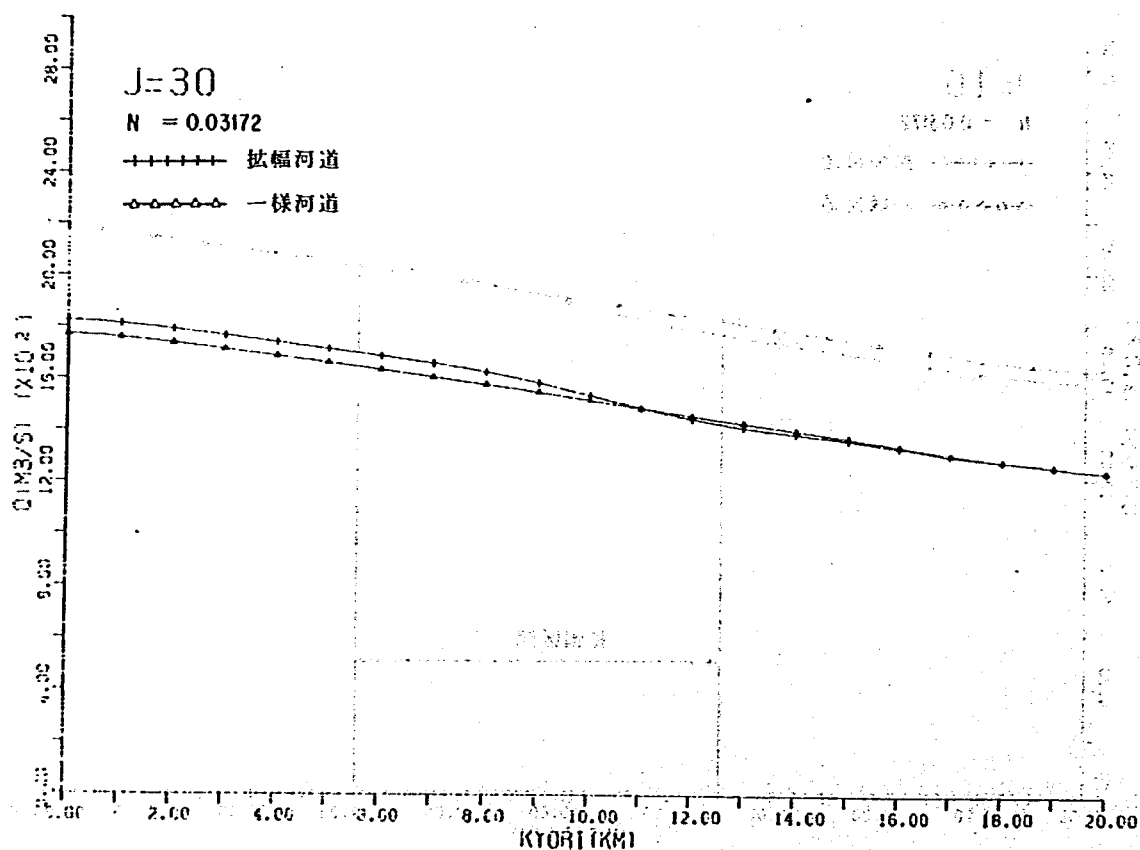


図4-5-17 流量縦断面図

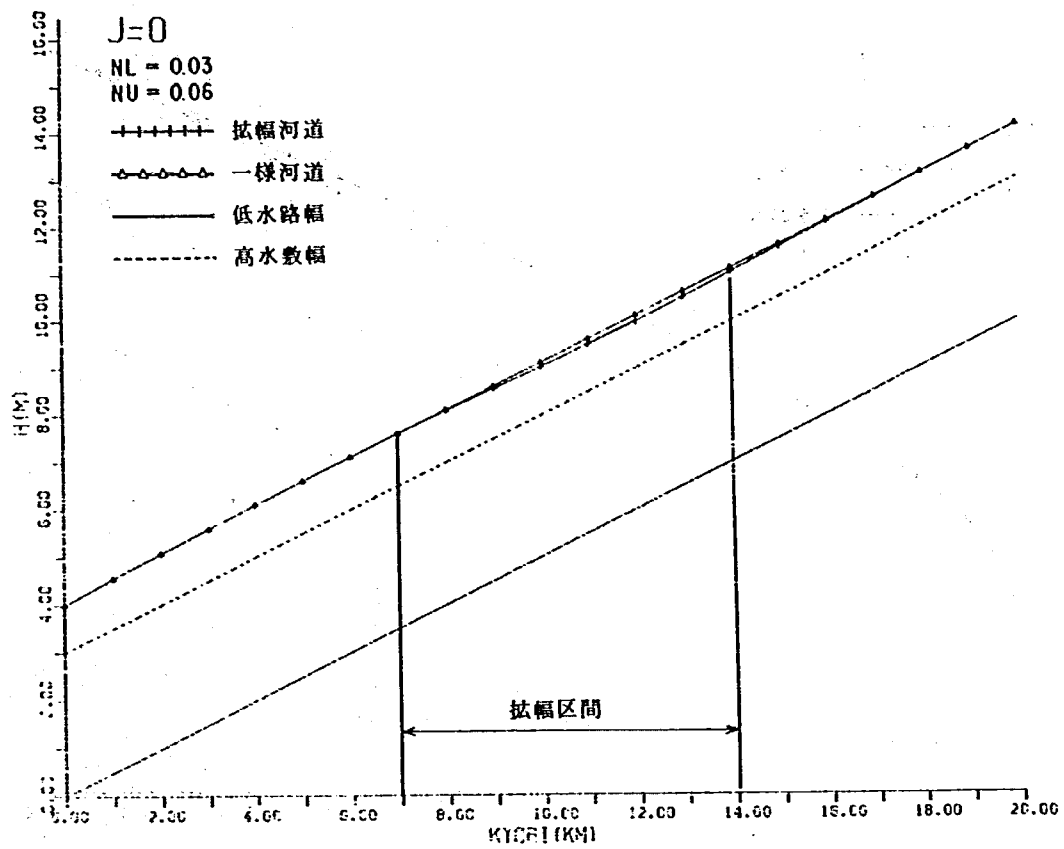


图4-5-18 水位縦断図

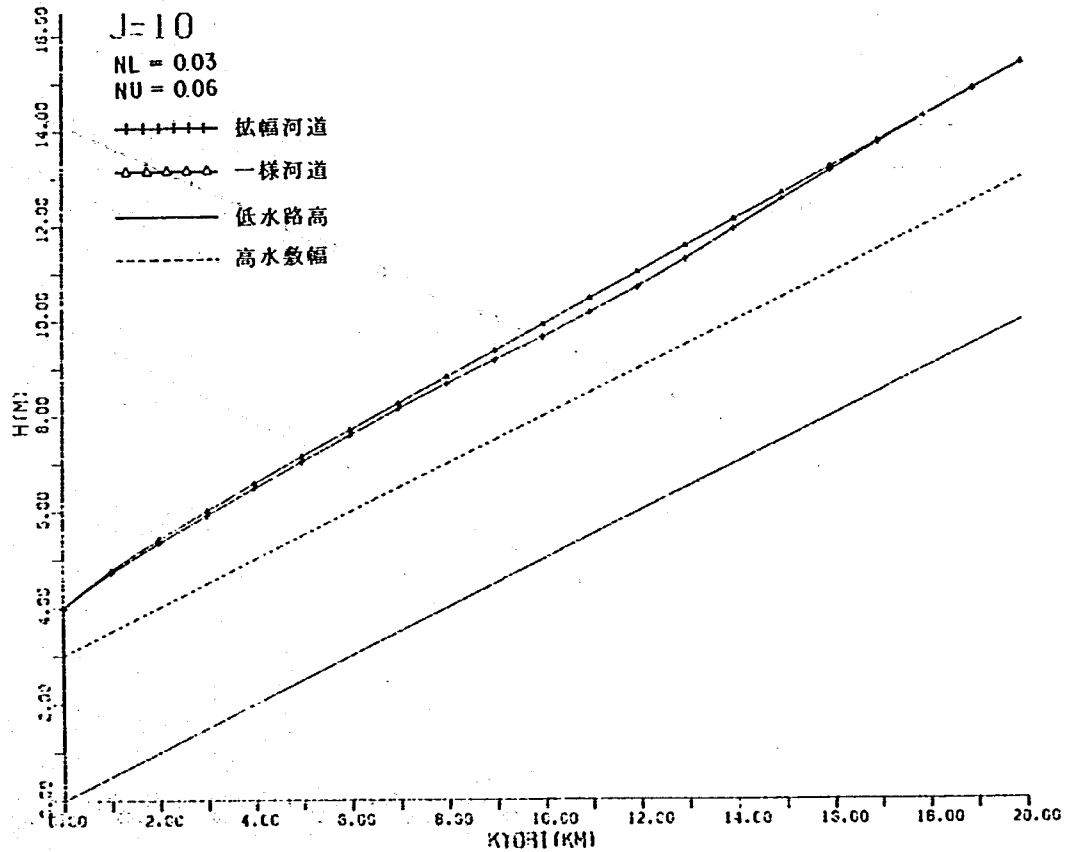


图4-5-19 水位縦断図

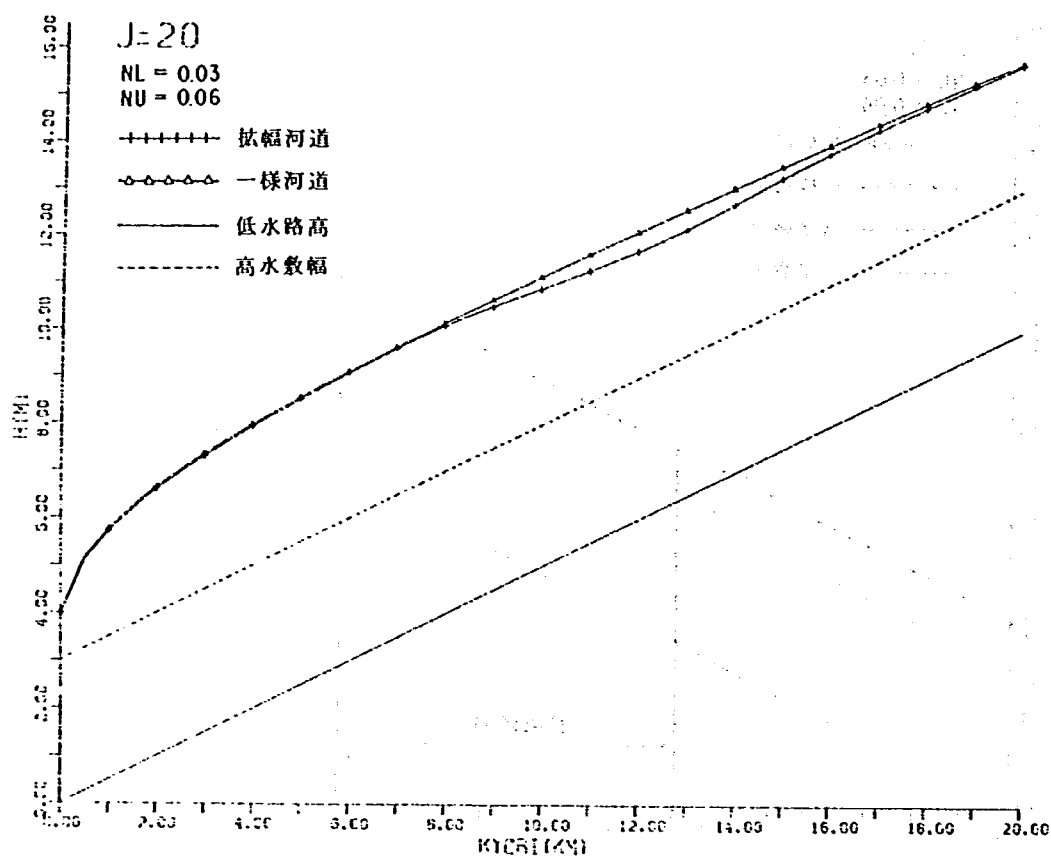


図4-5-20 水位縦断面図

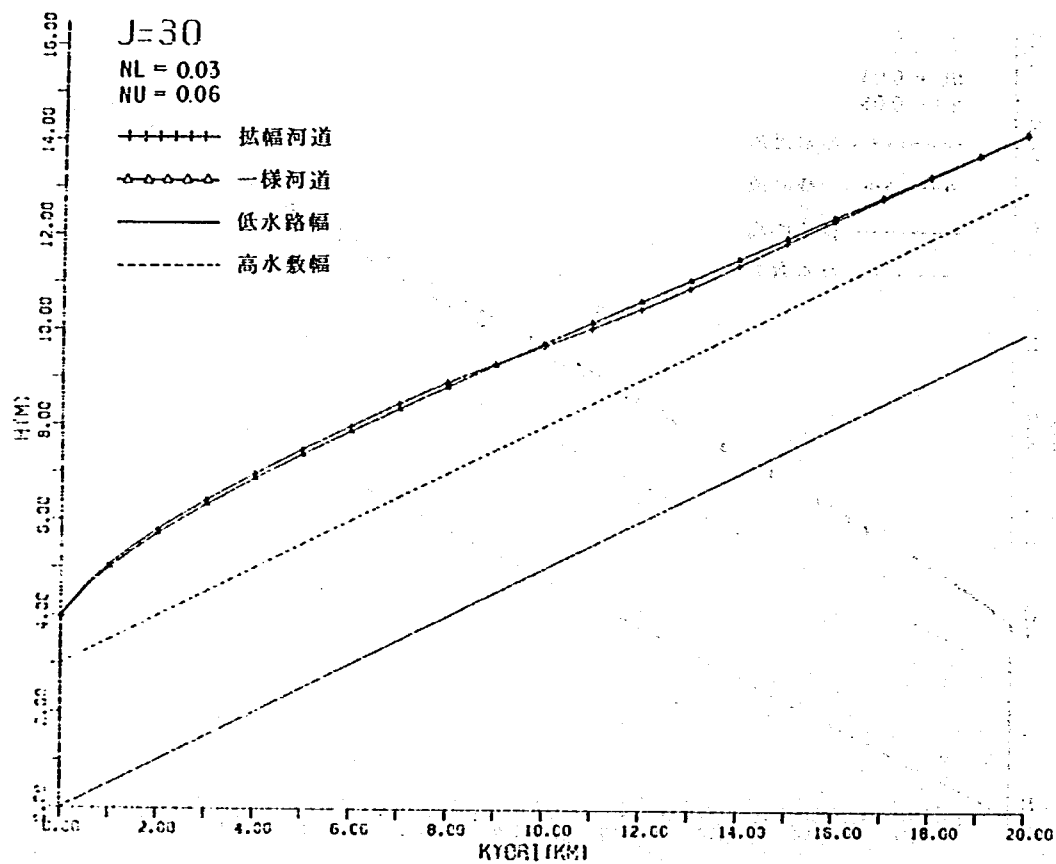


図4-5-21 水位縦断面図

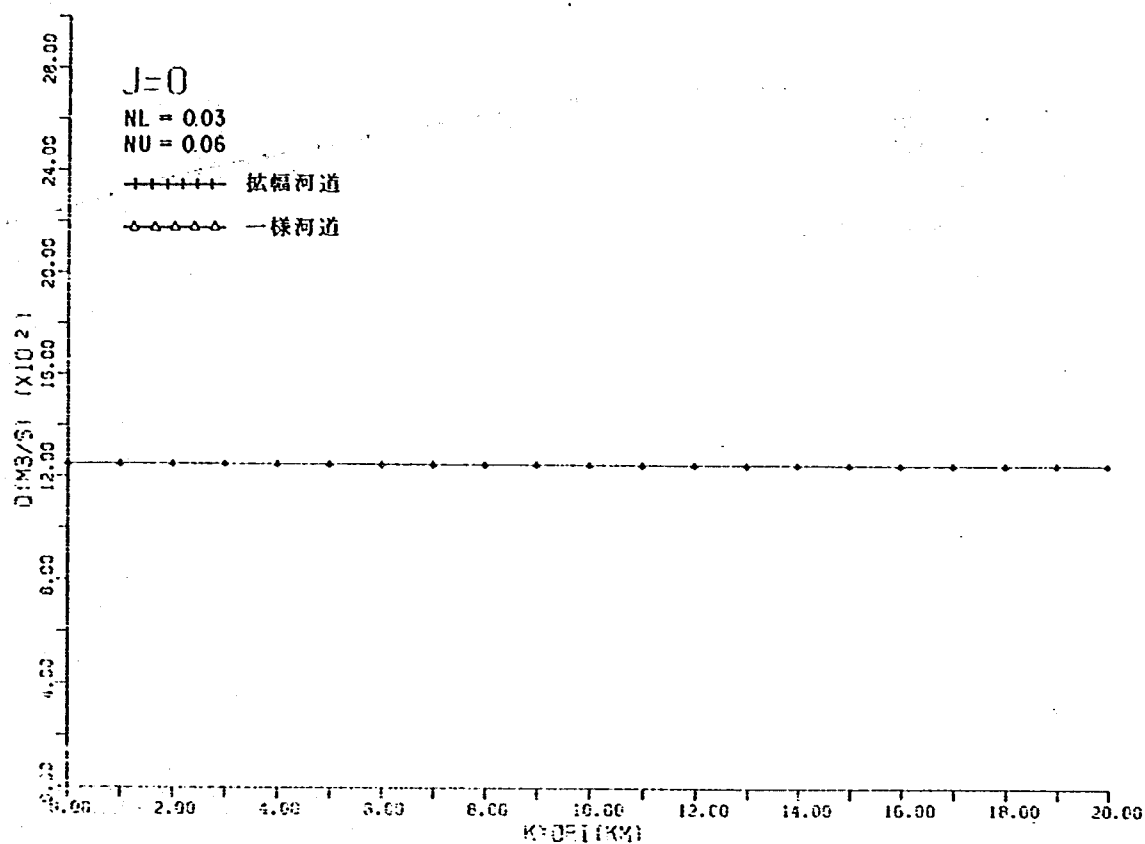


図4-5-22 流量縦断面図

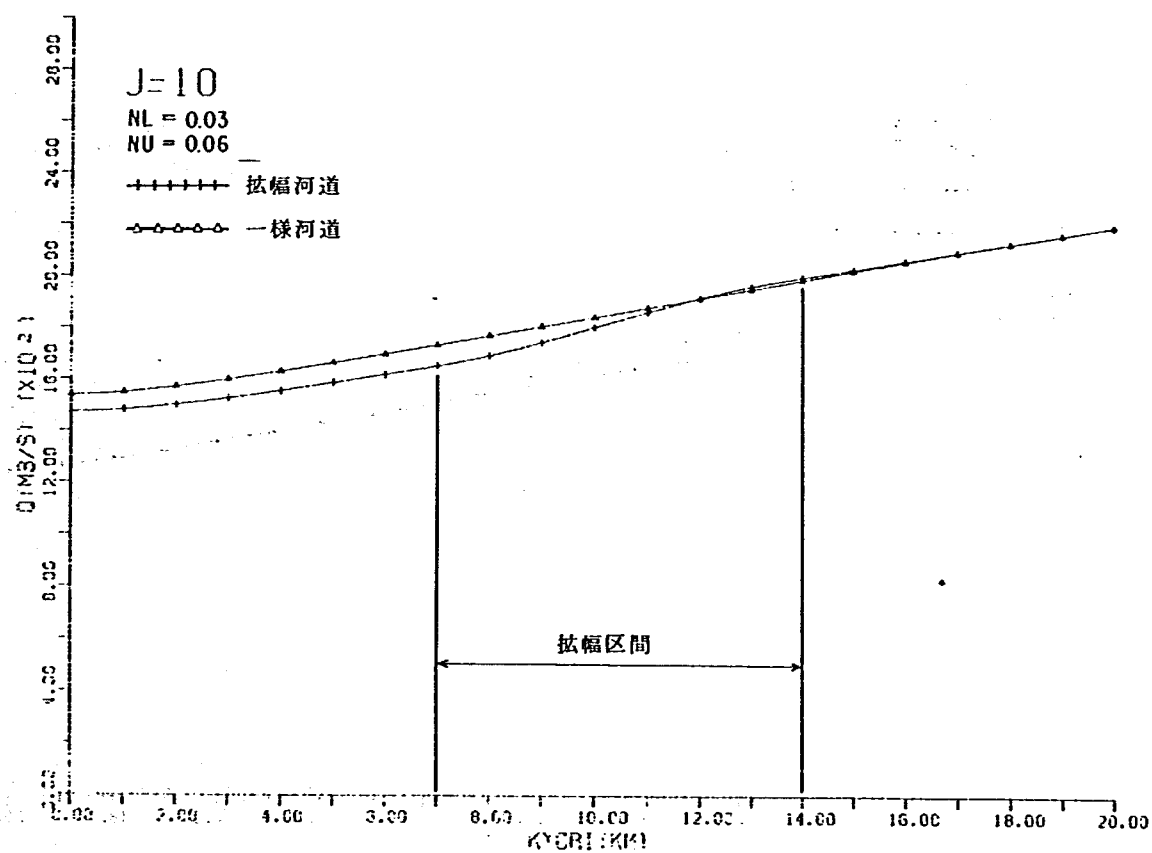


図4-5-23 流量縦断面図

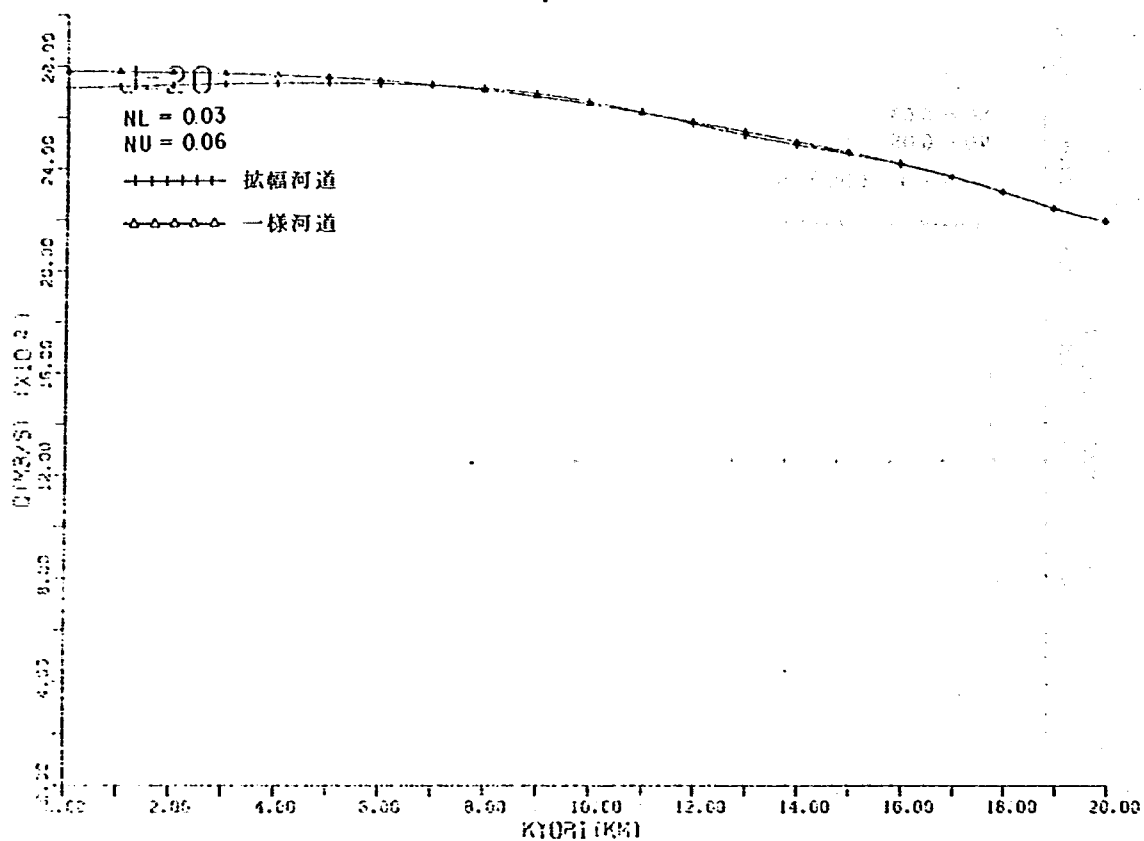


図4-5-24 流量縦断面図

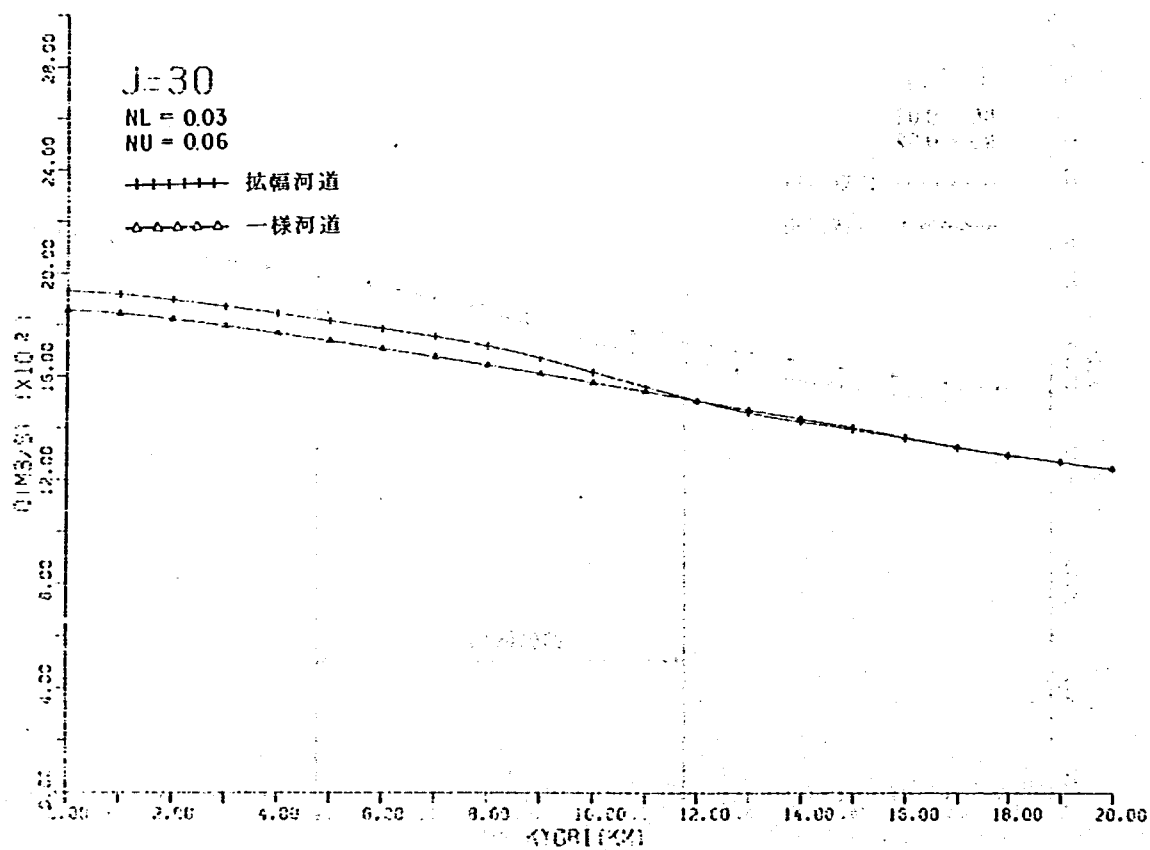


図4-5-25 流量縦断面図

第6節 ま と め

モデル河川における検討から以下の諸点が明らかとなった。

- ① 高水敷と低水路の粗度係数が同じ場合に、単断面計算の粗度係数を単純にこれと同じ数値にとると、単断面計算水位が複断面計算水位に比べて高くなる。これは、横断面形が合成粗度に及ぼす効果を単断面計算では考慮できないためである。したがって逆に言うと、地被状態や河床材料から物理的に定まる河道粗度に対して単断面計算では“小さな”粗度を仮定しなければならない。
- ② 複断面計算では単断面計算に比べてピークが若干遅れる傾向が見られる。すなわち洪水伝播速度が小さい。この原因は定かではないが、複断面計算では高水敷貯留が考慮されて波形が分散するので、単断面計算でピークをこれに一致させると粗度係数を小さく取らねばならないため伝播速度が増加するのではないかと推測される。
- ③ 低水路と高水敷の粗度が異なる場合（特に高水敷粗度の異なる場合）には、単断面計算の粗度を一定の値におくことはできず、水位によって変えなければならない。これは、水位上昇によって高水敷流量分担率が増加する効果を単断面計算では考慮できないためである。
- ④ 流量波形を見ると増水期には単断面計算の方が大きく減衰期には複断面計算の方が大きいという傾向が見られる。これも高水敷での滞留を単断面計算では考慮できないためである。
- ⑤ 河道幅の変化による影響は単断面計算の方が大きい。複断面計算では流速の小さい高水敷流の緩急で河道幅の変化の影響を吸収でき、流量分担の大きな低水路流に大きな影響が及ばないのに対し、単断面計算では、全体が影響されてしまうためと考えられる。

第5章 利根川河道における複断面不定流計算適用例

第1節 概 要

第3章で開発した複断面計算のプログラムを利根川下流河道に適用し、実績水位および実績流量との比較を行った。対象とした洪水は、昭和47年9月洪水と昭和57年9月洪水である。

第2節 昭和47年9月洪水について

2.1 対象区間

対象区間は布川から下流の76.5 km～1.0 km（銚子）について行った。表5.2.1に河道のキロ杭の位置と計算上の断面番号の一覧表を示す。

表5.2.1 河道のK杭と計算上の断面番号

利根川下流河道			利根川下流河道			利根川下流河道			利根川下流河道			利根川下流河道		
S	km		S	km		S	km		S	km		S	km	
△ 0	1.00	銚子	34	18.00		68	35.00		102	52.00		136	69.00	
1	1.50		35	18.50		69	35.50		103	52.50		137	69.50	
△ 2	2.00	三軒町	36	19.00		70	36.00		104	53.00		138	70.00	
3	2.50		37	19.50		71	36.50		105	53.50		139	70.50	
4	3.00		38	20.00		72	37.00		106	54.00		140	71.00	
5	3.50		39	20.50		73	37.50		□△ 107	54.50	金津江	141	71.50	
6	4.00		40	21.00		74	38.00		108	55.00		142	72.00	
7	4.50		41	21.50		75	38.50		109	55.50		143	72.50	
8	5.00		42	22.00		76	39.00		110	56.00		144	73.00	
9	5.50		43	22.50		77	39.50		111	56.50		145	73.50	
10	6.00		44	23.00		△ 78	40.00	横利根	112	57.00		146	74.00	
11	6.50		45	23.50		79	40.50		113	57.50		147	74.50	
△ 12	7.00	荒波	46	24.00		80	41.00		114	58.00		148	75.00	
13	7.50		47	24.50		81	41.50		115	58.50		149	75.50	
14	8.00		48	25.00		82	42.00		116	59.00		150	76.00	
15	8.50		49	25.50		83	42.50		117	59.50		□△ 151	76.50	布川
16	9.00		50	26.00		84	43.00		118	60.00				
17	9.50		51	26.50		85	43.50		119	60.50				
18	10.00		52	27.00		86	44.00		120	61.00				
19	10.50		53	27.50		△ 87	44.50	川尻	121	61.50				
20	11.00		54	28.00		88	45.00		122	62.00				
21	11.50		55	28.50		89	45.50		123	62.50				
22	12.00		56	29.00		90	46.00		124	63.00				
23	12.50		57	29.50		91	46.50		125	63.50				
24	13.00		58	30.00		92	47.00		126	64.00				
25	13.50		59	30.50		93	47.50		127	64.50				
26	14.00		60	31.00		94	48.00		128	65.00				
27	14.50		61	31.50		95	48.50		129	65.50				
28	15.00		62	32.00		96	49.00		130	66.00				
29	15.50		63	32.50		97	49.50		△ 131	66.50	須賀			
30	16.00		64	33.00		98	50.00		132	67.00				
△ 31	16.50	太田新田	65	33.50		99	50.50		133	67.50				
32	17.00		66	34.00		100	51.00		134	68.00				
33	17.50		67	34.50		101	51.50		135	68.50				

□ 実績流量あり
△ 実績水位あり

2.2 断面特性

断面特性は、昭和56年度利根川下流横断測量結果より、図5.2.1に示すように各断面を低水路と高水敷に区切って作成した。その際にできるだけ河積が等しくなるよう配慮した。その結果を表5.2.2に示す。

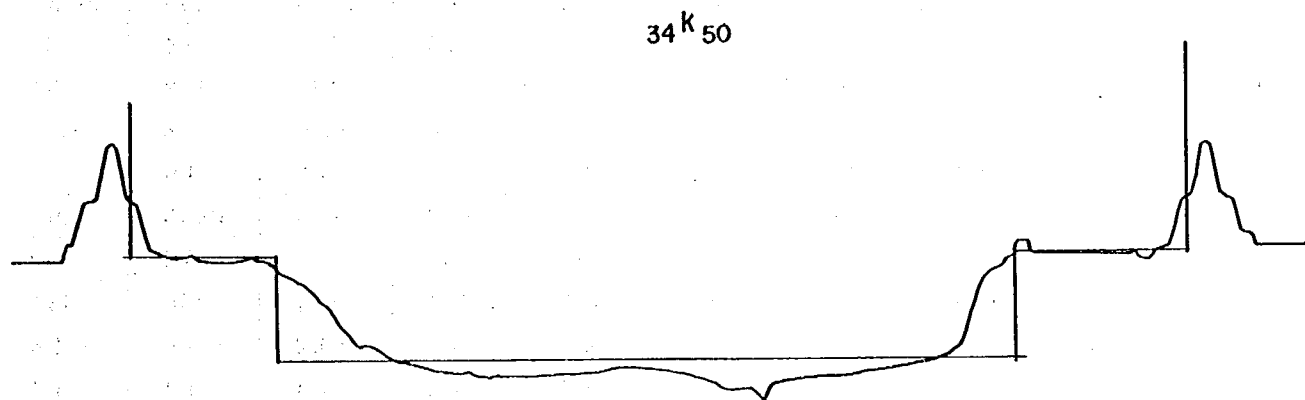


図 5.2.1 断面特性の作成

表 5.2.2. 断面特性

BL : 低水路幅, BU : 高水敷幅
HL : 低水路高, HU : 高水敷高

X	0.00km	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
BL	370m	260	520	616	315	527	490	340	897
BU	70m	202	34	0	440	362	532	604	47
HL	-4.4m	-6.2	-3.8	-3.6	-4.4	-3.6	-4.0	-5.4	-2.4
HU	2.8m	-2.0	0	100	-1.8	-1.2	-1.0	-1.0	2.4
X	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
BL	858	840	842	654	656	758	554	534	525
BU	70	50	52	170	198	163	401	496	515
HL	-2.4	-2.4	-2.6	-3.0	-3.0	-2.6	-3.2	-3.2	-3.4
HU	2.0	2.2	2.2	1.4	0	0	-0.4	-0.2	0
X	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00
BL	550	500	580	524	426	554	560	592	620
BU	620	634	742	836	692	786	844	736	506
HL	-3.4	-3.8	-3.6	-3.8	-4.8	-4.0	-3.8	-4.0	-3.0
HU	0.6	0	0.4	0.2	0.0	0.6	0.8	1.2	1.4
X	13.50	14.00	14.50	15.00	15.50	16.00	16.50	17.00	17.50
BL	632	650	574	560	564	546	574	620	694
BU	514	220	96	370	404	364	236	310	350
HL	-3.2	-3.0	-3.4	-4.0	-3.8	-3.4	-3.6	-3.0	-2.8
HU	1.8	1.8	1.0	1.0	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6

X	18.00	18.50	19.00	19.50	20.00	20.50	21.00	21.50	22.00
BL	740	462	490	428	430	420	410	396	394
BU	390	362	336	384	360	382	376	376	358
HL	-4.4	-5.4	-4.6	-5.0	-4.8	-5.0	-5.0	-5.2	-5.2
HU	1.6	1.8	1.8	1.6	2.0	1.6	1.4	1.6	1.4
X	22.50	23.00	23.50	24.00	24.50	25.00	25.50	26.00	26.50
BL	386	400	400	386	388	370	358	384	434
BU	354	358	366	386	406	452	492	472	394
HL	-5.2	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-5.0	-5.0	-4.8	-5.0
HU	1.4	1.4	1.0	1.4	1.4	1.2	1.2	1.0	1.6
X	27.00	27.50	28.00	28.50	29.00	29.50	30.00	30.50	31.00
BL	400	358	380	350	354	364	356	372	352
BU	414	440	410	442	426	394	374	326	334
HL	-5.4	-5.0	-4.4	-4.6	-4.2	-4.2	-4.2	-4.0	-4.8
HU	1.6	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
X	31.50	32.00	32.50	33.00	33.50	34.00	34.50	35.00	35.50
BL	374	420	482	482	520	512	404	416	444
BU	294	224	156	146	82	80	174	136	90
HL	-4.8	-4.6	-4.0	-4.2	-4.4	-3.8	-4.2	-4.2	-4.0
HU	1.6	2.0	1.4	1.8	1.6	1.8	1.6	1.6	1.4
X	36.00	36.50	37.00	37.50	38.00	38.50	39.00	39.50	40.00
BL	398	372	446	608	570	830	352	404	346
BU	122	194	146	126	320	128	306	204	274
HL	-4.8	-5.4	-4.0	-3.4	-3.2	-2.6	-4.2	-4.0	-6.0
HU	1.4	1.4	1.6	1.6	1.8	2.0	2.4	2.0	2.4
X	40.50	41.00	41.50	42.00	42.50	43.00	43.50	44.00	44.50
BL	370	384	320	300	330	356	308	280	290
BU	152	140	190	208	160	124	194	230	214
HL	-4.4	-3.2	-3.6	-4.0	-3.6	-3.4	-3.6	-4.2	-4.2
HU	2.0	2.6	1.8	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	1.6
X	45.00	45.50	46.00	46.50	47.00	47.50	48.00	48.50	49.00
BL	322	310	300	274	286	316	292	316	270
BU	184	198	196	242	300	342	378	234	240
HL	-3.6	-3.8	-4.0	-5.2	-4.6	-4.4	-4.0	-3.6	-3.6
HU	2.8	1.8	1.4	2.0	1.8	1.6	1.8	2.0	2.0
X	49.50	50.00	50.50	51.00	51.50	52.00	52.50	53.00	53.50
BL	346	264	260	290	270	290	298	408	330
BU	184	264	258	224	238	204	192	88	166
HL	-3.4	-3.6	-4.0	-4.6	-3.0	-3.2	-3.2	-2.2	-2.6
HU	1.8	1.8	2.0	2.0	2.2	2.4	2.6	2.0	2.0
X	54.00	54.50	55.00	55.50	56.00	56.50	57.00	57.50	58.00
BL	342	320	288	266	316	270	280	296	334
BU	134	172	206	230	180	234	228	200	158
HL	-3.0	-3.2	-3.2	-3.0	-2.0	-3.8	-3.0	-3.2	-2.6
HU	2.2	1.8	2.2	2.2	2.2	2.4	3.0	2.4	2.0

X	58.50	59.00	59.50	60.00	60.50	61.00	61.50	62.00	62.50
BL	270	326	368	304	266	252	310	302	342
BU	232	170	132	198	220	242	190	264	156
HL	-3.4	-1.6	-2.0	-2.0	-2.8	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0
HU	2.4	2.6	2.0	2.4	2.6	2.6	3.0	2.8	3.2
X	63.00	63.50	64.00	64.50	65.00	65.50	66.00	66.50	67.00
BL	330	260	288	278	254	372	490	280	320
BU	158	224	218	360	630	780	874	910	796
HL	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.6	-1.6
HU	3.4	2.4	3.0	3.2	3.2	3.0	4.0	4.0	4.2
X	67.50	68.00	68.50	69.00	69.50	70.00	70.50	71.00	71.50
BL	280	240	280	222	246	222	226	244	240
BU	766	678	470	366	300	346	346	336	336
HL	-2.0	-2.4	-2.2	-2.0	-1.6	-2.0	-1.4	-1.2	-2.0
HU	4.0	4.0	4.0	3.6	3.8	3.6	4.0	4.0	4.2
X	72.00	72.50	73.00	73.50	74.00	74.50	75.00	75.50	76.00
BL	250	224	238	220	314	296	410	370	310
BU	322	322	274	290	340	388	238	200	0
HL	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-0.4	-0.8	0.2	0	-0.2
HU	4.4	4.4	4.0	4.2	4.8	5.2	4.4	5.2	100
X	76.50								
BL	248								
BU	0								
HL	-1.0								
HU	100								

2.3 境界条件

境界条件は、上流端流量を布川（76.5 km）で与え、下流端水位を銚子（1.0 km）で与えた。なお、この流量は流観値を補正した値である。また時間ステップは $\Delta t = 3600 \text{ sec} = 1 \text{ hr}$ で33ステップの計算を行っている。これらの境界条件をまとめたものが表5.2.3である。

表5.2.3 境界条件 利根川（S47年洪水）

時 刻				下 流 端 水 位	下 流 端 流 量
月	日	時	J	銚 子 1.0 km	布 川 76.5 km
				Y. P. (m)	m ³ /sec
9	17	11	0	1.20	3,507
		12	1	1.26	4,149
		13	2	1.31	4,523
		14	3	1.37	4,834
		15	4	1.42	5,104
		16	5	1.49	5,290
		17	6	1.55	5,462
		18	7	1.61	5,603
		19	8	1.67	5,698
		20	9	1.72	5,737
		21	10	1.76	5,760
		22	11	1.80	5,724
		23	12	1.77	5,675
		24	13	1.75	5,572
9	18	1	14	1.71	5,449
		2	15	1.67	5,274
		3	16	1.62	5,100
		4	17	1.57	4,960
		5	18	1.52	4,853
		6	19	1.49	4,700
		7	20	1.47	4,590
		8	21	1.46	4,510
		9	22	1.47	4,431
		10	23	1.49	4,319
		11	24	1.53	4,199
		12	25	1.58	4,080
		13	26	1.63	3,968
		14	27	1.66	3,850
		15	28	1.68	3,740
		16	29	1.67	3,650
		17	30	1.65	3,532
		18	31	1.63	3,430
		19	32	1.61	3,360
		20	33	1.60	3,315

2.4 主な地点の実績水位および実績流量

この洪水での主な地点での水位および流量の実績値は表 5.2.4 および表 5.2.5 に示すとおりである。

表 5.2.4 実績水位

実 績 水 位 (Y. P. m)									
年 月 日	時	三 軒 町	荒 波	太田新田	横 利 根	川 尻	金 江 津	須 賀	市 川
昭和 47 年 9 月 17 日	11	1.10	1.03	1.72	1.77	1.91	2.89	4.84	6.78
	12	1.18	1.15	1.35	1.86	2.06	3.04	5.11	7.00
	13	1.23	1.19	1.51	2.02	2.29	3.35	5.41	7.14
	14	1.31	1.28	1.61	2.23	2.51	3.44	5.64	7.30
	15	1.40	1.37	1.78	2.38	2.66	3.64	5.83	7.48
	16	1.46	1.49	1.92	2.54	2.81	3.80	6.02	7.62
	17	1.57	1.56	2.04	2.74	2.97	3.92	6.17	7.76
	18	1.63	1.64	2.13	2.88	3.12	4.06	6.31	7.88
	19	1.71	1.72	2.22	3.01	3.25	4.20	6.42	7.99
	20	1.77	1.79	2.31	3.10	3.37	4.26	6.52	8.06
	21	1.81	1.83	2.39	3.19	3.46	4.37	6.60	8.11
	22	1.84	1.88	2.46	3.27	3.55	4.45	6.66	8.15
	23	1.86	1.92	2.52	3.34	3.62	4.51	6.68	8.16
9 月 18 日	0	1.86	1.93	2.55	3.36	3.68	4.57	6.69	8.16
	1	1.84	1.93	2.56	3.40	3.71	4.59	6.68	8.16
	2	1.81	1.92	2.56	3.41	3.72	4.59	6.65	8.15
	3	1.76	1.89	2.55	3.42	3.71	4.59	6.63	8.13
	4	1.71	1.85	2.53	3.40	3.69	4.57	6.53	8.09
	5	1.67	1.82	2.50	3.38	3.67	4.55	6.43	8.05
	6	1.62	1.77	2.46	3.34	3.61	4.51	6.46	7.99
	7	1.59	1.75	2.63	3.30	3.57	4.47	6.41	7.92
	8	1.57	1.72	2.39	3.27	3.53	4.44	6.34	7.89
	9	1.57	1.68	2.36	3.22	3.49	4.39	6.27	7.84
	10	1.58	1.67	2.33	3.18	3.44	4.35	6.21	7.78
	11	1.59	1.67	2.31	3.13	3.38	4.29	6.15	7.72
	12	1.63	1.69	2.30	3.09	3.35	4.24	6.11	7.65
	13	1.66	1.71	2.30	3.06	3.30	4.20	6.02	7.59
	14	1.68	1.73	2.30	3.03	3.25	4.15	5.95	7.52
	15	1.69	1.73	2.30	3.01	3.22	4.11	5.87	7.47
	16	1.69	1.74	2.28	2.99	3.19	4.07	5.81	7.41
	17	1.66	1.73	2.26	2.96	3.15	4.03	5.75	7.35
	18	1.64	1.70	2.24	2.93	3.12	4.00	5.69	7.30
	19	1.62	1.68	2.21	2.90	3.08	3.96	5.62	7.25
	20	1.60	1.66	2.19	2.86	3.04	3.92	5.57	7.20

表 5.2.5 実績流量 (昭和 47 年 9 月)

月 日 時	金 江 津	月 日 時	金 江 津
9 17 11	m ³ /s	18 4	5381
12	3605	5	5221
13		6	5052
14	4106	7	4897
15		8	4756
16	4549	9	4605
17	4811	10	
18	5025	11	4299
19	5243	12	
20	5433	13	4060
21	5538	14	
22	5652	15	3839
23	5690	16	
24	5715	17	3643
18 1	5670	18	
2	5601	19	
3	5497	20	3382

2.5 計算条件一覧表

計 算 区 間	布川 (76.5 km) ~ 銚子 (1.0 km)
時間ステップ	$\Delta t = 3600 \text{ sec} = 1 \text{ hr}$
ステップ数	33 ステップ ($J = 0 \sim 33$)
断面間隔	$\Delta x = 500 \text{ m}$
粗度係数	低水路 $NL1 = 0.012$ (1.0 km ~ 51.5 km), $NL2 = 0.025$ (51.5 km ~ 76.5 km)
出発水位	$H_0 = 1.20 \text{ m}$ (Y. P)
出発流量	$Q_0 = 3507 \text{ m}^3/\text{sec}$
ピーク流量	$Q_{\max} = 5760 \text{ m}^3/\text{sec}$

2.6 計算結果

図 5.2.3～図 5.2.11 に水位縦断面図，図 5. 12～図 5. 20 に流量縦断面図を示す。また，図 5.2.21～図 5.2.28 に主な地点の水位のハイドロ，図 5.2.29 に金江津の流量のハイドロを示す。 $J=0$ は不等流計算である。水位については，51.5 km を境に低水路の粗度係数を変えてあるので，そこから，計算水位の水面勾配が急変している。これを実績水位と比較してみると確かにその傾向はあると思われる。それは河床材料の縦断分布をみてもいえることである。図 5.2.2 に d_{60} の縦断方向変化図を示す。

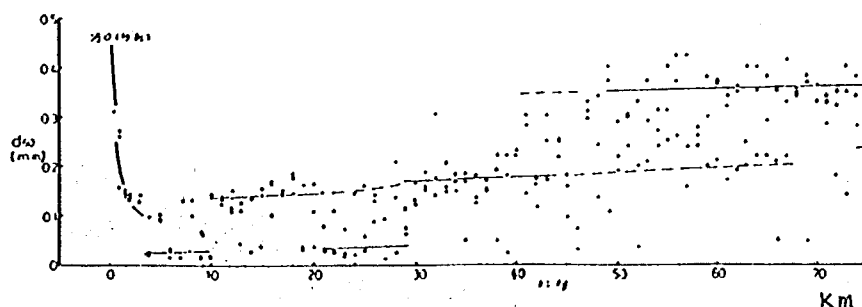


図 5.2.2 d_{60} の縦断方向変化図

また，水位のハイドロをみると分かるように，実際の洪水よりも計算の方が水位の低下が速い。これとは逆に流量のハイドロは，計算の方が実際の洪水よりも減衰が遅くなっている。流量の縦断変化については，実績流量が金江津しかなかったため十分な検討はできなかった。

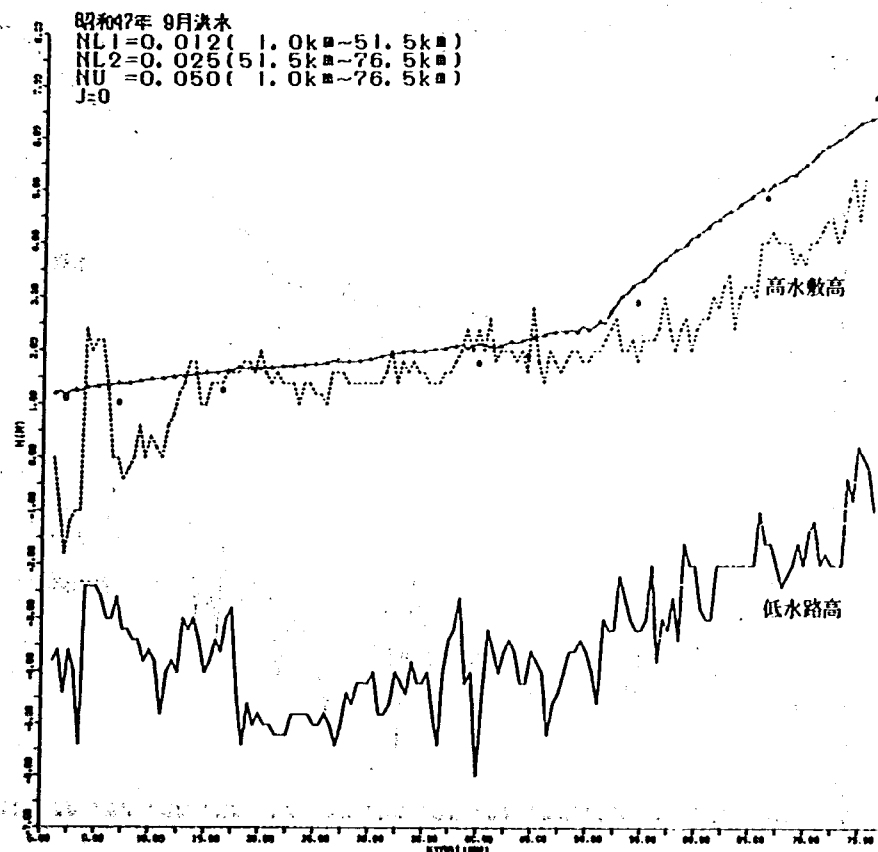


図 5-2-3 水位縦断面図

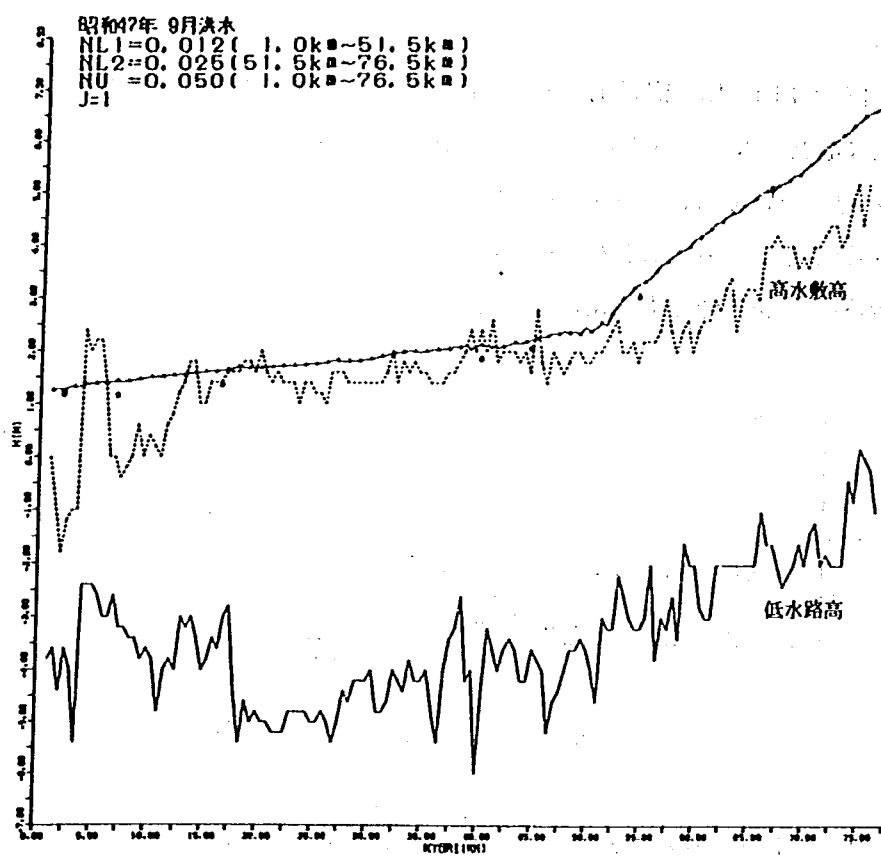


図5-2-4 水位縦断図

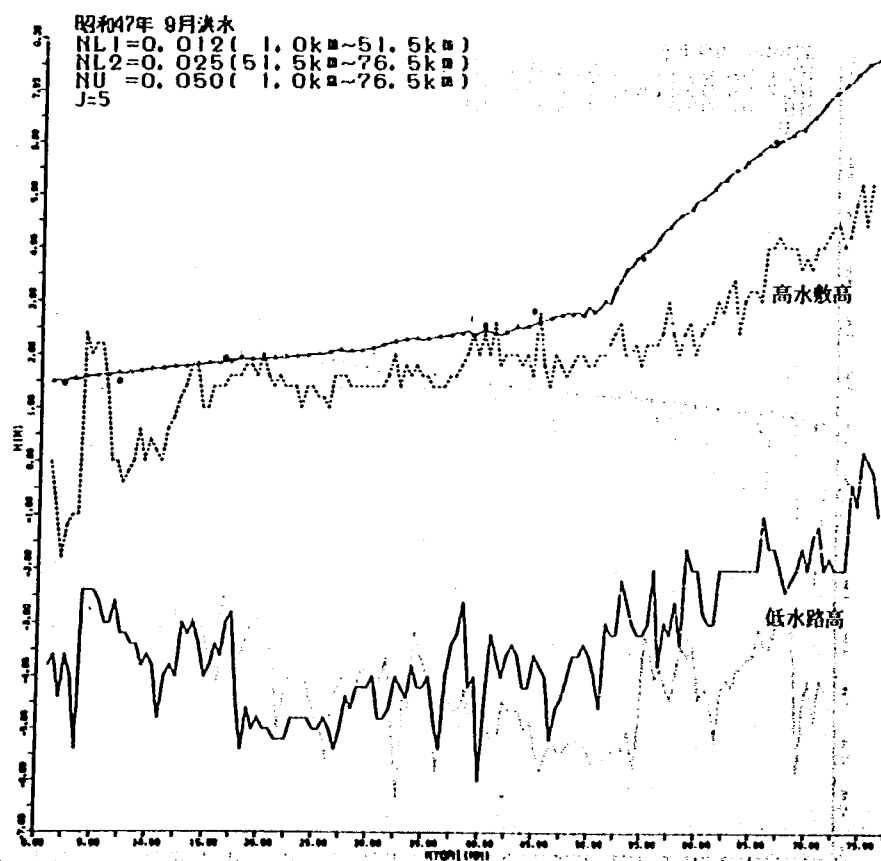


図5-2-5 水位縦断図

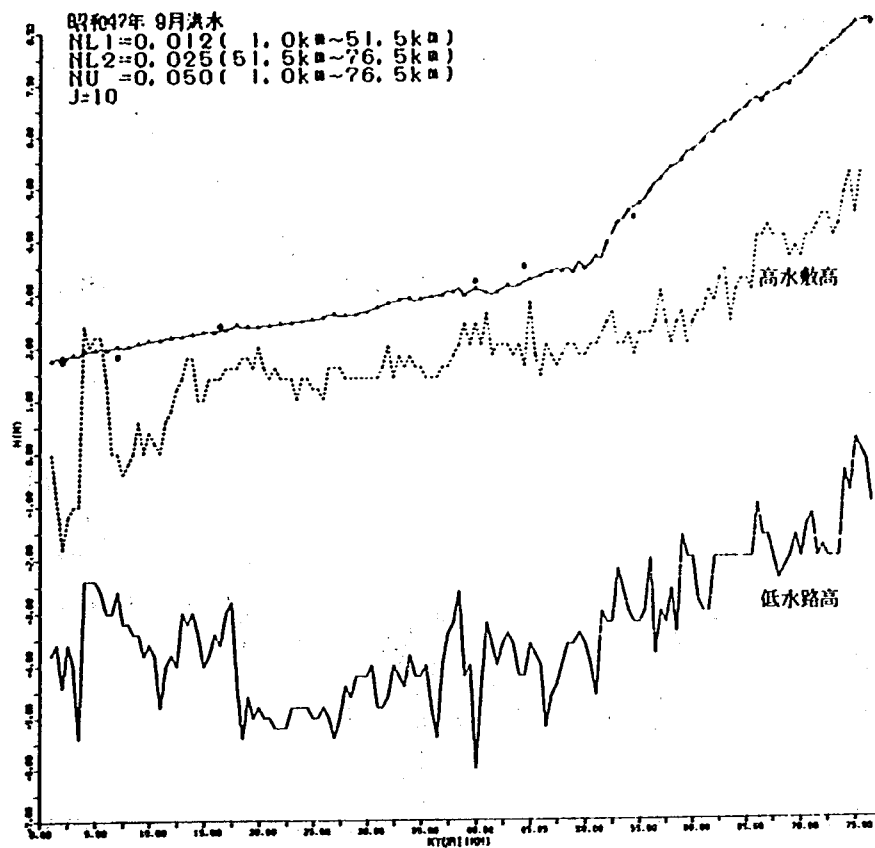


図5-2-6 水位縦断図

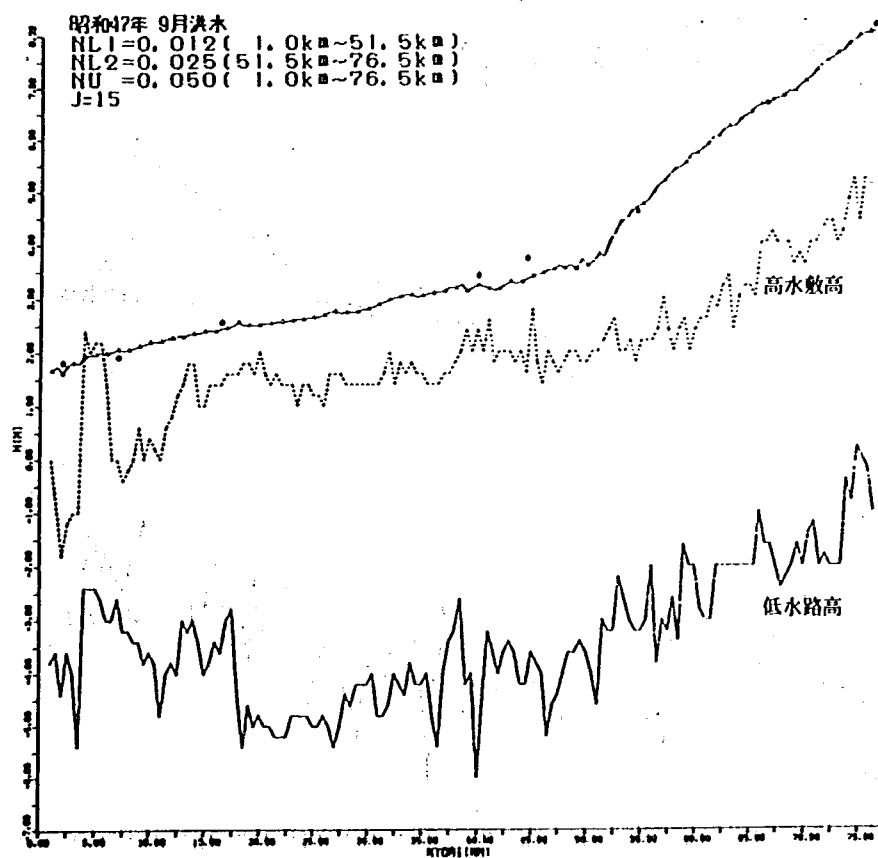


図5-2-7 水位縦断図

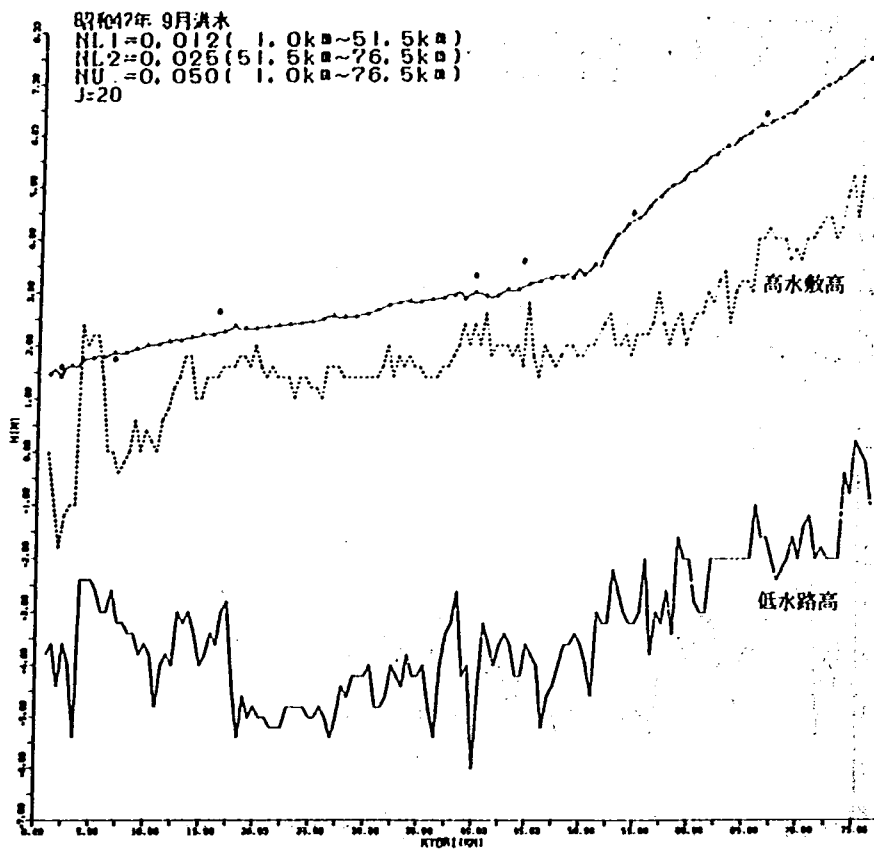


図5-2-8 水位縦断図

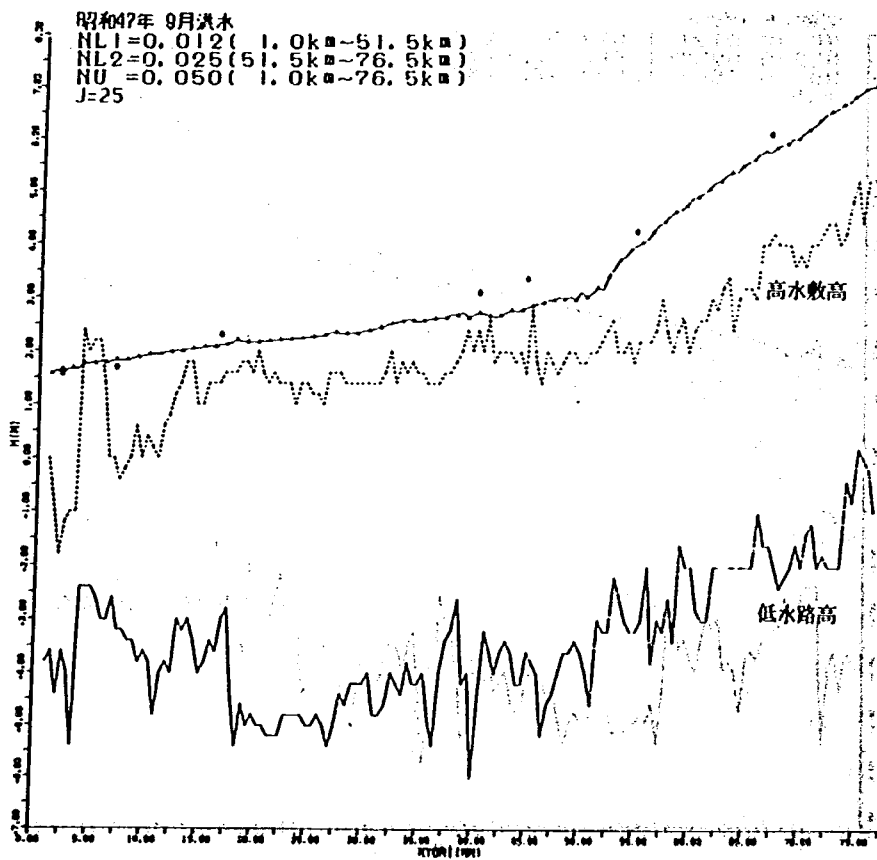


図5-2-9 水位縦断図

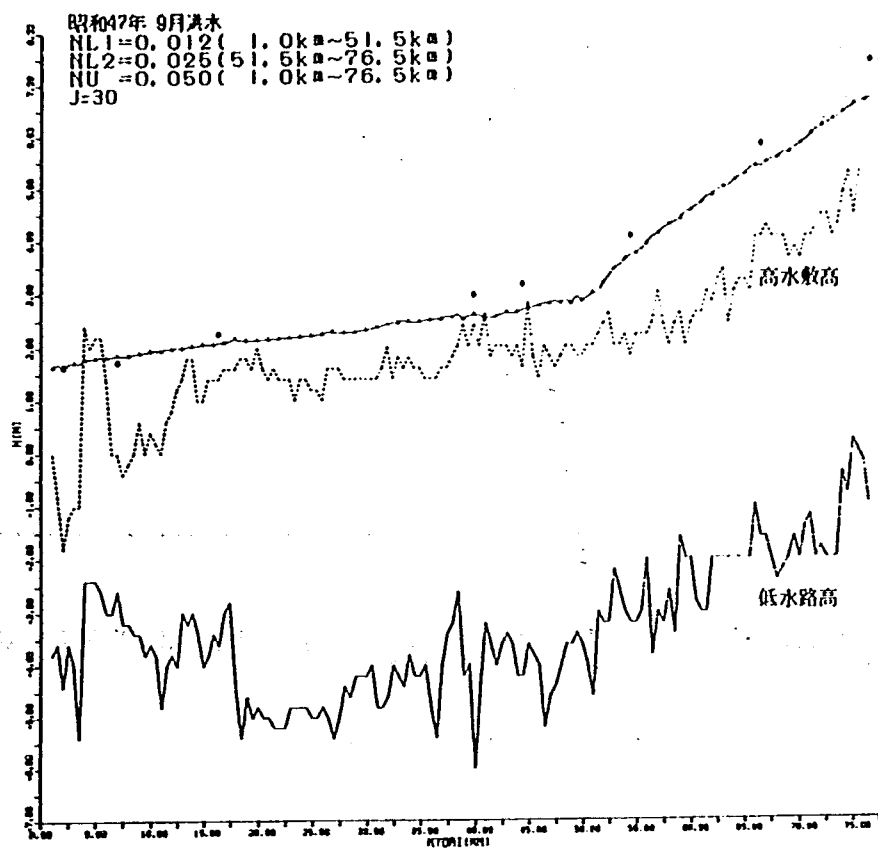


図5-2-10 水位縦断面図

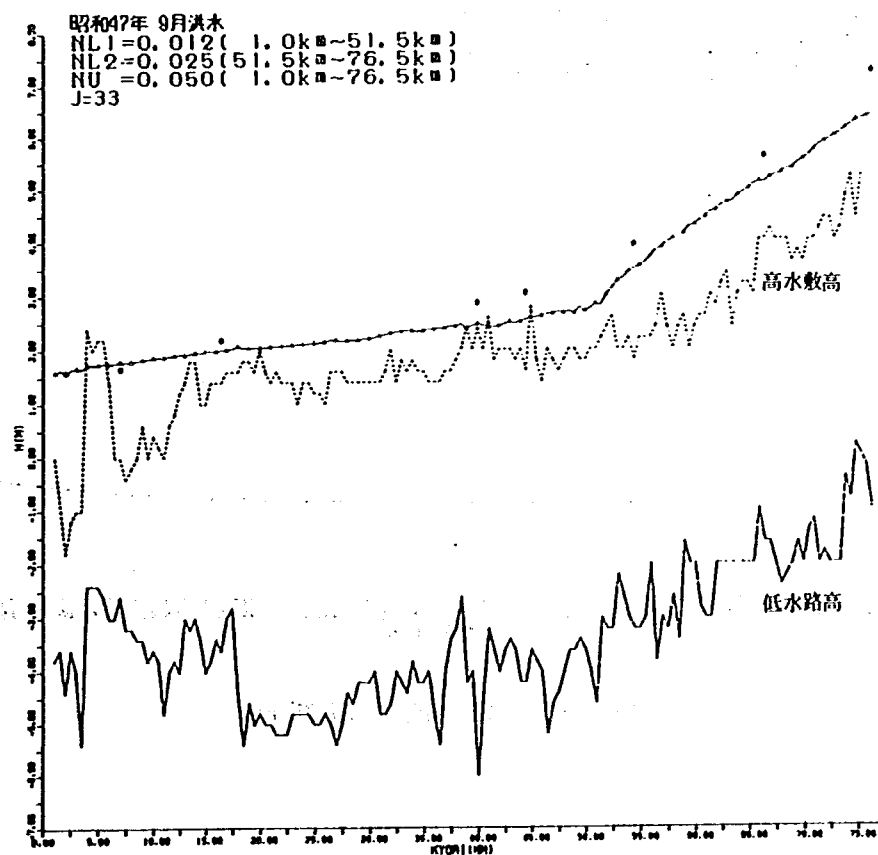


図5-2-11 水位縦断面図

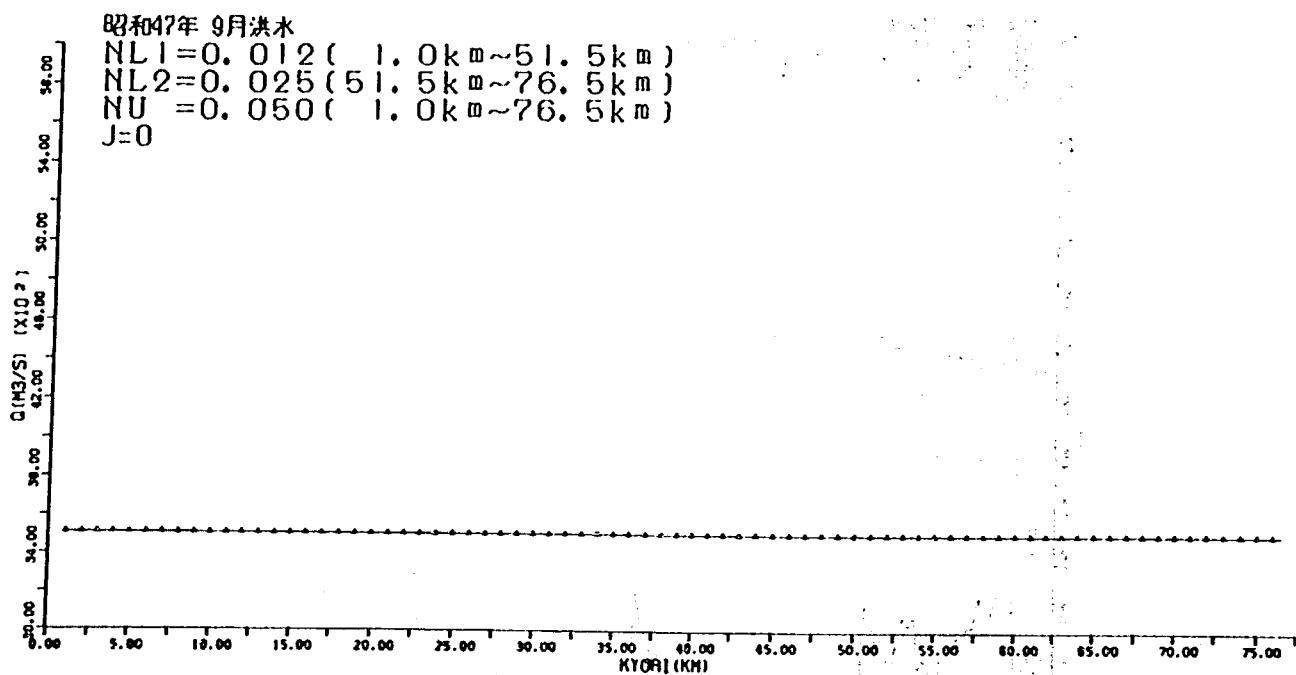


図5-2-12 流量縦断図

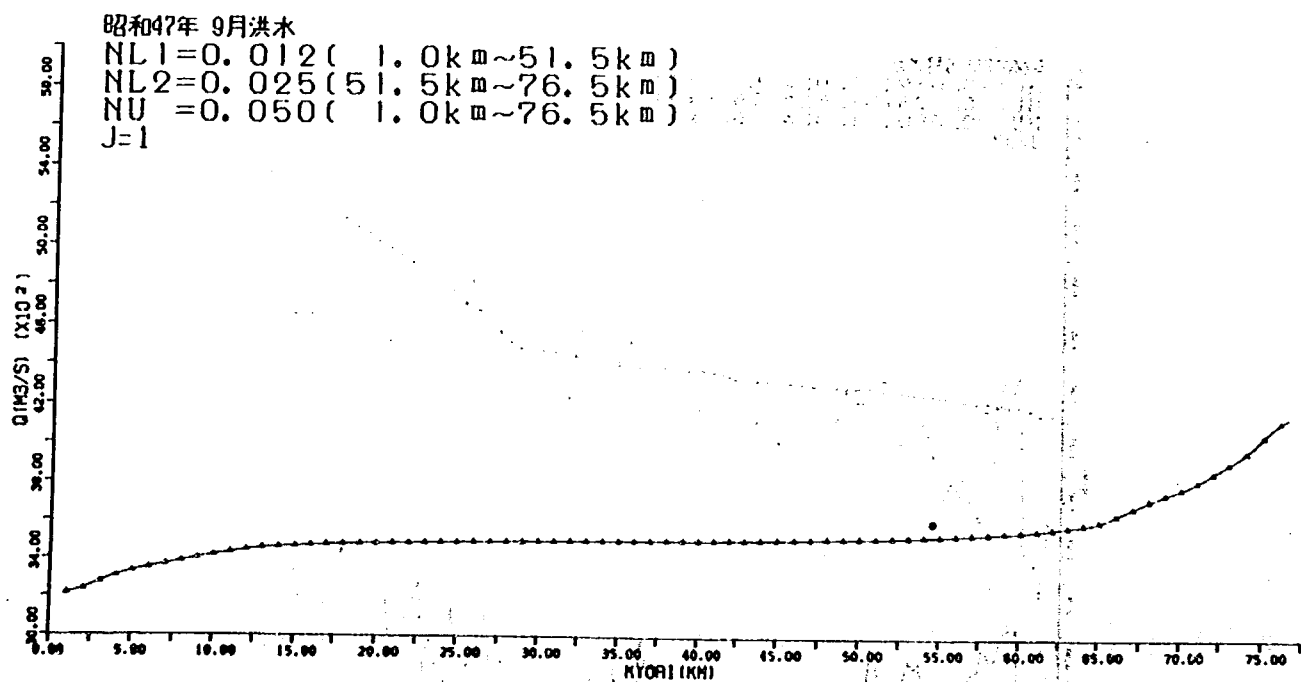


図5-2-13 流量縦断図

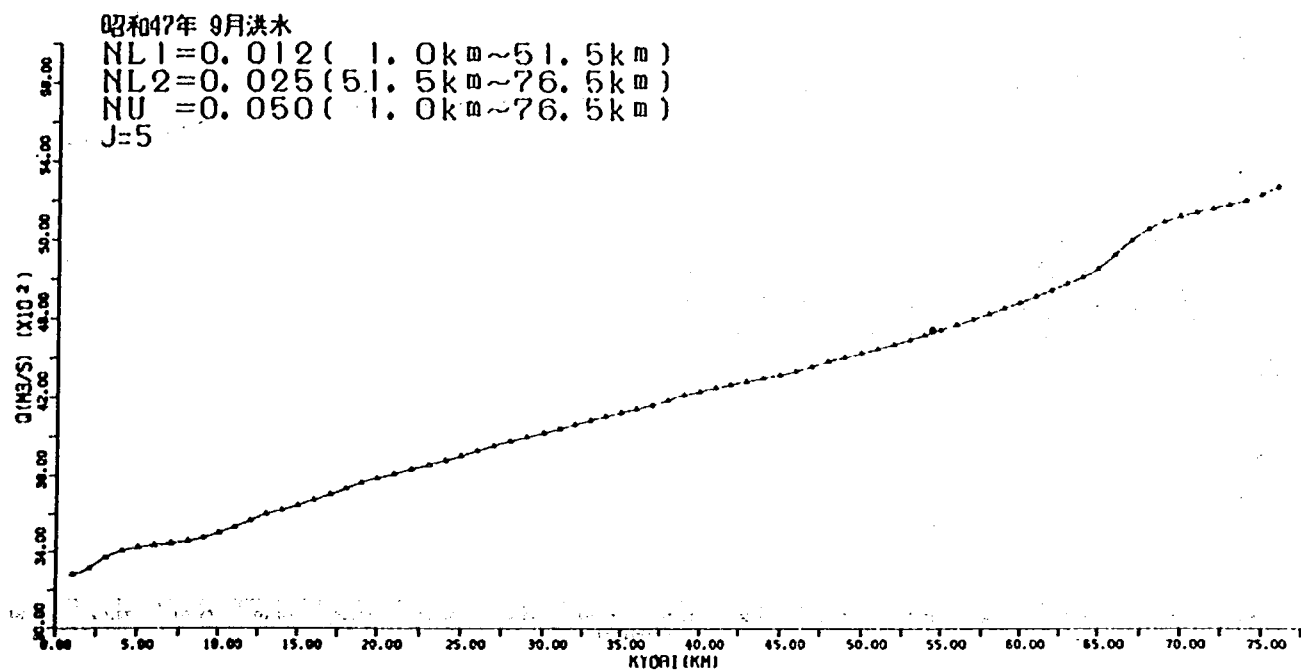


図5-2-14 流量縦断図

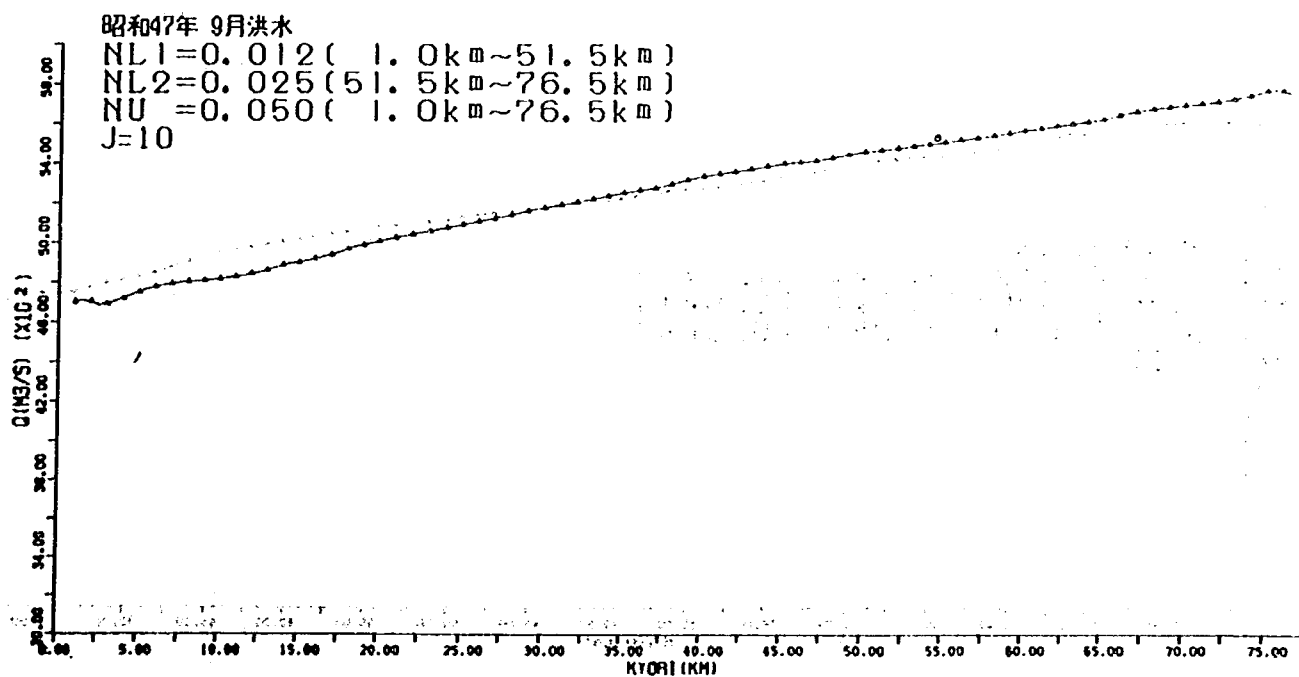


図5-2-15 流量縦断図

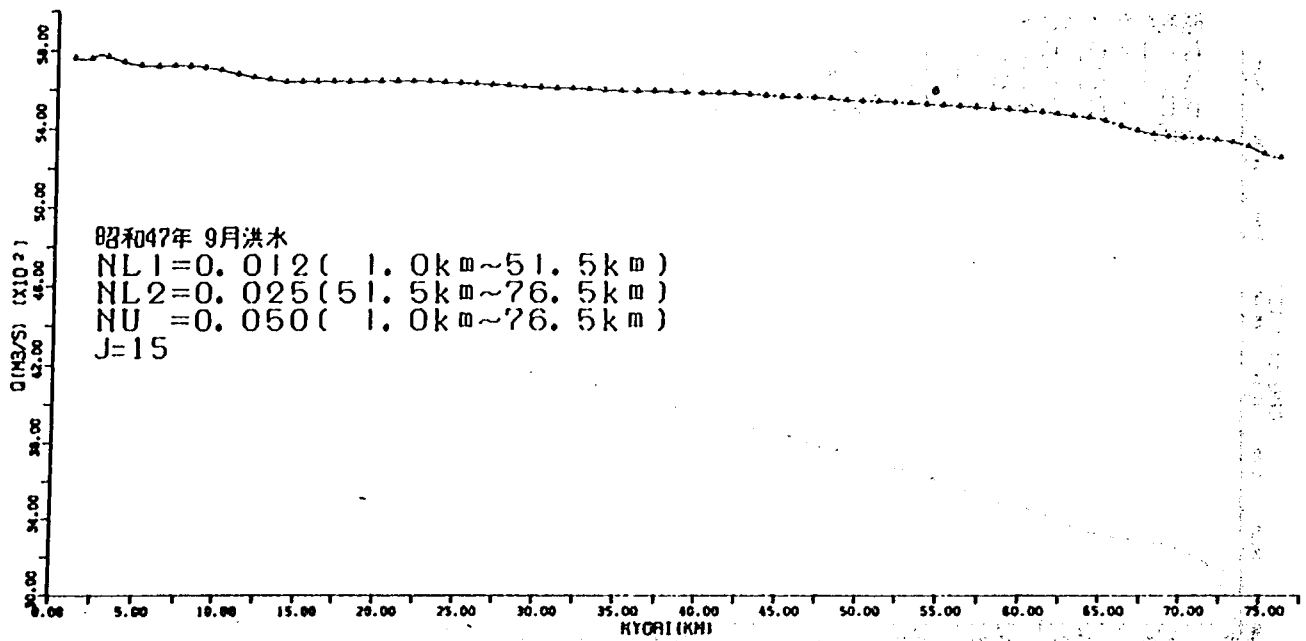


図5-2-16 流量縦断図

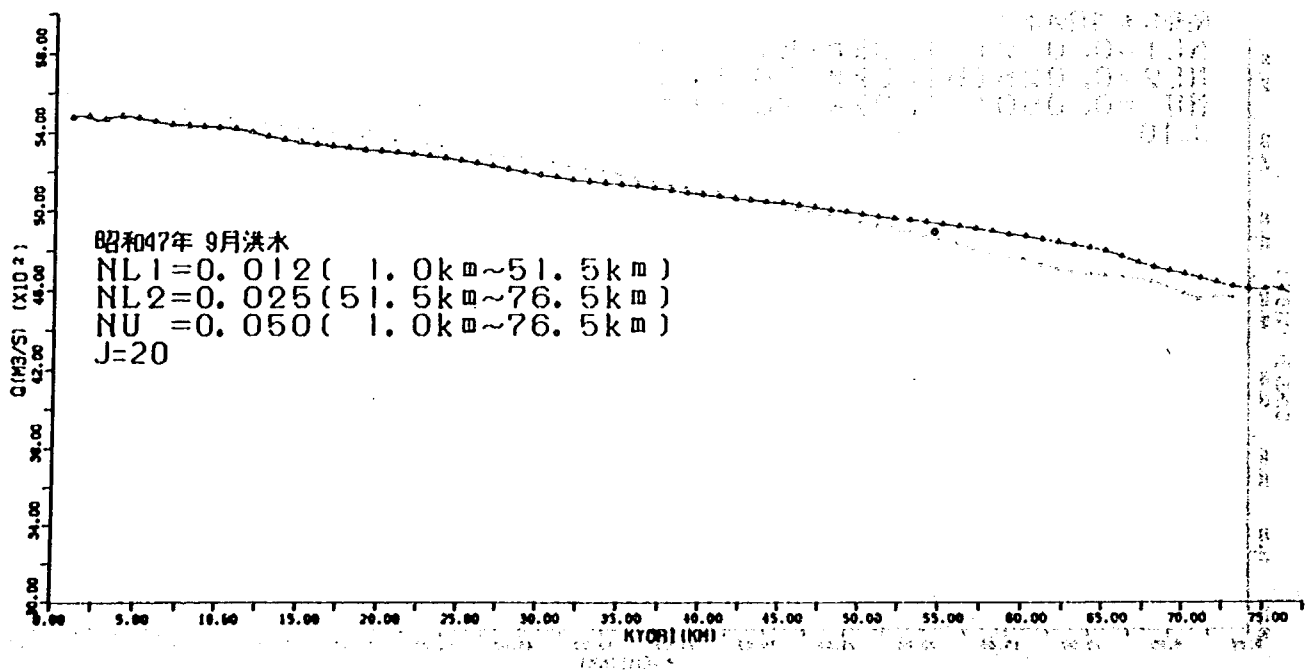


図5-2-17 流量縦断図

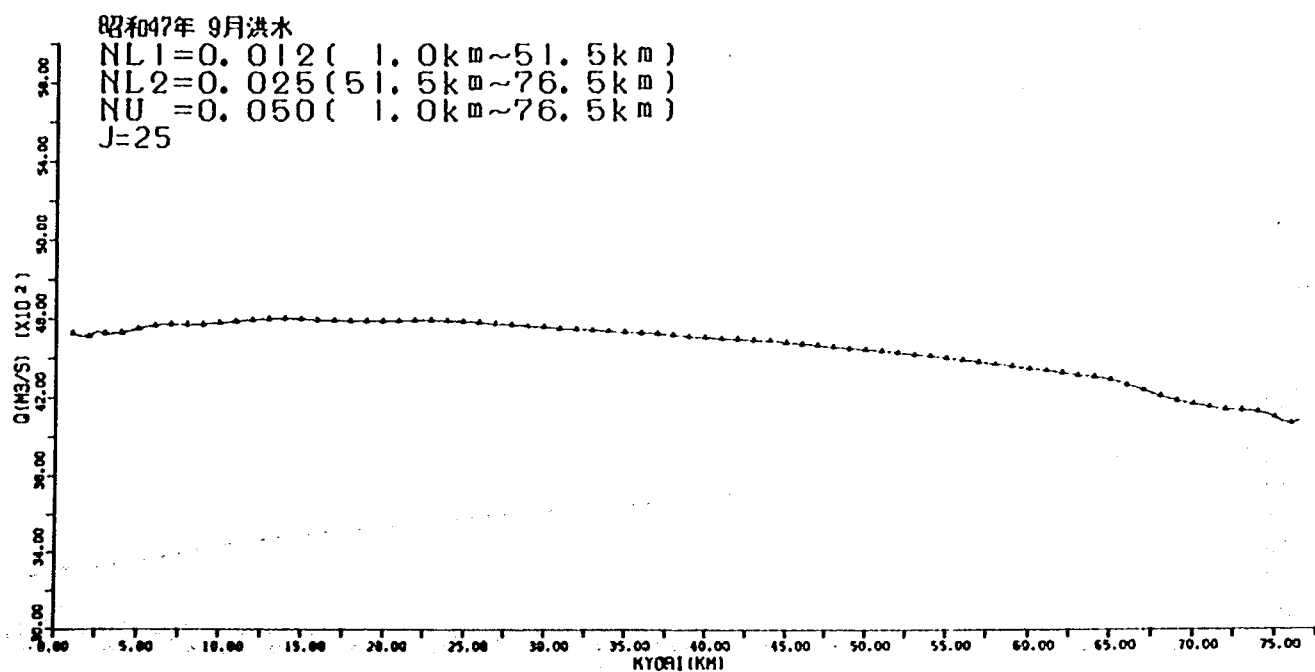


図5-2-18 流量縦断面図

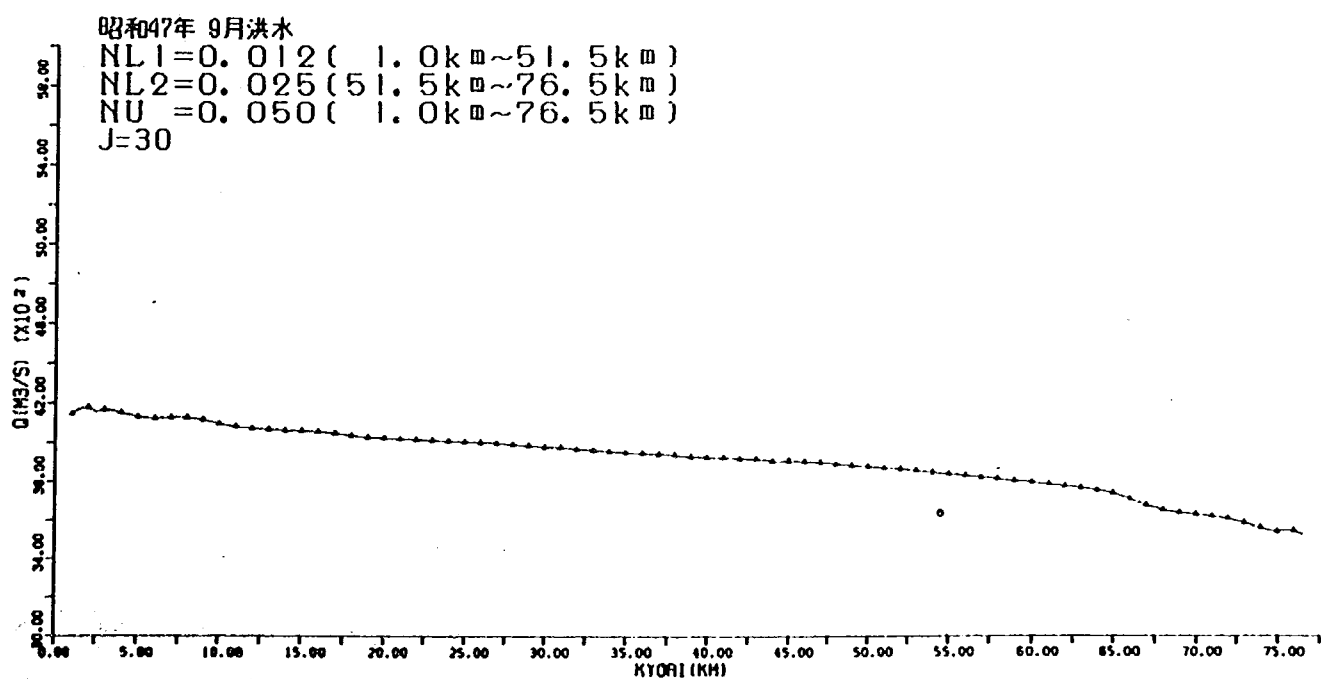


図5-2-19 流量縦断面図

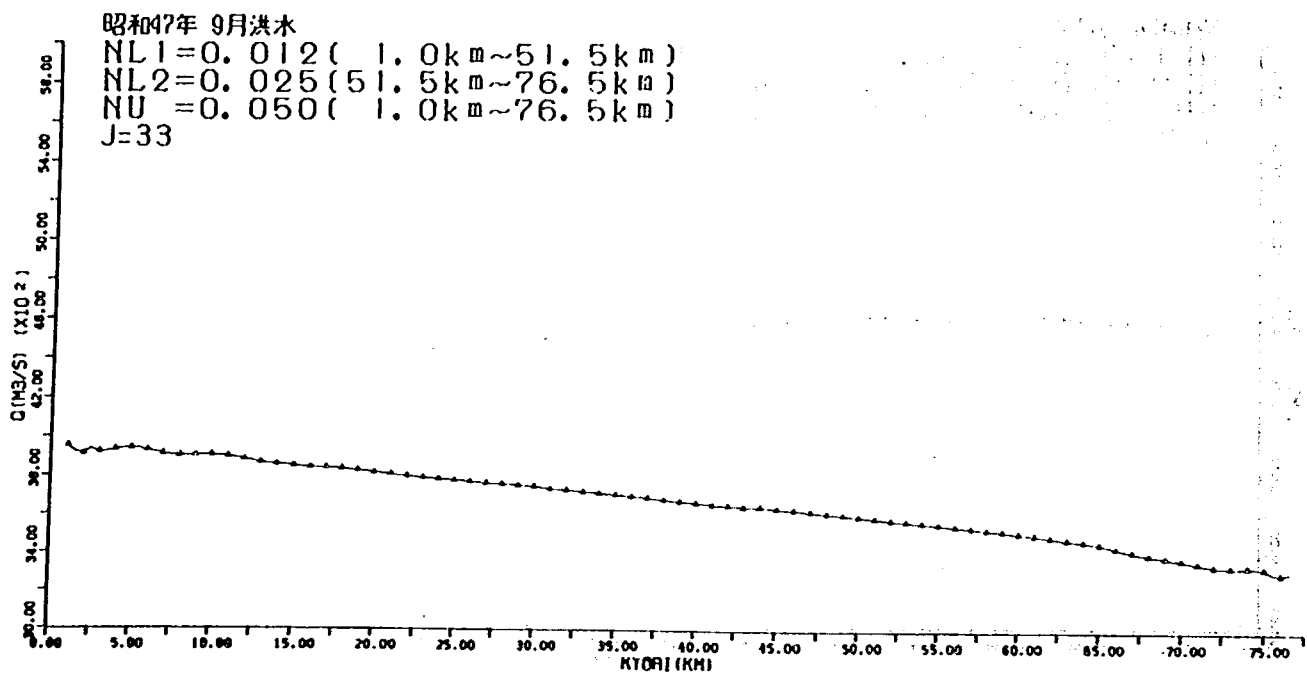


図5-2-20 流量縦断図

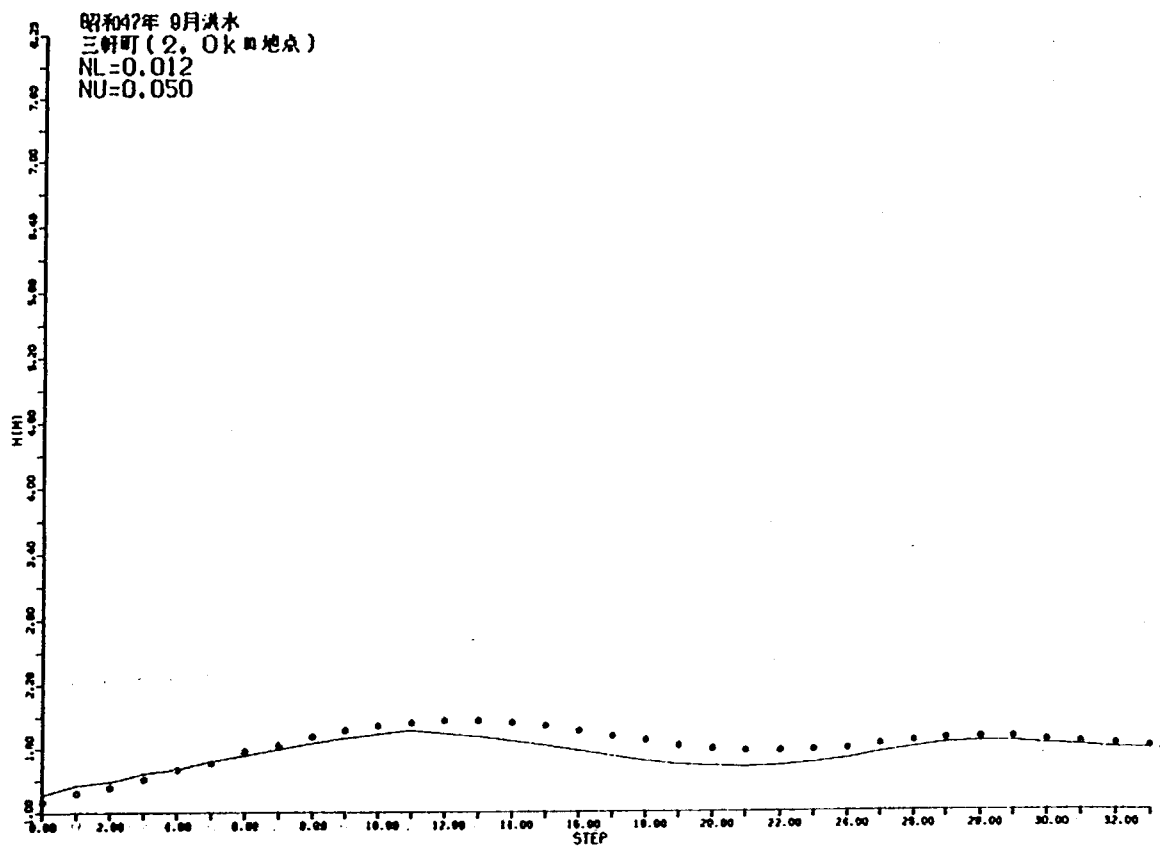


図5-2-21 水位のハイドロ

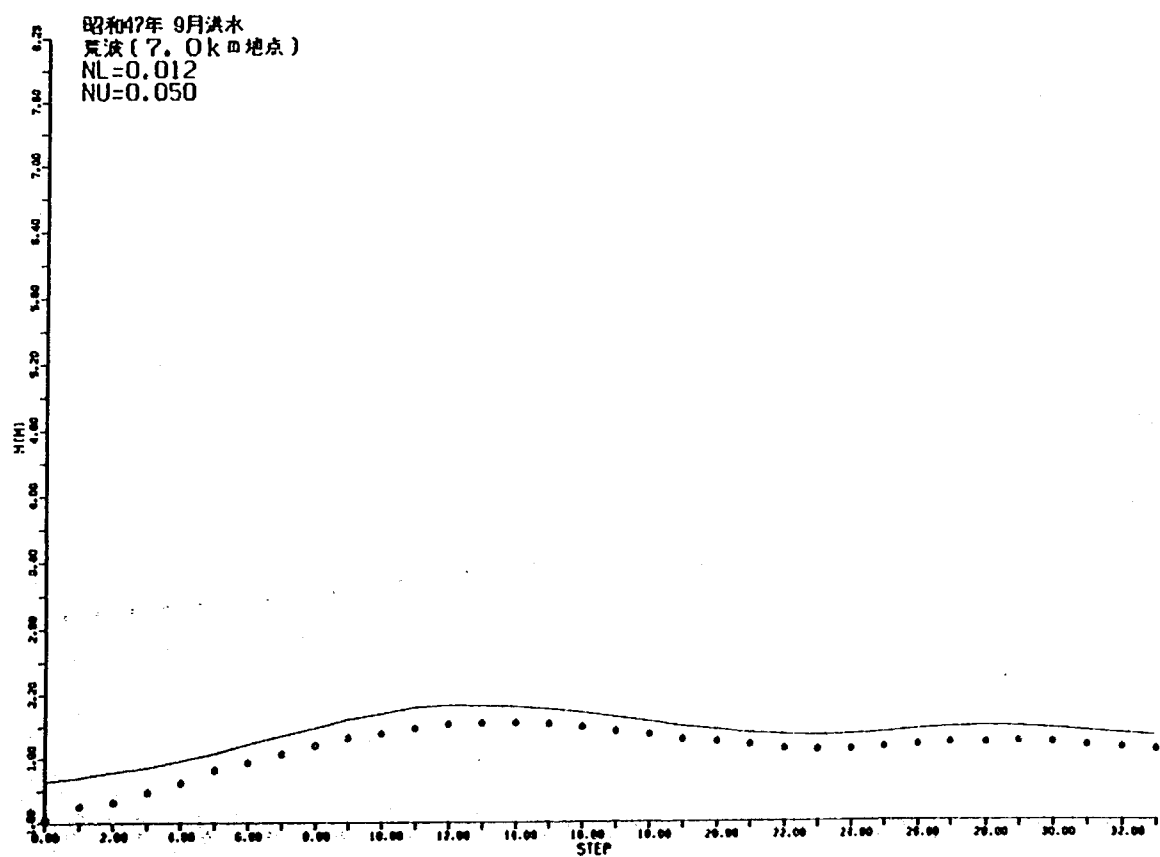


図5-2-22 水位のハイドロ

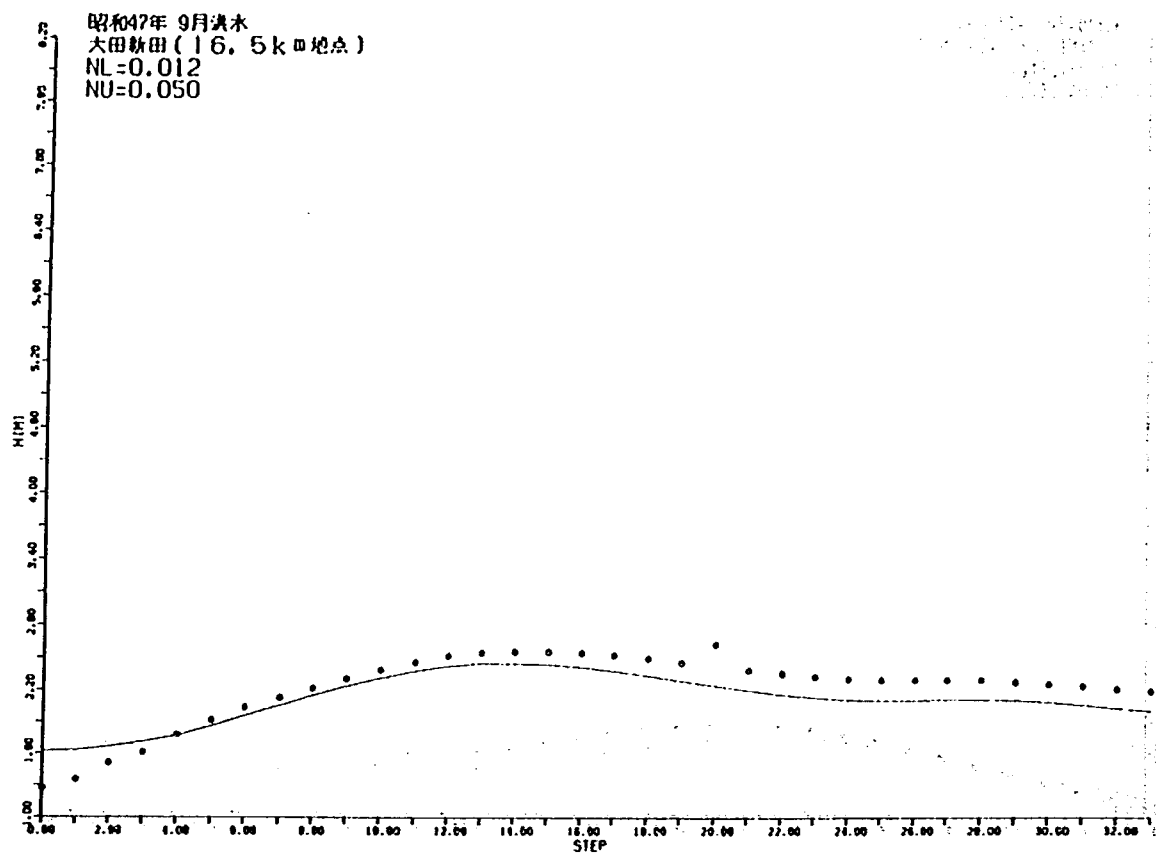


図5-2-23 水位のハイドログラフ

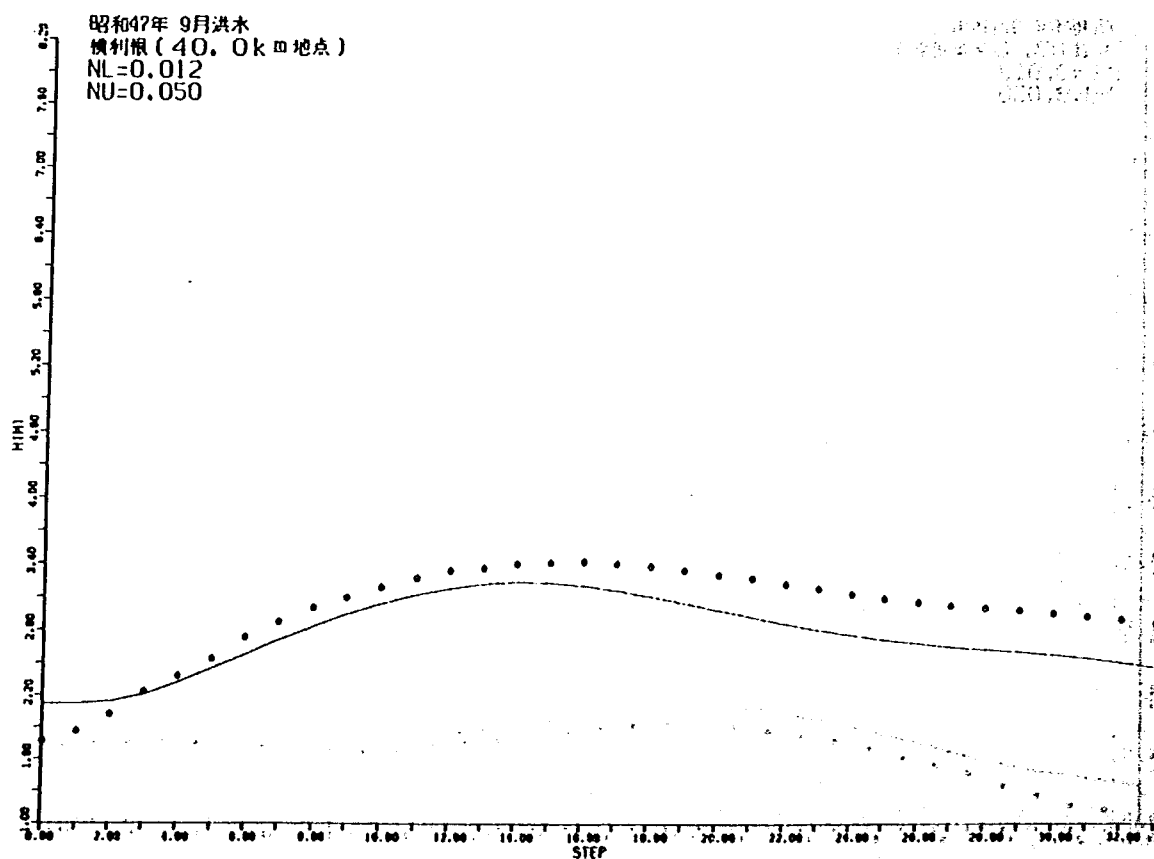


図5-2-24 水位のハイドログラフ

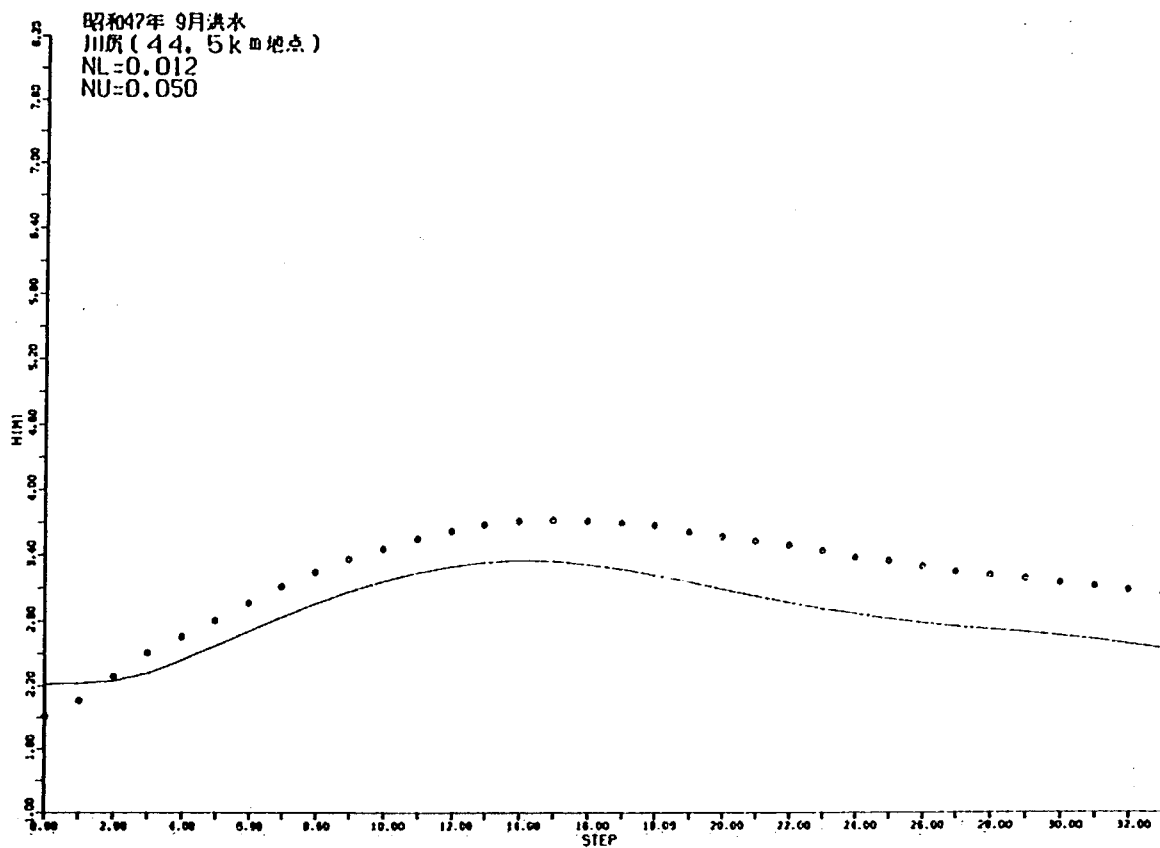


図5-2-25 水位のハイドロ

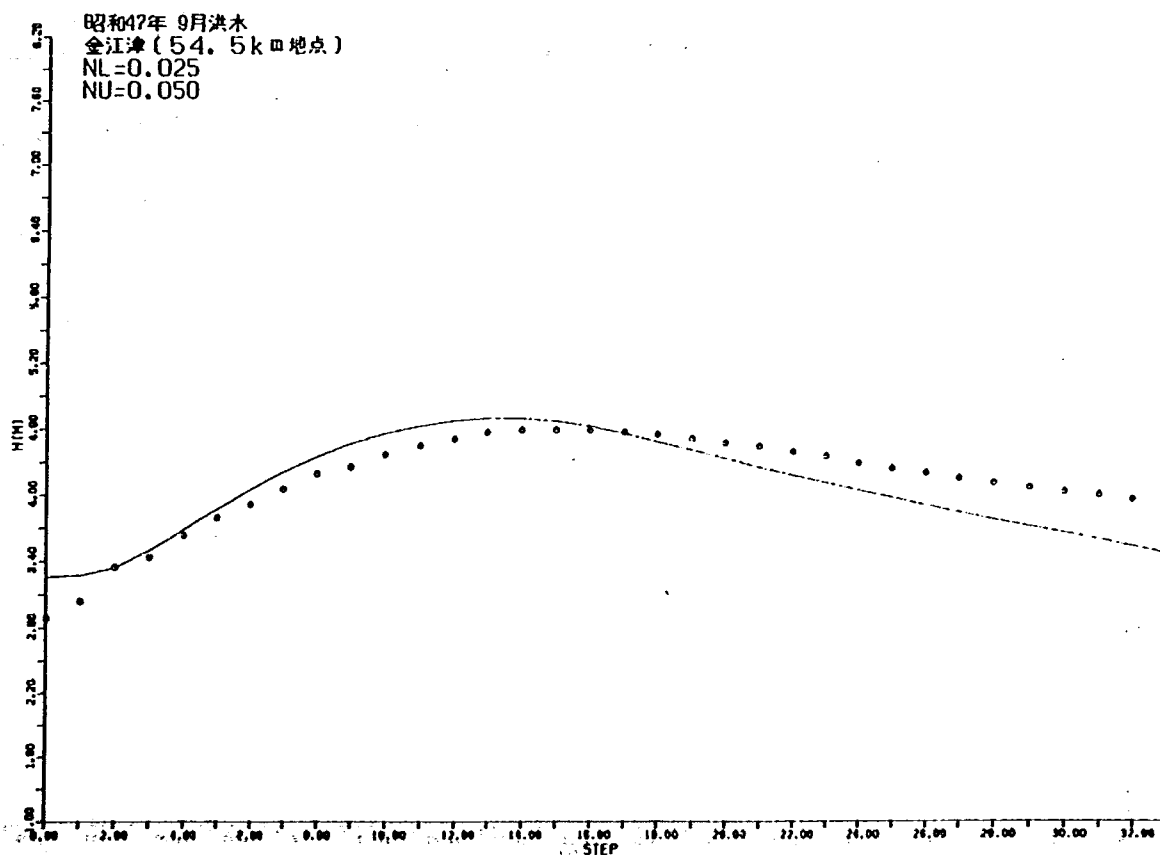


図5-2-26 水位のハイドロ

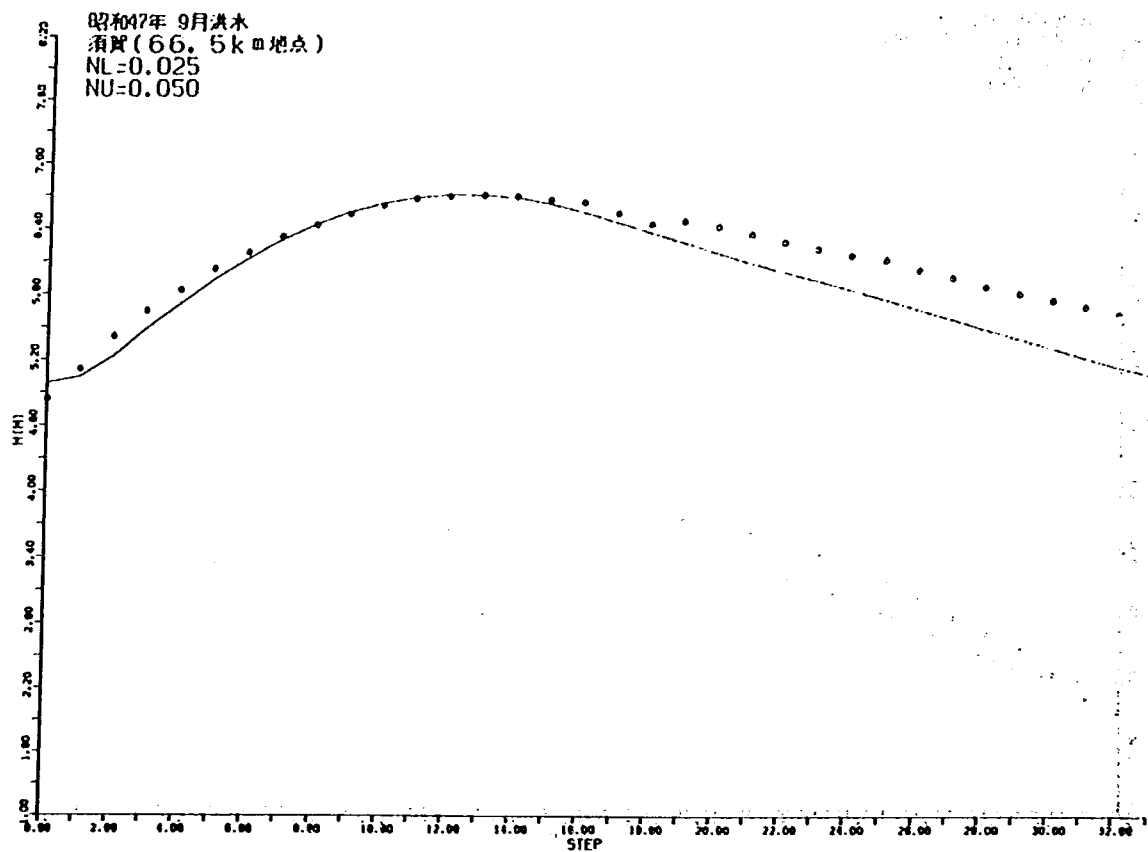


図5-2-27 水位のハイドロ

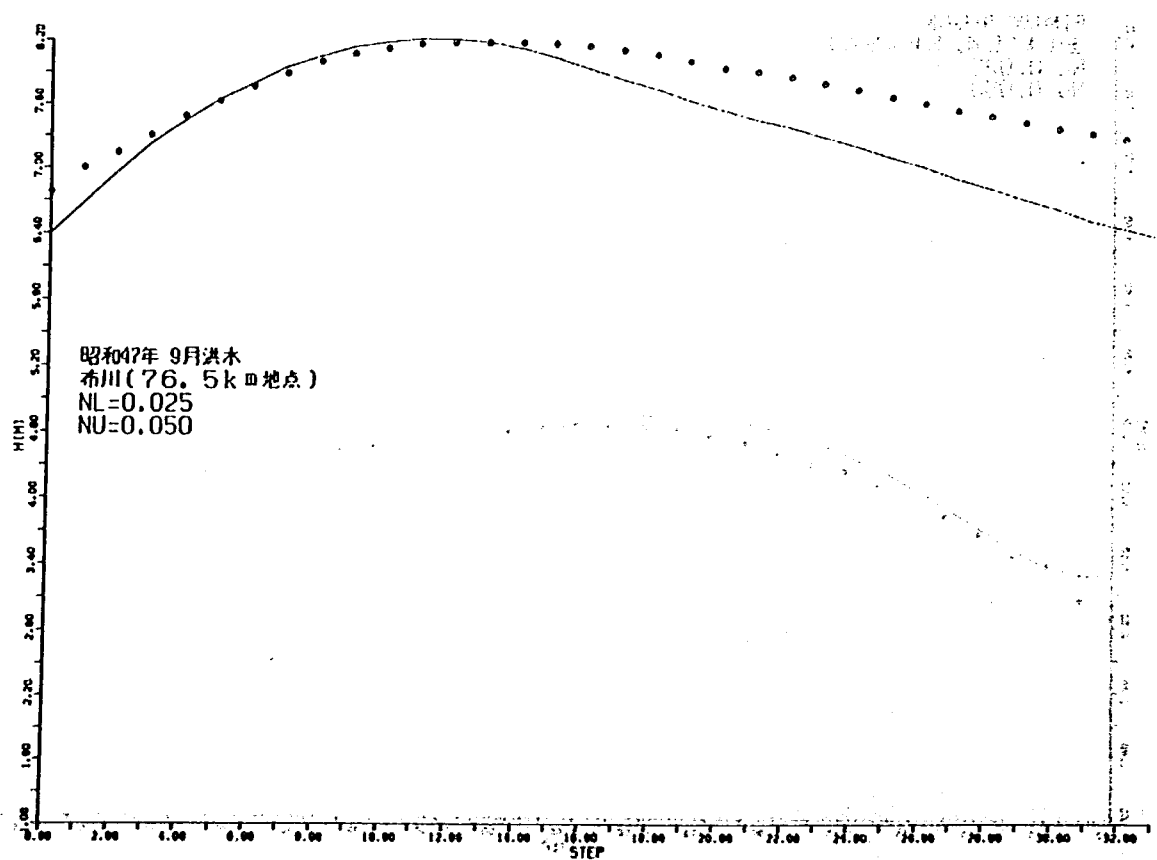


図5-2-28 水位のハイドロ

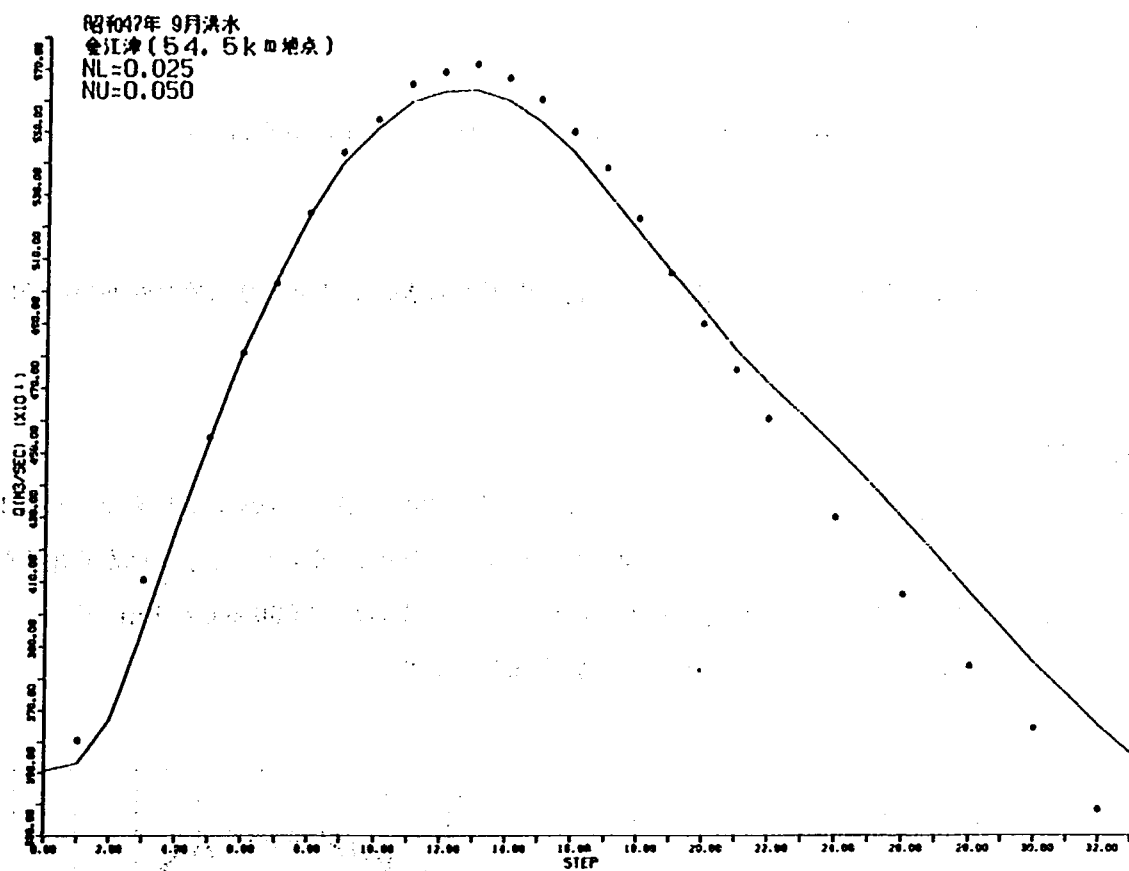


図5-2-29 流量のハイドロ

第3節 昭和57年9月洪水について

3.1 対象区間

昭和47年9月洪水と同様に布川から下流の76.5 km～1.0 kmについて計算を行った。

3.2 断面特性

これも昭和47年9月洪水と同様に、昭和56年度利根川下流横断測量結果より求めた断面特性を使用した。

3.3 境界条件

境界条件は、上流端流量を布川（76.5 km）で与え、下流端水位を銚子（1.0 km）で与えた。なお上流端流量については、ピークの2時間前からの流観値しかなかったため、図5.3.1に示す図から増水時の流量を推定し、かつ流観値を補正した値を用いた。時間ステップは $\Delta t = 3600 \text{ sec} = 1 \text{ hr}$ でステップ数は42である。これらの境界条件をまとめたものが表5.3.1である。

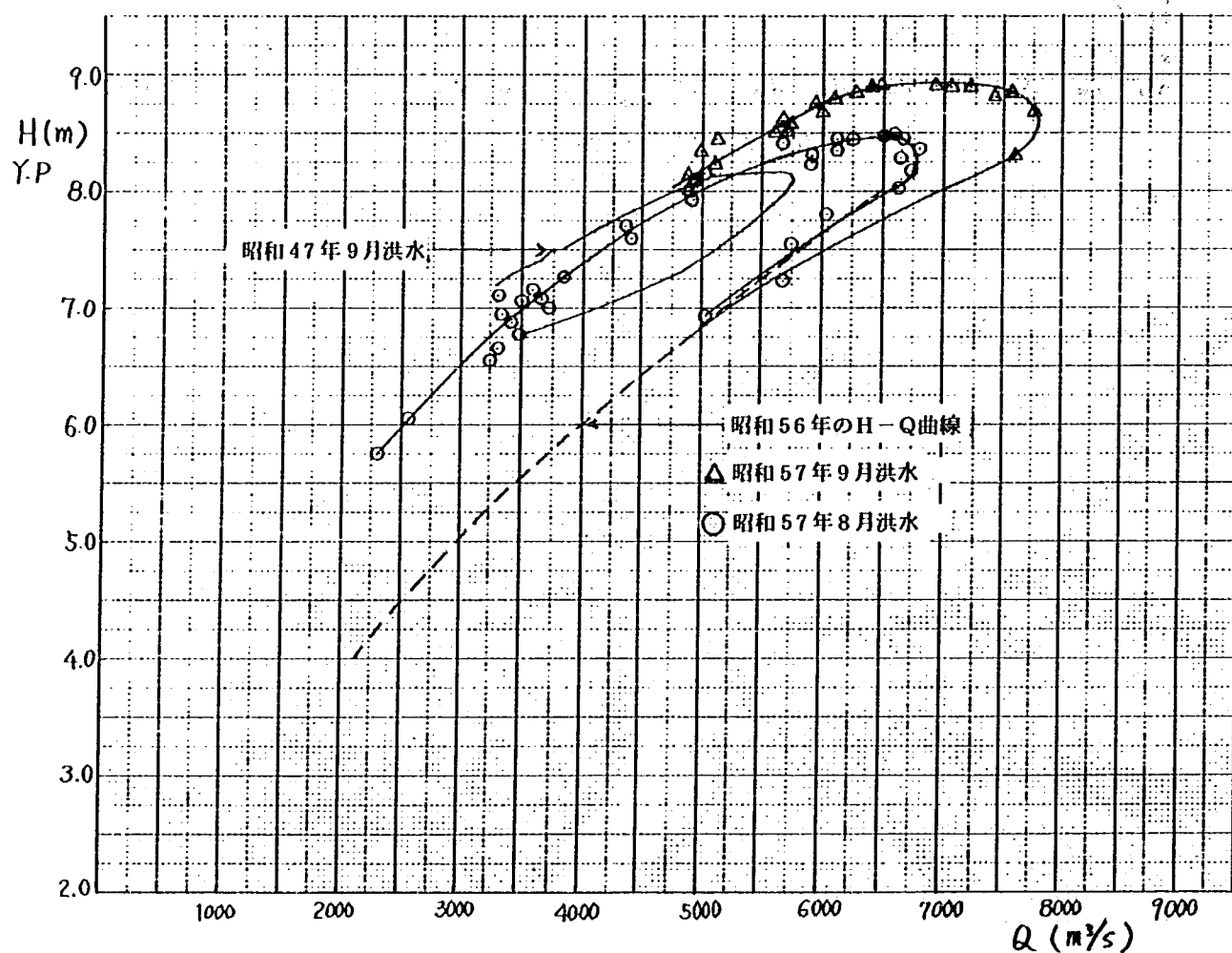


図 5.3.1 H-Q 曲線

表 5.3.1 境界条件 利根川 (S57 年洪水)

時 刻				下 流 端 水 位 銚 子 1.0 km	下 流 端 流 量 布 川 76.5 km
月	日	時	J		
9	12	18	0	Y. P. (m)	(m ³ /S)
		19	1	1.62	2,300
		20	2	1.60	2,450
		21	3	1.62	2,550
		22	4	1.60	2,700
		23	5	1.52	2,800
		24	6	1.48	2,900
				1.42	3,100
9	13	1	7	1.33	3,500
		2	8	1.20	3,900
		3	9	1.09	4,200
		4	10	0.90	5,000
		5	11	0.79	5,550
		6	12	0.77	6,300
		7	13	0.81	6,700
		8	14	0.90	7,250
		9	15	1.05	7,600 (7.605)
		10	16	1.21	7,800
		11	17	1.36	7,800 (7.771)
		12	18	1.55	7,600 (7.415)
		13	19	1.67	7,500 (7.548)
		14	20	1.74	7,200 (7.203)
		15	21	1.83	7,050 (7.059)
		16	22	1.84	6,900 (6.930)
		17	23	1.85	6,600 (6.452)
		18	24	1.85	6,500 (6.385)
		19	25	1.87	6,400 (6.277)
		20	26	1.89	6,250 (6.097)
		21	27	1.90	6,100 (5.937)
		22	28	1.90	5,900 (5.982)
		23	29	1.90	5,750 (5.664)
		24	30	1.87	5,650 (5.709)
9	14	1	31	1.84	5,550 (5.687)
		2	32	1.78	5,500 (5.603)
		3	33	1.70	5,450
		4	34	1.58	5,400 (5.118)
		5	35	1.49	5,300
		6	36	1.42	5,200 (4.979)
		7	37	1.34	5,100
		8	38	1.28	4,950 (5.104)
		9	39	1.27	4,900
		10	40	1.29	4,850 (4.871)
		11	41	1.36	4,750
		12	42	1.46	4,600 (4.874)

() 内は実績値

表 5.3.2 実績水位

実 測 水 位 (Y. P. m)						
月 日 時	J	太田新田	横 利 根	金 津 江	須 賀	布 川
9 12 18	0	1.84	2.33	2.67	3.18	4.14
19	1	1.90	2.40	2.75	3.31	4.30
20	2	1.91	2.42	2.82	3.41	4.44
21	3	1.88	2.45	2.88	3.51	4.59
22	4	1.84	2.49	2.95	3.62	4.73
23	5	1.79	2.46	3.00	3.71	4.85
24	6	1.78	2.38	3.02	3.82	5.03
9 13 1	7	1.72	2.34	3.03	4.05	5.45
2	8	1.65	2.30	3.18	4.39	5.84
3	9	1.58	2.33	3.35	4.67	6.14
4	10	1.54	2.34	3.53	4.99	6.74
5	11	1.51	2.40	3.73	5.35	7.11
6	12	1.52	2.52	3.94	5.72	7.51
7	13	1.59	2.67	4.15	6.08	7.75
8	14	1.70	2.64	4.42	6.40	8.02
9	15	1.83	2.84	4.65	6.70	8.25
10	16	1.98	3.00	4.85	6.93	8.45
11	17	2.14	3.20	5.05	7.11	8.59
12	18	2.29	3.39	5.23	7.24	8.73
13	19	2.44	3.55	5.33	7.34	8.78
14	20	2.56	3.67	5.50	7.41	8.84
15	21	2.66	3.82	5.55	7.45	8.84
16	22	2.73	3.93	5.60	7.45	8.83
17	23	2.78	4.01	5.64	7.47	8.84
18	24	2.81	4.06	5.65	7.45	8.82
19	25	2.84	4.11	5.65	7.42	8.78
20	26	2.85	4.12	5.63	7.38	8.73
21	27	2.86	4.13	5.60	7.32	8.68
22	28	2.86	4.14	5.57	7.72	8.61
23	29	2.86	4.13	5.54	7.20	8.55
24	30	2.85	4.08	5.51	7.15	8.51
9 14 1	31	2.83	4.04	5.48	7.10	8.46
2	32	2.81	4.03	5.45	7.07	8.45
3	33	2.78	3.99	5.42	7.03	8.41
4	34	2.73	3.97	5.43	6.98	8.39
5	35	2.68	3.93	5.34	6.93	8.32
6	36	2.63	3.88	5.29	6.88	8.29
7	37	2.58	3.83	5.14	6.82	8.22
8	38	2.53	3.78	5.08	6.77	8.17
9	39	2.48	3.72	5.05	6.71	8.14
10	40	2.44	3.62	5.05	6.65	8.08
11	41	2.41	3.63	5.01	6.59	8.02
12	42	2.40	3.57	4.95	6.53	7.95

3.4 主な地点の実績水位および実績流量

この洪水での主な地点での水位および流量の実績値は表5.3.2および表5.3.3に示すとおりである。

表5.3.3 実績流量

実 績 流 量 (m ³ /S)					
月	日	時	J	佐 原	神 崎
9	13	12	18		6657
		13	19		6761
		14	20		6894
		15	21		6854
		16	22		6682
		17	23	6845	6903
		18	24	6444	6678
		19	25	6921	6396
		20	26	6818	6241
		21	27	5890	6322
		22	28	6890	6509
		23	29	6421	6128
		24	30	5709	6015
9	14	1	31	6338	5954
		2	32	6206	5803
		3	33		5529
		4	34	5955	
		5	35		5424
		6	36	6156	
		7	37		5308
		8	38	6026	
		9	39		4788
		10	40	5793	
		11	41		4788
		12	42	4868	

3.5 計算条件一覧表

計 算 区 間	布川 (76.5 km) ～ 銚子 (1.0 km)
時間ステップ	$\Delta t = 3600 \text{ sec} = 1 \text{ hr}$
ステップ数	42 ステップ ($J = 0 \sim 42$)
断面間隔	$\Delta x = 500 \text{ m}$
粗 度 係 数	低水路 $NL1 = 0.012$ (1.0 km ～ 51.5 km) , $NL2 = 0.025$ (51.5 km ～ 76.5 km)
	高水敷 $NU = 0.050$ (1.0 km ～ 76.5 km)
出 発 水 位	$H_0 = 1.62 \text{ m}$ (Y. P)
出 発 流 量	$Q_0 = 2300 \text{ m}^3/\text{sec}$
ピーク流量	$Q_{\max} = 7800 \text{ m}^3/\text{sec}$

3.6 計算結果

図 5.3.2 ～図 5.3.11 に水位縦断図, 図 5.3.12 ～図 5.3.21 に流量縦断図を示す。また, 図 5.3.22 ～図 5.3.26 に主な地点の水位のハイドロ, 図 5.3.27 ～図 5.3.29 には主な地点のハイドロを示す。ここでは境界条件の他は全て昭和 47 年 9 月洪水のときと同じ条件で計算を行った。水位のハイドロをみれば分かるように上流の須賀, 布川では, 計算によるピーク水位が実績のピーク水位よりも若干高くなっている。また水位の縦断変化は, 増水期には初期の流量補完期を除くとよく一致しているが, 減衰期には 40 km から 55 km の粗度変化点での一致度が悪くなっている。流量の時間変化も計算によるピーク流量の方が実績流量よりも大きくなっている。おそらく 3.3 で与えた境界条件の推定部分の誤差も一因と考えられるが, その他に中流部の粗度係数の与え方などに検討の余地がある。

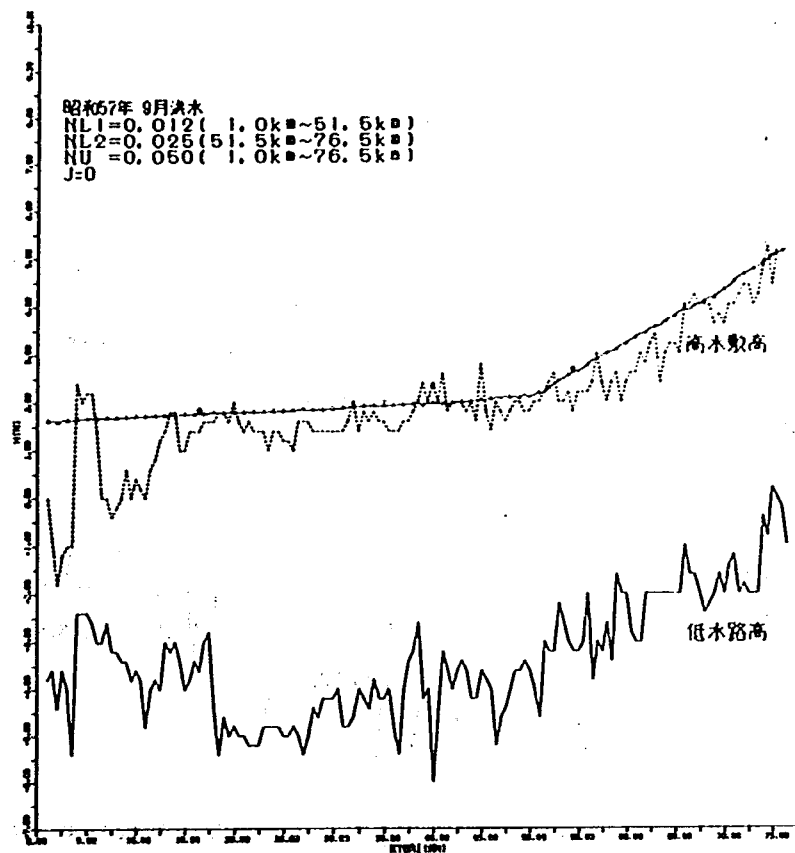


図5-3-2 水位縦断面図

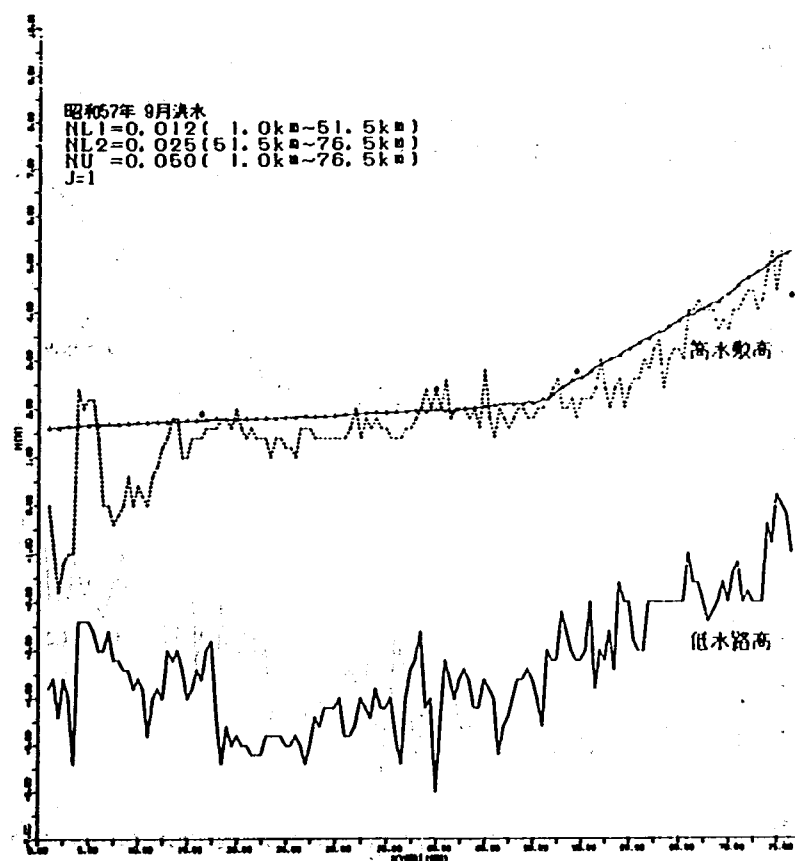


図5-3-3 水位縦断面図

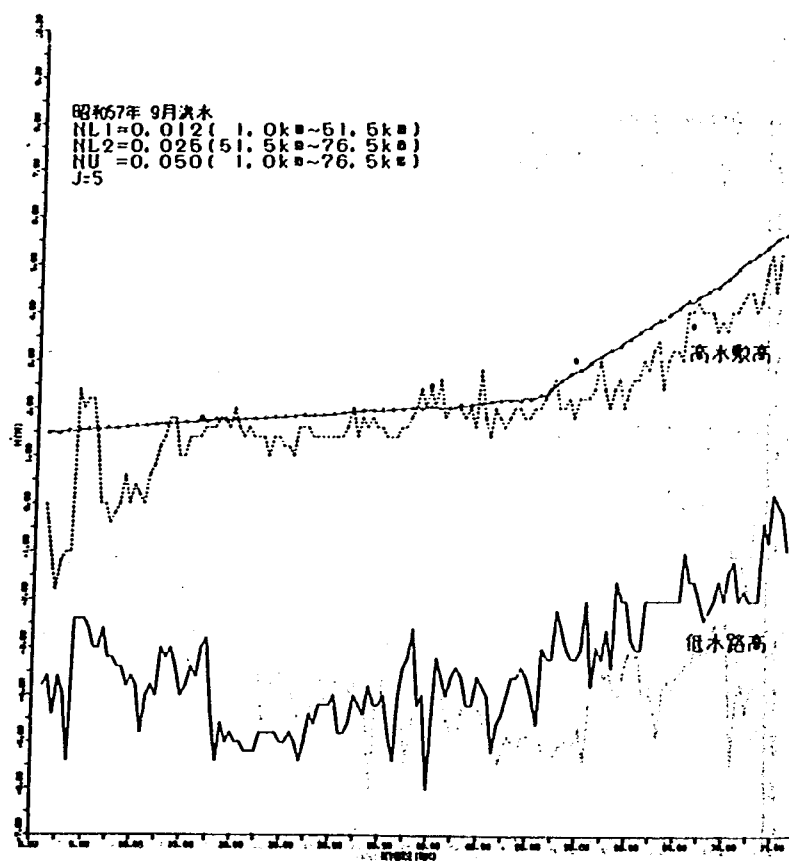


図5-3-4 水位縦断図

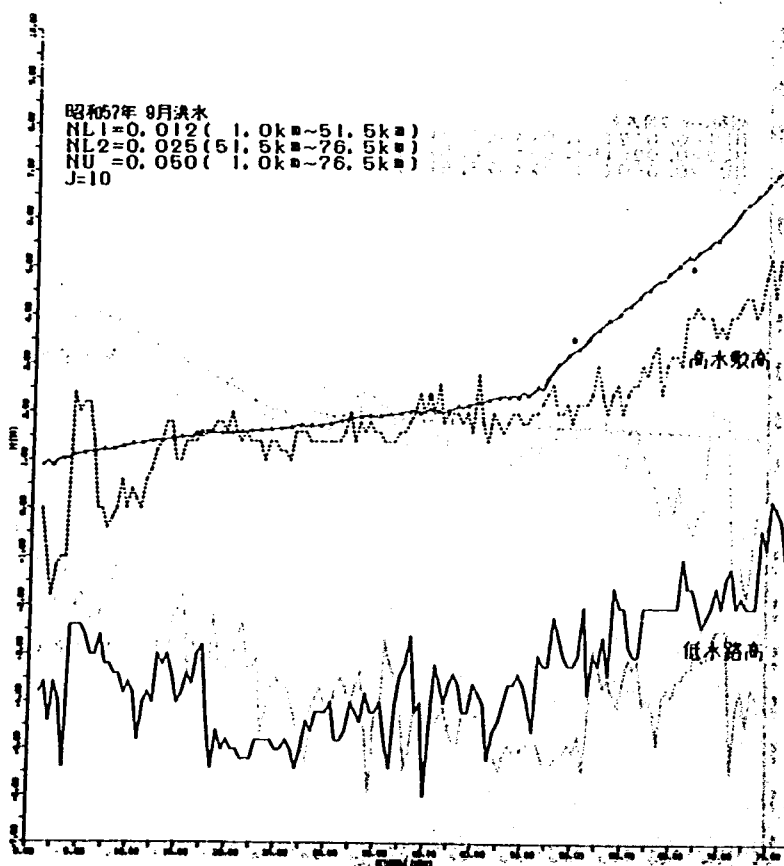


図5-3-5 水位縦断図

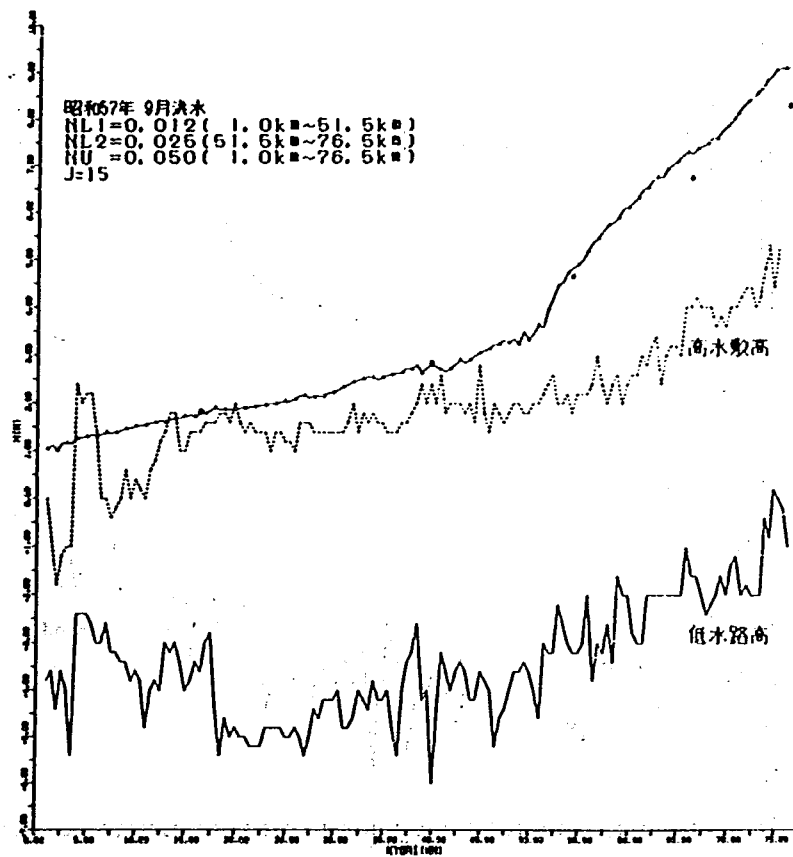


図5-3-6 水位縦断面図

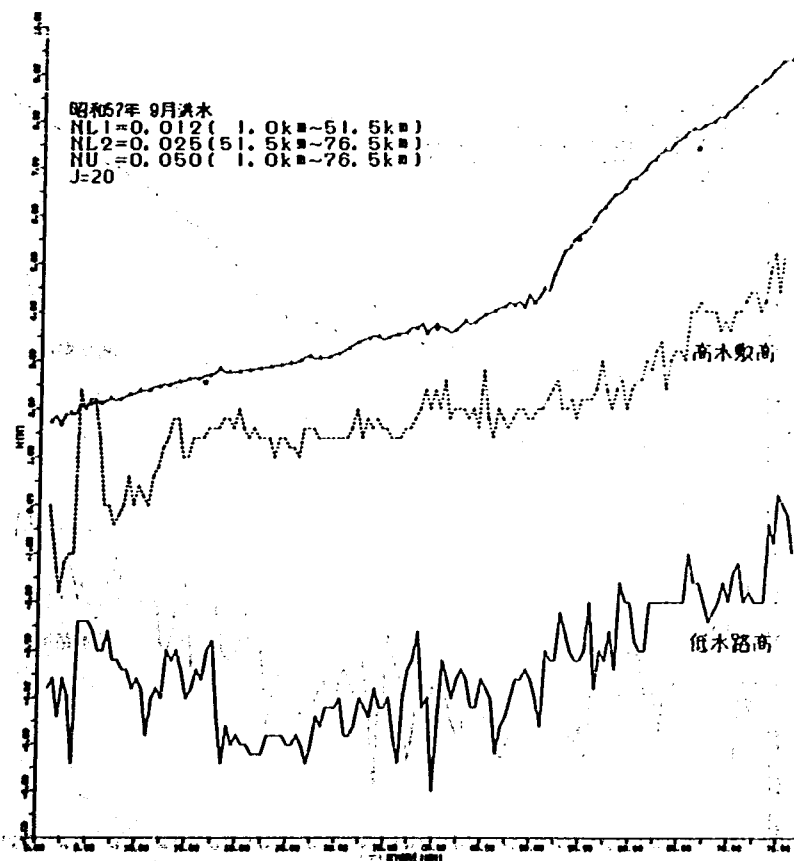


図5-3-7 水位縦断面図

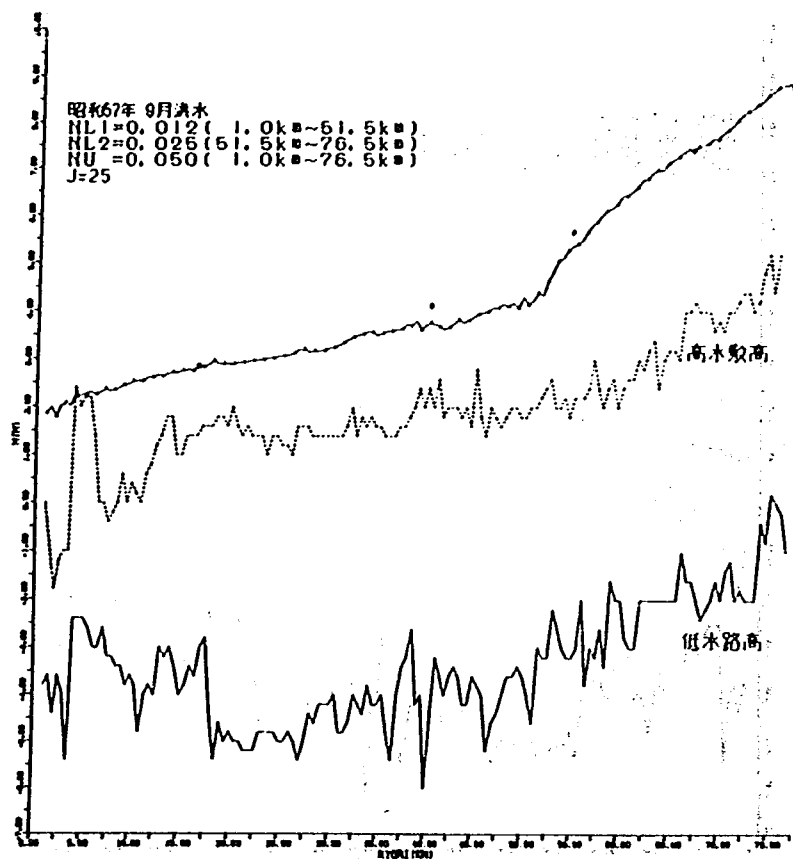


図5-3-8 水位縦断面図

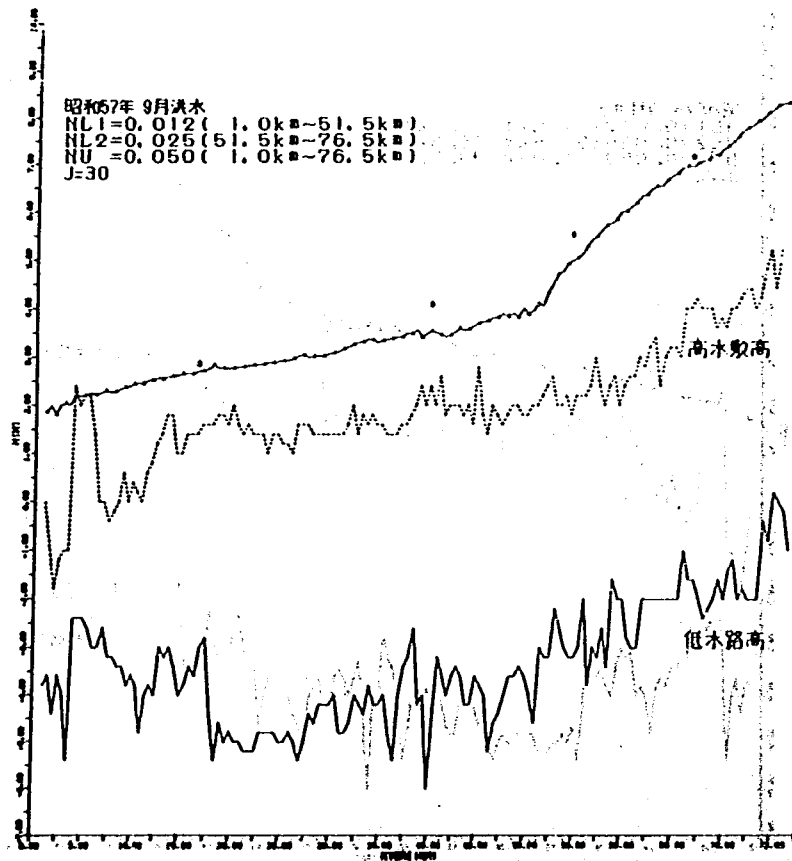


図5-3-9 水位縦断面図

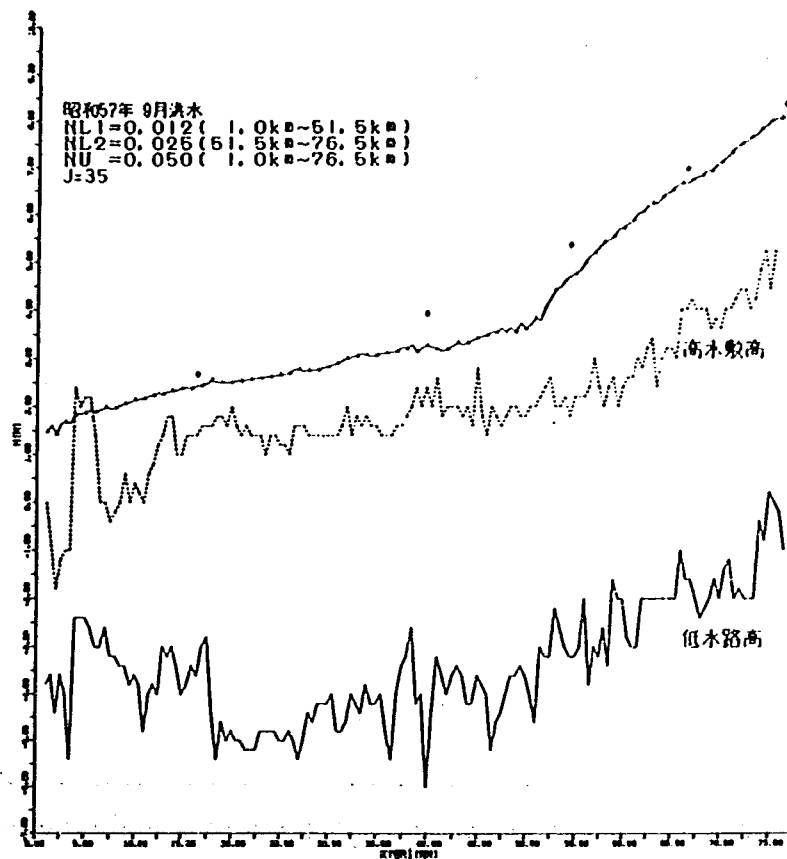


図5-3-10 水位縦断面図

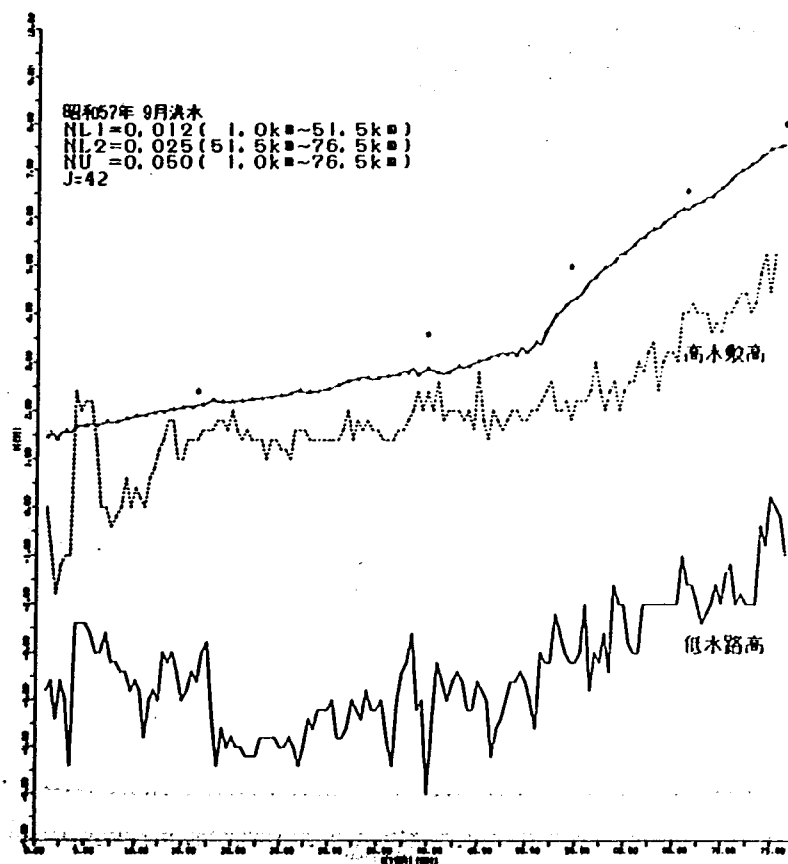


図5-3-11 水位縦断面図

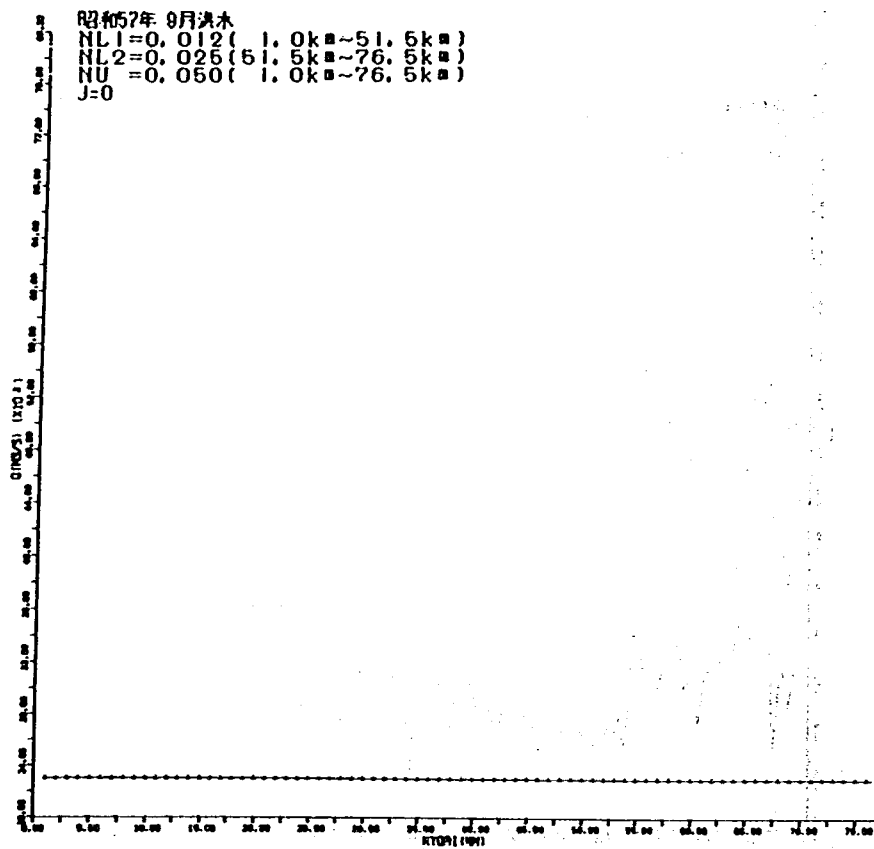


図5-3-12 流量縦断図

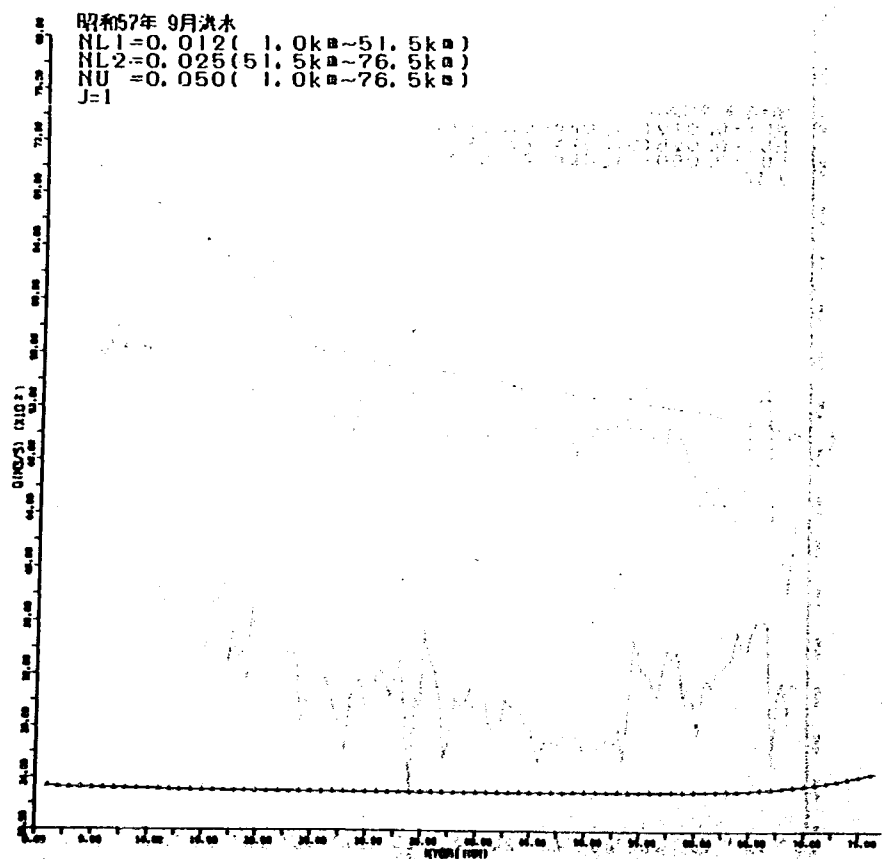


図5-3-13 流量縦断図

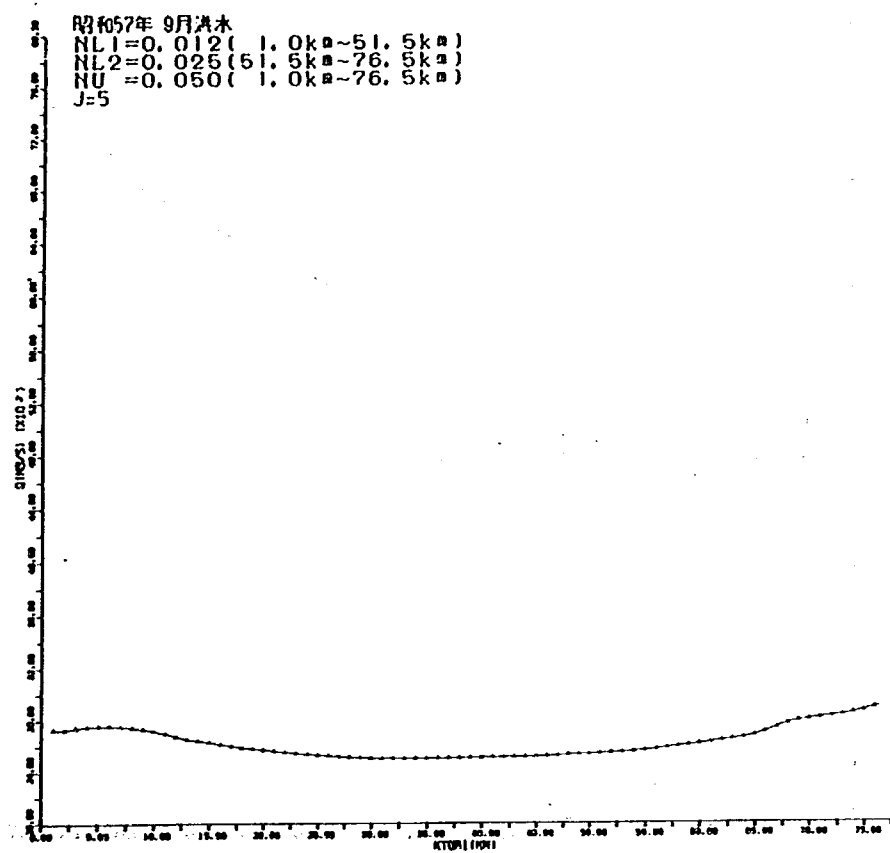


図5-3-14 流量縦断面図

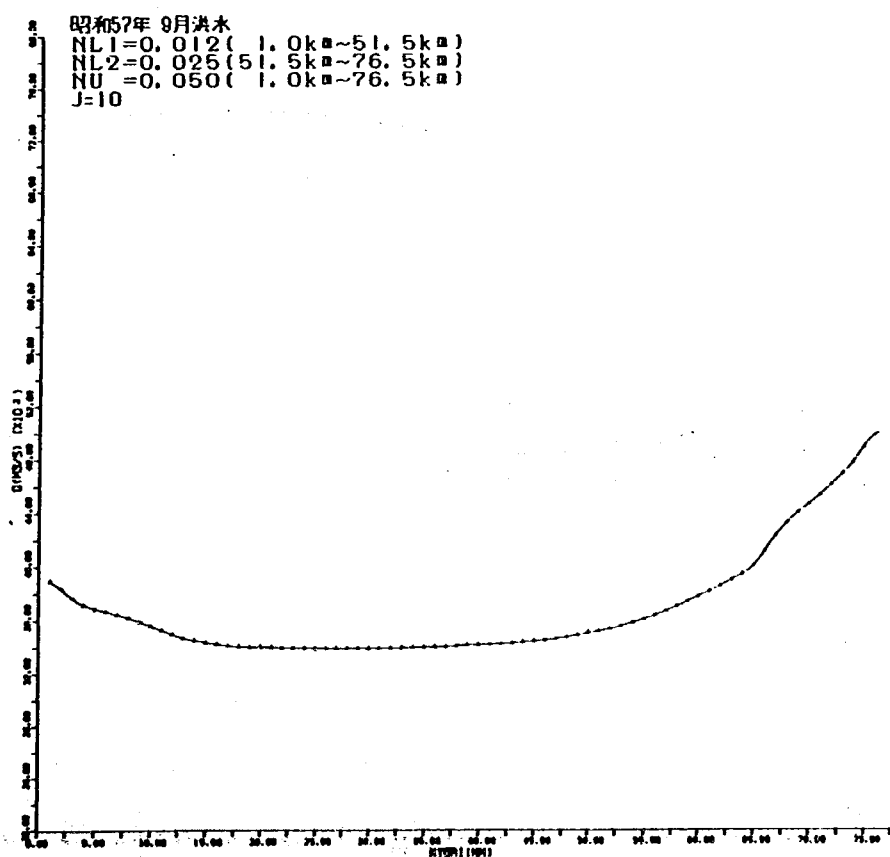


図5-3-15 流量縦断面図

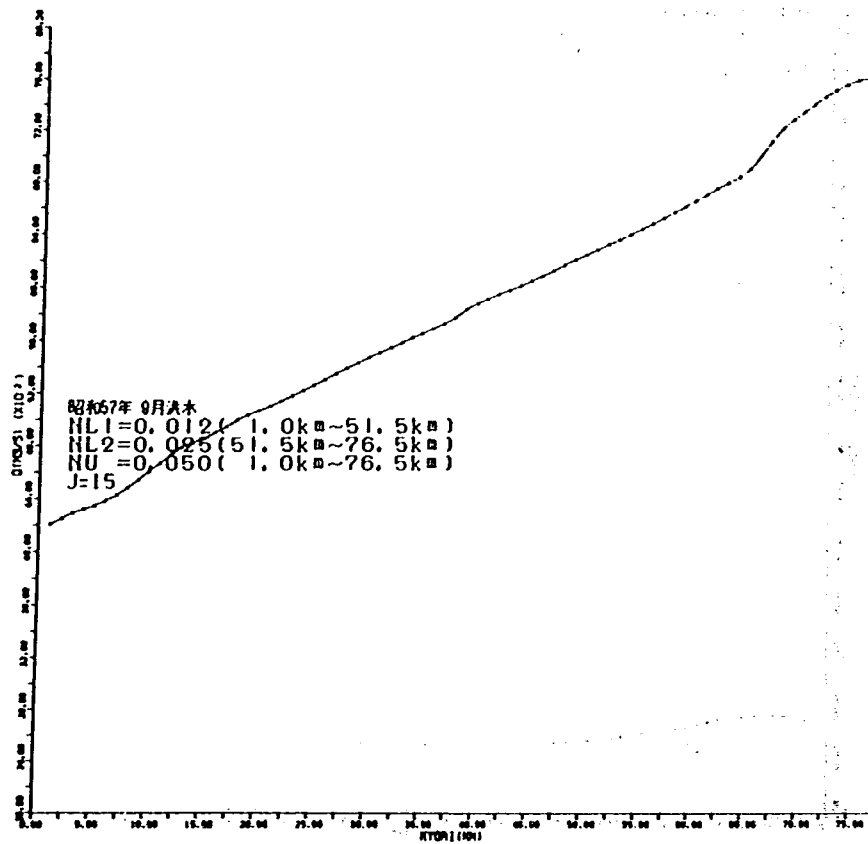


图 5-3-16 流量縦断図

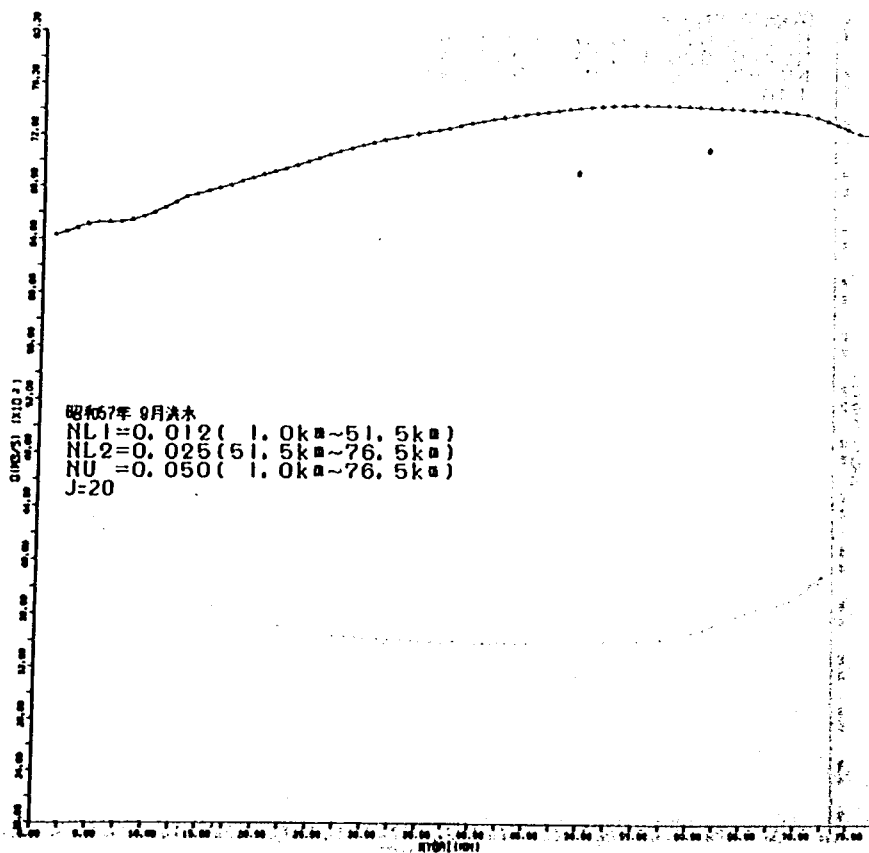


图 5-3-17 流量縦断図

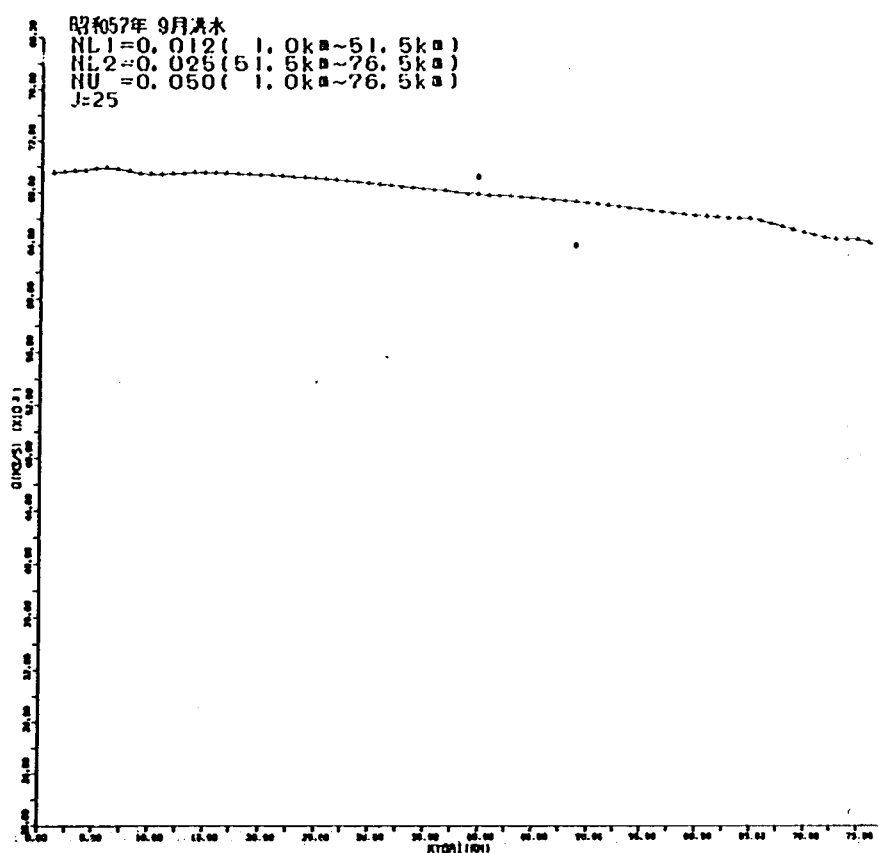


図5-3-18 流量縦断面図

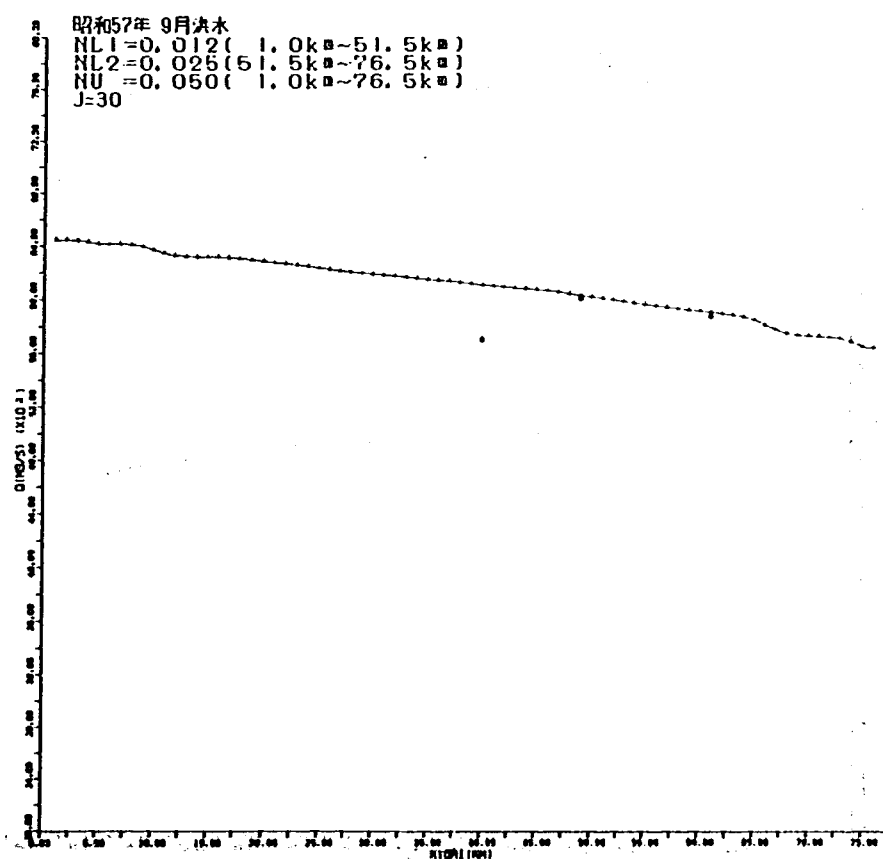


図5-3-19 流量縦断面図

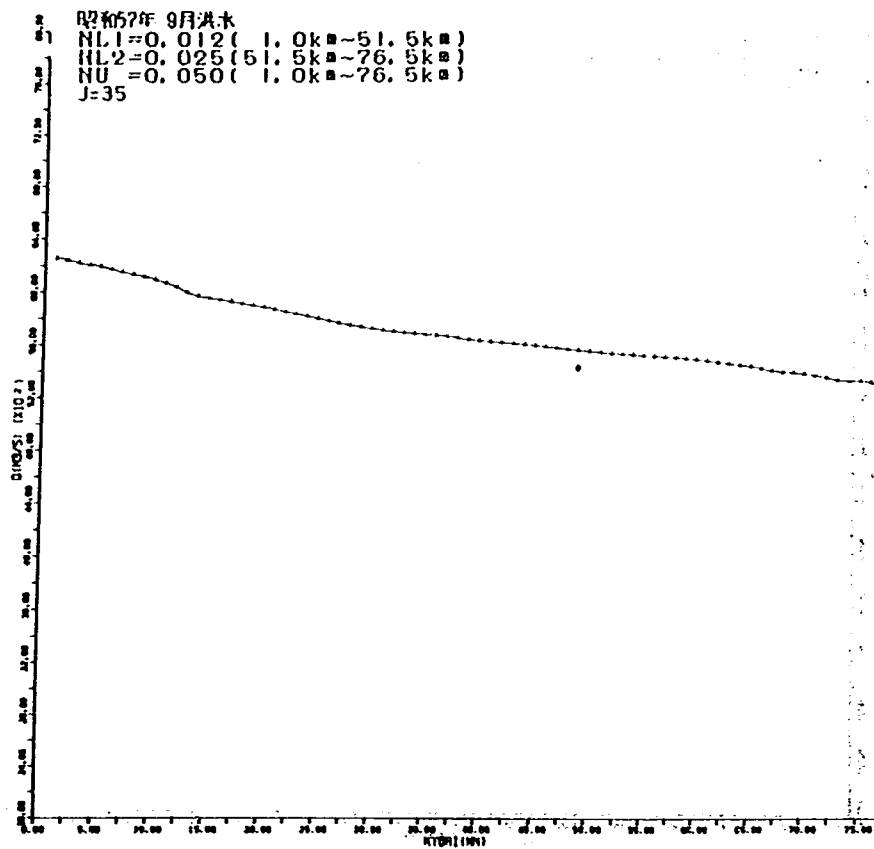


図5-3-20 流量縦断図

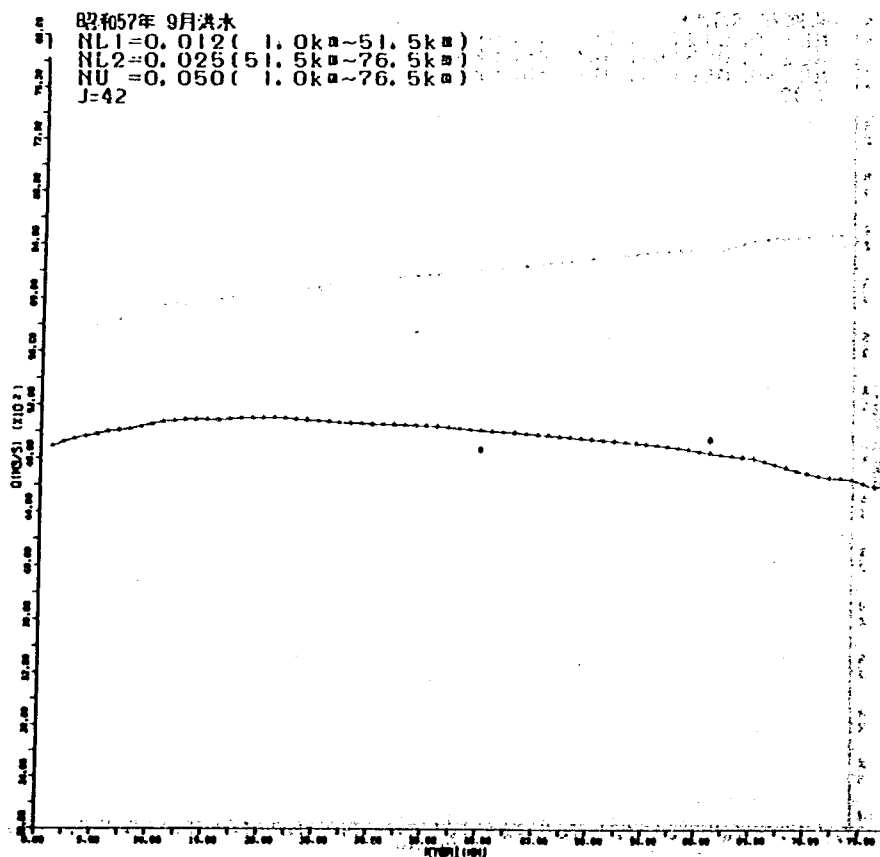


図5-3-21 流量縦断図

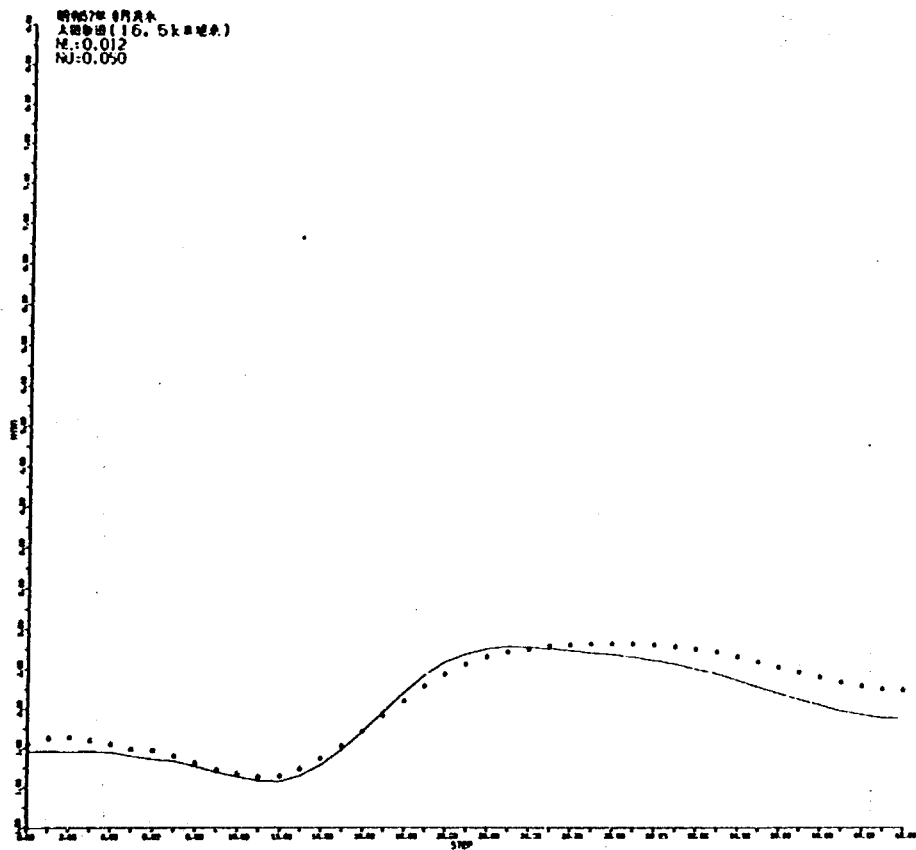


図5-3-22 水位のハイドロ

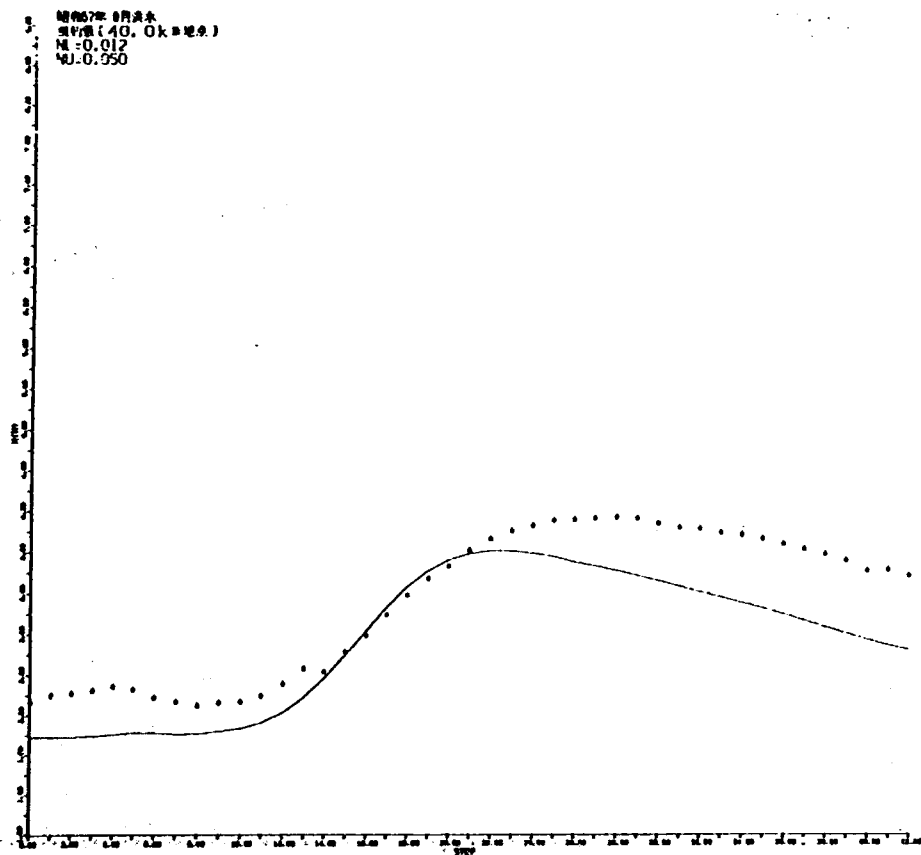


図5-3-23 水位のハイドロ

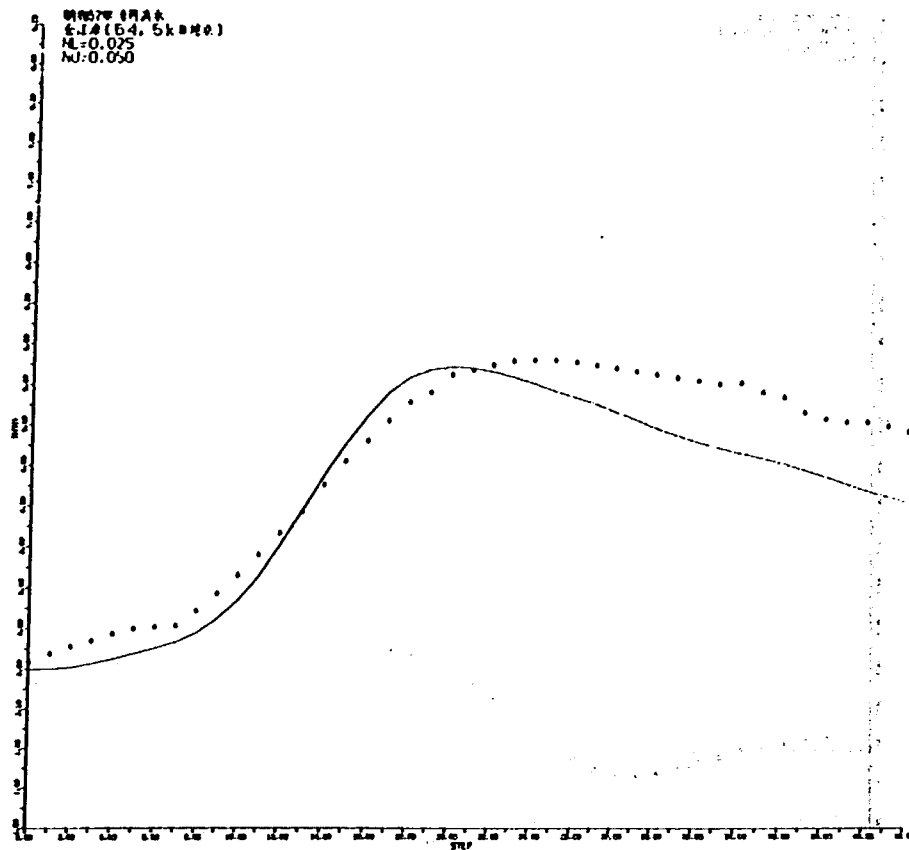


図5-3-24 水位のハイドロ

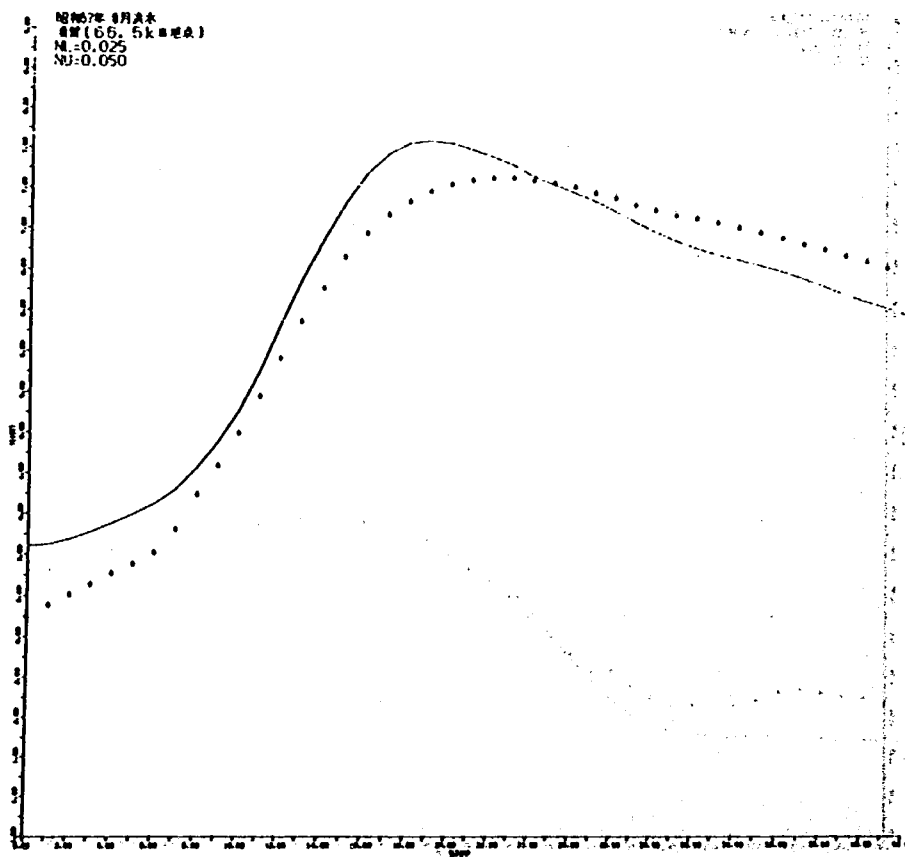


図5-3-25 水位のハイドロ

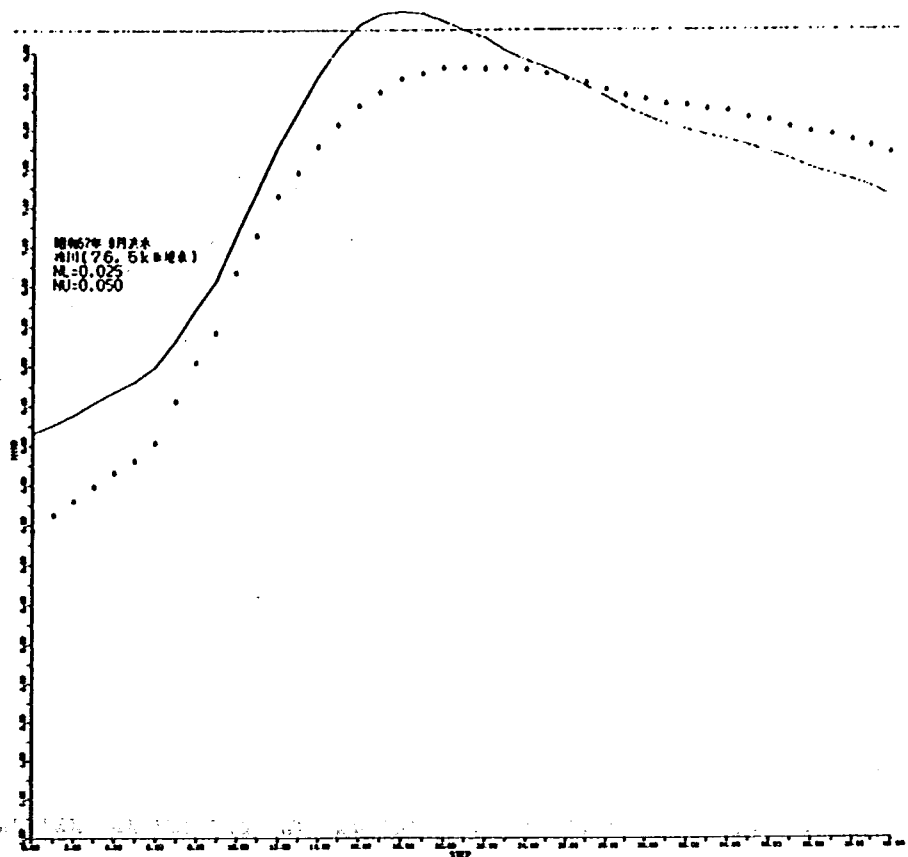


図5-3-26 水位のハイドロ

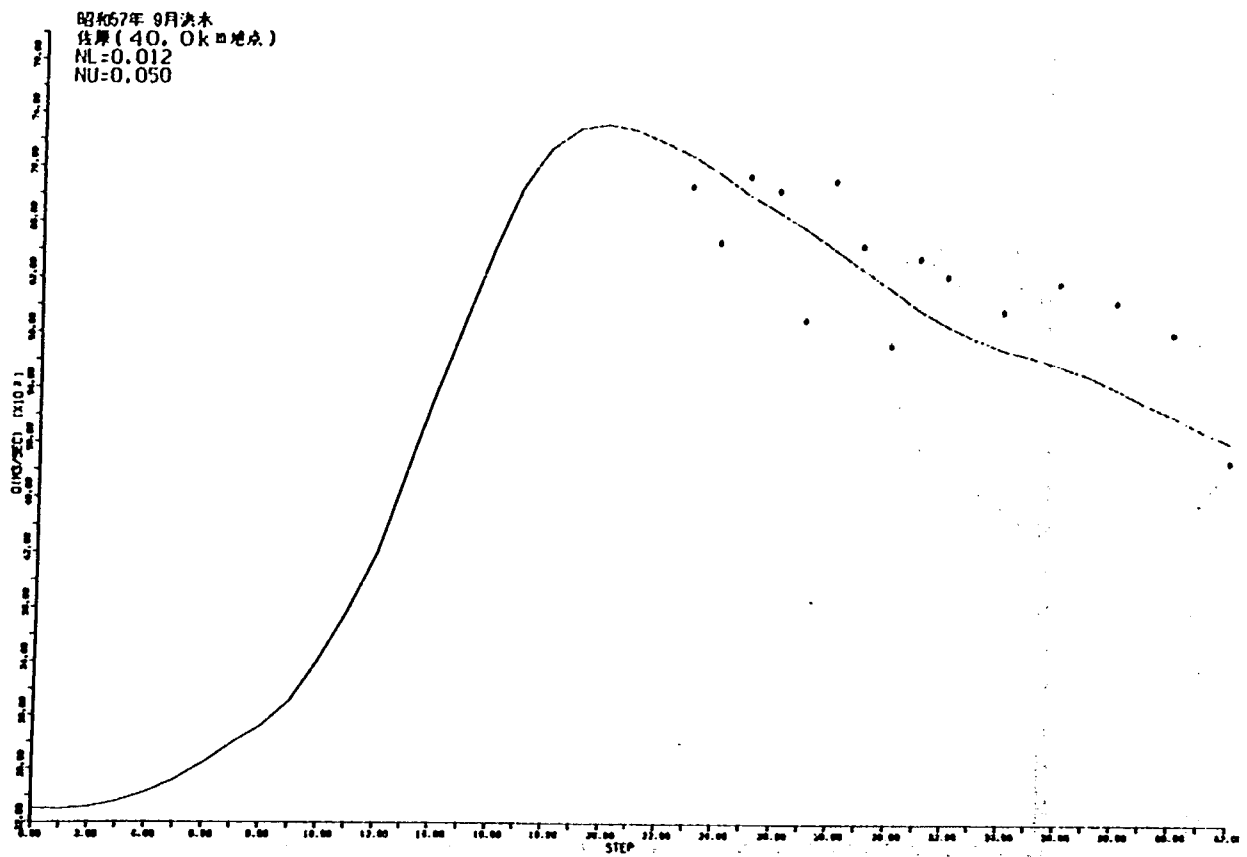


図5-3-27 流量のハイドロ

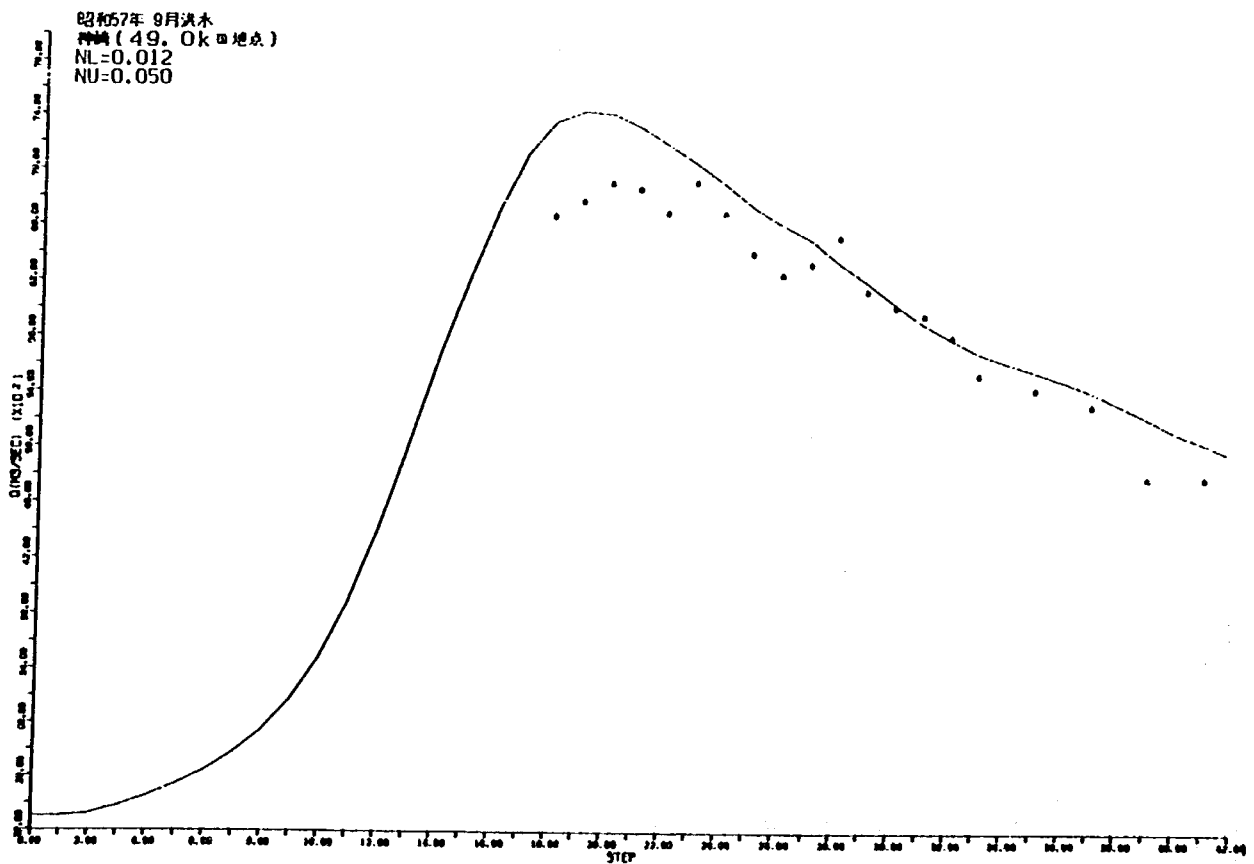


図5-3-28 流量のハイドロ

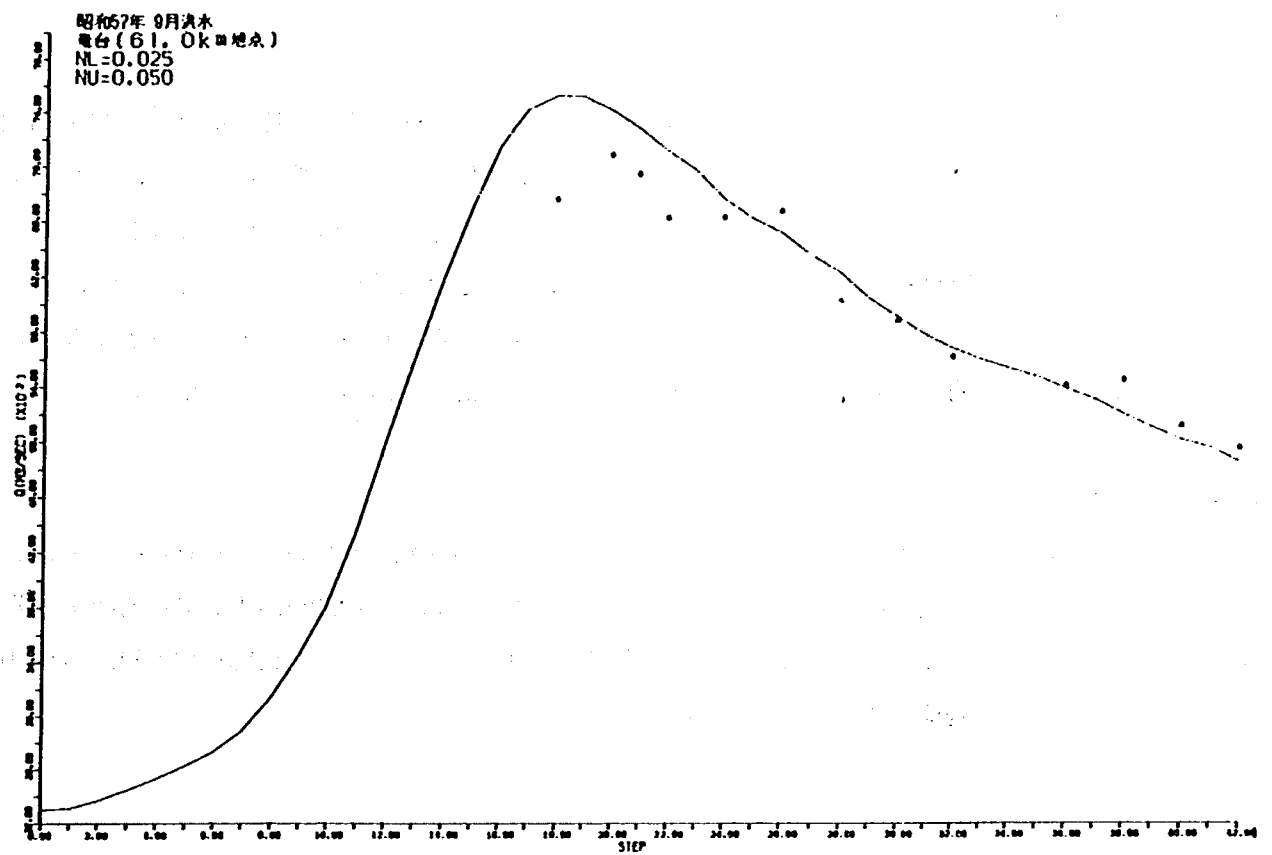


図5-3-29 流量のハイドロ

第4節 ま と め

今回の複断面不定流計算では、昭和56年度の断面特性を用いて、昭和47年9月洪水および昭和57年9月洪水について検証計算を行った。その過程において、境界条件、特に上流端流量の補正、低水路および高水敷の粗度係数の決め方、あるいは断面特性を与える際の低水路と高水敷の区切り方が重要であることが分った。これらは、いずれも計算条件の問題であって、先に述べた計算結果の不十分な点が、プログラムの内容の問題なのか、計算条件の問題なのかを詰めておかねばならない。そこで、計算条件の与え方による結果の差異、物理的にみて合理的な計算条件の与え方を早急の検討事項として考えている。

お わ り に

以上述べたように、陰型式差分法にはまだまだ検討すべき問題点が残されている。これらを解決してより精度の良い予測計算の確立を目指さなければならない。ここでは、その中間段階として複断面を考慮した場合の計算方法について報告した。最後に、実測資料の提供に御協力いただいた関東地方建設局利根川下流工事事務所調査課調査係の各位に謝意を表わします。

河川における不定流計算法(Ⅲ)
—複断面を考慮した陰型式差分法—

ISSN 0386-5878
土研資料第1939号
昭和58年3月

須賀嘉三 石川忠晴
加賀谷 均

キーワード 不定流, 陰型式差分法, 複断面,
数値解析, 電算プログラム

要 旨

陰型式差分法を用いた複断面不定流計算のプログラム等を紹介し, さらに, 利根川下流部の計算例について述べた。



郵便はがき

40円切手を
はって下さ
い。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
河川研究室御中

No. _____

No. _____

土木研究所資料第1939号

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第1939号 部
河川における不定流計算法(Ⅳ)

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

