

土 木 研 究 所 資 料

瀬田川洗堰の洪水調節方法に関する調査
(中間報告)

昭和57年3月

建設省土木研究所
河川研究室

Copyright © 1982 by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor transqated 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、複写は土木研究所の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

土木研究所では昭和55年度より、近畿地方建設局の依頼により瀬田川先堰水理模型実験を実施している。調査項目は、洗堰放流能力特性、ゲート操作にともなう遡上波の特性、洪水放流時の河床洗掘、利水用バイパス建設にともなう流況および河床形状の変化、堰とバイパスの分担放流を含めた合理的操作方式、など極めて多岐にわたっている。そこで担当者の忘却や細部資料の逸散を避けるために、用途のついた項目についてその都度報告書にまとめることとした。

本報告書はその1にあたるもので、上記調査項目のうち洗堰放流能力特性およびゲート操作にともなう遡上波の特性について述べている。放流能力特性は水理模型実験（1/30固定床模型）により明らかとされた。また遡上波については一次元不定流計算を用いて検討することとし、陰型式差分不定流計算プログラムを作成した。このプログラムは今後拡張して多くの河川で使用できるようにしたいと考え、プログラムの詳細を別冊「瀬田川洗堰ゲート操作にともなう遡上波の数値計算」にまとめた。

本報告書ではさらに、上記の検討結果から、洪水時のゲート部分操作方法についてひとつの案を述べている。ただしこれは今回検討した項目のみから見たものであるから、今後他の項目の検討が成されるにつれ修正を要するかもしれない。

昭和57年3月

河川研究室 須賀 堯 三
石 川 忠 晴
葛 西 敏 彦
林 正 男

目 次

第1章 調査概要	1
第1節 調査目的	1
第2節 調査フロー	1
第2章 洗堰部分操作時の放流能力特性	3
第1節 実験概要	3
第2節 実験結果	5
第3節 放流量算定公式	7
第3章 部分操作時の最終ゲート開度の決定方法	12
第1節 定常放流状態	12
第2節 ゲート開度の設定	21
第3節 ゲート部分操作計算プログラム	24
第4章 ゲート操作速度の限界	26
第1節 ゲート閉塞による遡上波の特性	26
第2節 計算プログラムの概要	26
第3節 ゲート操作速度と遡上波の波高	27
第5章 結 語	37

図 表 一 覧

図 1-1	ゲート操作と流れの応答	1
図 1-2	調査フロー	2
図 2-1	模型平面図	3
図 2-2	洗堰操作パターン	4
図 2-3	粗度係数検討結果	6
図 2-4	流量と干町水位（全開ゲート）	6
図 2-5	全開ゲート 1 門あたりの流量と干町水位	7
図 2-6	〃 (全開ゲート 3 門以下)	8
図 2-7	溢流ゲート 1 門あたりの流量と干町水位	8
図 2-8-1	放流能力算定値と測定値の比較- 1	9
図 2-8-2	〃 - 2	9
図 2-8-3	〃 - 3	10
図 2-8-4	〃 - 4	10
図 2-9	放流能力算定式の相対誤差	11
図 2-10	放流能力算定式の絶対誤差	11
図 3-1	橋本地点流量の観測精度	13
図 3-2-1	不等流計算プログラムの検証- 1	15
図 3-2-2	〃 - 2	15
図 3-2-3	〃 - 3	16
図 3-2-4	〃 - 4	16
図 3-2-5	〃 - 5	17
図 3-2-6	〃 - 6	17
図 3-3	近似式（3-3）の適合性	19
図 3-4-1	近似式（3-4）の適合性- 1	19
図 3-4-2	〃 - 2	20
図 3-4-3	〃 - 3	20
図 3-5	近似式（3-4）の適用範囲	21
図 3-6	干町水位、放流量とゲート操作パターン	22
図 3-7	琵琶湖水位、橋本流量とゲート操作パターン	23
図 3-8	洗堰全門全開時の水位・流量関係	24
図 3-9	ゲート操作計算フロー	25
図 4-1	極急閉塞と極緩閉塞	26

図 4-2	急閉塞と緩閉塞	26
図 4-3-1	1 地点における時間的水位変化の例-1	28
図 4-3-2	〃 - 2	29
図 4-3-3	〃 - 3	29
図 4-4-1	縦断的水面形の変化 (急閉塞)	30
図 4-4-2	〃 (緩閉塞)	31
図 4-5-1	地点毎の最高水位-1	32
図 4-5-2	〃 - 2	33
図 4-5-3	〃 - 3	34
図 4-5-4	〃 - 4	35
図 4-6	ゲート閉塞時間と最高水位	36
表 2-1	実験ケース一覧	4
表 3-1	粗度係数検討資料	14
表 4-1	計算条件一覧	28
付録 1	不等流計算プログラム (SETA 1)	39
付録 2	干町水位 (H_1), 琵琶湖水位 (E_{27}), 流量 (Q) の関係を求めるプログラム (SETA2) と出力例	42
付録 3	ゲート部分開放操作プログラム (SETA 3)	45
付録 4	不定流計算プログラム (SETA 4)	47

第1章 調査概要

第1節 調査目的

瀬田川洗堰は、琵琶湖の洪水や渇水の被害防止、淀川の洪水調節、琵琶湖水の有効利用のために、瀬田川70K地点に昭和36年に建設されたもので、鋼製溢流式2段扉10門を有する全幅堰である。現在は全門同時操作で流量調節を行っているが、治水・利水の両面からさらに精度の高い操作が要求されている。そこで洪水調節についてはゲートを個別操作することにより、また低水調節については新たに低水用バイパス水路を建設することにより放流精度の向上がはかれることとなった。本報告書では洪水調節についての調査について述べる。

琵琶湖南端から洗堰までの距離は約5 kmしかなく、また河床勾配も1/2,500とかなり緩い。洗堰ゲートを全門全開とするとこの区間は通常の河道となり、河床に砂洲の発達も見られる。しかしゲートを全閉とすれば琵琶湖の一部となる。洪水時に一部のゲートを開放にした場合にはちょうど両者の中間の状態が生じ、琵琶湖水位と河道特性およびゲート操作とから水理状態が定まることとなる。したがって洗堰ゲートを個別操作するにあたっては、この区間の流れのゲート操作に対する応答特性を把握しておかねばならない。

ゲート操作に対する流れの応答を概念的に示せば図1-1のようになる。上下流境界条件のもとに状態①の水位と流量で平衡していたところに或るゲート操作を行うと、水位、流量とも新たな平衡状態②に遷移する。このとき問題はふたつある。ひとつは新たな状態②における水位と流量が如何になるか、または目標とする水位と流量を実現するにはゲート開度を如何にせねばならないか、ということである。いまひとつは平衡状態に到達するまでに何か不都合が生じるか、または不都合を避けるにはどのような操作を必要とするか、ということである。本調査の目的はこの2点を明らかにし、合理的なゲート操作方法を確立することにある。

第2節 調査フロー

調査フローを図1-2に示す。

まず洗堰ゲート部分操作時の放流能力特性を知らねばならない。現在のところ瀬田川の流量は橋本(71.5 k)に設置された超音波式流量計で測定されている。しかし測線数が少なく精度に問題が残されており、また個別操作時の測定例が少ないため、放流能力特性を調べるには不十分である。そこで水理模型実験によってこれを求めることとした(第2章)。

平衡状態における琵琶湖水位とゲート開度および流

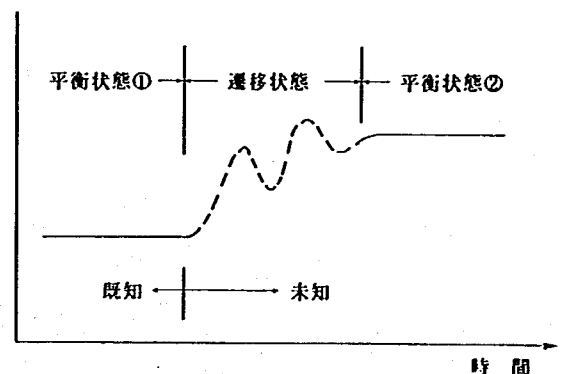


図1-1 ゲート操作と流れの応答

量、水位等の関係は、実験から求めた放流能力特性式と不等流計算式を連立することにより求められる。なお不等流計算にあたっては現地水位観測資料を用いて粗度係数を調整する。この結果から、目標とする流量を与えられた条件のもとで実現するためのゲート開度の決定方法が導かれる（第3章）。

遷移状態における洗堰上流の縦断水位の時間変化は陰形式差分法により計算する。なお下流端境界条件には水理模型実験より求めた放流能力特性式を用いる。計算プログラムの適合性は水理模型実験および現地水位観測資料により検討する。この計算プログラムにより種々の操作条件下の水位変化を求め、放流量減少時のゲート操作速度の限界を求める（第4章）。

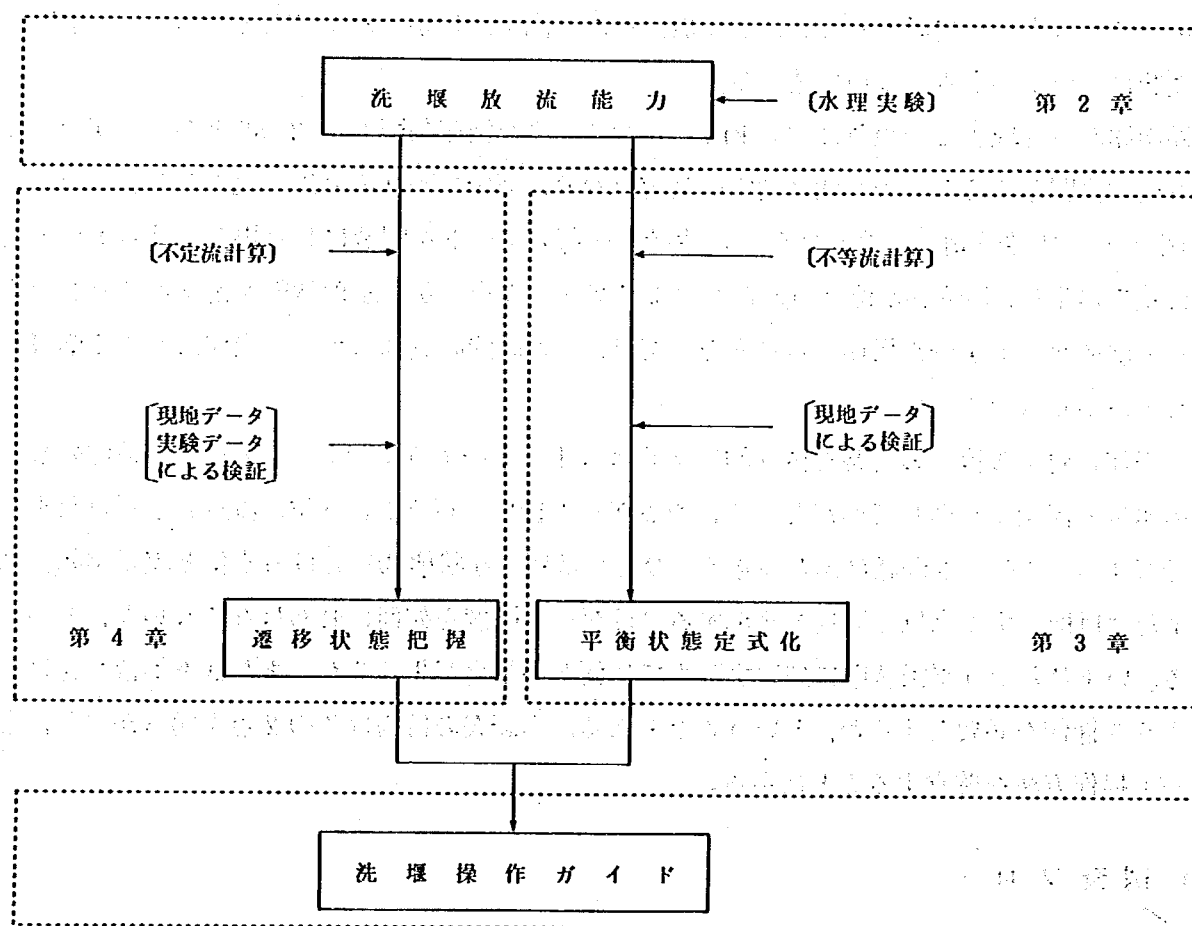


図1-2 調査フロー

第2章 洗堰 部分操作時の放流能力特性

第1節 実験概要

1-1 模型概要

実験模型は縮尺 1/30 のモルタル仕上げ固定床模型で、瀬田川 68.5k から 71k までの区間を含んでいる。洗堰は模型のほぼ中央に位置し、ピア、ゲートとも木製防水ペイント仕上げである。流量は上流側量水槽の三角堰で測定でき、最大流量は 340 l/s (現地換算で約 1,670 m³/s) である。

模型区間には宇治隧洞分派部及び大戸川合流部が含まれるが、宇治隧洞は洗堰の 500m 上流にあり実験結果に影響を及ぼす恐れが無く、また大戸川出水と洗堰からの放流には通常時差があり重複しないことから、両支派川とも適当な距離で打ち切り、給排水設備は設けなかった。

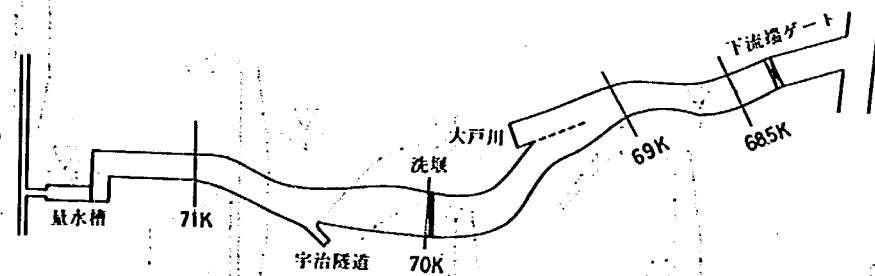


図 2-1 模型平面図

1-2 実験条件

i) 流量

洗堰下流には天ヶ瀬ダムがあり、淀川の洪水調節を行っている。天ヶ瀬ダムの最大放流量は 840 m³/s と比較的小さく、このため洗堰の操作にあたっては天ヶ瀬ダム貯水量と残留域流出量をにらみながら流量制御する必要がある。この制約条件の為に洪水時の洗堰放流量は 300~500 m³/s 程度の頻度が高く、特にこの流量範囲で高い精度が要求される。そこで本実験では、200~600 m³/s の流量を対象とした。

ii) 堰上流水位

洗堰上流の水位は琵琶湖水位によってほぼ規定される。琵琶湖水位は鳥居川量水標の零点高 (O.P. 85.614 m) を基準とし、計画高水位が +1.4m (O.P. 87.014m)、利用低水位が -1.5m (O.P. 84.114m) となっている。琵琶湖水位が +0.3m 以上あるいは琵琶湖周辺で洪水の恐れのある場合は、洗堰を全開又は適当なゲート開度にして放流することとなっている。ただし前述の流量制限を受ける場合はこの限りではなく、さらに水位が上昇することもある。

洗堰は鳥居川量水標の 4 km 下流にあり河床標高差は 1 m 弱となっている。したがってゲートを全開した場合にはこれと同程度の水位差を生じる。

以上の点から堰上流水位を O.P.84m～O.P.87m の範囲で考えた。

iii) 堰下流水位

前述したように洗堰下流800m で大戸川が合流する。しかし大戸川の出水は早く、一方洗堰は洪水前後12時間全閉とされるのでかなり時差があり重複しない。そこで本実験では大戸川合流量を無視し、瀬田川本川についてのみ不等流計算された68.7k 地点の計算水位を用いて下流端水位調節用堰を調節した。

iv) 堰ゲート条件

洗堰の操作は図2-2に示す5つのパターンからなっている。現在は全門を同じゲート状態で調節しているが、放流量の精度が十分とは言えない。そこで今回の計画では1～3門のゲートを全開とし他のゲートを溢流形式とすることにより放流量の精度を高める。全開とするゲートは、全開ゲート1門の場合は No.4 ゲート、2門の場合は No.3, No.4 ゲート、3門の場合は No.3, No.4, No.5 ゲートとする^(*)。

溢流形式とするゲートの天端高は、堰上流側水位が O.P.84m～87m となるような幾種類かの値にとる。

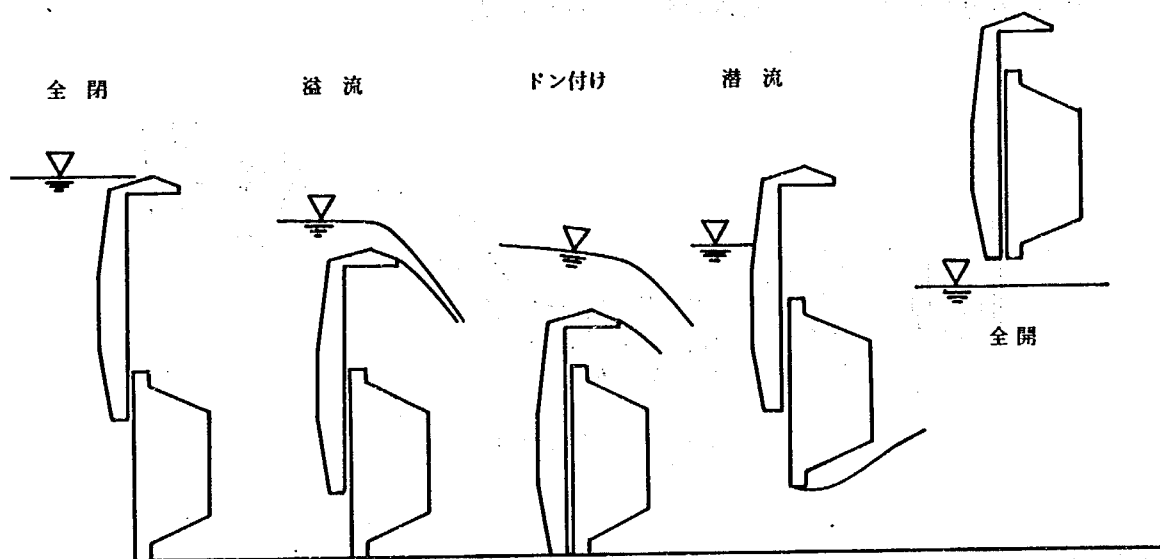


図2-2 洗堰操作パターン

1-3 実験ケース

実験条件を表2-1に示す。実験1は河床粗度を調整・検証するための予備実験、実験2が本実験、実験3は全開ゲート1門当りの放流量を求め且つ風による測定誤差を検討するための追加実験である。

表2-1 実験ケース一覧

表2-1-1 実験1条件

越流ゲート 天端高(m)	全開ゲート No.	流 量 (m³/s)				
		200	300	400	500	600
	1~10	○	△	○	△	○
	1~10	○	△	○	△	○

*ゲートNoは左岸から順につけられている。

表2-1-2 実験2条件

越流ゲート 天端高(m)	全開ゲート No	流 量 (m³/s)				
		200	300	400	500	600
O.P.84.3	なし	○	○	○	○	○
	4	○	○	○	○	○
	3, 4	△	○	○	○	○
	3, 4, 5	△	△	○	○	○
O.P.84.9	なし	○	○	○	○	○
	4	○	○	○	○	○
	3, 4	△	○	○	○	○
	3, 4, 5	△	△	○	○	○
O.P.85.5	なし	○	◎	○	○	○
	4	○	◎	○	○	○
	3, 4	○	○	◎	○	○
	3, 4, 5	○	○	◎	○	○
O.P.86.2	3, 4	○	○	○	○	○
	3~5	○	○	○	○	○
	3~6	○	○	○	○	○
	3~7	○	○	○	○	○
O.P.86.9	3~8	○	○	○	○	○
	2~8	○	○	○	○	○
	2~9	○	○	○	○	○
	1~9	○	○	○	○	○
	1~10	○	○	○	○	○

○ 水位測定

◎ 水位測定, 流速測定, 流況観測 (上空写真撮影)

表2-1-3 実験3条件

越流ゲート 天端高(m)	全開ゲート No	流 量 (m³/s)					
		50	100	150	200	400	600
O.P.84.9	なし	△	△	△	○	○	○
	なし (波有)	△	△	△	○	△	△
	3, 4, 5	△	△	△	○	○	○
O.P.86.2	4	○	○	○	○	△	△

第2節 実験結果

2-1 粗度検討結果

既往洪水資料から瀬田川68.5k~71kの河床粗度係数は堰上流で0.025, 堰下流で0.03とされている。そこでこの値を用いて不等流計算した結果をもとに河床の粗度調整を行った。実験の流量範囲 (200m³/s~600m

m^3/s)で全般的に一致するように、調整対象流量を $200\text{m}^3/\text{s}$ 、 $400\text{m}^3/\text{s}$ 、 $600\text{m}^3/\text{s}$ の3流量としゲートは全開とした。

結果を図2-3に示す。図中実線は計算水位、一点鎖線は第1回検討実験、点線が第2回検討実験である。2回の調整ではほぼ満足すべき結果を得たので実験2に移った。

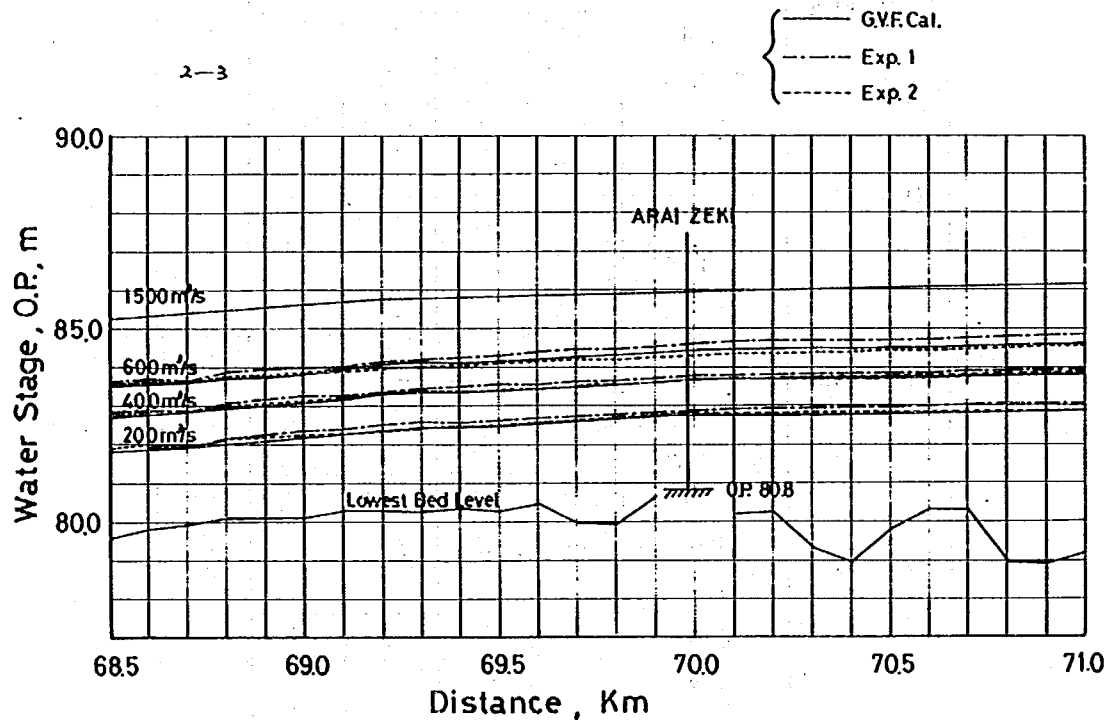


図2-3 粗度係数検討結果

2-2 ゲート個別操作時の水位と流量

全開ゲートのみで放流されたケースについて総流量と干町水位の関係をみると図2-4となる。図中の数字は全開ゲート門数である。全開ゲート数が1~4門までは門数に比例して総流量が増加するが、5門以上になるとほとんど増えなくなる。このことから部分操作は4門以内が適当と言える。

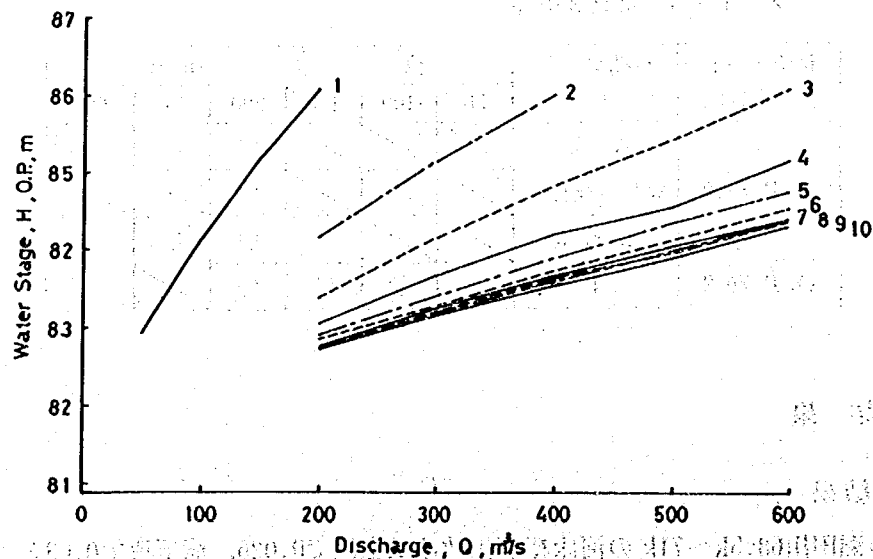


図2-4 流量と干町水位 (全開ゲート)

第3節 放流量算定公式

ゲート状態は全開と溢流の2種であるから、それぞれについての水位・流量関係を求めそれを合成して一般的な場合を表わすことができれば、実用上便利であると同時に測定ケース以外の場合についても推定可能となる。そこでまずそれぞれの場合のゲート1門あたりの水位・流量関係を検討した。

3-1 全開ゲートの水位・流量関係

全開ゲートのみで放流されたケースのデータを1門あたりの流量に換算してプロットすると図2-5となる。これから全開ゲート数が1~3門では1門あたりの流量と干町水位とが一義的な関係にあることがわかる。全開ゲート数1~3門の場合についてのみプロットすると図2-6となり、この関係は次式で近似される。

$$Q_1 = 16.2 (H - H_0)^{\frac{3}{2}} \quad (2-1)$$

(単位：m)

ここに、 Q_1 = 全開ゲート1門あたりの流量、 H = 干町水位、 H_0 = ゲート敷高 (O.P.80.8m) である。

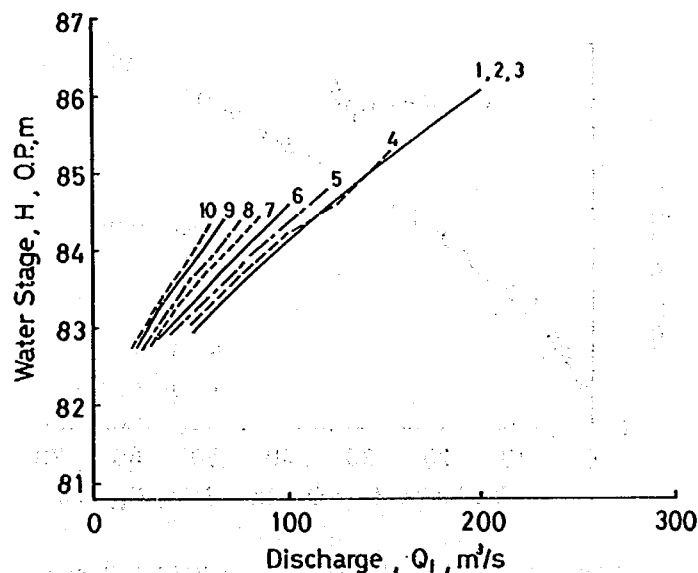


図2-5 全開ゲート1門あたりの流量と干町水位

3-2 溢流ゲートの水位・流量関係

溢流ゲートからの放流量は、総流量から(2-1)式で算定される全開ゲート放流量を差し引いて求められる。溢流ゲート1門あたりの流量と越流水深(干町水位-ゲート天端高)の関係を図2-7に示す。1門あたりの放流量は全開ゲート門数によらず次式で近似される。

$$Q_2 = 20.5 (H - H_G)^{\frac{5}{3}} \quad (2-2)$$

(単位：m)

ここに、 Q_2 = 溢流ゲート 1 門あたりの流量、 H = 干町水位、 H_c = ゲート天端高である。

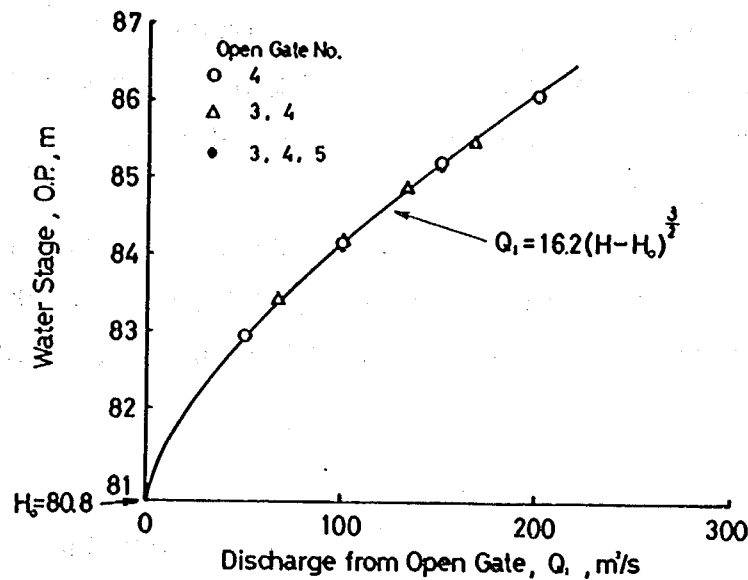


図 2-6. 全開ゲート 1 門あたりの流量と干町水位 (全開ゲート 3 門以下)

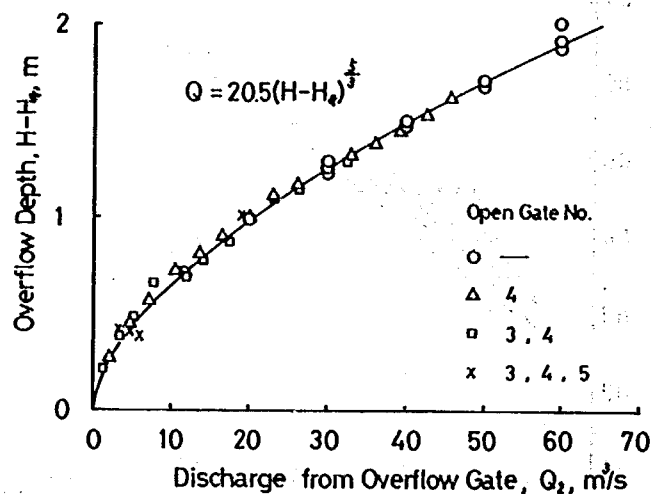


図 2-7 溢流ゲート 1 門あたりの流量と干町水位

3-3 放流量の算定精度

(2-1), (2-2) 式から総放流量は次式で表わされる。

$$Q = 16.2 (H - H_0)^{3/2} \cdot N + 20.5 (H - H_c)^{5/2} \cdot (10 - N) \quad (2-3)$$

ここに、 N = 全開ゲート門数で、上式の適用範囲は $N \leq 3$ である。

上式の算定誤差を把握するために、測定された水位を (2-3) 式に代入して得られる流量と量水槽で測定された流量を図 2-8 に比較した。

図 2-9 は測定値と実測値の相対誤差を示すもので、これから誤差は $\pm 5\%$ 以内であることがわかる。

図2-10は測定値と実測値の絶対誤差をみるもので、誤差は $\pm 20\text{m}^3/\text{s}$ 以下であることがわかる。
 以上より誤差の範囲は次のように表わされる。

$$200\text{m}^3/\text{s} \leq Q < 400\text{m}^3/\text{s} \quad |\Delta Q| < 0.05 Q$$

$$400\text{m}^3/\text{s} \leq Q \leq 600\text{m}^3/\text{s} \quad |\Delta Q| < 20\text{m}^3/\text{s}$$

} (2-4)

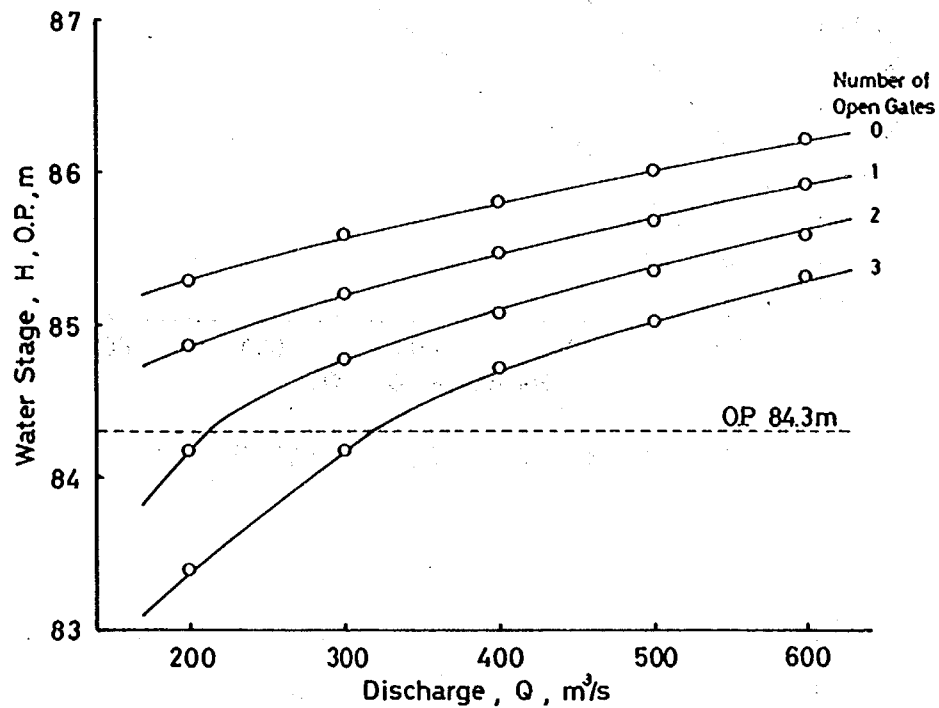


図2-8-1 放流能力算定値と測定値の比較-1

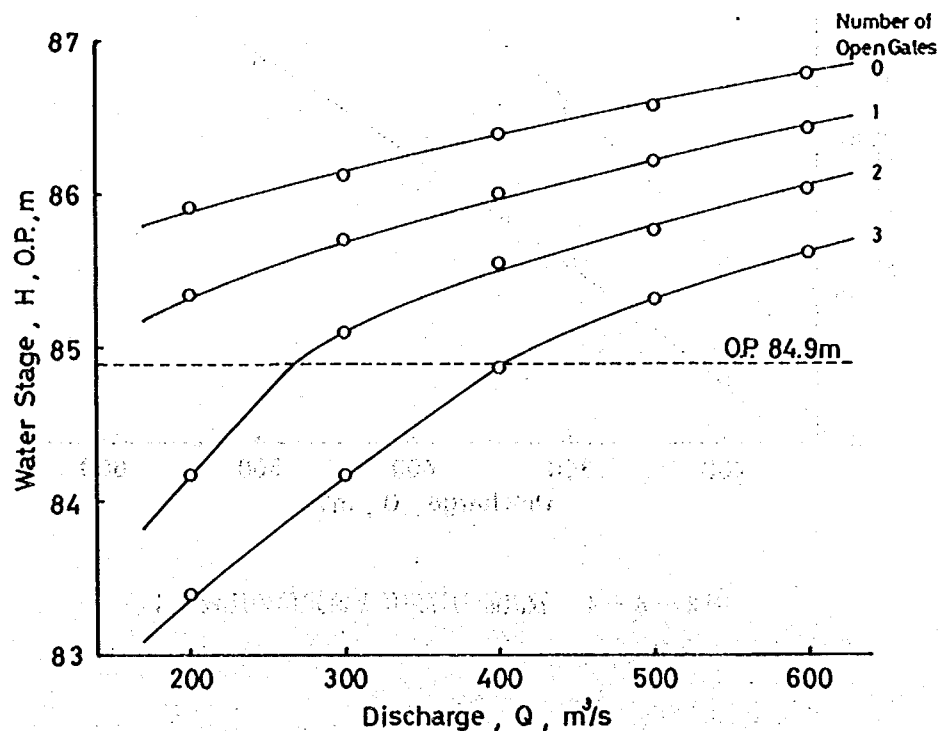


図2-8-2 放流能力算定値と測定値の比較-2

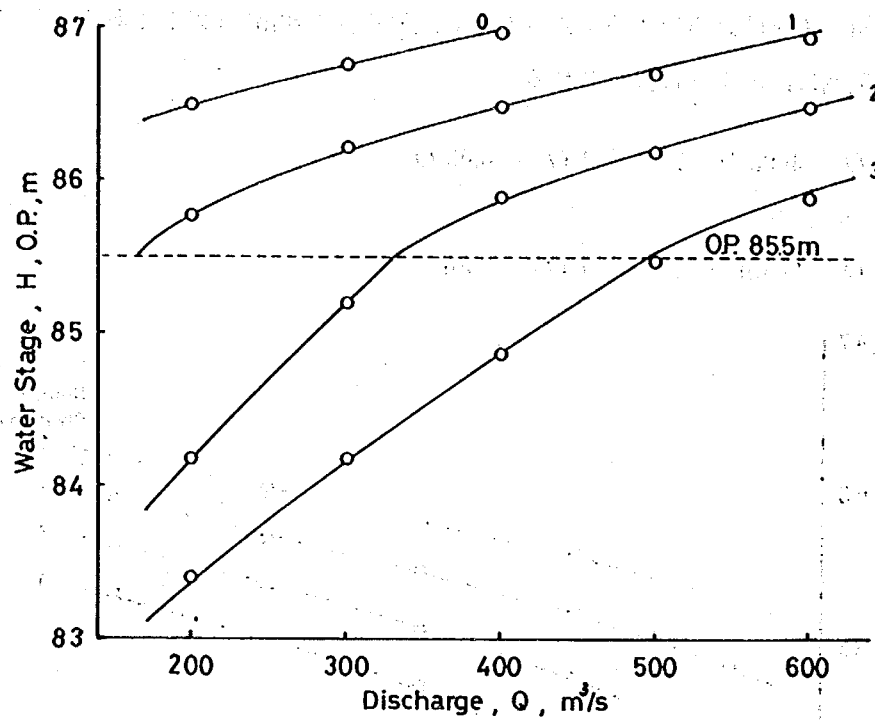


図 2-8-3 放流能力算定値と測定値の比較-3

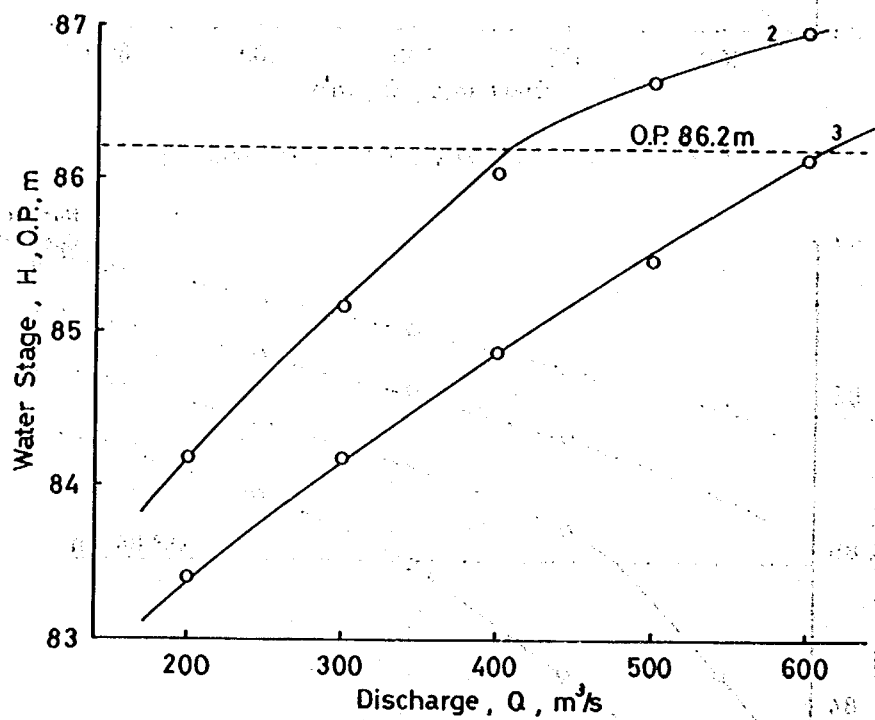


図 2-8-4 放流能力算定値と測定値の比較-4

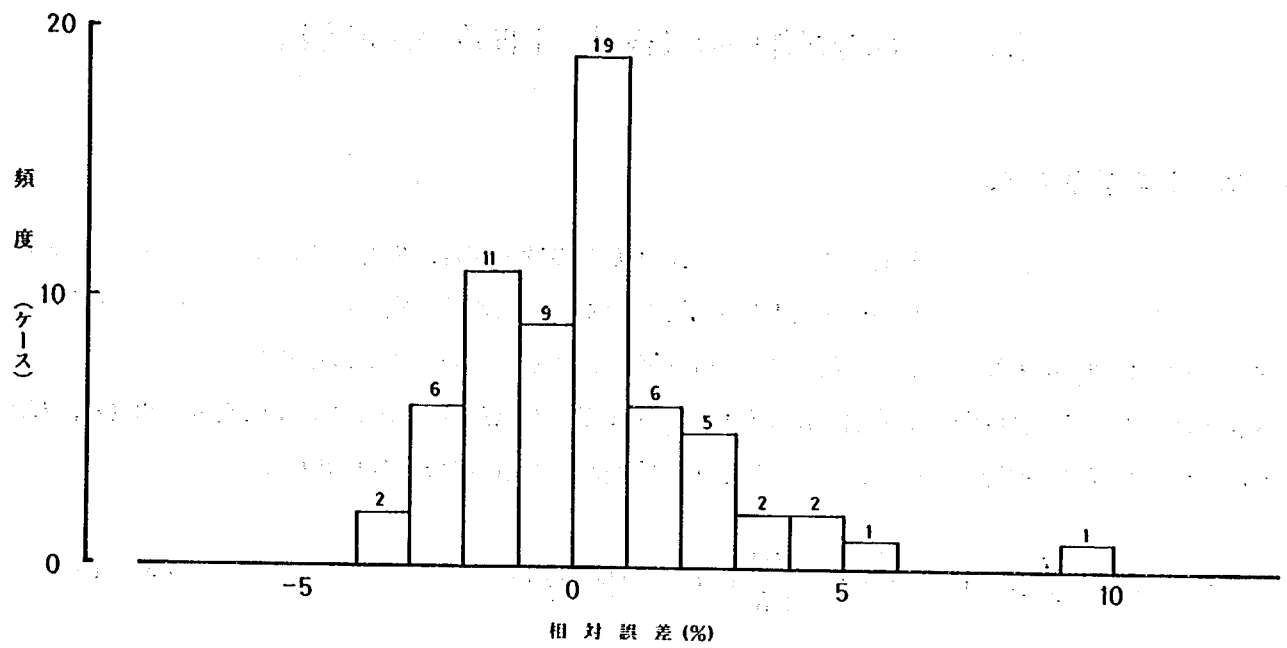


図 2-9 放流能力算定式の相対誤差

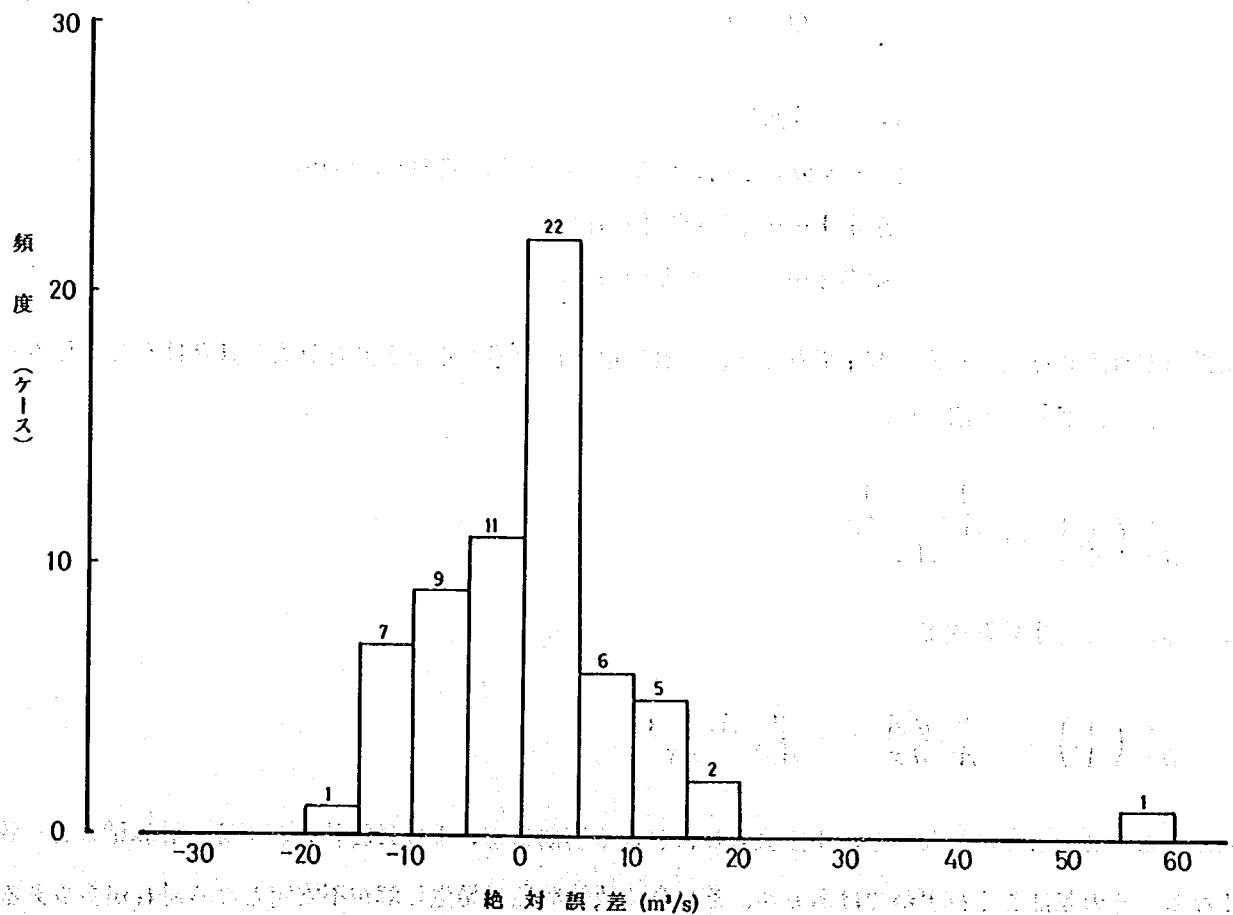


図 2-10 放流能力算定式の絶対誤差

第3章 部分操作時の最終ゲート開度の決定方法

第1節 定常放流状態

定常放流状態においては、琵琶湖水位と干町水位およびその間の流量が平衡している。したがってこの関係をあらかじめ知っておけば、必要放流量と琵琶湖水位とから干町水位を定めることができる。干町水位が定まれば前章の放流能力算定式を逆に用いてゲート開度を定めることができるわけである。

琵琶湖水位として直轄区間最上流端 (75.3K) のエネルギー高 (E_{27}) をとる^(*)。干町水位 (70.1K, H_1) と E_{27} の関係は不等流計算から求まる。ここで用いた不等流計算式は次のとおりである。

$$H_2 = H_1 - \frac{Q_g^2}{g A_a^3} (A_1 - A_2) + \frac{n^2 Q_g^2}{A_a^2 R_r^4} \Delta x + [Q_g \cdot Q_{in}] \quad (3-1)$$

$$A_a = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$R_r = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

$$Q_g = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

Q_{in} = 分派量

[] = 分派水路の存在する前後の区間のみに適用。

添字 1 …… 下流側断面の値。

添字 2 …… 上流側断面の値。

通常不等流計算式と形式が若干異なるが、これは第4章で述べる不定流計算式と整合性をとるためである。すなわち、通常の方法では、

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{A^2} \right) \rightarrow \frac{\frac{1}{A_1^2} - \frac{1}{A_2^2}}{\Delta x}$$

とするのに対して本計算式では、

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{A^2} \right) = - \frac{2}{A^3} \frac{\partial A}{\partial x} = - \frac{2}{A_a^3} \frac{A_1 - A_2}{\Delta x}$$

としている。このようにしないと、不定流計算における初期状態および最終状態が不等流計算結果と一致しなくなる。その差はごくわずかではあるが、その為に数値攪乱が発生し解が不安定となる恐れが多少ある。

* これより上流は水面幅が十分広いのでエネルギー損失はほとんど無いと考えられる。

また断面特性量は次の形で表わされるものとし、横断図により各係数を求めた。

$$A = A_1 (H - Z_0)^{A_n}, \quad R = R_1 (H - Z)^{R_n}$$

ここで用いた不等流計算プログラム (SETA 1) を巻末付録 1 に示す。

まず現地水位観測データの中からほぼ定常状態に達していると思われるものを選び粗度係数の検討を行った。表 3-1 がここに使用したデータであり、橋本流量が $132\text{m}^3/\text{s}$ から $466\text{m}^3/\text{s}$ となっている。しかし橋本流量観測所の超音波式流速計は測線数が少ないことなどから精度が多少悪い恐れがある。そこで第 2 章で求められた洗堰放流能力式と干町水位とから流量を求め宇治電取水量を加えて橋本流量推定値とし、超音波式流速計の測定値と比較したところ図 3-1 の結果を得た。このことから現在の流量観測の精度はかなり高いものと考えられる。しかし流量を増大すると推定値に比べて若干少なめとなるようなので、粗度検討を行う流量としては干町水位から推定された流量を用いることとした。

粗度係数を種々の値にして試行的に計算したところ、 $n=0.03$ で最も良い結果を得た。図 3-2-1~6 がその検証結果である。*印が計算値、○印が観測値である。計算値が 70.5k 付近で落ちこむのは宇治電取水口があるためである。また 76k 地点に観測値がプロットされているが、これは堅田および三保ヶ崎の琵琶湖水位の平均値である。これらの図からかなり広い流量範囲にわたって十分な計算精度を有するものと判断される。

ところで $n=0.03$ という値はこの河道について通常とられている値 $n=0.025$ に比べてかなり大きい。この理由はよくわからないが、不等流計算式の違い、断面の取り方の違い、および検証に用いた観測値の違いなどが考えられる。

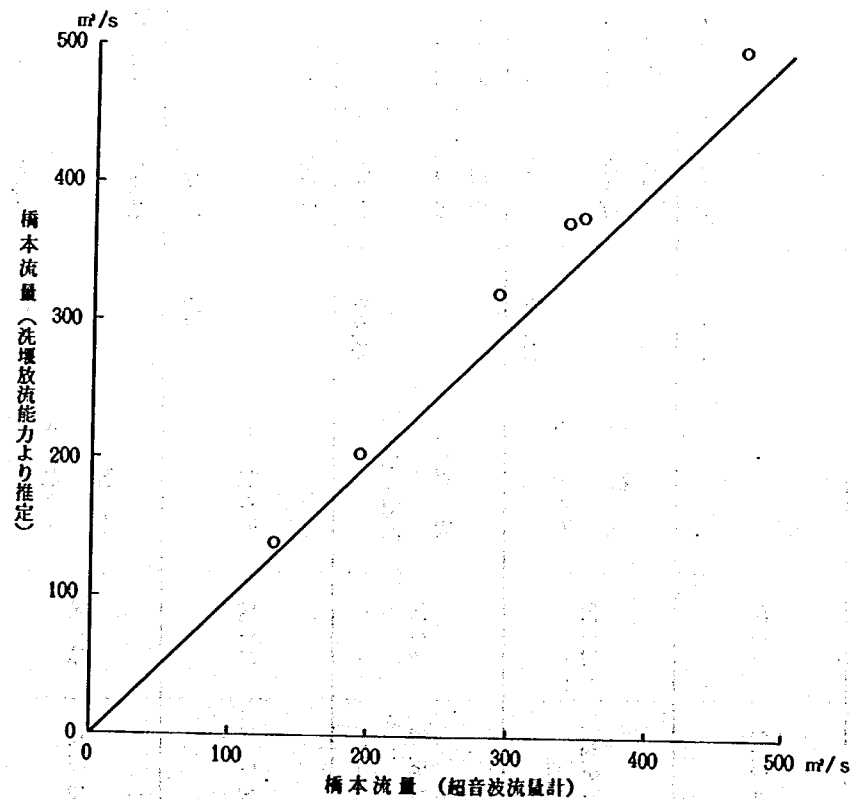


図 3-1 橋本地点流量の観測精度

表 3-1 粗度係数検討資料

日 時		ゲート状態	水 位 (o.p.m)								流 量 (m³/s)	
日 付	時 刻		干 町	70.4	71.0	橋 本	72.0	72.5	鳥居川	琵琶湖	橋 本	宇治電
S54.5.23	10:30	全 開 3 ドン付 7	84.870	84.887 84.913	85.054 85.022	85.097 85.118	85.186 85.165	85.297 85.251	85.564 85.564	85.716(三) 85.707(四)	466	43.3
S54.5.23	12:10	全 開 1 ドン付 9	85.288	85.297 85.323	85.384 85.362	85.397 85.408	85.436 85.435	85.492 85.471	85.644 85.644	85.706(三) 85.707(四)	350	43.3
S54.6.5	9:10	越 流 10 Hg2=84.81	85.408	85.422 85.408	85.443 85.435	85.438 85.468	85.433 85.475	85.450 85.439	85.504 85.504	/	132	54.0*
S54.7.7	11:30	ドン付 10	85.478	85.492	85.532	85.547 85.558	85.577	85.609	85.724 85.724	85.776*(三) 85.777*(四)	290	54.0*
S55.6.16	14:00	全 開 2 ドン付 8	84.878	84.889	84.999	85.027 85.038	85.071	85.154	85.354 85.354	85.446(三) 85.467(四)	338	44.2
S55.6.16	17:00	越 流 10 Hg2=84.42	85.278	85.289	85.329	85.327 85.338	85.331	85.374	85.444 85.444	85.436(三) 85.477(四)	193	44.2

上段：左岸，中段：右岸，下段：代表値 (三)三保崎，(四)堅田，*推定値

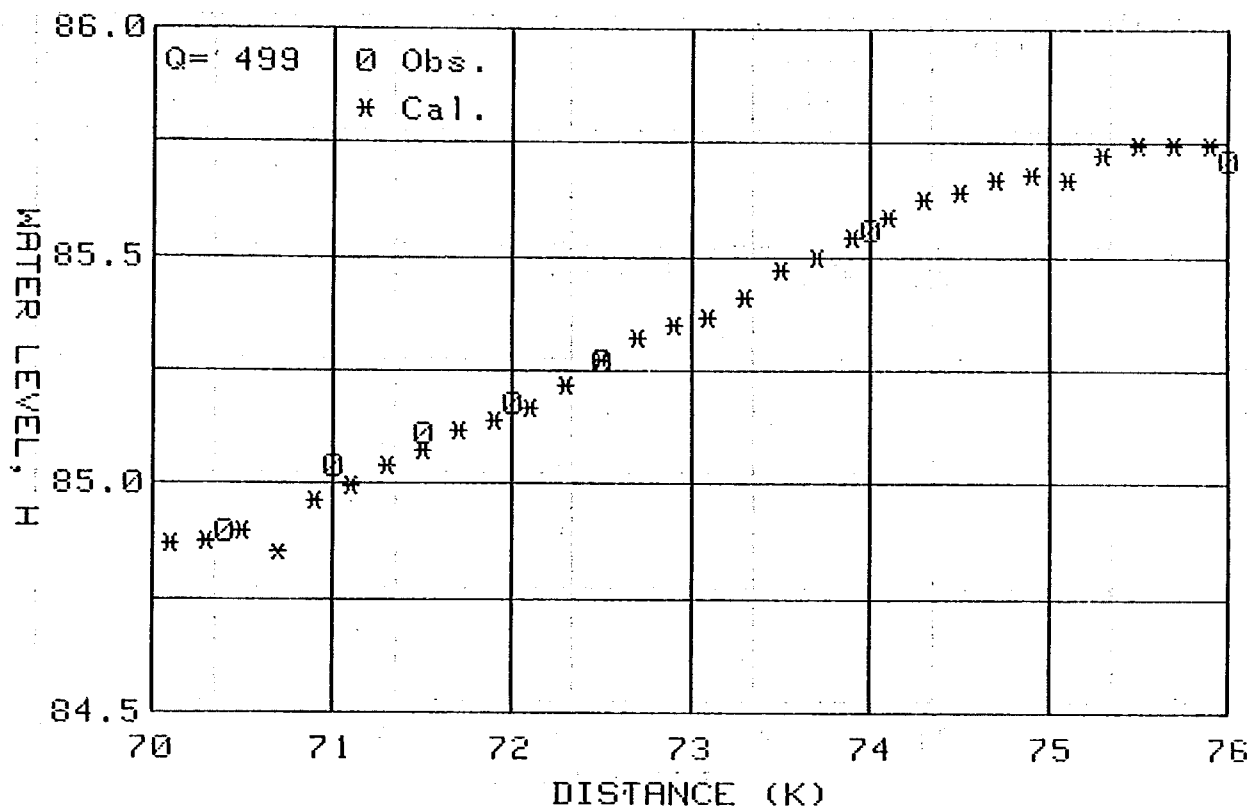


図3-2-1 不等流計算プログラムの検証-1

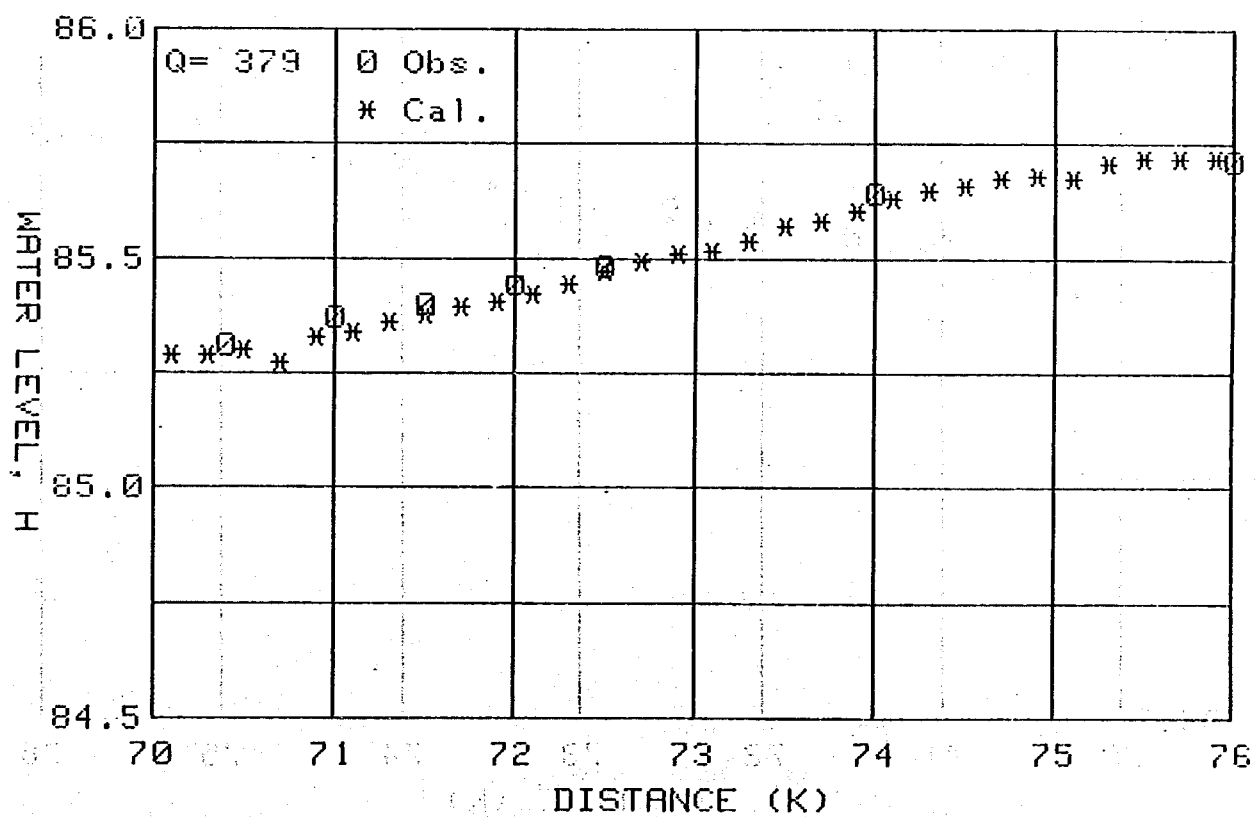


図3-2-2 不等流計算プログラムの検証-2

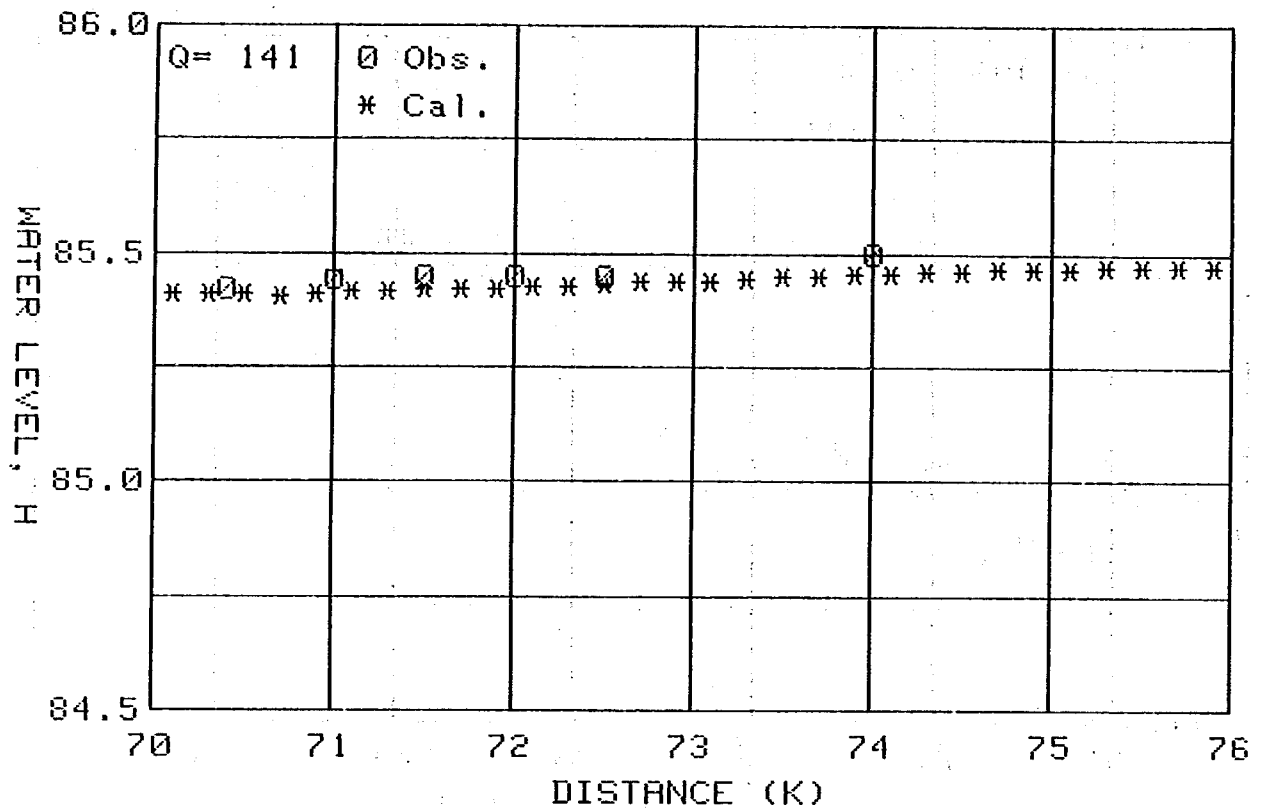


図3-2-3 不等流計算プログラムの検証-3

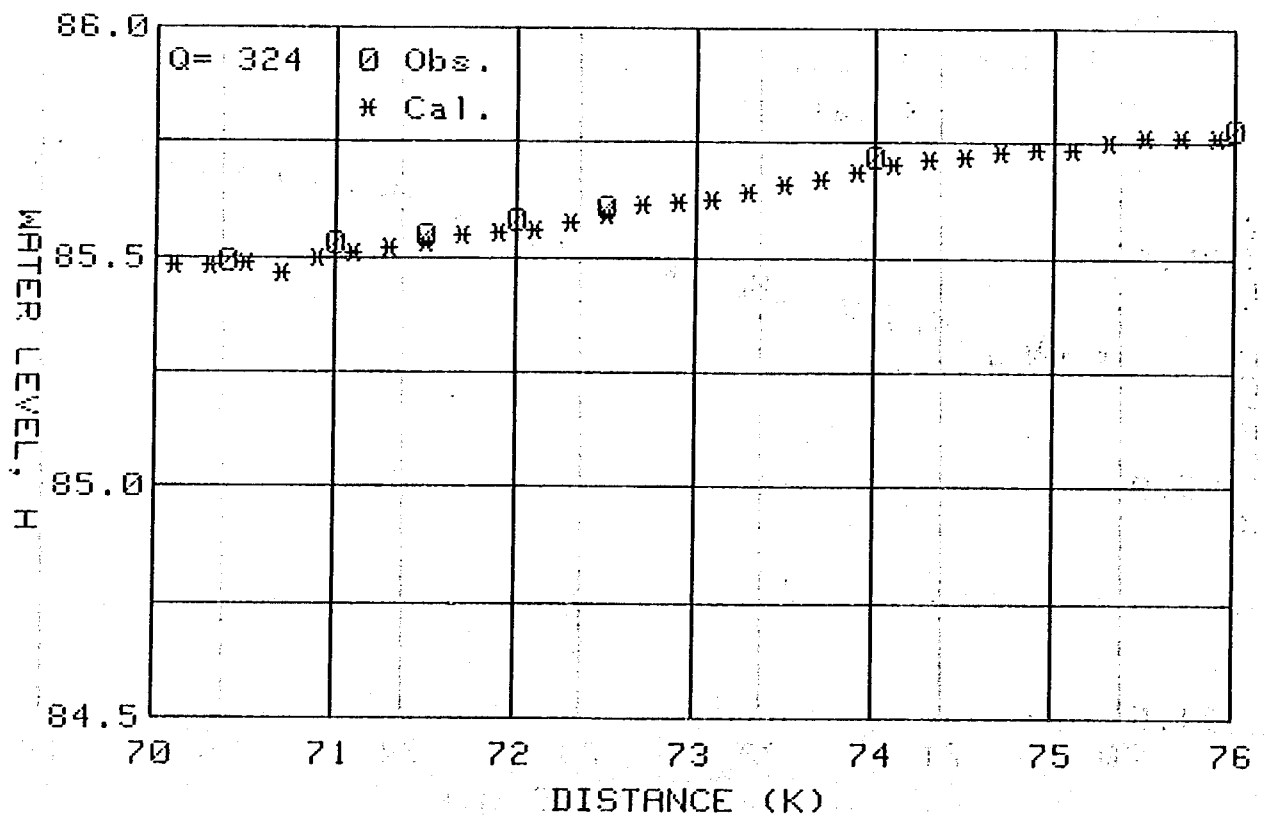


図3-2-4 不等流計算プログラムの検証-4

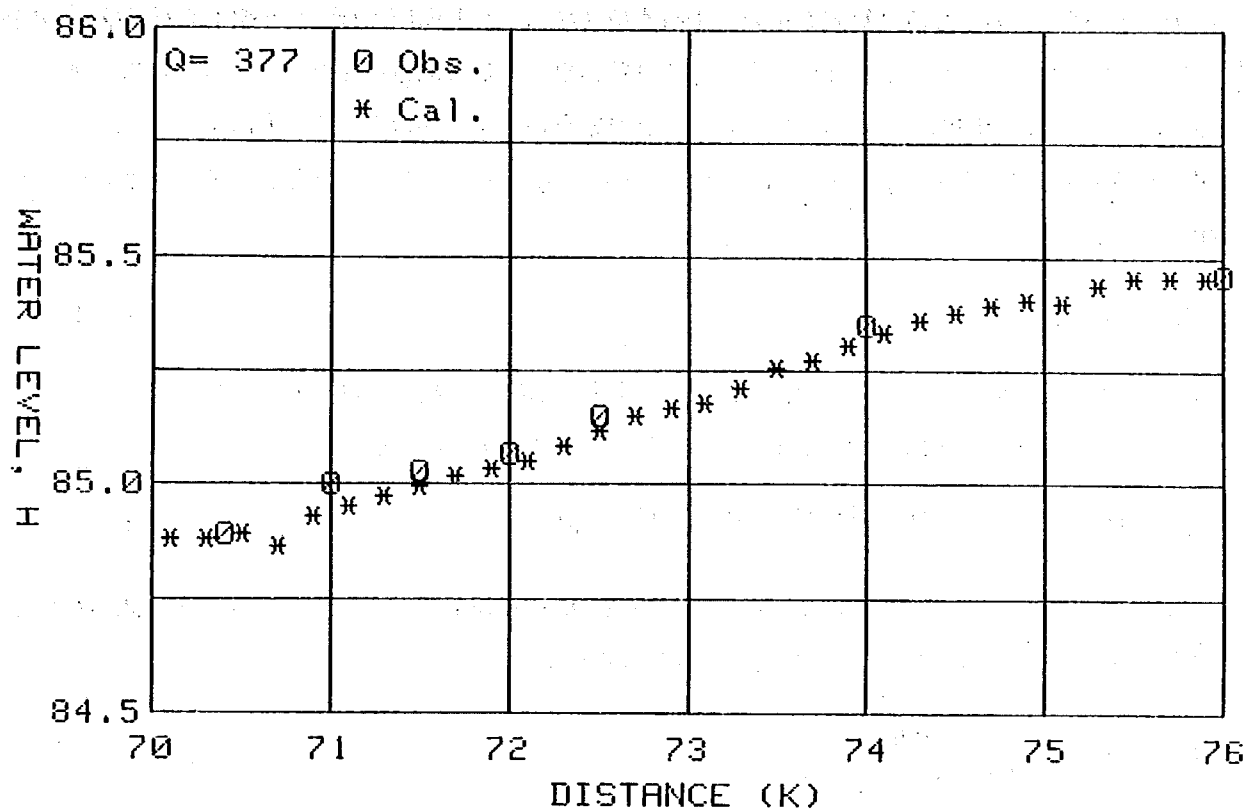


図3-2-5 不等流計算プログラムの検証-5

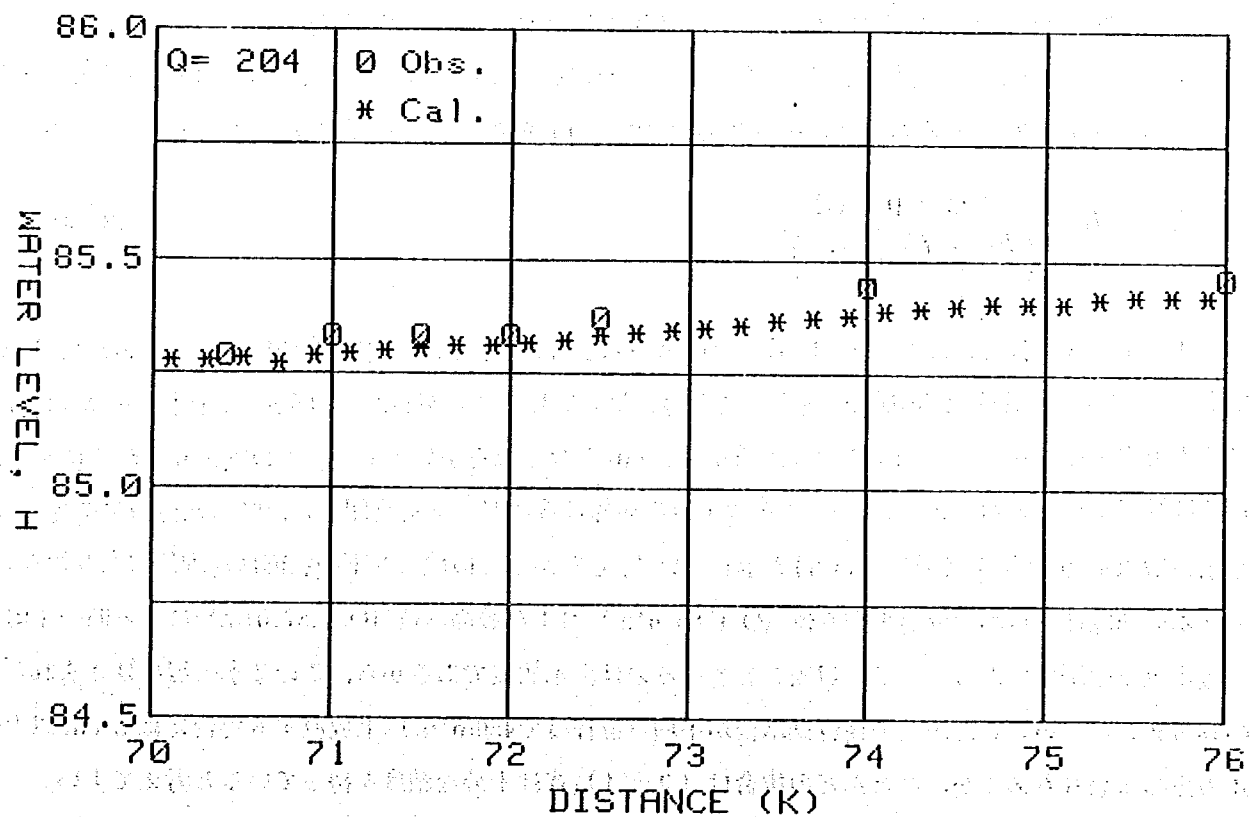


図3-2-6 不等流計算プログラムの検証-6

以上の検討の後、この不等流計算式を用いて干町水位 (H_1)、琵琶湖水位 (E_{27}) と橋本流量 (Q_h) の関係を求めることとした。しかし変数が3個であるため計算結果のみから関数形を導き出すのは容易でない。そこで次のようにして近似関係式の式形を先に定め、計算結果から未定係数を定める方法をとった。

70.0k から75.3k の区間の河道を単一の河道要素とみなすと、マンニングの平均流速公式から類推して次の近似関係が期待される。

$$\frac{Q_h}{Bh} \propto h^{2/3} \left(\frac{\Delta H}{L} \right)^{1/2} \quad (3-1)$$

ここに B = 代表川幅, h = 代表水深, ΔH = 琵琶湖と干町の水位差 $= E_{27} - H_1$, L = 河道距離である。代表水深として70.0k と75.3k の水深の平均値をとるとすれば次のようにおける。

$$h = \frac{(E_{27} - 82.8) + (H_1 - 80.8)}{2} = \frac{E_{27} + H_1}{2} - 81.8 \quad (3-2)$$

ただし70.0k の河床高を O. P.80.8m, 75.3k の河床高を O. P.82.8m とした。さて (3-1) 式の B および L を定数とみなし、さらに (3-2) 式を代入すると次式を得る。

$$E_{27} - H_1 = \frac{\alpha Q_h^2}{\left(\frac{E_{27} + H_1}{2} - 81.8 \right)^{10/3}} \quad (3-3)$$

ここに α = 比例定数である。

係数 α を種々の条件において計算するためにプログラム (SETA2) を作成した。これを巻末付録2に示す。種々の条件で計算された琵琶湖水位 (E_{27}) と干町水位 (H_1) および橋本流量 (Q_h) を (3-3) 式の形に整理したところ図3-3を得た。このグラフは両対数紙に書かれているので、(3-3)式は直線で表わされる。これから係数 α を求めると、 $\alpha = 2.35 \times 10^{-4}$ (m 単位) となる。したがって 次のようになる。

$$E_{27} - H_1 = \frac{2.35 \times 10^{-4} Q_h^2}{\left(\frac{E_{27} + H_1}{2} - 81.8 \right)^{10/3}} \quad (3-4)$$

図3-4-1～3は各流量毎の(3-4)式の近似度を示すもので、丸印が不等流計算結果、実線が(3-4)式である。これから琵琶湖水位の低い場合に若干の誤差を生じることがわかる。図3-5は横軸に橋本流量、縦軸に干町水位をとり、(3-4)式の算定誤差が2 cm となる線を引いてある。この線より干町水位が低い場合には算定誤差が2 cm 以上となる。図中の下方の破線は洗堰ゲートを全開とした時の水位流量関係(ただし宇治電取水量50m³/sを考慮している)を示している。したがって破線より下の状態は物理的に有り得ない。他の2本の曲線は琵琶湖水位が平均水位 (O. P.85.61m) および最高水位 (O. P.87.01m) にある時の干町水位と橋本流量の関係である。ここで対象としているのは洪水放流であるから、この2本の線には含まれた領域のみ考えればよい。したがって琵琶湖水位が平均水位程度で450m³/s以上放流する場合には2 cm 以上の誤差の生じる恐れもあるが、ほとんどの場合は(3-4)式は十分な精度を持っていると考えてよい。

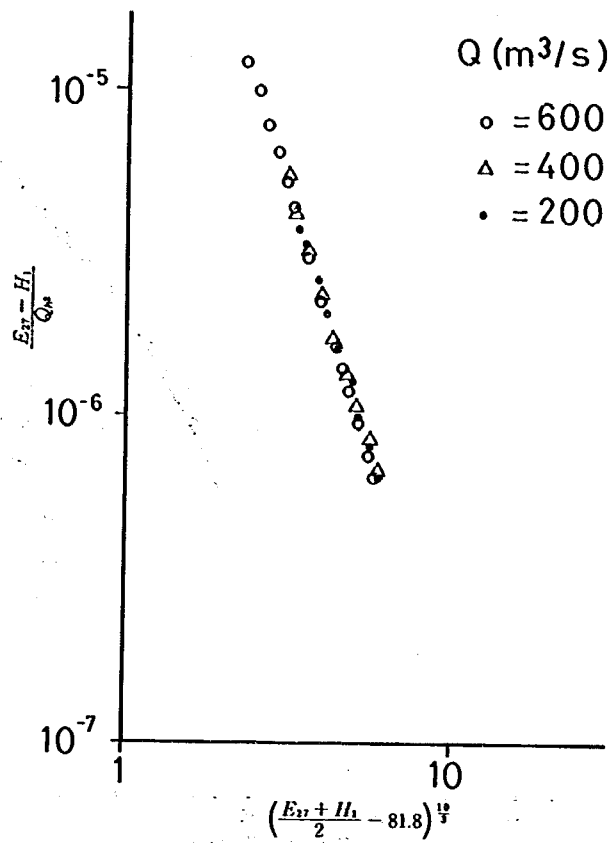


図3-3 近似式(3-3)の適合性

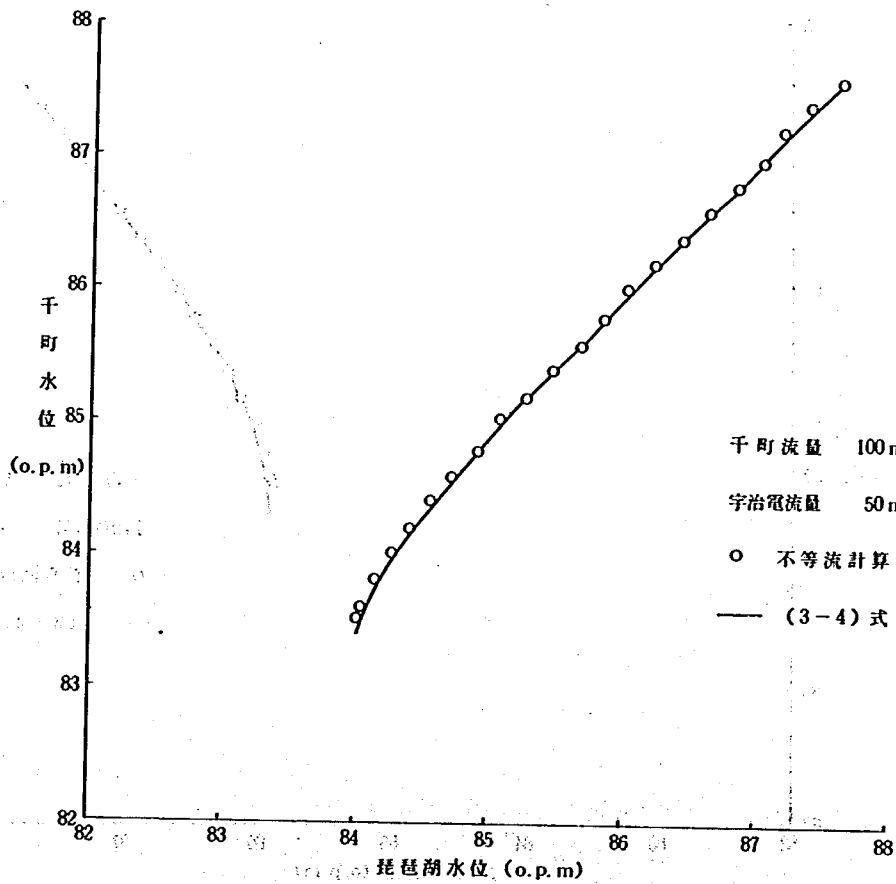


図3-4-1 近似式(3-4)の適合性-1

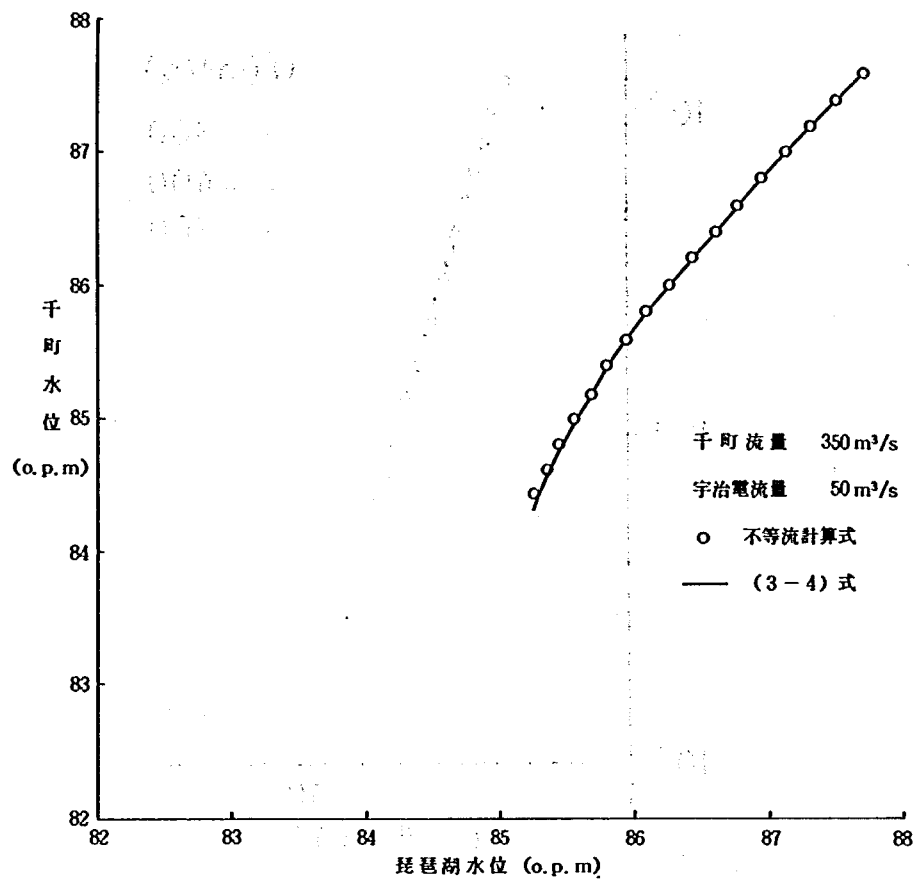


図3-4-2 近似式(3-4)の適合性-2

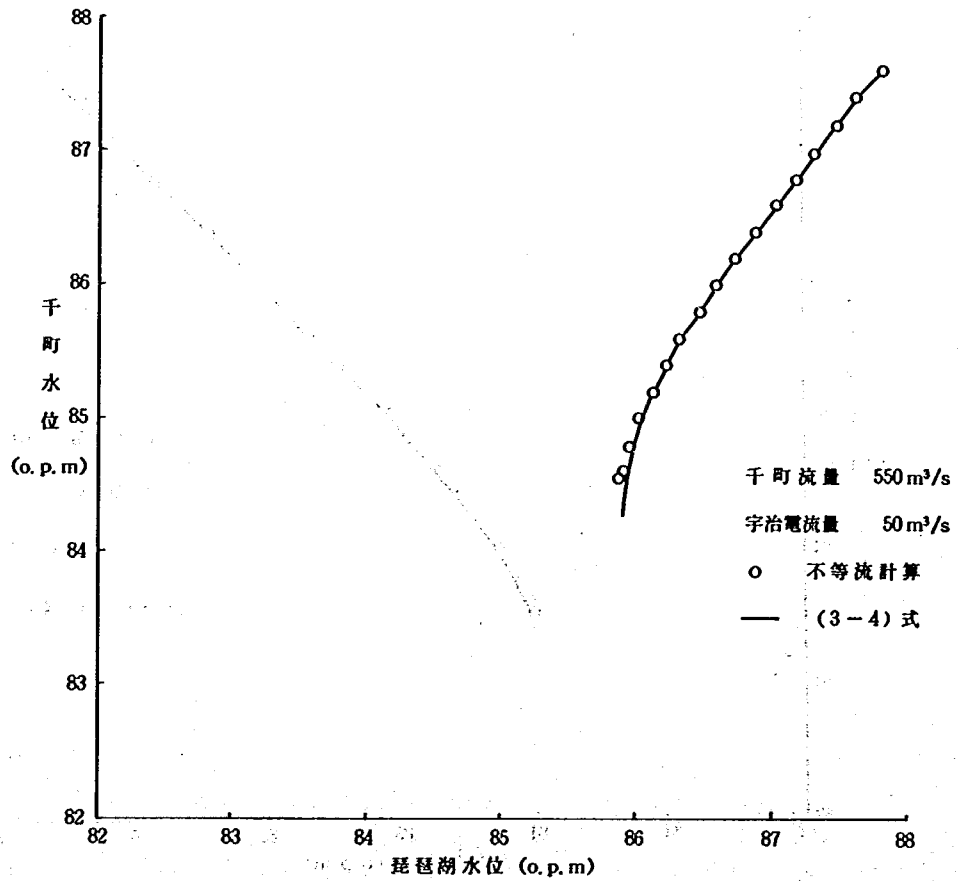


図3-4-3 近似式(3-4)の適合性-3

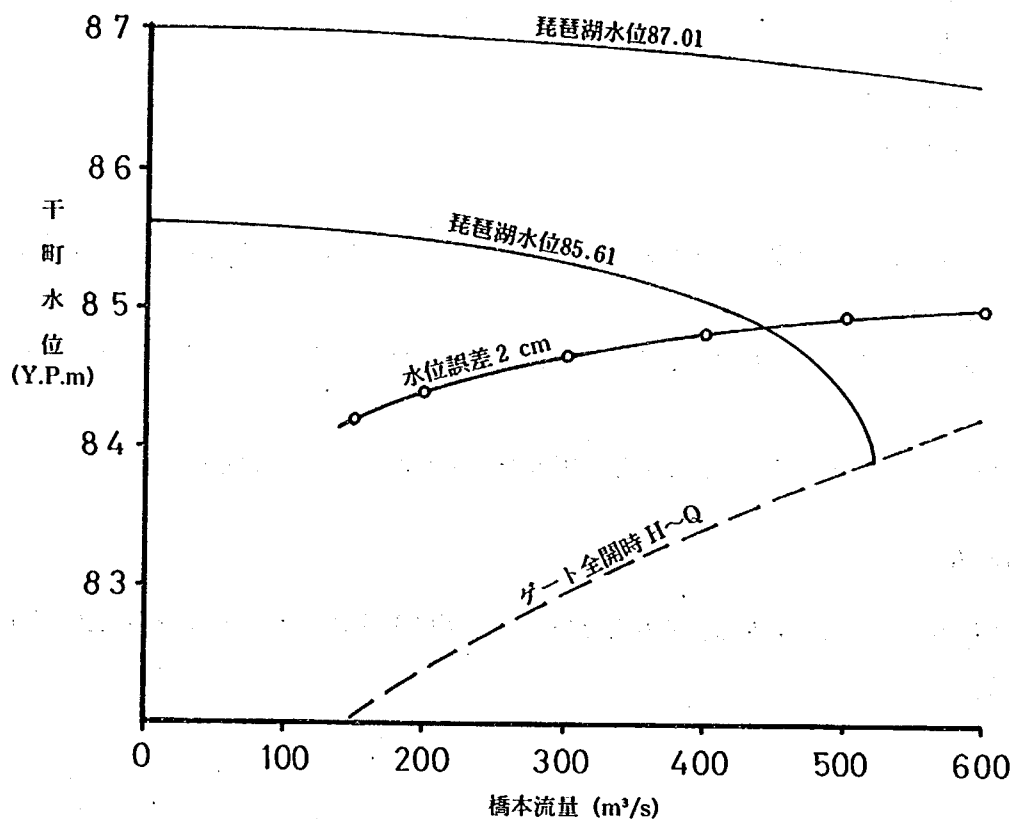


図3-5 近似式(3-4)の適用範囲

第2節 ゲート開度の設定

第2章で述べたように、ゲート部分操作時の放流量は次式であらわされる。

$$Q = 16.2 (H_1 - 80.8)^{\frac{3}{2}} \cdot N + 20.5 (H_1 - H_c)^{\frac{5}{2}} \cdot (10 - N) \quad (2-3)$$

この式から、或る干町水位 (H_1) と放流量 (Q) が指定された場合の必要全開ゲート門数 (N) および上段扉天端高 (H_c) を逆算できる。図3-6にこの結果を示す。図中の実線は全開ゲートの放流能力曲線を表わし、1と付した実線は全開ゲート門数が1門の場合、2, 3はそれぞれ2門および3門の場合である(他のゲートは全閉)。また破線は他をドン付けとした場合の放流能力曲線を示し、①と付した破線は全開ゲートがゼロ門でドン付けゲートが10門の場合、①と付した破線は全開ゲートが1門でドン付けゲートが9門の場合である。つまり全開ゲート1門の場合には、1の実線が最小放流量を示し、①の破線が最大放流量を示すわけである。さて、図中に▲印を付した状態を生じさせるにはどうすればよいかを考えてみよう。この点は①の破線より上にある。したがって全開ゲートを1門以下とすると他のゲートを溢流形式で操作する限り望みの流量を放流することはできない。(ここでは放流精度の悪い潜流状態は考えない。) したがって全開ゲートを2門以上とする必要がある。ところが全開ゲートを3門とした場合にその3門のみからの放流量が3と付した実線で表わされ、▲点より上をとる。すなわち3門を全開とすると他の7門を全閉としても流れ過ぎてしまうわけである。したがって全開ゲート数を2門としなければならないことになる。同様の考察を■印の点で行うと、全開ゲート数をゼロまたは1門の2とおりが可能であることがわかる。このようにして各線で区

分された領域での可能な操作状態を調べた結果を A～F の記号で示した。ここに、

- A 全門溢流形式
- B 1 門全開, 他は溢流
- C 2 門全開, 他は溢流
- D 3 門全開, 他は溢流
- E 4 門以上全開。この場合放流量は不確かになるので避けた方がよい。ただしその必要性はほとんど無いはずである。
- F 潜流による放流。この場合も放流量は不確かとなる。ただしバイパス水路が完成すればその必要は無くなる。

なお図の左上の曲線は、その水位で流し得る流量の限界を示すもので次式で表わされる。

$$H = 0.0783 Q^{\frac{3}{5}} + 80.8$$

(3-5)

この式は洗堰下流河道の不等流計算から得られた水位、流量関係を近似したもので、その近似度は図 3-8 に示すようである。

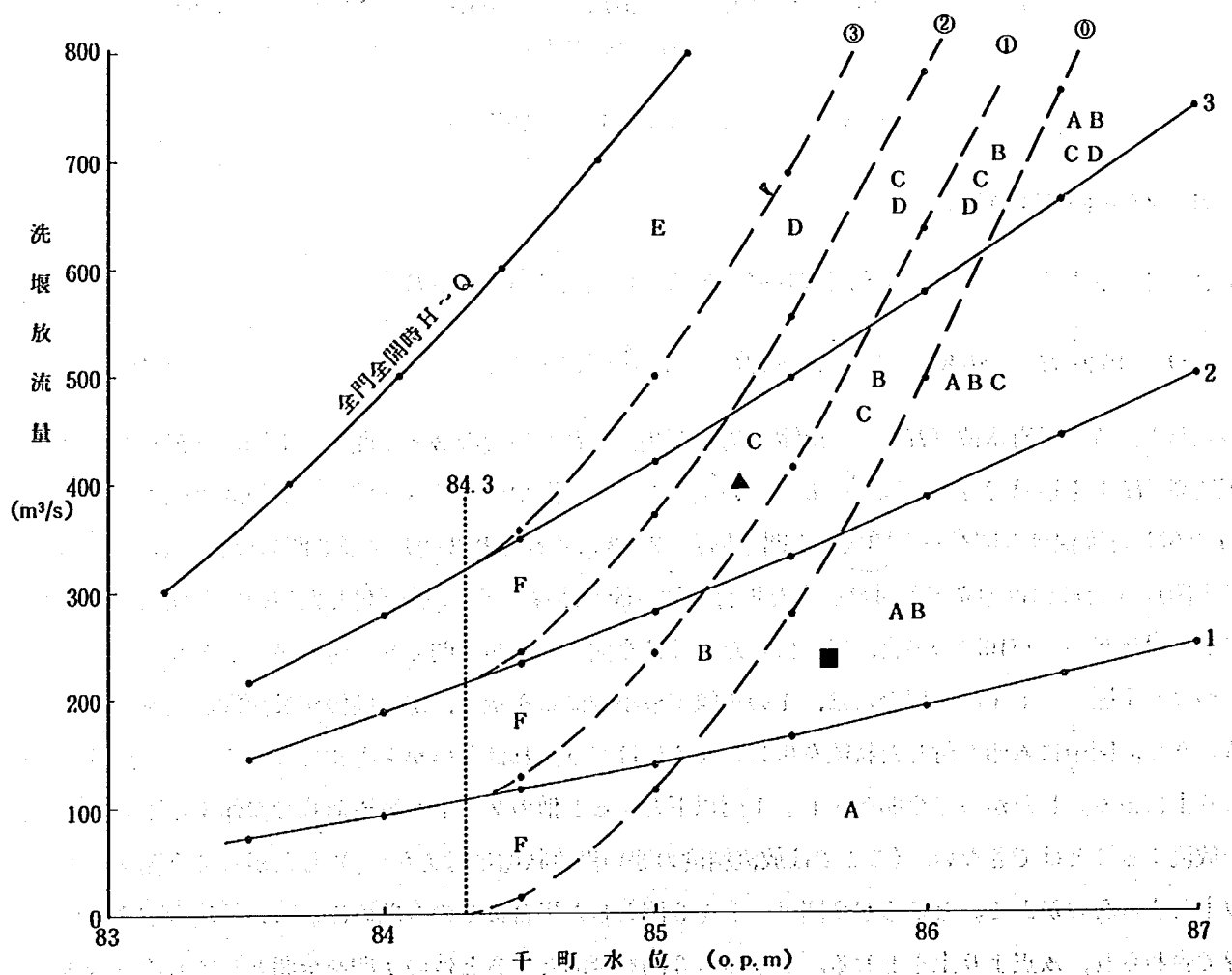


図 3-6 千町水位、放流量とゲート操作パターン

さて、(3-4)式を用いて図3-6の干町水位(H_1)を琵琶湖水位に変換すると図3-7ようになる。また流量は宇治電取水量を $50\text{m}^3/\text{s}$ と仮定して橋本流量になおしてある。この図を用いれば琵琶湖水位と必要放流量からダイレクトに全開ゲート門数 N が決定されればあとは溢流ゲート天端高を求めればよい。まず(3-4)式から干町水位(H_1)を求める。すなわち適当な H_1 を仮定して右辺に代入して左辺の H_1 を求め次にこれを再び右辺に代入する。このプロセスを繰り返せば H_1 の収束値が得られる。後は(2-3)式を変形した次式から溢流ゲート天端高を計算できる。

$$H_G = \left\{ \frac{Q - 16.2 (H_1 - 80.8)^{\frac{3}{2}} N}{20.5 N_1} \right\} \quad (3-6)$$

ここに N_1 = 溢流ゲート門数 (通常は $10 - N$)。

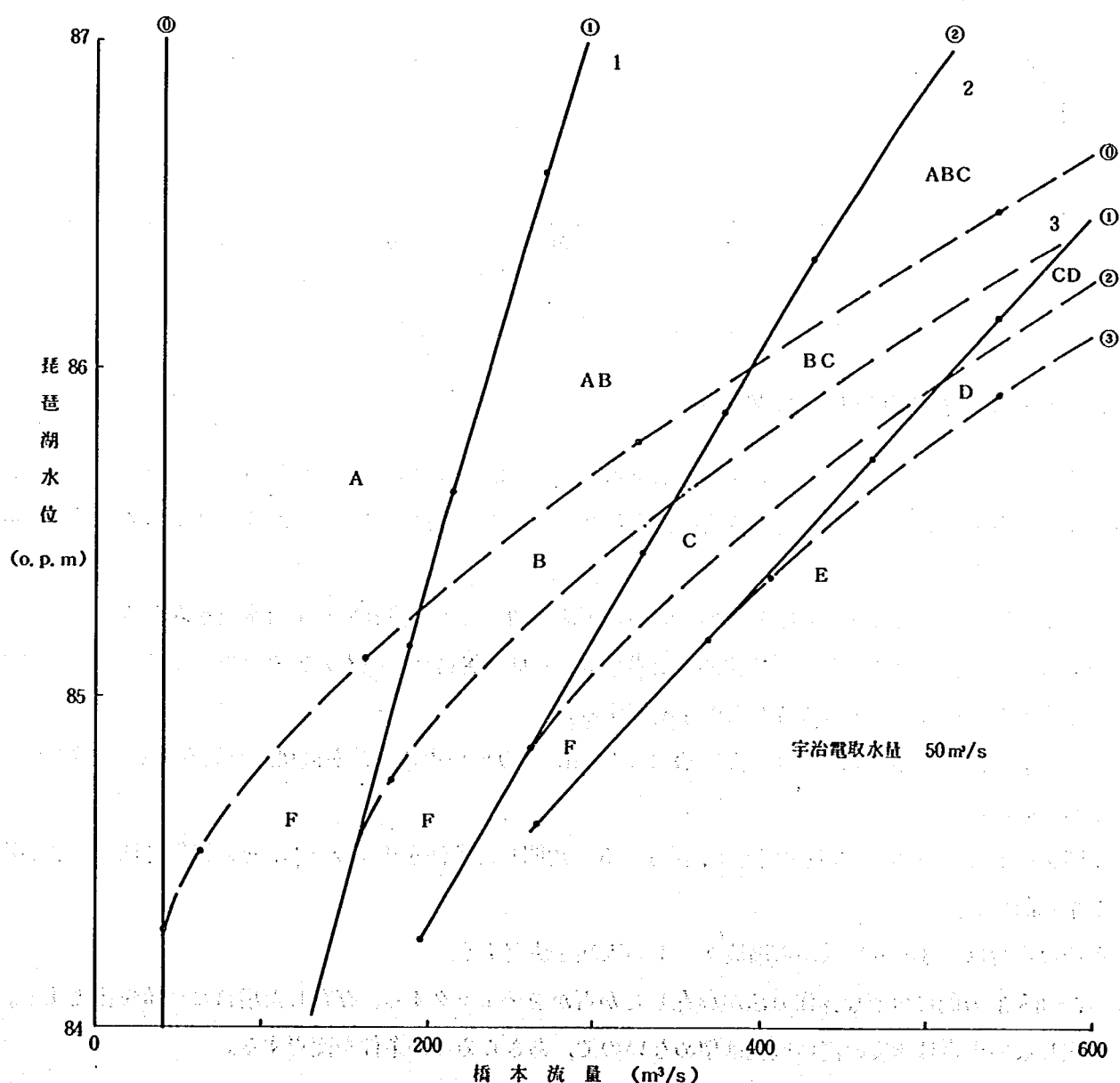


図3-7 琵琶湖水位、橋本流量とゲート操作パターン

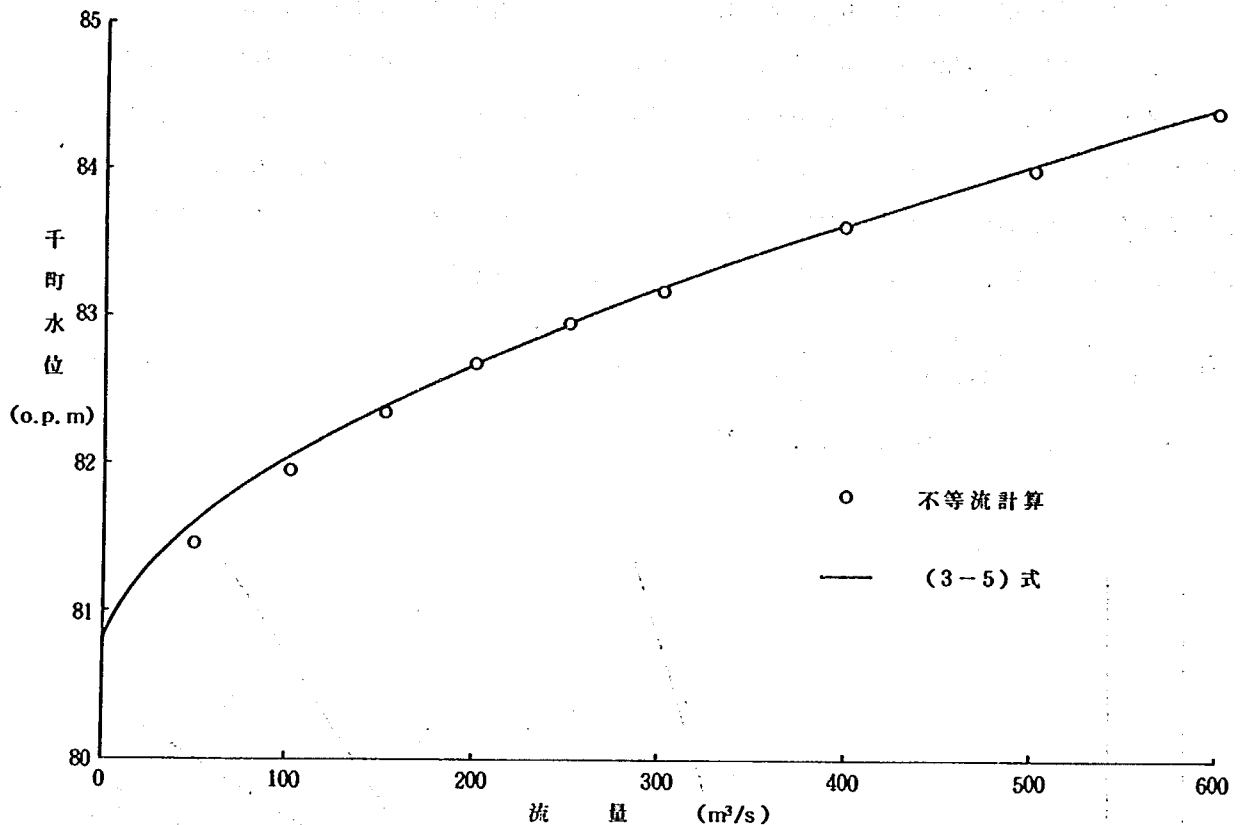


図 3-8 洗堰全門全開時の水位・流量関係

第 3 節 ゲート部分操作計算プログラム

前節で述べた方法は手計算でゲート操作方法を求めるためのものである。しかしパーソナルコンピュータがあれば以上のプロセスを一括して短時間に行うことができる。計算のフローを図 3-9 に示す。手順は以下のとおりである。

- ①：琵琶湖水位と必要放流量を条件として上流から下流に向けて不等流計算し千町水位を求める。^{*}
- ②：千町水位 (H_1) が (3-5) 式で求まる限界水位より低い場合は、望みの放流量を得ることは物理的に不可能であるから、あきらめるか条件を変更する。
- ③：千町水位 (H_1) がドン付ゲート天端 (O. P. 84.3m) より低い場合は、潜流状態で放流する。(将来はバイパス放流)
- ④：全開ゲート N を 0 から順次変えて、図 3-5 で説明した条件をチェックし、その操作方法が可能か否かを判断する。
- ⑤：可能な場合は (3-6) 式から溢流ゲートの天端を決定する。
- ⑥： $N=0\sim3$ の間に可能な操作方法が存在したか否かをチェックする。存在した場合には値を出力する。
存在しない場合は確度の高い放流は望めないので、あきらめるか条件を変更する。

この計算プログラム (SETA3) を巻末付録 3 に示す。

^{*} 流れが常流の場合には下流から上流へ向けて計算するように言われている。これは計算精度を落とさないための単なる配慮であり法則ではない。現在のように電子計算機で精度良く計算できる場合はどちらから計算しても良い。

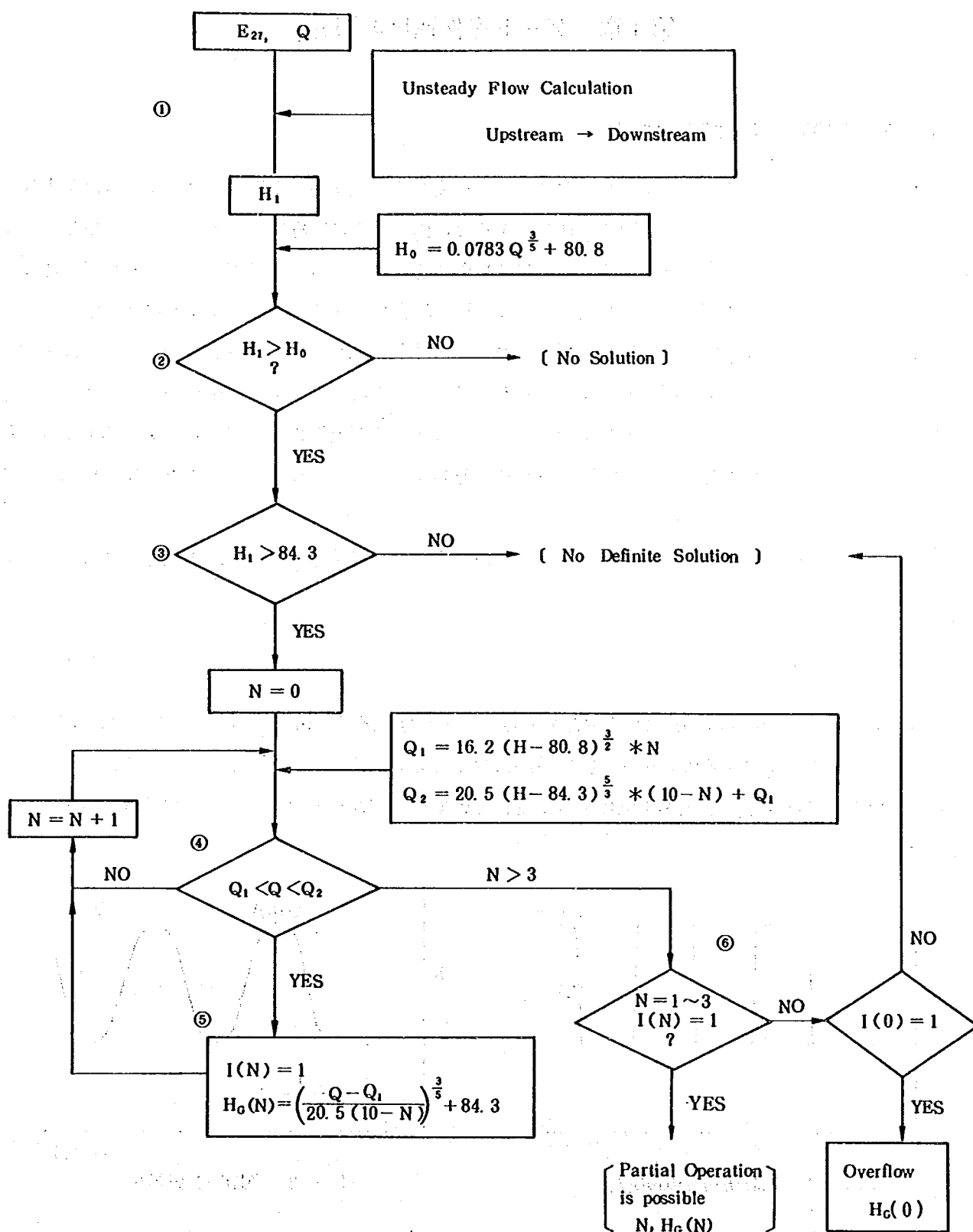


図3-9 ゲート操作計算フロー

第4章 ゲート操作速度の限界

第1節 ゲート閉塞による遡上波の特性

洗堰ゲートを閉塞すると運動エネルギーが位置エネルギーに変わり、洗堰から上流へ向けて順次水位が上昇する。極端な場合としてゲートが瞬時に閉塞されたとすると、図4-1に実線で示すような段波が生じる。また閉塞速度が極めて遅いと一点鎖線のように新しい平衡状態に漸近する。さて実際にはある有限の速度で閉塞するわけだが、閉塞時間が河道の特性時間 T_0 より短い場合には図4-2に示すように極急閉塞とあまり変わらないことになる。閉塞時間を T_0 より長くすれば最大水位は減少し極緩閉塞に近づく。これは圧力管路におけるサージング現象と全く同様の原理によるものである。すなわち、ゲート閉塞によって運動エネルギーが位置エネルギーに変換され上流端で再び運動エネルギーとなって^(*)下流端に戻ってくるに要する時間が T_0 である。この時にゲートがまだ半開きの状態であれば、運動エネルギーの一部はそのまま下流端へ放出されてしまうわけである。

限界閉塞時間は河道形状や水位条件によって異なるため厳密には一定値ではないが、大雑把には次式から計算できる。

$$T_0 = 2L / \sqrt{gh} \quad (4-1)$$

ここに L は河道距離で5300m、 h は平均水深である。いま平均水深を4mとすれば、 $T_0 \div 30$ 分となる。したがってゲートを全閉にする際のゲート操作時間は少なくとも30分はとった方がよいと言える。

しかし水位上昇量は流量や琵琶湖水位によって変わるので、一応種々のケースについて数値計算を行うこととした。

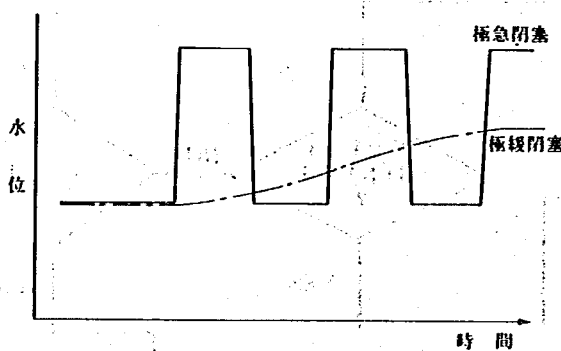


図4-1 極急閉塞と極緩閉塞

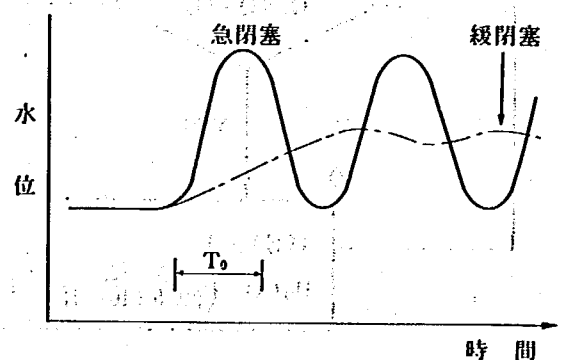


図4-2 急閉塞と緩閉塞

第2節 計算プログラムの概要

遡上波は本質的には一次元不定流であるから、通常の一次元不定流計算プログラムで計算可能なはずであ

* 上流端は琵琶湖であるからほとんど水位上昇が無く、したがって位置エネルギーは運動エネルギーとなる。

る。しかし上に述べたように通常河川の洪水不定流と次の2点において異っている。すなわちゲート操作時間が30分～1時間程度であるため水位・流量の時間変化率が極めて大きい。また下流端条件が堰の放流能力式で与えられるため通常より遙かに複雑な境界条件となる。以上の2点を克服するために、ここでは解の安定性の高い陰型式差分不定流計算法に若干の改良を加えた計算プログラムを用いることとした。

陰型式差分法とは、不定流運動方程式を差分化した代数方程式をそのまま機械的に解こうとするもので、不定流計算法のうち最も単純な方法である。しかし差分間隔などに関する注意をはらわなくとも解が安定しているという特長をもつ。さらに原方程式をそのまま取り扱っているので、複雑な境界条件を有する場合でも容易に適用できる。しかし非線形項を線形化する段階でその他の計算法と同様の誤差を生じる恐れがあるので、ここでは繰り返しルーチンを付加することにより精度の向上をはかった。すなわち運動方程式で～を施した項については時空間的4点平均を与えることとし各時間毎に収束計算を行っている。

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

改良プログラムを使用するにあたり計算精度をチェックしたところ、現地水位観測記録および水理模型実験結果と非常に良い一致をみた。

第3節、ゲート操作速度と遡上波の波高

ゲート操作の内容には無限のバリエーションが考えられ、その全部を検討するのはもとより不可能である。そこでここでは最も危険と考えられる「定常放流→全閉状態」というケースのみを検討することとする。また計算ケース数が膨大にならぬよう操作パラメータを定常放流量と閉塞時間に限定することとした。そこで操作ゲート門数や初期ゲート状態を設定できないので、下流端境界で流量を閉塞時間内で線形に減少させることとした。これは厳密には正しくないが、遡上波の特性を概略求めるには十分と考えられる。他の調査項目の成果が得られ操作方式がさらに煮つまった段階でゲート操作を境界条件とする本来の計算を行う予定でいる。

計算条件を表4-1に示す。表中の流量は干町地点の初期流量である。宇治電取水量は50m³/sと仮定している。したがって Q = 250m³/s のケースでは、橋本地点においては当初300m³/sの流量であったものが50m³/sに減じることとなる。表中の TL はゲート閉塞時間 (分) である。1節で述べたように急閉塞と緩閉塞の境目は30分程度と考えられるので、その前後の値を閉塞時間とした。また各流量の結果を比較できるように琵琶湖水位条件を O. P.86.21m に固定し最終平衡状態が同一となるようにした。

図4-3-1～3は70.1k, 71.5k, および74.1kにおける水位の時間変化の例である。これからわかるようにどの地点でも60分弱の周期で振動を繰り返す。振幅は下流ほど大きい。図4-4-1は閉塞時間が10分のケースの縦断的な水面形の時間的变化を示している。遡上波の波高はゲート閉塞時 (t = 10分) よりわずかに後に最大に達し、それ以降は琵琶湖面より30cmも高い水位を維持して上流へ伝播してゆく。これが急閉塞時の遡上波の特徴である。図4-4-2は閉塞時間が120分のケースの縦断的な水面形の時間的变化である。こちらは遡上波というよりは下流から順に水がプールされてゆく。したがって最大水位は琵琶湖水位とほとんど変わらない。これが緩閉塞の典型である。

表4-1 計算条件一覧表

Q (m³/s)		250	350	450	550
TL1 (min)	Te 180 (min) Dt 5 (min)	琵琶湖水位86.21(o. p. m)			
10		○	○	○	○
20		○	○	○	○
30		○	○	○	○
45		○	○	○	○
60		○	○	○	○
75		○	○	○	○
90		○	○	○	○
105		○	○	○	○
120		○	○	○	○

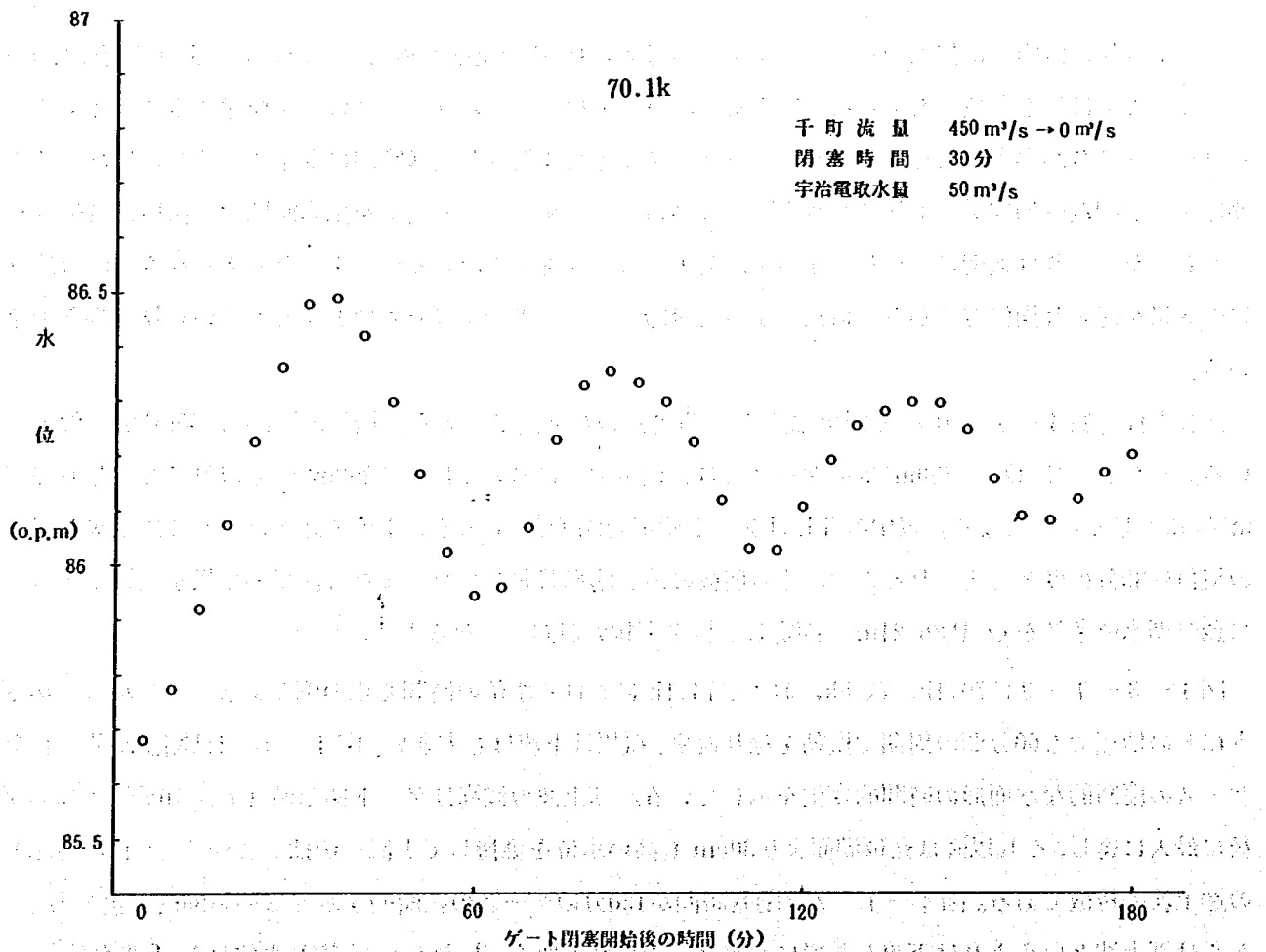


図4-3-1 1地点における時間的水位変化の例(1) (別添資料参照)

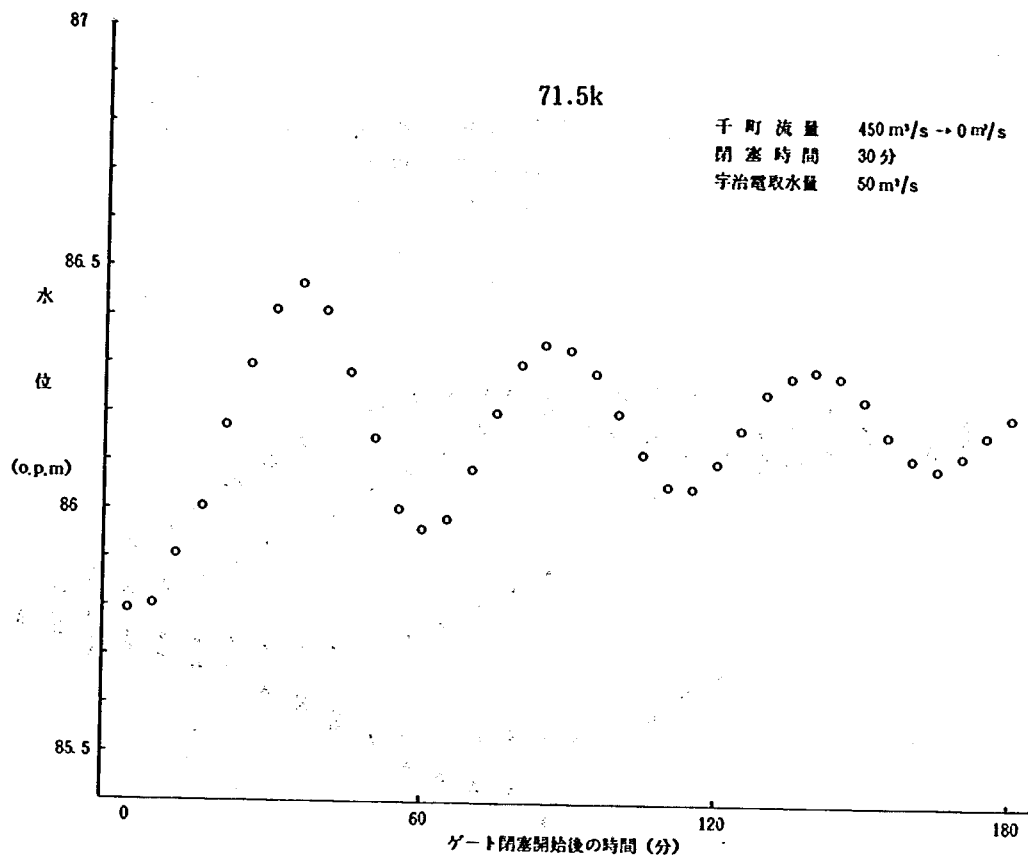


図4-3-2 1地点における時間的水位変化の例-2

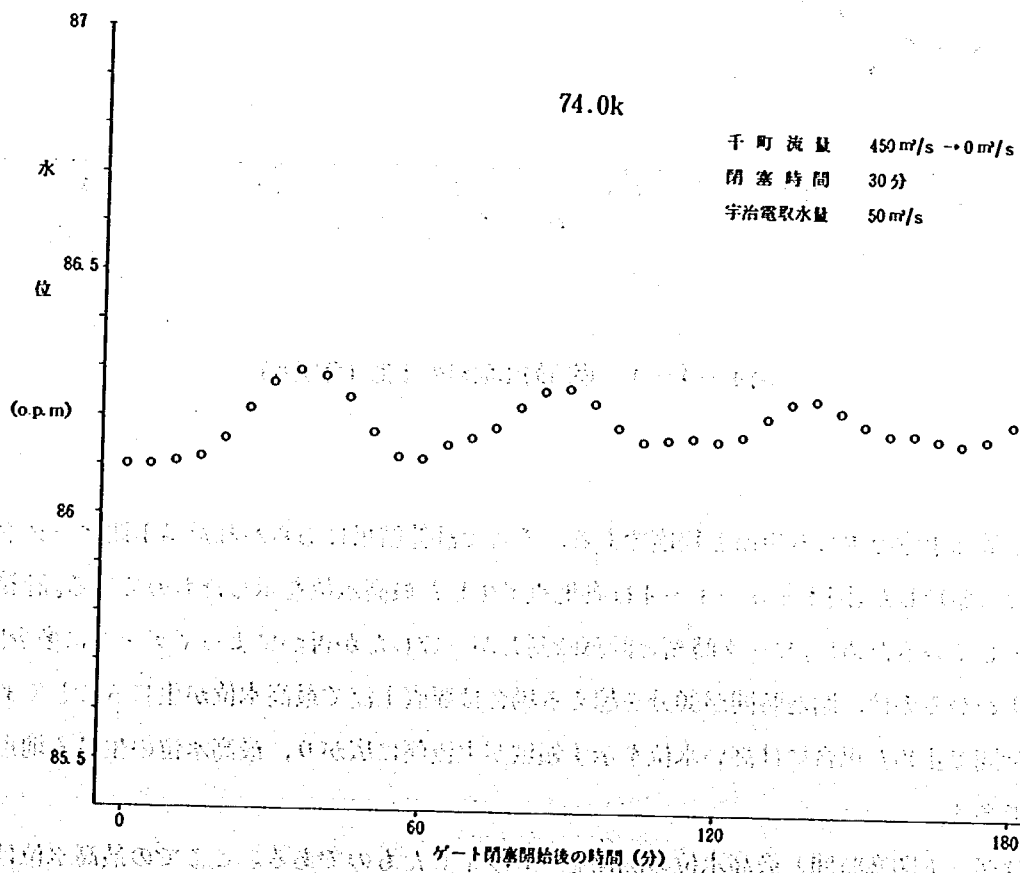


図4-3-3 1地点における時間的水位変化の例-3

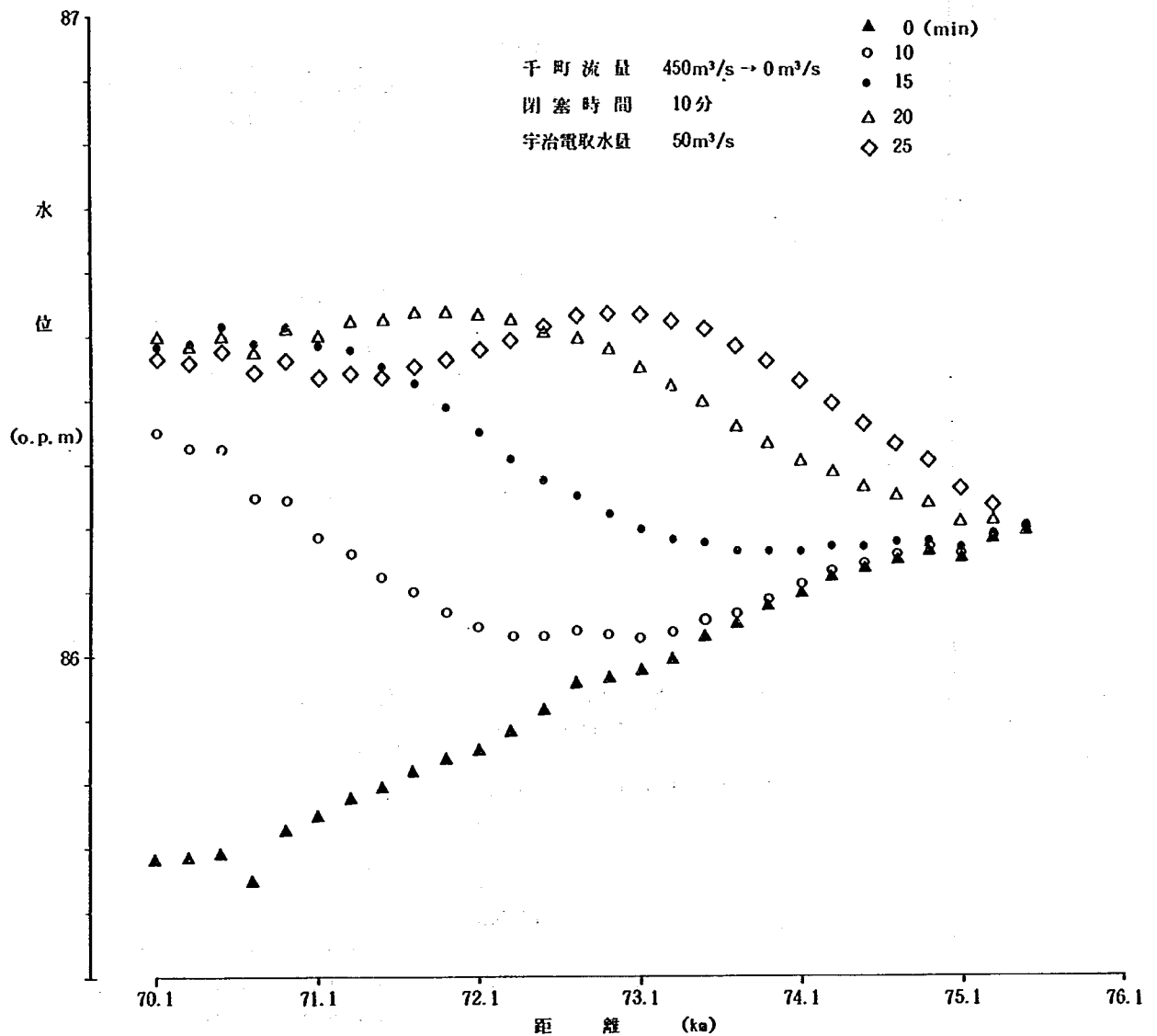


図4-4-1 縦断的水面形の変化(急閉塞)

さて問題は最高水位の生じる場所と程度である。そこで計算結果にあらわれた第1波ピーク水位を各地点および流量毎に整理した。図4-5-1～4は各地点で生じた最高水位を示したものである。計算時間ステップを5分間としているために、ピーク時刻と計算時刻とが一致したか否かによってデータに多少凹凸がある。これからまずわかるのは、閉塞時間が30分を越える場合は堰直上流で最高水位が生じることである。しかし大流量を短時間で止めた場合には高い水位を示す領域が上流側に広がり、最高水位の生じる地点も上流へ移動するようである。

図4-6はゲート閉塞時間と最高水位の関係をプロットしたものである。ここでの最高水位は特に地点は問わずそのケースで生じた最高水位である。図中の記号は初期放流量毎に分けてある。各流量毎に見ると、

閉塞時間が30分以内だと最高水位はほぼ一定値である。30分を越えると次第に減り始め琵琶湖水位に近づいてゆく。この図から判断すると、有意な波高の遡上波を生じないようにするにはゲート閉塞時間を60分程度にとる必要がある。

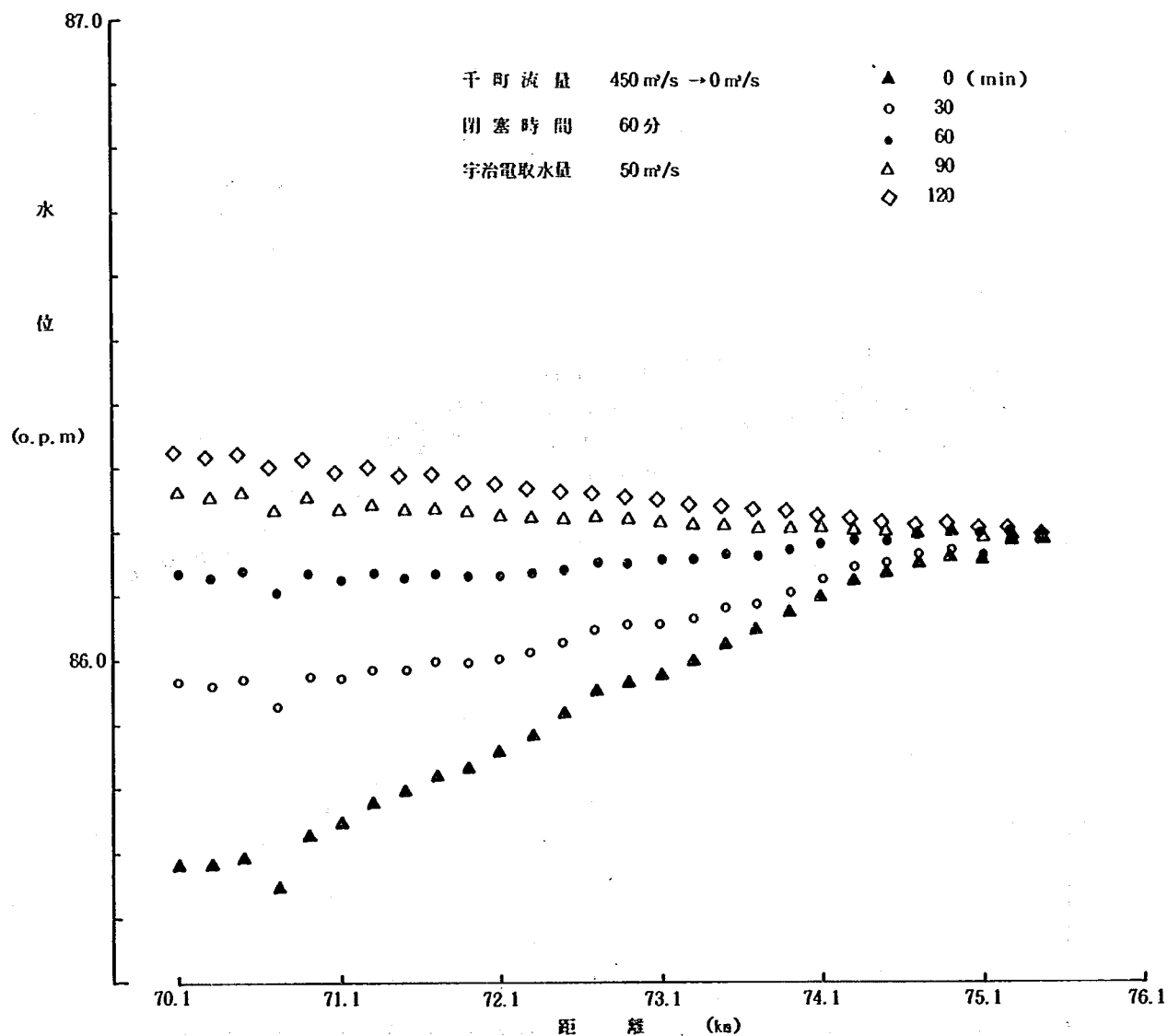


図 4-4-2 縦断的水面形の変化 (緩閉塞)

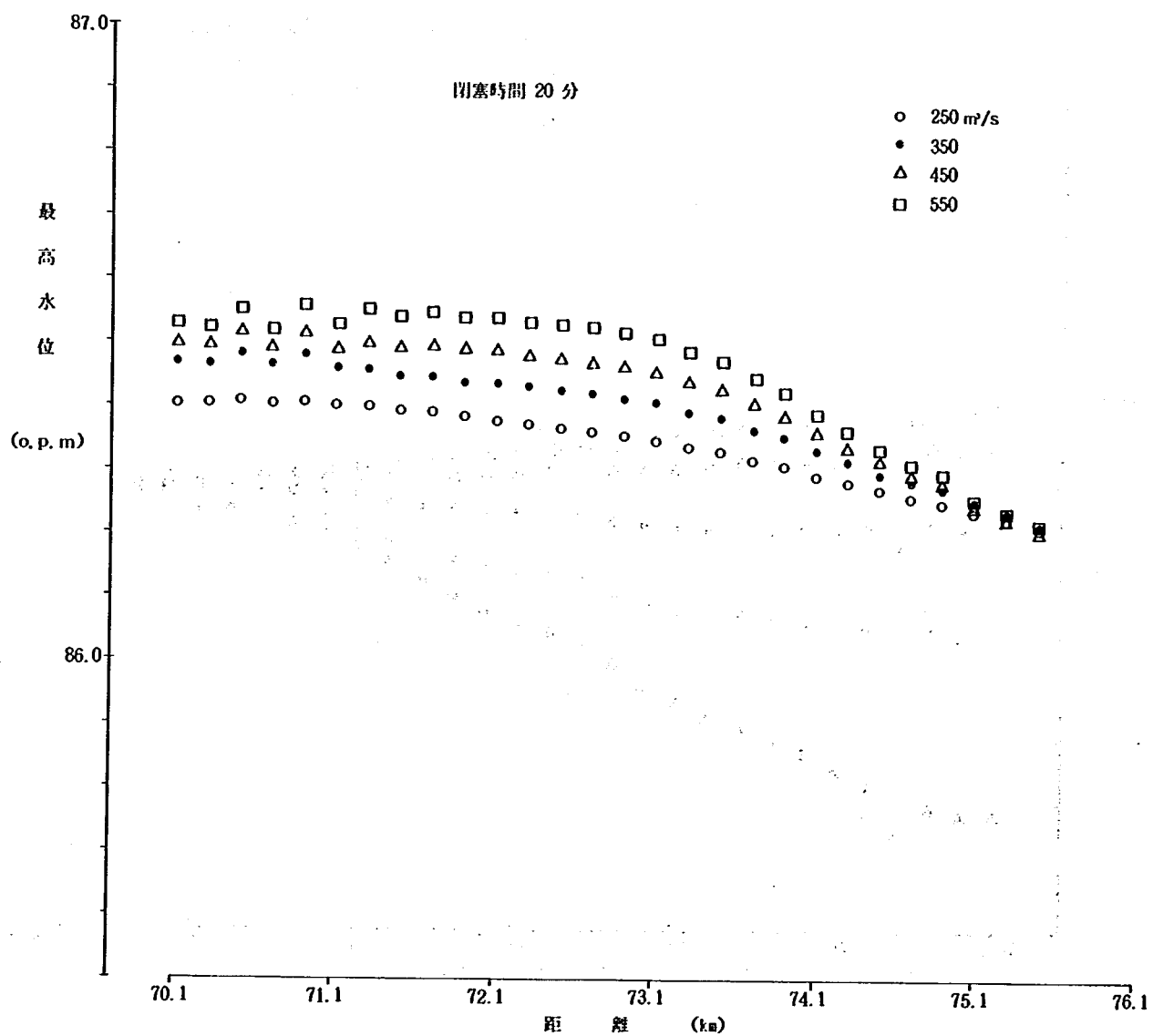


図4-5-1 地点毎の最高水位-1

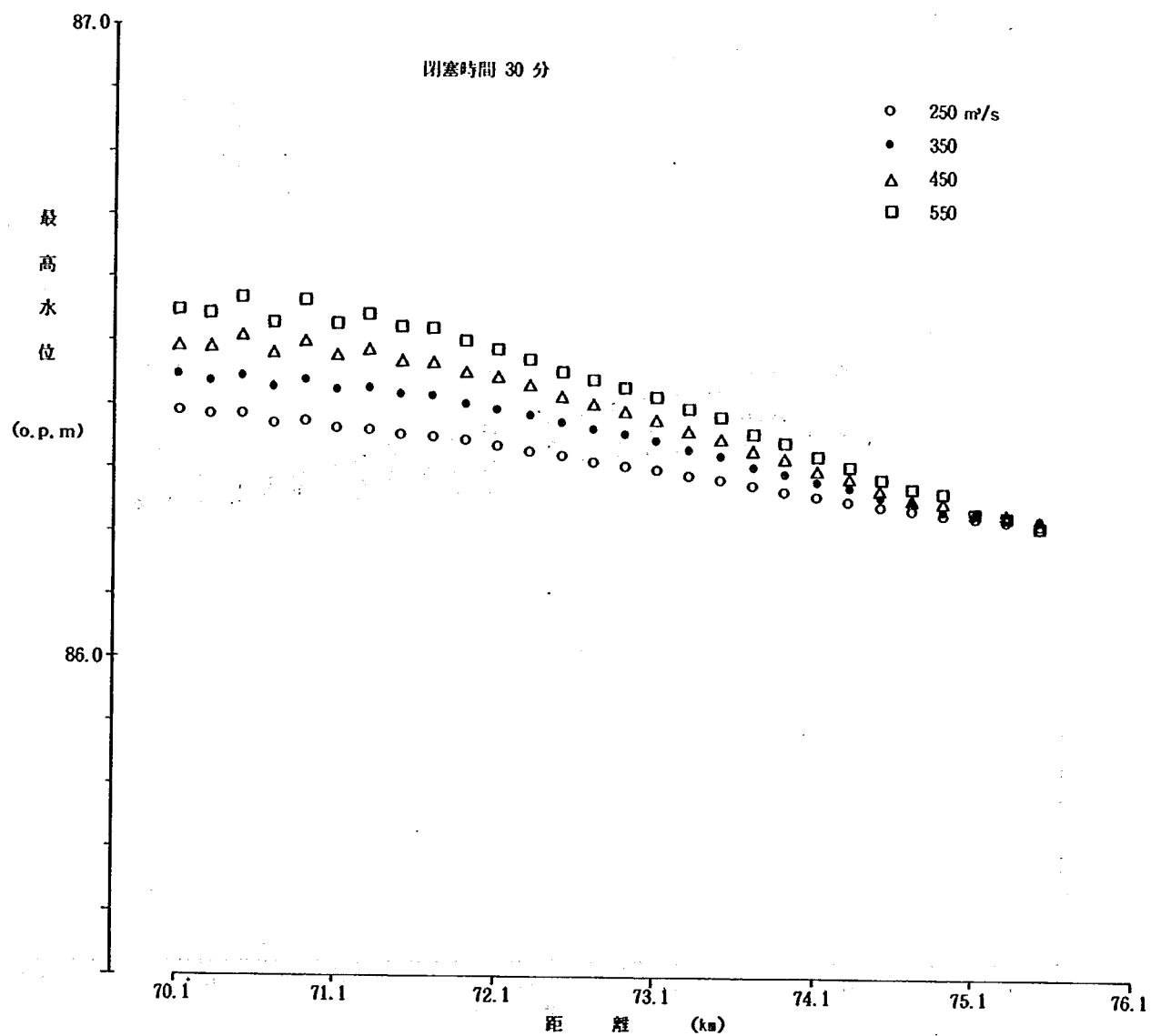


図 4-5-2 地点毎の最高水位-2

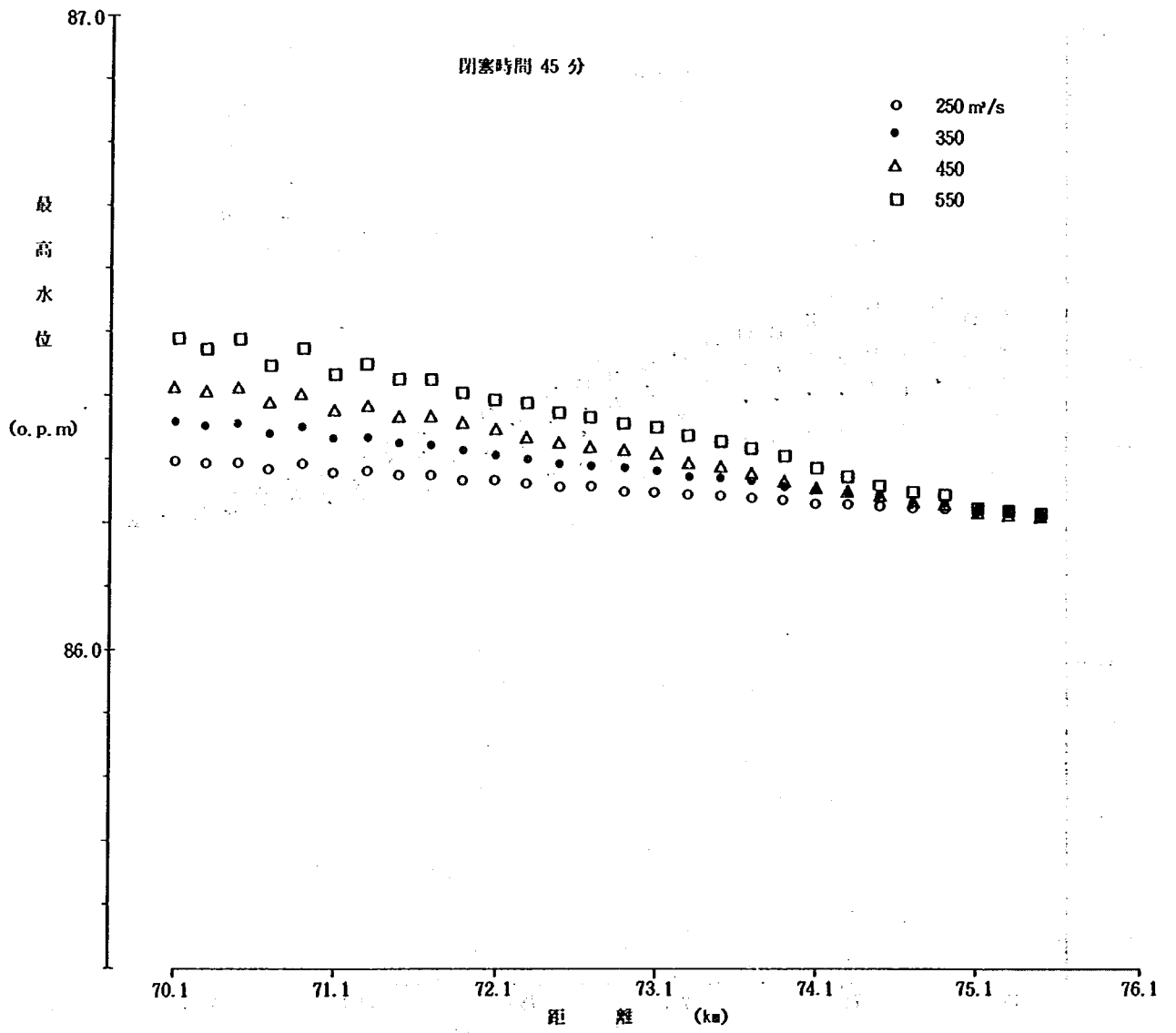


図4-5-3 地点毎の最高水位-3

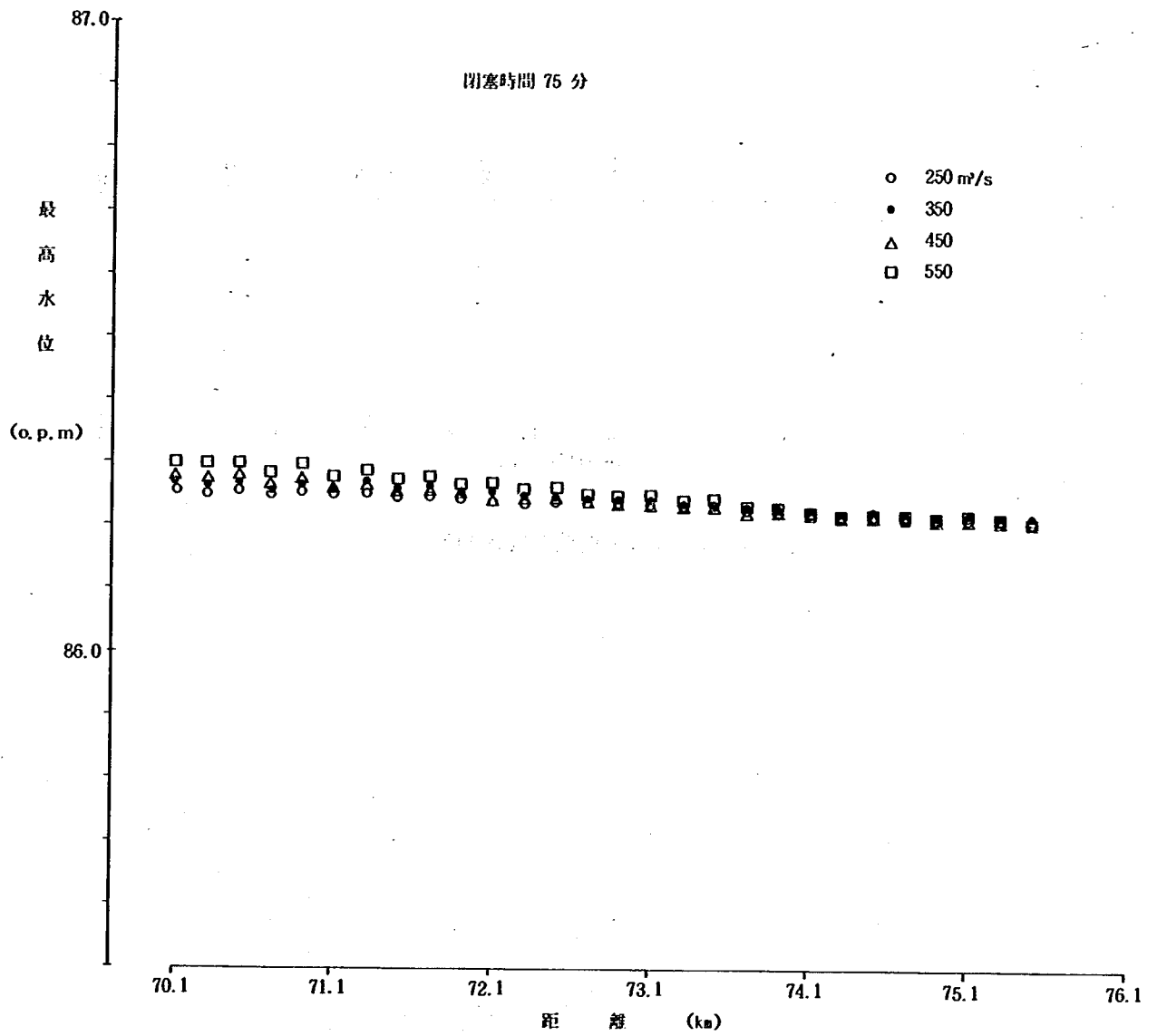


図 4-5-4 地点毎の最高水位-4

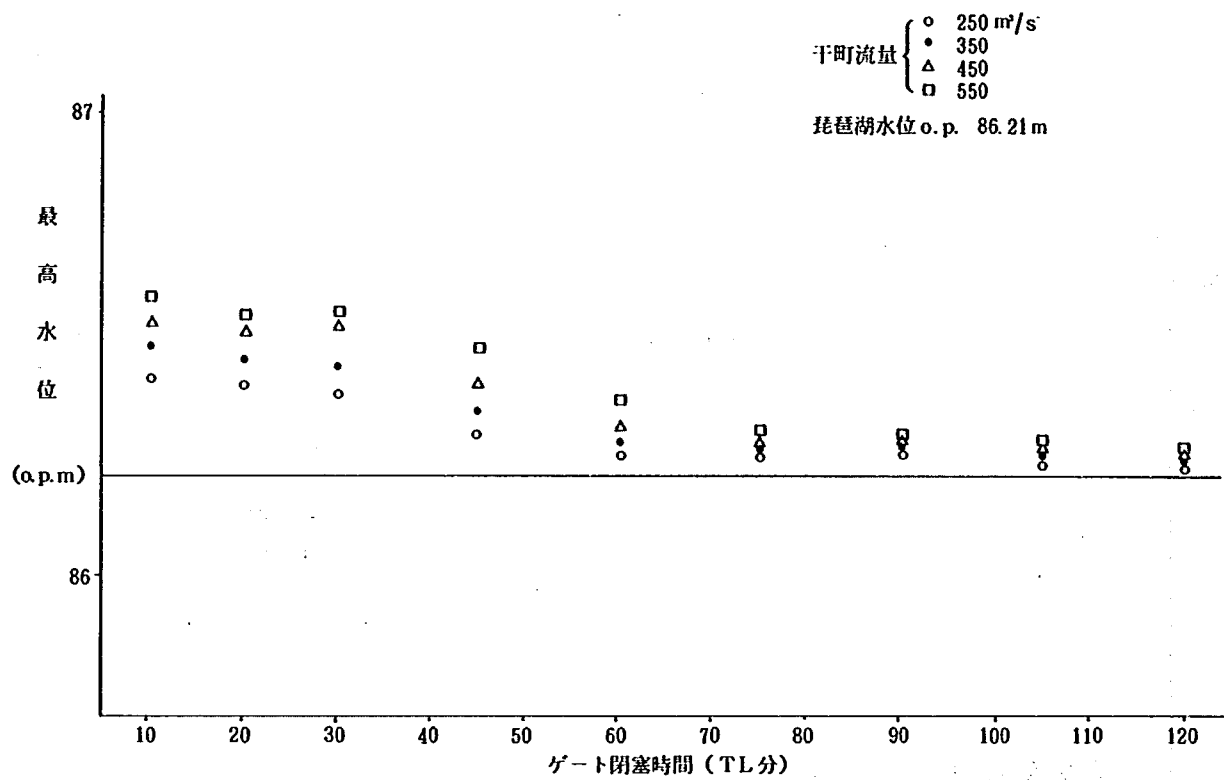


図4-6 ゲート閉塞時間と最高水位

第5章 結 語

本報では主に洪水時の洗堰ゲート部分操作について検討した。以下にその内容をまとめ結語とする。

洗堰上流河道の流況は琵琶湖水位と洗堰ゲート状態から定まる。したがって洗堰による洪水調節効果を評価するには、次の2点を検討する必要がある。

1. 洗堰の各ゲート状態での放流能力。
2. 琵琶湖水位が洗堰地点に及ぼす影響

前者について水理模型実験で検討したところ次の結果を得た。

- a. 一部のゲートを全開とし他を溢流とすることにより放流精度をかなり高めることができる。ただし全開ゲート数は3門以内に限られる。
- b. 放流能力は次式で表わされる。

$$Q = 16.2 (H_1 - H_0)^{\frac{3}{2}} N_0 + 20.5 (H_1 - H_c)^{\frac{5}{3}} N_1 \quad (2-3)$$

ここに H_1 = 干町水位, H_0 = ゲート敷高 = 0. P. 80.8m, H_c = 溢流ゲート天端高, N_0 = 全開ゲート数, N_1 = 溢流ゲート数である。

- c. 上式による算定誤差は次のように評価された。

$$200\text{m}^3/\text{s} \leq Q < 400\text{m}^3/\text{s} \quad | \Delta Q | < 0.05Q$$

$$400\text{m}^3/\text{s} \leq Q < 600\text{m}^3/\text{s} \quad | \Delta Q | < 20\text{m}^3/\text{s} \quad (2-4)$$

- d. 橋本地点の超音波式流量計の観測値と上の放流能力式とを比較したところ、図3-1に示すようになり良く一致した。しかし流量が200m³/sを越えると超音波式流量計の値は数十m³/s程度少なめに出るようである。

また後者について机上検討したところ次の結果を得た。

- e. 巻末付録1の不等流計算プログラムによる結果と現地水位観測記録とを比較したところ、マニング粗度係数を0.03とすると広い流量範囲で良好な一致が見られた。
- f. 琵琶湖水位と干町水位は次のように関係付けられる。

$$E_{27} - H_1 = \frac{2.35 \times 10^{-4} Q_h^2}{\left(\frac{E_{27} + H_1}{2} - 81.8 \right)^{\frac{10}{3}}} \quad (3-4)$$

ここに, E_{27} = 琵琶湖水位, H_1 = 干町水位, Q_h = 橋本流量である。

- g. 琵琶湖水位と必要放流量が決まれば、図3-7と(3-4)式および(3-6)式を用いて設定すべ

きゲート状態を概略知ることができる。より正確には巻末付録3に示す計算プログラム (SETA 3) で求められる。

さらに堰上流に発生する遡上波の解析を行い、次の結果を得た。

- h. ゲート閉塞により生じる遡上波は圧力管路のサージングと類似した現象であり、波が琵琶湖から反射して戻るに要する時間30分を特性時間とし、ゲート閉塞時間がこれより短い場合を急閉塞、長い場合を緩閉塞とみなせる。
- i. 最高水位の生じる地点は緩閉塞の場合は堰直上流となるが、大流量を急閉塞すると上流側へ移動する。
- j. 有意な波高の遡上波を生じないようにするにはゲート閉塞時間を60分程度にとる必要がある。

以上のように洗堰ゲート部分操作による洪水調節の大筋は明らかにされた。

本報で取り扱わなかった他の調査項目についても現在検討が進められており、来年度報告する予定である。そのうち堰下流の洗掘問題、バイパス水路との分担操作は本報で扱った項目とも関連する。本報では洗堰の放流能力の観点からのみ洪水調節操作を検討しているので、他の検討結果が整理された時点で多少の修正は必要となるであろう。また遡上波についてはより多くのケースについて計算を行うことによりさらに明確になるかも知れない。これらの点については最終報告書に盛り込みたいと考えている。

付 録

付録1 不等流計算プログラム (SETA 1)

```

10 REM FUTORYU KEISAN (SETA1) *** Water Surface Level of Steady Flow ***
20 DIM Z(30),H(30),R(30),Q(30),A(30)
30 DIM A1(30),Am(30),R1(30),Rm(30),E(30)
40 N=30
50 FOR I=1 TO N
60 READ Z(I),A1(I),Am(I),R1(I),Rm(I)
70 NEXT I
80 G=9.8
90 PRINTER IS 16
100 PRINT PAGE
110 FIXED 2
120 PRINT TAB(10);"Steady Flow Caused by ARAIZEKI Gate Operation."
130 WAIT 1500
140 BEEP
150 Back5: PRINT PAGE
160 PRINT TAB(10);"INPUT following data.",LIN(1)
170 PRINT TAB(15);"W.L. at Sencho";TAB(46);"H0"
180 PRINT TAB(15);"Ujiden Intake Rate";TAB(45);"Qin"
190 PRINT TAB(15);"Number of Open Gates";TAB(46);"N1"
200 PRINT TAB(15);"Number of Operation Gates";TAB(46);"N0"
210 PRINT TAB(15);"Level of Upper Gate";TAB(45);"Hg2"
220 Hg1=80.8
230 INPUT "H0",H0,"Qin",Qin,"N1",N1,"N0",N0
240 IF N0=0 THEN 260
250 INPUT "Hg2",Hg2
260 H=.030
270 Dx=200
280 IF H0-84.3>0 THEN Step1
290 GOTO Hop1
300 Qf1=0
310 GOTO Hop1
320 Step1: Qf1=(10-N0-N1)*20.5*(H0-84.3)^1.667
330 Hop1: Hg10=MIN(H0,Hg1)
340 Qf2=N0*16.2*(Hg10-80.8)*(H0-80.8)^.5
350 IF H0-Hg2>0 THEN Step2
360 Qf3=0
370 GOTO Hop2
380 Step2: Qf3=N0*20.5*(H0-Hg2)^1.667
390 Hop2: Qf4=N1*16.2*(H0-80.8)^1.5
400 Qf=Qf1+Qf2+Qf3+Qf4
410 H(1)=H0
420 A(1)=A1(1)*(H(1)-Z(1))^Am(1)
430 R(1)=R1(1)*(H(1)-Z(1))^Rm(1)
440 Q(1)=Qf
450 E(1)=H(1)+Qf^2/A(1)^2/2/G
460 Qc=0
470 FOR J=2 TO N
480 IF J=4 THEN Qf=Qf+Qin
490 IF J=4 THEN Qc=Qin
500 IF J=5 THEN Qc=0
510 Q(J)=Qf
520 H1=H(J-1)
530 Back2: A(J)=A1(J)*(H1-Z(J))^Am(J)
540 R(J)=R1(J)*(H1-Z(J))^Rm(J)
550 Aj=(A(J)+A(J-1))/2
560 Rj=(R(J)+R(J-1))/2
570 H(J)=H(J-1)-Qf^2/G*(A(J-1)-A(J))/Aj^3+H^2*Qf^2/Aj^2/Rj^1.333*Dx-1*Qf*Qc/G/
Aj^2
580 IF ABS(H(J)-H1)<.001 THEN Out2
590 H1=H(J)
600 GOTO Back2
610 Out2: E(J)=H(J)+Qf^2/A(J)^2/2/G
620 NEXT J
630 Jump8: PRINTER IS 0
640 PRINT TAB(15);"W.L. at SENCHO";TAB(40);"H0";TAB(50);H0;TAB(60);"O.P.m"
650 PRINT TAB(15);"Ujiden Intake Rate";TAB(40);"Qin";TAB(50);Qin;TAB(60);"mm"

```

```

660  FIXED 0
670  PRINT TAB(15);"Number of Open Gates";TAB(40);"N1";TAB(50);N1;
680  PRINT TAB(15);"Number of Overflow Gates";TAB(40);"N0";TAB(50);N0
690  PRINT TAB(15);"Flow Rate at HASHIMOTO";TAB(40);"Q";TAB(50);Q;TAB(60);"mm
/s"
700  IF N0=0 THEN 720
710  PRINT TAB(15);"Level of Overflow Gates";TAB(40);"Hg2";TAB(50);Hg2;TAB(60);
"O.P.m"
720  FIXED 3
730  PRINT LIN(1),TAB(32);"X";TAB(39);"H";TAB(47);"E",LIN(1)
740  FOR I=1 TO M
750  X=69.9+I/5
760  PRINT TAB(28);X;TAB(36);H(1);TAB(44);E(1)
770  NEXT I
780  GOSUB Gragh
790  DATA 80.55,150,1.05,0.85,1.05
800  DATA 79.25, 34,1.60,0.36,1.31
810  DATA 79.80, 48,1.48,0.60,1.13
820  DATA 80.45, 82,0.90,1.00,0.90
830  DATA 78.55, 24,1.58,0.43,1.20
840  DATA 80.00, 69,1.17,0.94,0.93
850  DATA 78.75, 36,1.40,0.56,0.87
860  DATA 80.35, 74,1.13,0.95,0.93
870  DATA 79.75, 58,1.23,0.86,0.97
880  DATA 79.70, 39,1.39,0.56,1.13
890  DATA 80.00, 41,1.37,1.05,0.93
900  DATA 80.35, 61,1.21,0.80,1.00
910  DATA 78.90, 21,1.67,0.375,1.27
920  DATA 79.90, 30,1.77,0.37,1.29
930  DATA 79.05,15.4,1.98,0.18,1.60
940  DATA 81.05, 54,1.53,0.39,1.34
950  DATA 81.65, 63,1.50,0.44,1.27
960  DATA 79.80, 25,1.76,0.50,1.10
970  DATA 81.50, 84,1.27,0.76,1.03
980  DATA 80.90, 49,1.53,0.52,1.17
990  DATA 81.00, 52,1.56,0.57,1.10
1000 DATA 81.40,116,1.24,0.74,1.04
1010 DATA 81.60,100,1.34,0.45,1.39
1020 DATA 80.10, 78,1.39,0.62,1.10
1030 DATA 81.35,165,1.22,0.67,1.13
1040 DATA 80.60, 24,1.90,0.132,1.83
1050 DATA 81.55, 56,1.77,0.25,1.65
1060 DATA 80.25,109,1.65,0.30,1.47
1070 DATA 77.35, 40,2.28,0.71,0.80
1080 DATA 80.70,1103,1.0,1.00,1.00
1090 DATA 81.18,1270,1.0,1.00,1.00
1100 GOTO End
1110 Gragh: PLOTTER IS 13,"GRAPHICS"
1120 GRAPHICS
1130 FIXED 0
1140 SCALE 69,77,-200,800
1150 PEN 1
1160 LINE TYPE 1
1170 FOR Lx=70 TO 76
1180 MOVE Lx,0
1190 PLOT Lx,600,-1
1200 NEXT Lx
1210 FOR Ly=0 TO 600 STEP 100
1220 MOVE 70,Ly
1230 PLOT 76,Ly,-1
1240 NEXT Ly
1250 LONG 5
1260 FOR Lx=70 TO 76
1270 MOVE Lx,-30
1280 LABEL Lx
1290 NEXT Lx
1300 FIXED 1
1310 FOR Ly1=0 TO 3
1320 MOVE 69.7,Ly1*200
1330 Y=.5*Ly1+84.5

```

```

1340 LABEL Y
1350 NEXT Ly1
1360 FIXED 0
1370 LORG 5
1380 MOVE 73,-70
1390 LABEL "DISTANCE (K)"
1400 DEG
1410 MOVE 69.3,300
1420 LDIR -90
1430 LABEL "WATER LEVEL, H"
1440 LDIR 0
1450 CSIZE 3.3
1460 FOR I=1 TO M
1470 Lx=69.9+I/5
1480 Hp=(H(I)-84.5)*400
1490 MOVE Lx, Hp
1500 LABEL "*"
1510 NEXT I
1520 Data: INPUT "X",Xx
1530 IF Xx=0 THEN 1580
1540 INPUT "H",Hp
1550 MOVE Xx,(Hp-84.5)*400
1560 LABEL "0"
1570 GOTO 1520
1580 MOVE 71.5,570
1590 LABEL "0 Obs."
1600 MOVE 71.5,530
1610 LABEL "* Cal."
1620 FIXED 0
1630 MOVE 70.5,570
1640 LABEL "Q=";Qf
1650 PAUSE
1660 DUMP GRAPHICS -90,610
1670 EXIT GRAPHICS
1680 PRINTER IS 0
1690 PRINT PAGE
1700 RETURN
1710 End: END

```

付録2 干町水位 (H_1), 琵琶湖水位 (E_{27}), 流量 (Q) の関係を求めるプログラム (SETA 2) と出力例

```

10  REM FUTORYU KEISAN (SETA2) *** Reration between H(70.1) and E(75.7) ***
20  DIM Z(30),H(30),R(30),Q(30),A(30),H0(50)
30  DIM A1(30),Am(30),R1(30),Rm(30),E(30)
40  N=29
50  FOR I=1 TO M
60  READ Z(I),A1(I),Am(I),R1(I),Rm(I)
70  NEXT I
80  G=9.8
90  PRINTER IS 16
100 PRINT PAGE
110 FIXED 2
120 PRINT TAB(10);"Reration between H(70.1) and E(75.3) in Steady State"
130 WAIT 1500
140 BEEP
150 Back5: PRINT PAGE
160 PRINT TAB(10),"INPUT following data.",LIN(1)
170 PRINT TAB(15);"Flow Rate at Sencho";TAB(46);"Q0"
180 PRINT TAB(15);"Ujiden Intake Rate";TAB(45);"Qin"
190 INPUT "Q0",Q0,"Qin",Qin
200 N=.030
210 Dx=200
220 J=1
230 Hp=.0783*Q0^.6+80.8
240 Dh=.2
250 H0(1)=Hp
260 Back7:J=J+1
270 H0(J)=INT((Hp+Dh*(J-1))*5)/5
280 IF H0(J)<87.5 THEN Back7
290 Jn=J
300 PRINTER IS 16
310 PRINT PAGE
320 FIXED 0
330 FOR I=1 TO Jn
340 H(I)=H0(I)
350 A(I)=A1(I)*(H(I)-Z(I))^Am(I)
360 R(I)=R1(I)*(H(I)-Z(I))^Rm(I)
370 Q(I)=Q0
380 Qf=Q0
390 Qc=0
400 FOR J=2 TO M
410 IF J=4 THEN Qf=Qf+Qin
420 IF J=4 THEN Qc=Qin
430 IF J=5 THEN Qc=0
440 Q(J)=Qf
450 H1=H(J-1)
460 Back2: A(J)=A1(J)*(H1-Z(J))^Am(J)
470 R(J)=R1(J)*(H1-Z(J))^Rm(J)
480 Aj=(A(J)+A(J-1))/2
490 Rj=(R(J)+R(J-1))/2
500 H(J)=H(J-1)-Qf^2/G*(A(J-1)-A(J))/Aj^3+N^2*Qf^2/Aj^2/Rj^1.333*Dx-1*Qf*Qc/G/
Aj^2
510 IF ABS(H(J)-H1)<.001 THEN Out2
520 H1=H(J)
530 GOTO Back2
540 Out2: NEXT J
550 E(I)=H(29)+Qf^2/A(29)^2/2/G
560 PRINT TAB(20);I;" / ";Jn
570 NEXT I
580 Jump8: PRINTER IS 0
590 PRINT PAGE,LIN(6)
600 PRINT TAB(22);"FlowRate at SENCHO";TAB(41);"Q0";TAB(45);Q0;TAB(51);"O.P.m"
610 PRINT TAB(22);"Ujiden Intake Rate";TAB(41);"Qin";TAB(46);Qin;TAB(51);"mm/s",LIN(3)
620 FIXED 3
630 PRINT LIN(2),TAB(29);"H(70.1)";TAB(37);"E(75.7)";TAB(45);"ALPHA",LIN(1)

```

```

640 P4=0
650 P5=0
660 FOR I=1 TO Jn
670 P1=E(I)-H0(I)
680 P2=Qf^2/((E(I)+H0(I))/2-81.8)^3.333
690 P3=P1/P2
700 P4=P4+P3*10000*P1
710 P5=P5+P1
720 PRINT TAB(28);H0(I);TAB(36);E(I);P3*10000
730 NEXT I
740 PRINT LIN(1),TAB(37);"AVE.=";P4/P5
750 DATA 80.55,150,1.05,0.85,1.05
760 DATA 79.25, 34,1.60,0.36,1.31
770 DATA 79.80, 48,1.48,0.60,1.13
780 DATA 80.45, 82,0.90,1.00,0.90
790 DATA 78.55, 24,1.58,0.43,1.20
800 DATA 80.00, 69,1.17,0.94,0.93
810 DATA 78.75, 36,1.40,0.56,0.87
820 DATA 80.35, 74,1.13,0.95,0.93
830 DATA 79.75, 58,1.23,0.86,0.97
840 DATA 79.70, 39,1.39,0.56,1.13
850 DATA 80.00, 41,1.37,1.05,0.93
860 DATA 80.35, 61,1.21,0.80,1.00
870 DATA 78.90, 21,1.67,0.375,1.27
880 DATA 79.90, 30,1.77,0.37,1.29
890 DATA 79.05,15.4,1.98,0.18,1.60
900 DATA 81.05, 54,1.53,0.39,1.34
910 DATA 81.65, 63,1.50,0.44,1.27
920 DATA 79.80, 25,1.76,0.50,1.10
930 DATA 81.50, 84,1.27,0.76,1.03
940 DATA 80.90, 49,1.53,0.52,1.17
950 DATA 81.00, 52,1.56,0.57,1.10
960 DATA 81.40,116,1.24,0.74,1.04
970 DATA 81.60,100,1.34,0.45,1.39
980 DATA 80.10, 78,1.39,0.62,1.10
990 DATA 81.35,165,1.22,0.67,1.13
1000 DATA 80.60, 24,1.90,0.132,1.83
1010 DATA 81.55, 56,1.77,0.25,1.65
1020 DATA 80.25,109,1.65,0.30,1.47
1030 DATA 77.35, 40,2.28,0.71,0.80
1040 END

```

FlowRate at SENCHO Q0 400 O.P.m
 Ujiden Intake Rate Qin 50 mm/s

H<70.1> E<75.7> ALPHA

83.651	85.229	1.980
83.800	85.256	2.040
84.000	85.302	2.112
84.200	85.357	2.173
84.400	85.424	2.223
84.600	85.502	2.265
84.800	85.591	2.299
85.000	85.693	2.326
85.200	85.806	2.348
85.400	85.929	2.365
85.600	86.062	2.379
85.800	86.204	2.390
86.000	86.354	2.399
86.200	86.511	2.406
86.400	86.674	2.411
86.600	86.842	2.416
86.800	87.014	2.420
87.000	87.190	2.423
87.200	87.369	2.426
87.400	87.551	2.428
87.600	87.735	2.431

AVE. = 2.223

付録3 ゲート部分開放操作プログラム (SETA 3)

```

10  REM  ARAIZEKI Gate Operation Guide (SETA3)
20  DIM Z(30),H(30),R(30),A(30),K(4),Hg(4)
30  DIM A1(30),Am(30),R1(30),Rm(30),E(30)
40  N=30
50  FOR I=1 TO N
60  READ Z(I),A1(I),Am(I),R1(I),Rm(I)
70  NEXT I
80  G=9.8
90  PRINTER IS 16
100 PRINT PAGE
110 FIXED 2
120 PRINT TAB(10);"ARAIZEKI Gate Operation Guide"
130 WAIT 1500
140 BEEP
150 Back5: PRINT PAGE
160 PRINT TAB(10),"INPUT following data.",LIN(1)
170 PRINT TAB(15);"W.L. at BIWA LAKE";TAB(60);"Eb"
180 PRINT TAB(15);"Discharge Rate at ARAIZEKI (that you want)";TAB(60);"Q0"
190 PRINT TAB(15);"Ujiden Intake Rate";TAB(60);"Qin"
200 INPUT "Eb",Eb,"Q0",Q0,"Qin",Qin
210 H=.03E
220 Dx=20E
230 Qf=Q0+Qin
240 Back1: Hm=Eb
250 A(N)=A1(N)*(Hm-Z(N))^Am(N)
260 R(N)=R1(N)*(Hm-Z(N))^Rm(N)
270 H(N)=Eb-Qf^2/2/G/A(N)^2
280 IF ABS(H(N)-Hm)<.001 THEN Jump1
290 Hm=H(N)
300 GOTO Back1
310 Jump1: FOR J=N-1 TO 1 STEP -1
320 IF J=3 THEN Qf=Qf-Qin
330 IF J=3 THEN Qc=Qin
340 IF J=2 THEN Qc=0
350 H1=H(J+1)
360 Back2: A(J)=A1(J)*(H1-Z(J))^Am(J)
370 R(J)=R1(J)*(H1-Z(J))^Rm(J)
380 Aj=(A(J)+A(J+1))/2
390 Rj=(R(J)+R(J+1))/2
400 H(J)=H(J+1)-Qf^2/G*(A(J+1)-A(J))/Aj^3-H^2*Qf^2/Aj^2/Rj^1.333*Dx+1*Qf*Qc/G/
Aj^2
410 IF ABS(H(J)-H1)<.001 THEN Out2
420 H1=H(J)
430 GOTO Back2
440 Out2: NEXT J
450 PRINT PAGE
460 H1=H(1)
470 IF H1<.0783*Qf^.6+80.8 THEN Ans1
480 IF H1<84.3 THEN Ans2
490 MAT K=(0)
500 FOR H=0 TO 3
510 Q1=16.2*(H1-80.8)^1.5*H
520 Q2=20.5*(H1-84.3)^1.667*(10-H)+Q1
530 IF Q1>Qf THEN Jump3
540 IF Qf>Q2 THEN Jump3
550 K(H+1)=1
560 Hg(H+1)=H1-((Qf-Q1)/(20.5*(10-H)))^.6
570 Jump3: NEXT H
580 IF K(1)+K(2)+K(3)+K(4)=0 THEN Ans3
590 Ans4: PRINT TAB(10);"You can control the discharge completely",LIN(3)
600 PRINT TAB(10);"Number of";TAB(30);"Level of"
610 PRINT TAB(10);"Open Gates";TAB(27);"Overflow Gates",LIN(1)
620 FOR H=0 TO 3
630 IF K(H+1)=0 THEN Jump4
640 PRINT LIN(1)
650 PRINT USING "14X,DD,13X,DDD.DD";H,Hg(H+1)
660 Jump4: NEXT H

```

```

670 PRINT LIN(5)
680 BEEP
690 STOP
700 Ans1: PRINT TAB(10); "There is no solution.", LIN(3)
710 PRINT TAB(15); "(Your demand is physically impossible.)", LIN(5)
720 BEEP
730 STOP
740 Ans2: PRINT TAB(10); "Only the sluice type operation is possible.", LIN(3)
750 PRINT TAB(15); "But discharge rate is uncertain.", LIN(1)
760 PRINT TAB(15); "(Bypass channel will help you in future.)", LIN(5)
770 BEEP
780 STOP
790 Ans3: IF Qf < Q1 THEN Ans2
800 PRINT TAB(10); "Number of Open Gates should be more than 3.", LIN(3)
810 PRINT TAB(15); "(But discharge rate is uncertain.)", LIN(5)
820 BEEP
830 STOP
840 DATA 80.55, 150, 1.05, 0.85, 1.05
850 DATA 79.25, 34, 1.60, 0.36, 1.31
860 DATA 79.80, 48, 1.48, 0.60, 1.13
870 DATA 80.45, 82, 0.90, 1.00, 0.90
880 DATA 78.55, 24, 1.58, 0.43, 1.20
890 DATA 80.00, 69, 1.17, 0.94, 0.93
900 DATA 78.75, 36, 1.40, 0.56, 0.87
910 DATA 80.35, 74, 1.13, 0.95, 0.93
920 DATA 79.75, 58, 1.23, 0.86, 0.97
930 DATA 79.70, 39, 1.39, 0.56, 1.13
940 DATA 80.00, 41, 1.37, 1.05, 0.93
950 DATA 80.35, 61, 1.21, 0.80, 1.00
960 DATA 78.90, 21, 1.67, 0.375, 1.27
970 DATA 79.90, 30, 1.77, 0.37, 1.29
980 DATA 79.05, 15.4, 1.98, 0.18, 1.60
990 DATA 81.05, 54, 1.53, 0.39, 1.34
1000 DATA 81.65, 63, 1.50, 0.44, 1.27
1010 DATA 79.80, 25, 1.76, 0.50, 1.10
1020 DATA 81.50, 84, 1.27, 0.76, 1.03
1030 DATA 80.90, 49, 1.53, 0.52, 1.17
1040 DATA 81.00, 52, 1.56, 0.57, 1.10
1050 DATA 81.40, 116, 1.24, 0.74, 1.04
1060 DATA 81.60, 100, 1.34, 0.45, 1.39
1070 DATA 80.10, 78, 1.39, 0.62, 1.10
1080 DATA 81.35, 165, 1.22, 0.67, 1.13
1090 DATA 80.60, 24, 1.90, 0.132, 1.83
1100 DATA 81.55, 56, 1.77, 0.25, 1.65
1110 DATA 80.25, 109, 1.65, 0.30, 1.47
1120 DATA 77.35, 40, 2.28, 0.71, 0.80
1130 DATA 80.70, 1103, 1.0, 1.00, 1.00
1140 DATA 81.18, 1270, 1.0, 1.00, 1.00
1150 End: END

```

付録4 不定流計算プログラム (SETA 4)

```

10  REM FUTEIRYU KEISAN (SETA4) ** BY ARAIZEKI GATE OPERATION **
20  DIM Z(35),H(35),R(35),Q(35),A(35),Dh(35),Dr(35),Dq(35),B(70)
30  DIM A1(35),Am(35),R1(35),Rm(35),Rr(35),Qq(35),Hg1(60),Hg2(60)
40  DIM C(70,4),D(35,2),Vh(70),Dh1(35),Dq1(35),Ddq(35),Ddh(35)
50  DIM Aa(35),Ab(35),Ac(35),Da(35),E(70),Dq2(35),Dh2(35),Qm(35,60),Hm(35,60)
60  M=28
70  FOR I=1 TO M
80  READ Z(I),A1(I),Am(I),R1(I),Rm(I)
90  NEXT I
100 G=9.8
110 Kk=0
120 PRINTER IS 16
130 PRINT PAGE
140 PRINT TAB(10);"Hallow. Nice to meet you !",LIN(8)
150 BEEP
160 WAIT 2000
170 FIXED 2
180 PRINT PAGE
190 PRINT TAB(10);"Unsteady Flow Caused by ARAIZEKI Gate Operation."
200 WAIT 1500
210 BEEP
220 T=0
230 Back5: PRINT PAGE
240 PRINT TAB(10);"INPUT following data.",LIN(1)
250 PRINT TAB(15);"Initial W.L. at Sencho";TAB(46);"H0 (O.P.m)"
260 PRINT TAB(15);"Ujiden Intake Rate";TAB(45);"Qin (mmm/s)"
270 PRINT TAB(15);"Number of operation gates";TAB(46);"N0"
280 PRINT TAB(15);"Number of Open Gates";TAB(46);"N1"
290 PRINT TAB(15);"Initial Level of Lower Gate";TAB(44);"Hg1f (O.P.m)"
300 PRINT TAB(15);"Last Level of Lower Gate";TAB(44);"Hg1l (O.P.m)"
310 PRINT TAB(15);"Initial Level of Upper Gate";TAB(44);"Hg2f O.P.m)"
320 PRINT TAB(15);"Last Level of Upper Gate";TAB(44);"Hg2l O.P.m)"
330 PRINT TAB(15);"Duration of Lower Gate Ope.";TAB(45);"T11 (min.)"
340 PRINT TAB(15);"Duration of Upper Gate Ope.";TAB(45);"T21 (min.)"
350 PRINT TAB(15);"Duration of Calculation";TAB(46);"Te (min.)"
360 PRINT TAB(15);"Time Difference";TAB(46);"Dt (min.)"
370 INPUT "H0",H0,"Qin",Qin,"N0",N0,"N1",N1,"Hg1f",Hg1f,"Hg1l",Hg1l
380 INPUT "Hg2f",Hg2f,"Hg2l",Hg2l,"T11",T11,"T12",T12,"Te",Te,"Dt",Dt
390 PRINT PAGE
400 PRINT TAB(10);"If You don't want the longitudinal profile at each time,"
410 PRINT TAB(10);"INPUT 1 for Lj."
420 INPUT "Lj",Lj
430 PRINT PAGE
440 T11=T11*60
450 T12=T12*60
460 Te=Te*60
470 Dt=Dt*60
480 GOSUB Hyoshi
490 T0=T
500 H=.030
510 Dx=200
520 A00=15000
530 Cv=Dx/Dt
540 IF Lj=1 THEN 660
550 INPUT "Hmax for GRAPHICS",Hmax
560 INPUT "Hmin for GRAPHICS",Hmin
570 INPUT "Qmax for GRAPHICS",Qmax
580 INPUT "Qmin for GRAPHICS",Qmin
590 INPUT "Dddq for GRAPHICS",Dddq
600 H00=Hmax-Hmin
610 Q00=Qmax-Qmin
620 H0max=Hmax+H00/6
630 H0min=Hmin-H00/3
640 Q0max=Qmax+Q00/6
650 Q0min=Qmin-Q00/3

```

```

660 FOR T=0+T0 TO T11/Dt+T0
670 Hg1(T+1)=(Hg1f-Hg11)*(T11/Dt+T0-T)*Dt/T11+Hg11
680 NEXT T
690 FOR T=0+T0 TO T12/Dt+T0
700 Hg2(T+1)=(Hg2f-Hg21)*(T12/Dt+T0-T)*Dt/T12+Hg21
710 NEXT T
720 FOR T=T11/Dt+T0 TO Te/Dt+T0
730 Hg1(T+1)=Hg11
740 NEXT T
750 FOR T=T12/Dt+T0 TO Te/Dt+T0
760 Hg2(T+1)=Hg21
770 NEXT T
780 IF Kk=1 THEN Jump8
790 IF H0-84.3>0 THEN Step1
800 Qf1=0
810 GOTO Hop1
820 Step1: Qf1=(10-H0-H1)*20.5*(H0-84.3)^1.667
830 Hop1: H11=H0-80.8
840 H12=Hg1f-80.8
850 IF H12<H11*.667 THEN Step11
860 Qf2=H0*16.2*H11^1.5
870 GOTO Step12
880 Step11: Qf2=H0*42.1*H12*SQR(H0-Hg1f)
890 Step12: IF H0-Hg2f>0 THEN Step2
900 Qf3=0
910 GOTO Hop2
920 Step2: Qf3=H0*20.5*(H0-Hg2f)^1.667
930 Hop2: Qf4=H1*16.2*(H0-80.8)^1.5
940 Qf=Qf1+Qf2+Qf3+Qf4
950 Q1=Qf^2/G
960 Q2=H^2*Qf^2
970 Hm(1,T0+1)=H(1)=H0
980 A(1)=A1(1)*(H(1)-Z(1))^Am(1)
990 R(1)=R1(1)*(H(1)-Z(1))^Rm(1)
1000 Qm(1,T0+1)=Q(1)=Qf
1010 Qc=0
1020 FOR J=2 TO M
1030 IF J=4 THEN Qf=Qf+Qin
1040 IF J=4 THEN Qc=Qin
1050 IF J=5 THEN Qc=0
1060 Qm(J,T0+1)=Q(J)=Qf
1070 H1=H(J-1)
1080 Back2: A(J)=A1(J)*(H1-Z(J))^Am(J)
1090 R(J)=R1(J)*(H1-Z(J))^Rm(J)
1100 Aj=(A(J)+A(J-1))/2
1110 Rj=(R(J)+R(J-1))/2
1120 H(J)=H(J-1)-Qf^2/G*(A(J-1)-A(J))/Aj^3+H^2*Qf^2/Aj^2/Rj^1.333*Dx
1130 H(J)=H(J)-Qf*Qc/G/Aj^2
1140 IF ABS(H(J)-H1)<.001 THEN Out2
1150 H1=H(J)
1160 GOTO Back2
1170 Out2: Hm(J,T0+1)=H(J)
1180 NEXT J
1190 Em=H(M)+Qf^2/2/G/A(M)^2
1200 Jump8: IF Lj=1 THEN 1320
1210 PRINTER IS 0
1220 PRINT PAGE
1230 PRINT TAB(30);"INITIAL CONDITION",LIN(1)
1240 FIXED 3
1250 PRINT TAB(32);"X";TAB(40);"H";TAB(48);"Q",LIN(1)
1260 FOR I=1 TO M
1270 X=69.9+I/5
1280 PRINT TAB(28);X;TAB(36);H(1);TAB(44);Q(1)
1290 NEXT I
1300 PRINT LIN(1),TAB(41);"Hlake=";Em
1310 GOSUB Gragh
1320 FOR T=1+T0 TO Te/Dt+T0
1330 PRINTER IS 16
1340 PRINT PAGE
1350 Tt=T-Dt
1360 FIXED 0

```

```

1370 PRINT TAB(10); "T="; Tt/60; "min", LIN(1)
1380 Jj=1
1390 MAT Dh=(0)
1400 MAT Dr=(0)
1410 MAT Dq=(0)
1420 MAT Da=(0)
1430 MAT C=(0)
1440 MAT B=(0)
1450 Back3: FOR I=1 TO M
1460 IF I=M THEN Jump1
1470 Rr(I)=(2*R(I)+Dr(I)+2*R(I+1)+Dr(I+1))/4
1480 Ra(I)=(2*A(I)+Da(I)+2*A(I+1)+Da(I+1))/4
1490 Qq(I)=(2*Q(I)+Dq(I)+2*Q(I+1)+Dq(I+1))/4
1500 Jump1: Ab(I)=A(I)+Da(I)/2
1510 Ac(I)=Am(I)*Ab(I)/(H(I)+Dh(I)/2-Z(I))
1520 NEXT I
1530 C(1,1)=1
1540 Aaa=.667
1550 Aa1=20.5*(10-N0-H1)
1560 Aa2=16.2*N0
1570 Aa3=20.5*N0
1580 Aa4=16.2*N1
1590 Aa5=16.2*N0/Aaa/(1-Aaa)^.5
1600 IF H(1)-84.3>0 THEN Step3
1610 C11=0
1620 GOTO Hop3
1630 Step3: C11=-1.667*Aa1*(H(1)-84.3)^.667
1640 Hop3: H11=H(1)-80.8
1650 H12=Hg1(T+1)-80.8
1660 IF H12<Aaa*H11 THEN Hop7
1670 C12=-1.5*Aa2*H11^.5
1680 GOTO Step7
1690 Hop7: C12=-.5*Aa5*H12/(H11-H12)^.5
1700 Step7: IF H(1)-Hg2(T+1)>0 THEN Step4
1710 C13=0
1720 GOTO Hop4
1730 Step4: C13=-1.667*Aa3*(H(1)-Hg2(T+1))^1.667
1740 Hop4: C14=-1.5*Aa4*(H(1)-80.8)^.5
1750 C(1,2)=C11+C12+C13+C14-A00/Dt
1760 IF H(1)+Dh(1)-84.3>0 THEN Step5
1770 B11=0
1780 GOTO Hop5
1790 Step5: B11=Aa1*(H(1)+Dh(1)-84.3)^1.667
1800 Hop5: Hk=H(1)+Dh(1)
1810 H11=Hk-80.8
1820 H12=Hg1(T+1)-80.8
1830 IF H12<Aaa*H11 THEN Hop8
1840 B12=Aa2*H11^1.5
1850 GOTO Step8
1860 Hop8: B12=Aa5*H12*(H11-H12)^.5
1870 Step8: IF H(1)+Dh(1)-Hg2(T+1)>0 THEN Step6
1880 B13=0
1890 GOTO Hop6
1900 Step6: B13=Aa3*(H(1)+Dh(1)-Hg2(T+1))^1.667
1910 Hop6: B14=Aa4*(H(1)+Dh(1)-80.8)^1.5
1920 B(1)=B11+B12+B13+B14+(C11+C12+C13+C14)*Dh(1)-Q(1)
1930 FOR I=1 TO M-1
1940 K=2*I
1950 C(K,1)=Cv/2*Ra(I)
1960 C(K,2)=-Cv*Qq(I)*Ac(I)+G*Ra(I)^2/2
1970 C(K,3)=C(K,1)
1980 C(K,4)=-Cv*Qq(I)*Ac(I+1)-G*Ra(I)^2/2
1990 C(K+1,1)=1
2000 C(K+1,2)=Cv*Ac(I)
2010 C(K+1,3)=-1
2020 C(K+1,4)=Cv*Ac(I+1)
2030 B(K)=Qq(I)^2/Ra(I)*(Ab(I)-Ab(I+1))-G*N^2*ABS(Qq(I))*Qq(I)/Rr(I)^1.333*Dx
2040 B(K)=B(K)-G*Ra(I)^2*(H(I)-H(I+1))
2050 B(K+1)=-2*(Q(I)-Q(I+1))
2060 NEXT I
2070 D(M,1)=2*Q(M)/Ab(M)^2

```

```

2080 D(M,2)=2*G
2090 E(M)=2*G*(Em-H(M))-Q(M)^2/Ab(M)^2-Dq(M)^2/Ab(M)^2
2100 B(6)=B(6)+Qq(3)*Qin
2110 B(7)=B(7)-Qin*2
2120 B(2*M-1)=B(2*M-1)/2
2130 FOR I=1 TO M-1
2140 J=M-I
2150 K=(M-I)*2
2160 D(J,1)=C(K,1)*D(J+1,2)*(C(K+1,3)*D(J+1,2)-C(K+1,4)*D(J+1,1))
2170 D(J,1)=D(J,1)-C(K+1,1)*D(J+1,2)*(C(K,3)*D(J+1,2)-C(K,4)*D(J+1,1))
2180 D(J,2)=C(K,2)*D(J+1,2)*(C(K+1,3)*D(J+1,2)-C(K+1,4)*D(J+1,1))
2190 D(J,2)=D(J,2)-C(K+1,2)*D(J+1,2)*(C(K,3)*D(J+1,2)-C(K,4)*D(J+1,1))
2200 E1=(C(K)*D(J+1,2)-E(J+1)*C(K,4))*(C(K+1,3)*D(J+1,2)-C(K+1,4)*D(J+1,1))
2210 E2=(C(K+1)*D(J+1,2)-E(J+1)*C(K+1,4))*(C(K,3)*D(J+1,2)-C(K,4)*D(J+1,1))
2220 E(J)=E1-E2
2230 S=C(1,1)/D(J,2)
2240 D(J,1)=D(J,1)*S
2250 D(J,2)=D(J,2)*S
2260 E(J)=E(J)*S
2270 NEXT I
2280 Dq1(1)=(B(1)*D(1,2)-E(1)*C(1,2))/(C(1,1)*D(1,2)-D(1,1)*C(1,2))
2290 Dh1(1)=(B(1)*D(1,1)-E(1)*C(1,1))/(C(1,2)*D(1,1)-D(1,2)*C(1,1))
2300 FOR I=2 TO M
2310 K=2*I-2
2320 Dq1(I)=B(K)*D(I,2)-E(I)*C(K,4)-C(K,1)*D(I,2)*Dq1(I-1)
2330 Dq1(I)=(Dq1(I)-C(K,2)*D(I,2)*Dh1(I-1))/(C(K,3)*D(I,2)-C(K,4)*D(I,1))
2340 Dh1(I)=(E(I)-D(I,1)*Dq1(I))/D(I,2)
2350 NEXT I
2360 FOR I=2 TO M-1
2370 Dq2(I)=(Dq1(I-1)+2*Dq1(I)+Dq1(I+1))/4
2380 Dh2(I)=(Dh1(I-1)+2*Dh1(I)+Dh1(I+1))/4
2390 NEXT I
2400 FOR I=2 TO M-1
2410 Dq1(I)=Dq2(I)
2420 Dh1(I)=Dh2(I)
2430 NEXT I
2440 FIXED 3
2450 Mq=0
2460 Mh=0
2470 FOR I=1 TO M
2480 X=69.9+I/5
2490 Ddq(I)=Dq1(I)-Dq(I)
2500 Ddh(I)=Dh1(I)-Dh(I)
2510 IF Mq<ABS(Ddq(I)) THEN Mq=ABS(Ddq(I))
2520 IF Mh<ABS(Ddh(I)) THEN Mh=ABS(Ddh(I))
2530 NEXT I
2540 IF Mq>1 THEN Jump7
2550 IF Mh>.002 THEN Jump7
2560 GOTO Jump2
2570 Jump7: PRINT USING "10X,2D,5X,3D.D,5X,D.3D";Jj,Mq,Mh
2580 Jj=Jj+1
2590 FOR I=1 TO M
2600 Dq(I)=Dq1(I)
2610 Dh(I)=Dh1(I)
2620 Dr(I)=R1(I)*(H(I)+Dh(I)-Z(I))^Rm(I)-(H(I)-Z(I))^Rm(I)
2630 Da(I)=A1(I)*(H(I)+Dh(I)-Z(I))^Am(I)-(H(I)-Z(I))^Am(I)
2640 NEXT I
2650 GOTO Back3
2660 Jump2: FOR I=1 TO M
2670 Hm(I,T+1)=H(I)=H(I)+Dh1(I)
2680 Qm(I,T+1)=Q(I)=Q(I)+Dq1(I)
2690 A(I)=A1(I)*(H(I)-Z(I))^Am(I)
2700 R(I)=R1(I)*(H(I)-Z(I))^Rm(I)
2710 NEXT I
2720 Tt=T*Dt
2730 IF Lj=1 THEN 2850
2740 PRINT IS 0
2750 PRINT PAGE
2760 FIXED 0
2770 PRINT TAB(30);"T=";Tt/60;"min.",LIN(1)
2780 FIXED 3

```

```

2790 PRINT TAB(32);"X";TAB(40);"H";TAB(48);"Q",LIN(1)
2800 FOR I=1 TO M
2810 X=69.9+I/5
2820 PRINT TAB(28);X;TAB(36);H(1);TAB(44);Q(1)
2830 NEXT I
2840 GOSUB Gragh
2850 NEXT T
2860 PRINTER IS 16
2870 PRINT PAGE
2880 PRINT TAB(10),"If you want to continue, INPUT 1. If not, INPUT 0",LIN(8)
2890 T=T-1
2900 Tn=T
2910 BEEP
2920 INPUT "Kk",Kk
2930 IF Kk=1 THEN Back5
2940 GOTO Gragh2
2950 REM "Data of Section from 70.1K to 76.3"
2960 DATA 80.55,150,1.05,0.85,1.05
2970 DATA 79.25, 34,1.60,0.36,1.31
2980 DATA 79.80, 48,1.48,0.60,1.13
2990 DATA 80.45, 82,0.90,1.00,0.90
3000 DATA 78.55, 24,1.58,0.43,1.20
3010 DATA 80.00, 69,1.17,0.94,0.93
3020 DATA 78.75, 36,1.40,0.56,0.87
3030 DATA 80.35, 74,1.13,0.95,0.93
3040 DATA 79.75, 58,1.23,0.86,0.97
3050 DATA 79.70, 39,1.39,0.56,1.13
3060 DATA 80.00, 41,1.37,1.05,0.93
3070 DATA 80.35, 61,1.21,0.80,1.00
3080 DATA 78.90, 21,1.67,0.375,1.27
3090 DATA 79.90, 30,1.77,0.37,1.29
3100 DATA 79.05,15.4,1.98,0.18,1.60
3110 DATA 81.05, 54,1.53,0.39,1.34
3120 DATA 81.65, 63,1.50,0.44,1.27
3130 DATA 79.80, 25,1.76,0.50,1.10
3140 DATA 81.50, 84,1.27,0.76,1.03
3150 DATA 80.90, 49,1.53,0.52,1.17
3160 DATA 81.00, 52,1.56,0.57,1.10
3170 DATA 81.40,116,1.24,0.74,1.04
3180 DATA 81.60,100,1.34,0.45,1.39
3190 DATA 80.10, 78,1.39,0.62,1.10
3200 DATA 81.35,165,1.22,0.67,1.13
3210 DATA 80.60, 24,1.90,0.132,1.83
3220 DATA 81.55, 56,1.77,0.25,1.65
3230 DATA 80.25,109,1.65,0.30,1.47
3240 DATA 77.35, 40,2.28,0.71,0.80
3250 DATA 80.70,1103,1.0,1.00,1.00
3260 DATA 81.18,1270,1.0,1.00,1.00
3270 DATA 80.10,1335,1.0,1.00,1.00
3280 DATA 81.61,1347,1.0,1.00,1.00
3290 GOTO End
3300 Gragh: PLOTTER IS 13,"GRAPHICS"
3310 GRAPHICS
3320 FIXED 0
3330 SCALE 69,77,H0min,H0max
3340 PEN 1
3350 LINE TYPE 1
3360 FOR Lx=70 TO 76
3370 MOVE Lx,Hmin
3380 PLOT Lx,Hmax,-1
3390 NEXT Lx
3400 FOR Ly=Hmin TO Hmax STEP .5
3410 MOVE 70,Ly
3420 PLOT 76,Ly,-1
3430 NEXT Ly
3440 LORG 5
3450 FOR Lx=70 TO 76
3460 MOVE Lx,Hmin-H00/18
3470 LABEL Lx
3480 NEXT Lx
3490 FIXED 1

```

```

3500 FOR Ly=Hmin TO Hmax STEP .5
3510 MOVE 69.7,Ly
3520 LABEL Ly
3530 NEXT Ly
3540 FIXED 0
3550 MOVE 73,Hmin-H00/9
3560 LABEL "DISTANCE (K)"
3570 DEG
3580 MOVE 69.3,Hmin+H00/2
3590 LDIR -90
3600 LABEL "WATER LEVEL, H (O.P.m)"
3610 LDIR 0
3620 CSIZE 2.5
3630 FOR I=1 TO M
3640 Lx=69.9+I/5
3650 MOVE Lx,H(I)
3660 LABEL "*"
3670 NEXT I
3680 SCALE 69,77,Q0min,Q0max
3690 CSIZE 3.3
3700 FOR Ly=Qmin TO Qmax STEP Dddq
3710 MOVE 76.3,Ly
3720 LABEL Ly
3730 NEXT Ly
3740 MOVE 76.7,Qmin+Q00/2
3750 LDIR 90
3760 LABEL "FLOW RATE, Q (mmm/s)"
3770 LDIR 0
3780 CSIZE 2.5
3790 FOR I=1 TO M
3800 Lx=69.9+I/5
3810 MOVE Lx,Q(I)
3820 LABEL "+"
3830 NEXT I
3840 CSIZE 3.3
3850 LONG 2
3860 MOVE 70.3,Qmax-.12*Dddq
3870 LABEL "* H"
3880 MOVE 70.3,Qmax-.24*Dddq
3890 LABEL "+ Q"
3900 DUMP GRAPHICS Qmin-Q00/8,Qmax+Q00/36
3910 EXIT GRAPHICS
3920 RETURN
3930 Hyoshi: PRINTER IS 0
3940 PRINT PAGE
3950 PRINT LIN(10),TAB(7);"UNSTEADY FLOW IN THE SETA RIVER CAUSED BY ARAIZEKI G
ATE OPERATION"
3960 PRINT LIN(4),TAB(48);"by Dr.Tadaharu Ishikawa"
3970 PRINT TAB(51);"River Hydraulics Div."
3980 PRINT TAB(51);"P.W.R.I. in Tsukuba"
3990 PRINT TAB(51);"TEL.0298-64-2211ex458",LIN(11)
4000 PRINT TAB(35);"CONDITIONS",LIN(5)
4010 FIXED 2
4020 PRINT TAB(10);"Initial Water Level at Sencho";TAB(48);"H0";TAB(60);H0;"O.P
.m"
4030 FIXED 1
4040 PRINT TAB(10);"Intake Rate of Ujiden Channel";TAB(48);"Qin";TAB(60);Qin;"m
mm/s"
4050 FIXED 0
4060 PRINT TAB(10);"Humber of Gates under Operation";TAB(48);"N0";TAB(60);N0
4070 PRINT TAB(10);"Number of Open Gates";TAB(48);"N1";TAB(60);N1
4080 FIXED 2
4090 PRINT TAB(10);"Initial Level of Lower Gates";TAB(48);"Hg1f";TAB(60);Hg1f;"
O.P.m"
4100 PRINT TAB(10);"Last Level of Lower Gates";TAB(48);"Hg1l";TAB(60);Hg1l;"O.P
.m"
4110 PRINT TAB(10);"Initial Level of Upper Gates";TAB(48);"Hg2f";TAB(60);Hg2f;"
O.P.m"
4120 PRINT TAB(10);"Last Level of Upper Gates";TAB(48);"Hg2l";TAB(60);Hg2l;"O.P
.m"
4130 FIXED 0

```

```

4140 PRINT TAB(10);"Duration of Lower Gate Operation";TAB(48);"T11";TAB(60);T11
/60;"min."
4150 PRINT TAB(10);"Duration of Upper Gate Operation";TAB(48);"T12";TAB(60);T12
/60;"min."
4160 PRINT TAB(10);"Duration of Calculation";TAB(48);"Te";TAB(60);Te/60;"min."
4170 PRINT TAB(10);"Time Difference";TAB(48);"Dt";TAB(60);Dt/60;"min."
4180 IF Kk=1 THEN Jump9
4190 PRINT LIN(10),TAB(20);"(Calculation starts from a steady states.)"
4200 GOTO Jump10
4210 Jump9: PRINT LIN(10),TAB(20);"(Calculation starts from an unsteady states."
"
4220 Jump10: RETURN
4230 Gragh2: PRINTER IS 16
4240 PRINT PAGE
4250 PRINT TAB(10);"If you want a time series of H, INPUT 1. If not, INPUT 0"
4260 INPUT Kk
4270 IF Kk=0 THEN End
4280 PRINT PAGE
4290 PRINT TAB(10);"INPUT the range of W.L."
4300 INPUT "Hmax",Hmax,"Hmin",Hmin
4310 PRINT PAGE
4320 PRINT TAB(10);"If you want DATA in prototype, INPUT 1. If not, INPUT 0"
4330 INPUT Kk
4340 PRINT PAGE
4350 PRINT TAB(10);"INPUT the Section Number"
4360 IF Kk=0 THEN 4410
4370 PRINT LIN(3),TAB(10);"and change LIN(Data) to (RESTORE Dabbb)"
4380 PRINT LIN(1),TAB(20);"a is data number, bbb is section number, and push C
ONT"
4390 PRINT LIN(4),TAB(20);"We have the following data."
4400 PRINT TAB(40);"70.1K",TAB(40);"70.4K",TAB(40);"71.0K",TAB(40);"71.5K",TAB(
40);"72.0K",TAB(40);"72.5K",TAB(40);"74.0K"
4410 INPUT Xx
4420 PAUSE
4430 PRINTER IS 0
4440 PRINT PAGE,LIN(15)
4450 PRINTER IS 16
4460 Kp=1
4470 I=(Xx-69.9)*5
4480 J=INT(I)
4490 IF I=J THEN Kp=0
4500 PRINT PAGE
4510 PLOTTER IS 13,"GRAPHICS"
4520 GRAPHICS
4530 DEG
4540 FIXED 0
4550 Tm=Tn/Dt/60
4560 Lt0=INT((Tm-.1)/30)*30+30
4570 Ltmin=-Lt0/6
4580 Ltmax=Lt0*7/6
4590 H00=Hmax-Hmin
4600 H0max=Hmax+H00/6
4610 H0min=Hmin-H00/3
4620 SCALE Ltmin,Ltmax,H0min,H0max
4630 PEN 1
4640 LINE TYPE 1
4650 FOR Lt=0 TO Lt0 STEP 30
4660 MOVE Lt,Hmin
4670 PLOT Lt,Hmax,-1
4680 NEXT Lt
4690 FOR Ly=Hmin TO Hmax STEP .5
4700 MOVE 0,Ly
4710 PLOT Lt0,Ly,-1
4720 NEXT Ly
4730 LONG 5
4740 FOR Lt=0 TO Lt0 STEP 30
4750 MOVE Lt,Hmin-H00/18
4760 LABEL Lt
4770 NEXT Lt
4780 FIXED 1
4790 FOR Ly1=Hmin TO Hmax STEP .5

```

```

4800 MOVE -Lt0/20,Ly1
4810 LABEL Ly1
4820 NEXT Ly1
4830 MOVE Lt0/2,Hmin-H00/9
4840 LABEL "TINE (min)"
4850 LDIR -90
4860 MOVE -.8*Lt0/6,Hmin+H00/2
4870 LABEL "WATER LEVEL, H (O.P.m)"
4880 LDIR 0
4890 CSIZE 2.5
4900 FOR T=0 TO Tn
4910 Lt=T*Dt/60
4920 MOVE Lt,(Hm(J,T+1)+Hm(J+Kp,T+1))/2
4930 LABEL "*"
4940 NEXT T
4950 MOVE 15,Hmax-.1
4960 CSIZE 2.5
4970 LABEL Xx;"K"
4980 IF Kk=0 THEN 5120
4990 Data: RESTORE H1701
5000 Td1=INT(Lt0/5)
5010 FOR Td=0 TO Td1
5020 READ Ht
5030 IF Ht=0 THEN 5070
5040 Lt=Td*5
5050 MOVE Lt,Ht
5060 LABEL "0"
5070 NEXT Td
5080 MOVE 45,Hmax-.1
5090 LABEL "0 Obs."
5100 MOVE 45,Hmax-.2
5110 LABEL "* Cal."
5120 DUMP GRAPHICS
5130 EXIT GRAPHICS
5140 PRINTER IS 16
5150 PRINT TAB(10);"If you want more, INPUT 1. If not INPUT 0"
5160 INPUT Kk
5170 IF Kk=0 THEN End
5180 GOTO 4320
5190 End: PRINTER IS 16
5200 PRINT PAGE
5210 PRINT TAB(30);"THE END",LIN(5)
5220 PRINT TAB(30);"See you again,my friend !",LIN(2)
5230 H1701: REM "Water Level; S.54,5,23; 10:30-13:30; 70.1K"
5240 DATA 0.00, 0.00, 0.00, 84.90, 84.97, 85.09
5250 DATA 85.21, 85.26, 85.28, 85.30, 85.31, 85.32
5260 DATA 85.32, 85.31, 85.30, 85.30, 85.30, 85.29
5270 DATA 85.29, 85.29, 85.29, 85.29, 85.29, 85.30
5280 DATA 85.33, 85.37, 85.41, 85.45, 85.49, 85.49
5290 DATA 85.49, 85.49, 85.49, 85.48, 85.47, 85.46
5300 DATA 85.46
5310 DATA 85.41, 85.41, 85.46, 85.51, 85.55, 85.56
5320 H1704: REM "Water Level; S.54,5,23; 10:30-13:30; 70.4K"
5330 DATA 84.91, 84.91, 84.91, 84.91, 84.97, 85.05
5340 DATA 85.18, 85.27, 85.29, 85.31, 85.32, 85.33
5350 DATA 85.32, 85.32, 85.32, 85.32, 85.32, 85.32
5360 DATA 85.32, 85.31, 85.31, 85.31, 85.31, 85.31
5370 DATA 85.34, 85.34, 85.41, 85.46, 85.49, 85.51
5380 DATA 85.51, 85.51, 85.50, 85.49, 85.49, 85.48
5390 DATA 85.48
5400 H1715: REM "Water Level; S.54,5,23; 10:30-13:30; 71.5K"
5410 DATA 85.11, 85.11, 85.12, 85.12, 85.12, 85.16
5420 DATA 85.24, 85.33, 85.37, 85.41, 85.42, 85.42
5430 DATA 85.42, 85.42, 85.42, 85.42, 85.42, 85.42
5440 DATA 85.41, 85.41, 85.41, 85.40, 85.40, 85.40
5450 DATA 85.40, 85.44, 85.47, 85.49, 85.54, 85.56
5460 DATA 85.56, 85.56, 85.55, 85.54, 85.53, 85.52
5470 DATA 85.52
5480 H1740: REM "Water Level; S.54,5,23; 10:30-13:30; 74.0K"
5490 DATA 85.56, 85.56, 85.56, 85.56, 85.56, 85.56
5500 DATA 85.56, 85.57, 85.60, 85.64, 85.66, 85.65

```

5510 DATA 85.65, 85.65, 85.64, 85.64, 85.64, 85.64
5520 DATA 85.64, 85.64, 85.64, 85.63, 85.63, 85.63
5530 DATA 85.63, 85.63, 85.63, 85.63, 85.67, 85.69
5540 DATA 85.70, 85.70, 85.70, 85.69, 85.69, 85.67
5550 DATA 85.67
5560 H1710: REM
5570 DATA 85.04, 85.04, 85.04, 85.04, 85.07, 85.14
5580 DATA 85.26, 85.33, 85.36, 85.38, 85.39, 85.39
5590 DATA 85.39, 85.38, 85.38, 85.38, 85.38, 85.37
5600 DATA 85.37, 85.37, 85.37, 85.37, 85.37, 85.37
5610 DATA 85.38, 85.42, 85.46, 85.50, 85.54, 85.54
5620 DATA 85.54, 85.54, 85.54, 85.53, 85.52, 85.51
5630 DATA 85.51
5640 H1720: REM
5650 DATA 85.18, 85.18, 85.18, 85.18, 85.19, 85.20
5660 DATA 85.28, 85.37, 85.46, 85.45, 85.46, 85.47
5670 DATA 85.45, 85.45, 85.45, 85.45, 85.45, 85.45
5680 DATA 85.45, 85.44, 85.44, 85.44, 85.43, 85.43
5690 DATA 85.43, 85.47, 85.49, 85.51, 85.57, 85.59
5700 DATA 85.59, 85.58, 85.58, 85.57, 85.55, 85.55
5710 DATA 85.55
5720 H1725: REM
5730 DATA 85.28, 85.28, 85.28, 85.28, 85.28, 85.29
5740 DATA 85.32, 85.40, 85.48, 85.49, 85.49, 85.49
5750 DATA 85.49, 85.49, 85.49, 85.49, 85.49, 85.49
5760 DATA 85.49, 85.48, 85.48, 85.48, 85.48, 85.48
5770 DATA 85.48, 85.50, 85.52, 85.56, 85.59, 85.61
5780 DATA 85.61, 85.61, 85.60, 85.59, 85.58, 85.58
5790 DATA 85.58
5800 H2701: REM
5810 DATA 85.41, 85.41, 85.46, 85.51, 85.53, 85.58
5820 DATA 85.56, 85.54, 85.50, 85.46, 85.43, 85.41
5830 DATA 85.40, 85.41, 85.43, 85.47, 85.50, 85.52
5840 DATA 85.54, 85.52, 85.51, 85.48, 85.46, 85.45
5850 DATA 85.44, 85.44, 85.44, 85.46, 85.48, 85.50
5860 DATA 85.50, 85.49, 85.49, 85.47, 85.46, 85.46
5870 DATA 85.45, 85.45, 85.45, 85.46, 85.46, 85.46
5880 DATA 85.46, 85.47, 85.47, 85.47, 85.46, 85.46
5890 DATA 85.46, 85.46, 85.46, 85.45, 85.44, 85.44
5900 DATA 85.44, 85.44, 85.44, 85.43, 85.41, 85.41
5910 DATA 85.42, 85.43, 85.44, 85.45, 85.45, 85.45
5920 DATA 85.44, 85.45, 85.45, 85.45, 85.45, 85.45
5930 DATA 85.46
5940 H2715: REM
5950 DATA 85.46, 85.45, 85.45, 85.51, 85.55, 85.59
5960 DATA 85.59, 85.56, 85.53, 85.50, 85.47, 85.45
5970 DATA 85.44, 85.44, 85.47, 85.49, 85.52, 85.54
5980 DATA 85.54, 85.54, 85.53, 85.51, 85.49, 85.48
5990 DATA 85.48, 85.47, 85.48, 85.49, 85.50, 85.52
6000 DATA 85.52, 85.52, 85.51, 85.51, 85.50, 85.50
6010 DATA 85.50, 85.50, 85.49, 85.50, 85.50, 85.50
6020 DATA 85.51, 85.50, 85.51, 85.50, 85.50, 85.51
6030 DATA 85.51, 85.50, 85.49, 85.49, 85.49, 85.49
6040 DATA 85.48, 85.48, 85.48, 85.48, 85.47, 85.47
6050 DATA 85.46, 85.46, 85.47, 85.47, 85.48, 85.48
6060 DATA 85.48, 85.48, 85.48, 85.48, 85.49, 85.49
6070 DATA 85.50
6080 H2740: REM
6090 DATA 85.50, 85.50, 85.50, 85.50, 85.51, 85.53
6100 DATA 85.57, 85.55, 85.55, 85.53, 85.50, 85.48
6110 DATA 85.49, 85.50, 85.50, 85.52, 85.54, 85.55
6120 DATA 85.56, 85.56, 85.55, 85.55, 85.53, 85.51
6130 DATA 85.50, 85.50, 85.50, 85.52, 85.52, 85.53
6140 DATA 85.54, 85.54, 85.54, 85.53, 85.53, 85.51
6150 DATA 85.50, 85.50, 85.50, 85.50, 85.50, 85.50
6160 DATA 85.51, 85.52, 85.52, 85.53, 85.53, 85.53
6170 DATA 85.52, 85.51, 85.51, 85.51, 85.50, 85.50
6180 DATA 85.50, 85.50, 85.50, 85.50, 85.50, 85.50
6190 DATA 85.50, 85.50, 85.50, 85.50, 85.49, 85.49
6200 DATA 85.50, 85.50, 85.51, 85.51, 85.51, 85.51
6210 DATA 85.52

6220	H2704: REM					
6230	DATA	85.42,	85.43,	85.47,	85.52,	85.56
6240	DATA	85.57,	85.54,	85.50,	85.46,	85.43
6250	DATA	85.41,	85.41,	85.45,	85.48,	85.50
6260	DATA	85.52,	85.52,	85.51,	85.49,	85.46
6270	DATA	85.44,	85.44,	85.44,	85.47,	85.49
6280	DATA	85.50,	85.49,	85.49,	85.48,	85.47
6290	DATA	85.46,	85.46,	85.46,	85.46,	85.47
6300	DATA	85.47,	85.47,	85.48,	85.48,	85.48
6310	DATA	85.47,	85.46,	85.45,	85.45,	85.45
6320	DATA	85.45,	85.44,	85.44,	85.44,	85.43
6330	DATA	85.43,	85.44,	85.44,	85.45,	85.45
6340	DATA	85.45,	85.45,	85.46,	85.46,	85.46
6350	DATA	85.46				
6360	H2710: REM					
6370	DATA	85.44,	85.44,	85.49,	85.54,	85.56
6380	DATA	85.58,	85.56,	85.53,	85.49,	85.45
6390	DATA	85.43,	85.44,	85.47,	85.50,	85.53
6400	DATA	85.55,	85.54,	85.53,	85.51,	85.49
6410	DATA	85.47,	85.47,	85.47,	85.49,	85.51
6420	DATA	85.52,	85.51,	85.51,	85.50,	85.49
6430	DATA	85.49,	85.48,	85.48,	85.48,	85.49
6440	DATA	85.49,	85.49,	85.50,	85.50,	85.49
6450	DATA	85.49,	85.49,	85.48,	85.47,	85.47
6460	DATA	85.47,	85.47,	85.46,	85.46,	85.45
6470	DATA	85.45,	85.46,	85.47,	85.47,	85.48
6480	DATA	85.48,	85.48,	85.49,	85.49,	85.49
6490	DATA	85.49				
6500	H2720: REM					
6510	DATA	85.44,	85.44,	85.44,	85.49,	85.53
6520	DATA	85.57,	85.55,	85.52,	85.49,	85.45
6530	DATA	85.43,	85.44,	85.46,	85.48,	85.51
6540	DATA	85.53,	85.52,	85.52,	85.50,	85.49
6550	DATA	85.46,	85.46,	85.47,	85.49,	85.50
6560	DATA	85.51,	85.51,	85.50,	85.49,	85.49
6570	DATA	85.48,	85.47,	85.47,	85.47,	85.47
6580	DATA	85.48,	85.48,	85.48,	85.48,	85.49
6590	DATA	85.48,	85.48,	85.47,	85.47,	85.47
6600	DATA	85.47,	85.47,	85.47,	85.46,	85.46
6610	DATA	85.45,	85.45,	85.46,	85.46,	85.47
6620	DATA	85.46,	85.47,	85.47,	85.47,	85.48
6630	DATA	85.48				
6640	H2725: REM					
6650	DATA	85.46,	85.46,	85.46,	85.50,	85.54
6660	DATA	85.57,	85.55,	85.52,	85.49,	85.46
6670	DATA	85.44,	85.45,	85.47,	85.49,	85.51
6680	DATA	85.54,	85.53,	85.52,	85.50,	85.49
6690	DATA	85.46,	85.46,	85.46,	85.49,	85.50
6700	DATA	85.51,	85.51,	85.50,	85.50,	85.49
6710	DATA	85.48,	85.48,	85.48,	85.48,	85.48
6720	DATA	85.49,	85.49,	85.49,	85.49,	85.49
6730	DATA	85.49,	85.48,	85.48,	85.48,	85.47
6740	DATA	85.48,	85.48,	85.47,	85.47,	85.46
6750	DATA	85.45,	85.45,	85.46,	85.47,	85.47
6760	DATA	85.47,	85.48,	85.48,	85.49,	85.49
6770	DATA	85.49				
6780	H3701: REM					
6790	DATA	0.00,	0.00,	0.00,	85.16,	85.19
6800	DATA	85.25,	85.31,	85.39,	85.47,	85.51
6810	DATA	85.53,	85.53,	85.52,	85.51,	85.50
6820	DATA	85.51,	85.50,	85.50,	85.50,	85.50
6830	DATA	85.50,	85.50,	85.49,	85.49,	85.49
6840	DATA	85.50,	85.50,	85.50,	85.50,	85.49
6850	DATA	85.49,	85.49,	85.49,	85.49,	85.48
6860	DATA	85.48				
6870	H3704: REM					
6880	DATA	0.00,	0.00,	0.00,	85.15,	85.20
6890	DATA	85.26,	85.32,	85.41,	85.47,	85.52
6900	DATA	85.53,	85.54,	85.52,	85.51,	85.51
6910	DATA	85.51,	85.51,	85.51,	85.51,	85.50
6920	DATA	85.50,	85.49,	85.49,	85.49,	85.50

6930 DATA 85.51, 85.51, 85.50, 85.50, 85.49, 85.50
 6940 DATA 85.50, 85.49, 85.49, 85.49, 85.48, 85.49
 6950 DATA 85.49
 6960 H3710: REM
 6970 DATA 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
 6980 DATA 0.00, 0.00, 0.00, 85.54, 85.56, 85.57
 6990 DATA 85.58, 85.57, 85.57, 85.56, 85.55, 85.55
 7000 DATA 85.55, 85.55, 85.55, 85.55, 85.55, 85.55
 7010 DATA 85.54, 85.54, 85.54, 85.54, 85.54, 85.55
 7020 DATA 85.55, 85.55, 85.55, 85.54, 85.54, 85.54
 7030 DATA 85.54, 85.54, 85.54, 85.53, 85.53, 85.53
 7040 DATA 85.53, 85.53
 7050 H3715: REM
 7060 DATA 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
 7070 DATA 0.00, 0.00, 85.50, 85.52, 85.59, 85.60
 7080 DATA 85.60, 85.59, 85.58, 85.58, 85.58, 85.58
 7090 DATA 85.57, 85.57, 85.57, 85.57, 85.57, 85.57
 7100 DATA 85.56, 85.56, 85.56, 85.56, 85.57, 85.57
 7110 DATA 85.57, 85.58, 85.57, 85.57, 85.57, 85.56
 7120 DATA 85.56, 85.57, 85.57, 85.56, 85.56, 85.55
 7130 DATA 85.55, 85.55
 7140 H3720: REM
 7150 DATA 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
 7160 DATA 0.00, 0.00, 85.52, 85.54, 85.60, 85.63
 7170 DATA 85.63, 85.62, 85.61, 85.61, 85.61, 85.60
 7180 DATA 85.60, 85.60, 85.60, 85.60, 85.60, 85.60
 7190 DATA 85.59, 85.59, 85.59, 85.59, 85.60, 85.60
 7200 DATA 85.60, 85.60, 85.60, 85.60, 85.59, 85.59
 7210 DATA 85.58, 85.58, 85.58, 85.58, 85.58, 85.58
 7220 DATA 85.58, 85.58
 7230 H3725: REM
 7240 DATA 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
 7250 DATA 0.00, 0.00, 85.57, 85.58, 85.60, 85.66
 7260 DATA 85.66, 85.65, 85.64, 85.64, 85.64, 85.63
 7270 DATA 85.63, 85.63, 85.63, 85.63, 85.63, 85.62
 7280 DATA 85.62, 85.62, 85.62, 85.62, 85.63, 85.63
 7290 DATA 85.63, 85.63, 85.62, 85.62, 85.62, 85.62
 7300 DATA 85.62, 85.61, 85.61, 85.61, 85.61, 85.61
 7310 DATA 85.61, 85.61, 85.62
 7320 H3740: REM
 7330 DATA 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
 7340 DATA 85.66, 85.66, 85.67, 85.69, 85.72, 85.75
 7350 DATA 85.75, 85.74, 85.74, 85.74, 85.74, 85.74
 7360 DATA 85.74, 85.73, 85.73, 85.73, 85.73, 85.73
 7370 DATA 85.73, 85.73, 85.73, 85.73, 85.74, 85.73
 7380 DATA 85.73, 85.73, 85.73, 85.73, 85.73, 85.73
 7390 DATA 85.73, 85.72, 85.71, 85.71, 85.71, 85.72
 7400 DATA 85.72
 7410 H4701: REM
 7420 DATA 84.88, 84.89, 84.89, 84.89, 84.90, 84.92
 7430 DATA 84.97, 85.01, 85.11, 85.17, 85.28, 85.31
 7440 DATA 85.33, 85.34, 85.35, 85.35, 85.34, 85.33
 7450 DATA 85.32, 85.31, 85.31, 85.31, 85.31, 85.32
 7460 DATA 85.32, 85.31, 85.31, 85.30, 85.29, 85.28
 7470 DATA 85.29, 85.30, 85.29, 85.29, 85.28, 85.28
 7480 DATA 85.28
 7490 H4704: REM
 7500 DATA 84.89, 84.89, 84.89, 84.89, 84.91, 84.93
 7510 DATA 84.98, 85.01, 85.12, 85.16, 85.29, 85.32
 7520 DATA 85.33, 85.32, 85.32, 85.31, 85.30, 85.33
 7530 DATA 85.32, 85.32, 85.31, 85.32, 85.32, 85.33
 7540 DATA 85.33, 85.32, 85.32, 85.31, 85.30, 85.30
 7550 DATA 85.30, 85.31, 85.30, 85.30, 85.30, 85.29
 7560 DATA 85.29
 7570 H4710: REM
 7580 DATA 85.00, 85.00, 85.00, 85.01, 85.01, 85.02
 7590 DATA 85.06, 85.09, 85.19, 85.21, 85.31, 85.37
 7600 DATA 85.38, 85.40, 85.40, 85.40, 85.39, 85.38
 7610 DATA 85.37, 85.36, 85.36, 85.36, 85.36, 85.37
 7620 DATA 85.37, 85.36, 85.36, 85.36, 85.35, 85.33
 7630 DATA 85.34, 85.35, 85.35, 85.35, 85.34, 85.34

```

7640 DATA 85.33
7650 H4715: REM
7660 DATA 85.03, 85.03, 85.04, 85.04, 85.04, 85.05
7670 DATA 85.07, 85.10, 85.13, 85.23, 85.27, 85.38
7680 DATA 85.39, 85.41, 85.41, 85.41, 85.39, 85.38
7690 DATA 85.37, 85.37, 85.37, 85.37, 85.37, 85.38
7700 DATA 85.37, 85.37, 85.37, 85.37, 85.36, 85.35
7710 DATA 85.35, 85.36, 85.36, 85.35, 85.35, 85.34
7720 DATA 85.33
7730 H4720: REM
7740 DATA 85.07, 85.07, 85.07, 85.07, 85.07, 85.08
7750 DATA 85.09, 85.13, 85.14, 85.23, 85.24, 85.37
7760 DATA 85.38, 85.40, 85.40, 85.39, 85.39, 85.38
7770 DATA 85.36, 85.36, 85.36, 85.36, 85.37, 85.37
7780 DATA 85.36, 85.36, 85.36, 85.36, 85.36, 85.36
7790 DATA 85.35, 85.35, 85.35, 85.35, 85.35, 85.33
7800 DATA 85.33
7810 H4725: REM
7820 DATA 85.15, 85.15, 85.16, 85.16, 85.16, 85.17
7830 DATA 85.18, 85.21, 85.22, 85.28, 85.32, 85.40
7840 DATA 85.43, 85.44, 85.43, 85.42, 85.42, 85.41
7850 DATA 85.40, 85.40, 85.40, 85.40, 85.40, 85.40
7860 DATA 85.40, 85.40, 85.40, 85.40, 85.40, 85.38
7870 DATA 85.38, 85.39, 85.39, 85.38, 85.38, 85.37
7880 DATA 85.37
7890 H4740: REM
7900 DATA 85.35, 85.35, 85.35, 85.36, 85.36, 85.36
7910 DATA 85.36, 85.36, 85.37, 85.38, 85.41, 85.43
7920 DATA 85.48, 85.50, 85.49, 85.48, 85.47, 85.46
7930 DATA 85.46, 85.46, 85.46, 85.46, 85.46, 85.47
7940 DATA 85.47, 85.47, 85.47, 85.47, 85.47, 85.47
7950 DATA 85.47, 85.45, 85.45, 85.45, 85.44, 85.44
7960 DATA 85.44
7970 H4750: REM
7980 DATA 85.43, 85.43, 85.43, 85.44, 85.44, 85.44
7990 DATA 85.44, 85.43, 85.43, 85.43, 85.44, 85.46
8000 DATA 85.47, 85.48, 85.48, 85.47, 85.47, 85.46
8010 DATA 85.46, 85.47, 85.47, 85.47, 85.46, 85.45
8020 DATA 85.46, 85.46, 85.47, 85.47, 85.47, 85.47
8030 DATA 85.46, 85.45, 85.44, 85.44, 85.44, 85.44
8040 DATA 85.44
8050 END

```

瀬田川洗堰の洪水調節方法に関する調査
(中間報告)

ISSN 0386-5878
土研資料第1758号
昭和 57 年 3 月

須賀堯三, 石川忠晴, 葛西敏彦, 林 正男

キーワード ゲート操作, 堰放流能力, 不定流

要 旨

瀬田川洗堰の洪水調節方式について, 河道特性および
不定流の特性を考慮して検討した。



郵便はがき

40円切手
をはいて
下さい

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

河川研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1758号 部
瀬田川洗堰の洪水調節方法に関する調査(中間報告)
須賀・石川・葛西・林

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印