

I S S N 0386—5878

土木研究所資料第2316号

# 土 木 研 究 所 資 料

保津峡上流部水理模型実験報告書

昭和60年10月

建設省土木研究所  
河川部河川研究室

「Copyright © (1986) by P. W. R. I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General 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、複製は、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。」

# 保津峡上流部水理模型実験 報 告 書

河川研究室 橋 本 宏 (前室長)  
福 岡 捷 二  
浅 野 富 夫  
高 橋 晃  
加賀谷 均

## 要 旨

保津峡入口部における疎通能力向上のための諸対策案について、模型実験により水理的検討を行った結果を述べるとともに、狭窄部河道を対象とした不等流計算法についても検討を加えた。

キーワード：保津峡，狭窄部河道，不等流計算，水理模型実験



昭和 57 年台風 10 号による桂川の氾濫状況  
(亀岡地区：28.8 km～32.8 km)



保津峡上流部 (27.6 km~29.6 km)

## 序

桂川中流部は、京都府の中央部に位置しており、近年この地域では国道9号線のバイパスの建設あるいは国鉄山陰本線複線電化等の交通網の整備が進められている。このように、当該地域の立地条件は大幅に改善されようとしており、流域の都市化に伴う人口・資産の集積及び開発や社会資本の充実など地域社会の発展等を考慮した治水安全度の向上が望まれている。

このような状況に鑑み、京都府は「淀川水系工事实施基本計画」(昭和46年12月)に基づき、日吉ダムの建設と合わせ、桂川中流部及び支川園部川の改修計画を策定した。すなわち、桂川の計画高水流量の改定に伴い、保津峡上流部の請田地点(29.0 km)では、計画高水流量が $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 、暫定流量が $2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ と定められ、保津峡入口部の開削あるいは掘削により、疎通能力の向上を図ることが必要となった。しかしながら、狭窄部の流れは極めて複雑であり、不等流計算等の水理計算のみにより、開削あるいは掘削の効果を定量的に精度よく評価することは容易でなく、模型実験等をも併用して検討する必要性が生じてきた。

建設省土木研究所は、京都府より、保津峡の河道改修について水理模型実験による検討の依頼を受け、昭和57年度から59年度までの3箇年にわたってこれを行うことになり、河川部河川研究室が担当した。本報告書は、実験結果について詳述するとともに、狭窄部河道を対象とした不等流計算法について若干の検討を加え、暫定河道及び計画河道の策定方法と段階施工時における効果の判定方法を示したものであって、以下の4章より構成されている。

まず、第1章は、淀川治水計画の概要を簡単にまとめ、さらにこれを受けて策定された桂川治水計画について述べるとともに、その中で保津峡の河道改修計画に課せられた疎通能力の向上案をとりまとめ、本検討の意義付けを行ったものである。

第2章は、まず既往資料に基づき、桂川の過去の出水状況を取りまとめ、本実験に使用する模型の検証を行う洪水痕跡資料の収集を行った。つぎに、模型実験において基本となる基礎的事項を整理し、模型及び実験の概要を述べるとともに、模型と現地との相似性に関する考察を行い、模型実験の有効性を確認した。さらに、狭窄部流れを対象とした不等流計算法について検討した。

第3章は、第2章で述べた方法に基づき、模型実験及び不等流計算により検討したものであって、本報告書の中核をなすものである。

最後にこれらの成果を取りまとめ、第4章を結論とした。

昭和60年10月

土木研究所河川部河川研究室

橋本 宏(前室長)

福岡 捷二

浅野 富夫

高橋 晃

加賀谷 均

# 目 次

## 序

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 1. 序 論 .....              | 1   |
| 1.1 淀川治水計画の概要 .....       | 1   |
| 1.2 桂川治水計画の概要 .....       | 2   |
| 1.2.1 桂川の概要 .....         | 2   |
| 1.2.2 桂川河道計画の概要 .....     | 3   |
| 1.2.3 保津狭掘削計画 .....       | 7   |
| 1.3 本実験の目的と方法 .....       | 8   |
| 2. 現地資料の整理と問題点の検討方法 ..... | 9   |
| 2.1 現地資料の整理 .....         | 9   |
| 2.1.1 過去の出水状況 .....       | 9   |
| 2.1.2 痕跡水位と粗度係数 .....     | 11  |
| 2.2 模型実験 .....            | 20  |
| 2.2.1 相似律 .....           | 20  |
| 2.2.2 模型及び実験の概要 .....     | 21  |
| 2.2.3 実験水理条件 .....        | 24  |
| 2.2.4 検証実験による相似性の検討 ..... | 24  |
| 2.3 不等流計算 .....           | 31  |
| 2.3.1 基本式 .....           | 31  |
| 2.3.2 計算の手順 .....         | 35  |
| 3. 計画河道の検討 .....          | 38  |
| 3.1 模型実験による検討 .....       | 38  |
| 3.1.1 現況河道 .....          | 38  |
| 3.1.2 暫定河道 .....          | 82  |
| 3.1.3 計画河道 .....          | 135 |

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| 3.2 不等流計算による検討 .....                        | 150 |
| 3.2.1 エネルギー補正係数 .....                       | 150 |
| 3.2.2 形状抵抗係数 .....                          | 153 |
| 3.2.3 実験結果と計算結果との比較 .....                   | 155 |
| 3.2.4 暫定河道・計画河道の策定方法と段階施工時における効果の判定方法 ..... | 162 |
| 4. 結 論 .....                                | 163 |
| あとがき .....                                  | 165 |

## 1. 序 論

### 1.1 淀川治水計画の概要

滋賀県山間部に発した大小河川は琵琶湖に流入し、その後瀬田川・宇治川となって大津市から河谷状となって南流し、さらに大山崎において桂川・木津川と合流した宇治川は淀川となり、大阪平野を西南に流れ、途中神崎川及び大川を分派して、大阪湾に注ぐ大河である。その流域は、大阪、京都、兵庫、滋賀、奈良、三重の2府4県にまたがり、面積は、8,240 km<sup>2</sup>に及び、大阪市、京都市その他数多くの衛星都市をかかえ、関西地方における社会、経済、文化の基盤をなしている。

近代治水事業は、明治29年に着手され同43年に竣工した本格的な改修工事に始まった。その内容は、計画高水流量を瀬田川について695 m<sup>3</sup>/sec、宇治川について835 m<sup>3</sup>/sec、桂川について1,950 m<sup>3</sup>/sec、木津川について3,610 m<sup>3</sup>/sec及び本川について5,560 m<sup>3</sup>/secと定め、瀬田川をしゅんせつして南郷洗堰（瀬田川洗堰）を設け、これにより琵琶湖の水位を下げて沿岸地域の水害を軽減し、また大阪市の洪水防御を目的として新淀川を開削し、本川の洪水をこれに流過させるとともに、毛馬に洗堰及び閘門を設けて旧淀川には平水を分派し、神崎川への流入量は樋門により調節することとした。

その後、大正6年10月の大洪水により大水害が生じたので、大正7年に観月橋地点から河口までの区間の増補工事に着手し、昭和7年に竣工した。また、木津川については、昭和5年に計画高水流量を4,650 m<sup>3</sup>/secとして、加茂町から八幡市までの区間について改修工事に着手した。

ついで、昭和13年7月の桂川における洪水に基づき、桂川の計画高水流量を2,780 m<sup>3</sup>/secに、また本川の計画高水流量を6,950 m<sup>3</sup>/secに、それぞれ改訂して、同14年から修補工事に着手した。

さらに、昭和28年の台風13号による洪水に鑑み、淀川水系全般にわたる治水対策について、同29年11月に河川審議会の審議を経て、淀川水系改修基本計画を決定した。その内容は、基準地点枚方における基本高水のピーク流量を8,650 m<sup>3</sup>/secとし、このうち1,700 m<sup>3</sup>/secを上流ダム群で調節し、計画高水量を6,950 m<sup>3</sup>/secとするものであり、宇治川、木津川、桂川の計画高水流量をそれぞれ900 m<sup>3</sup>/sec、4,650 m<sup>3</sup>/sec、2,780 m<sup>3</sup>/secとする計画である。この計画に基づき、天ヶ瀬ダム及び高山ダムの建設による洪水調節、水源山地の砂防の強化、瀬田川としゅんせつ及び洗堰の改造による琵琶湖沿岸地域の水害の軽減、宇治川、桂川、木津川及び淀川本川の河道改修の促進及び管理設備の増強等を主体とした工事を実施した。その後、昭和34年の伊勢湾台風により、木津川に昭和28年台風13号洪水を上まわる6,200 m<sup>3</sup>/secの出水をみたので、木津川のダム計画に追加修正を行った。その計画は、新河川法の施行に伴い、河川審議会の審議を経て、昭和40年4月1日から淀川水系工事実施基本計画となった。

しかしながら、昭和36年、昭和40年と大出水があいついだこと、及び近年における淀川流域の人口資産が著しく増大したことに鑑み、淀川の治水計画を全面的に改訂することとし、昭和46年に現計画を決定した。現計画のうち治水に関するものの概要を示すと以下のようである。

本水系における河川の総合的な保全と利用に関する基本方針としては、河川工事の現状、砂防、治山工事の実施、水害発生状況及び河川の利用の現状（水産資源の保護及び漁業を含む）を考慮し、

また関連地域の社会経済情勢の発展に即応するよう、近畿圏整備計画、中国圏開発整備計画との調節を図り、かつ土地改良事業等の関連工事及び既存の水利施設等の機能の維持を十分配慮して、水源から河口まで一貫した計画のもとに、しばしば水害の発生している地域を対象とした対策を重点として、次のように工事を実施するものとした。

まず、琵琶湖については、洪水による湖岸地域の被害をほとんど解消し、あわせて下流地域における水需要の増大に対処するための総合的な開発計画として、洪水期における湖水位の低下を図るとともに、湖岸堤等の建設を行うものとする。なお、野洲川等の琵琶湖に流入する河川についても、水源山地の保全涵養と合わせて、多目的ダム等の建設、河道の改修を行う。

琵琶湖から天ヶ瀬ダム地点までの区間については、洪水時に琵琶湖の水位をできるだけ早く低下させるため、しゅんせつ及び堀削等により、河積の増大を図るとともに、流入支川大戸川についても、ダムを建設するほか、河道の改修を実施する。天ヶ瀬ダムから八幡市までの区間については、洪水の安全な流下を図るため、沿川の風致の保存に配慮しつつ、堀削、築堤、護岸等を施行する。

八幡市から河口までの区間については、低水路を堀削拡幅し、堤防、護岸の増強を行い、洪水の安全な流下を図るとともに、高水敷の環境整備を実施する。

河口付近については、高潮による被害を軽減するために、高潮対策事業を実施する。

一方、木津川については、既設の高山ダム、青蓮寺ダムのほか室生ダム、比奈知ダムをはじめとするダム群を建設し、さらに上野盆地に遊水池を設けることにより洪水調節を行って、下流の洪水を軽減するとともに、河道の改修を実施し洪水の安全な流下を図る。

桂川については、日吉ダムをはじめとするダム群等を建設することにより、洪水調節を行って下流の洪水を軽減するとともに、河道改修工事を実施し洪水の安全な流下を図る。

以上の現計画を実施するにあたって、枚方上流域の対策雨量（2日雨量）を302mmとするとともに、昭和28年9月洪水、40年9月洪水等、近年における大出水を主要な対象洪水として検討し、基本高水のピーク流量は基準地点枚方において、 $17,000 \text{ m}^3/\text{sec}$ とされ、さらに計画高水流量は図-1.1に示されるように決定された。とくに桂川については、中流部の請田（保津峡入口部）において $3,500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、下流部羽束師において $5,100 \text{ m}^3/\text{sec}$ とされ、上流部については京都府船井郡日吉町に建設する日吉ダム及びその他のダム群等により洪水を調節し、中下流部については堀削・築堤等により洪水流量の流下を図ることとなった。

## 1.2 桂川治水計画の概要

### 1.2.1 桂川の概要

桂川は、図-1.2に示されるように、京都、滋賀、福井の県境三国山（標高959m）にその源を発し、山間部を屈曲しながら西南西に流れて日吉町殿田で南東に転じ、八木町室河原付近で園部川と合流した後亀岡盆地を南下し、保津の峡谷を経て京都盆地に入り、鴨川と合流し、さらに大山崎付近で淀川（宇治川）及び木津川と合流している。

上流域山地は丹波山地といわれ、標高400m～500mの隆起準平原とさらにこれより高く標高800m



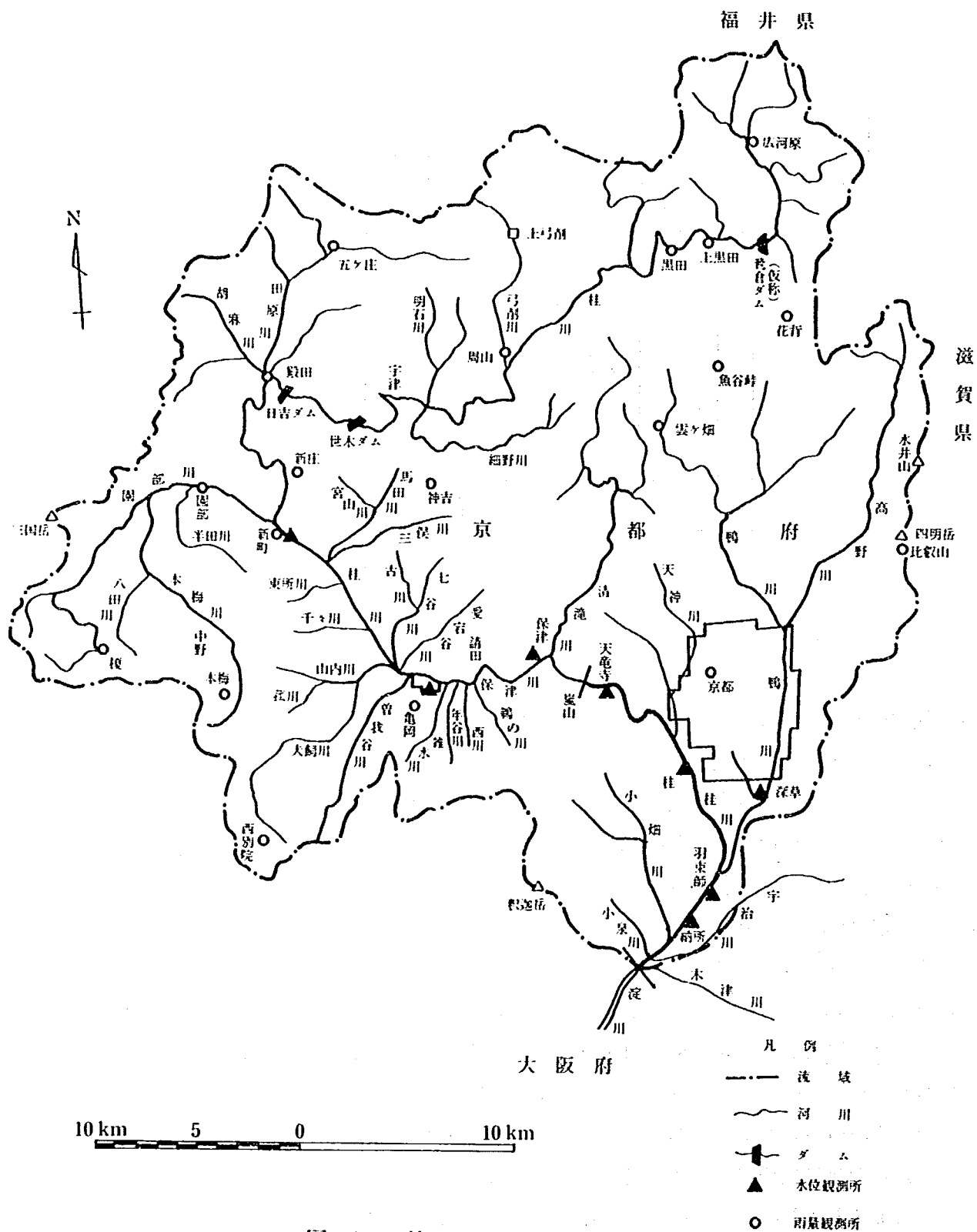


表-1.1 流域面積

| 河川名 | 地 点   | 流域面積<br>km <sup>2</sup> | 山 地<br>% | 平 地<br>% | 備 考    |
|-----|-------|-------------------------|----------|----------|--------|
| 桂 川 | 請 田   | 727                     | 78       | 22       | 保津峡入口  |
|     | 新 町   | 540                     | 97       | 3        | 園部川合流点 |
|     | 日吉ダム  | 290                     | 99       | 1        |        |
| 園部川 | 桂川合流点 | 127.4                   | 88       | 12       |        |

表-1.2 桂川計画流量

| 地 点 名                       | 上黒田 | 周 山   | 日 吉   | 請 田   | 羽 束 師 | 牧 方    |
|-----------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 基 本 高 水 (m <sup>3</sup> /s) | 800 | 1,500 | 2,200 | 5,400 | 7,200 | 17,000 |
| 計 画 高 水 (m <sup>3</sup> /s) | 100 | 1,000 | 500   | 3,500 | 5,100 | 12,000 |

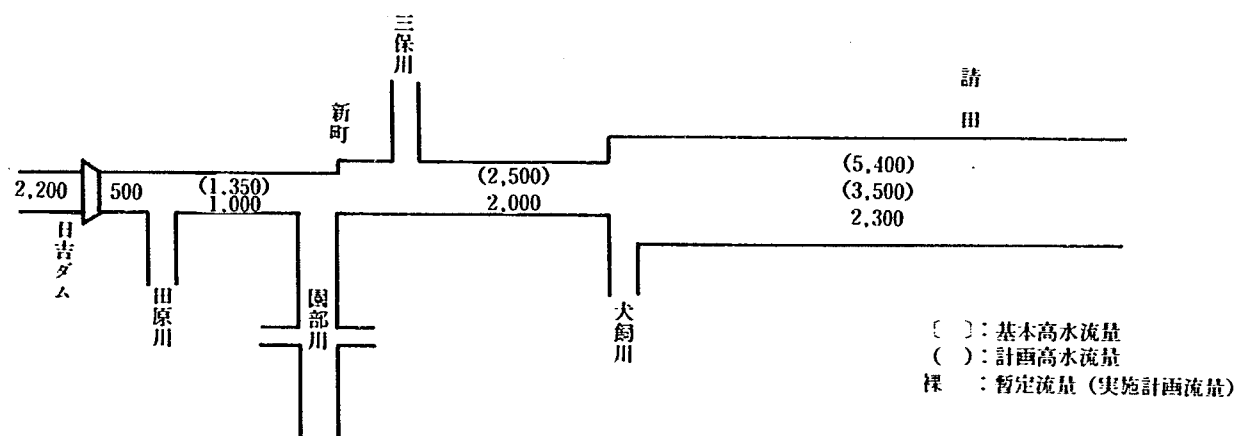


図-1.3 桂川流量配分図

させることが第1に必要である。しかし、たとえダムにより一定のピークカットを行ったとしても、基本的に疎通能力の低い箇所の河道修正は必要である。特に保津峡については、狭窄部であるので、その疎通能力を増大させることには、以下のような問題点がある。

1. 亀岡盆地は、下流淀川に対して遊水池的な機能を果しており、保津峡の掘削・開削（疎通能力の増大）は、下流淀川の流量増となる。とくに、保津峡直下流の嵐山は、名勝として指定されているため景観および現在の疎通能力を考慮して改修する必要がある。
2. 保津峡自身、京阪神地区の名勝地区であること、また保津峡左・右岸を国鉄山陰本線が走っていることなどから、大幅な掘削・開削は困難である。

このような問題点もあって、保津峡の大規模な改修事業は未だに実施されず、過去には表-1.3に示す河道掘削が試みられ、請田地点（28.8 km）の水位・流量曲線は図-1.4のように改善されたに過ぎない。

表-1.3 保津峡の掘削工事

| 年 度  | 掘削土量<br>( $\text{m}^3$ ) | 備 考                                |
|------|--------------------------|------------------------------------|
| S 36 | 10,528.5                 | 保津峡<br>の河道<br>$28.^k \sim 28.^k 9$ |
| 37   | 5,191.2                  |                                    |
| 38   | 2,198.6                  |                                    |
| 39   | 2,701.6                  |                                    |
| 40   | 4,394.9                  |                                    |
| 41   | 2,444.8                  |                                    |
| 42   | 2,562.0                  |                                    |
| 43   | 2,266.0                  | $29.^k 0 \sim 29.^k 2$             |
| 小計   | 32,287.6                 |                                    |
| S 55 | 154.2                    |                                    |
| 56   | 909.4                    |                                    |
| 57   | 1,046.9                  |                                    |
| 58   | 1,385.0                  |                                    |
| 59   | 1,982.2                  |                                    |
| 小計   | 5,477.7                  |                                    |

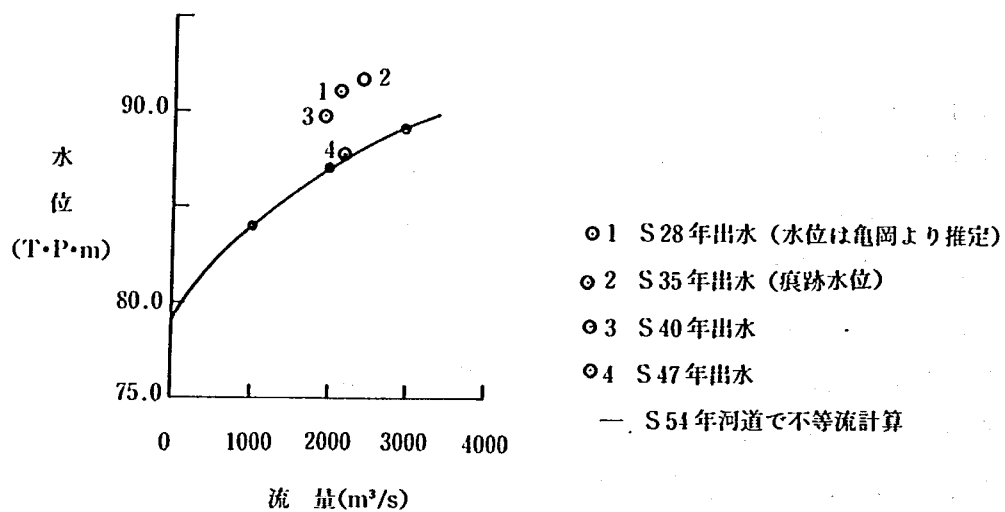


図-1.4 請田地点における水位・流量関係の改善

したがって、当面の計画として、嵐山地区における戦後最大流量  $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$ （昭和 35 年災害の実績流量）を暫定流量として、暫定計画を設定することとし、降雨解折より保津峡入口の請田地点の暫定流量を  $2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  とするとともに、他の地点についても図-1.3 に併示されるような暫定流量を設定した。

この暫定流量に対して、具体的に河道改修が必要な箇所として、

- ① 亀岡地区
- ② 八木町・日吉地区
- ③ 園部地区

を挙げることができる。すなわち、①については桂川の無堤部に計画的な堤防を築き、自己流の安全な流下と保津峡の堰上げ背水による浸水の防除、②、③については自己流断面の不足による浸水の防除のため引堤や護岸を設置する必要がある。これらの区間については、上流ダム群による洪水調節だけでなく、以下のような河道の掘削・築堤の治水対策が必要となっている。すなわち、

1. 低水路の掘削を実施し、疎通能力の増大を図る。
2. 現在、堤脚付近が水衝部となっている箇所については、高水敷を設けて堤防の安全度を向上させる。
3. 保津峡の掘削を実施し、疎通能力の増大を図る。
4. 保津峡入口付近の無堤区間については、霞堤を設置し、氾濫流の堤内地への流入を最少限に抑え、被害を減少させる。
5. 上・中流部にある霞堤は、暫定計画においては残すが、将来計画では堤内地の地形・土地利用を考慮して可能なものは締め切る。
6. 堤内地の土地利用を考慮し、内水が生じる地域には内水排除対策を行う。なお、支川については本川との整合性を考えて河川改修を行う。

とくに、亀岡市を中心とした南丹地区は、国鉄山陰本線の複線化及び国道 9 号線のバイパス建設等により、京都市の衛星都市としての重要性が高まるとともに、緑と田園に囲まれた南丹地区の中心都市としての発展が期待されている。したがって、亀岡地区の災害を防除するために、保津峡による堰上げ背水の影響を軽減する必要性にせまられ、保津峡入口部分の掘削・開削計画の立案が重要な課題となっている。

### 1.2.3 保津峡掘削計画

亀岡盆地の浸水被害を軽減させるためには、保津峡の掘削が効果的である。しかしながら、保津峡は名勝地であり、大幅な掘削はその景観保全上好ましくないため、保津峡の掘削規模は、次の条件を満足しなければならない。

1. 保津峡入口付近の築堤高は  $5 \text{ m}$  以下にとどめる。
2.  $31.2 \text{ km} \sim 31.6 \text{ km}$ （保津橋上流）の左岸では、すでに堤防高 TP 91.5 m の築堤が完成しており、堤防の余裕高  $1.5 \text{ m}$  を考慮し、この区間の計画高水位を TP 90 m 以下とする。
3. 本川堤防の破壊という事態が生じた場合にも、計画高水流量  $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  で亀岡駅（亀岡駅構内

線路面高 TP 89.6 m) が浸水しないことを一つの目安とする。

4. 本川水位の背水区間となる右岸支川において、その背水位が支川にかかる国鉄山陰本線の桁下高以下となり、かつ堤防高が現在の線路（枕木高）以下となること。この条件を満足させるためには、表－1.4 に示されるように、雑水川にかかる鉄道橋の枕木高が最も低いことにより、雑水川と本川との合流点（30.5 km）における計画高水位を TP 89.2 m 以下にしなければならない。
5. 景観保全上の問題、左岸側府道の必要性、右岸側国鉄山陰線の安全性維持、及び河床掘削の施工上の難しさ（現地が狭窄部で固い岩盤であり、過大な掘削は実施困難）を考慮し、保津峡の掘削を可能な限り小規模とする。

以上の水位条件 2, 3, 4 のうち、最も厳しい制約条件は 4 であって、30.5 km 地点の計画高水位を TP 89.2 m としなければならない。

表－1.4 各支川にかかる国鉄橋の高さ

| 支川名   | 合流点     | 国 鉄 橋 諸 元 |           |
|-------|---------|-----------|-----------|
|       |         | 枕木高       | 桁下高       |
| 鶉 の 川 | 29.0 km | TP 91.7 m | TP 90.7 m |
| 西 川   | 29.0    | 91.3      | 89.6      |
| 年 谷 川 | 29.5    | 94.8      | 92.7      |
| 雑 水 川 | 30.5    | 90.7      | 90.0      |
| 曾我谷川  | 31.1    | 93.1      | 92.5      |

### 1.3 本実験の目的と方法

保津峡の疎通能力の向上にあたっては、狭窄部入口の開削あるいは掘削が必要とされている。しかしながら、1.2.3 で述べたような諸条件を満足させるための具体的な方法については、狭窄部入口付近において複雑な水理現象が生ずるため、机上計算のみで明らかにすることは困難である。

このような状況に鑑み、本調査では模型実験により効果的な開削あるいは掘削形状を検討するとともに、その実験結果に基づき狭窄部流れを対象とした不等流計算法を開発し、実験結果の補足を行おうとするものである。なお、暫定流量  $2300 \text{ m}^3/\text{s}$  に対しては、開削あるいは掘削のみによる疎通能力の向上を、また計画流量  $3500 \text{ m}^3/\text{s}$  に対しては、開削と掘削との併用による疎通能力の向上を図ることとし、模型実験においてそれぞれ数種類の形状案を見いだそうとしている。さらに、不等流計算によるその他の代替案あるいは段階施工時における効果の把握方法を明らかにしようとしている。

## 2. 現地資料の整理と問題点の検討方法

### 2.1 現地資料の整理

#### 2.1.1 過去の出水状況

本流域は、日本海と太平洋との中間にはさまれた内陸地帯であり、気候も内陸的で冬は寒く、夏は暑い。亀岡盆地の降水量は、梅雨期から台風期にかけての夏期に多く、冬期は少ないが、上流部では冬期にも相当の降水量がある。これは降雪によるもので、上流部では日本海側の気象の影響が強いものの、その積雪量は日本海沿岸域よりやや少ない。年降水量は、亀岡盆地で約1,600 mm、上流部で1,900 mmである。豪雨は、台風が紀伊半島から北陸方面に通過する場合、及び台風により前線が活発化した場合などに発生している。

表-2.1は、過去の代表的な豪雨記録をまとめたものであって、このうちとくに著しい被害をもたらした出水の流量規模を示すと表-2.2のようになる。なお、主要出水による被害の実態をまとめると表-2.3のようである。

表-2.1 既往豪雨記録

| No. | 洪水期間           | 記号   | 降雨の<br>原因 | 実績2日雨量(mm) |     |      |
|-----|----------------|------|-----------|------------|-----|------|
|     |                |      |           | 請田         | 新町  | 日吉ダム |
| 1   | S28. 9.22～ 25  | 5313 | 台風        | 294        | 290 | 275  |
| 2   | S31. 9.25～ 28  | 5615 | 〃         | 145        | 145 | 139  |
| 3   | S33. 8.23～ 26  | 5817 | 〃         | 97         | 102 | 129  |
| 4   | S34. 8.11～ 15  | 5907 | 〃         | 277        | 288 | 339  |
| 5   | S34. 9.24～ 27  | 5915 | 伊勢湾       | 182        | 191 | 202  |
| 6   | S35. 8.28～ 30  | 6016 | 第二室戸      | 309        | 317 | 363  |
| 7   | S36.10.26～ 28  | 1028 | 前線        | 262        | 269 | 281  |
| 8   | S40. 9.16～ 18  | 6524 | 台風        | 267        | 272 | 274  |
| 9   | S57. 7.31～8.23 | 8210 | 〃         | 108        | 173 | 184  |
| 10  | S58. 9.26～ 29  | 8310 | 〃         | 247.5      | 231 | 202  |

表-2.2 既往出水の規模

| 出水名<br>年月日<br>地点 | 5313号出水                  | 5907号出水                    | 5915号出水                  | 6016号出水                    | 1028号出水                  | 6524号出水                  | 7220号出水   | 8210号出水  | 8310号出水   |
|------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|----------|-----------|
|                  | S.28.9.25                | S.31.8.14                  | S.34.9.27                | S.35.8.30                  | S.36.10.28               | S.40.9.18                | S.47.9.27 | S.57.8.2 | S.58.9.28 |
| 周山               | m <sup>3</sup> /S<br>950 | m <sup>3</sup> /S<br>1,000 | m <sup>3</sup> /S<br>830 | m <sup>3</sup> /S<br>1,500 | m <sup>3</sup> /S<br>800 | m <sup>3</sup> /S<br>820 |           |          |           |
| 日吉               | 1,400                    | 1,500                      | 1,200                    | 2,200                      | 1,200                    | 1,200                    |           |          |           |
| 園部川              | 630                      | 380                        | 450                      | 590                        | 400                      | 590                      |           |          |           |
| 新町               | 2,300                    | 1,900                      | 1,800                    | 3,000                      | 1,900                    | 2,000                    |           |          |           |
| 亀岡盆地流入量          | 3,000                    | 2,200                      | 1,900                    | 3,200                      | 2,200                    | 2,500                    | 2,400     | 1,980    | 1,810     |
| 亀岡盆地流出量          | 2,200                    | 1,900                      | 1,500                    | 2,400                      | 1,800                    | 1,900                    | 1,900     | 1,800    | 1,740     |
| 嵐山               | 2,400                    | 2,100                      | 1,600                    | 2,500                      | 1,900                    | 2,100                    |           |          |           |
| 鴨川               | 600                      | 1,200                      | 480                      | 820                        | 380                      | 500                      |           |          |           |
| 羽京師              | 2,700                    | 2,500                      | 1,700                    | 2,600                      | 2,100                    | 2,500                    |           |          |           |

表-2.3 主要出水による被害

| 年月日(出水名)         | 亀岡量水標<br>最高水位     | 湛水量                              | 湛水面積              | 浸水戸数               |
|------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| S.35. 8.30(6016) | 9.25 <sup>m</sup> | 21,300 <sup>千m<sup>3</sup></sup> | 700 <sup>ha</sup> | 1,400 <sup>戸</sup> |
| S.28. 9.25(5313) | 9.18              | 20,600                           | 690               | 1,350              |
| S.34. 8.14(5907) | 7.11              | 9,700                            | 440               | 300                |
| S.36.10.28(1028) | 6.93              | 9,000                            | 420               | 250                |
| S.40. 9.18(6524) | 6.84              | 8,700                            | 410               | 200                |
| S.34. 9.27(5915) | 6.40              | 7,000                            | 360               | 70                 |
| S.47. 9.27(7220) | 6.80              | 8,500                            | 400               | 180                |
| S.57. 8. 2(8210) | 6.12              | 4,000*                           | 213               | 23                 |
| S.58. 9.28(8310) | 6.28              | 5,000*                           | 229               | 64                 |

注) 亀岡量水標零点高 TP 83.247m

\*……推定値

### 2.1.2 痕跡水位と粗度係数

痕跡水位の調査は、昭和40年出水（6524出水）時に行われ、その結果に基づき逆算されたマンニングの粗度係数  $n$  の値を各区分ごとに示すと表-2.4 のようであって、保津峡入口部（28.2～29.0 km）については、 $n=0.062$  と推定された。なお、図-2.1 は、表-2.4 に表示された粗度係数を用いて計算された水位を図化したものであって、痕跡水位との比較より、推定粗度係数の妥当性がうかがわれる。

さらに、本水理模型実験を京都府より受託した直後の昭和57年8月に、先の6524出水とほぼ同規模の8210出水が発生した。このときの降雨量、水位、流量をとりまとめると、それぞれ表-2.5、表-2.6、表-2.7 のようであって、請田地点（29.0 km）のピーク流量は、亀岡地点（31.05 km）流量に鶏の川、西川、年谷川、雑水川の支川流量を加え、約  $1,900 \text{ m}^3/\text{s}$  と推定された。表-2.8 は、出水直後に実施された痕跡調査の結果であって、保津峡入口部付近を対象として、ピーク流量がほぼ等しい6524出水（ピーク流量  $1,940 \text{ m}^3/\text{s}$ ）の痕跡水位と8210出水（ピーク流量  $1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ）の痕跡水位とを比較した図-2.2 より、後者の方がかなり低いことが知られる。このような相違は、昭和50年代に入ってから実施された狭窄部の掘削・開削によるものと推定され、本検討においては、8210出水のみを用いて模型の検証（模型が現地河道を再現していることの確認）を行うこととした。

表-2.4 昭和40年出水（6524出水）に基づく粗度係数

| 区 間 (km)  | 断 面 形 | 流 量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 粗 度 係 数 |       |
|-----------|-------|-------------------------------|---------|-------|
|           |       |                               | 低 水 路   | 高 水 敷 |
| 42.4～39.2 | 複断面   | 2045                          | 0.030   | 0.080 |
| 39.2～35.2 | 複断面   | 2170                          | 0.030   | 0.080 |
| 35.2～33.0 | 複断面   | 2210                          | 0.030   | 0.080 |
| 33.0～29.0 | 複断面   | 2210                          | 0.030   | 0.080 |
| 29.0～28.2 | 単断面   | 1940                          | 0.062   | —     |
| 28.2～27.0 | 単断面   | 1940                          | 0.062   | —     |
| 27.0～21.8 | 単断面   | 1940                          | 0.065   | —     |
| 21.8～21.4 | 単断面   | 2080                          | 0.065   | —     |
| 21.4～18.2 | 単断面   | 2080                          | 0.055   | —     |
| 18.2～17.8 | 単断面   | 2080                          | 0.035   | —     |
| 17.8～17.4 | 単断面   | 2080                          | 0.035   | —     |
| 17.4～12.0 | 複断面   | 2080                          | 0.035   | 0.060 |

図-2.1 昭和40年出水(6524出水)の痕跡水位

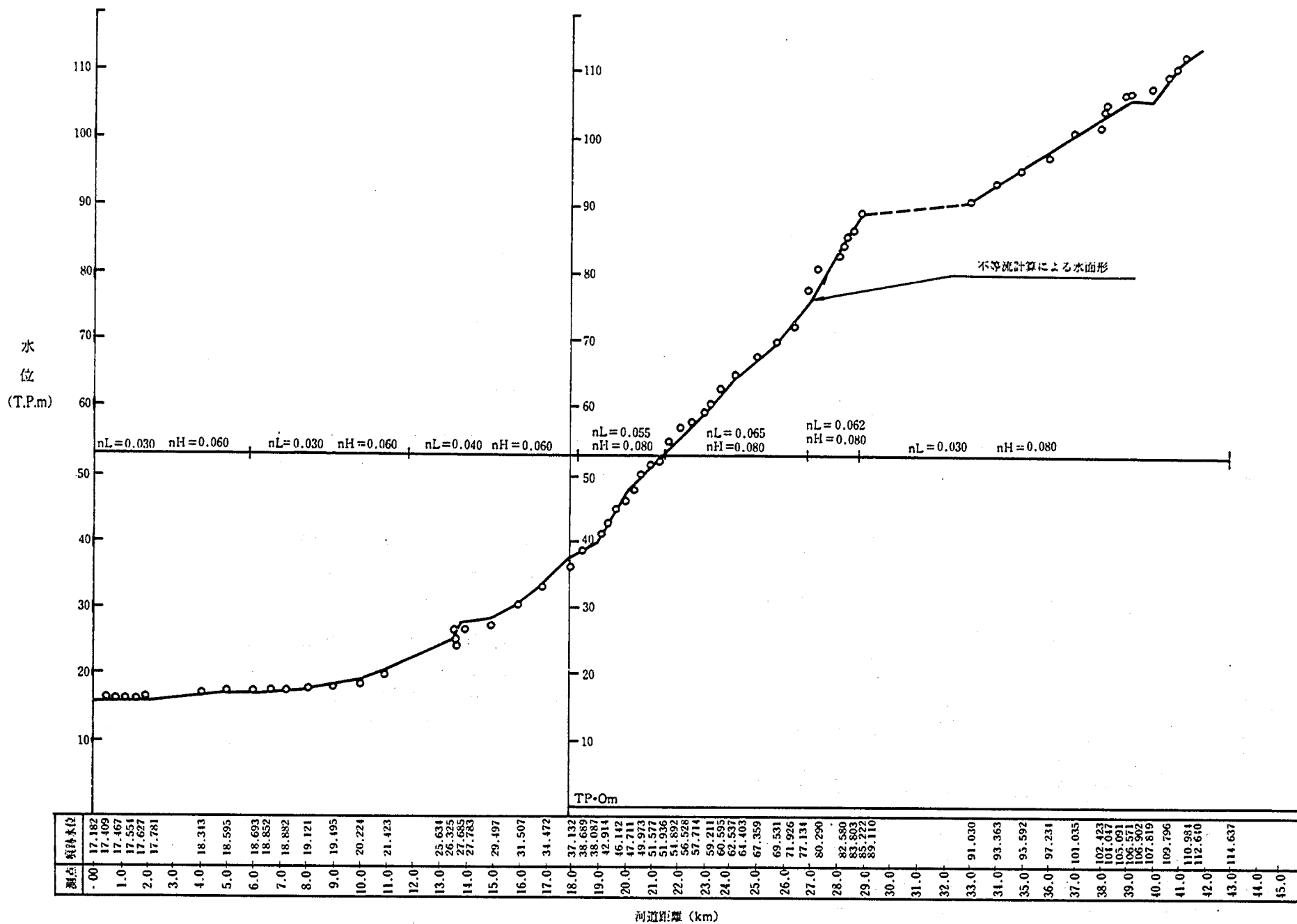


表-2.5 昭和57年出水(8210出水)の雨量

| 流域<br>観測所                             |      | 花背    | 黒田    | 周山    | 新庄    | 新町    | 西別院   | 亀岡    | 雲ヶ畑   |
|---------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 月日                                    | 時刻   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7<br>月<br>31<br>日<br>8<br>月<br>1<br>日 | 9~10 |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 11   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 12   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 13   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 14   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 15   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 16   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 17   |       |       |       |       |       |       |       | 0.5   |
|                                       | 18   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 19   |       |       |       | 3.0   | 4.0   |       | 1.0   | 6.0   |
|                                       | 20   | 1.5   |       | 7.0   | 0.5   | 1.0   |       |       | 0.5   |
|                                       | 21   |       | 0.5   | 0.5   | 0.5   |       |       |       | 0.5   |
|                                       | 22   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 23   |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 0    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 1    | 2.5   |       |       |       |       |       | 4.5   | 1.5   |
|                                       | 2    | 0.5   | 0.5   | 3.5   | 17.0  | 12.0  |       | 3.0   |       |
|                                       | 3    |       | 0.5   | 3.0   | 0.5   | 4.0   |       |       |       |
|                                       | 4    | 2.0   |       |       | 0.5   |       | 2.0   | 1.0   | 1.5   |
|                                       | 5    | 7.0   | 2.5   | 0.5   | 1.0   | 1.0   | 2.0   | 1.5   | 2.5   |
|                                       | 6    | 2.5   | 1.0   | 0.5   | 1.0   | 1.0   | 2.0   | 2.0   | 1.5   |
|                                       | 7    | 3.5   | 2.5   | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 4.0   | 5.5   | 2.5   |
|                                       | 8    | 11.0  | 4.0   | 2.5   | 4.5   | 5.0   | 15.0  | 14.0  | 4.0   |
|                                       | 9    | 6.0   | 8.0   | 5.0   | 7.0   | 6.0   | 12.0  | 3.5   | 5.0   |
| 8<br>月<br>1<br>日<br>2<br>日            | 9~10 | 5.5   | 5.5   | 6.5   | 3.0   | 4.0   | 2.0   | 3.5   | 10.5  |
|                                       | 11   | 3.0   | 3.0   | 4.0   | 2.0   | 4.0   | 2.0   | 1.0   | 2.5   |
|                                       | 12   | 4.5   | 4.0   | 2.0   | 2.5   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 4.0   |
|                                       | 13   | 3.0   | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.0   | 3.0   | 5.0   | 2.0   |
|                                       | 14   | 5.5   | 3.0   | 5.5   | 4.0   | 5.0   | 4.0   | 7.5   | 1.0   |
|                                       | 15   | 8.0   | 10.5  | 6.5   | 12.0  | 10.0  | 9.0   | 10.0  | 6.0   |
|                                       | 16   | 6.5   | 9.5   | 8.5   | 7.0   | 7.0   | 5.0   | 2.5   | 5.0   |
|                                       | 17   | 2.0   | 4.5   | 4.5   | 4.0   | 6.0   | 5.0   | 5.5   | 2.0   |
|                                       | 18   | 2.5   | 4.0   | 1.5   | 4.5   | 3.0   | 6.0   | 2.5   | 1.0   |
|                                       | 19   | 5.5   | 4.5   | 2.5   | 4.5   | 5.0   | 9.0   | 4.5   | 5.0   |
|                                       | 20   | 6.0   | 8.5   | 5.5   | 5.0   | 6.0   | 12.0  | 4.0   | 5.0   |
|                                       | 21   | 9.0   | 15.5  | 10.5  | 10.5  | 11.0  | 17.0  | 3.5   | 6.0   |
|                                       | 22   | 8.5   | 21.0  | 14.5  | 15.0  | 17.0  | 7.0   | 2.0   | 5.0   |
|                                       | 23   | 10.0  | 21.0  | 19.5  | 14.0  | 18.0  | 9.0   | 3.5   | 5.0   |
|                                       | 0    | 26.0  | 21.0  | 18.5  | 6.0   | 13.0  | 10.0  | 5.0   | 14.0  |
|                                       | 1    | 10.5  | 11.0  | 6.0   | 5.5   | 10.0  | 8.0   | 3.5   | 11.0  |
|                                       | 2    | 10.0  | 12.5  | 7.5   | 3.0   | 7.0   | 7.0   | 2.5   | 7.0   |
|                                       | 3    | 3.0   | 2.5   | 3.5   | 1.5   | 2.0   | 2.0   | 1.0   | 2.0   |
|                                       | 4    | 1.5   | 1.0   | 2.5   | 0.5   | 1.0   | 1.0   | 0.5   | 1.5   |
|                                       | 5    | 1.5   | 0.5   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 0.5   | 1.0   |
|                                       | 6    |       |       | 0.5   |       |       |       |       |       |
|                                       | 7    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 8    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                       | 9    |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 合 計                                   |      | 168.5 | 186.0 | 159.0 | 146.5 | 172.0 | 159.0 | 107.0 | 122.5 |

表-2.6 昭和57年出水(8210出水)の水位

単位:m

| 地点<br>日・時 | 新 町                | 亀 岡                 | 請 田                | 保津峡                | 地点<br>日・時 | 新 町                | 亀 岡                 | 請 田                | 保津峡                |
|-----------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
|           | 42. <sup>k</sup> 2 | 31. <sup>k</sup> 05 | 29. <sup>k</sup> 0 | 22. <sup>k</sup> 4 |           | 42. <sup>k</sup> 2 | 31. <sup>k</sup> 05 | 29. <sup>k</sup> 0 | 22. <sup>k</sup> 4 |
| 1. 1      | -1.67              | 0.93                |                    | 0.75               | 9         | 0.99               | 5.83                |                    | 8.83               |
| 2         | -1.66              | 0.98                |                    | 0.76               | 10        |                    | 5.47                |                    | 8.28               |
| 3         | -1.60              | 1.02                |                    | 0.87               | 11        | 0.57               | 4.85                |                    | 7.58               |
| 4         | -1.57              | 1.05                |                    | 0.90               | 12        | 0.42               | 4.35                |                    | 6.81               |
| 5         | -1.57              | 1.09                |                    | 0.92               | 13        | 0.29               | 3.96                |                    | 6.21               |
| 6         | -1.50              | 1.11                | 0.52               | 0.96               | 14        | 0.19               | 3.68                |                    | 5.64               |
| 7         | -1.43              | 1.13                |                    | 1.00               | 15        | 0.07               | 3.46                |                    | 5.24               |
| 8         | -1.36              | 1.18                |                    | 1.05               | 16        | -0.06              | 3.29                |                    | 4.98               |
| 9         | -1.29              | 1.30                |                    | 1.25               | 17        | -0.13              | 3.14                |                    | 4.66               |
| 10        | -1.32              | 1.45                |                    | 1.52               | 18        | -0.21              | 3.02                | 1.68               | 4.43               |
| 11        | -1.27              | 1.56                |                    | 1.68               | 19        | -0.27              | 2.91                |                    | 4.16               |
| 12        | -1.19              | 1.59                |                    | 1.73               | 20        | -0.33              | 2.81                |                    | 3.94               |
| 13        | -1.04              | 1.62                |                    | 1.76               | 21        | -0.43              | 2.73                |                    | 3.78               |
| 14        | -0.90              | 1.74                |                    | 1.85               | 22        | -0.47              | 2.63                |                    | 3.64               |
| 15        | -0.72              | 1.89                |                    | 2.07               | 23        | -0.54              | 2.57                |                    | 3.41               |
| 16        | -0.43              | 2.07                |                    | 2.35               | 24        | -0.58              | 2.51                |                    | 3.26               |
| 17        | -0.24              | 2.23                |                    | 2.59               | 3. 1      | -0.65              | 2.45                |                    | 3.11               |
| 18        | -0.01              | 2.42                | 1.80               | 2.94               | 2         | -0.66              | 2.38                |                    | 2.95               |
| 19        | 0.24               | 2.61                |                    | 3.33               | 3         | -0.70              | 2.34                |                    | 2.81               |
| 20        | 0.36               | 2.91                |                    | 3.84               | 4         | -0.76              | 2.30                |                    | 2.71               |
| 21        | 0.42               | 3.17                |                    | 4.44               | 5         | -0.77              | 2.24                |                    | 2.66               |
| 22        | 0.56               | 3.34                |                    | 4.89               | 6         | -0.86              | 2.20                | 1.38               | 2.53               |
| 23        | 0.84               | 3.51                |                    | 5.21               | 7         | -0.90              | 2.17                |                    | 2.50               |
| 24        | 1.17               | 3.79                |                    | 5.66               | 8         | -0.96              | 2.09                |                    | 2.43               |
| 2. 1      | 1.64               | 4.35                |                    | 6.47               | 9         | -1.05              | 2.04                |                    | 2.33               |
| 2         | 1.94               | 4.90                |                    | 7.22               | 10        | -0.98              | 1.96                |                    | 2.22               |
| 3         | 2.24               | 5.36                |                    | 7.88               | 11        | -1.01              | 1.95                |                    | 2.13               |
| 4         | 2.37               | 5.68                |                    | 8.29               | 12        | -1.06              | 1.93                |                    | 2.11               |
| 5         | 2.24               | 5.97                |                    | 8.68               | 13        | -1.09              | 1.88                |                    | 2.09               |
| 6         | 1.97               | 6.11                | 7.02               | 8.92               | 14        | -1.12              | 1.84                |                    | 2.00               |
| 7         | 1.68               | 6.14                |                    | 9.12               | 15        | -1.17              | 1.81                |                    | 1.94               |
| 8         | 1.27               | 6.04                |                    | 9.15               | 16        | -1.18              | 1.76                |                    | 1.90               |

表-2.7 昭和57年出水(8210出水)の流量

単位: m<sup>3</sup>/sec

| 地点<br>日・時 | 新 町               | 亀 岡                | 保津峡               | 備 考 | 地点<br>日・時 | 新 町               | 亀 岡                | 保津峡               | 備 考 |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|-----|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|-----|
|           | 42.4 <sup>k</sup> | 31.05 <sup>k</sup> | 22.4 <sup>k</sup> |     |           | 42.4 <sup>k</sup> | 31.05 <sup>k</sup> | 22.4 <sup>k</sup> |     |
| 1. 1      | 37                | 45                 | 48                |     | 9         | 811               | 1634               | 1862              |     |
| 2         | 38                | 50                 | 49                |     | 10        |                   | 1440               | 1656              |     |
| 3         | 43                | 54                 | 56                |     | 11        | 604               | 1135               | 1410              |     |
| 4         | 46                | 57                 | 58                |     | 12        | 538               | 915                | 1163              |     |
| 5         | 46                | 61                 | 59                |     | 13        | 483               | 760                | 987               |     |
| 6         | 54                | 64                 | 62                |     | 14        | 444               | 658                | 833               |     |
| 7         | 61                | 66                 | 65                |     | 15        | 398               | 582                | 733               |     |
| 8         | 70                | 72                 | 69                |     | 16        | 351               | 527                | 671               |     |
| 9         | 78                | 86                 | 84                |     | 17        | 327               | 481                | 599               |     |
| 10        | 74                | 106                | 108               |     | 18        | 301               | 446                | 549               |     |
| 11        | 81                | 123                | 124               |     | 19        | 282               | 414                | 494               |     |
| 12        | 92                | 127                | 129               |     | 20        | 264               | 387                | 451               |     |
| 13        | 114               | 132                | 132               |     | 21        | 234               | 365                | 421               |     |
| 14        | 137               | 151                | 141               |     | 22        | 223               | 340                | 396               |     |
| 15        | 170               | 178                | 165               |     | 23        | 206               | 324                | 356               |     |
| 16        | 234               | 212                | 199               |     | 24        | 197               | 310                | 331               |     |
| 17        | 291               | 246                | 231               |     | 3. 1      | 183               | 295                | 307               |     |
| 18        | 376               | 288                | 281               |     | 2         | 181               | 279                | 282               |     |
| 19        | 463               | 334                | 343               |     | 3         | 173               | 270                | 262               |     |
| 20        | 512               | 414                | 432               |     | 4         | 162               | 261                | 247               |     |
| 21        | 538               | 490                | 551               |     | 5         | 160               | 248                | 240               |     |
| 22        | 600               | 543                | 650               |     | 6         | 144               | 239                | 223               |     |
| 23        | 734               | 599                | 725               |     | 7         | 137               | 233                | 219               |     |
| 24        | 909               | 697                | 838               |     | 8         | 127               | 216                | 209               |     |
| 2. 1      | 1191              | 915                | 1061              |     | 9         | 112               | 206                | 197               |     |
| 2         | 1391              | 1158               | 1292              |     | 10        | 124               | 191                | 183               |     |
| 3         | 1606              | 1384               | 1515              |     | 11        | 119               | 189                | 172               |     |
| 4         | 1704              | 1552               | 1659              |     | 12        | 111               | 185                | 170               |     |
| 5         | 1606              | 1713               | 1805              |     | 13        | 106               | 176                | 168               |     |
| 6         | 1412              | 1794               | 1897              |     | 14        | 102               | 169                | 157               |     |
| 7         | 1217              | 1811               | 1976              |     | 15        | 95                | 164                | 151               |     |
| 8         | 966               | 1753               | 1988              |     | 16        | 93                | 155                | 146               |     |

H~Q 曲線より推定

表-2.8 (1) 昭和57年出水(8210出水)の痕跡水位

| 地 点 名  |       | 基 準 点   |                 | 痕 跡 水 位           |                 | 備 考                               |
|--------|-------|---------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|
| 13.794 | 亀 甲 橋 | 橋 面 (右) | T.P.m<br>263.12 | -3.9 <sup>m</sup> | T.P.m<br>259.22 | 堤防(右)より-2.8m 下り                   |
| 12.915 | 中 江 橋 | 橋 面 (右) | 260.12          | -4.9              | 255.22          | 水深2.7 m<br>堤防(右)より-4.2m 下り        |
| 10.447 | 殿 橋   | 橋 面 (右) | 252.45          | -2.65             | 249.80          |                                   |
| 10.447 |       | 堤 防 (右) | 250.2           | -1.7              | 248.5           |                                   |
| 8.788  | 周山大橋  | 橋 面 (左) | 245.50          | -5.8              | 239.70          |                                   |
| 8.788  | 周山大橋  | 橋 面 (右) | 245.50          | -4.55             | 240.95          |                                   |
| 8.45   | 周 山   | 水位観測所   |                 |                   |                 | (76.k 65)                         |
| 8.125  | 八千代橋  | 橋 面 (左) | 243.51          | -3.9              | 239.61          |                                   |
| 6.74   |       | 堤 防 (右) | 236.02          | -3.91             | 232.11          |                                   |
| 6.096  | 高 瀬 橋 | 橋 面 (左) | 232.0           | -2.45             | 229.55          |                                   |
| 6.096  |       | 橋 面 (右) | 232.0           | -3.12             | 228.88          |                                   |
| 5.5    |       | 堤 防 (右) | 231.29          | -5.15             | 226.04          | (73.k 7)                          |
| 4.36   |       | 堤 防 (右) | 226.7           | -5.13             | 221.57          |                                   |
| 3.476  | 弓 橋   | 橋 面 (左) | 223.1           | -4.4              | 218.7           |                                   |
| 3.476  | 弓 橋   | 橋 面 (右) | 223.1           | -5.35             | 217.75          | 堤防(右)より-0.3 m 下り                  |
| 2.045  | 枅 本 橋 | 橋 面 (左) | 217.6           | -5.05             | 212.55          |                                   |
| 2.045  | 枅 本 橋 | 橋 面 (右) | 217.6           | -4.6              | 213.0           |                                   |
| 2.045  |       | 堤 防 (右) | 214.0           | -1.0              | 213.0           |                                   |
| 1.0    |       | 堤 防 (右) | 212.81          | -3.50             | 209.31          | (69.k 2)                          |
| 0.221  | 日 吉 橋 | 橋 面 (左) | 212.6           | -4.45             | 208.15          | (水質源調 <sup>T.P.m</sup> 208.01)    |
| 67.2   |       | 堤 防 (右) | 210.31          | -4.18             | 206.13          |                                   |
| 66.6   |       | 堤 防 (右) | 207.38          | -4.92             | 202.46          |                                   |
| 61.2   | 世木ダム  |         |                 |                   | 197.50          | 量水標6.0 m 放流量726 m <sup>3</sup> /s |

表-2.8 (2) 昭和57年出水(8210出水)の痕跡水位

| 地 点 名    |       | 基 準 点   |                 | 痕 跡 水 位    |                 | 備 考                           |
|----------|-------|---------|-----------------|------------|-----------------|-------------------------------|
| 50.0+32  | 世木高橋  | 橋 面 (右) | T.P.m<br>168.68 | m<br>-3.10 | T.P.m<br>165.58 |                               |
| 58.2+133 | 楽 河 橋 | 橋 面 (右) | 163.95          | -3.55      | 160.40          | (水資源 <sup>T.P.m</sup> 161.42) |
| 57.4+132 | 世木林橋  | 橋 面 (右) | 162.17          | -4.00      | 158.17          |                               |
| 56.6+178 | 宮 村 橋 | 橋 面 (右) | 158.92          | -4.10      | 154.82          | (水資源 <sup>T.P.m</sup> 155.05) |
| 56.5     |       | 路 肩 (右) | 155.4           | -1.07      | 154.33          |                               |
| 55.8     |       | 堤 防 (右) | 152.10          | +0.10      | 152.20          |                               |
| 55.6     |       |         |                 |            | 152.24          | (55.6+77 水位観測所あり)<br>(水資源調べ)  |
| 55.4     |       | 路 肩 (右) | 154.50          | -2.91      | 151.59          |                               |
| 55.0     |       |         |                 |            | 149.99          | (水資源調べ)                       |
| 54.6     |       |         |                 |            | 149.25          | (水資源調べ)                       |
| 54.4     |       | 抗 頭 (右) | 149.583         | -2.97      | 146.61          |                               |
| 53.6     |       |         |                 |            | 145.05          | (水資源調べ)                       |
| 53.0     |       | 堤 防 (右) | 144.75          | -1.5       | 143.25          |                               |
| 52.6     |       |         |                 |            | 141.40          | (水資源調べ)                       |
| 51.8     |       | 堤 防 (右) | 141.14          | -1.0       | 140.14          | H=6.95 m<br>船岡水位観測所           |
| 59.2     |       | 堤 防 (右) | 140.49          | -2.3       | 138.19          |                               |
| 50.6     |       | 堤 防 (右) | 141.55          | -3.0       | 138.55          |                               |
| 49.6     |       | 堤 防 (右) | 134.86          | +0.5       | 135.36          | 道路浸水                          |
| 48.6+30  | 越 方 橋 | 橋 面 (右) | 134.31          | -4.55      | 129.76          |                               |
| 46.8+90  | 大 佐 橋 | 橋 面 (右) | 130.92          | -3.95      | 126.97          |                               |
| 46.0     |       | 堤 防 (右) | 123.69          | +0.4       | 124.09          |                               |
| 45.0     |       | 堤 防 (右) | 121.20          | -1.0       | 120.20          |                               |
| 43.6+80  | 新 庄 橋 | 橋 面 (右) | 122.74          | -5.6       | 117.14          |                               |

表-2.8 (3) 昭和57年出水(8210出水)の痕跡水位

| 地 点 名    |      | 基 準 点   |                 | 痕 跡 水 位           |                 | 備 考 |
|----------|------|---------|-----------------|-------------------|-----------------|-----|
| 43.k 2   |      | 水 田 (左) | T.P.m<br>114.98 | +0.5 <sup>m</sup> | T.P.m<br>115.48 |     |
| 42.4     |      | 水 田 (右) | 117.36          | -3.58             | 113.78          |     |
|          | 新 町  | 水位観測所   |                 |                   |                 |     |
| 41.6     |      | 堤 防 (左) | 113.74          | -2.13             | 111.61          |     |
| 41.0     |      | 杭 頭 (右) | 112.863         | -2.44             | 110.42          |     |
| 40.6     |      | 杭 頭 (右) | 113.050         | -3.07             | 109.98          |     |
| 39.8     |      | 杭 頭 (右) | 111.176         | -3.96             | 107.22          |     |
| 38.8+183 | 大堰橋  | 桁 下 (左) | 108.17          | -2.78             | 105.39          |     |
| 38.8     |      | ブロック(左) | 104.7           | +0.2              | 104.9           |     |
| 38.6     |      | ブロック(左) | 104.2           | +1.5              | 104.7           |     |
| 38.4+100 |      | 堤 防 (右) | 106.65          | -2.2              | 104.45          |     |
| 38.3     | 寅天堤  | 敷 高 (右) | 100.40          | +4.0              | 104.40          |     |
| 38.2     |      | 堤 防 (右) | 103.70          | -1.0              | 102.70          |     |
| 38.0     |      | 堤 防 (左) | 105.49          | -4.0              | 103.49          |     |
| 36.8     |      | 杭 頭 (左) | 102.955         | -3.68             | 99.28           |     |
| 35.8     |      | 杭 頭 (左) | 100.516         | -3.92             | 96.60           |     |
| 34.6     |      | 杭 頭 (左) | 97.495          | -2.50             | 95.00           |     |
| 33.0+190 |      | 堤 防 (右) | 93.24           | -2.0              | 91.24           |     |
| 32.8+200 | 宇津根橋 | 橋 面 (左) | 95.45           | -4.65             | 90.80           |     |
| 31.8     |      | 堤 防 (右) | 91.70           | -2.14             | 89.56           |     |
| 31.6     |      | 堤 防 (右) | 91.44           | -2.00             | 89.44           |     |
| 31.0     | 亀 岡  | 水位観測所   | 83.247          | +6.19             | 89.437          |     |
| 30.6     |      | 杭 頭 (右) | 88.379          | -0.37             | 88.01           |     |

表-2.8 (4) 昭和57年出水(8210出水)の痕跡水位

| 地 点 名   |       | 基 準 点       |                 | 痕 跡 水 位    |                | 備 考  |
|---------|-------|-------------|-----------------|------------|----------------|------|
| 30.k 4  |       | 杭 頭 (左)     | T.P.m<br>88.659 | m<br>+0.19 | T.P.m<br>88.85 |      |
| 30.2    |       | 杭 頭 (左)     | 87.468          | +0.57      | 88.04          | 床下浸水 |
| 30.0    |       | 堤 防 (左)     | 86.97           | +0.43      | 87.40          | 道路浸水 |
| 29.6    |       | 杭 頭 (左)     | 89.26           | -0.98      | 88.28          |      |
| 29.2    |       | 杭 頭 (左)     | 87.817          | -0.01      | 87.81          |      |
| 29.0    | 鉄 道 橋 | 杭 頭 (右)     | 86.836          | +0.79      | 87.63          | 床上浸水 |
| 28.6    |       | 杭 頭 (左)     | 81.186          | +3.73      | 84.92          |      |
| 28.4    |       | 杭 頭 (左)     | 85.064          | -0.97      | 84.09          |      |
| 28.0    |       | 杭 頭 (左)     | 79.845          | +1.25      | 81.10          |      |
| 27.6    |       | 杭 頭 (左)     | 74.585          | +3.70      | 78.29          |      |
| 26.4    |       | ブ ロ ッ ク (左) | 68.82           | +3.42      | 72.24          |      |
| 23.4    |       | 杭 頭 (右)     | 58.96           | +2.0       | 60.96          |      |
| 23.0    |       | 杭 頭 (右)     | 54.49           | +3.8       | 58.29          |      |
| 22.6    |       | 杭 頭 (右)     | 55.01           | +1.5       | 56.51          |      |
| 22.4    |       | 杭 頭 (右)     | 55.17           | -0.55      | 54.62          |      |
| (園部川)   |       |             |                 |            |                |      |
| 4.4+150 | 園部大橋  | 橋 面 (左)     | 130.56          | -2.35      | 128.21         |      |
| 4.0+44  | 常 盤 橋 | 橋 面 (左)     | 127.70          | -2.60      | 125.10         |      |
| 3.6+155 | 園 栄 橋 | 橋 面 (左)     | 127.61          | -2.85      | 124.76         |      |
| 3.4+60  | 園 正 橋 | 橋 面 (左)     | 126.55          | -2.75      | 123.80         |      |
| 1.8+80  | 大美谷橋  | 橋 面 (左)     | 121.48          | -2.50      | 118.98         |      |
| 0.3     | 神 田 橋 | 橋 面 (右)     | 119.68          | -3.70      | 115.98         |      |

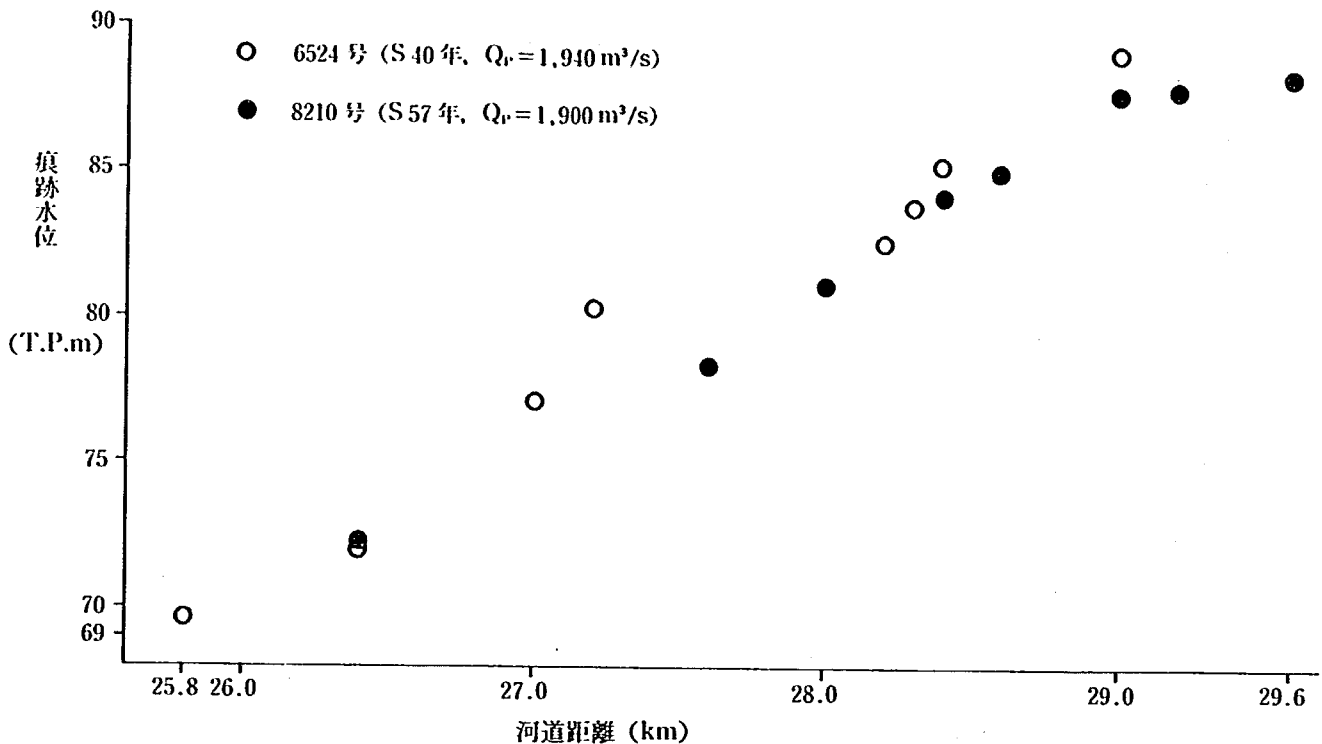


図-2.2 痕跡水位の比較

## 2.2 模型実験

### 2.2.1 相似律

模型実験により水理的検討を行う場合、相似律の問題が重要となる。すなわち、現地の現象を完全に模型上で再現することは困難であって、相似律により現象を支配する条件を明確にし、種々の水理量に関する模型縮尺を決定しなければならない。

現地と模型との間に相似性が保たれるためには

- 1) 幾何学的相似
- 2) 運動学的相似
- 3) 力学的相似

のいずれもが満足される必要があるにもかかわらず、一般に1)及び2)の条件が比較的容易に満足されるのに対し、3)の条件を完全に満たすことはむずかしい。すなわち、各種水理現象はニュートンの運動法則

$$F = m\alpha \dots\dots\dots (2.1)$$

によって記述されるが、現象に関与する力には圧力、重力、粘性力、表面張力、弾性圧縮力など種々のものがあって、式(2.1)の左辺は単一項のみによって表示されとは限らない。したがって、現地と模型との間で、各項の比をすべて一定にするという完全相似の達成は困難であり、実際上は取り扱う現象のなかで卓越する力のみを重視せざるを得ない。

一般に、レイノルズ数が極めて大きい開水路の流れにおいては、式(2.1)左辺の各項のうち重力項

$\rho g L^3$ が卓越し、また右辺の慣性力を  $\rho L^2 U^2$  で表すと、現地及び模型に関する式 (2.1) より

$$\frac{\rho_p g_p L_p^3}{\rho_m g_m L_m^3} = \frac{\rho_p L_p^2 U_p^2}{\rho_m L_m^2 U_m^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

すなわち、フルードの相似則

$$\frac{U_p}{g_p L_p} = \frac{U_m}{g_m L_m} \dots\dots\dots (2.3)$$

が満足される必要がある。ここに、 $L$  は代表長、 $U$  は代表速度、 $g$  は重力加速度、 $\rho$  は密度であり、また添字  $p$  及び  $m$  は、それぞれ、現地 (prototype) 及び模型 (model) の水理量を表している。

いま、フルードの相似則を適用すると、重力加速度  $g$  はいずれの地点においてもほぼ一定であるとみなされるため、模型の縮尺は式 (2.3) を用いてそれぞれ次のように決定される。

$$\left. \begin{aligned} L_r &= L_p / L_m \\ U_r &= U_p / U_m = L_r^{1/2} \\ Q_r &= Q_p / Q_m = L_r^{5/2} \\ n_r &= n_p / n_m = L_r^{1/6} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.4)$$

ここに、 $Q$  は流量、 $n$  はマンニングの粗度係数であって、以後においては、とくに断らない限り、実験結果の説明では式 (2.4) により現地の値に換算されたもので表示されている。

### 2.2.2 模型及び実験の概要

本検討では、保津峡入口部付近の掘削あるいは開削が、上流水位の低減に与える効果を定量的に把握しようとしており、模型範囲としては、少なくとも掘削あるいは開削の対象となる区間とその上流部が含まれていなければならない。

本模型実験を実施する場合、模型上流端については流量が、また模型下流端については水位が、それぞれ境界条件となる。しかしながら、実験条件として流量を設定することは容易であるが、下流端水位については、当該地点における水位と流量との関係が明確でない限り、下流端条件の設定は困難となる。

常流の流れにおいて、模型下流端で水位の調節を行わない場合、すなわち下流端で限界水位が生ずる場合、水面形はいわゆる  $M_2$  曲線となり、低下背水の影響はかなり上流まで及ぶこととなる。一方、射流の流れにおいては、模型下流端において限界水深が生じて、この影響が上流に及ぶことはない。しかし、本模型実験で対象とした流れが模型下流端で常流となるか射流となるかを事前に判断することは困難であり、また水位と流量との関係が明確となっている断面は当該区間に存在しないことを考慮して、下流端水位の影響が掘削あるいは開削区間には及ばないように、模型の下流側範囲を以下のように選定した。すなわち、現段階においては掘削あるいは開削区間の下流端は 27.6 km 付近と推定されるため、模型下流端は少なくとも 27.6 km より下流でなければならない。さらに、図-2.3 に示されるように、27.6 km より下流側には、わん曲区間が数個連続しており、通常急勾配のわん曲部においては、水位の堰上げ現象が著しいため、低下背水の影響はそれほど大きくない。したがって、本

検討においては、27.6 km より下流側に 3 箇所のわん曲区間を含ませることとし、模型下流端を 25.4 km とした。

一方、模型の上流側範囲については、保津峡上流河道の勾配が緩いこと及び狭窄部の堰上げ現象が著しいことを考慮して、図-2.3 に示されるように、模型上流端を 29.6 km とした。なお、現地において、29.6 km より上流側において、河道は大きくわん曲しているため上流端における流況が現地により近くなるように、導水路（配水装置から模型上流端までの区間）の形状を、現地河道と同様に大きくわん曲させることとした。

模型縮尺は、実験の精度向上の観点からは大きいほど好ましい。しかし、模型を製作する施設の制約、あるいは模型の製作費用に対する制約より、過大な縮尺を選定することはできない。本模型については、以上の点に配慮して、1/40 を縮尺として採用した。

また、本検討の目的は、保津峡入口部の掘削あるいは開削による上流側水位の低減量を把握することであることより、模型は固定床で充分であると判断し、模型はモルタルにより製作することとした。なお、現地に存在する巨岩の再現にあたっては、形状及び 1/40 縮尺の大きさをできるだけ満足させるようなれきを用いることとした。

模型縮尺を  $L_r=40$  とすると、式 (2.4) より他の水理量の縮率は、それぞれ、次のように与えられる。

$$\left. \begin{aligned} L_r &= 40^{1/2} = 6.32 \\ Q_r &= 40^{5/2} = 1.01 \times 10^5 \\ n_r &= 40^{1/6} = 1.85 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.5)$$

模型実験の実施にあたって、河川流は、河道部上流端に設けられた量水槽に高水槽から送水することにより供給され、流量は、四角ぜきを有する量水槽の越流水深が所定の値となるように、高水槽からの送水管途中に設けられた流量調節用バルブにより設定された。なお、越流水深と流量との関係式としては、板谷・手島の式が用いられている。

実験における測定項目は、水位・流速・流況等であり、水位については、ポイントゲージにより横断面内において 3～5 箇所の水位を測定し、それらの平均値をもって当該横断面の水位とした。流速については、横断面内に 5 測線（鉛直線）程度を選定し、各測線上で 4 点程度を設定し、合計約 20 点において直径  $\phi=5$  mm のプロベラ式流速計を用いて計測した。なお、流速計測は各点において約 10 秒間行い、その間の時間平均値をもって各点の流速とした。流況は、流水に染料を投入し、これを気球あるいは模型 28.8 km 右岸に設けられたローリングタワー上から写真撮影することにより観測された。

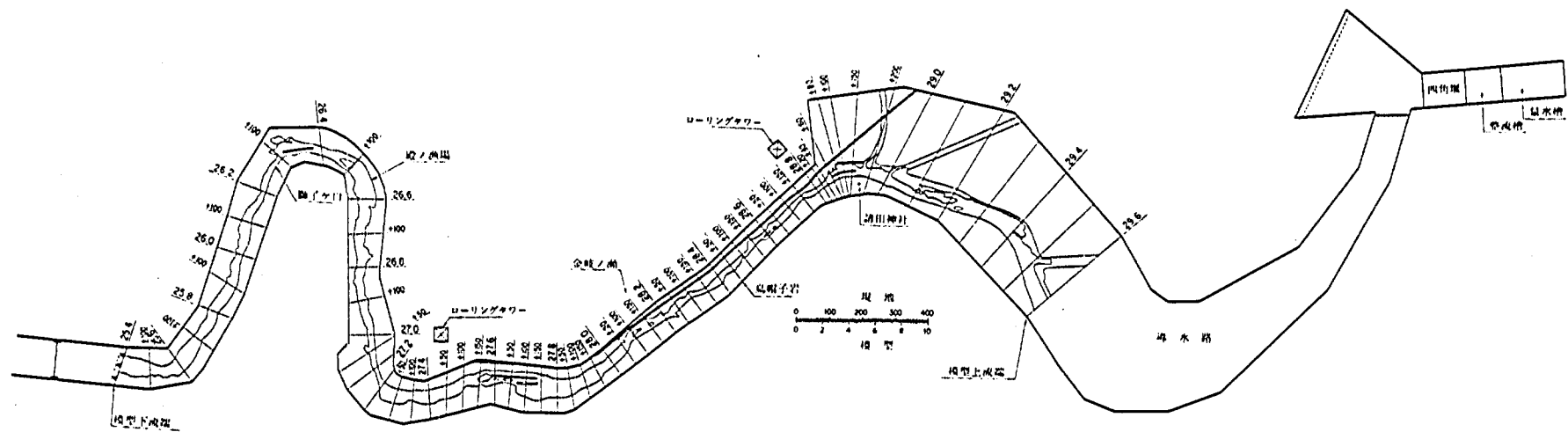


図-2.3 模型平面図



写真-2.1 模型の全景

### 2.2.3 実験水理条件

実験は大きく分類すると、検証実験 (Calibration)、現況河道実験 (Actual river)、暫定河道実験 (Temporary river) 及び計画河道実験 (Planned river) の4種となる。

表-2.9 は、本検討で実験した実験ケースの一覧表であって、実験シリーズ C の検証実験は、2.1.2 で既述したように、模型が現地を再現していることを確認するために実施され、本検討においては対象とした昭和 57 年出水 (8210 出水) 時の痕跡水位が十分に満足されるまで、模型の改造あるいは実験方法の改善などを行った。実験シリーズ A の現況河道実験は、現況河道において計画流量時、暫定流量時あるいはその他の流量時に生ずる現象を把握するための実験であって、本検討においては、計画流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 、暫定流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ 、検証に用いた昭和 57 年出水 (8210 出水) のピーク流量  $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$  及び  $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $500 \text{ m}^3/\text{s}$  の5種の流量が選定された。実験シリーズ T は、保津峡の疎通能力を暫定流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  まで増加させるための掘削あるいは開削方法を見いだすために実施されたものであって、本検討においては、開削案3種及び掘削案1種の選定を目標とした。実験シリーズ P は、保津峡の疎通能力を計画流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  まで増加させるという、いわゆる計画河道の立案を目的としたものであって、開削・掘削の併用案3種の選定を目指した。

### 2.2.4 検証実験による相似性の検討

検証実験に用いた洪水資料は、先に述べたように、昭和 57 年 8 月出水 (8210 出水) であって、ピーク流量は保津峡入口部請田 (29.0 km) の上流亀岡 (31.4 km) で  $1811 \text{ m}^3/\text{s}$  (8 月 2 日 7 時)、下流保津橋 (22.4 km) で  $1,988 \text{ m}^3/\text{s}$  (8 月 2 日 8 時) が、それぞれ、水位・流量曲線より算定された。実験開始時点においては、請田地点の流量が不明であったため、流量を  $1,800 \text{ m}^3/\text{s} \sim 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$  の範囲内で試行錯誤的に設定して実験をすすめることとした。しかし、その後「桂川氾濫調査仮資料 (昭和 57 年 10 月)」により、保津峡入口部より亀岡 (31.4 km) までの間で流入する鶴の川、西川及び年谷川におけるピーク流量が、それぞれ、 $28.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $11.8 \text{ m}^3/\text{s}$  及び  $61.3 \text{ m}^3/\text{s}$  と推定され、保津峡入口部請田の流量は、亀岡の流量にこれら支川流量を加え、約  $1,900 \text{ m}^3/\text{s}$  であることが判明した。したがって、検証実験 C-3 からは、 $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$  を実験流量として採用することとした。なお、痕跡・水位は、27.0 km より下流側では右岸側で、また 27.0 km より上流側では左岸側で計測されている。

#### (1) 検証実験 C-1

まず、設定流量として、上流亀岡流量  $1,811 \text{ m}^3/\text{s}$  と下流保津橋流量  $1,988 \text{ m}^3/\text{s}$  のほぼ中間の値  $Q=1,880 \text{ m}^3/\text{s}$  を採用し、実験水位と痕跡水位との比較を行うと図-2.4 のようになる。

保津峡入口部の堰上げ効果は予想以上に大きく、入口部 29.0 km 地点の水位は痕跡水位より約 1.2 m 高く、入口部上流側の 29.0 km から 29.6 km までの区間において水面勾配はほとんどなくほぼ水平の水面形となった。保津峡入口部の直下流の 28.4 km から 28.8 km までの区間については、実験水位と痕跡水位とはほぼ一致しているが、痕跡水位が計測された左岸側について比較すると実験水位の方が 0.23 m ~ 0.30 m 高く、28.4 km から 29.0 km にかけての区間においては、横断測量実施断面間の河道断面形状、横断測量断面の平面位置及び粗度に対する再検討が必要と判断された。

27.6 km から 28.2 km までの区間についてはとくに 27.4 km 右岸では主流が右岸寄りになるととも

— 25 —

| 実験内容 | 河道条件  | 実験ケース | 流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 開 削 箇 所 |   |   |    |   |   |    | 掘 削 条 件 |        |       | 備 考                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|-------|-------|---------------------------|---------|---|---|----|---|---|----|---------|--------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |       |       |                           | A       | B | C | C' | D | E | E' | 勾 配     | 掘削幅(m) | 上流低水路 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 検 証  | 現 況   | C-1   | 1880                      |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |       | C-2   | 1800                      |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |       | C-3   | 1900                      |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |       | C-4   | 1900                      |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 現 況  | 現 況   | A-1   | 500                       |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |       | A-2   | 1000                      |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |       | A-3   | 1900                      |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |       | A-4   | 2300                      |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|      |       | A-5   | 3500                      |         |   |   |    |   |   |    |         |        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 暫 定  | 開削案 1 | T-1-1 | 2300                      | ○       |   |   |    |   |   |    |         |        |       | 暫定実験において最後の添字が1<br>の場合はQ=2300m <sup>3</sup> /s, 2 の場<br>合はQ=3500m <sup>3</sup> /sを意味してい<br>る。<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br> |

表-2.9 実験ケース一覧表 (その2)

| 実験内容 | 河道条件   | 実験ケース  | 流量<br>(m³/s) | 開 削 箇 所 |   |   |    |   |   |    | 掘 削 条 件 |        |         | 備 考                   |
|------|--------|--------|--------------|---------|---|---|----|---|---|----|---------|--------|---------|-----------------------|
|      |        |        |              | A       | B | C | C' | D | E | E' | 勾 配     | 掘削幅(m) | 上流低水路   |                       |
| 暫 定  | 開削案7-2 | T-13-1 | 2300         | ○       |   |   | ○  |   |   | ○  |         |        |         | F'の掘削                 |
|      | 開削案7   | T-14-1 | 2300         | ○       |   |   | ○  |   |   | ○  |         |        |         | Fの掘削                  |
|      | "      | T-14-2 | 3500         | ○       |   |   | ○  |   |   | ○  |         |        |         | "                     |
|      | 掘削案1   | T-15-1 | 2300         | ○       |   |   |    |   |   |    | 1/420   |        | 複断面     |                       |
|      | "      | T-15-2 | 3500         | ○       |   |   |    |   |   |    | "       |        | "       |                       |
|      | 掘削案2   | T-16-1 | 2300         | ○       |   |   |    |   |   |    | "       |        | 単断面     |                       |
|      | 掘削案2   | T-16-2 | 3500         | ○       |   |   |    |   |   |    | 1/420   |        | 単断面     |                       |
|      | 掘削案3   | T-17-1 | 2300         | ○       |   |   |    |   |   |    | 1/300   |        | 複断面     |                       |
| "    | T-17-2 | 3500   | ○            |         |   |   |    |   |   | "  |         | "      |         |                       |
| 計 画  | 併用案1   | P-1    | 3500         | ○       | ○ | ○ |    | ○ | ○ |    | 1/200   | 35     | 単断面     |                       |
|      | 併用案1   | P-1-2  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | "       |                       |
|      | 併用案2   | P-2    | 3500         | ○       |   |   | ○  |   |   | ○  | "       | "      | "       |                       |
|      | "      | P-2-2  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  |   |   | ○  | "       | "      | "       |                       |
|      | 併用案3   | P-3-2  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  |   |   | ○  | 1/250   | "      | "       |                       |
|      | "      | P-3    | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | "       |                       |
|      | "      | P-3-3  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | "       | 堰上げ                   |
|      | 併用案4   | P-4    | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | 1/300   | 40     | "       | 28.4km+150m は B=36.5m |
|      | 併用案5   | P-5    | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | "       | 28.6km+150m は B=38.0m |
|      | 併用案5   | P-5-2  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | "       | 28.4km+150m は B=36.5m |
|      | "      | P-5-3  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | "       | 堰上げ                   |
|      | "      | P-5-4  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | "       | "                     |
|      | "      | P-5-5  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | 複断面     | 計画堤防位置の修正             |
|      | "      | P-5-6  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | 現況低水路のみ |                       |
|      | "      | P-5-7  | 3500         | ○       | ○ |   | ○  | ○ |   | ○  | "       | "      | "       | 計画堤防位置の修正             |

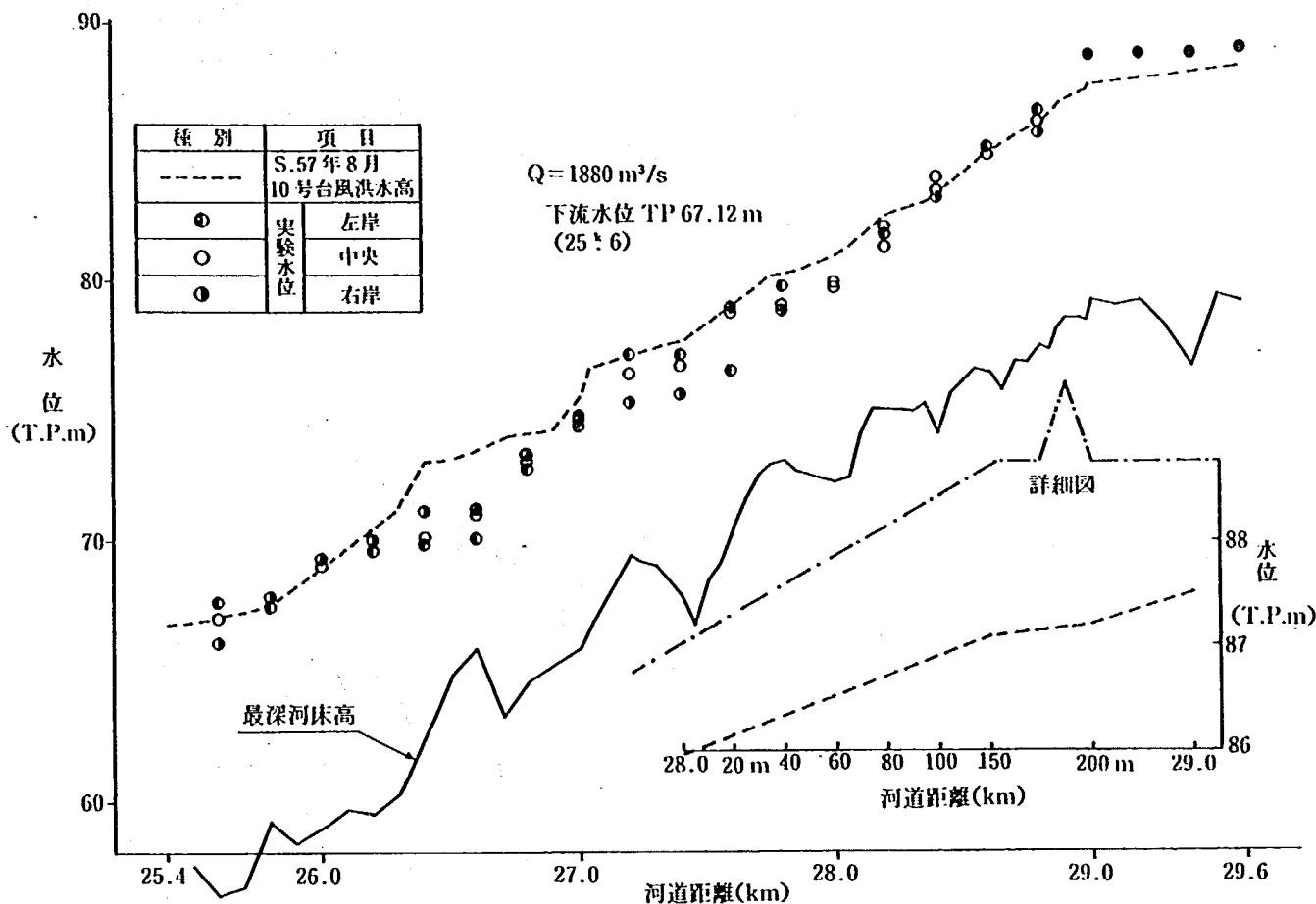


図-2.4 検証実験 C-1 の水位

に波状跳水が発生し実験水位の方が約 2.0 m も低く、27.6 km 左岸では断面形状の急変に伴い射流が発生し実験水位の方が約 2.4 m も低く、さらに 28.0 km でも実験水位の方が約 1 m 低く、断面形状に対する再検討が必要とされた。

また、27.4 km より下流については、とくに 26.4 km から 26.6 km にかけて実験水位の方が約 3 m も低く、26.3 km 断面における堰上げ現象が再現されておらず、横断測量断面間の形状再現が不十分と判断された。

## (2) 検証実験 C-2

検証実験 C-1 の結果及び航空写真の再調査に基づき、本実験においては、保津峡入口部より上流区間 (28.8 km~29.6 km) について河岸粗度を減じ、さらに実験流量を上流亀岡流量に近い  $Q=1,800 \text{ m}^3/\text{s}$  に減少させるとともに、26.6 km、27.6 km 及び 28.0 km 付近については巨岩の追加あるいは河岸・河床粗度を増加させた。

検討実験 C-2 の水位縦断面図を示すと図-2.5 のようであって、保津峡狭窄部より上流について実験水位は、検討実験 C-1 に較べ 0.30 m~0.34 m 低下した。しかし、29.0 km における実験水位は痕跡水位よりも依然として約 0.8 m 高く、これは詳細図にみられるように、28.8 km から 29.0 km にかけて生ずる堰上げ現象の再現が不十分であることに起因するものと判断された。したがって、当該区間

の断面形状そのものの再検討及び測量断面（28.8 km, 28.8 km+20 m, 28.8 km+40 m, 28.8 km+60 m, 28.8 km+80 m, 28.8 km+100 m, 28.8 km+150 m, 28.8 km+200 m, 29.0 km）の平面位置の確認が必要とされた。さらに、保津峡入口部より下流の狭窄部における水位について、巨岩の追加あるいは粗度の増加にもかかわらず、実験流量を約  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  減少させたため、検証実験 C-1 とほぼ同様の結果であった。

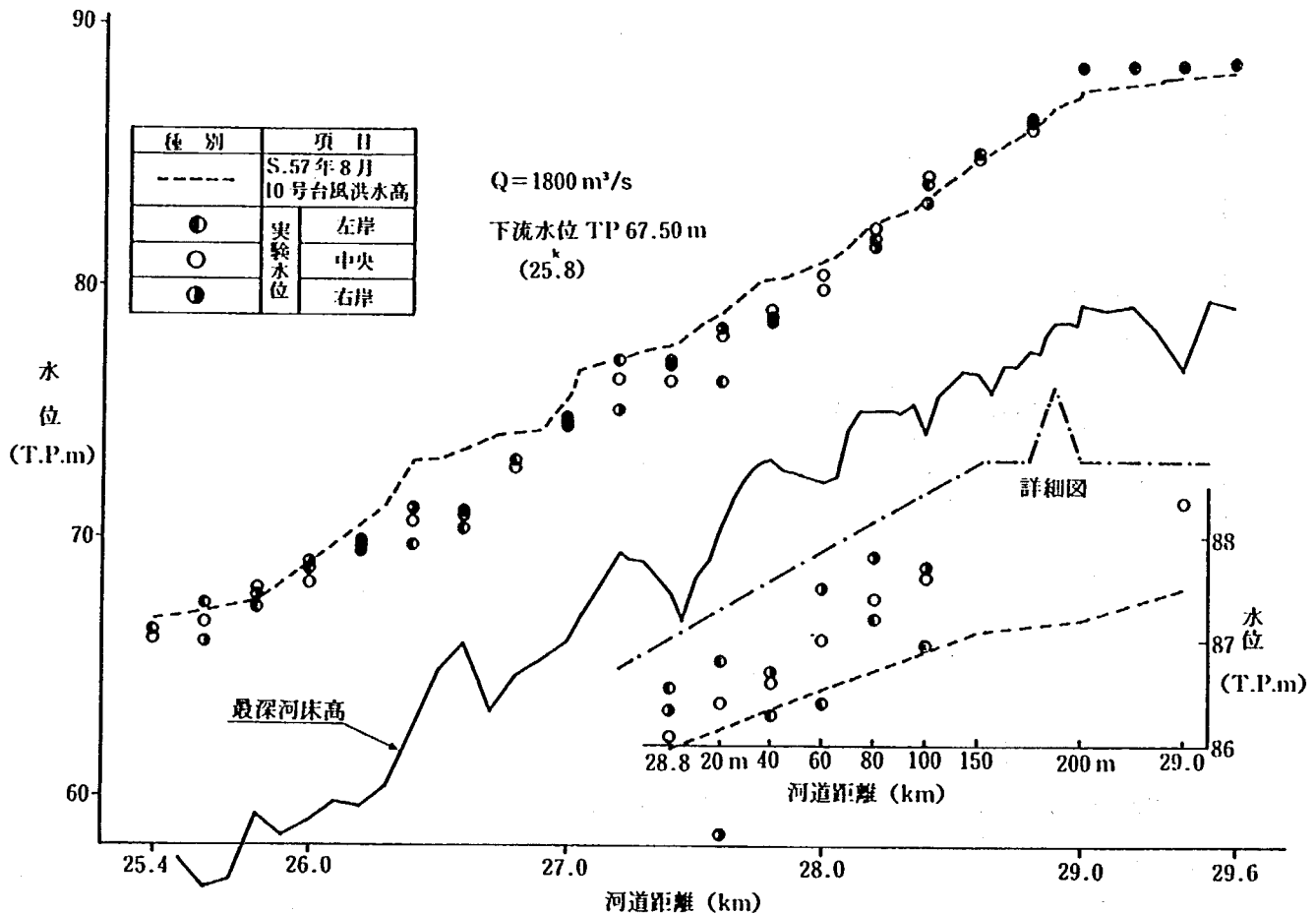


図-2.5 検証実験 C-2 の水位

### (3) 検証実験 C-3

検証実験 C-2 の結果に基づき、測量断面間の横断形状、測量断面の平面位置を再検討するとともに、保津峡入口部上流の鵜の川及び西川の堤防あるいは山陰本線の鉄道位置に関する再測量資料を参考にして模型の修正を試みた。主な修正内容を示すと以下のようである。

- ① 鵜の川の堤防設置
- ② 28.8 km+200 m～29.0 km+100 m 本川右岸側護岸法線の修正
- ③ 28.8 km+150 m より上流について、山陰本線鉄道敷設位置及び敷高の修正
- ④ 28.8 km+20 m 及び 28.8 km+150 m 断面の平面位置の修正
- ⑤ 28.6 km+100 m 付近の断面形状の修正

- ⑥ 27.6 km 付近の断面形状の修正
- ⑦ 27.6 km～28.0 km における粗度の増加
- ⑧ 26.2 km～26.6 km における巨岩の追加と粗度の増加

実験流量としては、先に述べたように、本実験においては  $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$  が妥当であると判断した。なお、本実験に先立ち、模型下流端の水位を痕跡水位に設定した場合と自由流出の場合とを比較した結果、25.8 km より上流側の水位は全く変わらないことが明らかとなったため、模型製作時の方針通り、実験において下流端水位の調節は行わないこととした。

図-2.6 は、本実験の水位縦断図であって、全体的に実験水位は痕跡水位に近づく傾向を呈している。詳細にみると、実験水位は 29.6 km 及び 29.4 km において約 0.2 m、29.2 km 及び 29.0 km において約 0.5 m、それぞれ痕跡水位よりも高いものの、水面勾配は実績値に近づく傾向にあり、また、28.8 km+20 m から 28.8 km+150 m にかけては、痕跡測量を実施した左岸側において、実験水位は痕跡水位にはほぼ一致している。ただし、右岸側については、実験水位の方が約 0.5 m 高く、さらに 28.4 km から 28.8 km にかけては、痕跡水位を測定した左岸側において、実験水位の方が約 0.5 m 高い結果となっているが、断面平均値と比較した場合には、誤差が 0.3 m 以内となっている。

したがって、再度模型の形状を検討し、模型の修正を行うことにより、さらに精度の向上が期待さ

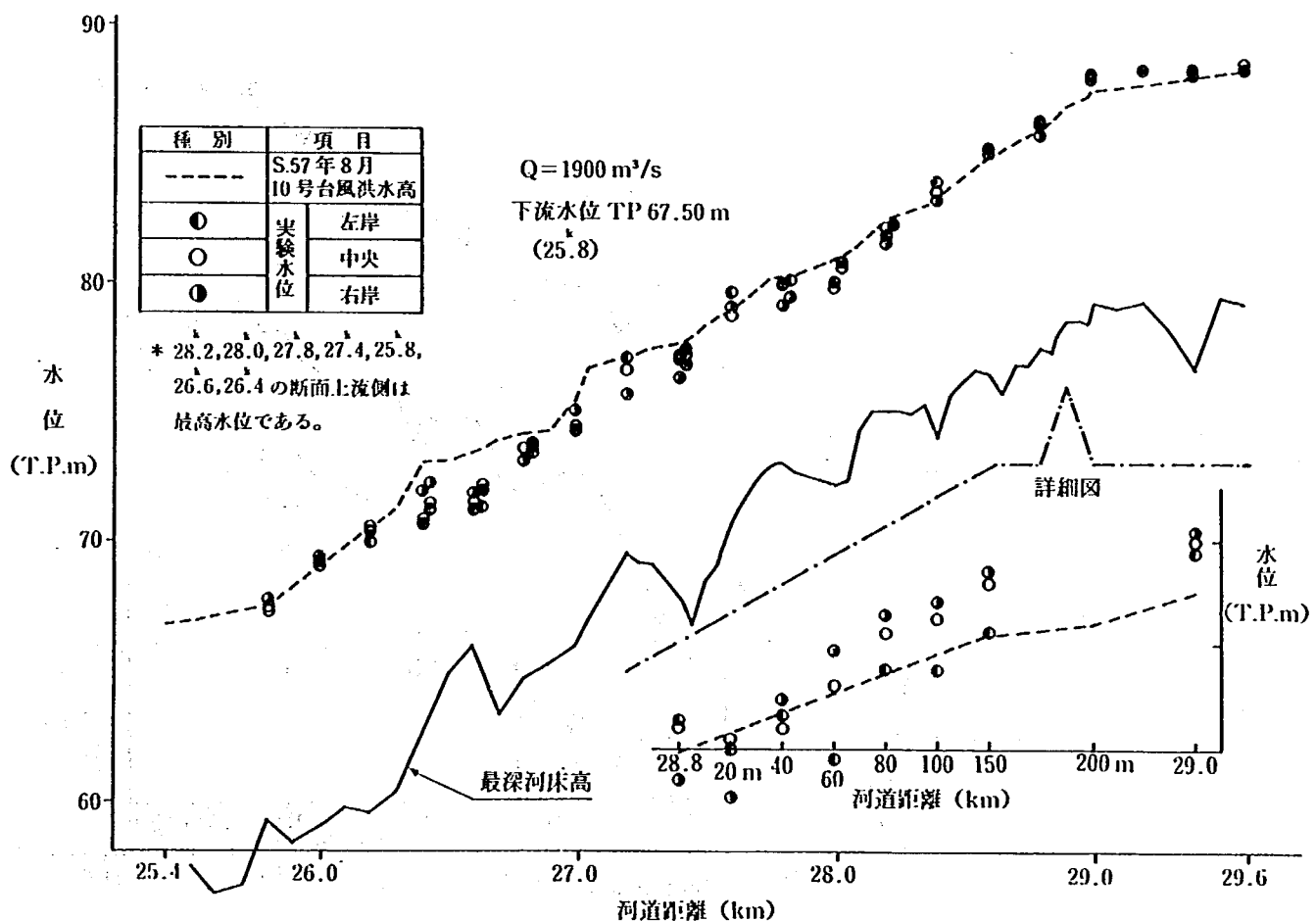


図-2.6 検証実験 C-3 の水位

れる。

#### (4) 検証実験 C-4

検証実験 C-3 の結果に基づき、以下のような模型修正を実施した。

- ① 鵜の川及び西川と本川との合流点付近の堤防法線について、再測量結果に基づいて修正
- ② 28.6 km+50 m の横断面形状の修正
- ③ 航空写真に基づき、28.2 km～28.6 km の巨岩の形状と大きさの修正
- ④ 航空写真に基づき、26.0 km～26.8 km の粗度、巨岩の修正
- ⑤ 26.2 km+100 m の河岸形状の修正

実験流量として、検証実験 C-3 と同様に、 $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$  を採用し、その結果を示すと図-2.7 のようになる。28.6 km+50 m 断面の横断形状を修正した結果、29.0 km より上流部については、検討実験 C-3 と比較して約 0.3 m 水位が低下し、29.6 km 及び 29.4 km については痕跡水位とほぼ一致するまでに至った。ただし、29.2 km 及び 29.0 km については、実験水位の方が痕跡水位よりもまだ 0.2 m 程度高く、狭窄部の堰上げ量は若干過大となっているようである。しかし、詳細図にみられるように、28.8 km から 28.8 km+100 m にかけて、痕跡水位が測定された左岸側水位は痕跡水位にほぼ一致しており、右岸側のみが左岸側の痕跡水位より 0.3 m～0.4 m 高く、これが 29.0 km 及び 29.2 km

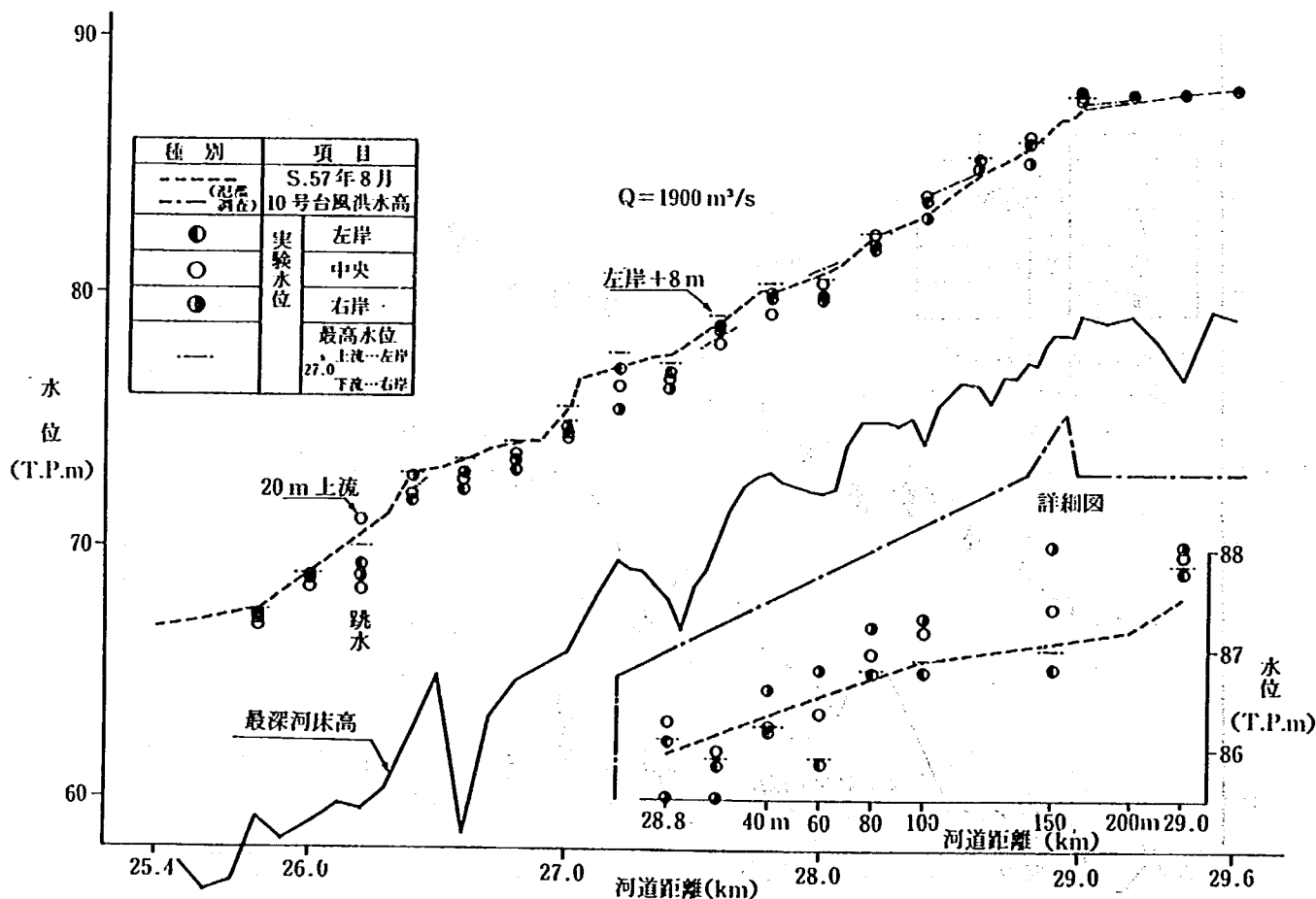


図-2.7 検証実験 C-4 の水位

の堰上げ背水量に影響を及ぼしているものと推測される。わん曲部左右岸におけるこの程度の水位差は充分予想されるものであり、本実験において保津峡入口部付近の現地現象は再現されたものと判断される。

一方、28.4 km 及び 28.6 km については、実験水位が痕跡水位より 0.4 m～0.5 m 高くなっているが、「桂川氾濫調査仮資料（昭和 57 年 10 月）」による痕跡水位とはほぼ一致している。すなわち、痕跡水位が採用する資料により異なっていることより、痕跡水位側定の困難さがうかがわれるとともに、保津峡のように水面変動が著しい河道において測定値にはかなりの誤差が含まれるものと推測される。したがって、28.4 km については少なくとも一方の痕跡調査には一致しているため、現地の再現性は良いものと判断した。

さらに、検証実験 C-3 において実験水位の方がかなり低かった 26.4 km から 26.6 km にかけては、今回の模型修正の結果、実験水位は痕跡水位に近づく傾向を示した。とくに、側壁面へ周期的にのりあげる水位変動を考慮し、その最高水位を実験水位とすると、痕跡水位にはほぼ一致するようである。しかし、26.2 km+100 m 付近における堰上げにより、26.2 km 付近では射流となり、26.0 km から 26.2 km にかけて跳水が発生し、26.0 km の実験水位は痕跡水位よりかなり低下する様相を呈している。ただし、26.2 km より 20 m 下流における跳水波上の水位は、26.2 km の痕跡水位より約 0.5 m 高くなっており、跳水発生位置の不安定性を考慮すると、模型は現地現象をほぼ再現しているものとみなされる。

以上のように、実験水位と痕跡水位とを比較すると、実験値の方が若干高い地点もあるが、各断面における痕跡水位との差はいずれも 0.5 m 以内に入っており、当初の目標はほぼ達成されたものと判断される。

## 2.3 不等流計算

### 2.3.1 基本式

不等流計算の基本原理はエネルギーの保存則であって、いま、図-2.8 のように、河道上・下流でと

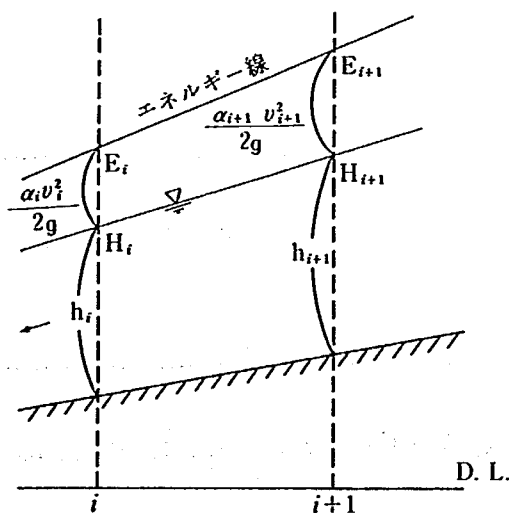


図-2.8 不等流計算概念図

なりあう 2 断面  $i$  及び  $i+1$  において流れが有する全エネルギーを、それぞれ、 $E_i$  及び  $E_{i+1}$  とすると、基本式は次式のように与えられる。

$$E_{i+1} - E_i = \Delta E \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

ここに  $\Delta E$  は流水が断面  $i+1$  から断面  $i$  までに流下する間に、流れのもつエネルギーから流れ以外のエネルギーたとえば熱・音エネルギーへと変換されたものであって、このようなエネルギーの変換は、流れと河床面との間に働くせん断力あるいは乱れ的作用等に基づくものである。なお、通常この変換量は、流れからみた場合、流れが失うエネルギーに相当しており、エネルギー損失と呼ばれることが多い。しかし、広い立場からみた場合、エネルギーの消滅ということとはあり得ない。

流れが有するエネルギーは、以下のように表現される。まず、対象とした断面を通過する流れが有するエネルギーは、当該断面を通過する個々の水粒子がもつエネルギーの積分として表される。いま、図-2.9 のように、基準面から  $z$  の高さであり、かつ水面から  $\xi$  の深さにある質量  $\rho$  の水粒子が流速  $v$  で流下している場合、単位時間に単位断面を通過する水粒子が有するエネルギー  $e$  は、

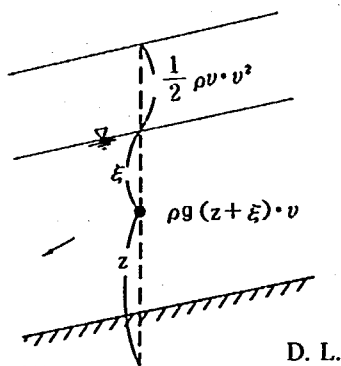


図-2.9 エネルギー説明図

$$\begin{aligned} e &= \rho g v z + \rho g v \xi + \frac{1}{2} \rho v v^2 \\ &= \rho g \left\{ v(z + \xi) + \frac{v^3}{2g} \right\} \quad \dots\dots\dots (2.7) \end{aligned}$$

と書かれる。ここに、 $z + \xi$  は当該断面の水位  $H$  であって、式 (2.7) はさらに次のように簡単化される。

$$e = \rho g \left( v H + \frac{v^3}{2g} \right) \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

したがって、対象とした断面を通過するエネルギー  $e_r$  は、式 (2.8) の積分によって以下のように表される。

$$\begin{aligned}
e_T &= \int_A e dA \\
&= \int_A \rho g \left( vH + \frac{v^3}{2g} \right) dA \\
&= \rho g H \int_A v dA + \rho g \int_A \frac{v^3}{2g} dA \quad \dots\dots\dots (2.9)
\end{aligned}$$

通常、河川工学においては、エネルギーの表現にあたって、対象とした断面を通過した水塊の有するエネルギーを、その水塊の重量で除し、長さの次元を有するエネルギー水頭を用いることが多い。したがって、式 (2.9) の両辺を  $\rho g \int_A v dA = \rho g Q$  ( $Q$ : 流量) で除すと、当該断面のエネルギー水頭  $E$  は

$$E = H + \frac{1}{Q} \int_A \frac{v^3}{2g} dA \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

を表される。

いま、上式 (2.10) 右辺第 2 項の積分項を断面平均流速  $V \left( = \frac{Q}{A} \right)$  により表すと

$$\frac{1}{Q} \int_A \frac{v^3}{2g} dA = \alpha \frac{A}{Q} \frac{V^3}{2g} = \alpha \frac{V^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

となる。ここに、 $\alpha$  は、積分量として表されるべき速度エネルギー水頭を、断面平均流速  $V$  を用いて表そうとしたときに必要となる係数であって、通常エネルギー補正係数とよばれ、次のように定義される。

$$\begin{aligned}
\alpha &= \frac{\int_A \frac{v^3}{2g} dA}{A \frac{V^3}{2g}} \\
&= \frac{1}{A} \int_A \left( \frac{v}{V} \right)^3 dA \quad \dots\dots\dots (2.12)
\end{aligned}$$

水深に比較して幅が十分に広い開水路流れ、すなわち 2 次元開水路において、 $\alpha$  はマンニングの粗度係数  $n$  及び径深  $R$  を用いて、

$$\alpha = 1 + 2.34 f - 1.38 f^{3/2}, \quad f = \frac{89 n^2}{R^{1/3}} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

と表現され、河川流においては、通常  $\alpha = 1.05 \sim 1.10$  とされている。しかし、本検討では対象とした狭窄部の流れにおいては、このような値がそのまま使えるとは限らない。

断面平均流速を用いると、断面  $i$  の流れが有するエネルギー水頭は、エネルギー補正係数  $\alpha_i$  を用いて、

$$E_i = H_i + \frac{1}{2g} \alpha_i V_i^2 \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

と表される。上式を式 (2.6) に代入することにより、

$$\begin{aligned}
& \left( H_{i+1} + \frac{\alpha_{i+1}}{2g} V_{i+1}^2 \right) - \left( H_i + \frac{\alpha_i}{2g} V_i^2 \right) \\
&= (H_{i+1} - H_i) + \frac{1}{2g} (\alpha_{i+1} V_{i+1}^2 - \alpha_i V_i^2) \\
&= \Delta E \quad \dots\dots\dots (2.15)
\end{aligned}$$

一方、右辺のいわゆるエネルギー損失量  $\Delta E$  は次のように表現される。まず、河床及び河岸との摩擦等によって失われるエネルギー  $\Delta E_f$  は、いわゆるマンニングの粗度係数によって表現され、いま断面  $i$  と  $i+1$  との区間における粗度係数を  $n_{i, i+1}$ 、流量を  $Q_{i, i+1}$  とすると、 $\Delta E_f$  は

$$\Delta E_f = \frac{1}{2} n_{i, i+1}^2 Q_{i, i+1}^2 \left( \frac{A_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{A_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

と与えられる。ここに、 $A_i$ 、 $A_{i+1}$  及び  $R_i$ 、 $R_{i+1}$  は、それぞれ、断面  $i$  及び  $i+1$  における流水断面積及び径深、 $\Delta x$  は断面  $i$  と  $i+1$  との間隔である。

また、本検討で対象とした狭窄部においては、断面が不規則に変化し、いわゆる断面の急拡・急縮が連続している。急拡・急縮河道におけるエネルギー損失は、通常次式のように表現される。図-2.10 のような急拡・急縮部において、急拡部及び急縮部のエネルギー損失量  $\Delta E'$  及び  $\Delta E''$  は、それぞれ、以下のように与えられる。

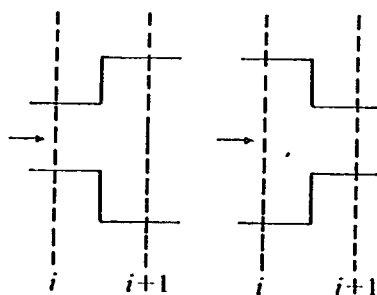


図-2.10 急拡・急縮部の流れ

$$\begin{aligned}
\Delta E' &= K' \frac{V_i^2}{2g} \\
\Delta E'' &= K'' \frac{V_{i+1}^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (2.17)
\end{aligned}$$

ここに、 $K'$  及び  $K''$  は、それぞれ、急拡及び急縮のエネルギー損失係数であって、これらは断面急変部上・下流の川幅比等によって与えられる。

しかしながら、本検討で対象とした狭窄部においては、図-2.11 のように断面特性が明らかな断面間においても急拡・急縮が生じており、個々の断面変化部のエネルギー損失係数  $K'$ 、 $K''$  までを断面特性が明らかな断面の諸量のみから与えることはできない。したがって、本検討においては、断面間で

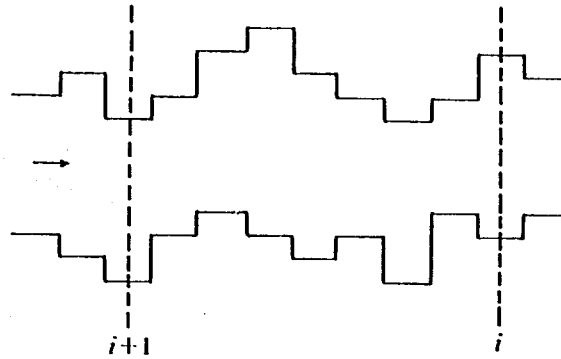


図-2.11 狭窄部流れの断面変化

生じる急拡・急縮によるエネルギー損失を上・下流断面の平均流速  $V_i$ ,  $V_{i+1}$  を用いて

$$\Delta E = K \frac{1}{2g} \frac{1}{2} (V_i^2 + V_{i+1}^2) \Delta x \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

と表すことにする。

したがって、式 (2.15) は、次式のように書き直される。

$$\begin{aligned} & (H_{i+1} - H_i) + \frac{1}{2g} (\alpha_{i+1} V_{i+1}^2 - \alpha_i V_i^2) \\ &= \frac{1}{2} \left\{ n_{i,i+1}^2 Q_{i,i+1}^2 \left( \frac{A_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{A_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) + K_{i,i+1} (V_{i+1}^2 + V_i^2) \right\} \Delta x \quad \dots\dots\dots (2.19) \end{aligned}$$

なお、断面  $i$  と断面  $i+1$  との間において、跳水が発生する場合には、式 (2.19) の右辺に、跳水によるエネルギー損失項が付加されるが、その取扱いについては、3.2 において述べることにする。

### 2.3.2 計算の手順

先に示したように、となりあう断面間においては、エネルギー保存則より式 (2.19) が満足されなければならない。したがって、流れが常流の場合には、上流側断面の水位  $H_{i+1}$  をまず仮定し、既知の下流側諸量との間で式 (2.19) が満足されるまで、 $H_{i+1}$  を仮定しなおすことによって上流側諸量が求められる。

一方、流れが射流の場合には、逆に下流側断面の水位  $H_i$  をまず仮定し、既知の上流側諸量との間で式 (2.19) が満足されるまで  $H_i$  を仮定しなおすことによって下流側諸量が求められる。

しかし、本検討で対象とした狭窄部の流れにおいては、常流と射流とが混在しており、実際の計算にあたっては、限界水深となりうる断面をまず選定し、その断面より上流あるいは下流に向かって計算をすすめる必要がある。

限界水深は、常流から射流に遷移する区間において生ずるため、いま対象とした断面において、限界水深が発生するかどうかをまず判定しなければならない。いま、図-2.12 のように、断面  $i$  において常流から射流に遷移すると仮定すると、断面  $i-1$  では射流、断面  $i+1$  では常流となるから、各断面における水位を  $H_{i-1}$ ,  $H_i$ ,  $H_{i+1}$ , 各断面における限界水位（限界水深に対応する水位）を  $H_{c,i-1}$ ,

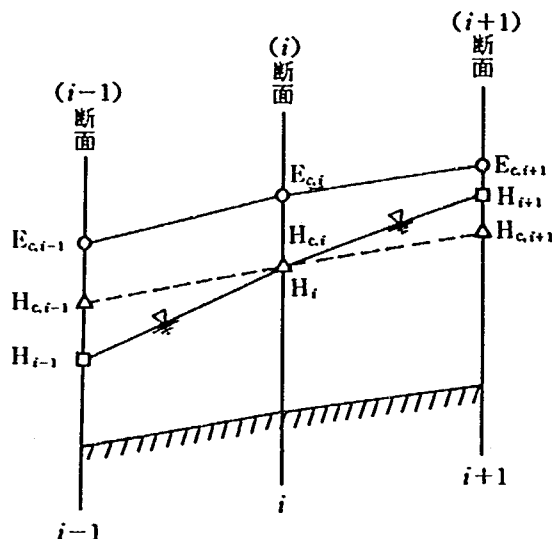


図-2.12 限界水深が生ずる断面の概念図

$H_{c,i}$ ,  $H_{c,i+1}$ , また各断面におけるエネルギー水頭を  $E_{i-1}$ ,  $E_i$ ,  $E_{i+1}$ , 各断面における限界エネルギー水頭（限界水位に対応したエネルギー水頭）を  $E_{c,i-1}$ ,  $E_{c,i}$ ,  $E_{c,i+1}$  とすると, これらの間には次の関係が成立しなければならない。すなわち, 断面  $i-1$  の流れは射流であるから,

$$H_{i-1} < H_{c,i-1}, E_{i-1} > E_{c,i-1} \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

断面  $i$  では限界水深となっているから

$$H_i = H_{c,i}, E_i = E_{c,i} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

また, 断面  $i+1$  の流れは常流であるから,

$$H_{i+1} > H_{c,i+1}, E_{i+1} > E_{c,i+1} \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

ここに, エネルギー水頭  $E_{i-1}$ ,  $E_i$  及び  $E_{i+1}$  は, それぞれ式 (2.14) によって与えられ, また  $E_{c,i-1}$ ,  $E_{c,i}$  及び  $E_{c,i+1}$  は, それぞれの断面におけるエネルギーの最小値として与えられる。

一方, 断面  $i-1$  と断面  $i$  との間において, 壁面の表面抵抗あるいは急拡・急縮などによる形状抵抗により流れが失うエネルギー水頭は

$$\Delta E_{i-1,i} = \frac{1}{2} \left\{ n_{i-1,i}^2 Q_{i-1,i}^2 \left( \frac{A_{i-1}^2}{R_{i-1}^{4/3}} + \frac{A_i^2}{R_i^{4/3}} \right) + K_{i-1,i} (V_{i-1}^2 + V_i^2) \right\} \Delta x \quad \dots\dots (2.23)$$

によって表される。いま, 断面  $i-1$  及び断面  $i$  の両断面において限界水深となる仮想的な限界流を考え, この限界流が表面抵抗及び形状抵抗により失うエネルギーを  $\Delta E_{c,i-1,i}$  とすると, 図-2.12 に示される断面  $i-1$  と  $i$  との間の射流については, 次式が成立する。

$$\Delta E_{c,i-1,i} < E_{c,i} - E_{i-1} \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

ここに, 右辺は, 図-2.12 に示される断面  $i$  において限界流（限界水深となる流れ）が有するエネルギー水頭  $E_{c,i}$  と, 断面  $i-1$  において射流が有するエネルギー水頭  $E_{i-1}$  との差であって, さらに式 (2.20) を用いると

$$E_{c,i} - E_{i-1} < E_{c,i} - E_{c,i-1} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

が成立する。したがって、式 (2.24) と式 (2.25) とから、断面  $i$  における限界流が、断面  $i-1$  において射流となるための条件は、

$$\Delta E_{c,i-1,i} < E_{c,i} - E_{c,i-1} \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

によって表される。

また、断面  $i$  における限界流が、断面  $i+1$  において常流となるための条件は、射流の場合と同様の手順により、

$$\Delta E_{c,i,i+1} > E_{c,i+1} - E_{c,i} \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

によって表される。

したがって、計算の対象とした区間内の各断面において、式 (2.26) 及び式 (2.27) の双方が同時に成立するかどうかを検討し、同時に成立する場合には当該断面において限界水深が生ずる可能性があるものと判断される。

つぎに、限界水深が生じる可能性のある断面より上・下流に不等流計算を進めると、図-2.13 のように、複数の水位曲線群が得られる。このとき、同図の㉑のようにある区間において、常流の水位と射流の水位との双方が存在する可能性がある場合、当該区間において跳水発生の可能性が示唆される。したがって、常流のエネルギー水頭と射流のエネルギー水頭とを比較し、後者のエネルギーの方が大きいことを確認することにより、跳水発生の確認が行われる。

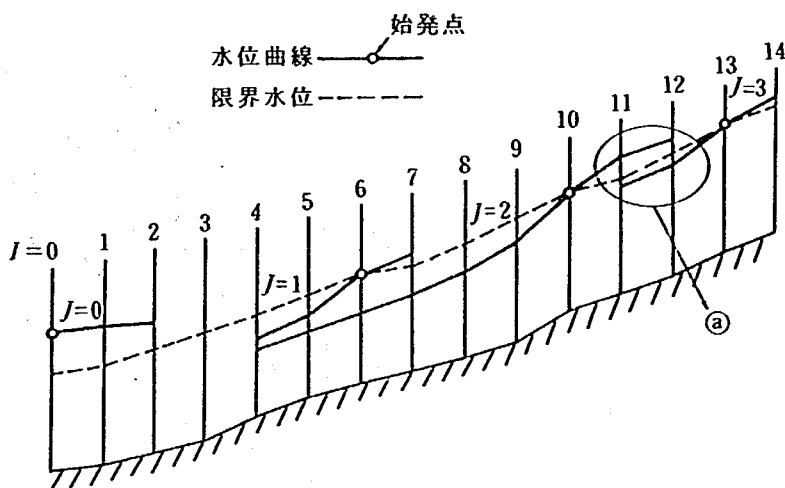


図-2.13 不等流計算による水面形

このような方法により、河道の断面特性、マンニングの粗度係数  $n$ 、エネルギー補正係数  $\alpha$  及び形状損失係数  $K$  が与えられれば、流量  $Q$  に対する水面形を求めることができる。

### 3. 計画河道の検討

#### 3.1 模型実験による検討

##### 3.1.1 現況河道

現況河道の水理特性を把握するために、種々の流量を通水し、水位及び流速の測定と流況の観察を行った。流量は  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ （昭和 57 年出水ピーク流量）、 $2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ （暫定流量）及び  $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ （計画流量）の 5 種類とし、それぞれ、現況実験 A-1、A-2、A-3、A-4、及び A-5 とした。なお、現況実験 A-4 及び A-5 は、それぞれ、暫定河道実験及び計画河道実験において、開削あるいは掘削の効果を把握する際比較の対象となる重要な実験である。

以下において、まず水位については、検証実験に関する 2.2.4 において詳述したのでここでは全ケースの比較に重点をおいて概説し、流速も含めた流況については各ケースごとに詳述することにする。

##### (1) 水位

各実験ケースにおける水位縦断面図を示すと図-3.1 のようであって、保津峡入口部における堰上げ現

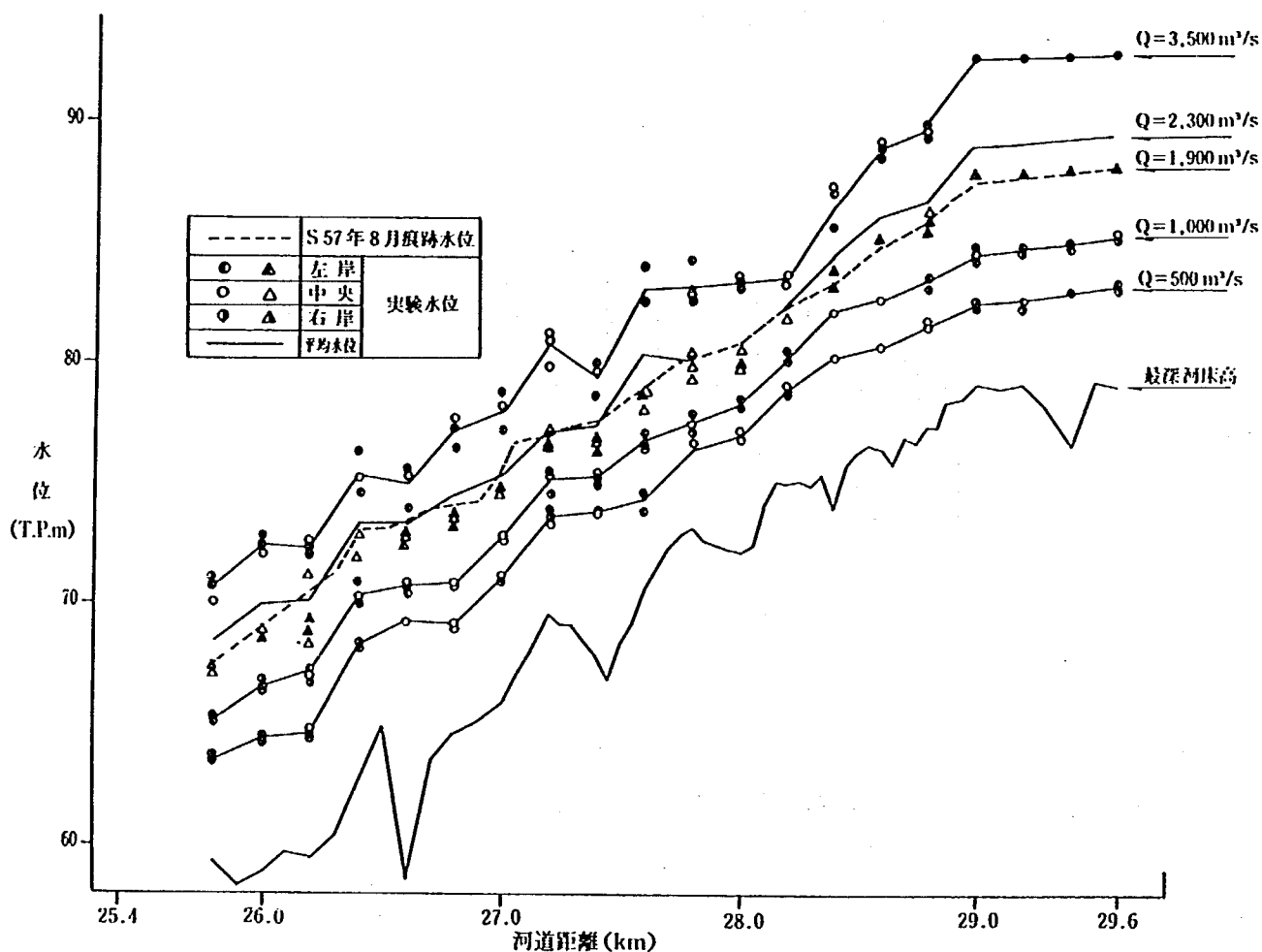


図-3.1 現況河道における水位

象は、流量の増加に伴って著しくなることがうかがわれる。さらに、表-3.1は図-3.1に基づき、各区間における水面勾配をとりまとめたものであって、狭窄部上流側（29.0 km～29.6 km）の水面勾配は、流量の増加とともに緩くなっているのに対し、28.2 km から 29.0 km にかけては、逆に流量の増加とともに水面勾配が急になっており、上述の堰上げに対する流量の効果が確認される。一方、28.2 km より下流側については、流量が  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  より小さい場合、28.0 km+100 m（小鮎の滝）、26.8 km 及び 26.2 km+100 m の断面において堰上げが生じているが、平均すると  $1/150 \sim 1/170$  の水面勾配となり、流量の影響は少ないようである。しかし、流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合、28.2 km+100 m、27.0 km 及び 26.2 km+100 m の断面における堰上げ現象は顕著に現れ、階段状の水面形となっている。

表-3.1 現況河道における水面勾配

| 断面<br>$Q\text{m}^3/\text{s}$ | 29.6      | 29.0    | 28.2 | 27.6    | 25.8    |
|------------------------------|-----------|---------|------|---------|---------|
| 500                          | $1/830$   | $1/220$ |      | $1/156$ |         |
| 1000                         | $1/870$   | $1/180$ |      | $1/160$ |         |
| 1900                         | $1/1360$  | $1/130$ |      | $1/167$ |         |
| 2300                         | $1/3750$  | $1/110$ |      | $1/176$ |         |
| 3500                         | $1/12000$ | $1/80$  | 0    |         | $1/144$ |

つぎに、保津峡入口の請田神社（29.0 km）付近の水位を各流量ごとに示すと以下のようである。すなわち、流量  $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$  では低水路がほぼ満杯となる水位、 $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$  では請田神社前の道路敷高（TP 87.50 m）、 $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  では 28.8 km 断面の道路敷高（TP 89.00 m）、 $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  では山陰本線のレール敷高となる。このような特性を、さらに水位・流量曲線で示すと図-3.2 のようになり、29.0 km の現況堤防（天端高 TP 86.47 m）を越水する流量は約  $1,440 \text{ m}^3/\text{s}$  であることが知られ、この値はほぼ従来の傾向と一致している。なお、29.0 km 地点計画高水位 TP 88.90 m（計画堤防高 TP 90.40 m）に対応する流量は約  $2,100 \text{ m}^3/\text{s}$  であり、暫定流量  $2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  に対しては 0.7 m、また計画流量  $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  に対しては 3.7 m、それぞれ水位を低下させる必要性がある。

## （2）流 況

### ① 現況実験 A-1 ( $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ )

本実験における流況を図化すると図-3.3 のようであって、その特徴を述べると以下のようである。なお、図中の流速は、各鉛直測線における流速の最大値で記載されている。

保津峡入口の狭窄部より上流では、流水は低水路内をほぼ一様に流下し、主流は 29.4 km 左岸から 29.2 km 右岸へ、さらに 29.0 km 低水路中央に向かう傾向が強く、その最大流速は  $3.8 \text{ m/s}$  程度である。29.4 km わん曲部の右岸護岸から約 10 m の領域は死水域となり、左岸側でも狭い範囲ではあるが

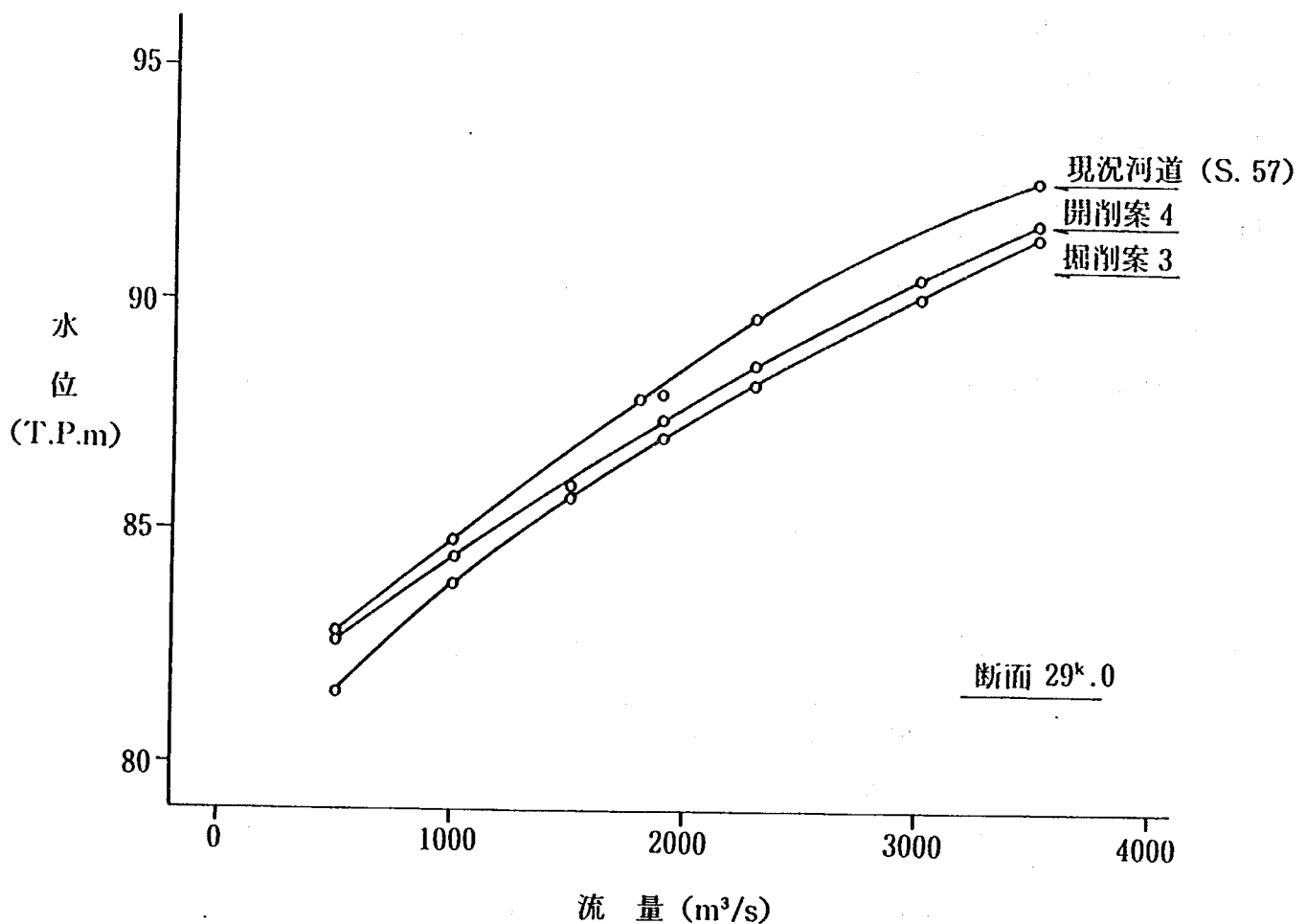


図-3.2 現況河道における水位・流量曲線

死水域が現れている。

29.0 km より主流は、低水路中央の遊船用導流堤右岸側沿いを走り、28.8 km 狭窄部右岸側へ流速 4.5 m/s 前後で流入し、その後河道中央を最大 5.0 m/s 程の流速で 28.2 km の金岐の瀬へと流下している。流心部には、約 10 m の間隔で 0.3 m 程度の波状跳水が発生しているが、その形状は比較的安定しており、また狭窄部による堰上げ現象は顕著でない。28.4 km から 28.4 km+100 m の左岸沿いでは、若干の逆流が生じ、ほぼ死水域とみなされる領域が存在している。28.2 km 付近では、金岐の瀬により主流は 2 分され、28.2 km 河道中央及び 28.0 km+100 m 左岸の一部では射流が発生し、その直下流では水位差 1.5 m~2.5 m の跳水がみられる。この付近は、本実験の対象区間内では最も流速が速く、最大流速は約 6.0 m/s に達している。

28.0 km より下流側において、河道は右方向にわん曲しており、主流は左岸寄りとなって 27.6 km (小鮎の滝) へと流下しているが、27.7 km 左岸一帯は散乱岩により水面は波状を呈している。27.6 km において、左岸側河岸の張り出しと河道中央に存在する巨岩等により、27.6 km は狭窄部の形状となり、ここでは最大流速が左岸法面近くで 5.6 m/s となっている。さらに、27.6 km より下流側においては、主流は流水路中央よりやや右岸寄りを河道形状に沿って流れ、27.2 km 付近のわん曲部を経て 26.8 km 左岸側へと流下している。27.4 km+100 m 付近の跳水は、巨岩等により変形するとともに、

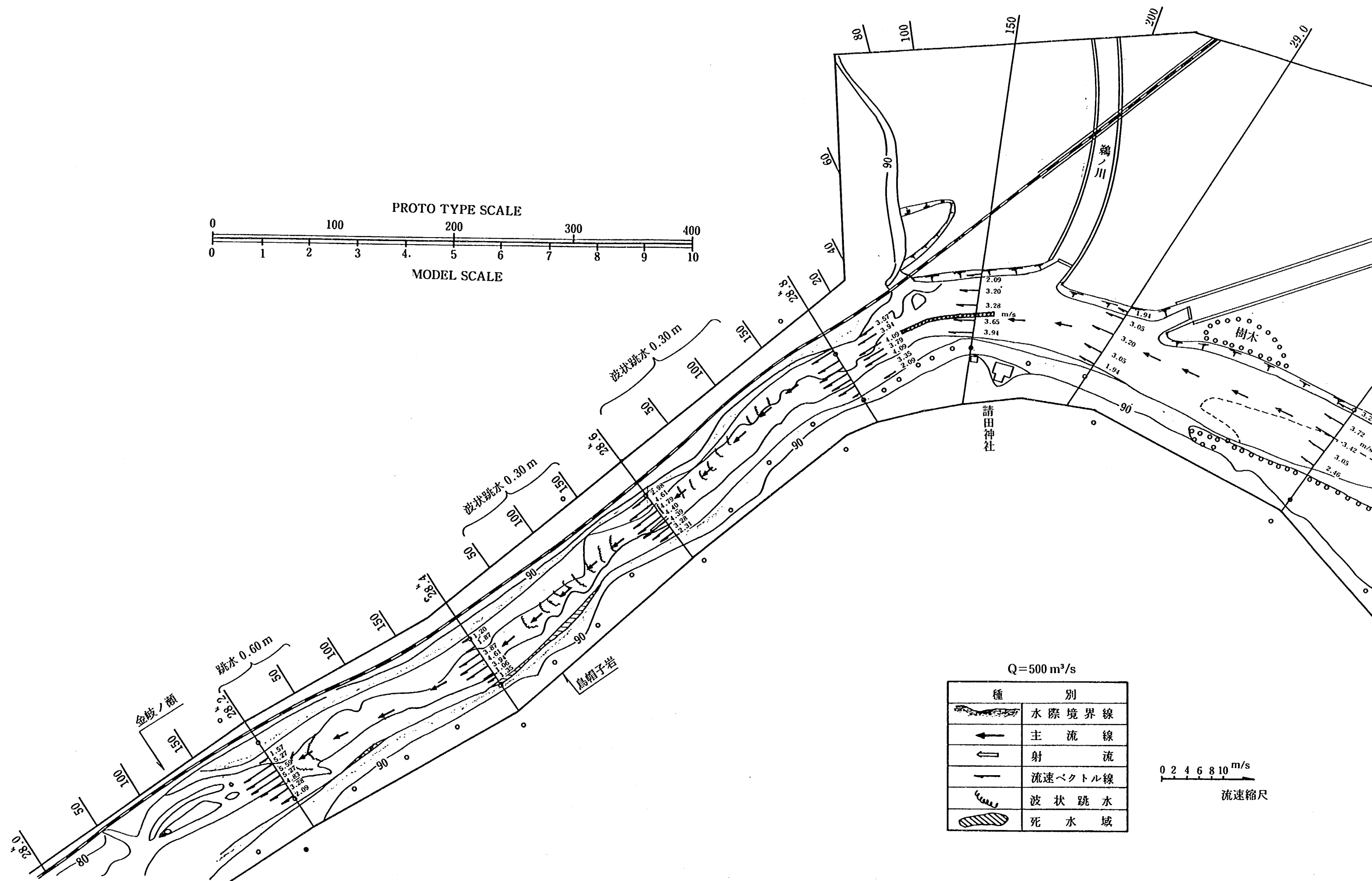


図-3.3 (1) 現況実験 A-1 ( $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況

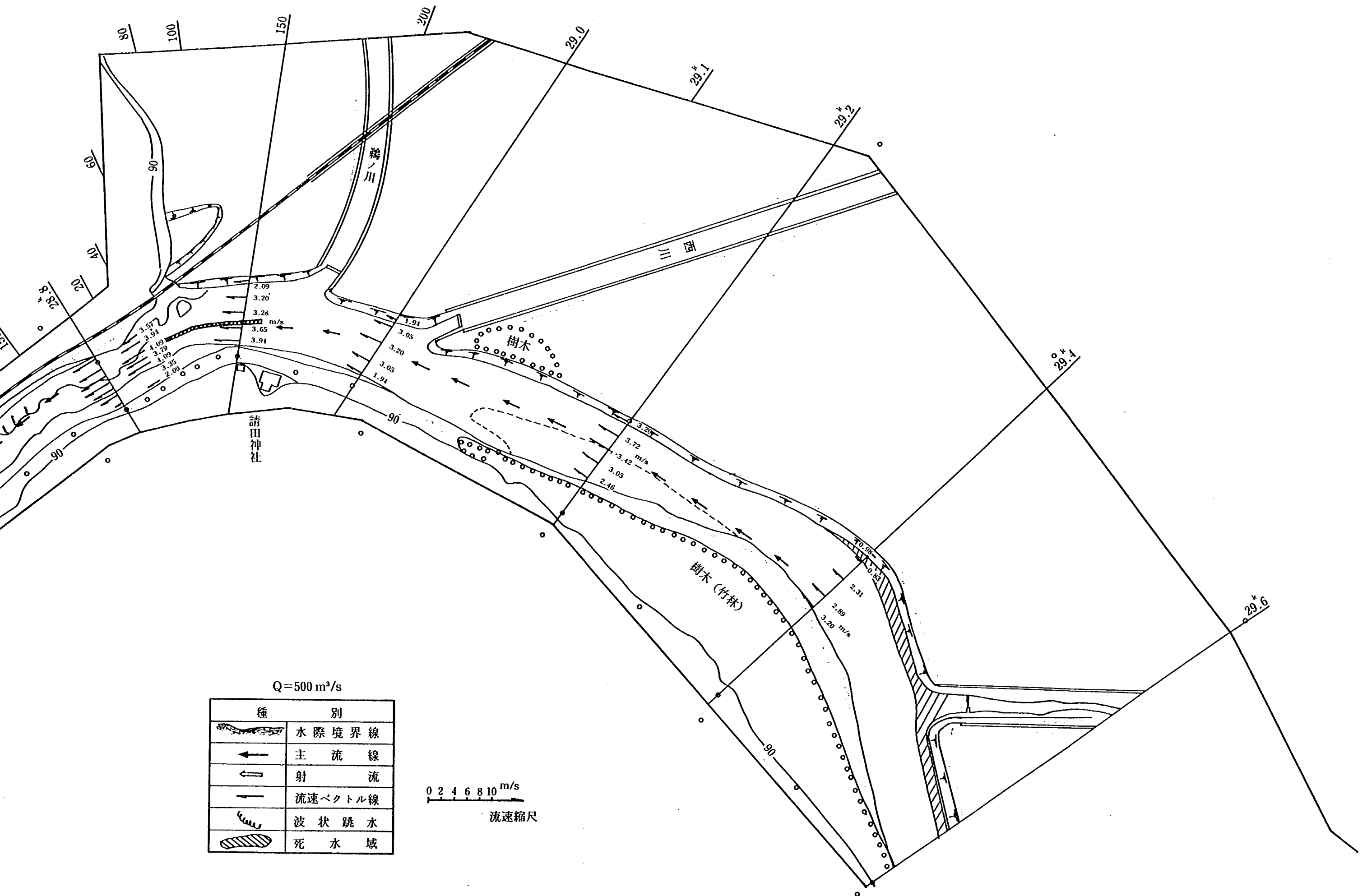


図-3.3 (1) 現況実験 A-1 (Q=500 m³/s) における流況

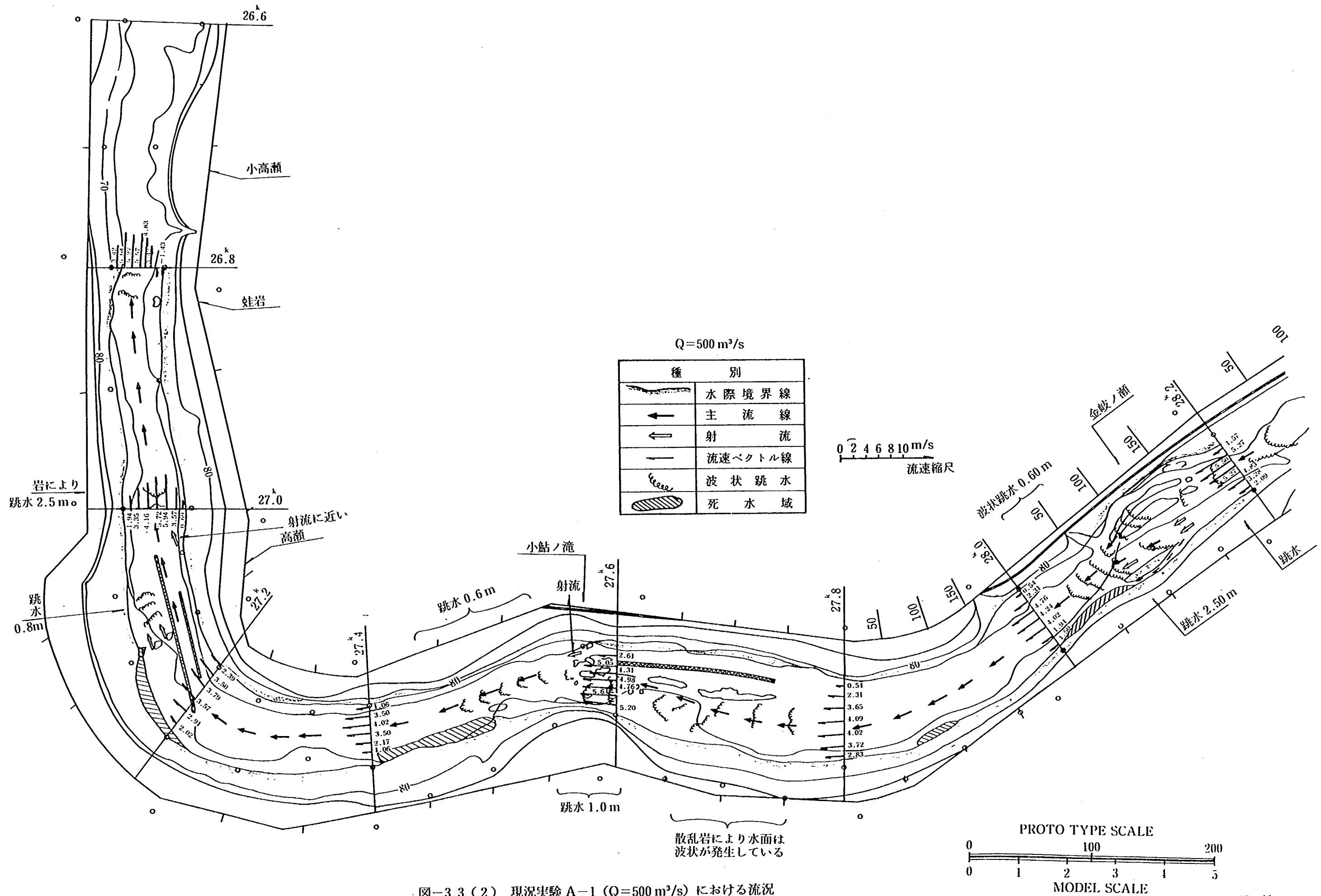
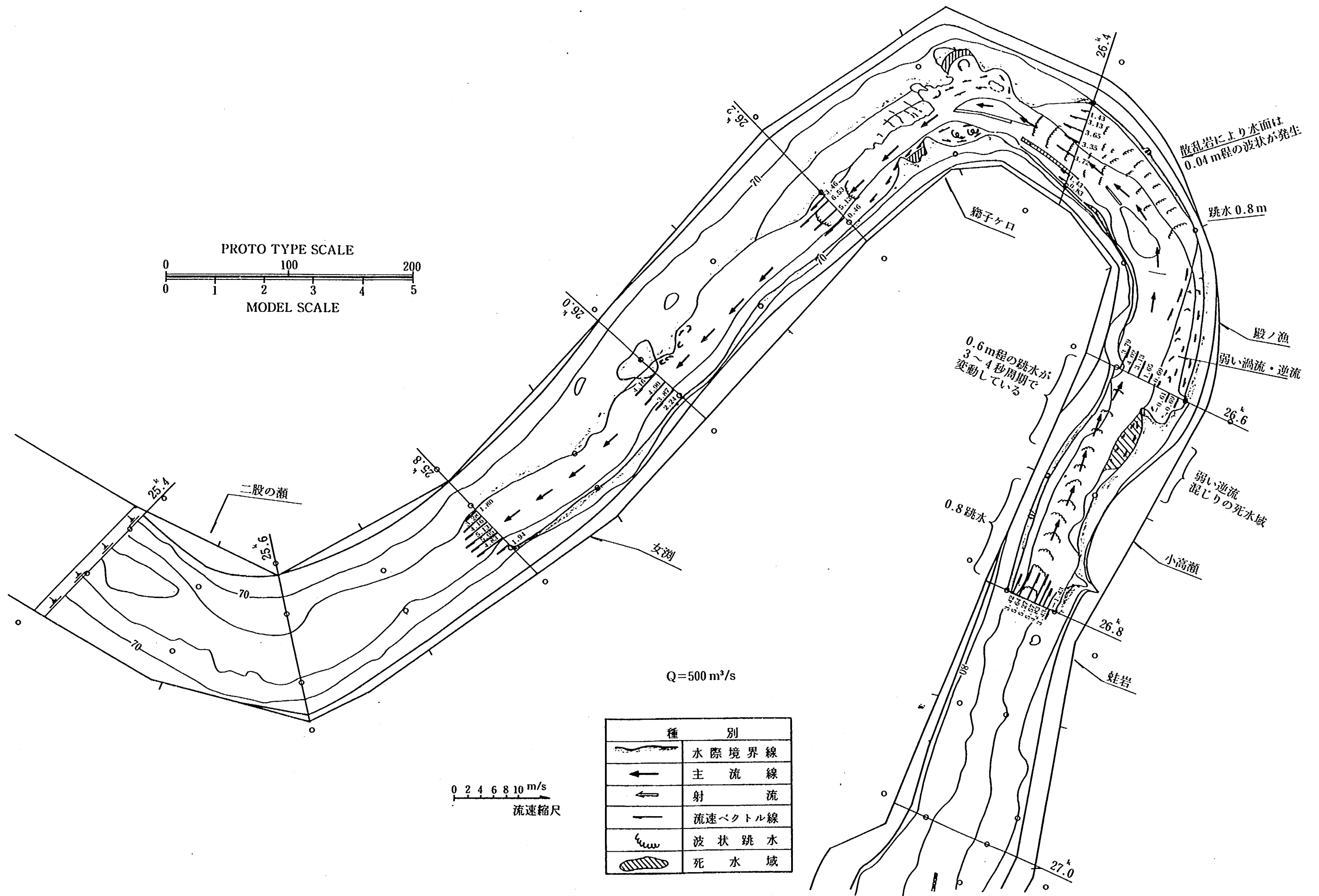


図-3.3 (2) 現況実験 A-1 (Q=500 m³/s) における流況



現地換算で 10～20 秒の周期的変動をしているが、その下流 27.4 km 付近では河道幅が若干広くなり、流速は 3.5 m/s 前後に減少し、水面は比較的穏やかになっている。また、巨岩の影となる 27.5 km、27.2 km 左岸沿い約 10 m の領域では、約 -0.5 m/s の逆流が 10～20 秒の周期で発生しているが、ほぼ死水域に近い領域とみなされる。

さらに、27.0 km+100 m 付近には巨岩及び散乱石が転在し、巨岩間あるいは巨岩上を越流する流れは射流となり、その直下流で跳水が発生している。とくに、27.0 km 付近の巨岩は極めて大きく、巨岩側面では約 5.9 m/s の流速が発生し、巨岩下流の跳水高は、2.5 m 程に達している。27.0 km より、主流は河道中央より左岸寄りの直進流となり、26.4 km わん曲部の河道中央へと流下している。26.8 km から 26.6 km にかけては波高 0.8 m 程の波状跳水が発生し、26.7 km から 26.6 km にかけて、跳水高は 0.6 m 程に若干減少するが、跳水形状は 20～25 秒周期で変動している。26.6 km 右岸に存在する突起岩により、その上流は弱い逆流混じりの死水域、その下流右岸側の幅 20 m、長さ 65 m の総面積 1,300 m<sup>2</sup>の領域内では、流速 0.3 m/s～0.5 m/s の旋回流が発生し、法側面沿いは流速 0.7 m/s の逆流域となっている。26.4 km わん曲部の右岸側一帯は、散乱岩により水面は波高 0.4 m 程の波が無数に発生している。この付近一帯は、26.2 km+100 m の巨岩により水位が約 2 m～3 m 堰上げられ、流速は 3.5 m/s 前後に減少している。26.2 km+100 m 付近は巨岩、突起岩の規模が大きく、河道は複雑な形状を呈し、獅子ノ口と称されている。左岸側突起岩の影には弱い渦流が発生し、右岸側突起岩の前面では弱い逆流が発生し、ほぼ死水域とみなされる。さらに、26.2 km より下流側において、主流は平均 5 m/s 程の流速で河道のほぼ中央部を流下している。



写真－3.1 現況河道 (S. 57) 狭窄部入口部下流の流況 ( $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ )

b 現況実験 A-3 ( $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ )

現況河道に流量  $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$  を流下させた場合の流況は図-3.4 のようであって、保津峡入口の狭窄部より上流の水位は、低水路右岸の護岸高より  $2 \text{ m} \sim 3 \text{ m}$  低く、年谷川、西川、鶴の川の3支川はほぼ死水域に近い状態となっている。29.4 km 付近の流水域は、現況実験 A-1 ( $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の場合より左岸側に約  $20 \text{ m}$  拡幅し、主流は低水路左岸から 29.2 km 低水路中央より若干右岸寄りを  $4.0 \text{ m/s}$  前後の流速で流下し、狭窄部のほぼ中央付近へ  $4.5 \text{ m/s}$  の流速で流入しており、その最大流速は約  $5.6 \text{ m/s}$  である。29.4 km わん曲部の低水路右岸側護岸沿いの幅  $30 \text{ m}$  の領域では、流速  $1.0 \text{ m/s}$  程の逆流が  $10 \sim 20$  秒の周期で発生している。

28.8 km 狭窄部より、主流部は現況実験 A-1 ( $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の場合と同様に河道のほぼ中央を流下し、28.2 km 金岐の瀬に至っている。しかし、跳水は  $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$  時と比較すると若干変形し、跳水の発生間隔は約  $20 \text{ m}$ 、その波高は  $0.4 \text{ m} \sim 0.6 \text{ m}$  に増大し、流心部の最大流速も  $6.5 \text{ m/s}$  程に達している。28.6 km 直上流の左・右岸、28.4 km+100 m 左岸、28.2 km+100 m 左岸の直下流部には狭窄部を形成するような巨岩が存在し、弱い逆流域が発生し、さらに 28.6 km+50 m 左岸にも弱い渦流が存在している。また、28.2 km 右岸には一部射流が現れている。

28.0 km+100 m を波高  $4 \text{ m}$  程の跳水を伴って流速  $7.5 \text{ m/s}$  で流下した主流は、27.8 km 河道中央より若干左岸寄りを迂回し、27.6 km 小鮎の滝を最大流速  $6.8 \text{ m/s}$  で流下した後、右岸河岸沿いを走り、わん曲部河道中央から 27.0 km 河道中央へと流下している。途中 27.6 km+100 m の主流部は散乱岩等の存在により波高  $0.8 \text{ m}$  程の波状跳水を呈し、27.4 km+100 m 左岸に死水域、27.2 km 左岸沿いに流速  $1.5 \text{ m/s}$  程の逆流域が生じている。



写真-3.2 現況河道 (S. 57) 狭窄部入口部下流の流況 ( $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ )

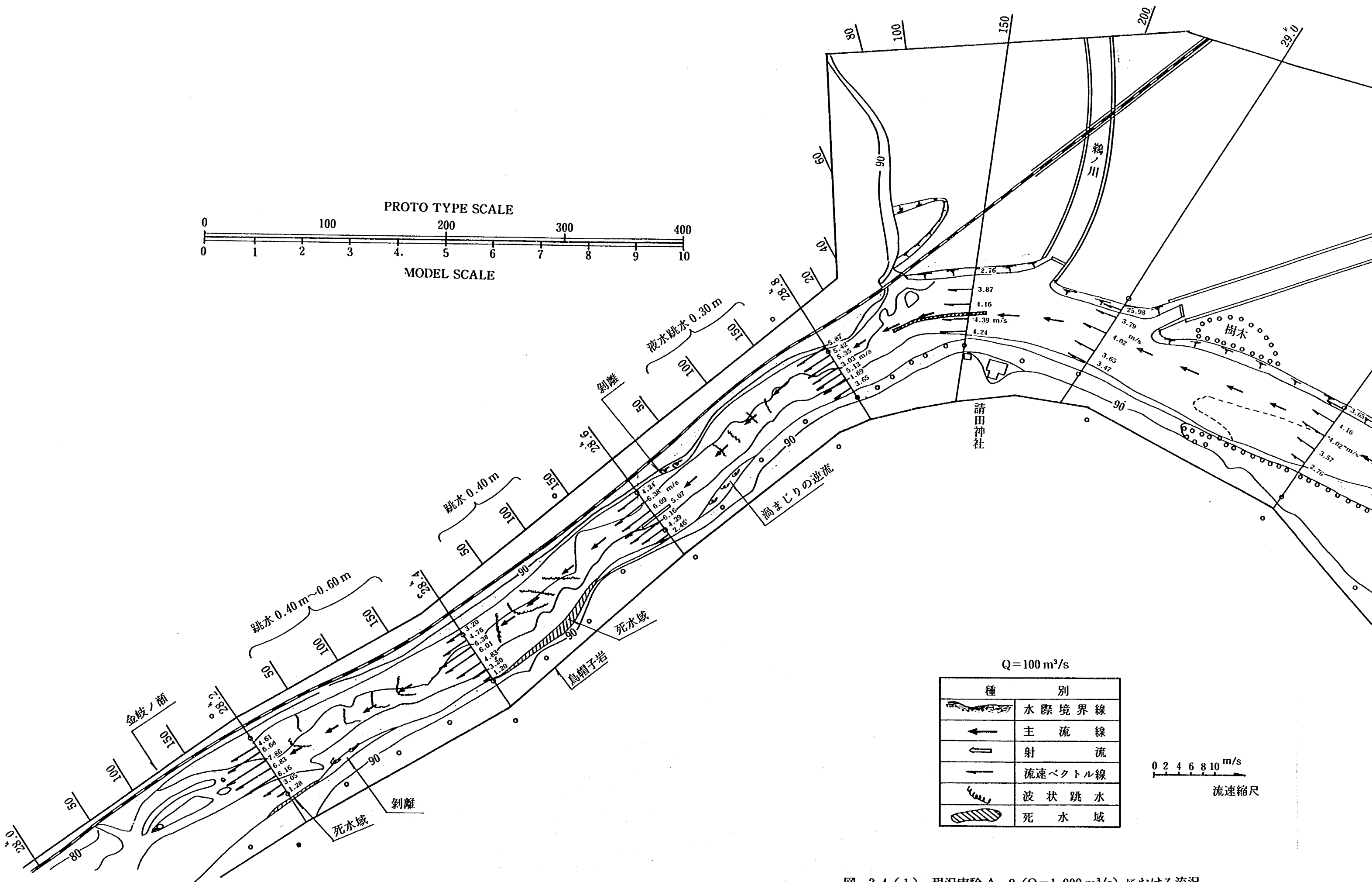


図-3.4 (1) 現況実験 A-2 ( $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況

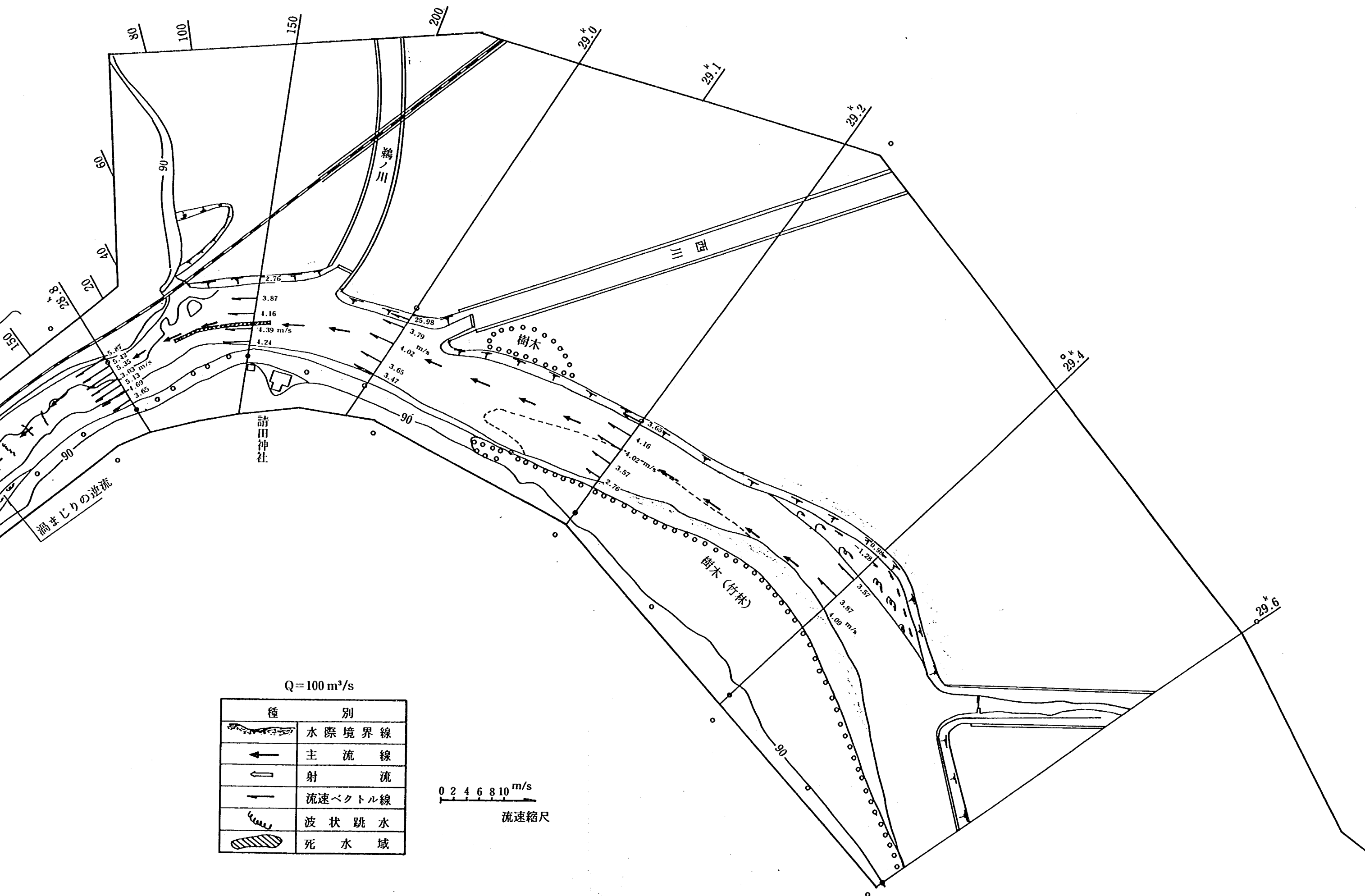


図-3.4 (1) 現況実験 A-2 (Q=1,000 m³/s) における流況

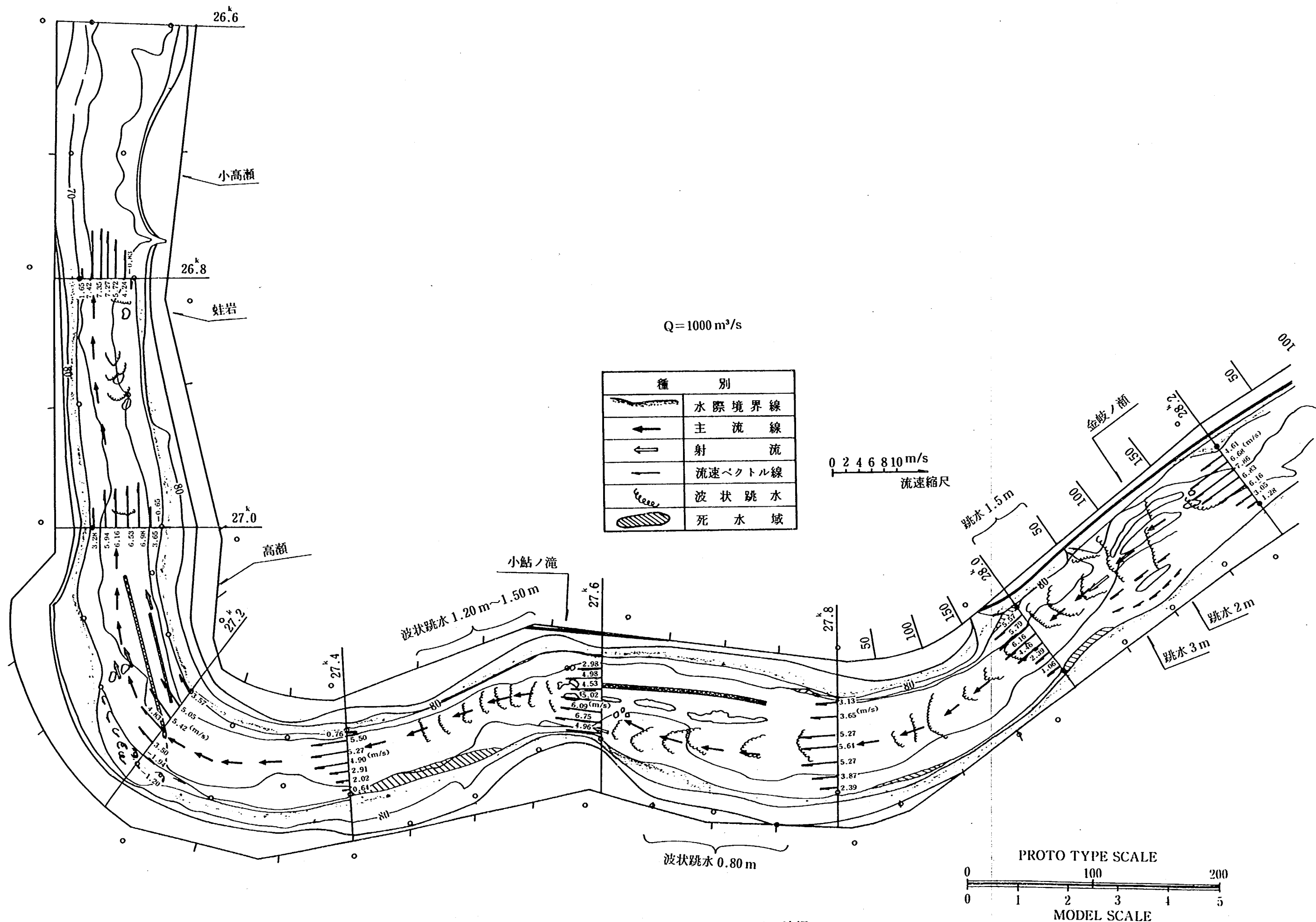


図-3.4 (2) 現況実験 A-2 (Q=1,000 m<sup>3</sup>/s) における流況

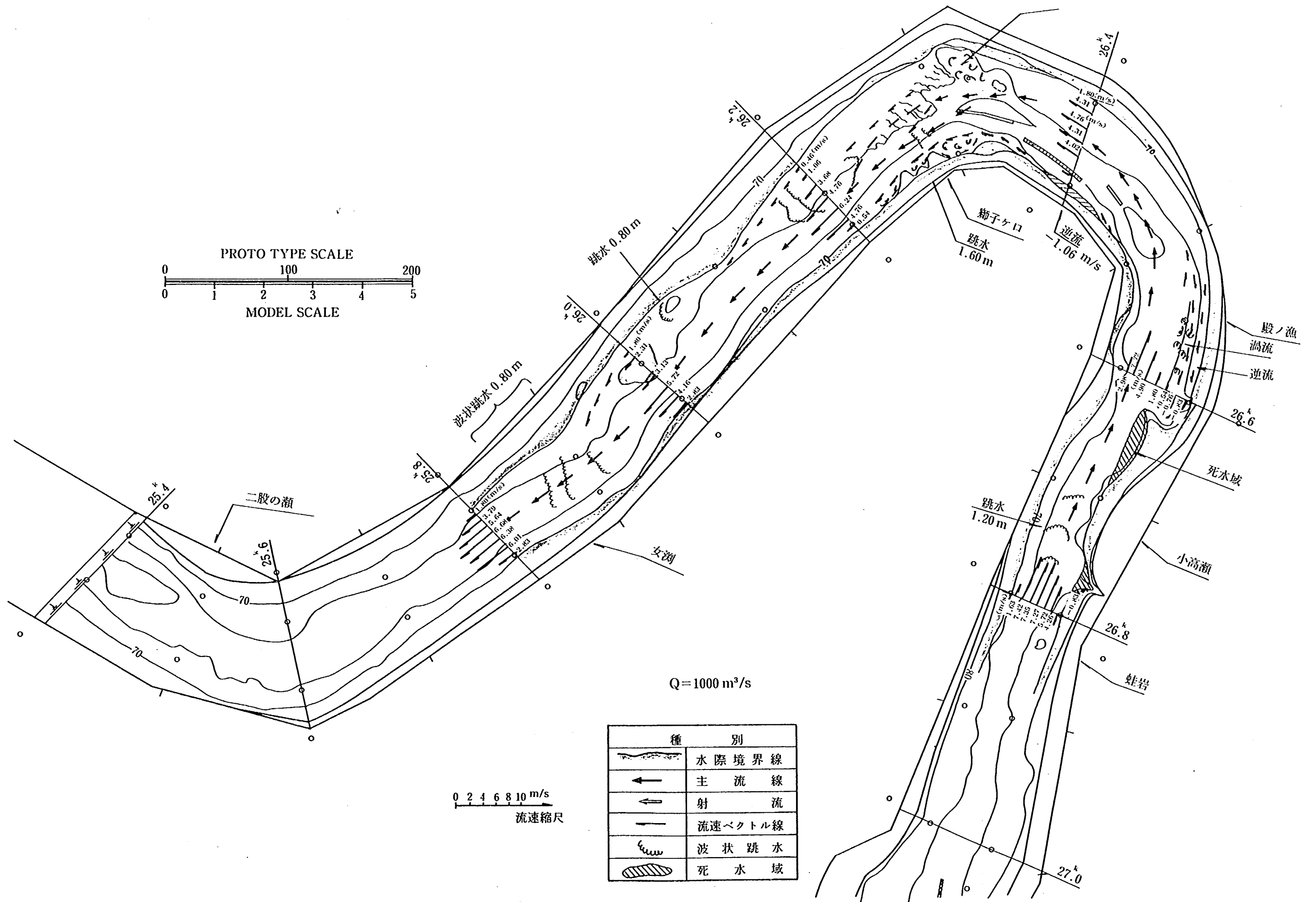


図-3.4 (3) 現況実験 A-2 (Q=1,000 m³/s) における流況

27.0 km より下流において、主流は流速 7.4 m/s 程で河道中央より若干左岸寄りを直進的にわん曲部へ流下している。26.8 km 付近の跳水波高は 1.2 m に達し、26.6 km 右岸には逆流・渦流が発生し、河岸沿いの逆流流速は 0.8 m/s 程である。わん曲部では 26.2 km+100 m 付近の巨岩の影響により流速は 4.5 m/s に減少するが、主流は、巨岩前面より巨岩上を走る流れが現れている。したがって、26.2 km では射流を呈し、その 20 m 上流及び 40 m 下流では波高 2 m 程の跳水が発生している。

㉔ 現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ )

流況を示した図-3.5 において、保津峡入口部上流側の模型範囲はすべて氾濫域となるが、主流は現況実験 A-2 ( $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の場合とはほぼ同位置を流れている。29.0 km より上流低水路内の流速は、狭窄部の堰上げによる影響が顕著に現れ、2.5 m/s 前後に半減し、右岸高水敷上では平均 1.3 m/s 程の流速となり、西川堤防を越水して鉄道沿いから狭窄部の直上流へと流入している。

28.8 km 付近狭窄部の最大流速は、現況実験 A-2 ( $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) と比較すると、約 15% 増の 6.3 m/s に達している。28.8 km 狭窄部から下流の主流線は、低流量時とはほぼ同様であるが、27.8 km 及び 27.0 km 付近では河道中央より若干左岸側へと変化し、直進流の傾向が現れている。流心部の流速は平均すると 8.0 m/s 程に増大し、とくに 28.0 km 及び 27.6 km では射流の発生に伴い、28.8 km から 28.6 km にかけての波状跳水高は 0.8 m 程に増大し、その下流 28.4 km 付近の跳水高は 1.6 m 程となり、右岸河岸から 10 m 幅の領域では流速 1.8 m/s 程の逆流域が現れている。なお、 $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合、狭窄部による堰上げ現象は、28.8 km 右岸、28.6 km+50 m 右岸、28.4 km+150 m 左岸の突起岩の影響によるものであることが明確に観察される。河道内の跳水は、28.6 km、28.0 km+100 m、27.0 km 及び 26.2 km 付近においてとくに著しく、27.0 km 左岸の射流による跳水波高は 3.5 m にも達している。また、27.4 km+100 m 左岸、27.2 km 左岸及び 26.6 km+100 m 右岸では、現況実



写真-3.3 現況河道 (S. 57) 狭窄部入口部下流の流況 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ )

験 A-1 ( $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 及び A-2 ( $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) に比べ、流水幅の拡大に伴って死水領域は半減しているものの、直進流が強くなった事により 27.6 km+100 m 左・右岸沿いにはくり域が発生している。26.4 km わん曲部における主流については、26.2 km+100 m 付近の巨岩により 2 分する流れが明確に現れている。

④ 現況実験 A-4 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )

現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) と比較すると、保津峡入口の狭窄部上流側水位は約 1.3 m 上昇しているものの、図-3.6 に示されるように、29.0 km より上流の主流位置及びその流速値はあまり変化していない。29.0 km から狭窄部にかけての主流は、中央より若干左岸側となり、その最大流速は  $0.2 \text{ m/s} \sim 0.3 \text{ m/s}$  増加して、 $6.5 \text{ m/s} \sim 6.6 \text{ m/s}$  になっている。また、右岸高水敷（氾濫域）上では、 $1.4 \text{ m/s}$  前後の流速となり、28.8 km+100 m 右岸の低水護岸の切れ目より低水路へ流入する流れの流量は若干増加している。

28.8 km 狭窄部より下流の主流位置は、現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の場合とほぼ同様であるが、低水路形状にかかわらず直進的な流れが卓越してくる傾向があり、波状跳水の間隔及び形状は不規則性を増している。河道内流心付近の流速は、現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の場合と比較すると 10% 程度増大し、平均  $9 \text{ m/s}$  前後となり、とくに 28.2 km 及び 28.0 km では、いずれも最大流速が  $10 \text{ m/s}$  近くになっている。流れの直進性が増すことにより、27.6 km+100 m 右岸、27.2 km 左岸及び 27.4 km 左岸河岸沿い一帯では、死水域が拡大している。さらに、26.6 km 左岸でも射流が発生するとともに、右岸一帯の剝離領域が拡大し、大規模渦はより著しくなり、最大逆流流速は約  $2 \text{ m/s}$  に達している。26.2 km+100 m 付近の主流は、現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) と比較するとやや右岸寄りに移り、巨岩上の波だちは波高が 3 m にもなり、その発生位置は 25~30 秒の周期で変動している。



写真-3.4 現況河道 (S. 57) 狭窄部入口部下流の流況 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )



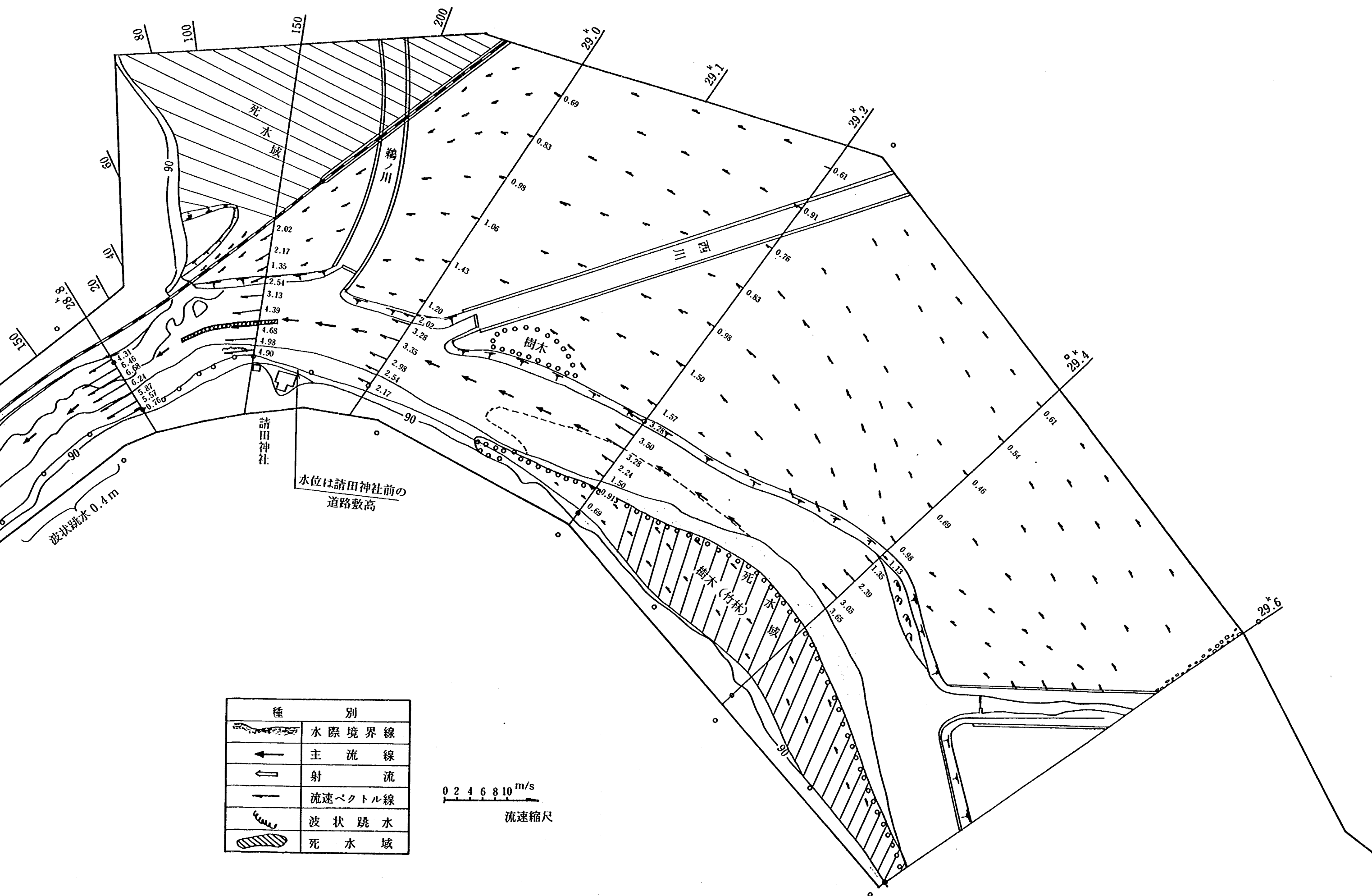


図-3.5 (1) 現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況

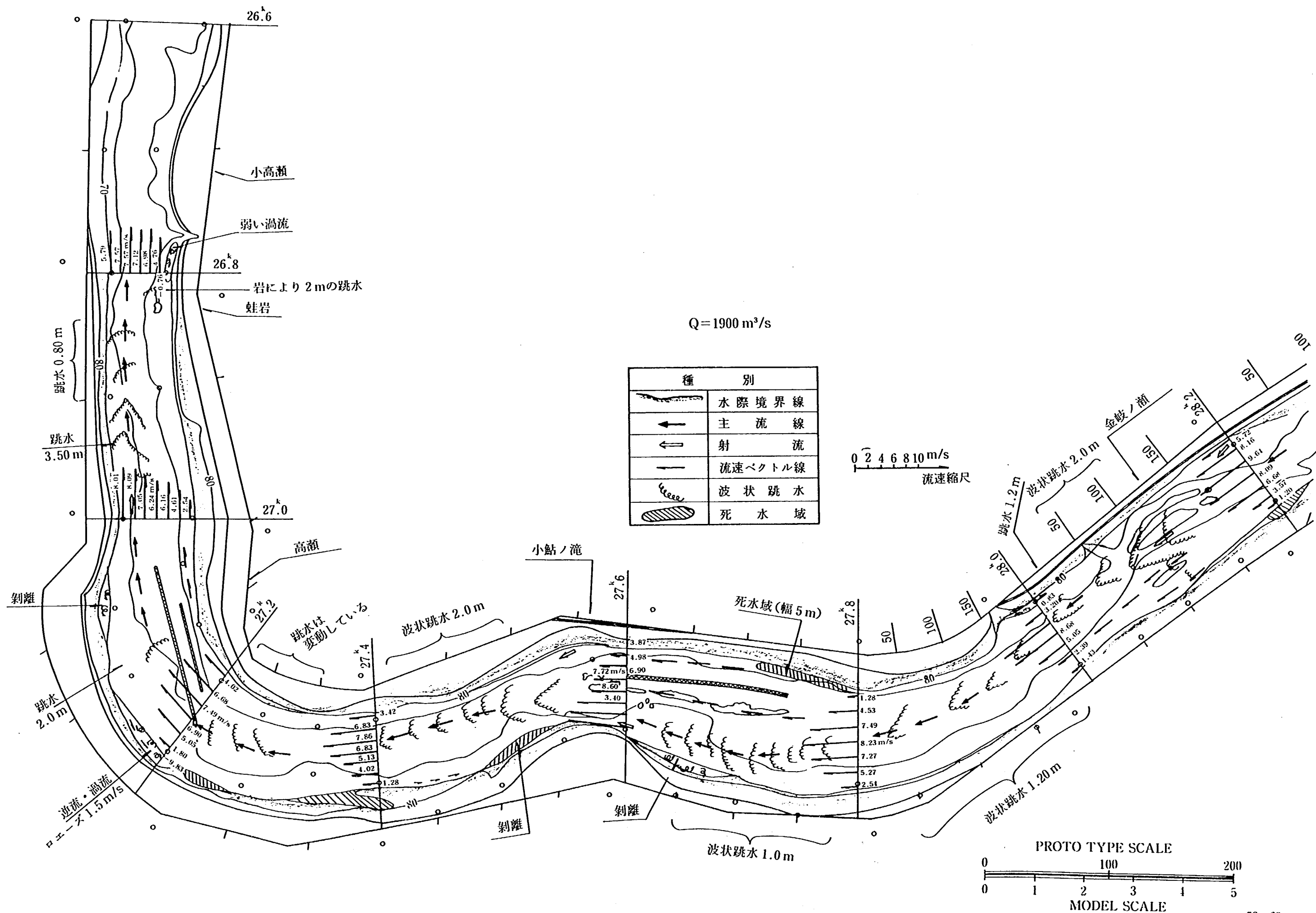


図-3.5 (2) 現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況

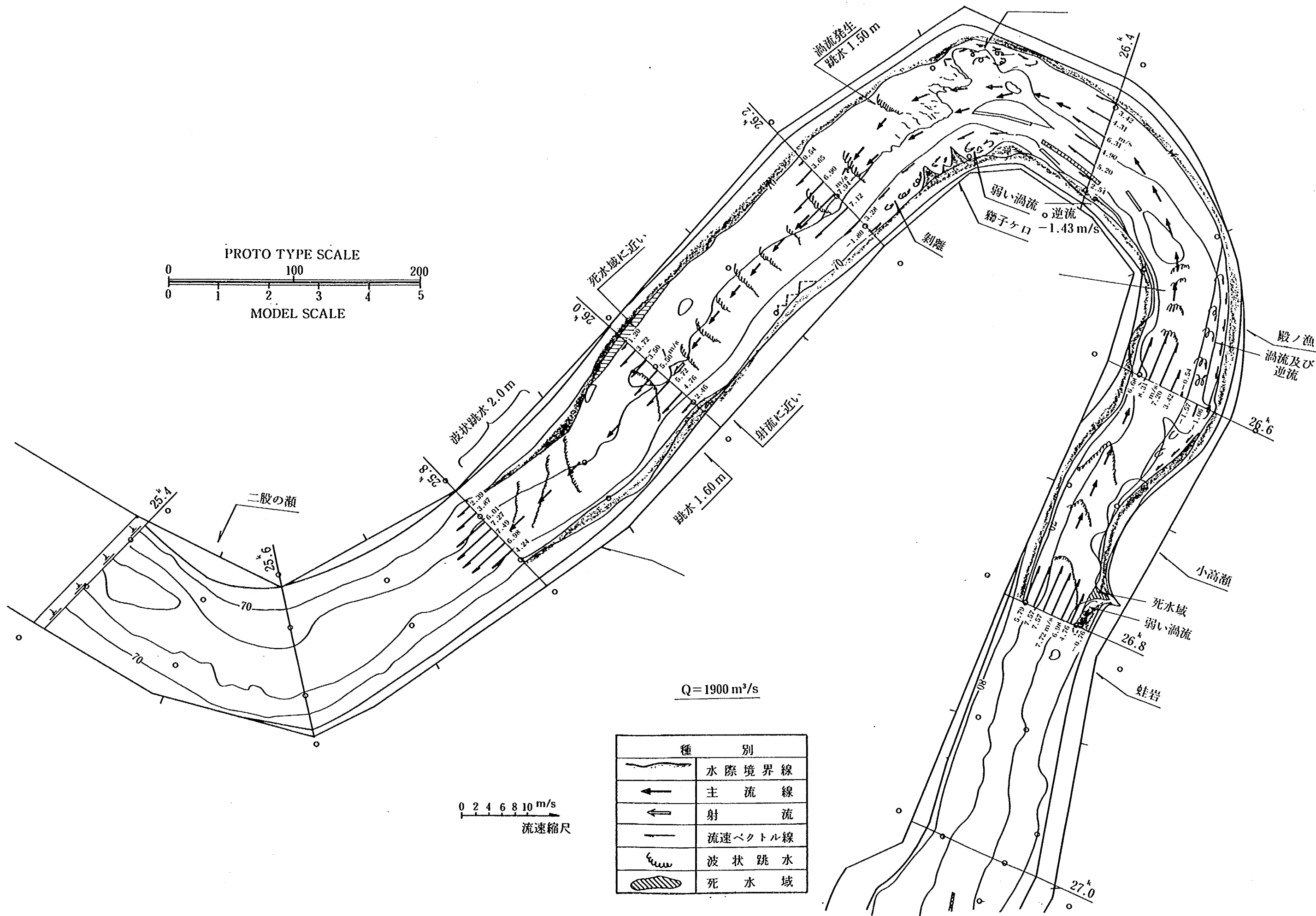


図-3.5 (3) 現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況



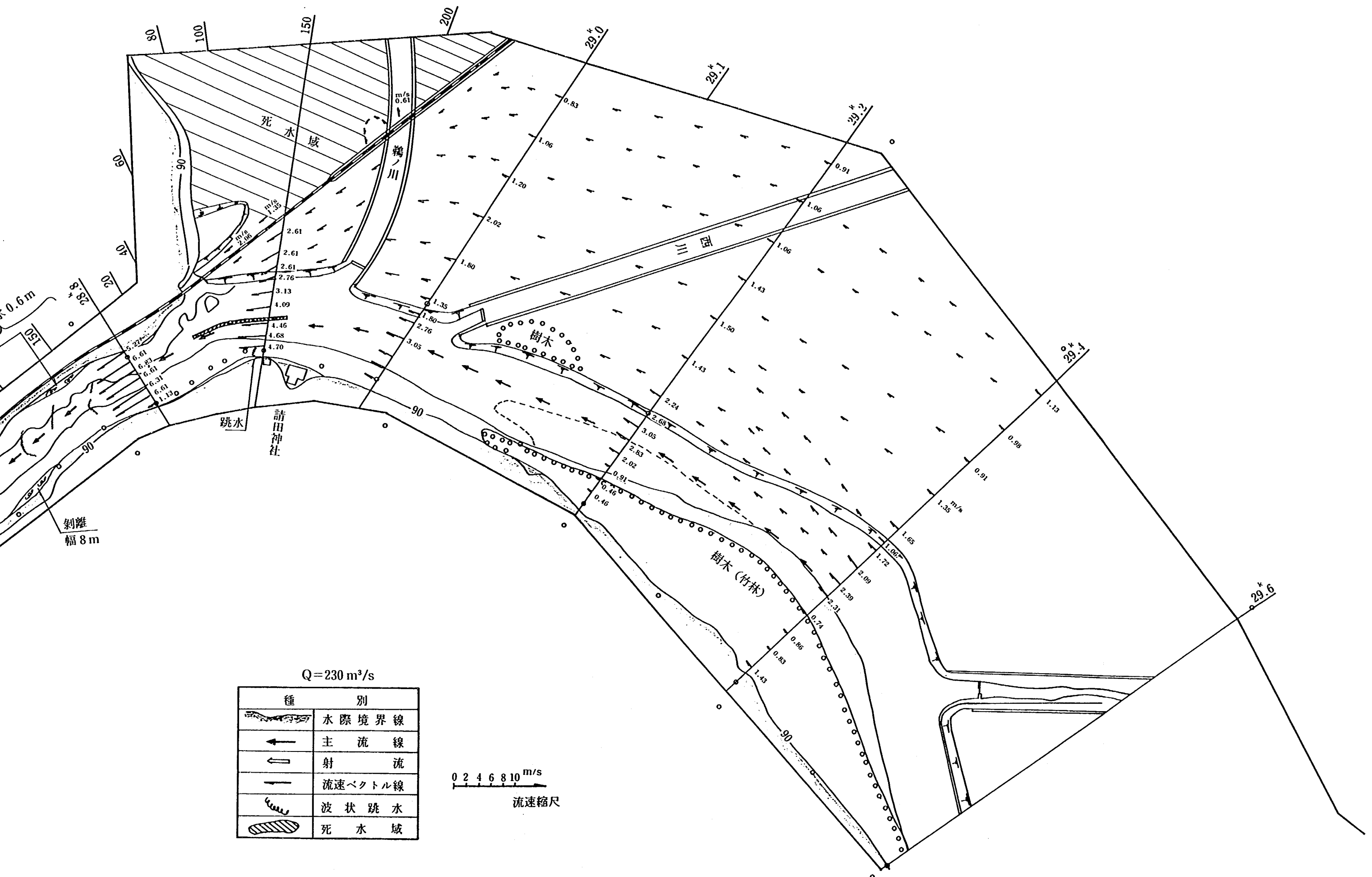


図-3.6 (1) 現況実験 A-4 (Q=2,300 m³/s) における流況

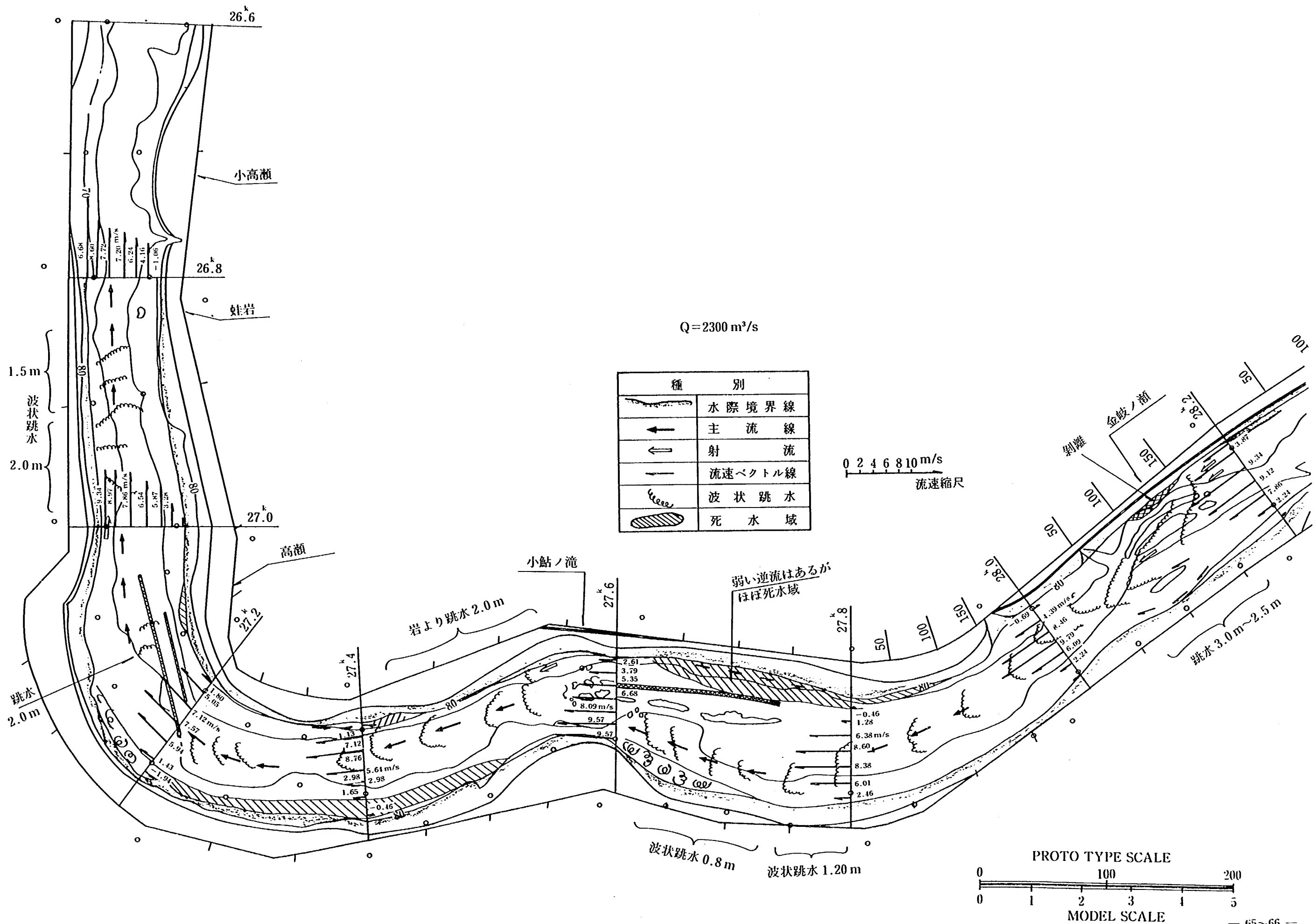


図-3.6 (2) 現況実験 A-4 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況



㊦ 現況実験 A-5 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ )

流量が  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  になると、保津峡入口の狭窄部による堰上げ効果は非常に大きく、狭窄部上流側の水面形はほぼ水平となり、図-3.7 に示されるように、低水路及び高水敷を含む河道全域で狭窄部に集中する流れとなり、29.0 km より上流側の主流位置を明確に把握することは困難となる。しかし、流速分布図より推察すると、主流は低水路の左岸付近を流速  $2 \text{ m/s}$  程で 29.0 km まで流下し、ここより請田神社前の突岩部を巻き込むように狭窄部に達し、その後中央より若干左岸寄りへと流入し、28.8 km 付近で最大流速は約  $8 \text{ m/s}$  となっている。さらに、その下流において、主流は平均  $8.5 \text{ m/s}$  の流速で河道内をほぼ直線的に流下し、28.2 km にて最大流速は  $12 \text{ m/s}$  に達し、これは模型区間内における最大値となっている。28.6 km+100 m、28.4 km 及び 28.0 km+100 m 付近で跳水が発生しているがこれらは周期 10~20 秒で変動しており、28.8 km 右岸、28.6 km+50 m 右岸、28.4 km+150 m 左岸、28.4 km+50 m 右岸及び 28.2 km 右岸の各河岸沿いでは射流となり、その下流には剥離域が現れている。とくに 28.4 km 左岸の剥離域は大きく、右岸沿いの逆流流速は  $3.3 \text{ m/s}$  にも達している。また、27.8 km より主流は左岸寄りを迂回して流れるようになり、27.6 km+100 m 右岸には約  $3,600 \text{ m}^2$  の死水域が発生し、27.2 km+100 m から 27.0 km+100 m までの左岸河岸沿いの水位は約 2 m の範囲で変動している。

さらに、26.6 km 右岸一帯の剥離領域の幅は 26.6 km 断面において流水幅の約  $1/2$  にもなり、約  $6,000 \text{ m}^2$  の領域において水面下よりわき上るような渦流はその激しさを増し、右岸沿いの逆流流速は  $2.2 \text{ m/s}$  に達している。一方、左岸流心部には  $9.9 \text{ m/s}$  の流速が現れ、わん曲部を大きく迂回する流況を

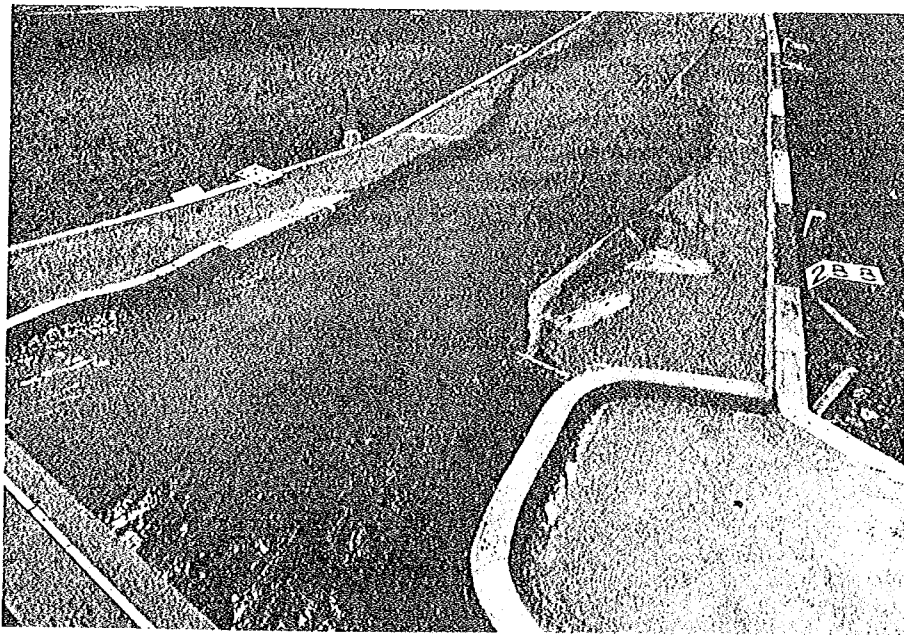
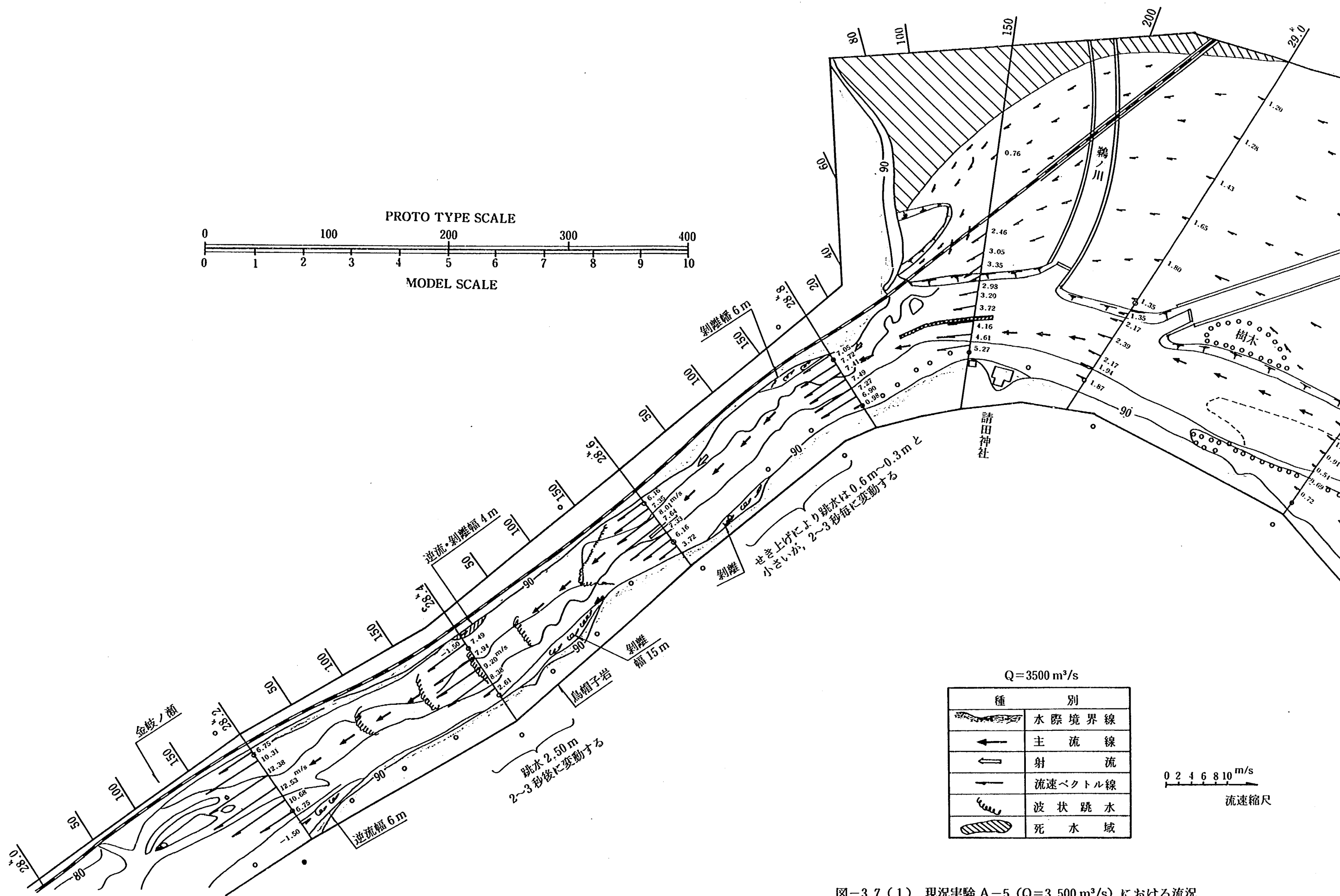


写真-3.5 現況河道 (S. 57) 狭窄部入口部下流の流況 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ )

呈している。26.3 km 付近の主流は、右岸巨岩上にありわん曲部の下流 26.2 km から 26.0 km にかけての右岸一帯は、40 m 間隔で波高 1.5 m～2.5 m の跳水が発生し、その位置と形状は 10～20 秒周期で変動し、主流は平均 7.5 m/s の流速で 25.8 km へ向かって低水路付近を流下している。



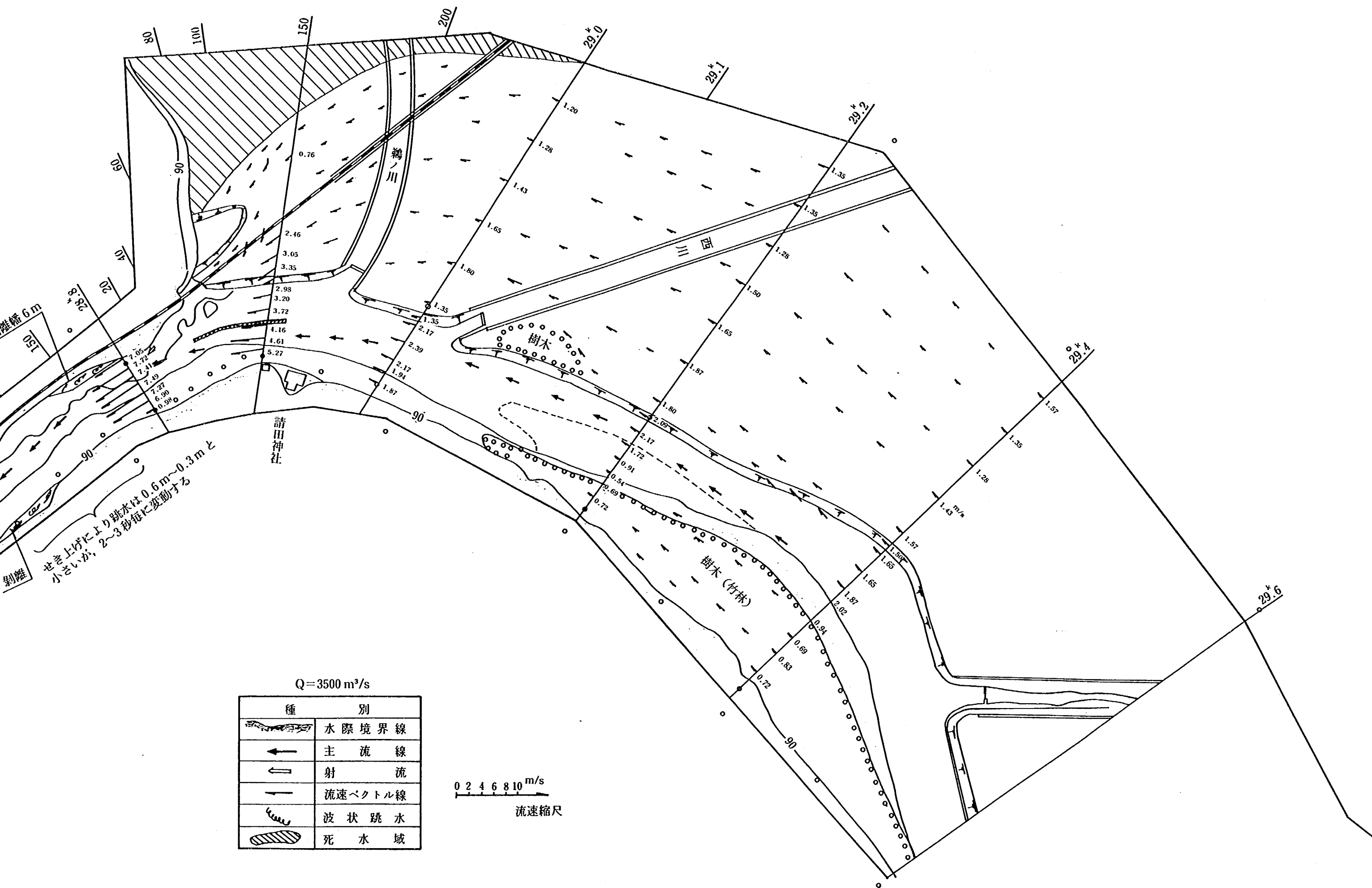


図-3.7 (1) 現況実験 A-5 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況

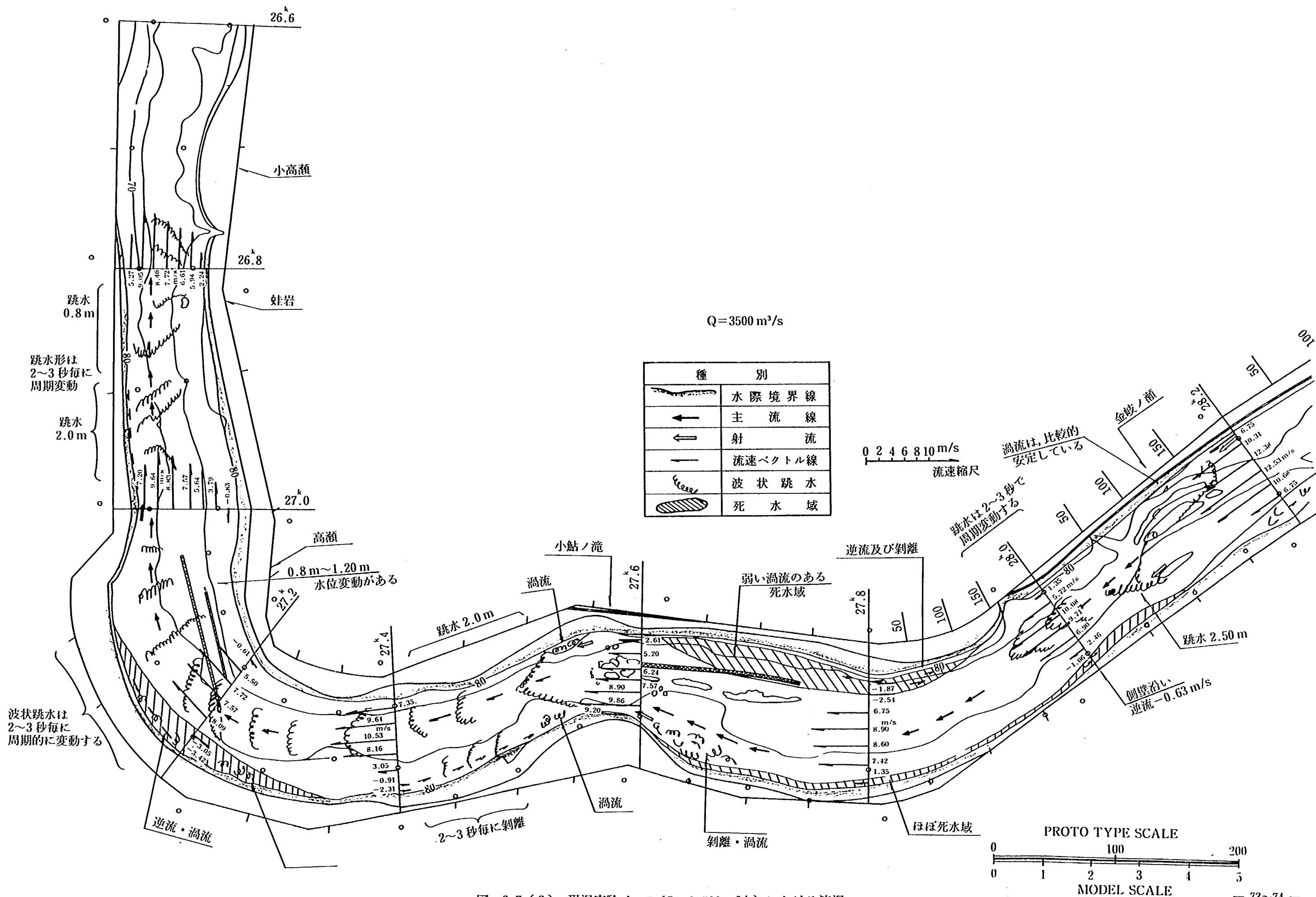


図-3.7 (2) 現況実験 A-5 (Q=3,500 m<sup>3</sup>/s) における流況



# ① まとめ

① 保津峡入口狭窄部における堰上げ現象は、28.8 km 右岸、28.6 km+50 m 右岸及び 28.4 km+150 m 左岸の突起岩により生じることが明らかとなり、暫定河道及び計画河道の設定にあたっては、これらの箇所の開削が提案される。

② 横断面内の最大流速値の縦断分布を各流量ごとに示すと図-3.8 のようであって、いずれの流量においても、模型区間内における最大値は 28.2 km 金岐の瀬付近で発生している。この最大値を流量に対して図示すると図-3.9 のようになり、最大流速は流量にほぼ比例して増加しており、計画流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  時には  $12 \text{ m/s}$  にも達している。さらに、図-3.10 及び図-3.11 は、それぞれ、28.8 km (狭窄部内) 及び 29.0 km (狭窄部直上流) における断面内最大流速を流量に対して示したものであって、狭窄部内の 28.8 km では、28.2 km と同様に、最大流速は流量にほぼ比例して増加しているものの、狭窄部直上流の 29.0 km では流量  $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$  時に低水路内最大流速は最大となり、これより流量が大きい場合には、流量の増加とともに減少している。すなわち、狭窄部による堰上げ現象は、流量が  $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$  を越えると、流量の増加とともに著しくなるものと推測される。なお、氾濫域の最大流速は流量の増加とともに増加し、低水路内の最大値に近づく様相を呈し、低水路内の流れと氾濫域内の流れとが一体となって狭窄部に流れ込んでいるものとうかがわれる。

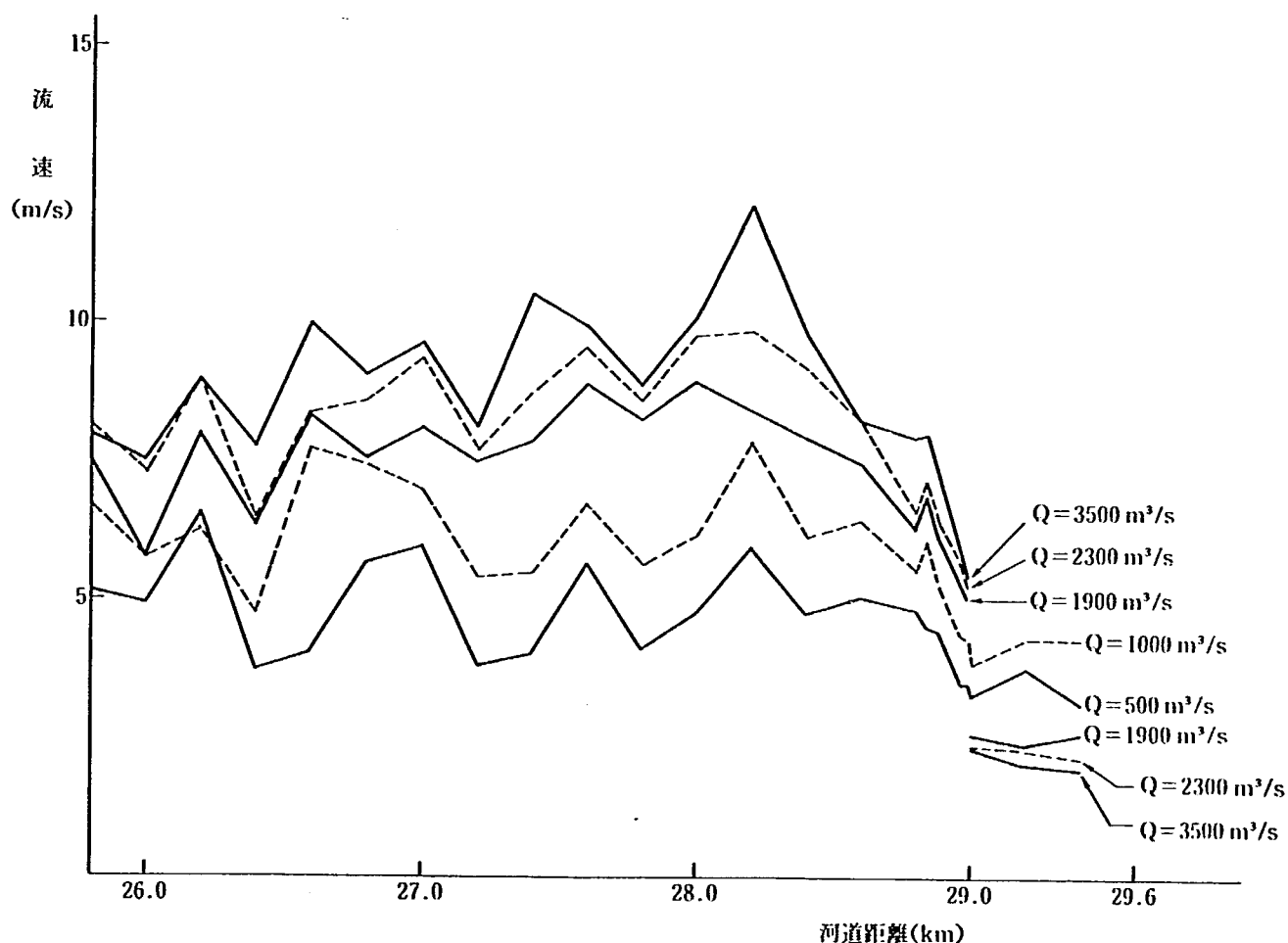


図-3.8 現況河道における横断面内最大流速の縦断分布

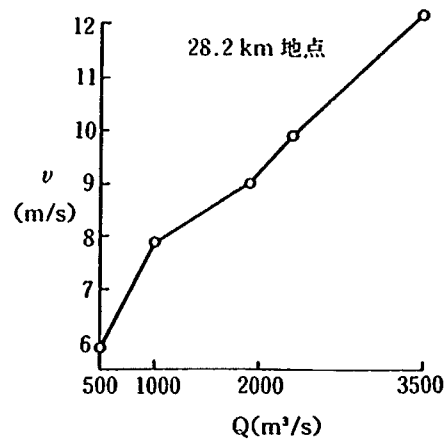


図-3.9 28.2 km (金岐の瀬) における最大流速

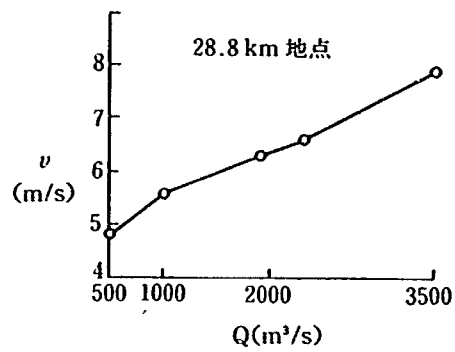


図-3.10 28.8 km (狭窄部内) における最大流速

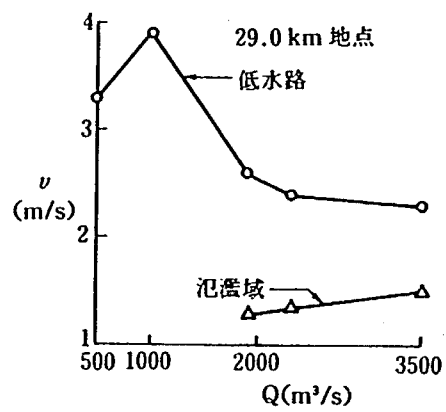


図-3.11 29.0 km (狭窄部直上流) における最大流速

③ 河道内の主流は、流量が小さい場合、河道のほぼ中央を波状跳水を伴って流下しているが、流量の増加とともに、直線的に流下する傾向が次第に強くなり、跳水は不安定に変動するとともに、突起岩のある下流側では剥離が生じ、河岸沿いには逆流が発生している。射流の発生箇所及び跳水の発生箇所と波高をとりまとめると、それぞれ、表－3.2 及び表－3.3 のようになる。

表－3.2 現況河道における射流の発生箇所

|                           |                                                                                                                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Q=500 m <sup>3</sup> /s   | 28.2 k中央<br>28.0 k+150 m左岸, 28.0 k+100 m左右岸<br>27.4 k+150 m右岸<br>27.0 k+100 m左岸                                                                                            |
| Q=1,000 m <sup>3</sup> /s | 28.2 k右岸<br>28.0 k+100 m中央<br>27.6 k左岸<br>27.0 k+100 m左岸, 27.0 k+50 m右岸                                                                                                    |
| Q=1,900 m <sup>3</sup> /s | 28.2 k右岸<br>28.0 k+100 m中央<br>27.6 k左岸<br>27.4 k+150 m右岸<br>27.0 k左岸<br>26.8 k+50 m右岸<br>26.2 k中央<br>26.0 k中央                                                              |
| Q=2,300 m <sup>3</sup> /s | 28.4 k+100 m左岸<br>28.2 k+100 m左岸<br>28.2 k右岸<br>28.0 k+100 m中央<br>27.4 k+150 m右岸<br>27.0 k左岸<br>26.2 k中央<br>26.0 k中央                                                       |
| Q=3,500 m <sup>3</sup> /s | 28.8 k+20 m右岸<br>28.6 k+50 m右岸<br>28.4 k+50 m右岸, 28.4 k+100 m左岸<br>28.2 k右岸<br>28.0 k+100 m左岸<br>27.6 k左岸<br>27.4 k+150 m右岸<br>27.0 k左岸<br>26.6 k+100 m右岸<br>26.2 k+50 m右岸 |

表-3.3 (1) 現況河道における跳水の発生箇所と波高

| 流量(m³/s)  | 発 生 場 所                         | 波 高 (m)     |
|-----------|---------------------------------|-------------|
| Q = 500   | 28.6 k + 150 m ~ 28.6 k         | 0.3 m       |
|           | 28.4 k + 150 m ~ 28.4 k + 50 m  | 0.3 m       |
|           | 28.2 k + 50 m ~ 28.2 k          | 0.6 m       |
|           | 28.2 k ~ 28.0 k + 150 m         | 1.5 m       |
|           | 28.0 k + 100 m                  | 2.5 m       |
|           | 28.0 k + 50 m ~ 28.0 k          | 0.6 m       |
|           | 27.6 k ~ 27.4 k + 150 m         | 1.0 m       |
|           | 27.4 k + 150 m ~ 27.4 k + 50 m  | 0.6 m       |
|           | 27.0 k + 50 m ~ 27.0 k + 100 m  | 0.8 m       |
|           | 27.0 k                          | 2.5 m       |
|           | 26.8 k ~ 26.6 + 100 m           | 0.8 m       |
|           | 26.6 k + 100 m ~ 26.6 k         | 0.6 m       |
|           | 26.4 k + 100 m                  | 0.8 m       |
|           | 26.4 k + 100 m ~ 26.4 k         | 0.4 m       |
| Q = 1,000 | 28.6 k + 150 m ~ 28.6 k + 50 m  | 0.3 m       |
|           | 28.4 k + 100 m ~ 28.4 k         | 0.4 m       |
|           | 28.2 k + 150 m ~ 28.0 k + 150 m | 0.4 ~ 0.6 m |
|           | 28.0 k + 100 m ~ 28.0 k         | 4.0 m       |
|           | 27.8 k ~ 27.6 k                 | 0.8 m       |
|           | 27.4 k + 150 m ~ 27.4 k + 50 m  | 1.2 ~ 1.5 m |
|           | 26.6 k + 150 m                  | 1.2 m       |
|           | 26.2 k + 100 m                  | 1.6 m       |
|           | 26.0 k + 50 m                   | 0.8 m       |
|           | 25.8 k + 100 m ~ 25.8 k + 50 m  | 0.8 m       |
| Q = 1,900 | 28.6 k + 150 m ~ 28.6 k + 50 m  |             |
|           | 28.4 k ~ 28.2 k + 150 m         | 1.6 m       |
|           | 28.0 k + 100 m ~ 28.0 k + 50 m  | 2.0 m       |
|           | 28.0 k ~ 27.8 k                 | 1.2 m       |

表-3.3 (2) 現況河道における跳水の発生箇所と波高

| 流量(m³/s) | 発生場所                      | 波高(m)     |
|----------|---------------------------|-----------|
| Q=1,900  | 27.8 k~27.6 k+50 m        | 1.0 m     |
|          | 27.4 k+150 m~27.4 k       | 2.0 m     |
|          | 27.0 k+100 m              | 2.0 m     |
|          | 26.8 k+150 m              | 3.5 m     |
|          | 26.8 k+100 m~26.8 k+50 m  | 0.8 m     |
|          | 26.4 k+150 m~26.4 k+100 m | 0.8 m     |
|          | 26.2 k+50 m               | 1.5 m     |
|          | 26.0 k                    | 1.6 m     |
|          | 25.8 k+100 m~25.8 k       | 2.0 m     |
| Q=2,300  | 28.8 k~28.6 k+100 m       | 0.6 m     |
|          | 28.4 k~28.2 k+100 m       | 0.8 m     |
|          | 28.0 k+150 m~28.0 k+50 m  | 3.0~2.5 m |
|          | 27.8 k~27.6 k+150 m       | 1.2 m     |
|          | 27.6 k+100 m~27.6 k       | 0.8 m     |
|          | 27.4 k+150 m~27.4 k       | 2.0 m     |
|          | 27.0 k+100 m              | 2.0 m     |
|          | 27.0 k~26.8 k+100 m       | 2.0 m     |
|          | 26.8 k+100 m~26.8 k+50 m  | 1.5 m     |
|          | 26.2 k+100 m~26.2 k+50 m  | 3.0 m     |
|          | 26.2 k                    | 2.5 m     |
|          | 26.0 k+100 m~26.0 k       | 1.5 m     |
|          | 25.8 k+100 m~25.8 k       | 2.0 m     |
| Q=3,500  | 28.4 k                    | 2.5 m     |
|          | 28.0 k+50 m               | 2.5 m     |
|          | 27.4 k+100 m~27.4 k       | 2.0 m     |
|          | 27.0 k~26.8 k+100 m       | 2.0 m     |
|          | 26.8 k+100 m~26.8 k       | 0.8 m     |
|          | 26.0 k~25.8 k+100 m       | 1.2 m     |
|          | 25.8 k+100 m~25.8 k       | 2.5 m     |

④ 河道内の剝離域は、主として 27.6 km+100 m 左岸、26.4 km+100 m 右岸、27.2 km 左岸及び 26.2 km+100 m 右岸であって、その領域は、流量の増加とともに拡大している。とくに、26.4 km+100 m 右岸は領域も広く、河床近傍よりわきあがるような渦流が著しい。

⑤ 現況河道においては、請田地点 (29.0 km) の低水路満杯流量 (水位が現況堤防高 TP 86.47 m に達する流量) は 1,440 m<sup>3</sup>/s であり、また疎通能力 (水位が計画高水位 TP 88.90 m に達する流量) は 2,100 m<sup>3</sup>/s と推定される。

### 3.1.2 暫定河道

現況河道における疎通能力は、先に示したように、保津峡入口部 (請田地点 29.0 km) において、計画高水位 TP 88.90 m (計画堤防高 TP 90.40 m) に対応できる流量は 2,100 m<sup>3</sup>/s であり、暫定流量 2,300 m<sup>3</sup>/s に対しては 0.7 m、計画流量 3,500 m<sup>3</sup>/s に対しては 3.7 m 水位を低下させる必要がある。また、後述の図-3.14 から図-3.17 に併示されるように、現況河道で計画高水位を維持できない区間は、暫定流量 2,300 m<sup>3</sup>/s の場合について 28.8 km+80 m より上流側、計画流量 3,500 m<sup>3</sup>/s の場合について 28.2 km+100 m より上流側となっている。

#### (1) 開削案

暫定河道開削案実験は、流下能力の増大を図る方法として、現況河道の河岸状態を重視し、堰上げ現象に大きく関与している突起岩を順次開削した場合の水理量変化を把握して、暫定流量 2,300 m<sup>3</sup>/s を計画高水位以下で安全に流下させることのできる河道形状を見い出そうとするものである。各開削案における開削箇所の概要を示すと図-3.12 のようになる。なお、各開削箇所及び開削量を ( ) 書で記すと以下のようであり、それぞれの断面形状を示すと図-3.14 のようである。

1. 開削箇所 A : 28.0 km+100 m 左岸地蔵岩撤去 (1,310 m<sup>3</sup>)  
28.8 km+50 m~28.2 km+100 m 左岸開削 (6,340 m<sup>3</sup>)
2. 開削箇所 B : 28.8 km~28.8 km+60 m 右岸開削 (4,710 m<sup>3</sup>)
3. 開削箇所 C : 28.4 km+150 m~28.6 km 左岸開削 (4,850 m<sup>3</sup>)
4. 開削箇所 C' : 28.4 km+150 m 左岸開削 (170 m<sup>3</sup>)
5. 開削箇所 D : 28.6 km~28.6 km+100 m 右岸開削 (7,890 m<sup>3</sup>)
6. 開削箇所 E : 28.8 km+20 m~28.8 km+150 m 左岸開削 (7,930 m<sup>3</sup>)
7. 開削箇所 E' : 28.8 km+20 m~28.8 km+150 m 左岸開削 (2,340 m<sup>3</sup>)
8. 掘削箇所 F : 開削箇所 E' の前面河床を最深河床高で掘削 (4,770 m<sup>3</sup>)
9. 掘削箇所 F' : 開削箇所 E の前面河床を開削敷高で掘削 (1,560 m<sup>3</sup>)

以上のような開削箇所の組合せにより、本検討では表-2.9 のような開削案 14 種類を設定した。

#### ㊤ 開削案 1 (暫定実験 T-1-1 (Q=2,300 m<sup>3</sup>/s), 暫定実験 T-1-2 (Q=3,500 m<sup>3</sup>/s))

本実験は、現在移設が行われている 28.0 km+100 m 左岸付近の地蔵岩の完全撤去と、将来の開削が容易に可能な (現在徐々に開削されている) 28.2 km+50 m から 28.2 km+100 m までの左岸の突起部分を図-3.13 のように開削し、水位の低減効果を把握しようとしたものである。

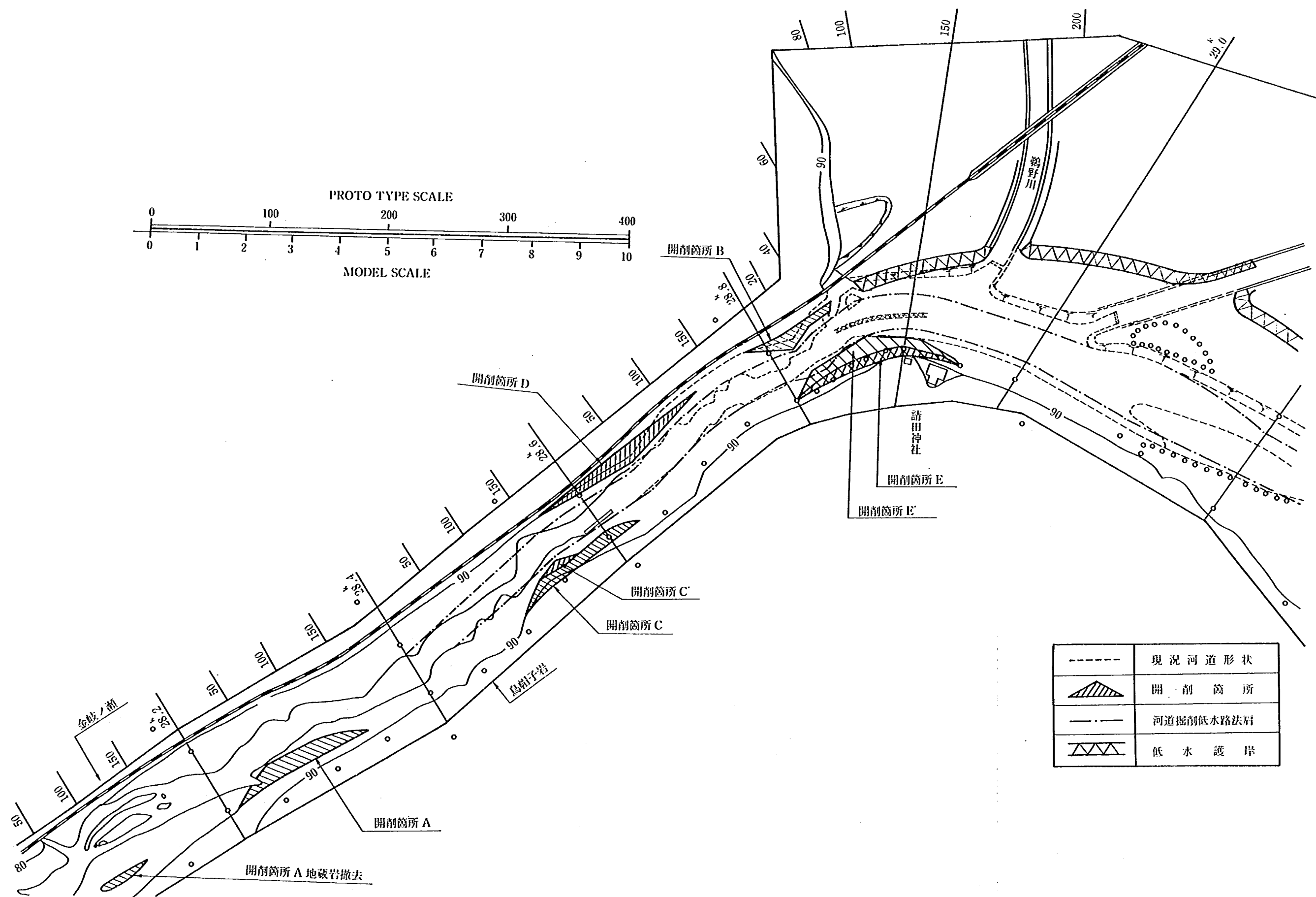


図-3.12 開削箇所一覽図

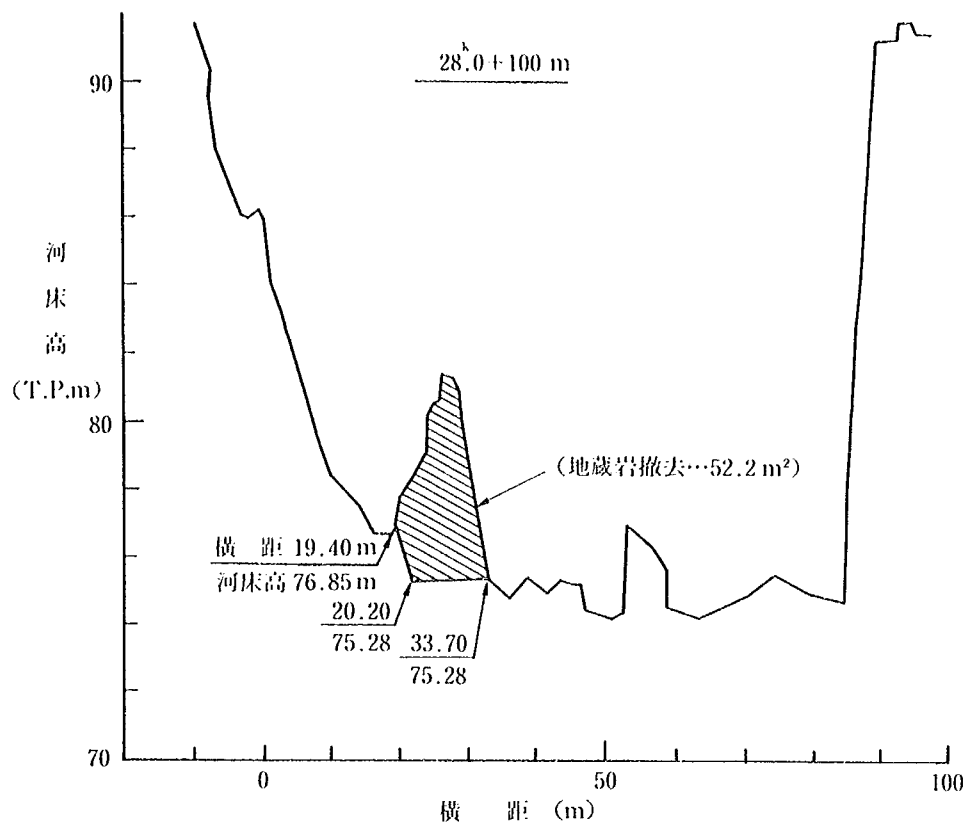


図-3.13 (1) 開削案横断形状図 (開削箇所 A)

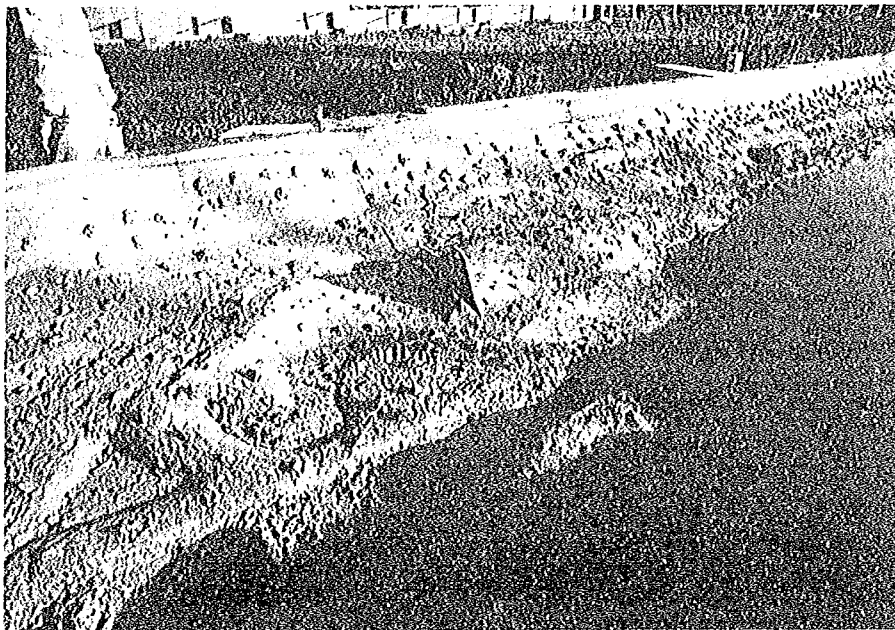


写真-3.6 開削箇所 A (28.0 km+100 m 左岸：地藏岩)

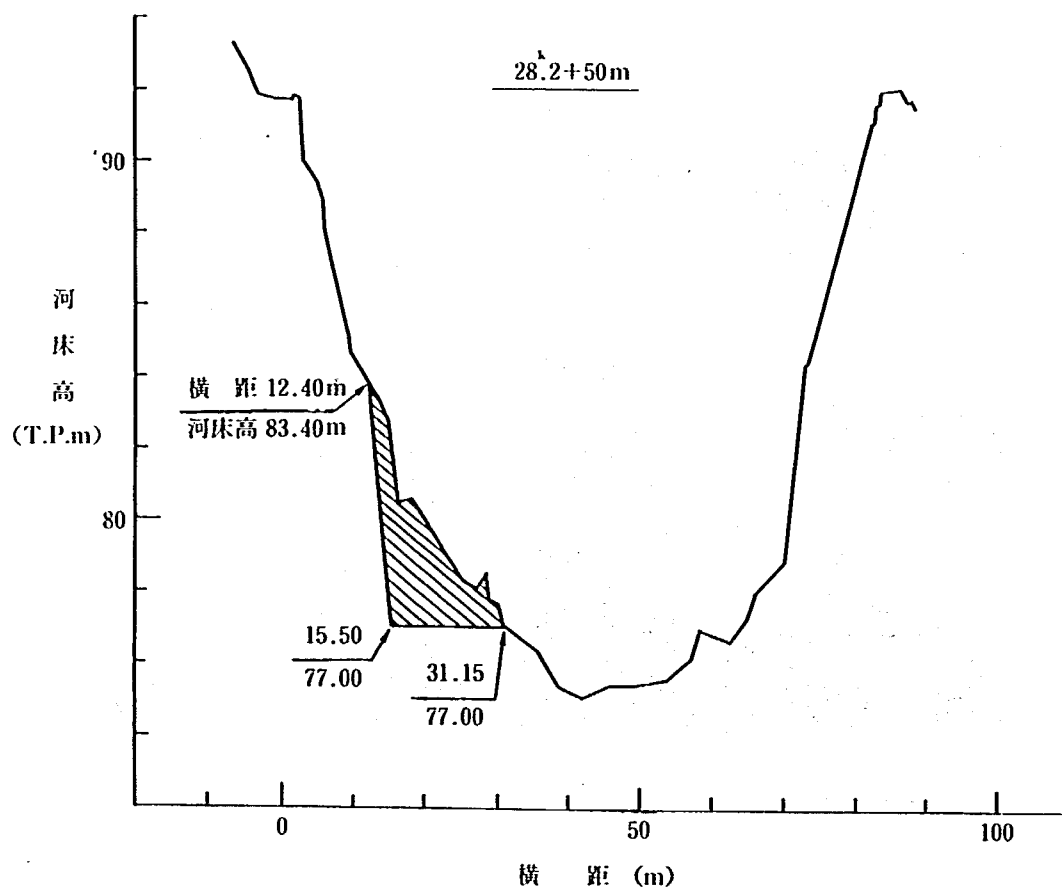
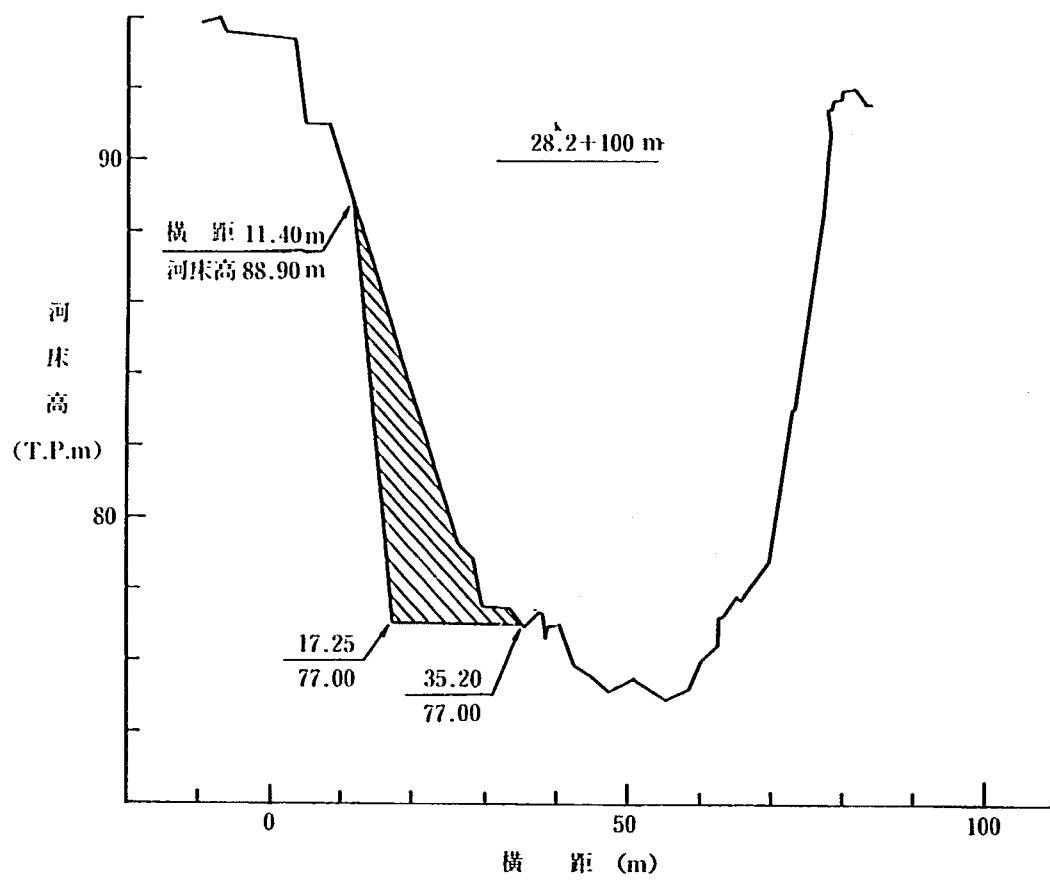


图-3.13 (2) 開削案横断形状図 (開削箇所 A)

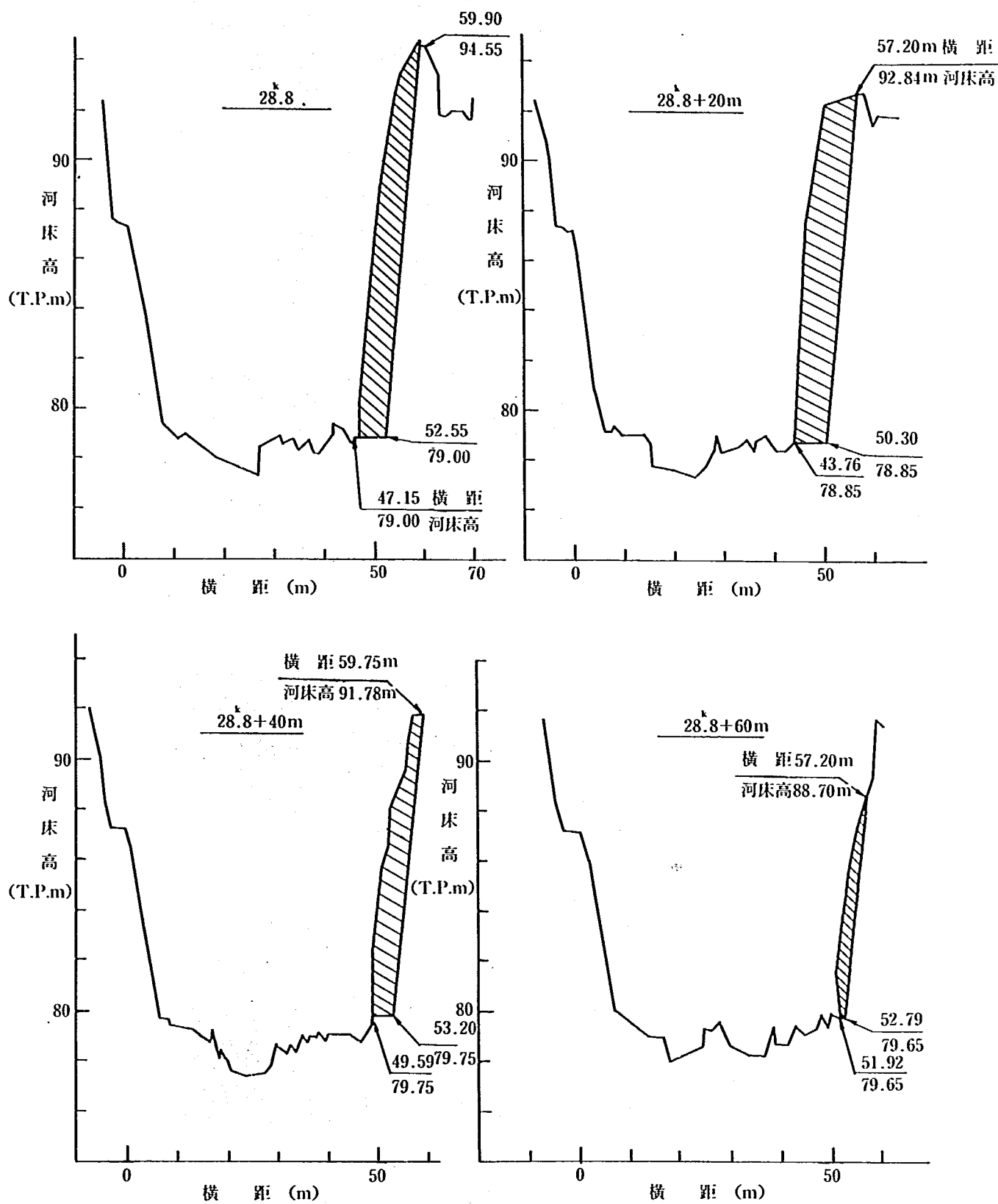


图-3.13 (3) 開削案横断形状図 (開削箇所 B)

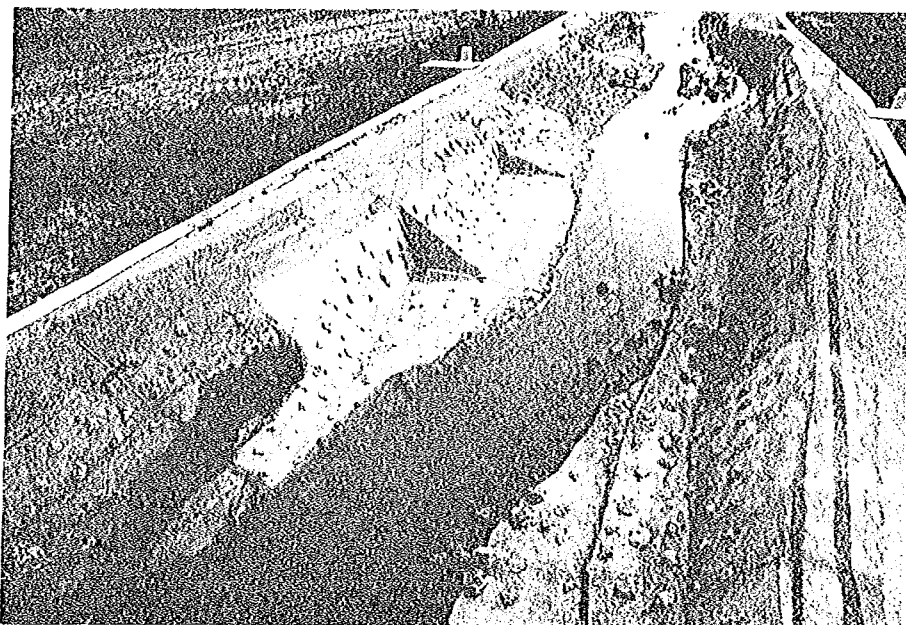


写真-3.7 開削箇所 A (28.2 km+50 m~28.2 km+100 m 左岸)

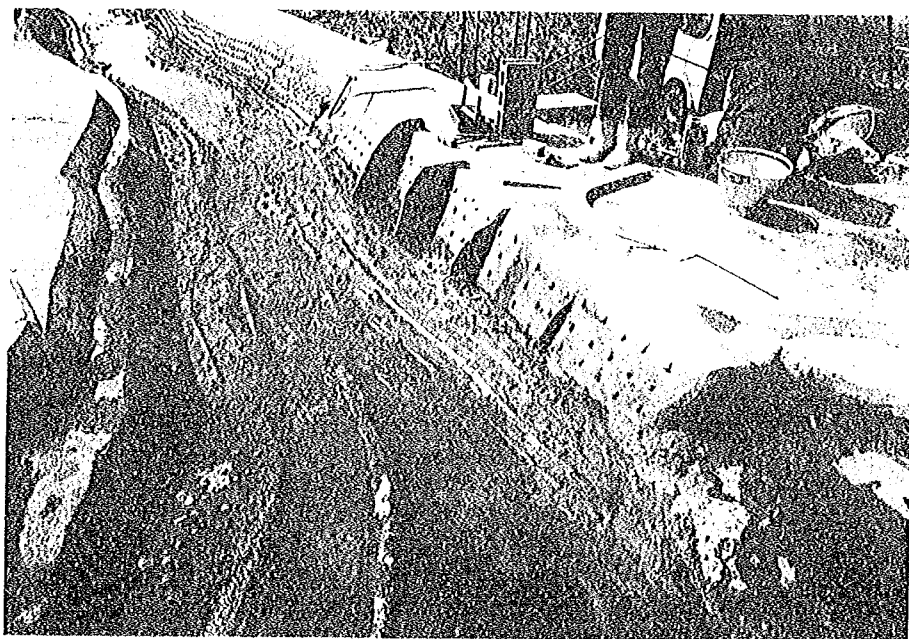


写真-3.8 開削箇所 B (28.8 km~28.8 km+60 m 右岸)

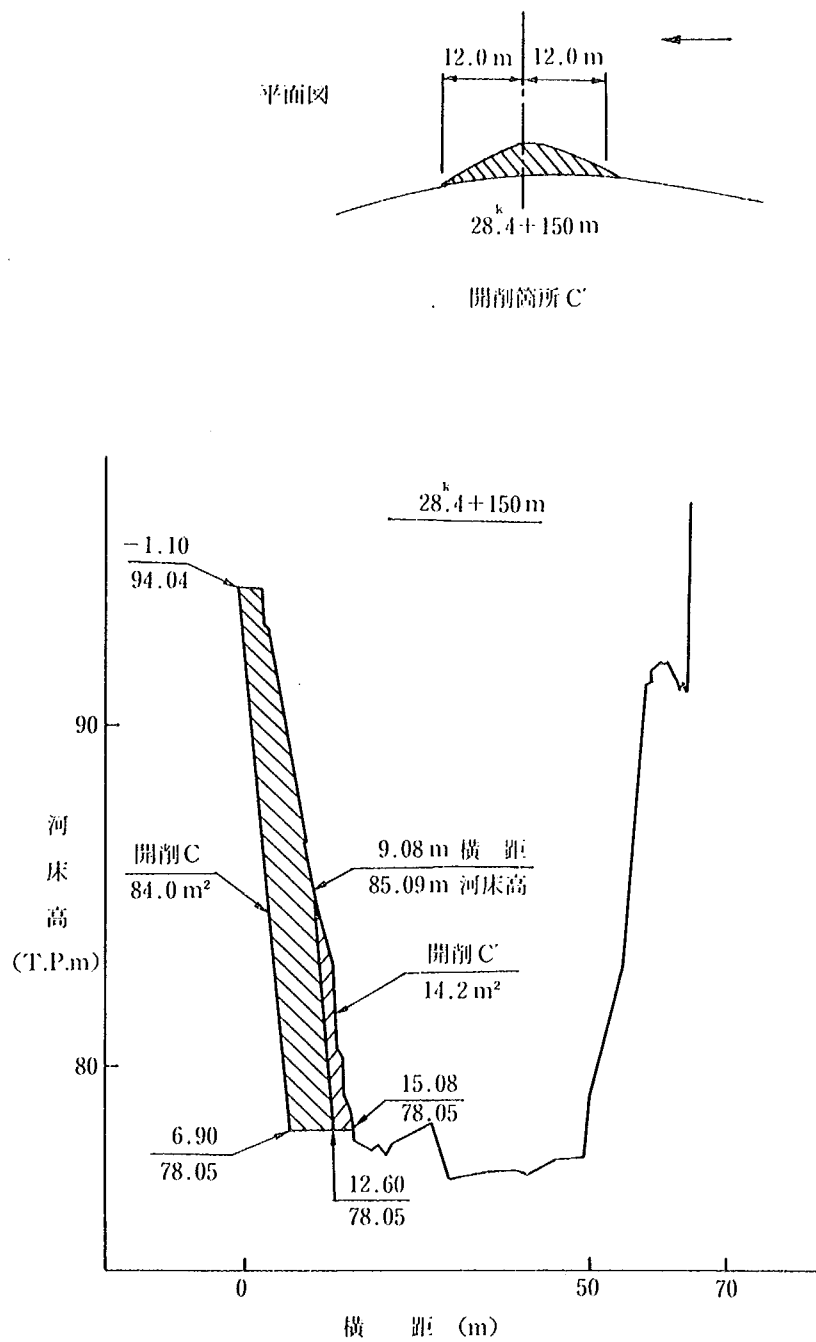
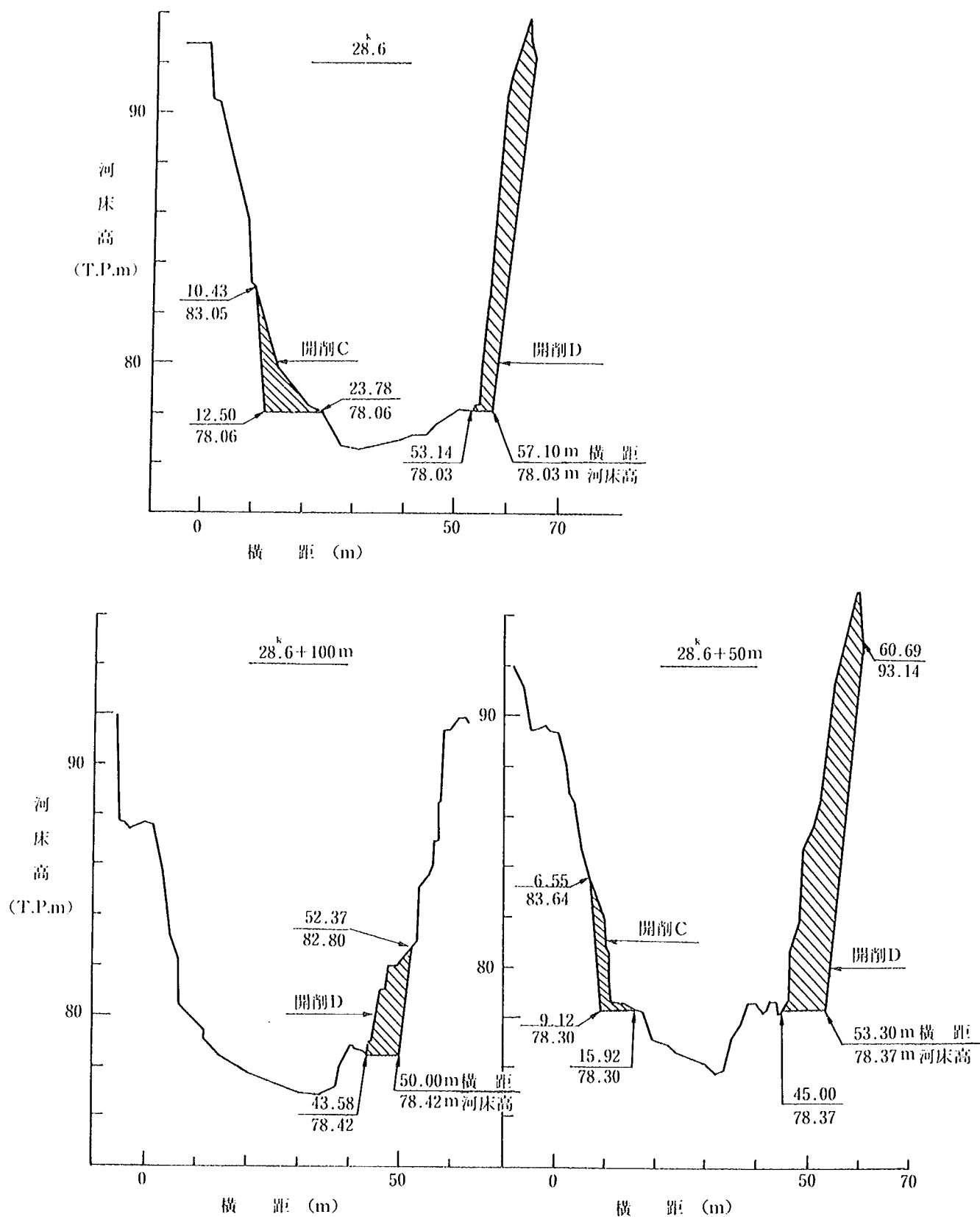


図-3.13 (4) 開削案横断形状図 (開削箇所 C, C')



图一3.13 (5) 開削案横断形状图 (開削箇所 C, D)



写真-3.9 開削箇所 C (28.4 km+150 m~28.6 km 左岸)

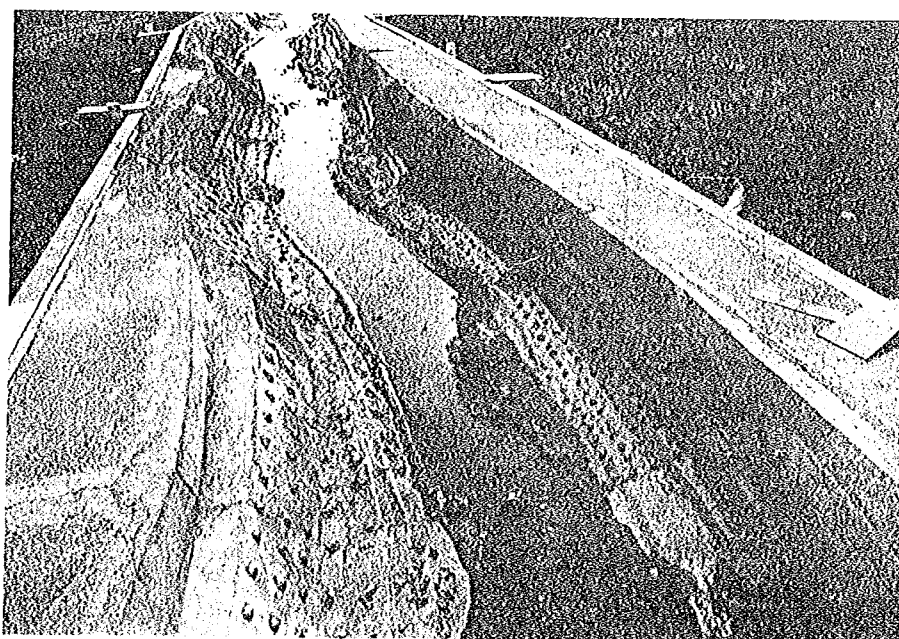


写真-3.10 開削箇所 D (28.6 km~28.6 km+100 m 右岸)

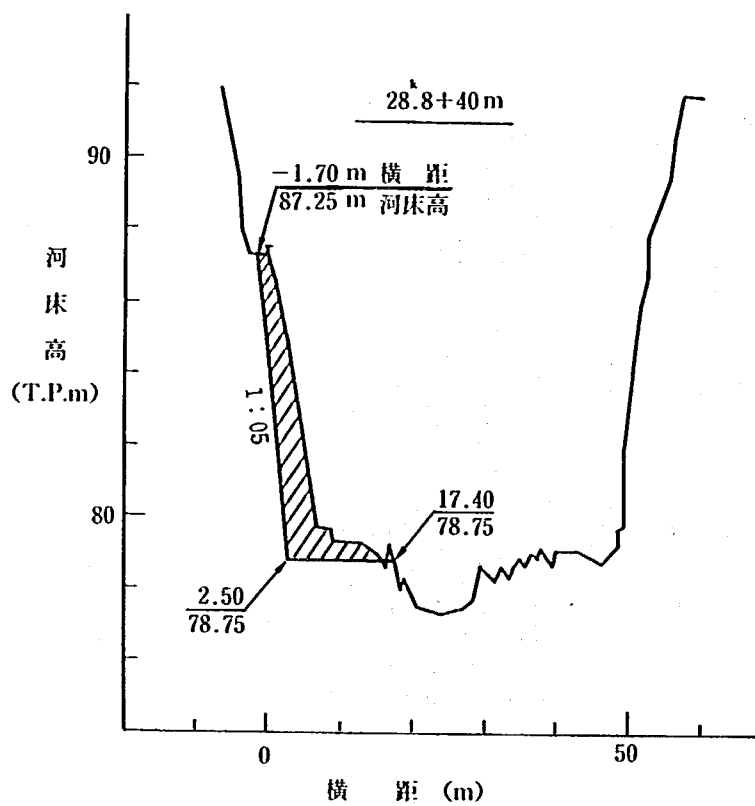
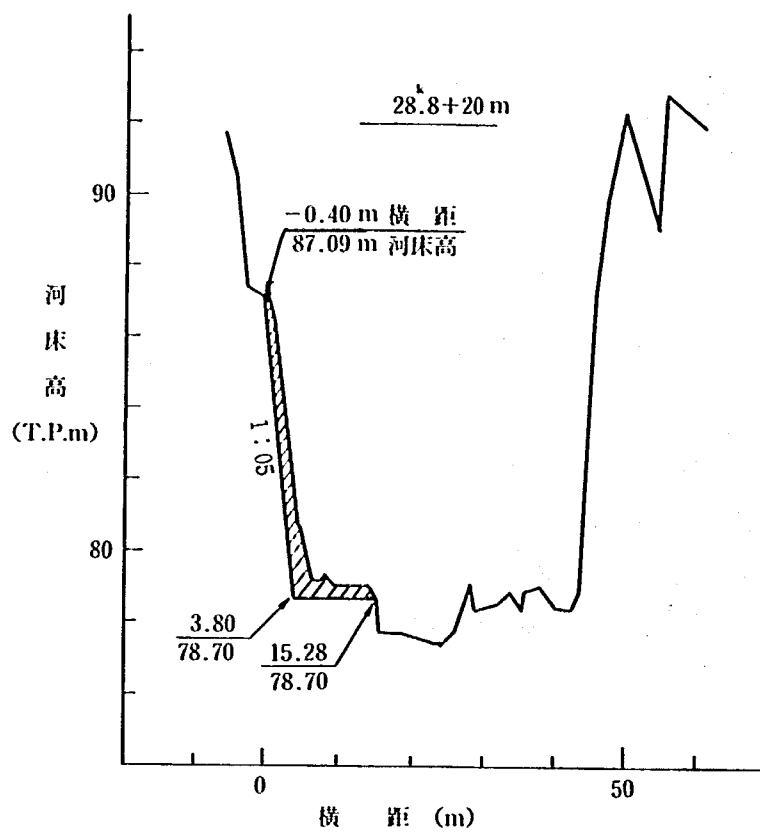


图-3.13 (6) 開削案横断形状図 (開削箇所 E)

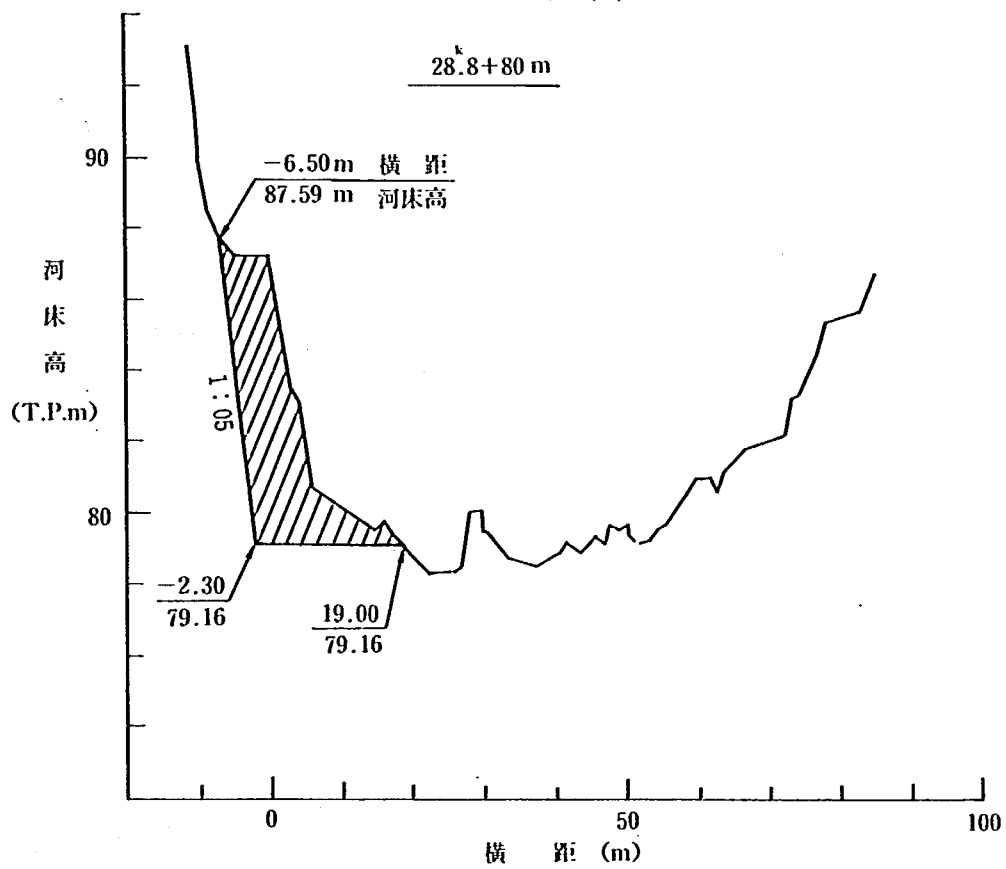
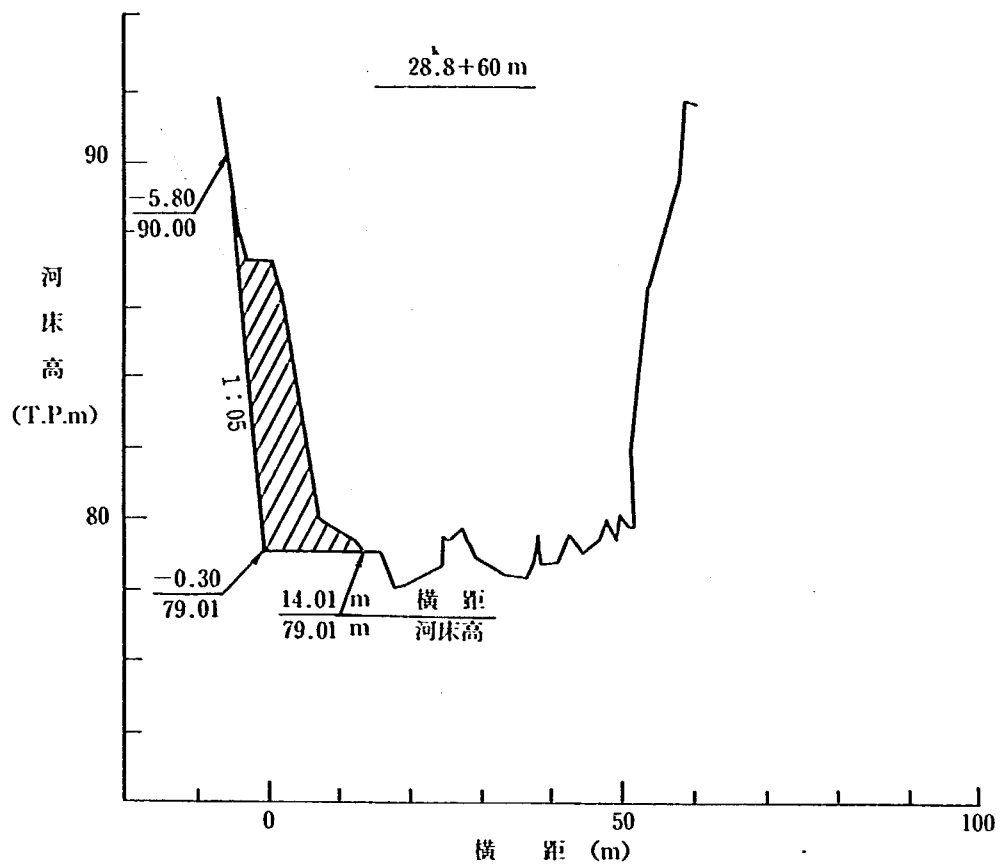


图-3.13 (7) 開削案横断形状図 (開削箇所 E)

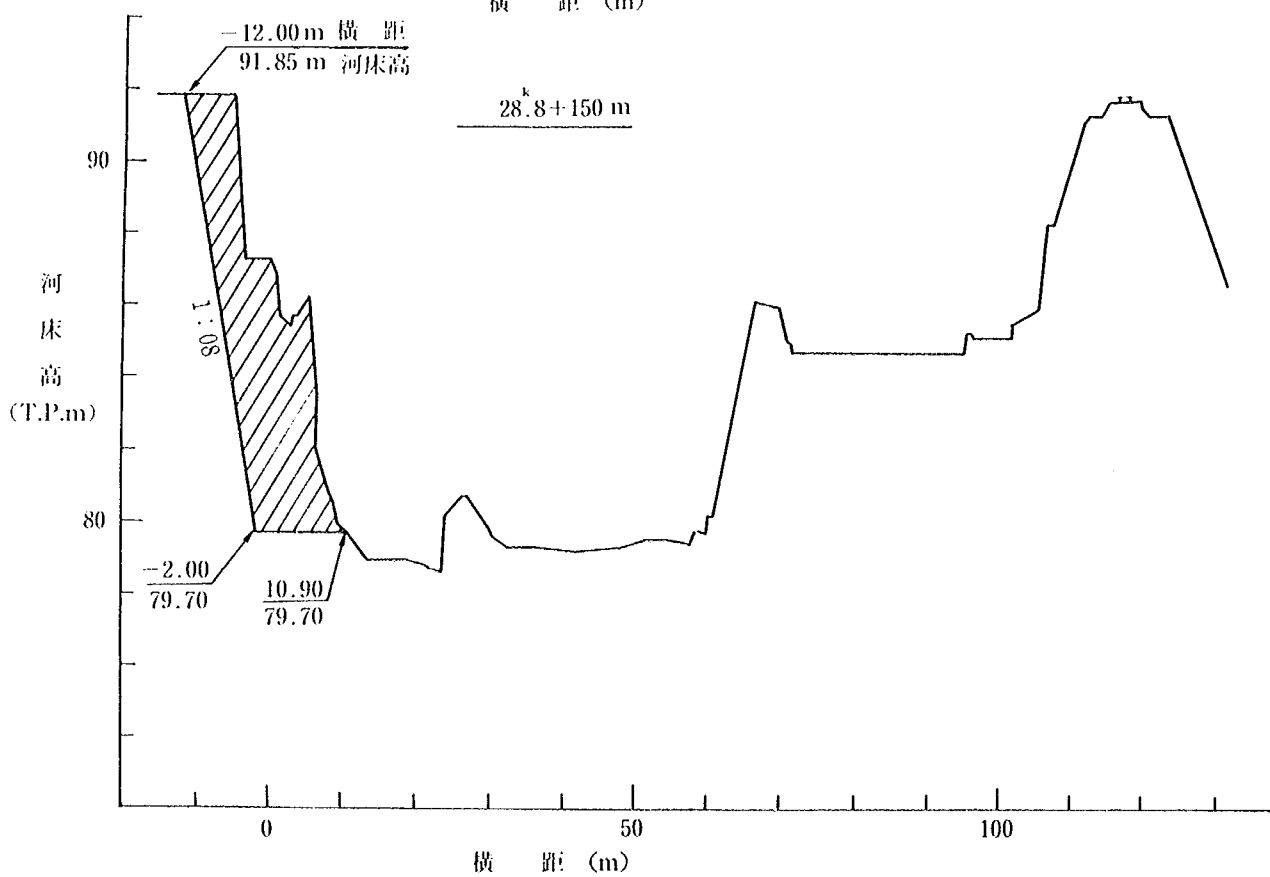
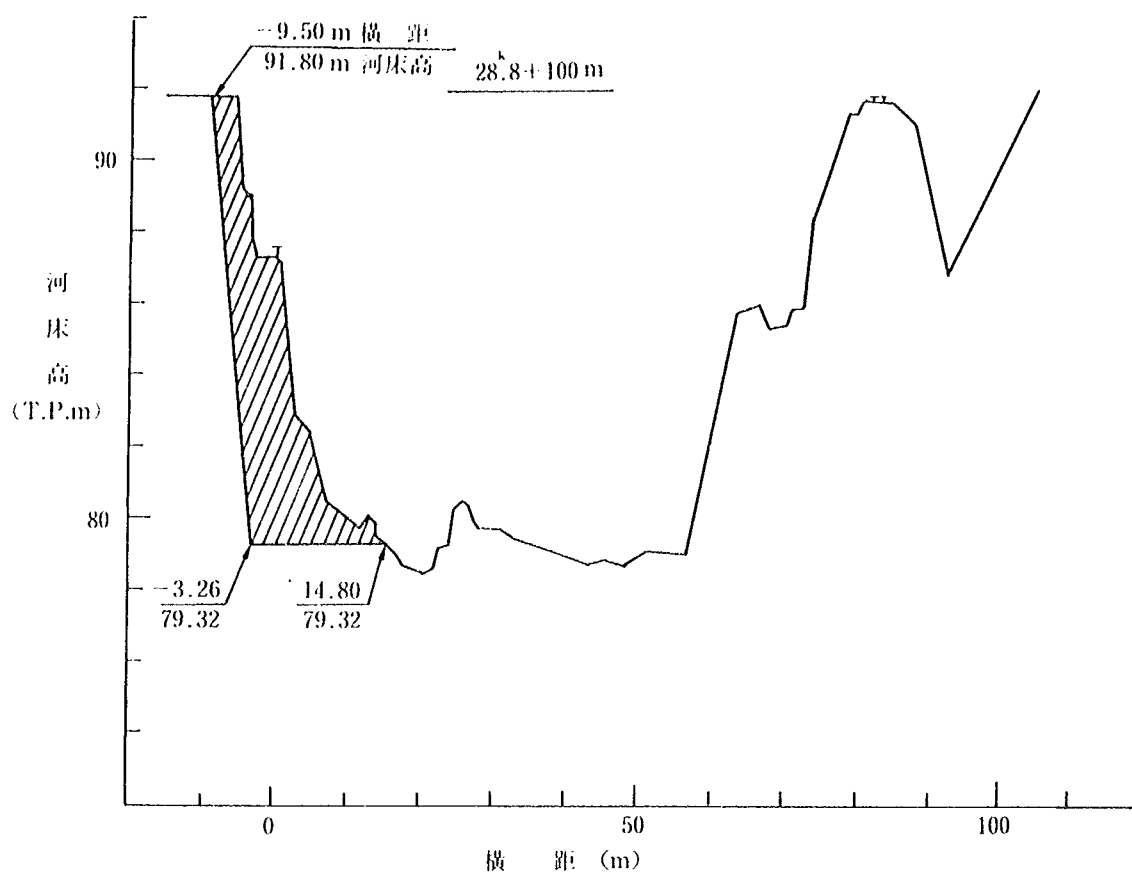


图-3.13 (8) 開削案横断形状図 (開削箇所 E)

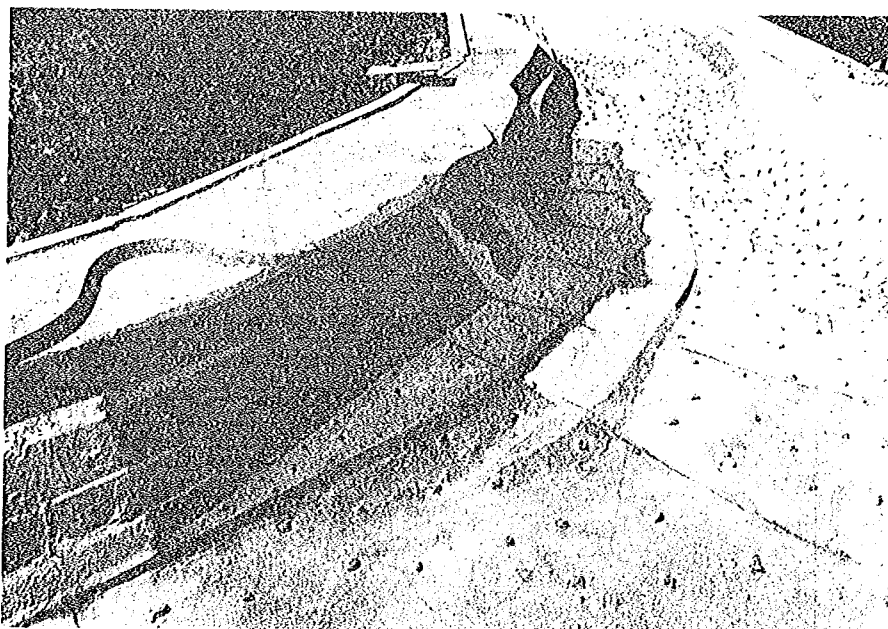


写真-3.11 開削箇所 E (28.8 km+20 m~28.8 km+150 m 左岸)

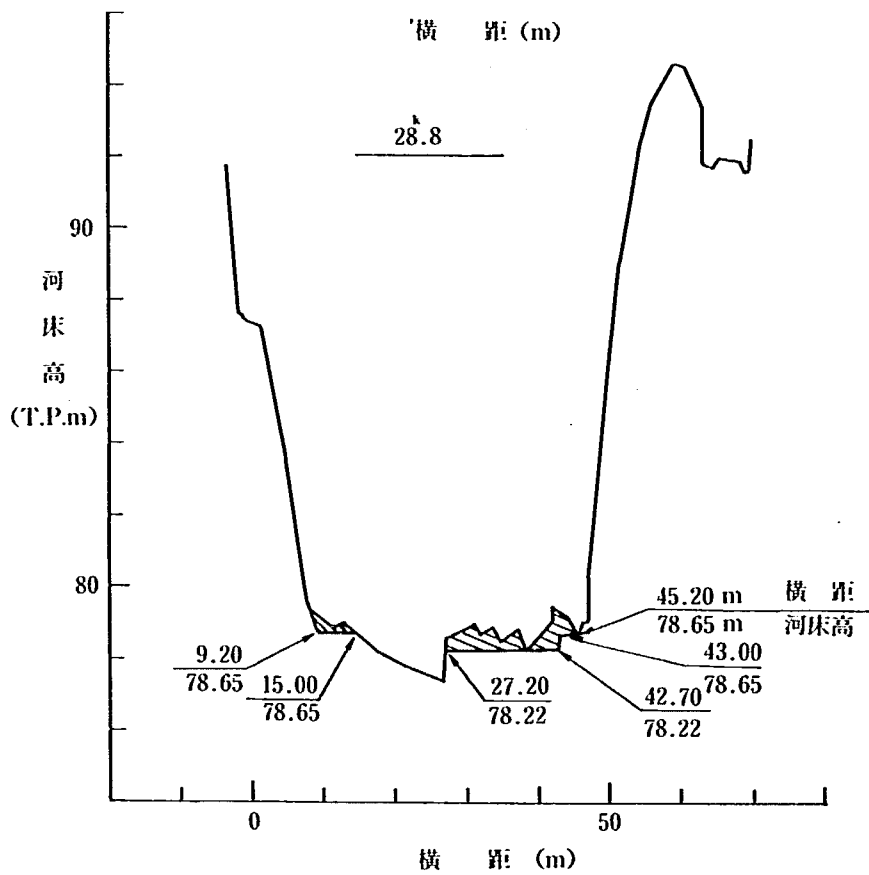
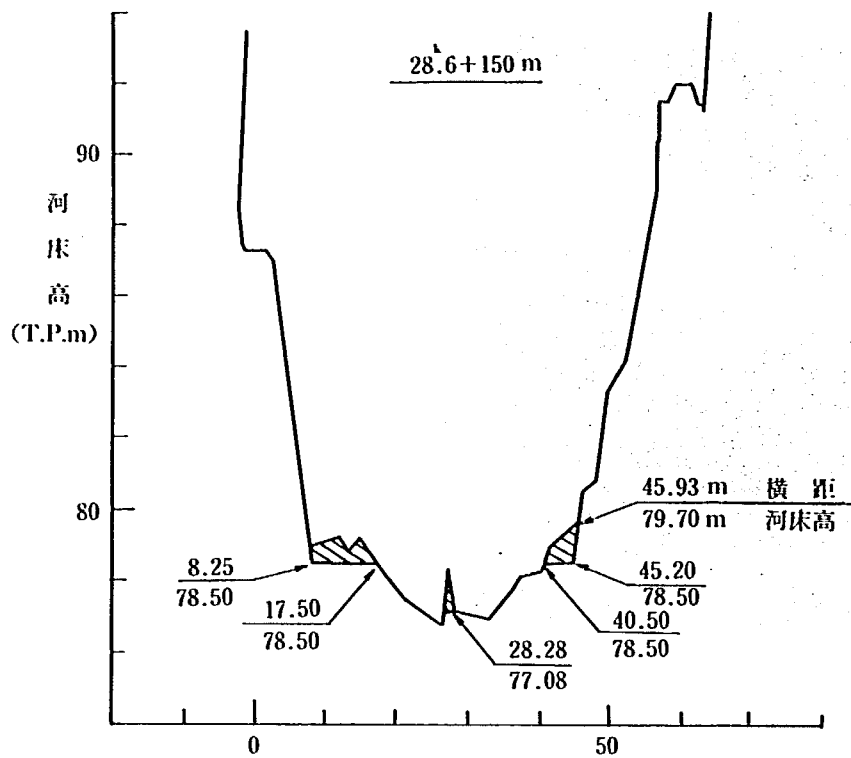


图-3.13 (9) 開削案横断形状図 (開削箇所 F')

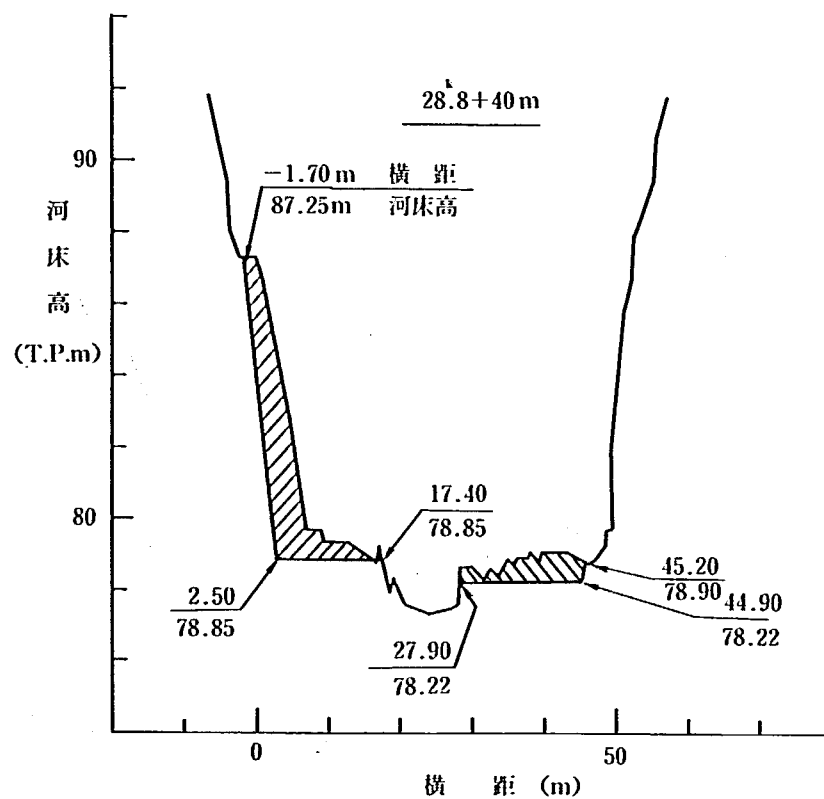
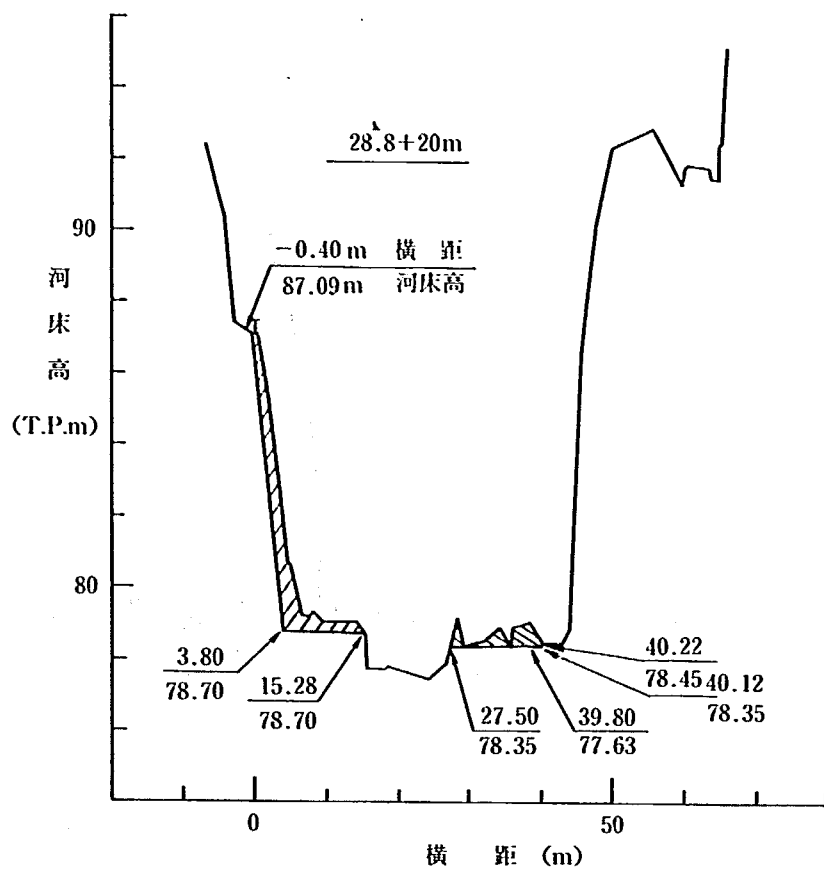


図-3.13 (10) 開削案横断形状図 (開削箇所 E 及び掘削箇所 F)

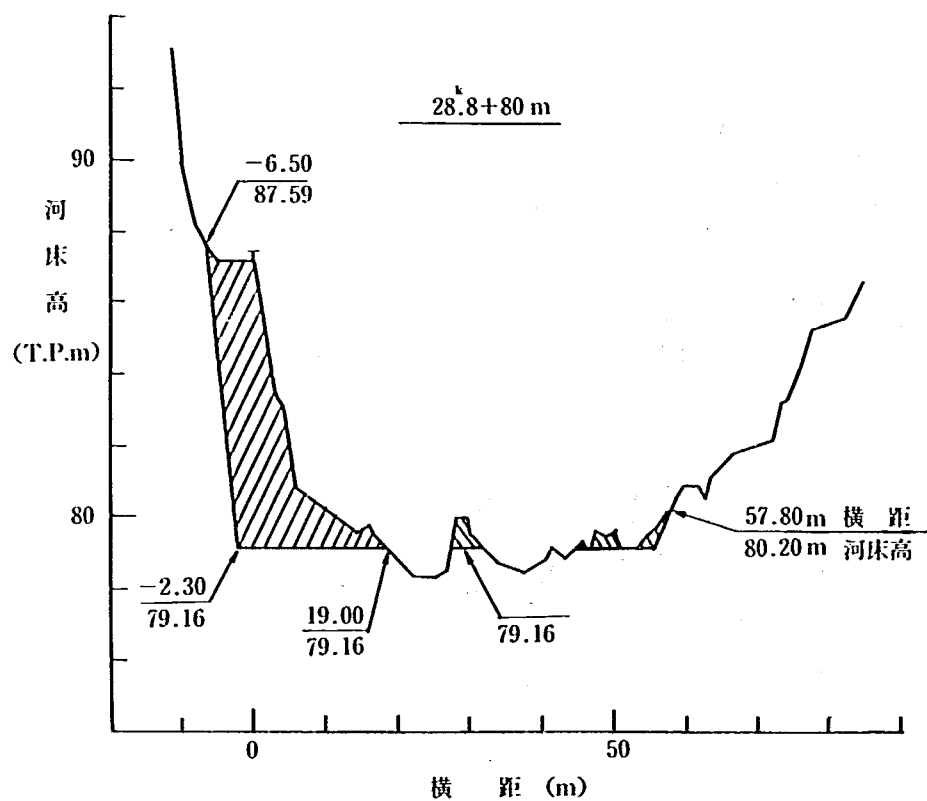
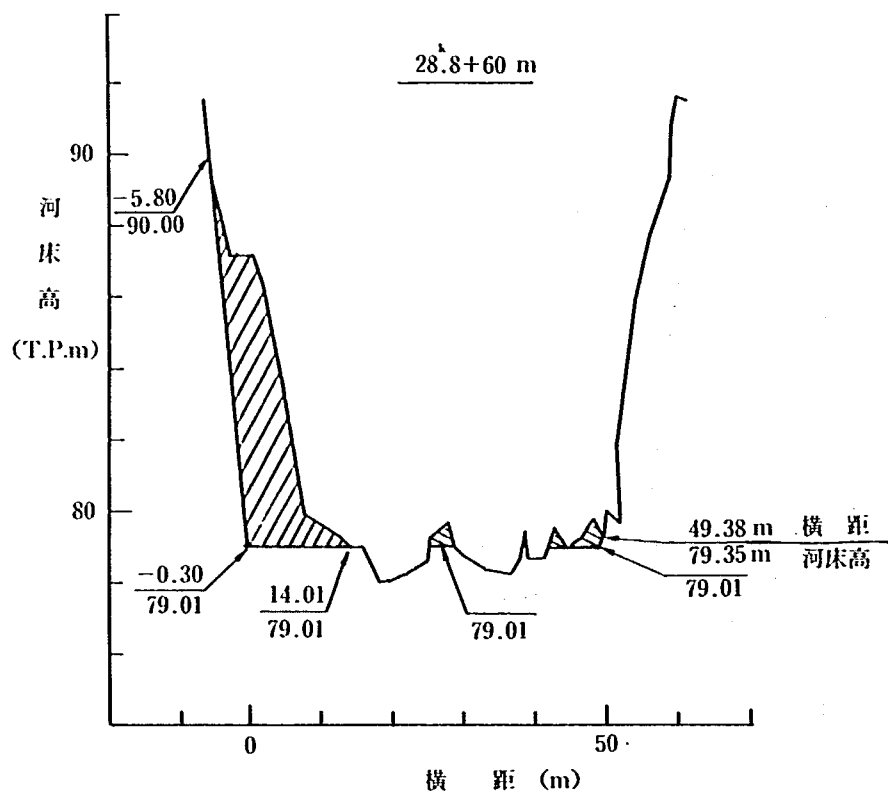
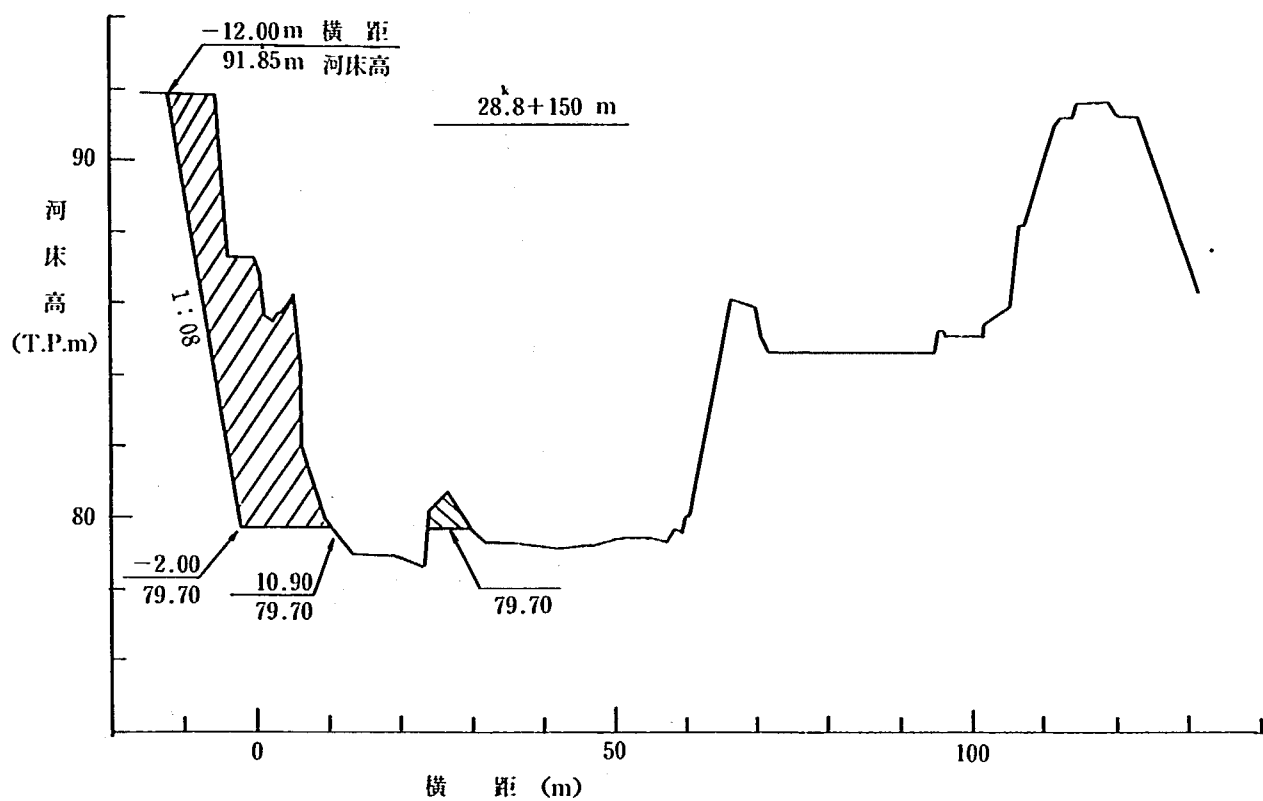
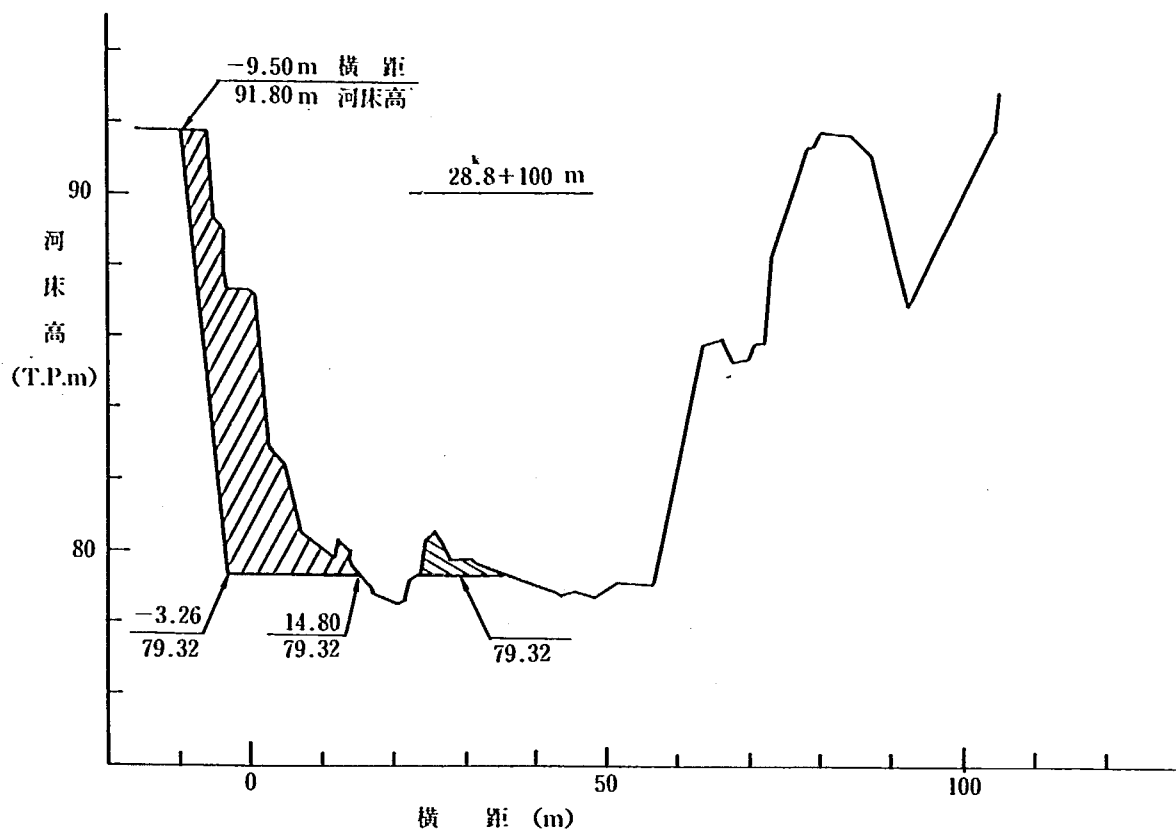


図-3.13 (11) 開削案横断形状図 (開削箇所 E 及び掘削箇所 F')



・図-3.13 (12) 開削案横断形状図 (開削箇所 E 及び掘削箇所 F)

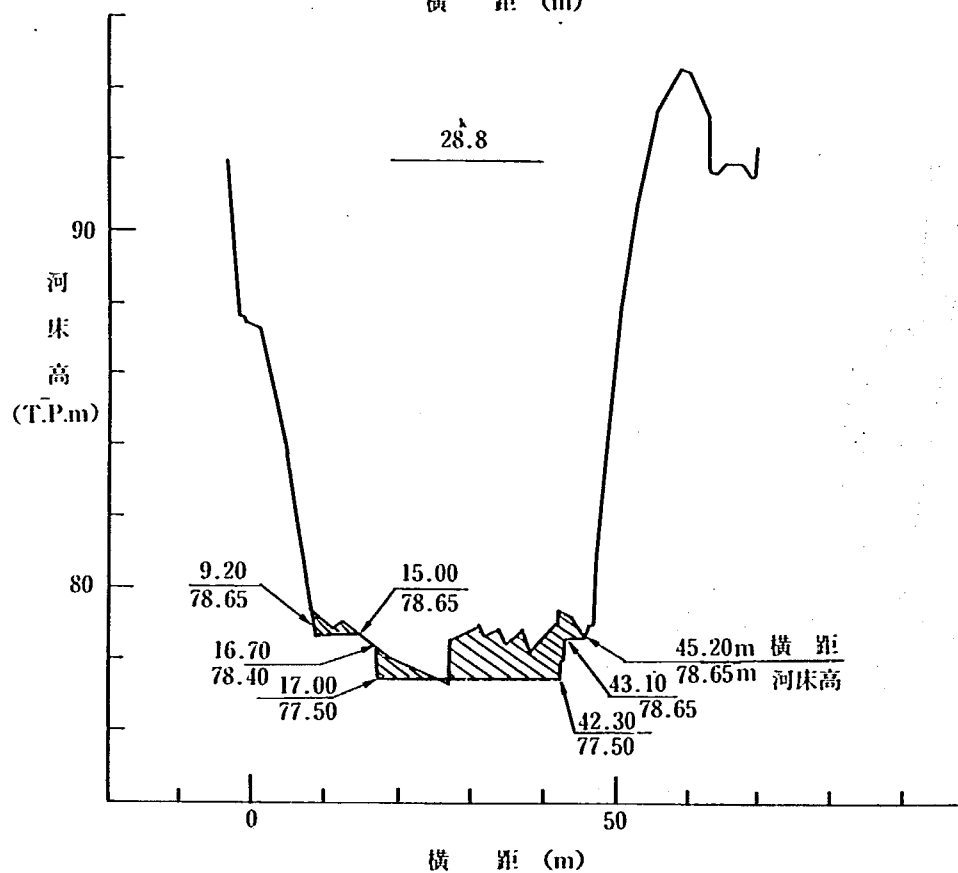
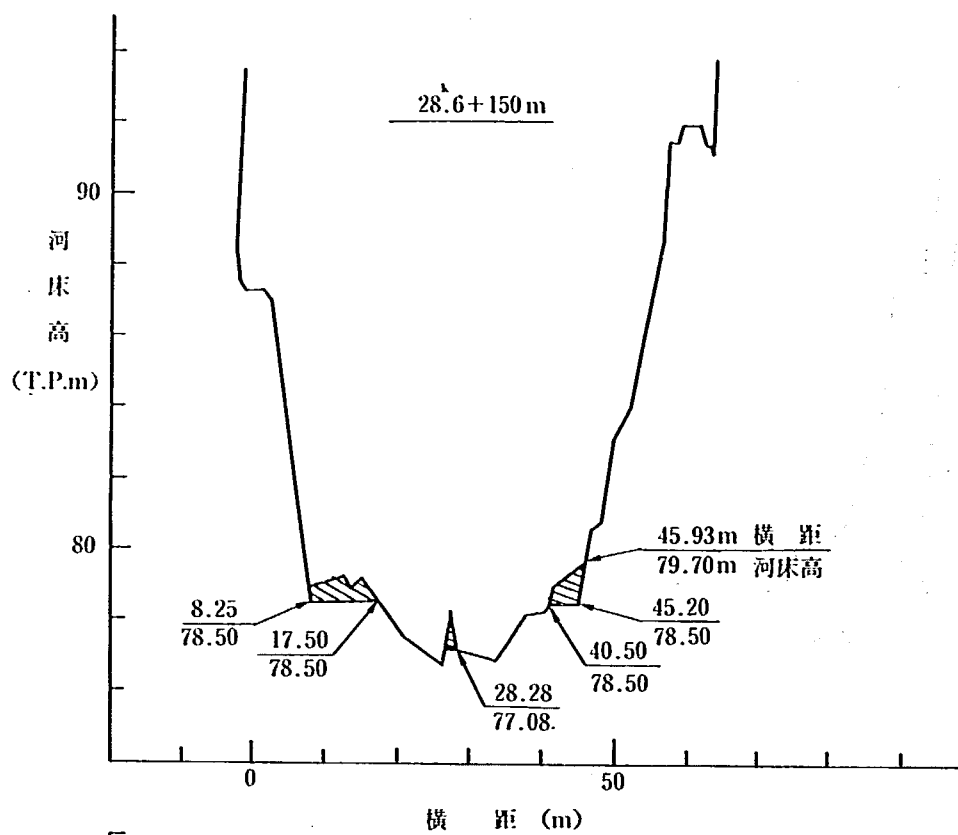


図-3.13 (13) 開削案横断形状図 (開削箇所 E' 及び掘削箇所 F)

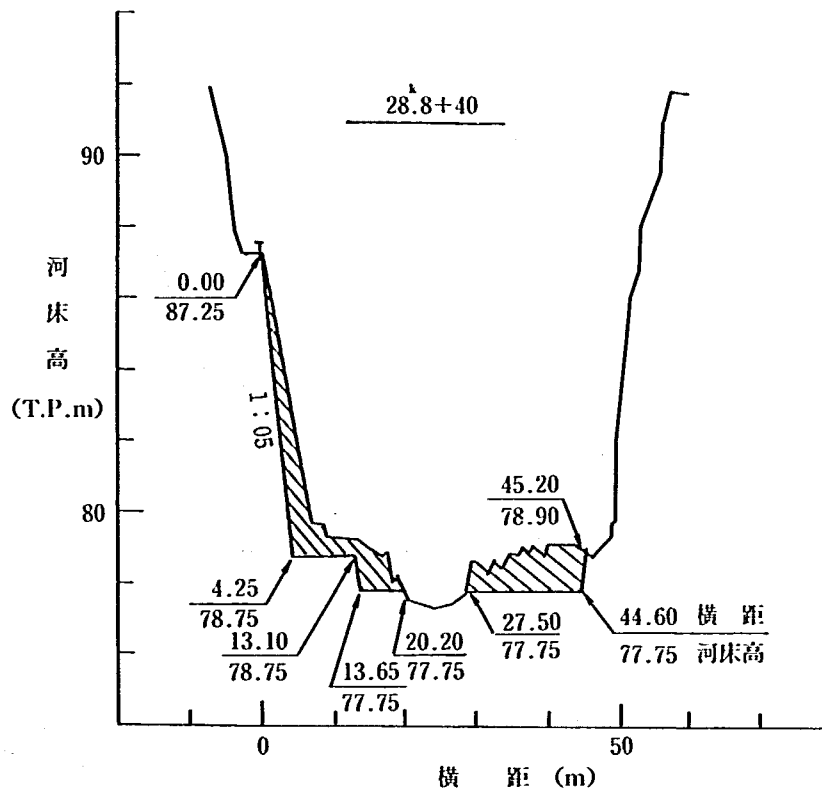
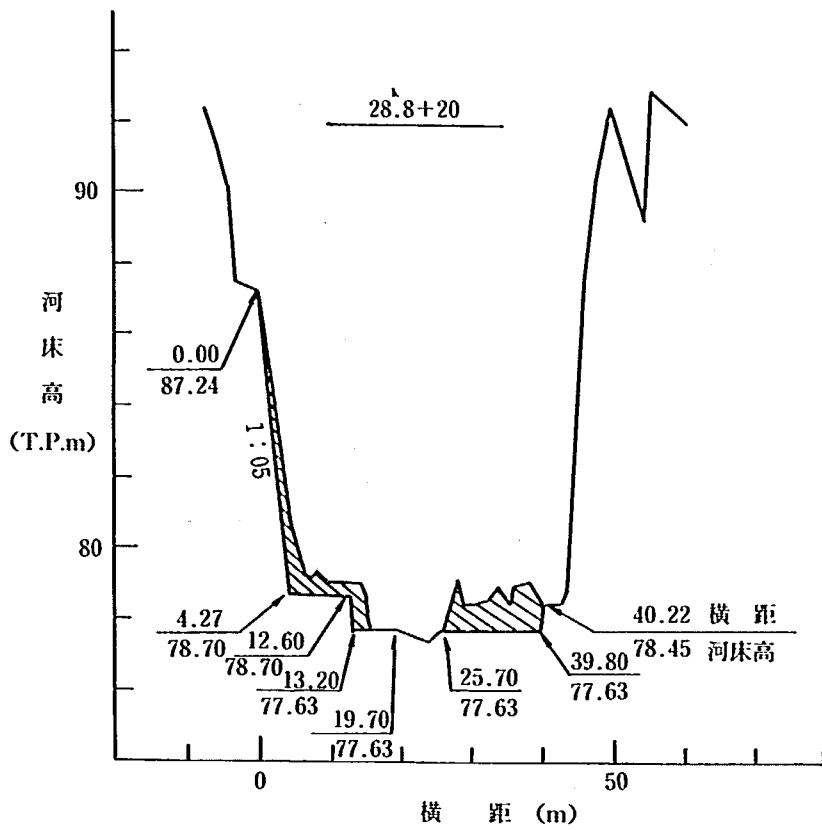


図-3.13 (14) 開削案横断形状図 (開削箇所 E' 及び掘削箇所 F)

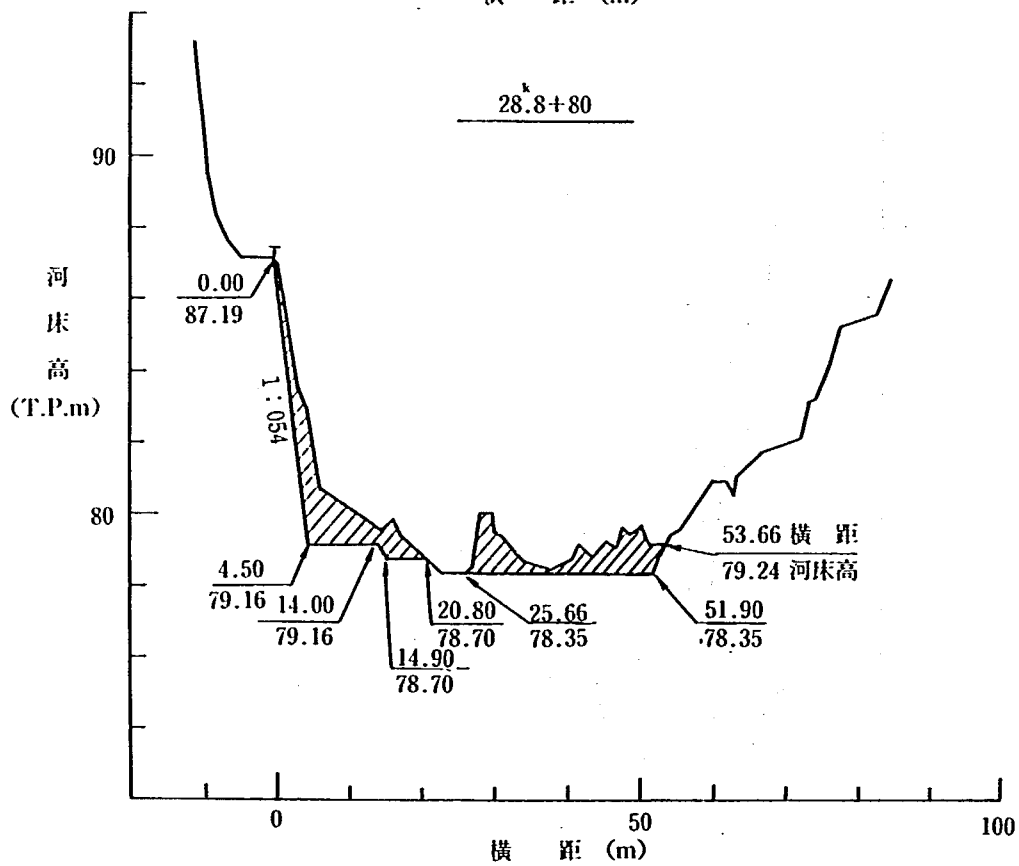
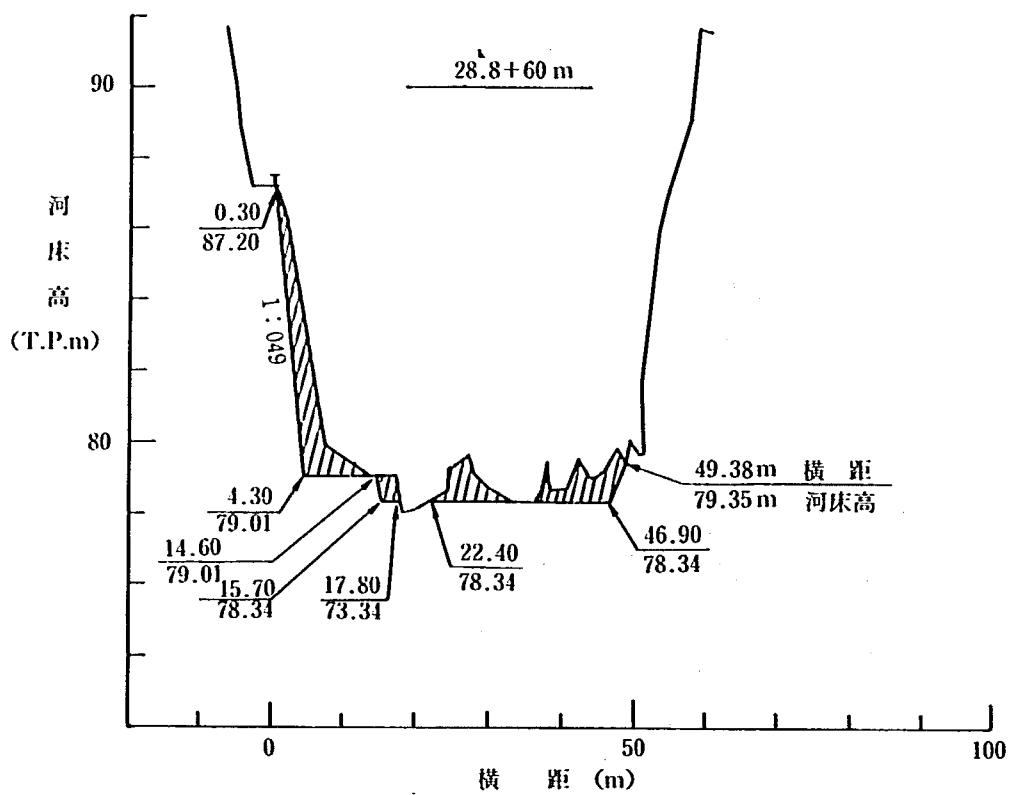


図-3.13 (15) 開削案横断形状図 (開削箇所 E' 及び掘削箇所 F)

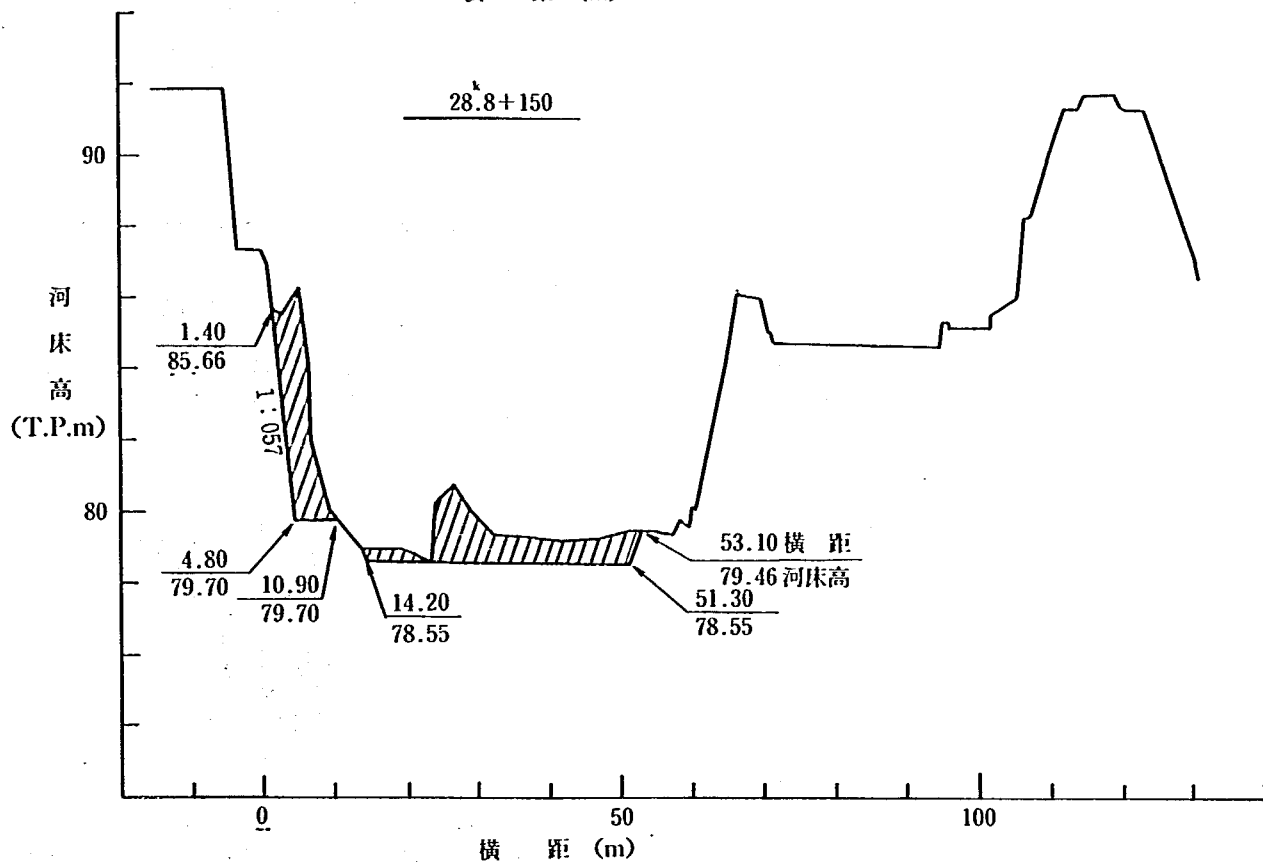
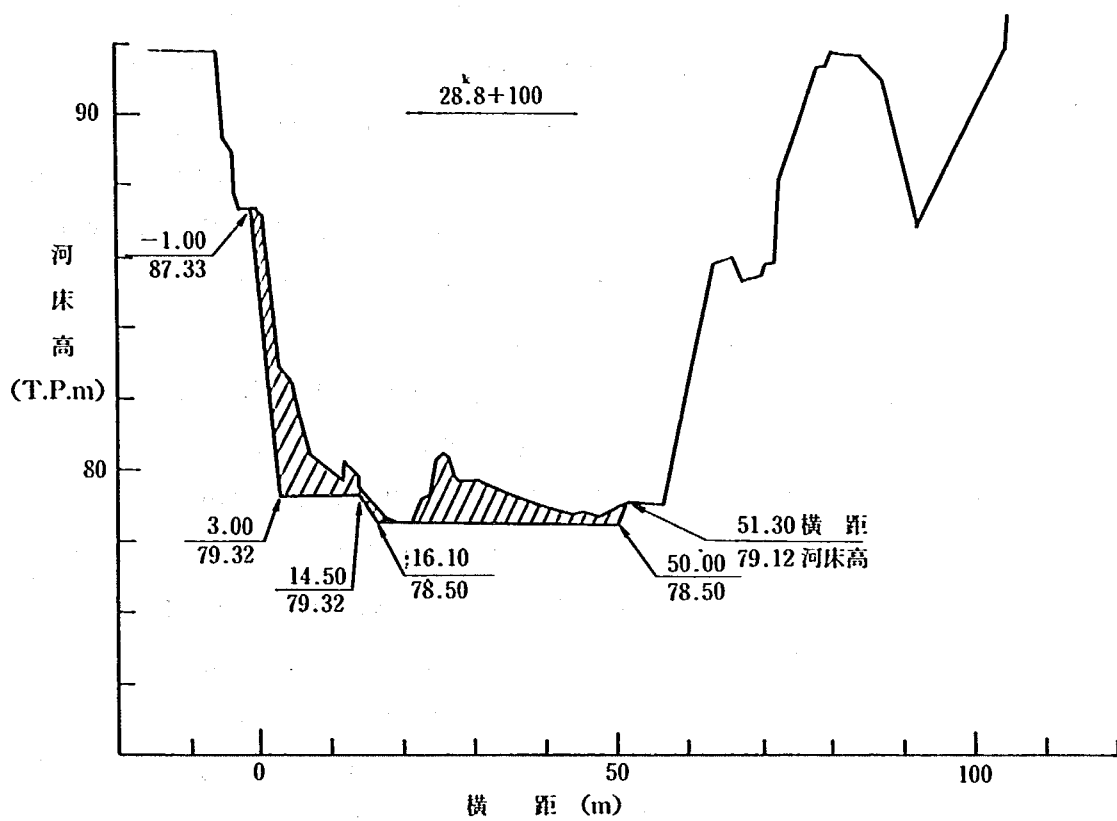


図-3.13 (16) 開削案横断形状図 (開削箇所 E' 及び掘削箇所 F)

図-3.14は、流量 $Q=2,300\text{ m}^3/\text{s}$ 及び $Q=3,500\text{ m}^3/\text{s}$ における水位縦断特性を現況実験A-4 ( $Q=2,300\text{ m}^3/\text{s}$ ) 及びA-5 ( $Q=3,500\text{ m}^3/\text{s}$ ) の特性と比較したものである。暫定実験T-1-1 ( $Q=2,300\text{ m}^3/\text{s}$ ) の場合、地蔵岩 (28.0 km+100 m) を撤去した効果は、直上流の28.2 kmの水位が0.30 m~0.40 m 下降するという結果になって現れたが、28.2 km+100 m 左岸付近についても開削しているため、地蔵岩撤去だけの影響範囲を把握することはできない。さらに、28.2 km+50 m ~28.2 km+100 m 左岸の開削により、流水幅は拡幅され、堰上げ量が減少した結果、28.4 km 地点の平均水位は約1 m 低下し、また請田地点 (29.0 km) の水位が0.24 m 低下した。しかし、保津峡入口部 28.8 km 付近の平均水位は現況河道とほとんど変化していない。

暫定実験T-1-2 ( $Q=3,500\text{ m}^3/\text{s}$ ) の場合、28.4 km 水位が約1.40 m 低下したが、請田地点における堰上げ量の低下は0.05 m 程度しかなく、開削箇所Aの開削効果はほとんど認められない。

⑥ 開削案2 (暫定実験T-2-1 ( $Q=2,300\text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験T-2-2 ( $Q=3,500\text{ m}^3/\text{s}$ ))

本実験は、開削箇所AだけでなくBも開削した場合の水位の低下量を検討したものであって、水位縦断特性は図-3.15に示されている。保津峡入口部の右岸側突起岩を撤去した結果、暫定実験T-2-1 ( $Q=2,300\text{ m}^3/\text{s}$ ) において、急勾配で流下する水面形は若干上流側に移行し、請田地点 (29.0 km) 水位を、開削案1に比べ、さらに0.22 m 低下させる効果となって現れた。しかし、請田地点における計画高水位TP 88.90 mには0.24 m 及ばず、さらに開削が必要であることが判明した。暫定実験T-2-2 ( $Q=3,500\text{ m}^3/\text{s}$ ) の場合、28.8 km+150 m 付近の水位が、開削案1に比べ、0.50 m ~0.60 m 低下したが、29.0 km においては、暫定実験T-2-2 ( $Q=2,300\text{ m}^3/\text{s}$ ) とほぼ同様0.28 m の低下に留まった。

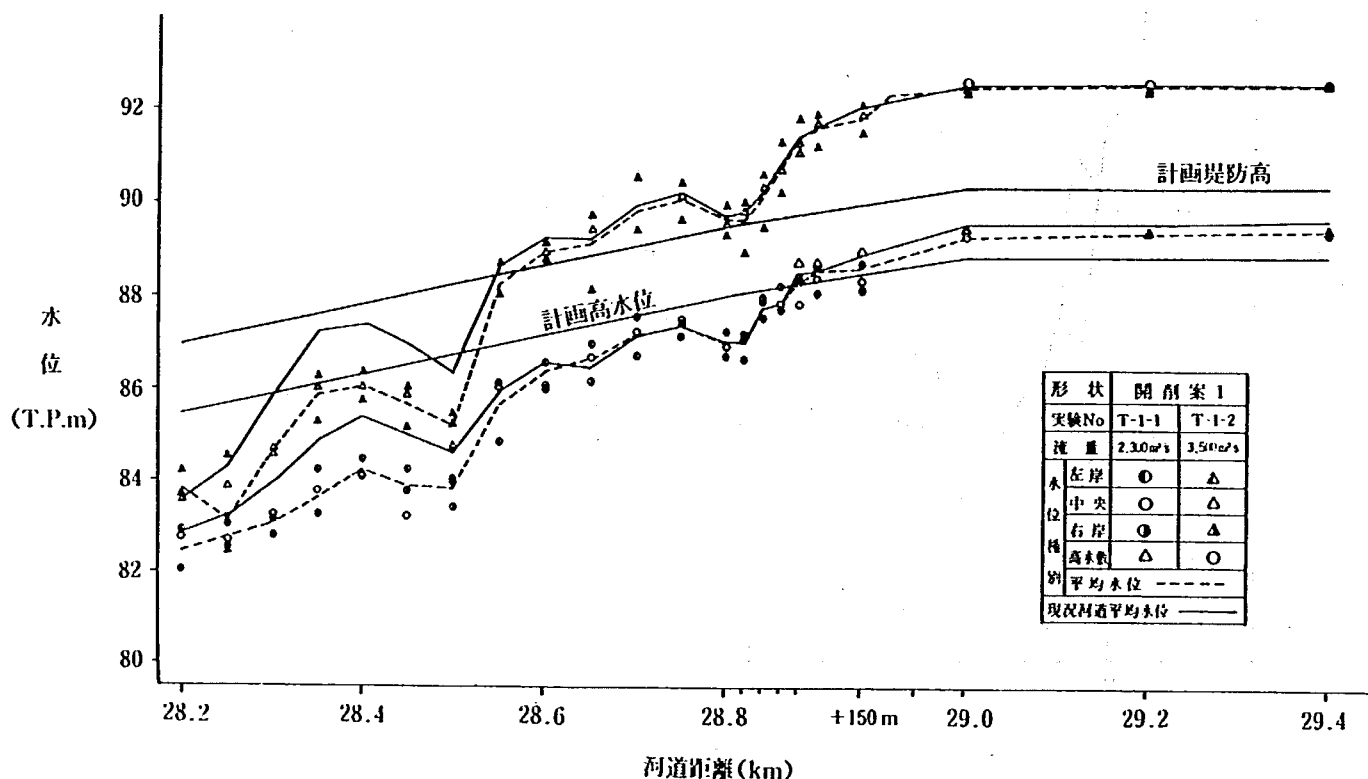


図-3.14 暫定実験T-1 (開削案1) における水位

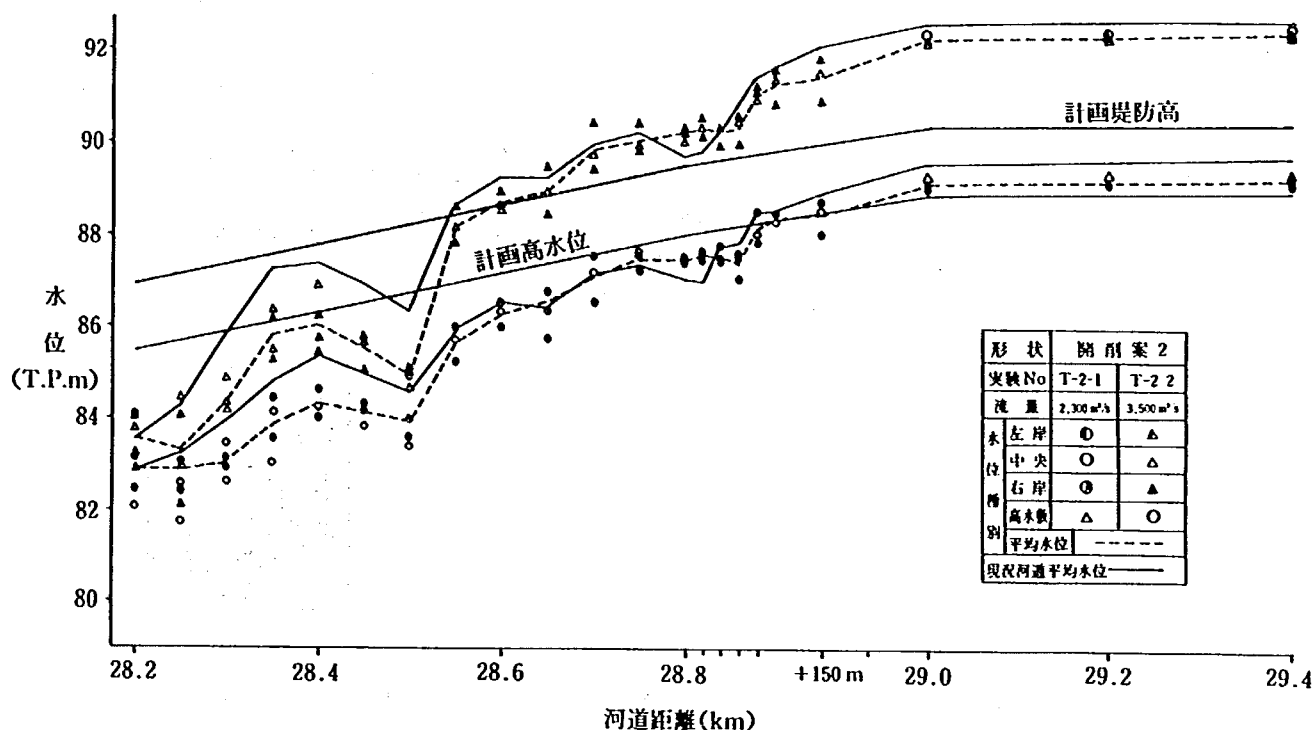


図-3.15 暫定実験 T-2 (開削案 2) における水位

㉔ 開削案 3 (暫定実験 T-3-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験 T-3-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ))

本実験は、請田地点 (29.0 km) 水位を開削案 2 の実験結果よりさらに 0.24 m 低下させるために、開削箇所 C についても開削し、その効果を検討したものである。水位縦断比較図を示すと図-3.16 のようであって、暫定実験 T-3-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) において、開削箇所 C の直上流付近では水位が 1 m 程低下したが、請田地点 (29.0 km) 水位は、開削案 2 の結果と比較すると、わずか 0.06 m の低下に過ぎなかった。これは、開削箇所上流部 28.6 km+100 m 右岸一帯の突起岩に主流が激しく当たっていることに起因するものと考えられ、さらに開削箇所 D の開削が必要とされた。暫定実験 T-3-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) についても同様に、開削の効果は請田地点まで及ばなかった。

㉕ 開削案 4 (暫定実験 T-4-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験 T-4-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ))

本実験は、開削案 3 の開削箇所にさらに D を加え、その開削効果を検討したものである。図-3.17 に示されるように、暫定実験 T-4-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) において、請田地点 (29.0 km) の計画水位を 0.30 m 低下させる結果が得られ、一応開削案としての暫定河道形状を見出すことができた。しかし、開削案 4 の形状は必ずしも最良案とは考えられず、詳細な検討をさらに行うことにより、開削量を減少させることが可能とみこまれる。暫定実験 T-4-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) において、現況河道と比較した場合、水位の低下は、流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合と同様に、保津峡入口部上流で 1.0 m 程であるが、計画水位を 2.72 m も超過しており、計画流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  を満足させる河道形状としては抜本的な検討が必要なようである。

開削案最終河道における流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  時の流況図を示すと図-3.18 のようであって、保津峡

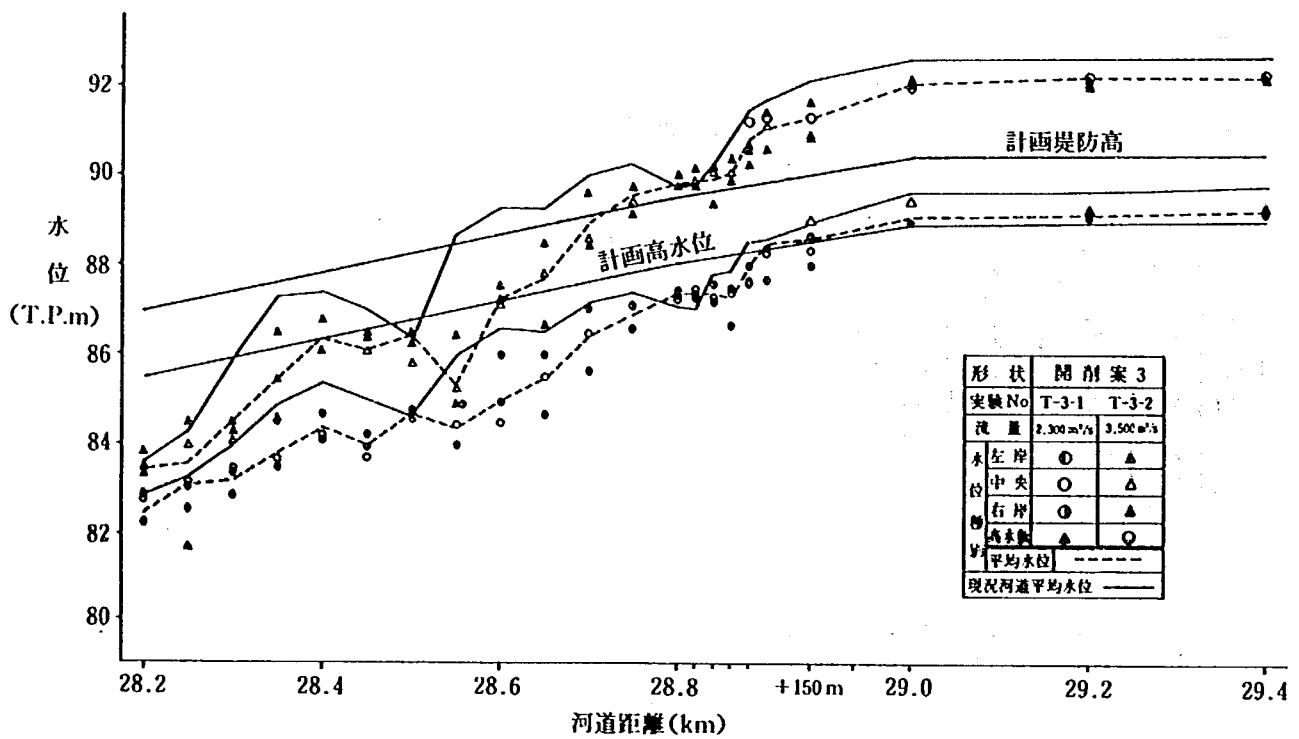


図-3.16 暫定実験 T-3 (開削案 3) における水位

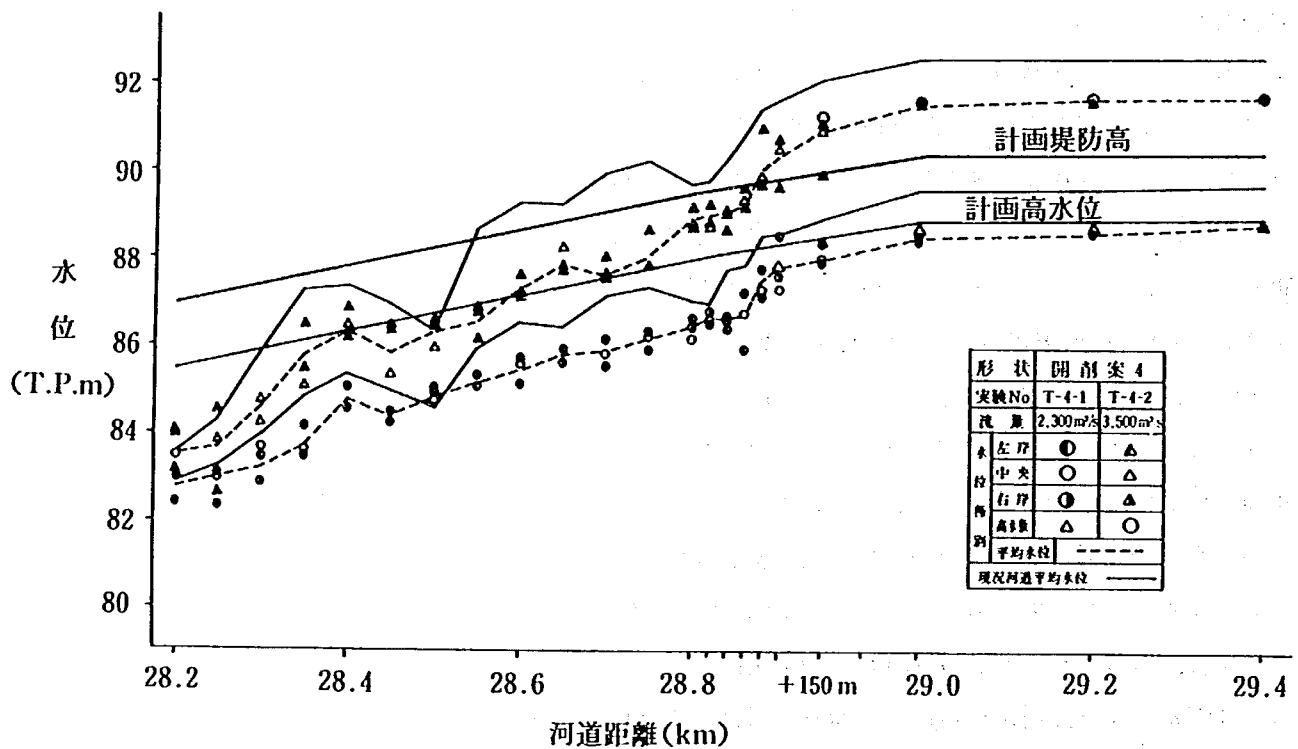


図-3.17 暫定実験 T-4 (開削案 4) における水位

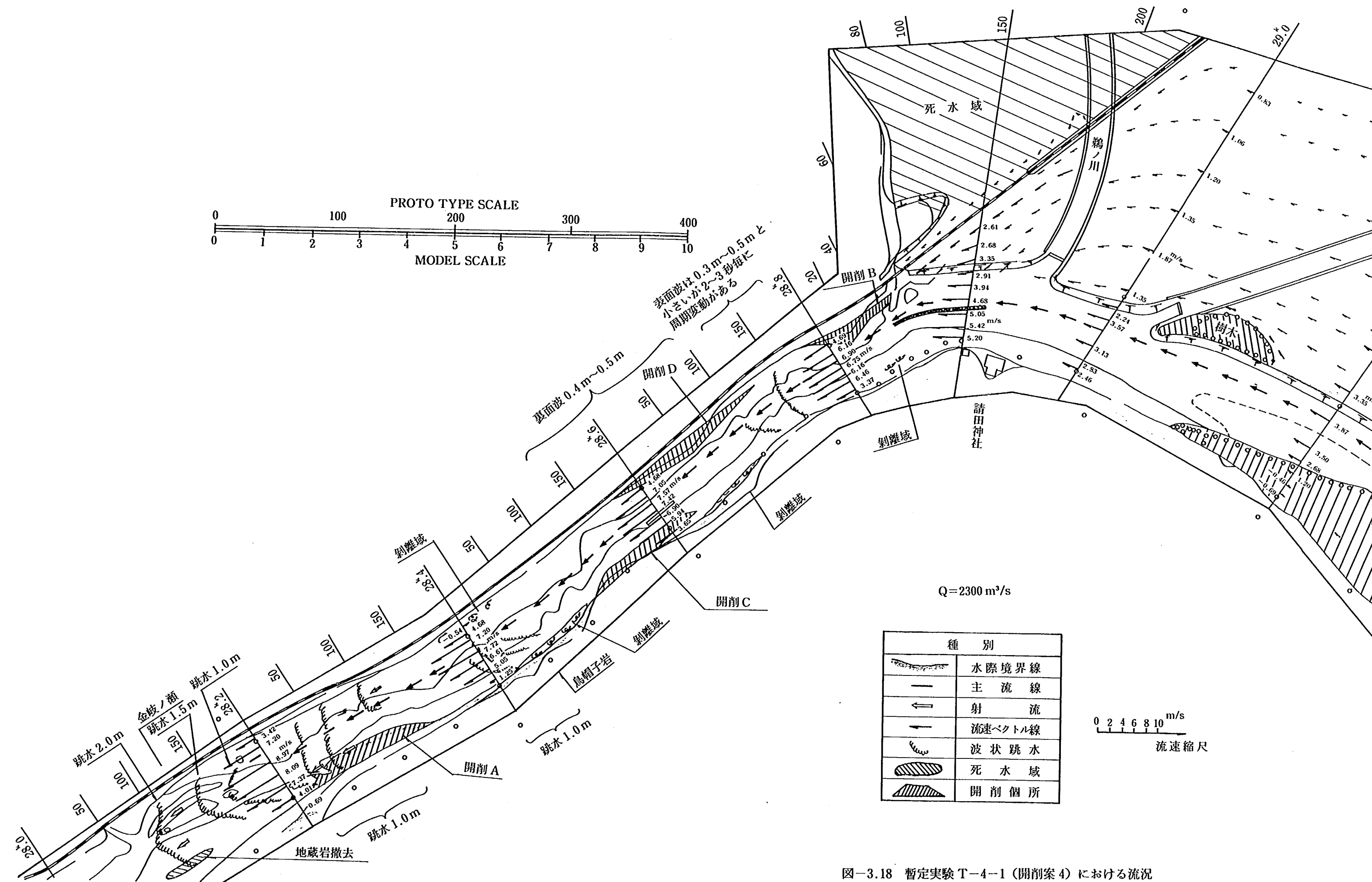


図-3.18 暫定実験 T-4-1 (開削案4) における流況

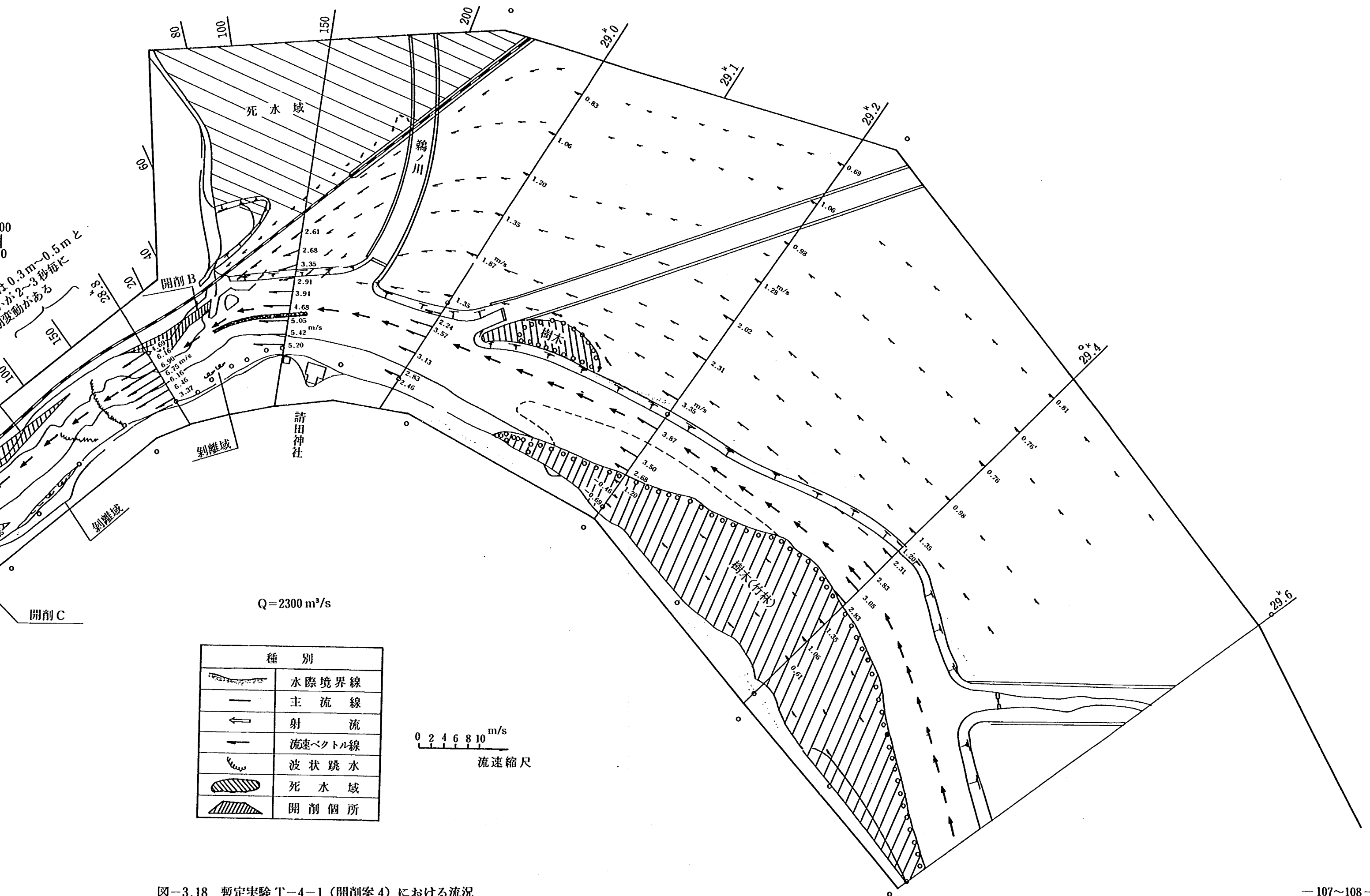


図-3.18 暫定実験 T-4-1 (開削案 4) における流況

入口より上流部においては、現況河道と比較した場合、水位が1.0 m 程低下したことによって、右岸高水敷上の流量が若干減少し、低水路側の流量の増加が見られた。主流部は、現況河道の場合と同様に、29.4 km 低水路中央よりやや左岸寄りから29.2 km 低水路右岸、さらに29.0 km 低水路中央へと流下している。主流部の流速は20～25%増大し、その最大流速は29.2 km 低水路右岸で約3.9 m/s となっている。保津峡入口付近においては、現況河道と比較した場合、右岸側の開削により主流部は右岸側に移り、最大流速は6.9 m/s と10%程度増加した。また、水位低下に伴い、鉄道沿いから低水路へ落ち込む流れが若干強くなった。保津峡入口より下流については、各所を開削したことにより水面波の高さは0.4 m～0.5 m と若干穏やかになったが、やはり周期的な変動が認められた。28.2 km 左岸、烏帽子岩付近(28.4 km+50 m)の左・右岸及び28.6 km+50 m 左岸に剝離域は見られるが、その領域はいずれも減少した。さらに、開削区間では流れの集中が緩和され、いずれの断面においても最大流速は減少した。



写真-3.12 暫定河道(開削案4)狭窄部入口部下流の流況( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )

㉔ 開削案4-2(暫定実験 T-5-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ))

開削案4の暫定実験 T-4 の後、開削案2で追加した開削箇所 B のみを復元して、流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  時の請田地点(29.0 km)の水位変化を調査した。その結果、29.0 km の水位は TP 89.23 m に上昇し、計画水位と較べ0.37 m 高くなり、流頭部の河積が堰上げ量に大きく影響していることが確認された。

㉕ 開削案5-2(暫定実験 T-6-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験 T-6-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.19 参照))

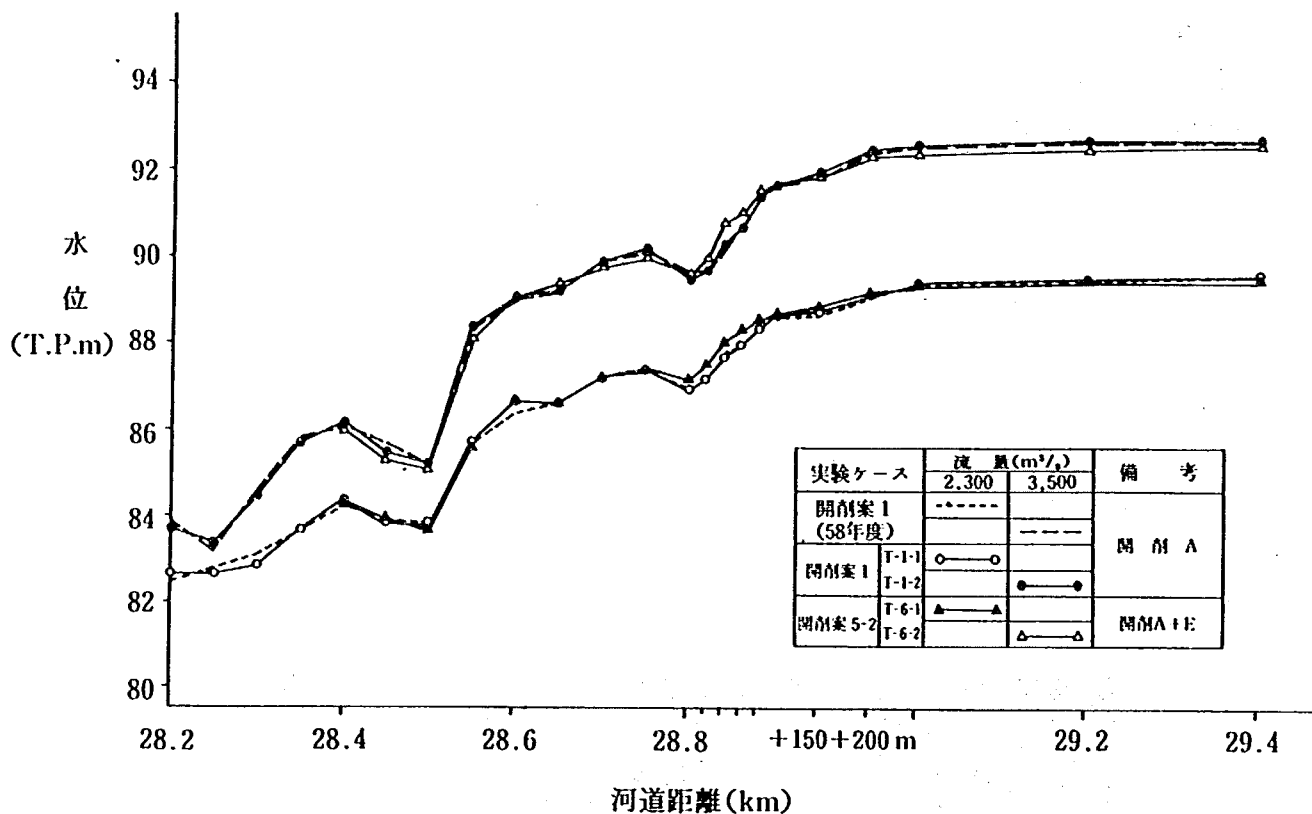


図-3.19 暫定実験 T-6 (開削案 5-2) における水位

国鉄山陰本線の軌道に対する配慮から、保津峡右岸側の開削をできるだけ少なくするという立場に立ち、請田神社の前面を図-3.13のように開削する案について検討を行った。本実験は、開削箇所 A と E のみを開削した場合について実施したものであって、暫定実験 T-1-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) との比較より、開削箇所 E の開削に伴い、29.0 km 地点水位は流量が  $2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合約 0.1 m 低下し、また暫定実験 T-1-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) との比較より、流量が  $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合約 0.3 m 低下することが明らかとなった。しかし、28.6 km から 28.8 km にかけての河積の急縮に伴う堰上げ効果は大きく、開削箇所 E の開削を行っても、暫定流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  についても、29.0 km 地点水位は計画高水位よりも約 0.3 m 高く、さらに開削が必要と判断された。

⑤ 開削案 5-3 (暫定実験 T-7-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.20 参照))

開削案 5-2 にひきつづき、開削箇所 B を開削することにより、流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合、29.0 km 地点水位はさらに 0.3 m 低下したものの、計画高水位より若干高く、さらに開削が必要であった。

⑥ 開削案 5-4 (暫定実験 T-8-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.20 参照))

開削案 5-3 にひきつづき、さらに開削箇所 D を開削することにより、流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合、29.0 km の水位は計画高水位を若干下まわったが、これより上流の断面においては、計画高水位より 0.05 m~0.07 m 高く、水位低下量は不十分であった。開削箇所 B 及び D の開削により、右岸側河岸沿いにみられた剝離域は消滅したものの、28.4 km+150 m の急縮部の影響が著しく、開削箇所 D の開削の効果はほとんど現れなかった。

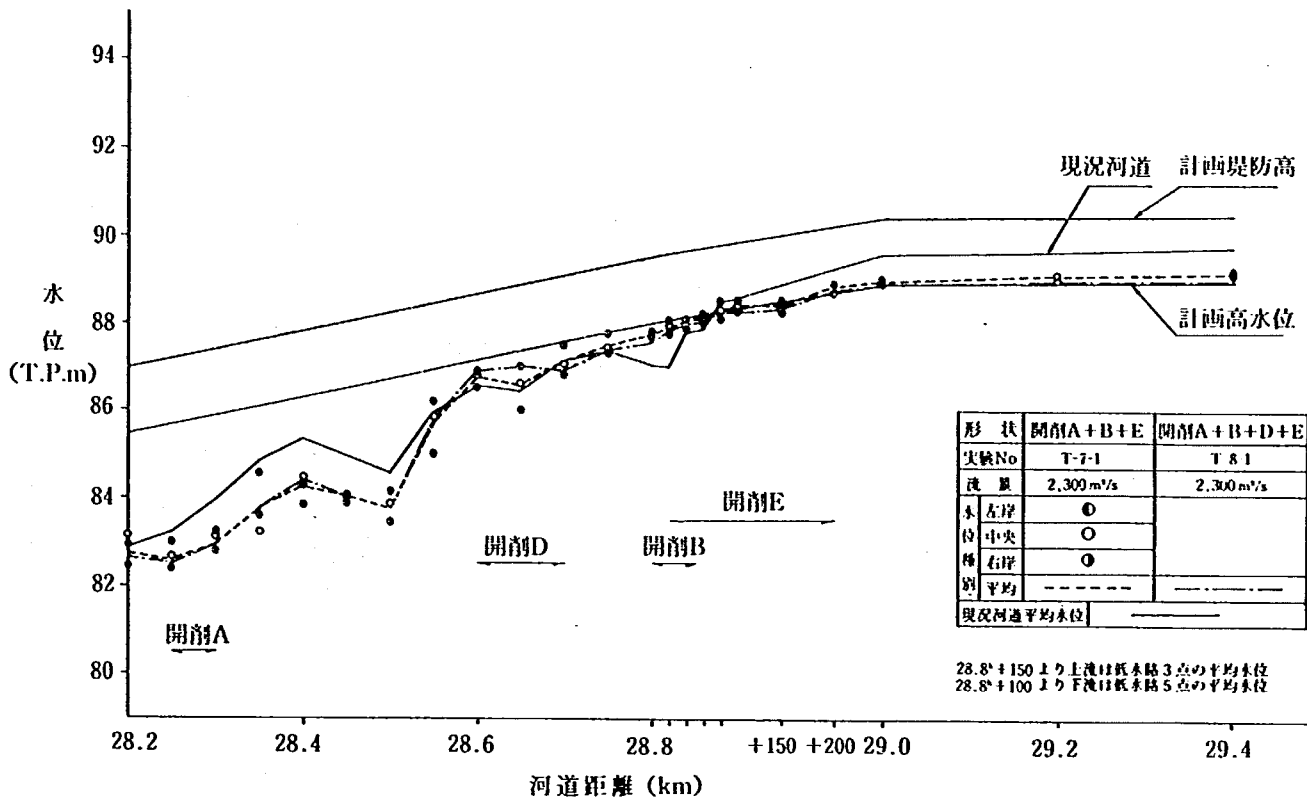


図-3.20 暫定実験 T-7-1 (開削案 5-3) 及び T-8-1 (開削案 5-4) における水位

① 開削案 5-5 (暫定実験 T-9-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.21 参照))

開削案 5-4 において、28.4 km+150 m 断面の河積不足が著しい堰上げ効果をもたらしていることが明らかとなったため、28.4 km+150 m 断面の河道拡幅を試みた。ただし、開削箇所 C をすべて開削すると、保津峡左岸の府道を大きく付け換えなければならないため、これを付け換えずにすむ最大の開削ということで、図-3.13 にみられるように、開削箇所 C の開削のみを行った。その結果、流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  において、狭窄部上流側の水位は大きく低下し、計画高水位より 29.0 km で 0.43 m、29.2 km で 0.23 m、それぞれ低くなった。これは、開削箇所 B 及び D が開削されていることにより、開削箇所 C の開削の効果が狭窄部上流まで及んだものと解される。

① 開削案 5 (暫定実験 T-10-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験 T-10-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.21 参照))

開削案 5-5 において、流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合、狭窄部上流側の水位は計画高水位を大きく下まわったため、開削箇所 D を復元したところ、図-3.21 にみられるように、上流側水位は計画高水位に近づき、ほぼ妥当な暫定案と判断された。なお、流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合、28.6 km から上流部について、水位は計画堤防高を上まわっている。

① 開削案 6-2 (暫定実験 T-11-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.22 参照))

開削案 5 の検討にあたっては、当初保津峡右岸側の開削をさけることを目標とした。したがって、開削箇所 B を復元することの影響を把握するために本実験を実施したところ、図-3.22 にみられるよ

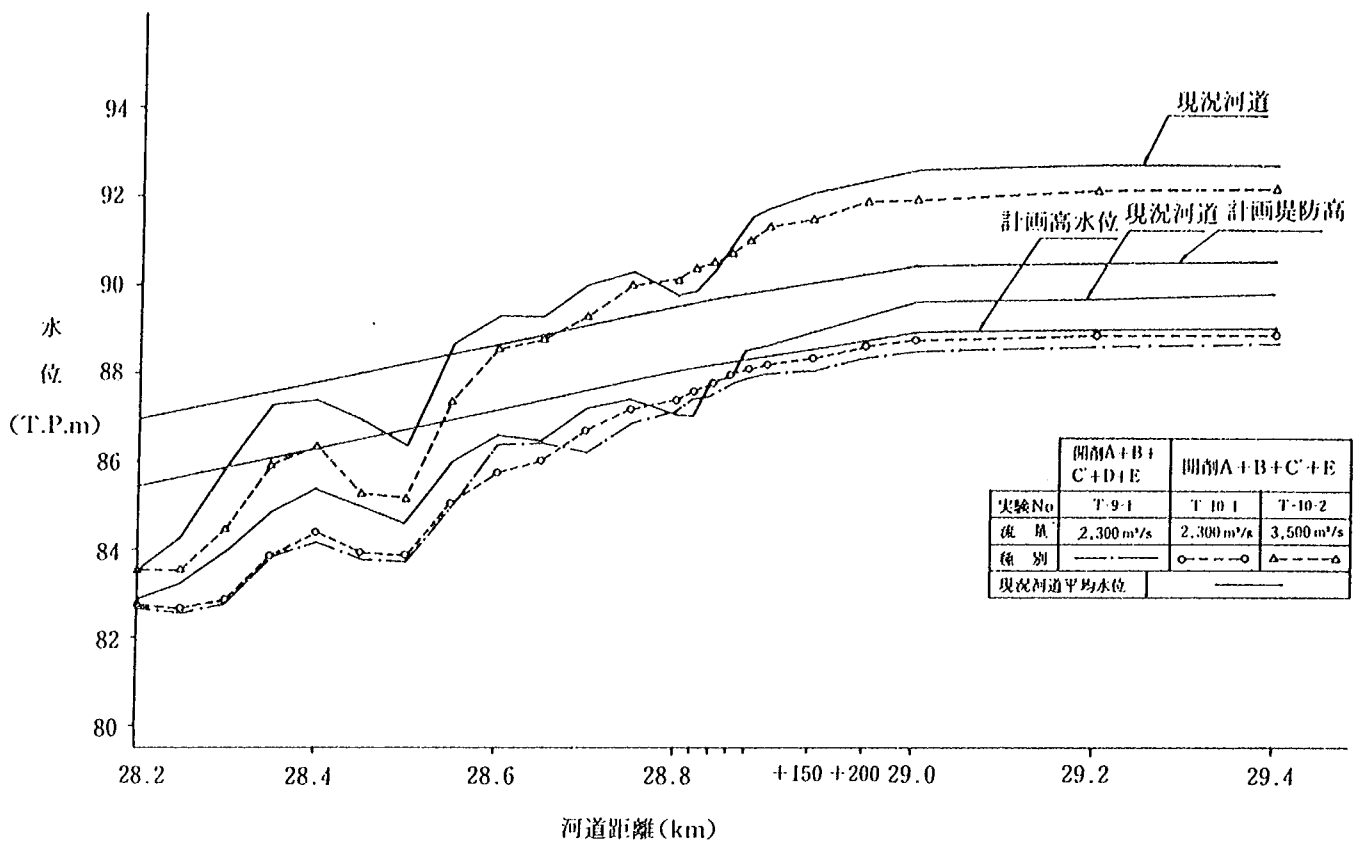


図-3.21 暫定実験 T-9-1 (開削案 5-5) 及び T-10-1 (開削案 5) における水位

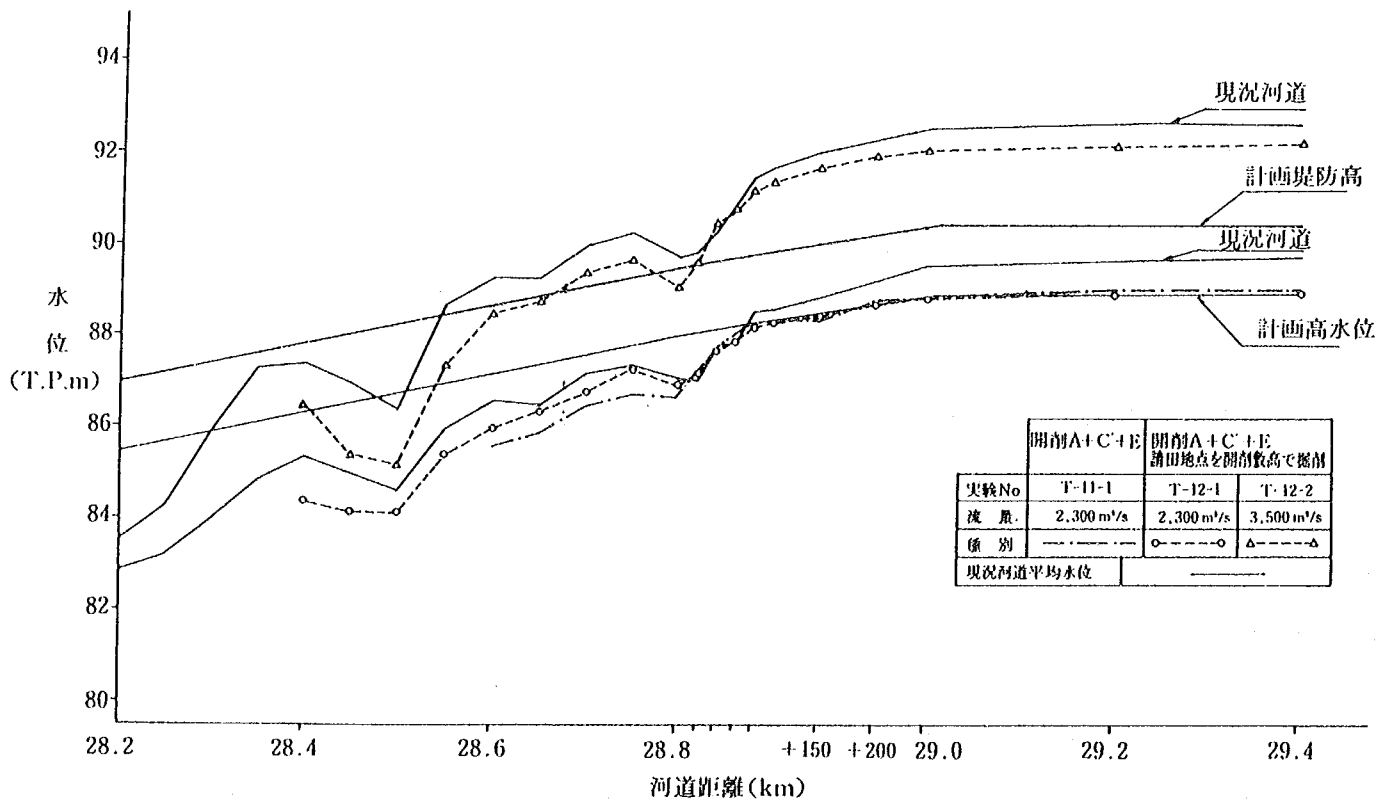


図-3.22 暫定実験 T-11-1 (開削案 6-2) 及び T-12 (開削案 6) における水位

うに、狭窄部上流側の水位は約 0.3 m 上昇し、計画高水位を上まわるようになった。

① 開削案 6 (暫定実験 T-12-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験 T-12-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.22 参照))

開削案 6-2 における暫定実験 T-11-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) では、計画高水位を満足させることができなかったため、まず 28.6 km+150 m から 28.8 km+150 m までの区間を開削箇所 E の開削敷高で掘削したところ、29.2 km ではほぼ計画高水位を満足する結果となったが、29.4 km では計画高水位より若干高い状態であった。したがって、図-3.13 のように、28.8 km から 28.8 km+40 m にかけて、右岸側を右岸部の最深河床高で掘削したところ、暫定実験 T-12-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) において、29.4 km の水位は計画高水位の TP 88.96 m と一致し、図-3.22 のように暫定河道の条件を満足する結果が得られた。なお、開削箇所 B を復元したことにより、28.8 km 右岸側には射流が発生し、28.6 km の水面は周期変動を呈するようになった。また、流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合、29.0 km の水位は計画高水位を約 3.1 m 上まわっており、暫定河道案の中では最も高い水位となっている。なお、暫定実験 T-12-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の流況を図示すると、図-3.23 のようであるが、これは後述の暫定実験 T-14-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) とよく似た様相を呈しているため、①の項でまとめて述べることとする。

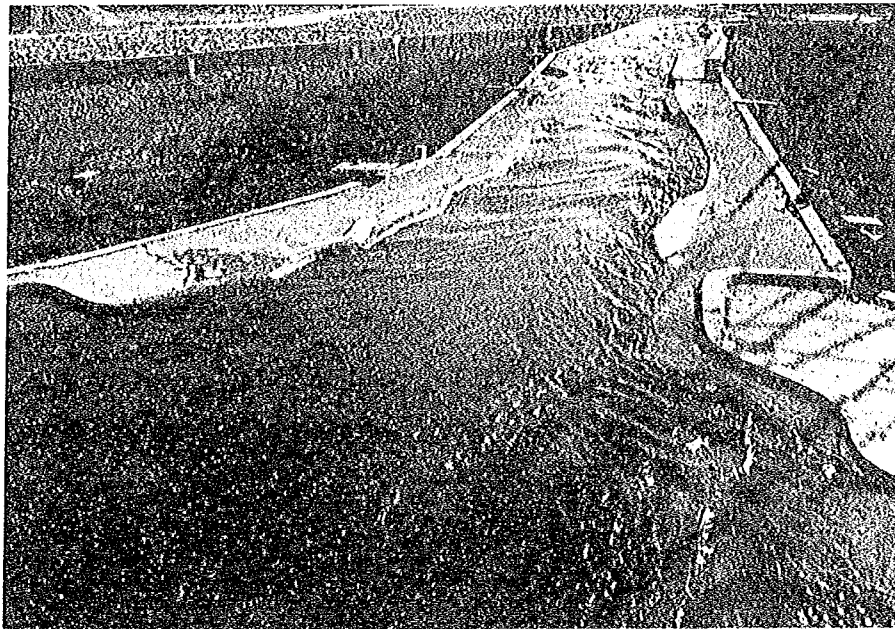


写真-3.13 暫定河道 (開削案 6) 狭窄部入口部下流の流況 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )

㉓ 開削案 7-2 (暫定実験 T-13-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.24 参照))

暫定流量に対する河道計画は、将来計画を考慮して手直しを最小限にとどめるように検討しなければならない。開削箇所 E は、請田神社の一部移転あるいは施工上・景観保全上等の問題も多く、また暫定実験 T-6 において、開削箇所 E の拡幅のみでは狭窄部上流側の堰上げ背水量を十分に軽減させることができないことが明らかとなった。このような状況に鑑み、本実験は請田神社前の府道法肩より河道側を開削するという開削箇所 E の開削により暫定河道をみいだそうとするものである。

開削案 6 において、開削箇所 E を E' に変更したところ、暫定実験 T-13 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の狭窄部上流側水位は、開削案 6 の暫定実験 T-12-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) に比べ、約 0.2 m 上昇し、計画高水位を上まわるようになった。

㉔ 開削案 7 (暫定実験 T-14-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験 T-14-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (図-3.24 参照))

開削案 7-2 は、暫定河道条件を満足しなかったため、さらに図-3.13 に示されるように、28.8 km から 28.8 km+150 m までの区間について、各断面を最深河床程度に掘削した。その結果、図-3.23 にみられるように、暫定実験 T-14-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の狭窄部上流水位は、いずれの断面においても計画高水位を下まわるようになった。

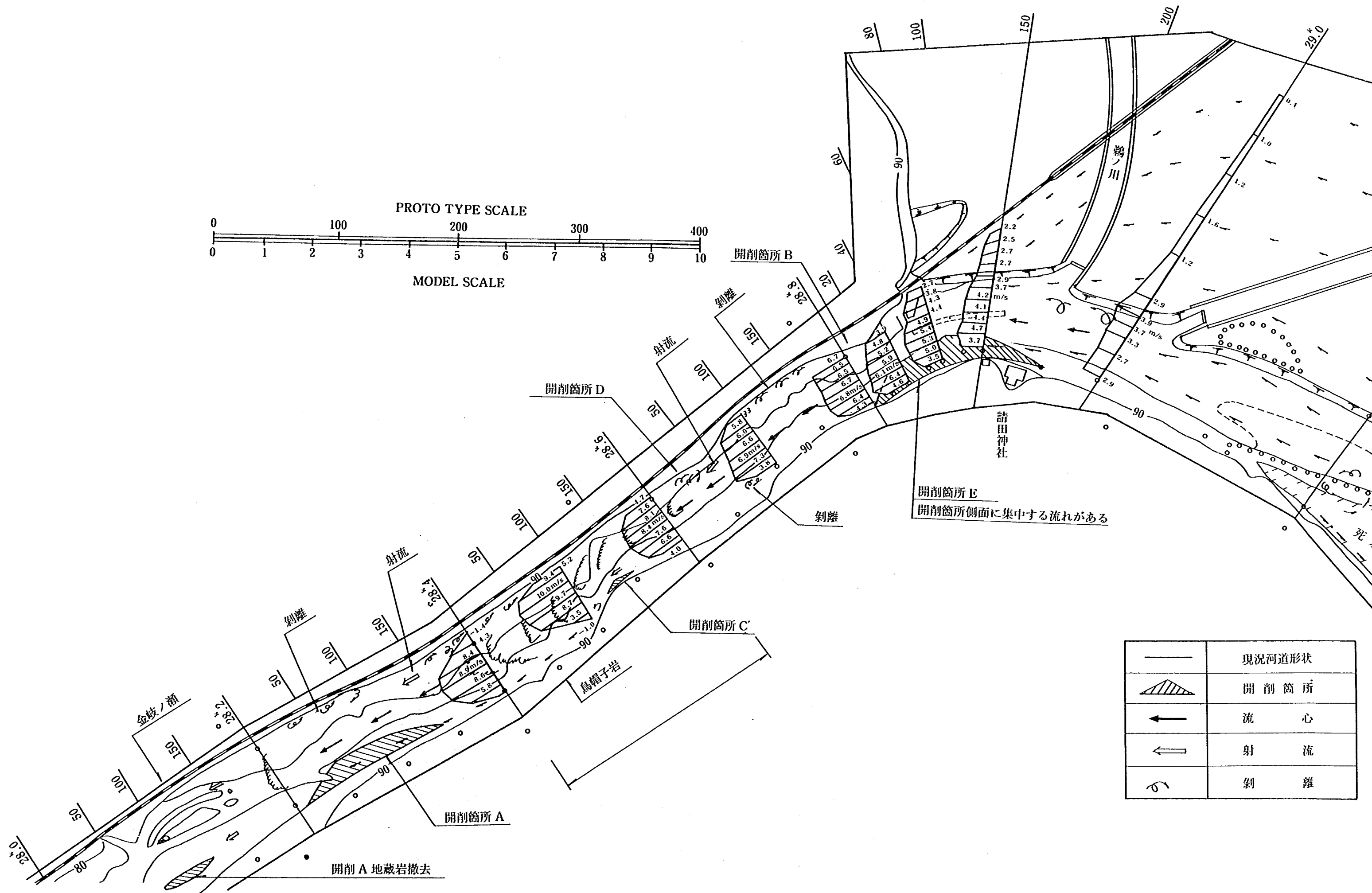


図-3.23 暫定実験 T-12-1(開削案 6,  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )における流況

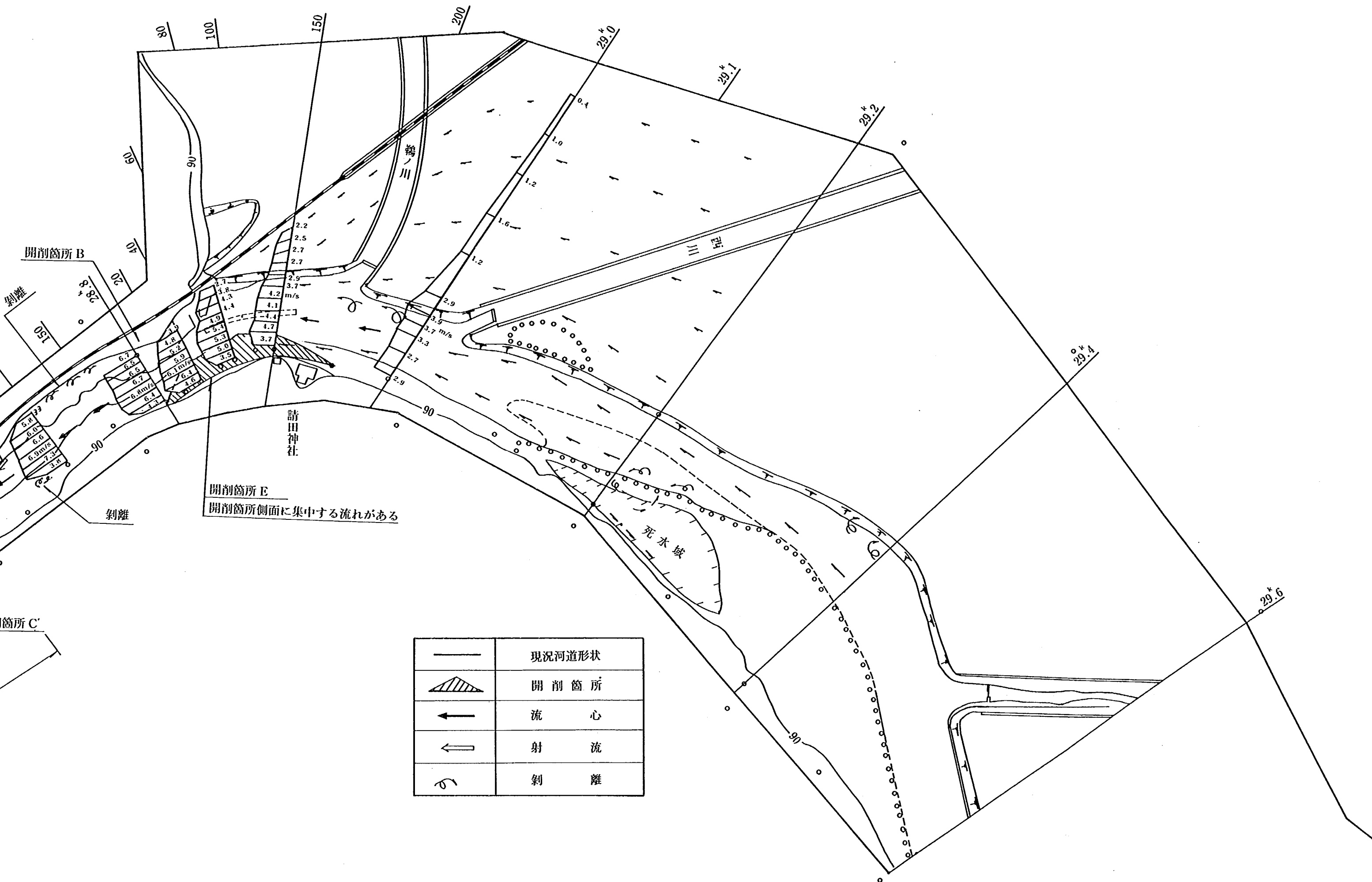


図-3.23 暫定実験 T-12-1(開削案 6,  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )における流況

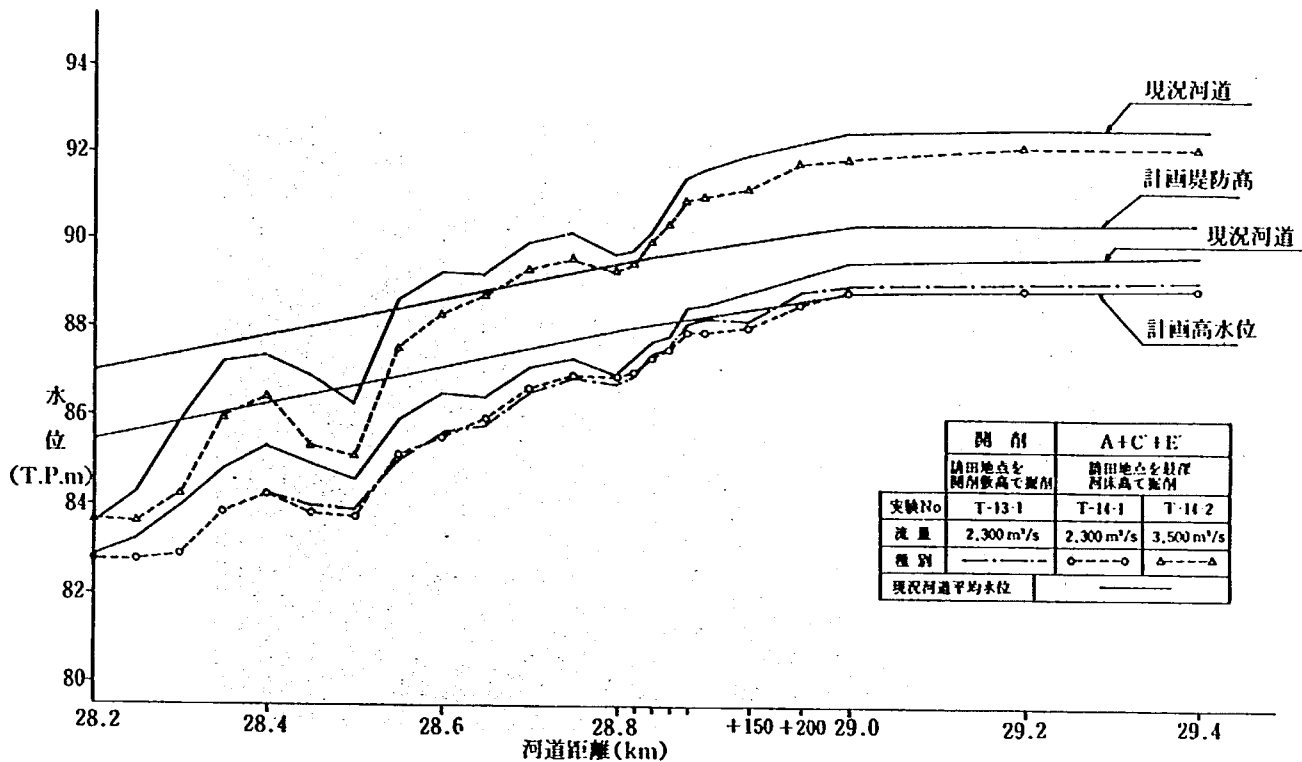


図-3.24 暫定実験 T-13-1 (開削案 7-2) 及び T-14 (開削案 7) における水位

暫定実験 T-14-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況を図示すると図-3.25 のようであって、暫定実験 T-12-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) とよく似た様相を呈している。すなわち、保津峡入口より上流部において、主流部は 29.4 km 低水路中央のやや左岸寄りから、29.2 km 低水路右岸、さらに 29.0 km 低水路中央へと流下し、その最大流速は 3.9 m/s 程度である。右岸高水敷上の流れは、平均 1.5 m/s の流速で流下しており、鉄道沿いから低水路内に落ち込む流れがみられる。狭窄部入口付近の主流部は、開削案 6 の場合、河道中央から若干左岸寄りで、その最大流速は 6.4 m/s であるが、開削案 7 の場合には、河道中央から若干右岸寄りに移り、最大流速は若干速く 6.9 m/s となっている。いずれの河道形状においても、28.8 km+20 m 右岸、28.6 km+50 m 右岸及び 28.4 km+150 m 左岸の河岸前面には射流が発生し、それらの下流側河岸沿いは剝離域となっている。また、28.4 km から、28.6 km にかけては、現況河道と同様に、河岸より交叉状の波が発生し、水面は周期的な変動をしている。

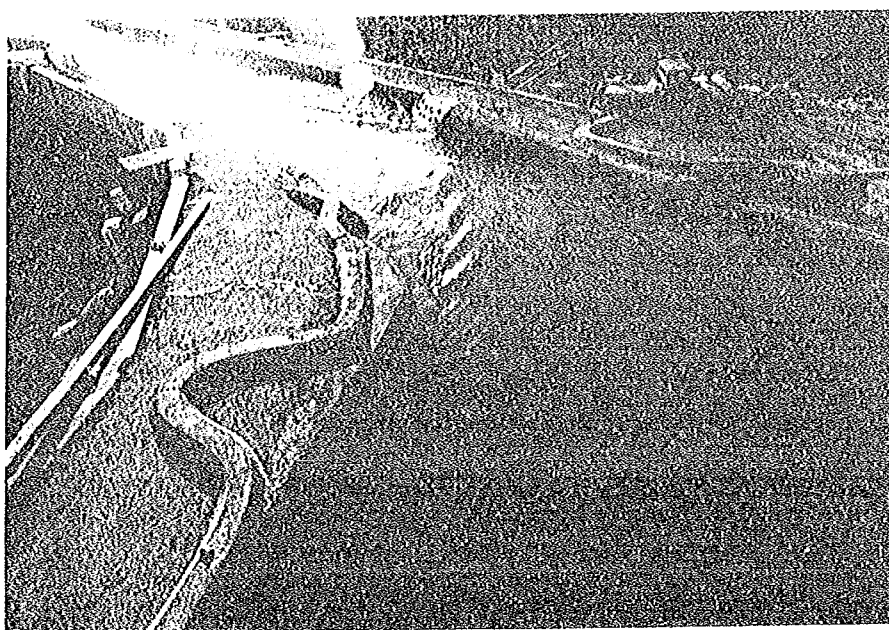


写真-3.14 暫定河道（開削案7）狭窄部入口部下流の流況（ $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ）

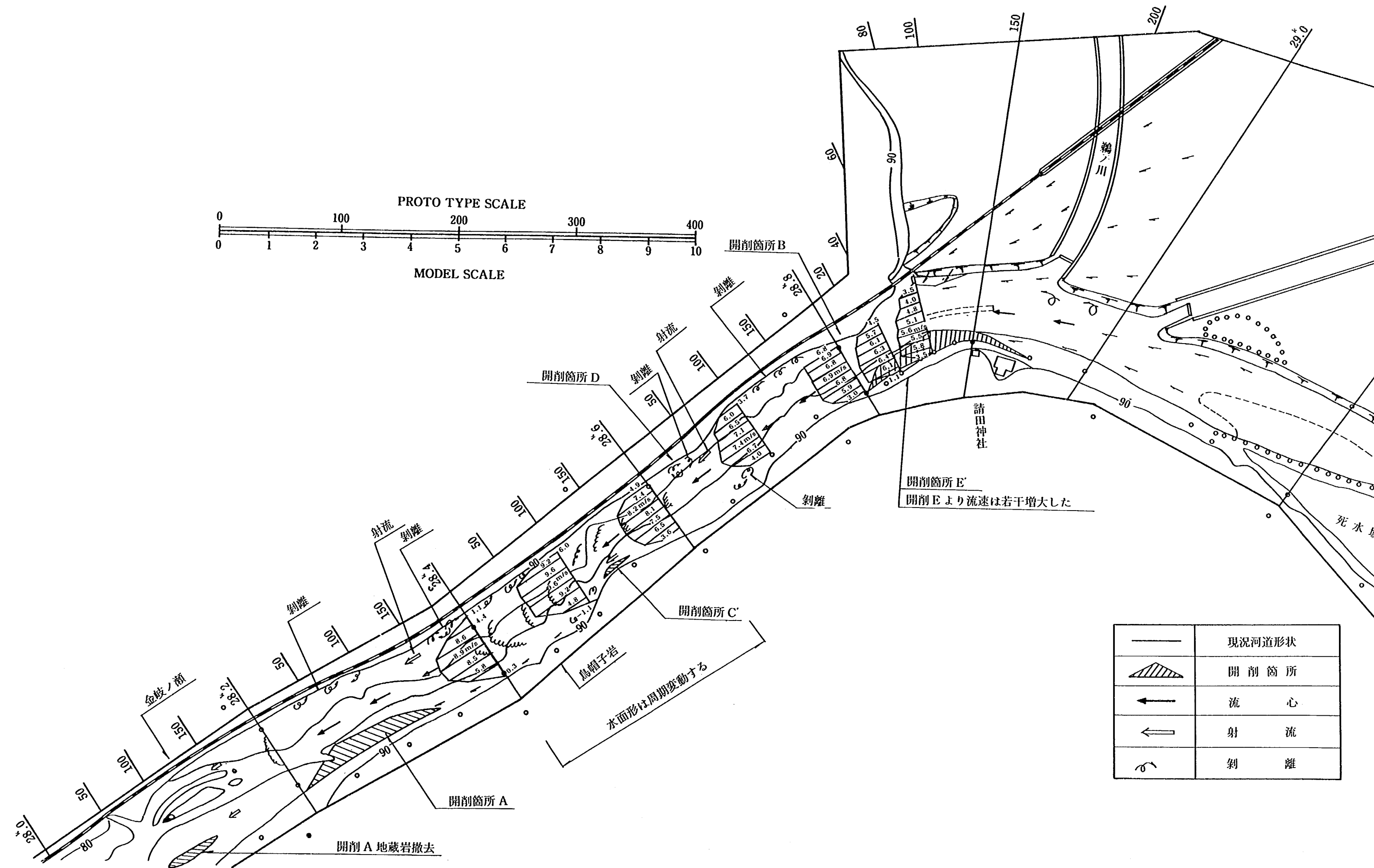


図-3.25 暫定実験 T-14-1(開削案 7,  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )における流況

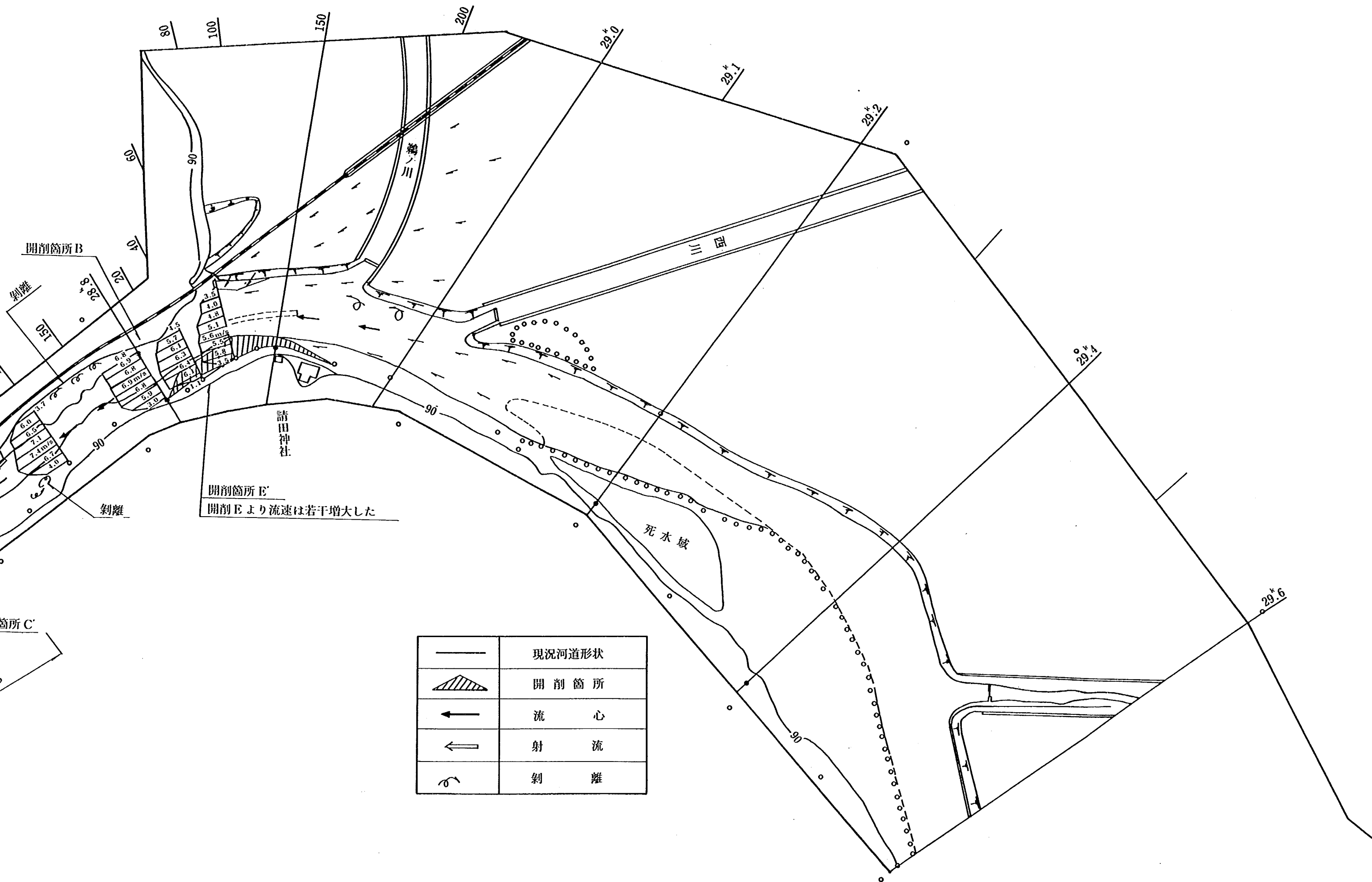


図-3.25 暫定実験 T-14-1(開削案 7,  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ )における流況

以上の検討経過を流れ図により表すと図-3.26 のようである。

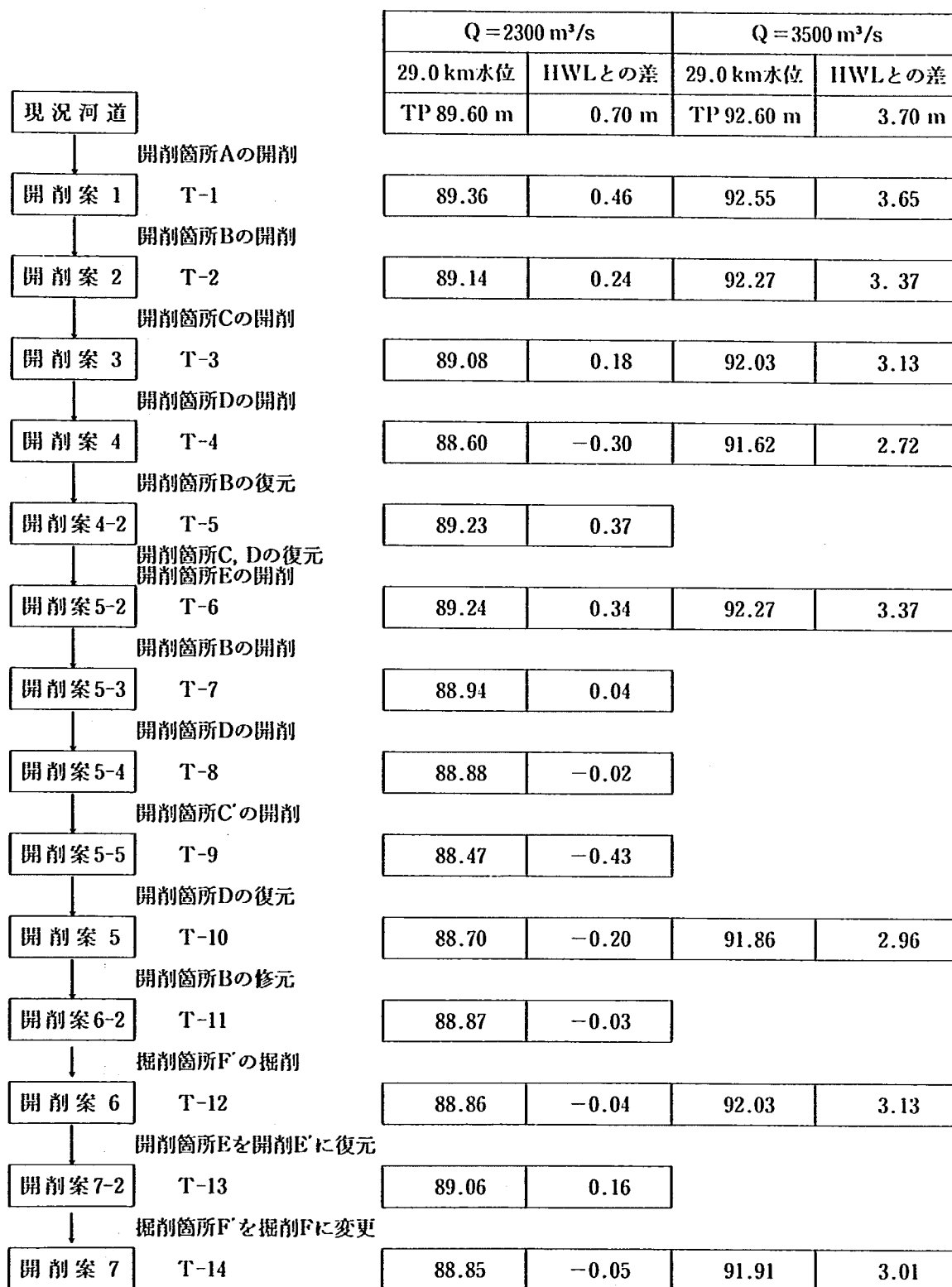


図-3.26 暫定河道開削案の検討流れ図

## (2) 掘削案

掘削案は、保津峡両側の開削をできるだけさけるという立場から、現在すでに開削が終了あるいは進行している開削箇所 A のみの開削と 29.6 km から下流部の河床掘削により、暫定河道をみいだそうとするものであって、河床勾配の設定は図-3.27、掘削形状の概念図は図-3.28 のようである。

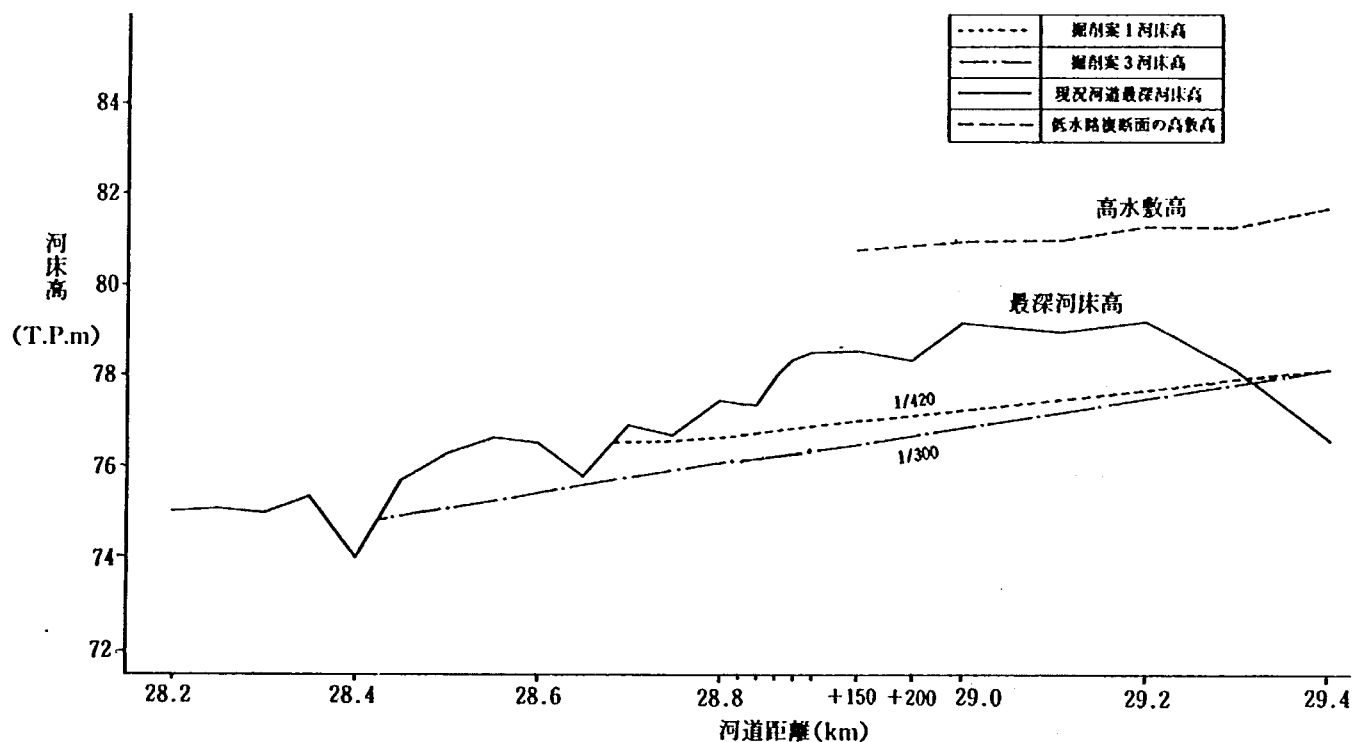


図-3.27 掘削案河床勾配

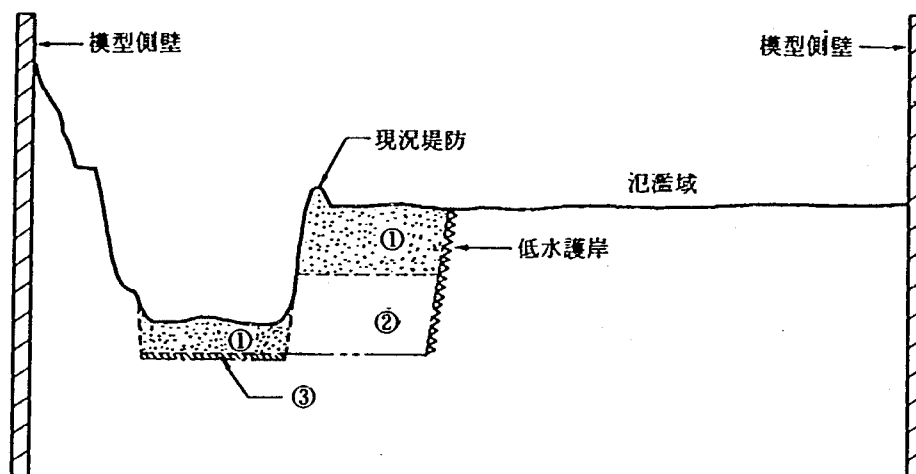


図-3.28 掘削案掘削形状

掘削案1は、低水路河床を29.6 km（河床高 T.P 78.66 m）より暫定河床勾配  $I_b=1/420$  で28.6 km+150 mまで掘削し、さらにこれを28.6 km+50 mまでの区間において現況河道にすりつけ、狭窄部上流については図-3.28の①の部分を取り除き、低水路を複断面とするものであって、総掘削量は約269,000 m<sup>3</sup>である。

掘削案2は、掘削案1と同様の河床勾配に設定するものの、狭窄部上流については図-3.28の②の部分まで取り除き、低水路を単断面とするもので、総掘削量は約407,000 m<sup>3</sup>にも達する。

掘削案3は、低水路河床を29.6 km（河床高 T.P 78.66 m）から29.4 kmまでについて勾配を  $I_b=1/420$  とし、さらに29.4 kmから28.4 km+50 mまでについて勾配を  $I_b=1/300$  とし、これを28.4 kmまでの区間において現況河道にすりつけるものであって、狭窄部上流については図-3.28に示されるように①及び③の部分を取り除き低水路を複断面にすることにより、総掘削量を約291,000 m<sup>3</sup>におさえるものである。

① 掘削案1（暫定実験 T-15-1（ $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ），暫定実験 T-15-2（ $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ））

掘削案1においては、図-3.29に示されるように、請田地点（29.0 km）の水位は暫定実験 T-15-1（ $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ）及び暫定実験 T-15-2（ $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ）において、それぞれ TP 89.12 m、及び TP 92.28 m となり、いずれも先に行った開削案2における暫定実験 T-2の水位と同様の値を示し、河床掘削の効果はそれほど顕著でなかった。これは、保津峡入口部付近の掘削量が微量であることにより、堰上げ量があまり軽減しなかったことによるものと解される。

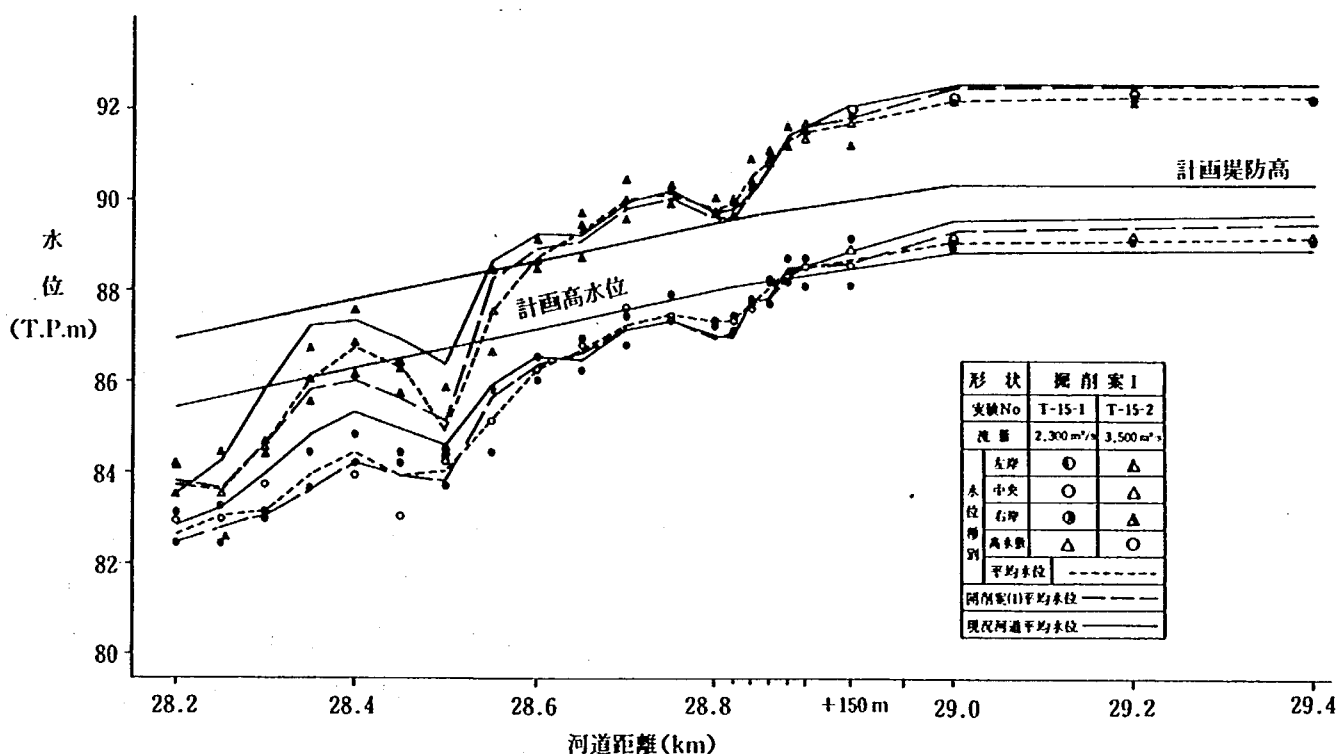


図-3.29 暫定実験 T-15（掘削案1）における水位

⑥ 掘削案 2 (暫定実験 T-16-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験 T-16-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ))

本実験は、保津峡上流部の低水路複断面を単断面にして、その効果を検討したものであるが、図-3.30に示されるように、請田地点 (29.0 km) の水位を掘削案 1 と比較すると、暫定実験 T-16-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) において 0.02 m の低下、暫定実験 T-16-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) において 0.05 m の低下に留まり、低水路を単断面にしてもほとんど効果はなかった。これは、狭窄部上流の水位は、保津峡入口の堰上げによってほぼ決定されることによるものである。

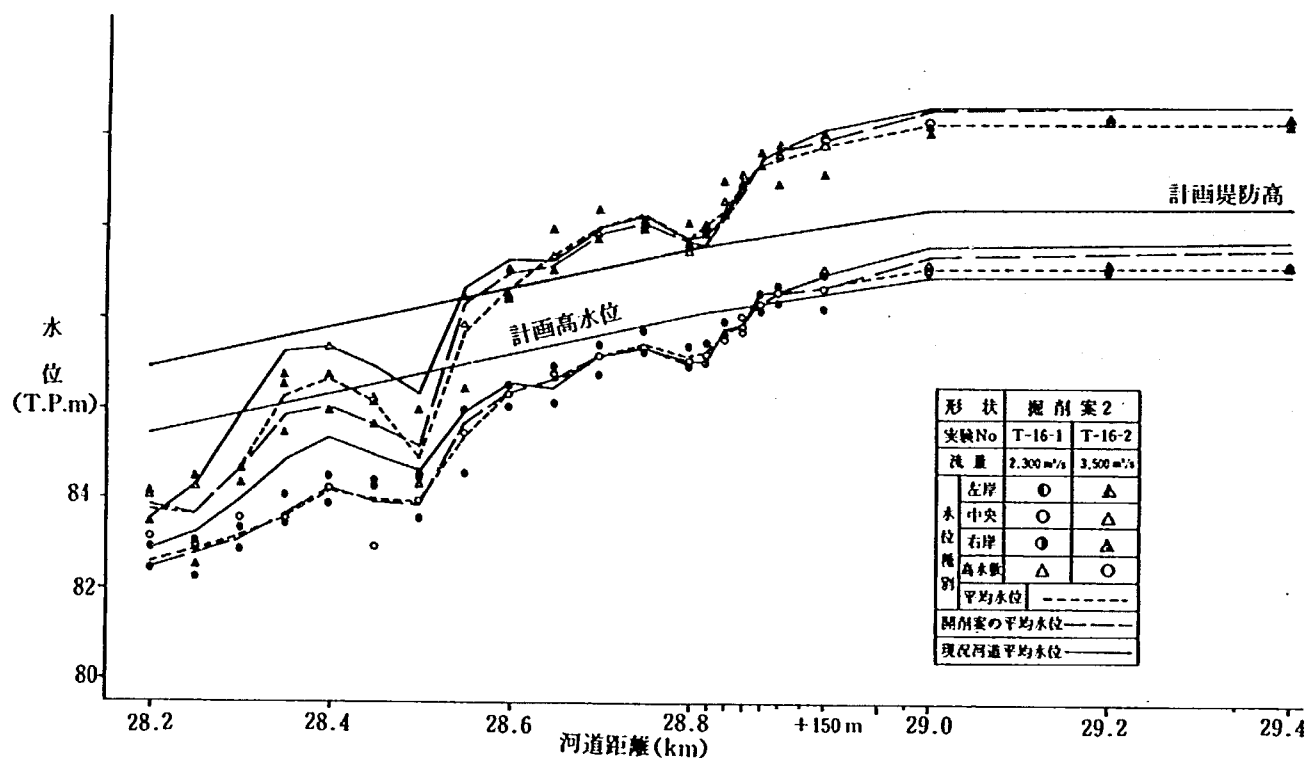


図-3.30 暫定実験 T-16 (掘削案 2) における水位

⑦ 掘削案 3 (暫定実験 T-17-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 暫定実験 T-17-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ))

掘削案 3 における実験水位を図示すると図-3.31 のようであって、暫定実験 T-17-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) においては、河床掘削区間の水位は平均 1.20 m 前後低下し、請田地点 (29.0 km) の計画高水位を 0.71 m 下まわる TP 88.19 m まで下降し、河床掘削効果が現れた。また、暫定実験 T-17-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における請田地点 (29.0 km) 水位は TP 91.36 m であり、先に実施した開削案形とほぼ同様の低下となっている。暫定河道の条件を満足する掘削案 3 について流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  時の流況を示すと図-3.32 のようであって、掘削部の流れは比較的なめらかな様相を呈しているが、29.4 km 付近の主流は左岸高水敷上を流れている。しかし、その最大流速は、2.8 m 前後であり、開削案の場合と比較すると約 1 m/s 程度減少している。保津峡入口より下流部については、開削案に比べ、流速は入口付近でやや大きくなっているが、流速分布はほぼ同様の傾向を呈している。

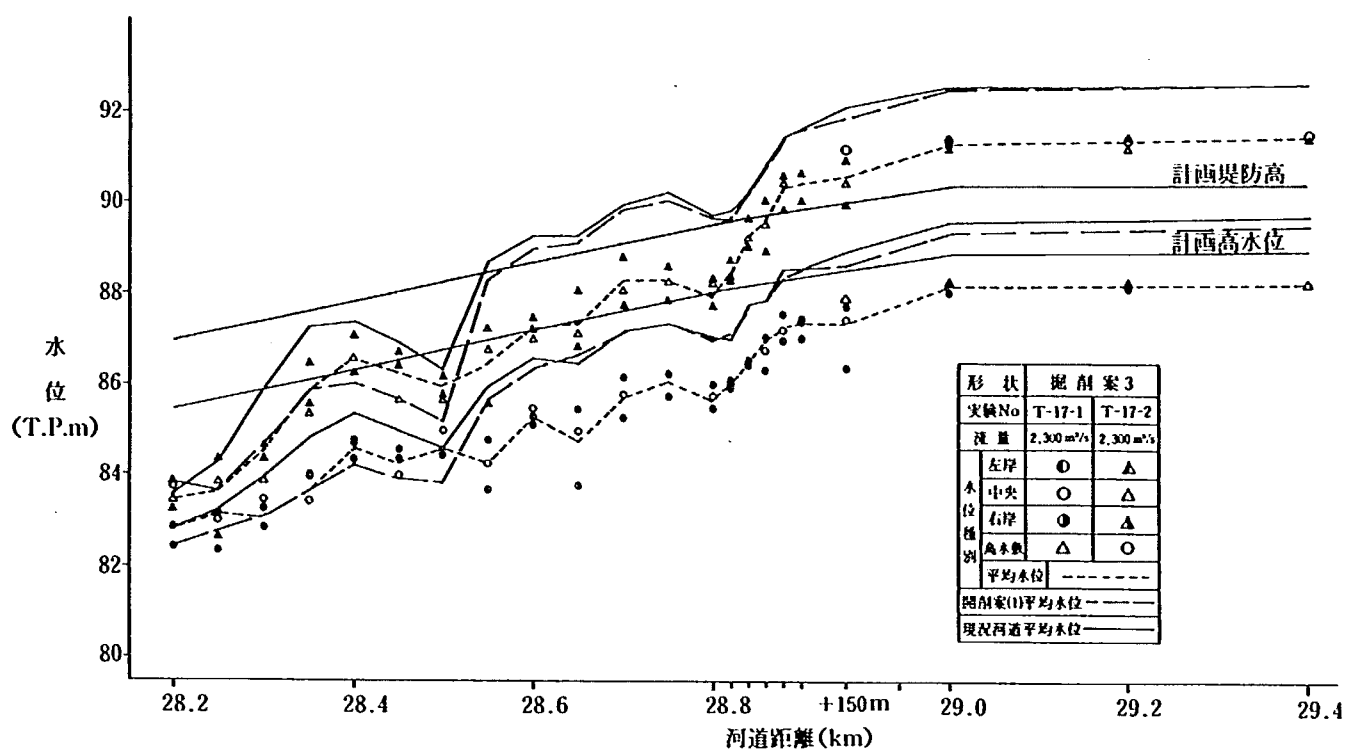


図-3.31 暫定実験 T-17 (掘削案 3) における水位



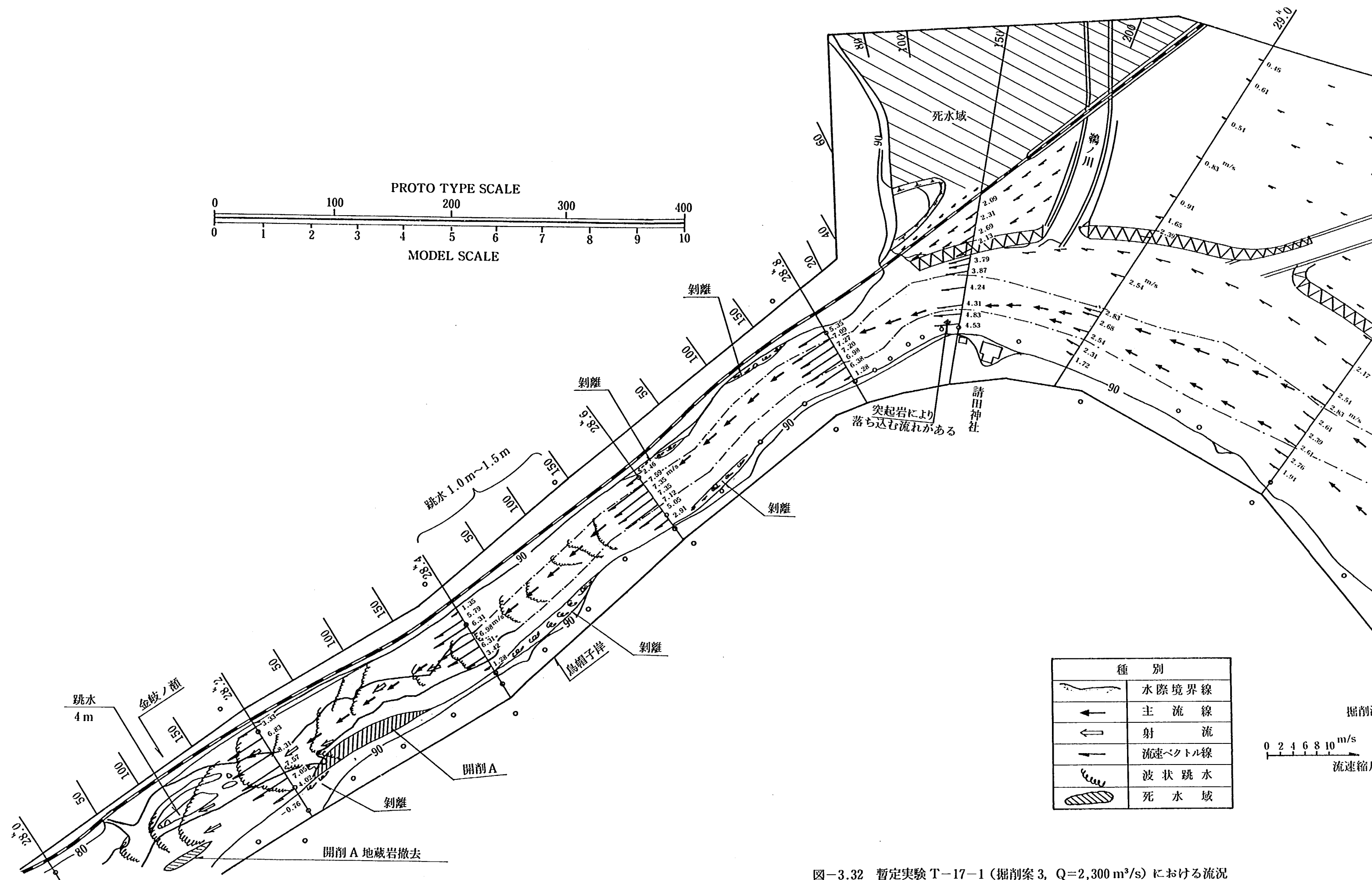


図-3.32 暫定実験 T-17-1 (掘削案 3,  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) における流況



以上の検討経過を流れ図により表すと図-3.33 のようである。



写真-3.15 暫定河道（掘削案3）狭窄部入口部下流の流況（ $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ）

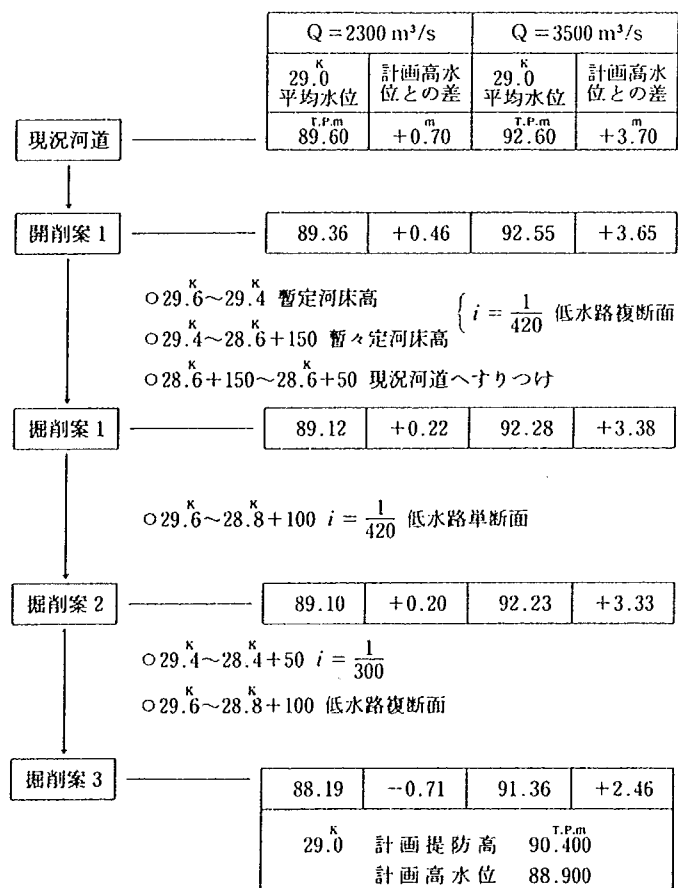


図-3.33 暫定河道掘削案の検討流れ図

(3) 暫定河道における請田地点 (29.0 km) の水位・流量関係

暫定流量  $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  及び計画流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  の他に、種々の流量を通水し、請田地点 (29.0 km) の水位・流量関係を把握すると以下のようなものである。

開削案4における水位・流量曲線は図-3.34 のようであって、低水路満杯流量 (水位が現況堤防高 TP 86.47 m に達する流量) は  $1,620 \text{ m}^3/\text{s}$  であって、現況河道における  $1,440 \text{ m}^3/\text{s}$  に比べ、 $180 \text{ m}^3/\text{s}$  の流量増となった。また、疎通能力 (水位が計画高水位 TP 88.90 m に達する流量) は  $2,420 \text{ m}^3/\text{s}$  と推定される。

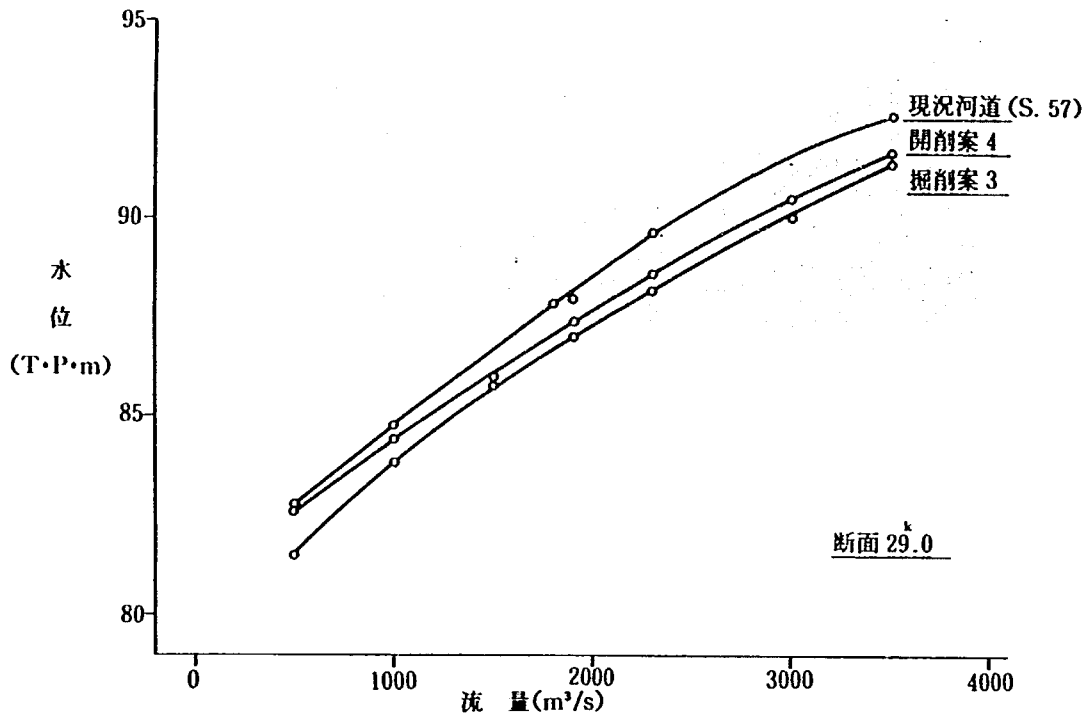


図-3.34 暫定河道における水位・流量曲線 (開削案4, 掘削案3)

開削案5-2, 5-3, 5-4, 5-5 及び5については図-3.35 のようであって、低水路満杯流量は、それぞれ、 $1,530 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $1,580 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $1,600 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $1,680 \text{ m}^3/\text{s}$  及び  $1,630 \text{ m}^3/\text{s}$  であって、開削案シリーズ5の中では最も妥当的な開削案5における値は、開削案4における値とほぼ同様なものとなった。また、疎通能力は、それぞれ、 $2,200 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $2,310 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $2,430 \text{ m}^3/\text{s}$  及び、 $2,360 \text{ m}^3/\text{s}$  となる。

つぎに、開削案6及び7について水位・流量曲線を示すと図-3.36 のようであって、それぞれ、 $1,570 \text{ m}^3/\text{s}$  及び  $1,660 \text{ m}^3/\text{s}$  という低水路満杯流量が得られる。したがって、開削案の中では、低水路満杯流量が最小となる開削案6が小出水に対して最も効果的となるようである。また、疎通能力については、いずれについても  $2,320 \text{ m}^3/\text{s}$  となり、開削案の中では開削案4が疎通能力の向上に対して最も効果的なようである。

さらに掘削案3については、図-3.34 に併示されるように、低水路満杯流量は  $1,730 \text{ m}^3/\text{s}$  となり、

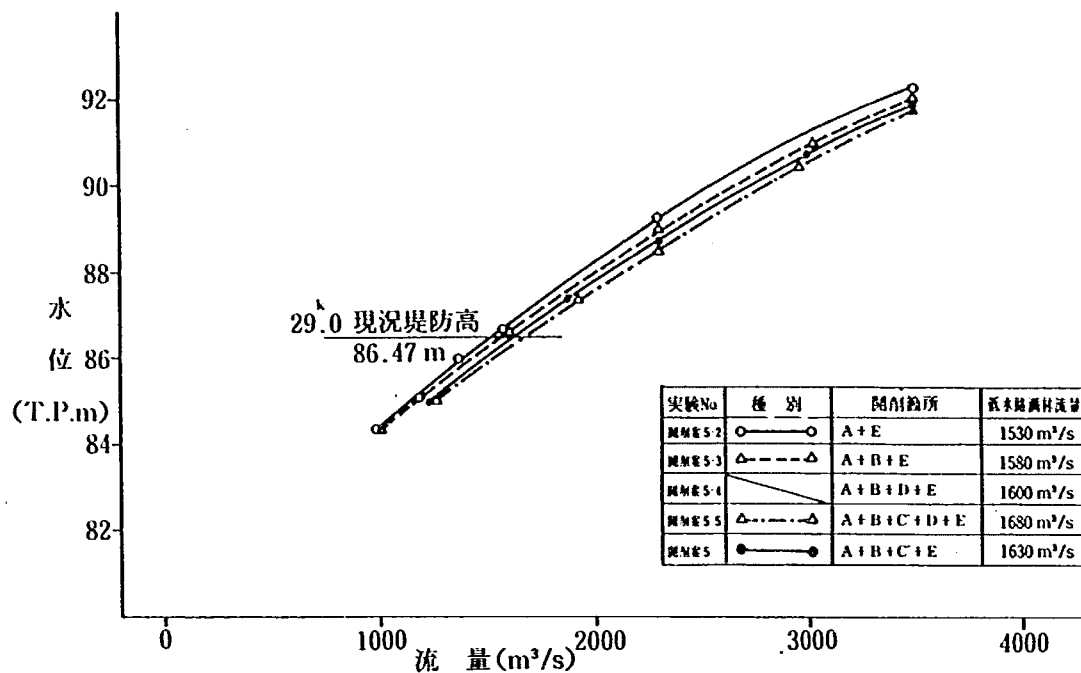


図-3.35 暫定河道における水位・流量曲線（開削案5-2, 5-3, 5-4, 5-5及び5）

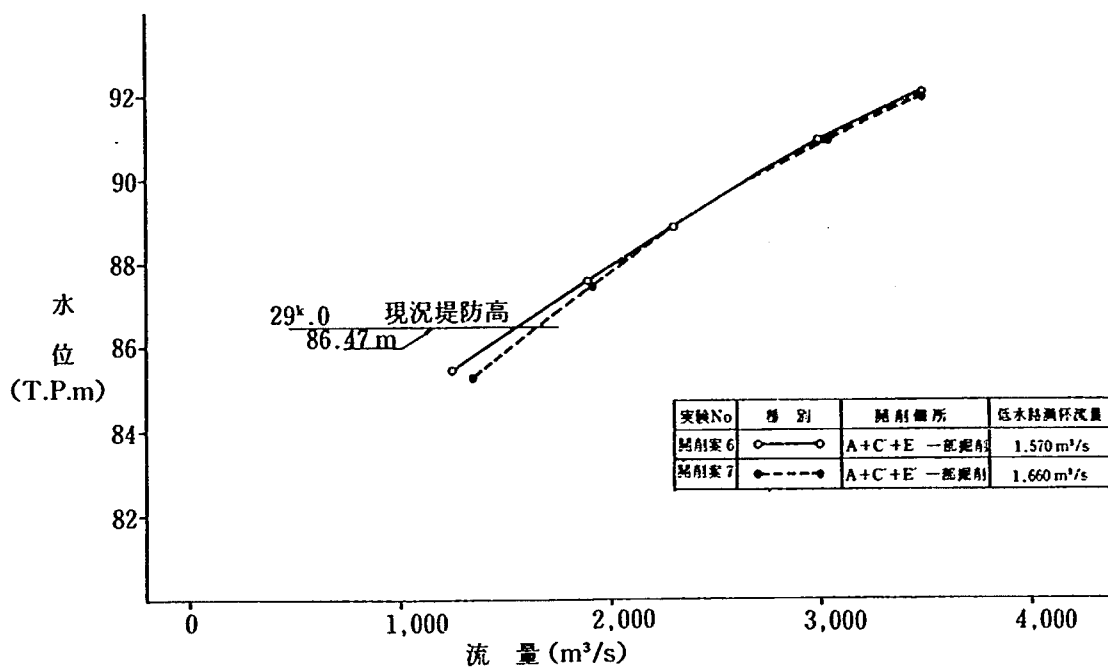


図-3.36 暫定河道における水位・流量曲線（開削案6及び7）

暫定案の中では最も大きくなるが、これは図-3.31の水位縦断面図に示されるように、掘削案3における河床掘削量は若干過大であることに基づくものである。また、疎通能力も2,560 m³/sと大きくなっている。

#### (4) 数量化I類による各開削箇所の効果の検討

これまで行ってきた開削案の実験について、開削による水位低下量を現況河道と比較すると、表-3.4のようになる。また、表-3.5は数量化計算のために、開削の効果条件別に分類したものである。

いま、水位低下量を次式によって表すことにする。

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7 + a_8x_8 + a_9x_9$$

ここに、 $x_1 \sim x_9$ は、その箇所が開削してあれば1、そうでなければ0である。

表-3.4 暫定開削案河道における水位低下量

| 開 削 箇 所 |   |   |    |   |   |    | 水位低下量 (m) |
|---------|---|---|----|---|---|----|-----------|
| A       | B | C | C' | D | E | E' |           |
| ○       |   |   |    |   |   |    | -0.20     |
| ○       | ○ |   |    |   |   |    | -0.49     |
| ○       |   |   |    |   | ○ |    | -0.32     |
| ○       | ○ | ○ |    |   |   |    | -0.50     |
| ○       | ○ |   |    |   | ○ |    | -0.62     |
| ○       |   |   | ○  |   | ○ |    | -0.69     |
| ○       | ○ | ○ |    | ○ |   |    | -1.03     |
| ○       | ○ |   | ○  |   | ○ |    | -0.86     |
| ○       | ○ |   |    | ○ | ○ |    | -0.67     |
| ○       | ○ |   | ○  | ○ | ○ |    | -1.09     |

表-3.5 暫定開削案河道における開削効果の分類

| 分 類              | 分 類 条 件                        |
|------------------|--------------------------------|
| Aの効果 ( $a_1$ )   |                                |
| B-1の効果 ( $a_2$ ) | Bの下流を開削していない場合、ただしAは除く         |
| B-2の効果 ( $a_3$ ) | Bの下流 (C, C', Dのいずれか) を開削している場合 |
| Cの効果 ( $a_4$ )   | Eを開削していない場合                    |
| C'の効果 ( $a_5$ )  | Eを開削している場合                     |
| D-1の効果 ( $a_6$ ) | Dの下流を開削していない場合、ただしAは除く         |
| D-2の効果 ( $a_7$ ) | Dの下流 (C') を開削している場合            |
| D-3の効果 ( $a_8$ ) | Dの下流 (C) を開削している場合             |
| Eの効果 ( $a_9$ )   |                                |

これまでの実験結果を整理すると

| y                  |           |           |           |           |           |           |           |           |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $-0.20=a_0+a_1x_1$ |           |           |           |           |           |           |           |           |
| $-0.49=a_0+a_1x_1$ | $+a_2x_2$ |           |           |           |           |           |           |           |
| $-0.32=a_0+a_1x_1$ |           |           |           |           |           |           |           | $+a_9x_9$ |
| $-0.50=a_0+a_1x_1$ |           | $+a_3x_3$ | $+a_4x_4$ |           |           |           |           |           |
| $-0.62=a_0+a_1x_1$ | $+a_2x_2$ |           |           |           |           |           |           | $+a_9x_9$ |
| $-0.69=a_0+a_1x_1$ |           |           |           | $+a_5x_5$ |           |           |           | $+a_9x_9$ |
| $-1.03=a_0+a_1x_1$ |           | $+a_3x_3$ | $+a_4x_4$ |           |           |           | $+a_8x_8$ |           |
| $-0.86=a_0+a_1x_1$ |           | $+a_3x_3$ |           | $+a_5x_5$ |           |           |           | $+a_9x_9$ |
| $-0.67=a_0+a_1x_1$ |           | $+a_3x_3$ |           |           | $+a_6x_6$ |           |           | $+a_9x_9$ |
| $-1.09=a_0+a_1x_1$ |           | $+a_3x_3$ |           | $+a_5x_5$ |           | $+a_7x_7$ |           | $+a_9x_9$ |

となる。これを正規方程式にして解くと各開削箇所の効果  $a_0 \sim a_9$  が求まる。

ここに、正規方程式は以下のように与えられる。

$$\begin{aligned}
 a_0n + a_1\sum x_1 + a_2\sum x_2 + a_3\sum x_3 + a_4\sum x_4 + a_5\sum x_5 + a_6\sum x_6 + a_7\sum x_7 + a_8\sum x_8 + a_9\sum x_9 &= \sum y \\
 a_0\sum x_1 + a_1\sum x_1^2 + a_2\sum x_1x_2 + a_3\sum x_1x_3 + a_4\sum x_1x_4 + a_5\sum x_1x_5 + a_6\sum x_1x_6 + a_7\sum x_1x_7 + a_8\sum x_1x_8 + a_9\sum x_1x_9 &= \sum x_1y \\
 a_0\sum x_2 + a_1\sum x_1x_2 + a_2\sum x_2^2 + a_3\sum x_2x_3 + a_4\sum x_2x_4 + a_5\sum x_2x_5 + a_6\sum x_2x_6 + a_7\sum x_2x_7 + a_8\sum x_2x_8 + a_9\sum x_2x_9 &= \sum x_2y \\
 a_0\sum x_3 + a_1\sum x_1x_3 + a_2\sum x_2x_3 + a_3\sum x_3^2 + a_4\sum x_3x_4 + a_5\sum x_3x_5 + a_6\sum x_3x_6 + a_7\sum x_3x_7 + a_8\sum x_3x_8 + a_9\sum x_3x_9 &= \sum x_3y \\
 a_0\sum x_4 + a_1\sum x_1x_4 + a_2\sum x_2x_4 + a_3\sum x_3x_4 + a_4\sum x_4^2 + a_5\sum x_4x_5 + a_6\sum x_4x_6 + a_7\sum x_4x_7 + a_8\sum x_4x_8 + a_9\sum x_4x_9 &= \sum x_4y \\
 a_0\sum x_5 + a_1\sum x_1x_5 + a_2\sum x_2x_5 + a_3\sum x_3x_5 + a_4\sum x_4x_5 + a_5\sum x_5^2 + a_6\sum x_5x_6 + a_7\sum x_5x_7 + a_8\sum x_5x_8 + a_9\sum x_5x_9 &= \sum x_5y \\
 a_0\sum x_6 + a_1\sum x_1x_6 + a_2\sum x_2x_6 + a_3\sum x_3x_6 + a_4\sum x_4x_6 + a_5\sum x_5x_6 + a_6\sum x_6^2 + a_7\sum x_6x_7 + a_8\sum x_6x_8 + a_9\sum x_6x_9 &= \sum x_6y \\
 a_0\sum x_7 + a_1\sum x_1x_7 + a_2\sum x_2x_7 + a_3\sum x_3x_7 + a_4\sum x_4x_7 + a_5\sum x_5x_7 + a_6\sum x_6x_7 + a_7\sum x_7^2 + a_8\sum x_7x_8 + a_9\sum x_7x_9 &= \sum x_7y \\
 a_0\sum x_8 + a_1\sum x_1x_8 + a_2\sum x_2x_8 + a_3\sum x_3x_8 + a_4\sum x_4x_8 + a_5\sum x_5x_8 + a_6\sum x_6x_8 + a_7\sum x_7x_8 + a_8\sum x_8^2 + a_9\sum x_8x_9 &= \sum x_8y \\
 a_0\sum x_9 + a_1\sum x_1x_9 + a_2\sum x_2x_9 + a_3\sum x_3x_9 + a_4\sum x_4x_9 + a_5\sum x_5x_9 + a_6\sum x_6x_9 + a_7\sum x_7x_9 + a_8\sum x_8x_9 + a_9\sum x_9^2 &= \sum x_9y
 \end{aligned}$$

この 10 元連立方程式を解けば未知定数  $a_0 \sim a_9$  が求まる。

$$\begin{aligned}
 n=9, \quad \sum x_1=10, \quad \sum x_2=2, \quad \sum x_3=5, \quad \sum x_4=2, \quad \sum x_5=3, \quad \sum x_6=1, \quad \sum x_7=1, \quad \sum x_8=1, \quad \sum x_9=6, \quad \sum y=-6.47 \\
 \sum x_1^2=10, \quad \sum x_1x_2=2, \quad \sum x_1x_3=5, \quad \sum x_1x_4=2, \quad \sum x_1x_5=3, \quad \sum x_1x_6=1, \quad \sum x_1x_7=1, \quad \sum x_1x_8=1, \quad \sum x_1x_9=6, \quad \sum x_1y=-6.47 \\
 \sum x_2^2=2, \quad \sum x_2x_3=0, \quad \sum x_2x_4=0, \quad \sum x_2x_5=0, \quad \sum x_2x_6=0, \quad \sum x_2x_7=0, \quad \sum x_2x_8=0, \quad \sum x_2x_9=1, \quad \sum x_2y=-1.11 \\
 \sum x_3^2=5, \quad \sum x_3x_4=2, \quad \sum x_3x_5=2, \quad \sum x_3x_6=1, \quad \sum x_3x_7=1, \quad \sum x_3x_8=1, \quad \sum x_3x_9=3, \quad \sum x_3y=-4.15 \\
 \sum x_4^2=2, \quad \sum x_4x_5=0, \quad \sum x_4x_6=0, \quad \sum x_4x_7=0, \quad \sum x_4x_8=1, \quad \sum x_4x_9=0, \quad \sum x_4y=-1.53 \\
 \sum x_5^2=3, \quad \sum x_5x_6=0, \quad \sum x_5x_7=1, \quad \sum x_5x_8=0, \quad \sum x_5x_9=3, \quad \sum x_5y=-2.64 \\
 \sum x_6^2=1, \quad \sum x_6x_7=0, \quad \sum x_6x_8=0, \quad \sum x_6x_9=1, \quad \sum x_6y=-0.67 \\
 \sum x_7^2=1, \quad \sum x_7x_8=0, \quad \sum x_7x_9=1, \quad \sum x_7y=-1.07 \\
 \sum x_8^2=1, \quad \sum x_8x_9=0, \quad \sum x_8y=-1.03 \\
 \sum x_9^2=6, \quad \sum x_9y=-4.25
 \end{aligned}$$

行列式で表すと

$$\begin{pmatrix} 9 & 10 & 2 & 5 & 2 & 3 & 1 & 1 & 1 & 6 \\ 10 & 10 & 2 & 5 & 2 & 3 & 1 & 1 & 1 & 6 \\ 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 5 & 5 & 0 & 5 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 3 & 0 & 2 & 0 & 3 & 0 & 1 & 0 & 3 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 6 & 6 & 1 & 3 & 0 & 3 & 1 & 1 & 0 & 6 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \\ a_9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6.47 \\ -6.47 \\ -1.11 \\ -4.15 \\ -1.53 \\ -2.64 \\ -0.67 \\ -.09 \\ -1.03 \\ -4.25 \end{pmatrix}$$

これを解くと

$$\begin{aligned} a_0 &= 0 & a_1 &= -0.1975 & a_2 &= -0.295 & a_3 &= -0.17 & a_4 &= -0.1325 & a_5 &= -0.3675 \\ a_7 &= -0.23 & a_8 &= -0.53 & a_9 &= -0.125 \end{aligned}$$

したがって以下の式により、狭窄部上流の水位低下量が予測できる。

$$Y = -0.1975 x_1 - 0.295 x_2 - 0.17 x_3 - 0.1325 x_4 - 0.3675 x_5 - 0.1775 x_6 - 0.23 x_7 - 0.53 x_8 - 0.125 x_9$$

A      B-1    B-2      C          C'        D-1    D-2    D-3      E

なお、以上の予測式は、表-3.6に示した分類条件のもとで得られたものであり、その適用はかなり限定されたものとなる。

#### (4) まとめ

実験的検討により、暫定河道として、開削案4、6、7及び掘削案3が得られた。このうち、掘削案3はいずれの地点においても、計画高水位に対しかかなり余裕をもっており、過大な計画と言えよう。表-3.6は、各暫定案に対して、開削量あるいは掘削量を取りまとめたものであって、開削案4の開削量と開削案6の開削・掘削量とはほぼ同量であり、開削案7の開削・掘削量が4種の案の中で最小となっている。

表-3.6 暫定河道の開削・掘削土量

(単位: m<sup>3</sup>)

| 暫定河道 | 開 削 量  | 掘 削 量   | 合 計     |
|------|--------|---------|---------|
| 開削案4 | 17,400 | —       | 17,400  |
| " 6  | 15,800 | 1,560   | 17,300  |
| " 7  | 10,200 | 4,770   | 14,900  |
| 掘削案3 | 7,500  | 283,500 | 291,000 |

各暫定河道案の問題点を列挙すると以下のようである。

1. 開削案4: 保津峡右岸側については、開削箇所B及びCの開削が国鉄山陰線の軌道に与える影響を確認する必要がある。保津峡左岸側については、開削箇所Cの開削に伴い、府道

をつけかえる必要がある。

2. 開削案 6：請田神社の一部移転が必要になるとともに、府道を山側につけかえなければならない。
3. 開削案 7：請田（29.0 km）付近の河床を最深河床高まで掘削するため低水時において水位が低下し、周辺の地下水位に対する影響把握が必要である。また、上流側の河床変動に対する調査も必要である。
4. 掘削案 3：河床高を大きく下げる案であるため、開削案 7 で述べた地下水位に対する影響把握及び上流側河床変動予測が、なお一層重要となる。

### 3.1.3 計画河道

計画高水流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  を計画高水位以下で流下させることのできる河道形状をみいだすために、29.4 km の計画河床高（TP 77,184 m）を起点として、3 種の河床勾配  $I_b=1/200, 1/250, 1/300$  で河床掘削を行う計画河道を設定し、流下能力に応じて掘削低水路幅及び開削箇所の検討を行った。図-3.37 は、掘削河道の縦断形を示したものであって、併用案 1 及び 2 のシリーズでは河床勾配を  $I_b=1/200$ 、併用案 3 のシリーズでは  $I_b=1/250$ 、併用案 4 及び 5 では  $I_b=1/300$  に設定している。また、低水路掘削幅（低水路河床幅） $B$  については、併用案 1, 2 及び 3 のシリーズは  $B=35 \text{ m}$ 、併用案 4 及び 5 では原則として  $B=40 \text{ m}$  としている。なお、計画実験については、計画高水流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  について水理特性の検討を行っている。なお、計画河道の設定にあたって、狭窄部より上流側については、暫定実験 T-16 で設定したように、単断面低水路案を採用した。

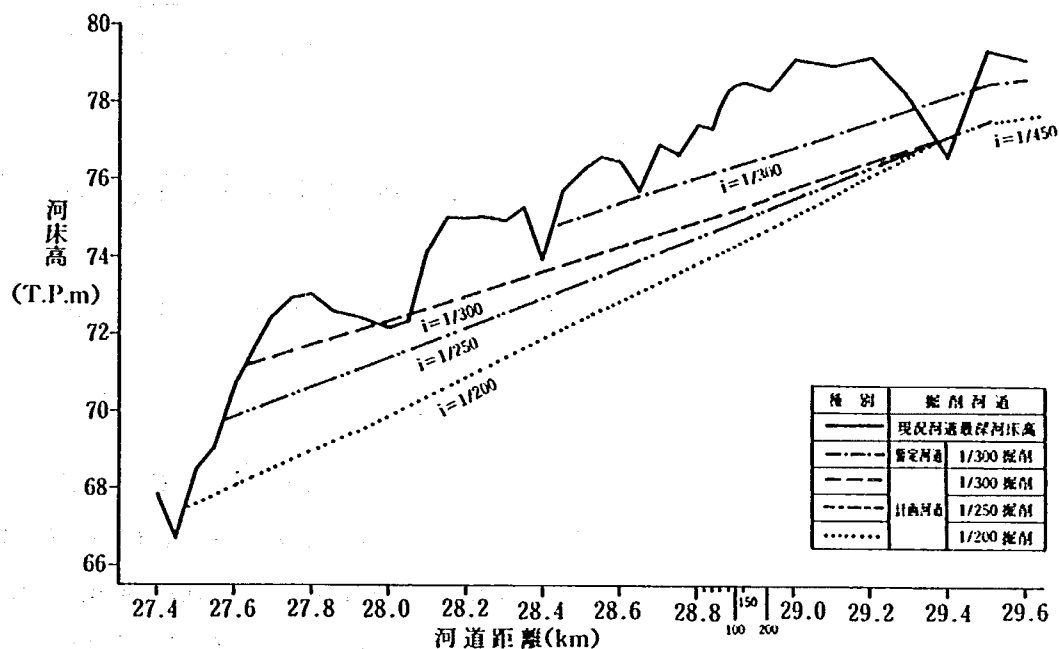


図-3.37 計画河道河床高縦断図

### (1) 併用案1 (計画実験 P-1, P-1-2)

掘削河床勾配 1/200, 低水路掘削幅 35 m, 掘削法勾配 1:0.5 の河道に対して, 計画実験 P-1 では突出河岸をすべて開削した形状, すなわち開削箇所 A, B, C, D 及び E すべてを開削した形状とし, 流量  $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  を通水した結果, 図-3.38 に示されるように, いずれの断面においても水位は著しく低下し, 請田 (29.0 km) の水位は計画高水位より約 1 m も下まわった。

したがって, 開削が困難とされている開削箇所 C 及び E については, 開削箇所 C' 及び E' のみの開削にとどめることとし, この条件のもとで計画実験 P-1-2 を実施した。水位を狭窄部上流についての測定した結果, 計画実験 P-1 と同様な値となったため, 併用案 1 は過大計画河道案と判断した。

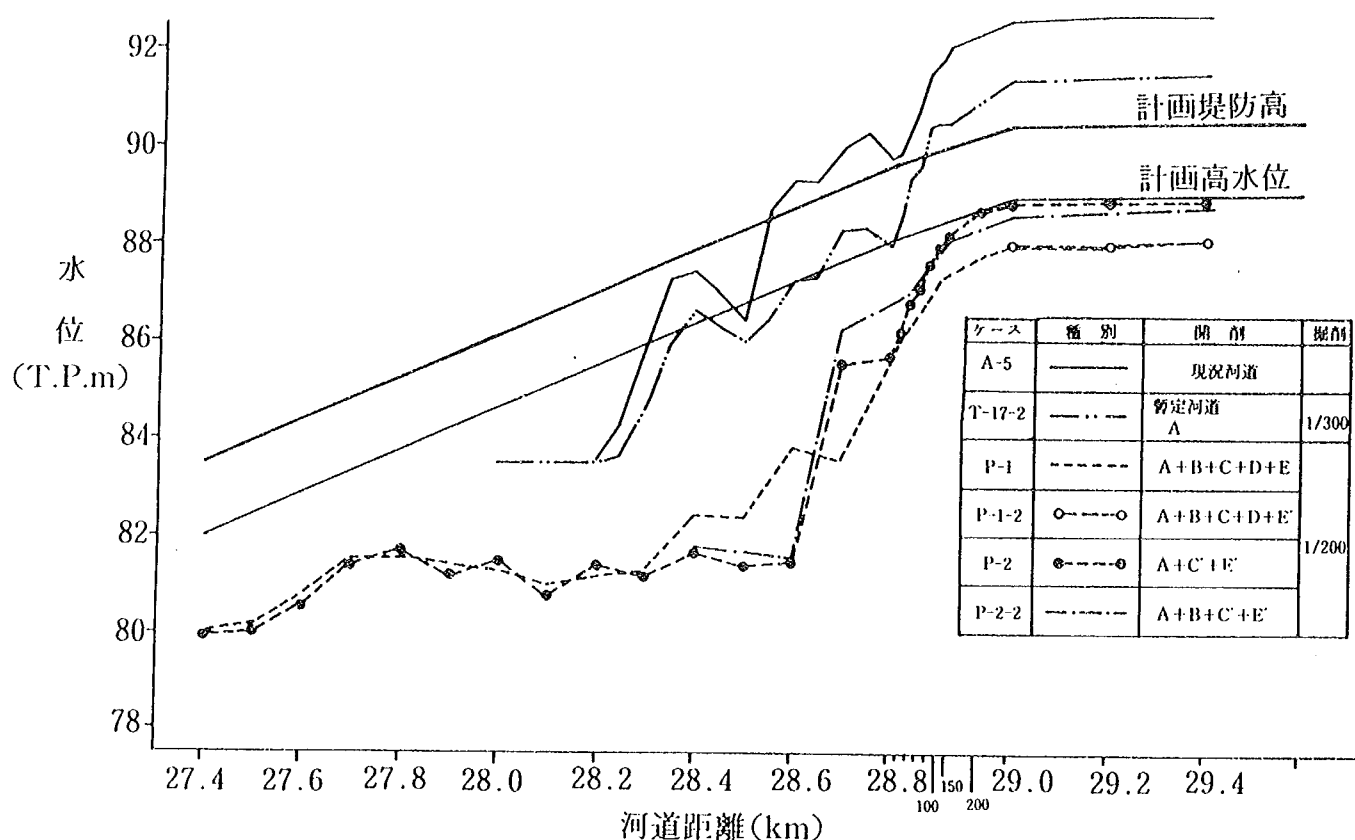


図-3.38 計画実験 P-1 (併用案 1) 及び P-2 (併用案 2) における水位

### (2) 併用案2 (計画実験 P-2, P-2-2)

計画実験 P-1-2 の結果に基づき, 開削箇所 B 及び D を復元し, 開削箇所 A, C' 及び E' のみを開削した形状のもとで, 計画実験 P-2 を実施した。なお, 開削箇所 B 及び D の復元に伴い, 28.6 km から 28.8 km までの区間における低水路掘削幅は, 28.6 km で 33.7 m, 28.6 km+50 m で 27.7 m, 28.6 km+100 m で 30.6 m, 28.8 km で 33.0 m に, それぞれ減少した。水位縦断形を示すと, 図-3.38 に併示されるようであって, 狭窄部上流側の水位は計画高水位に近づくものの, いずれの断面においても計画高水位より約 0.1 m 低く, 併用案 2 は妥当な計画河道案と判断される。計画実験 P-2 の流況は図-3.39 に示されるようであって, 28.8 km 右岸及び 28.6 km では射流が発生し, その下流

では跳水が発生している。とくに、28.6 kmで上・下流で5 m近い水位差があり、下流側の掘削幅を35 mより減ずることができそうである。

さらに、開削箇所Bを開削し、計画実験P-2-2を実施したところ、狭窄部上流側の水位は0.15 m～0.20 m低下した。

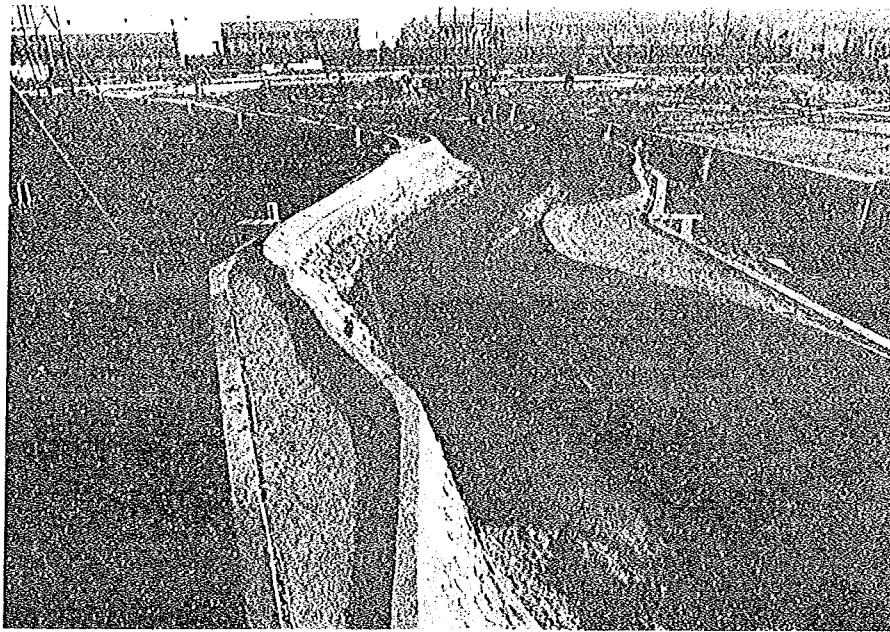


写真-3.16 併用案2 (29.4 km～27.4 km まで掘削河床勾配 1/200)

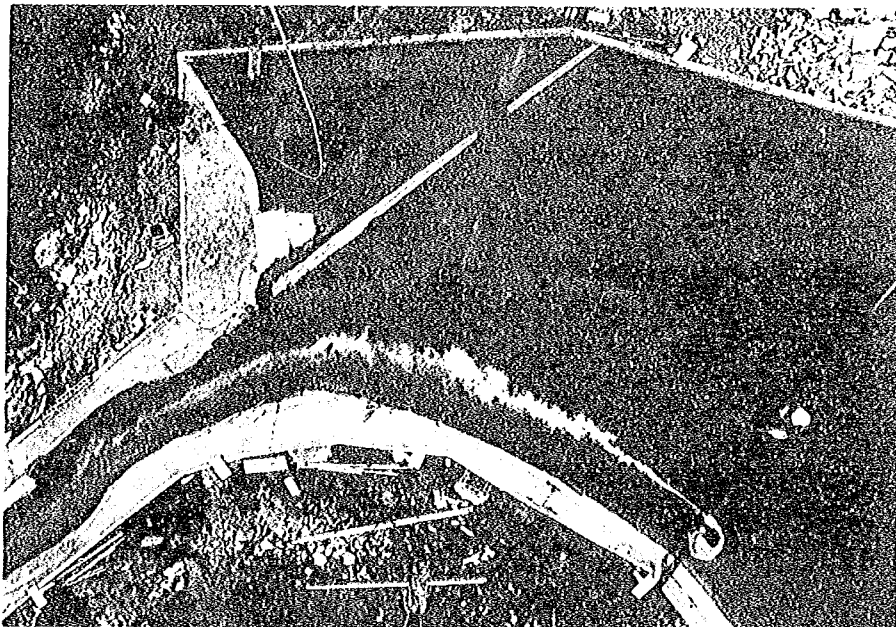


写真-3.17 計画河道（併用案2，P-2）狭窄部入口付近の流況（ $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ）



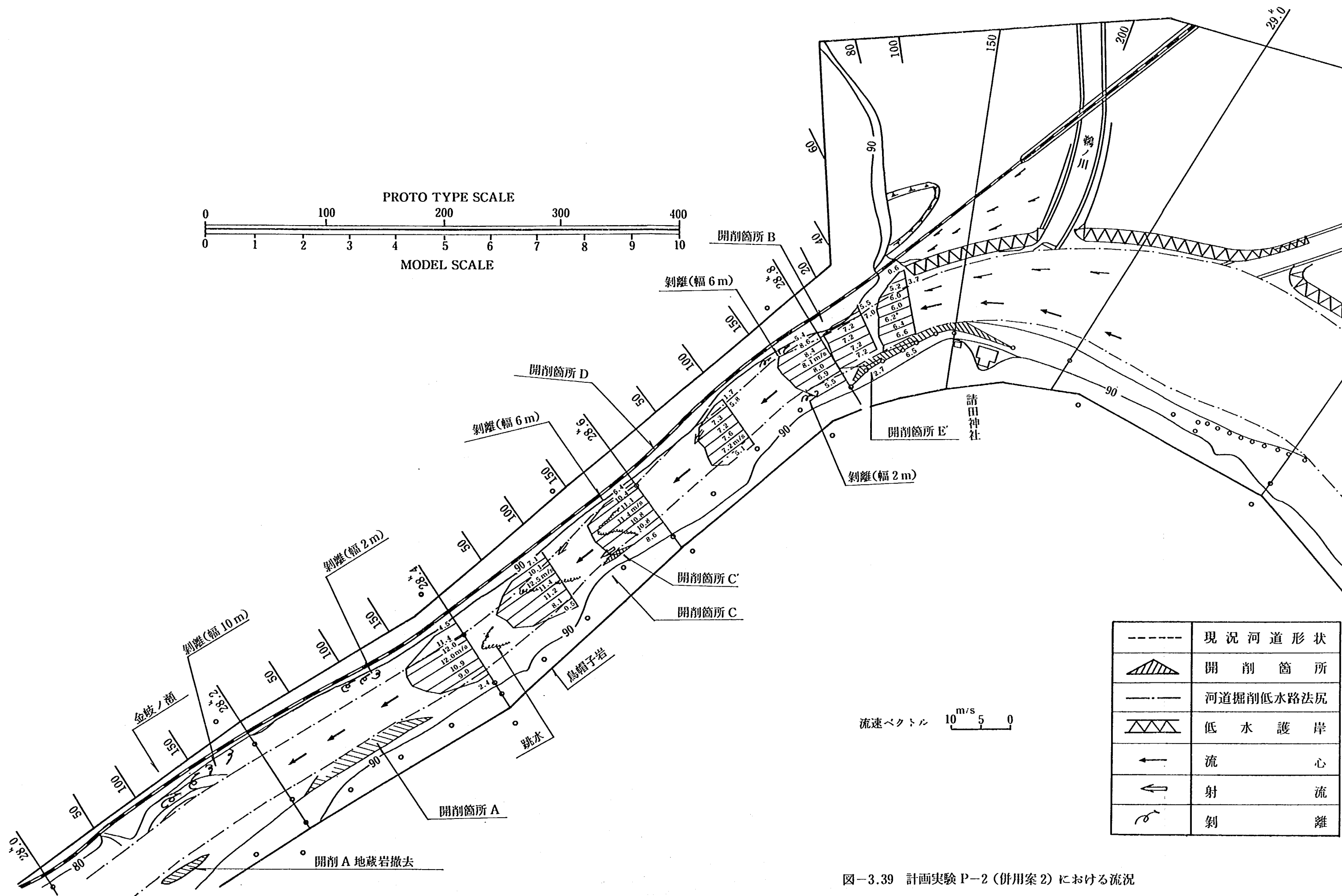


図-3.39 計画実験 P-2 (併用案 2) における流況

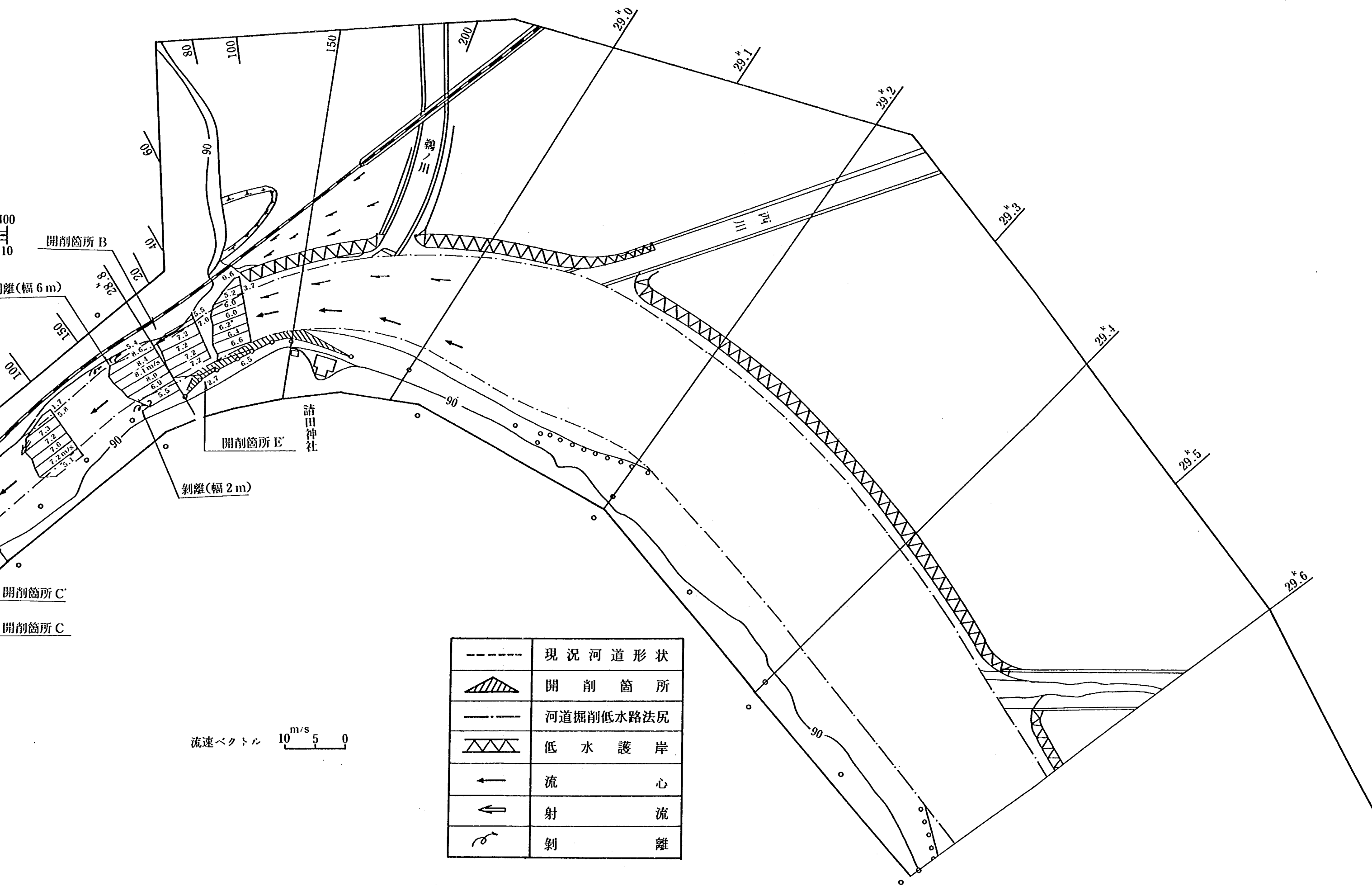


図-3.39 計画実験 P-2 (併用案 2) における流況

### (3) 併用案3 (計画実験 P-3-2, P-3)

併用案3の検討にあたっては、まず掘削河床勾配を1/250、低水路掘削幅35mとしたうえで、開削箇所A、B、C及びEを開削した形状のもとで計画実験P-3-2を行ったところ、狭窄部上流の水位は計画高水位より0.4m程度高く、開削が不十分であることが知られた。したがって、さらに開削箇所Dを開削して計画実験P-3を行ったところ、図-3.40のような水面形が得られ、狭窄部上流側では計画水位を約0.2m下まわることが確認された。図-3.41は、計画実験P-3の流況を示したものであって、開削箇所B及びDの開削により狭窄部入口付近の水面形はなめらかになったものの、28.4km+150mにおいては射流となり、やはり併用案3でも掘削断面を減少させることが可能なようである。

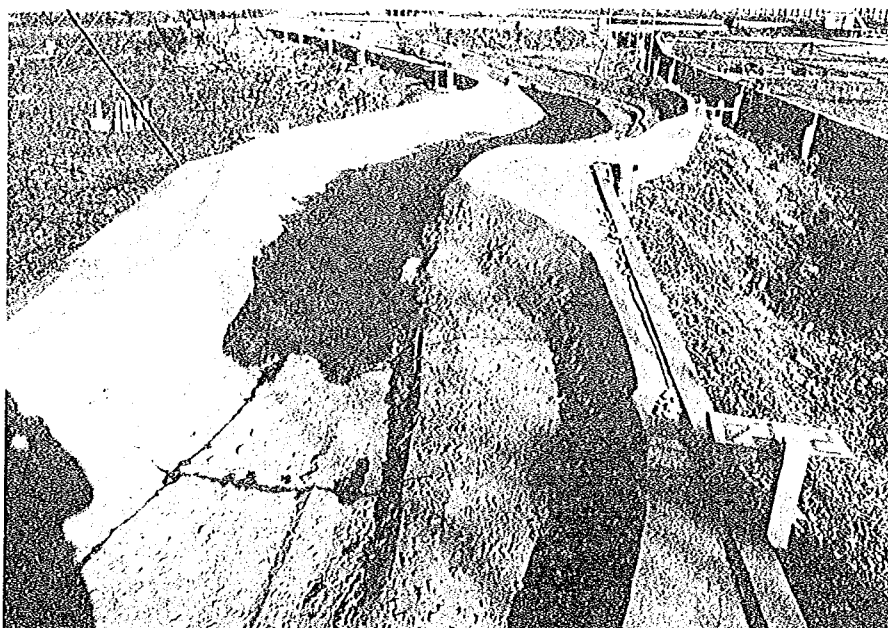


写真-3.18 併用案3 (29.4 km~27.4 km+50 m まで掘削河床勾配 1/250)



写真-3.19 計画河道 (併用案3, P-3) 狭窄部入口付近の流況 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ )

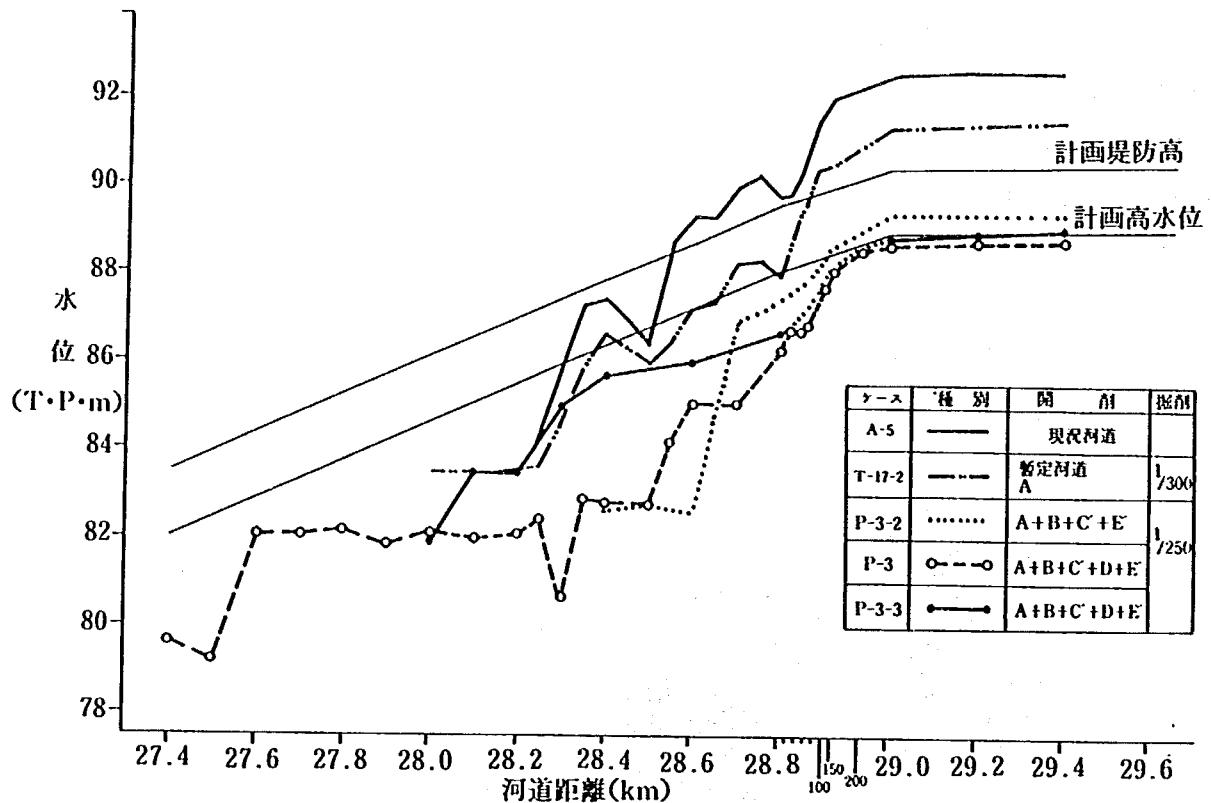


図-3.40 計画実験 P-3 (併用案 3) における水位

#### (4) 併用案 4 (計画実験 P-4)

併用案 4 は、掘削河床勾配を 1/300、掘削幅を原則として 40.0 m (28.4 km~28.8 km) あるいは 38.0 m (28.4 km より下流側) とし (28.4 km+150 m では 36.5 m, 28.6 km+150 m では 38.0 m)、開削箇所 A, B, C, D 及び E を開削した形状を有するものであって、計画実験 P-4 において、図-3.42 のような水面形が得られた。狭窄部上流側の水位は、計画高水位より約 0.1 m 高く、開削が不十分であると判断された。

#### (5) 併用案 5 (計画実験 P-5)

計画実験 P-4 の結果に基づき、併用案 4 の形状において、28.6 km+150 m の低水路掘削幅を 40 m に修正し、計画実験 P-5 を実施した。水面形は、図-3.42 に併示されるように改善され、狭窄部上流側の水位は計画高水位より約 0.1 m 低くなり、併用案 5 は計画河道の条件を満足していることが明らかとなった。計画実験 P-5 の流況は、計画実験 P-3 の場合とほぼ同様であって、やはり 28.4 km+150 m では射流が生じるため、やはり下流側開削断面を減じることができそうである。なお、狭窄部入口の 28.8 km における最大流速は、7.3 m/s 程度であって、計画実験 P-3 における 7.6 m/s、計画実験 P-2 における 8.6 m/s と比較して小さくなっている。

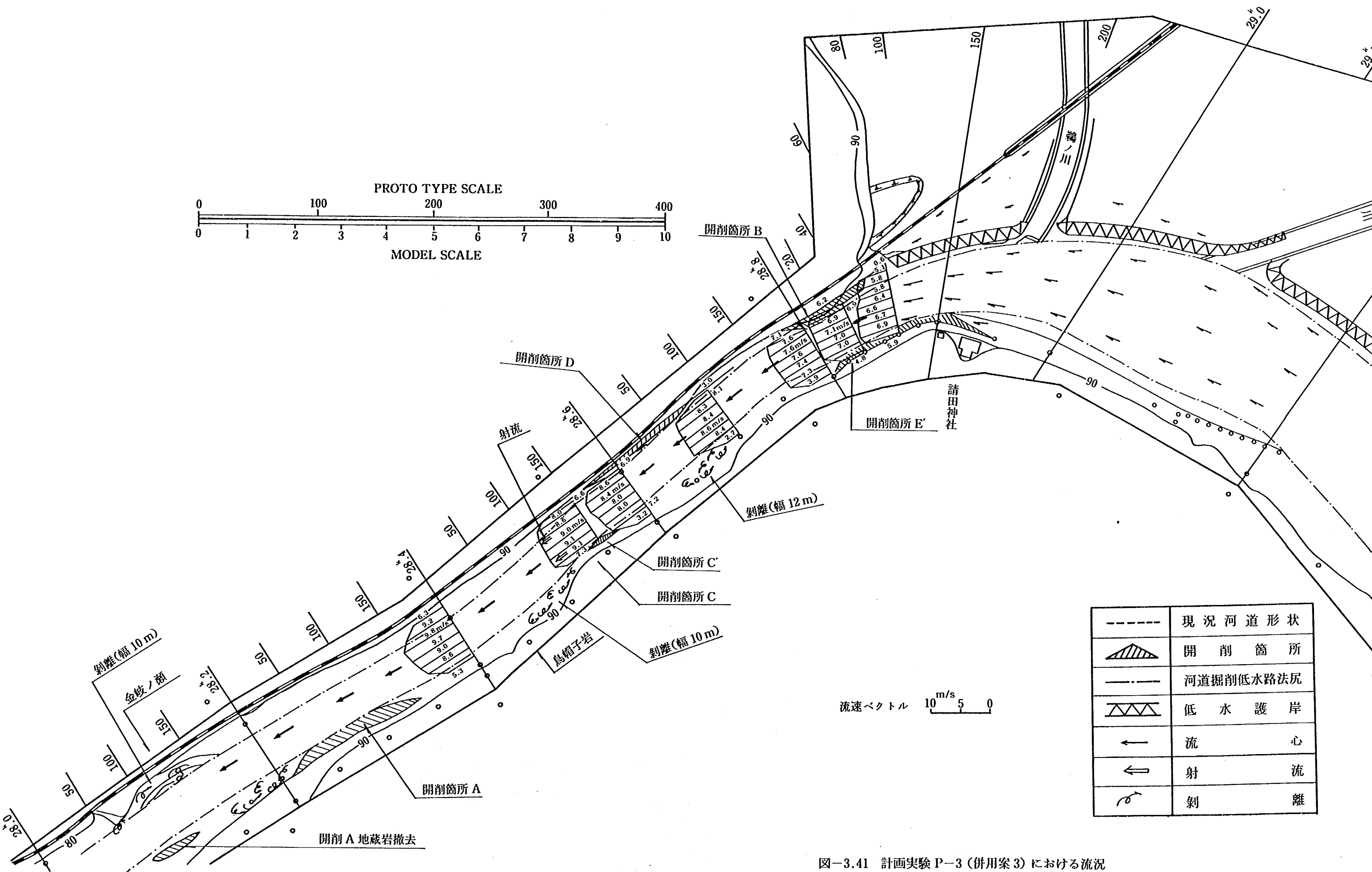


図-3.41 計画実験 P-3 (併用案 3) における流況

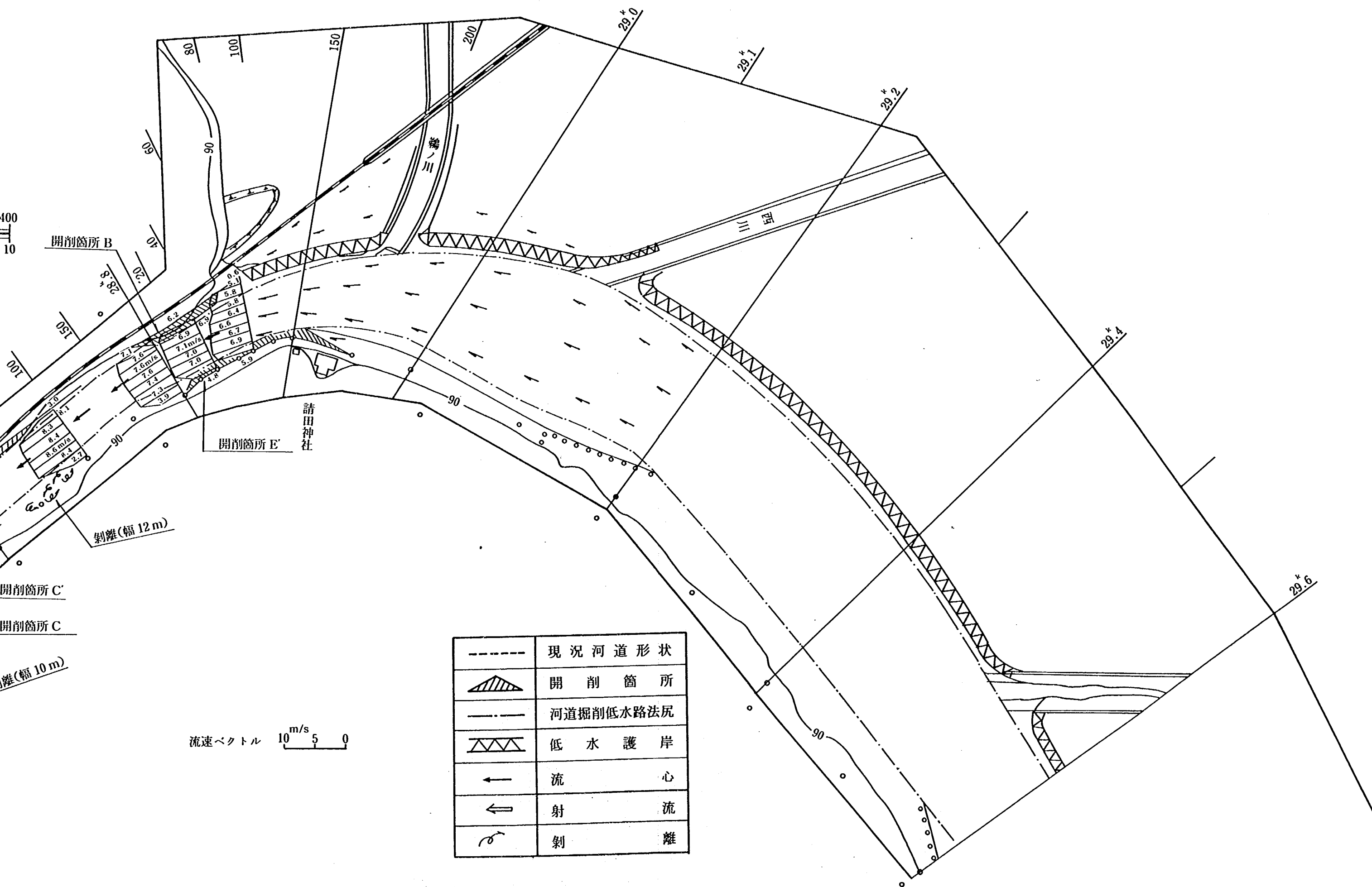
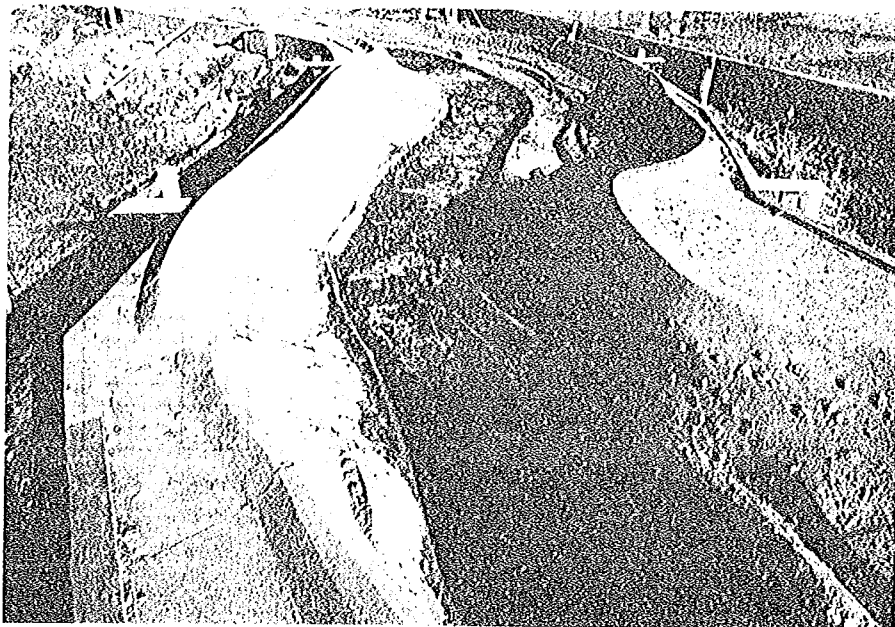
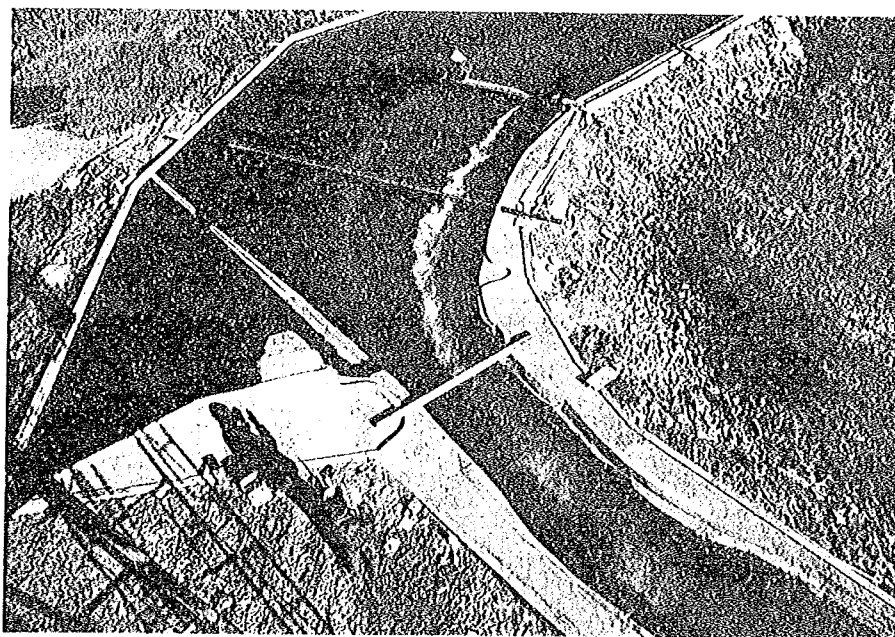


図-3.41 計画実験 P-3 (併用案 3) における流況



写真－3.20 併用案 5 (29.4 km～27.4 km+50 m まで掘削河床勾配 1/300)



写真－3.21 計画河道（併用案 5, P-5）狭窄部入口付近の流況 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ )

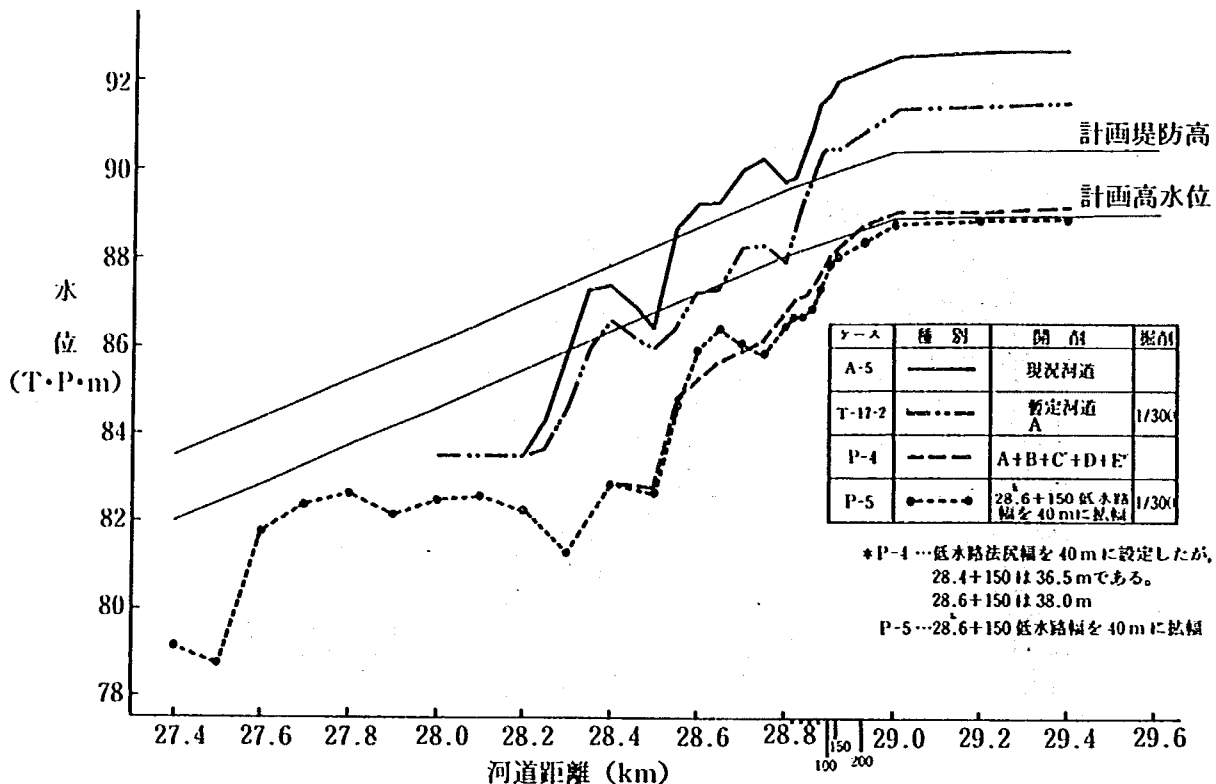


図-3.42 計画実験P-4（併用案4）及びP-5（併用案5）における水位

#### （6）掘削量を削減させる計画河道について

計画河道併用案においては、開削だけでなく河道掘削も行わなければならない。このときの開削・掘削量をまとめると表-3.7 のようであって、掘削量減少の可能性について検討することは意義のあるものと考えられる。

表-3.7 計画河道の開削・掘削土量  
(単位:  $\text{m}^3$ )

| 計画河道  | 開削量              | 掘削量               | 合計                |
|-------|------------------|-------------------|-------------------|
| 併用案 2 | $10 \times 10^3$ | $812 \times 10^3$ | $822 \times 10^3$ |
| “ 3   | $23 \times 10^3$ | $733 \times 10^3$ | $756 \times 10^3$ |
| “ 5   | $70 \times 10^3$ | $697 \times 10^3$ | $767 \times 10^3$ |

先に述べたように、28.4 km+150 m より下流側については、開削・掘削量削減の可能性が高いため、まず併用案 3 及び 5 において、28.0 km~28.2 km 付近を現況河道時の水位まで堰上げ、これが上流側水位に与える影響について、補足実験 P-3-2、P-5-2 及び P-5-3 を行った。

併用案 3 における計画実験 P-3-2 では、図-3.43 に併示されるように、請田地点 (29.0 km) で水位が 0.15 m 上昇したもののその影響量はわずかであり、28.0 km より下流部において掘削断面を現況断面にすりつけることが可能なようである。

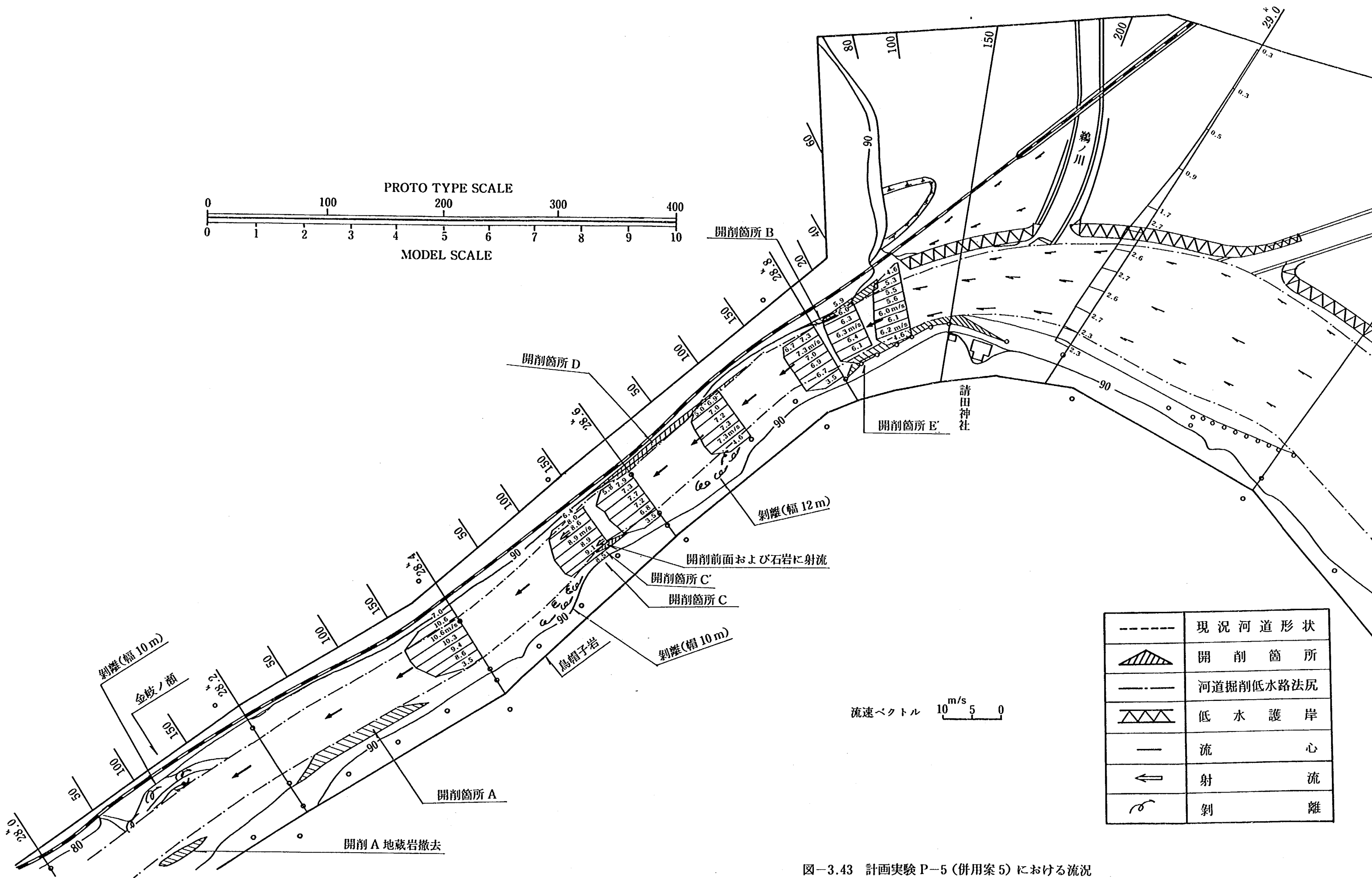


図-3.43 計画実験 P-5 (併用案 5) における流況

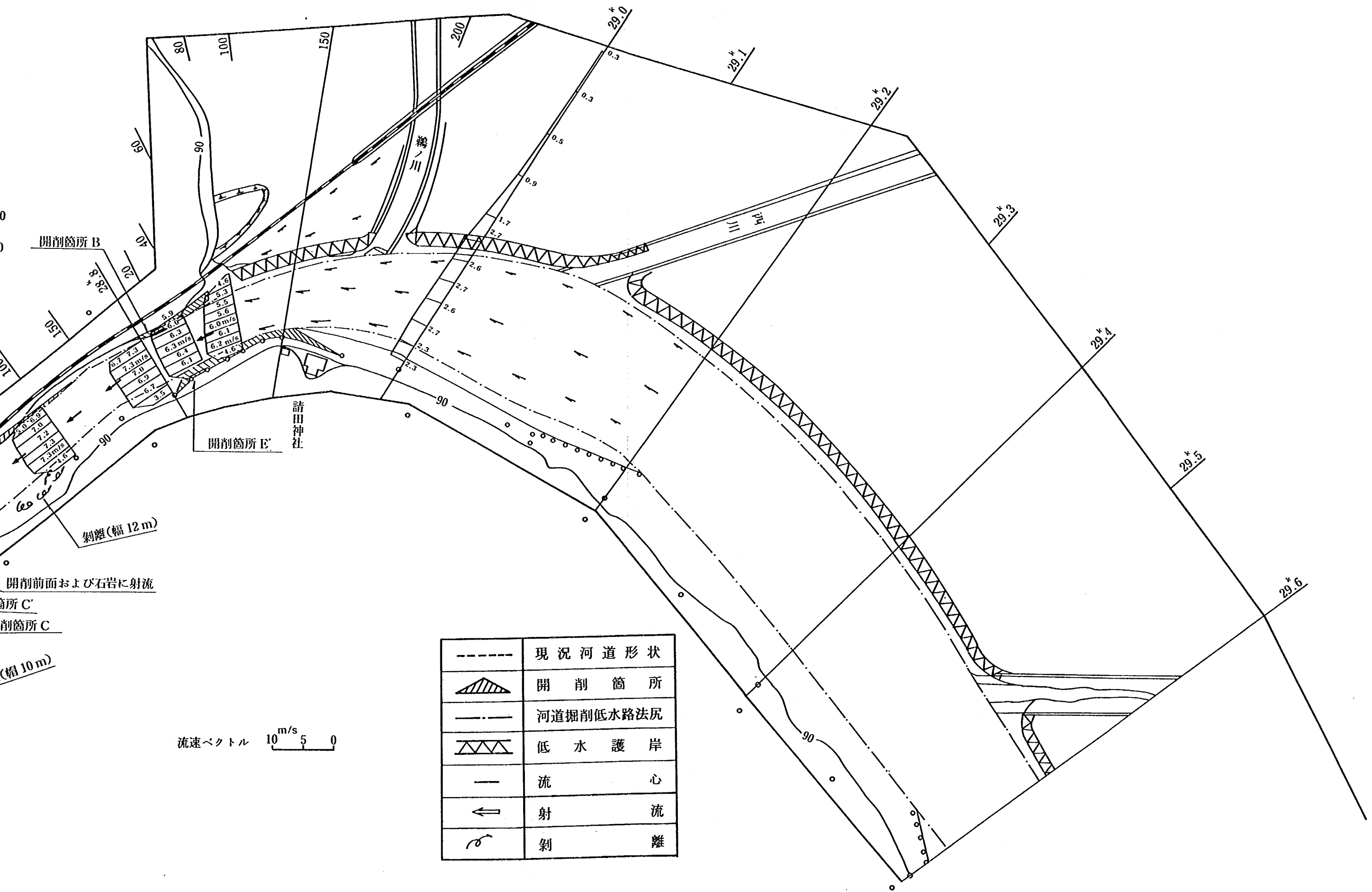


図-3.43 計画実験 P-5 (併用案 5) における流況

一方、併用案5についても同様の計画実験P-5-2を行うと、図-3.44に示されるように、併用案3の場合と同様に、請田地点(29.0 km)の水位上昇量はわずかであった。さらに、堰上げ方法(河床復元状況)を変えて計画実験P-5-3を行っても、ほぼ同様の結果が得られた。したがって、28.0 km付近から上流掘削断面へのすりつけ形状を検討することにより、28.0 kmより下流側の掘削量を大きく減少させることが可能であろう。ただし、掘削断面と現況断面とのすりつけ位置及びすりつけ形状については不等流計算等により検討しなければならない。

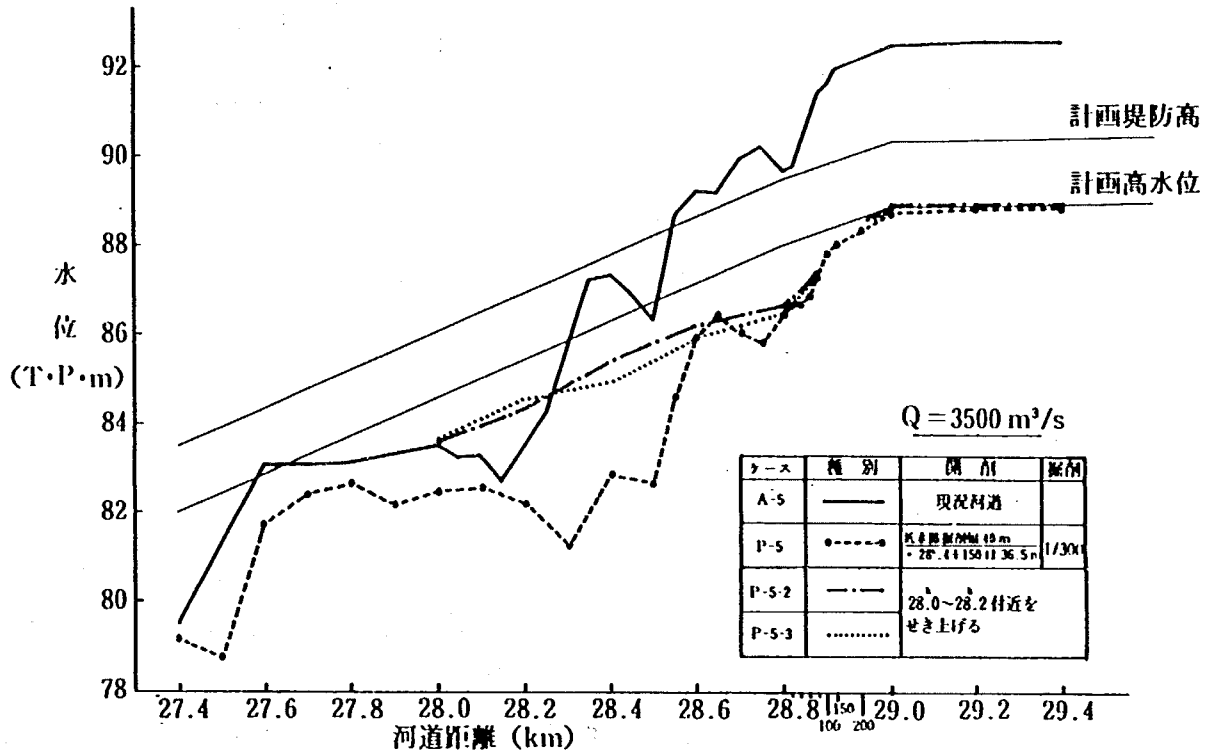


図-3.44 計画実験P-5-2及びP-5-3(併用案5)における水位

つぎに、狭窄部上流側についても、暫定河道掘削案に関する結果より、掘削形状を縮小させることが可能と推定される。そこで、併用案5において、以下のような補足実験を行った。すなわち、狭窄部上流側の掘削低水路を、暫定河道掘削案1あるいは3の場合と同様に、複断面とした実験P-5-4、あるいは現況低水路のみを掘削可道とした実験P-5-6、さらにそれぞれの掘削形状に対して、計画堤防位置を低水護岸位置とした実験P-5-5あるいはP-5-7を行った。各実験において請田地点(29.0 km)の水位・流量曲線を求めると図-3.45のようであって、低水路掘削形状の縮小あるいは計画堤防位置の移動による堤間距離の減少は、むしろ水位を低下させる効果があるものとみなされる。しかし、このような河道形状の縮小化は、不定流時の貯留効果を減少させるとともに、流速の増大に伴う河床洗掘あるいは河川構造物の被災を助長させる等の問題も生ずるため、縮小案の設定にあたっては、これらの問題点について十分な配慮をしなければならない。

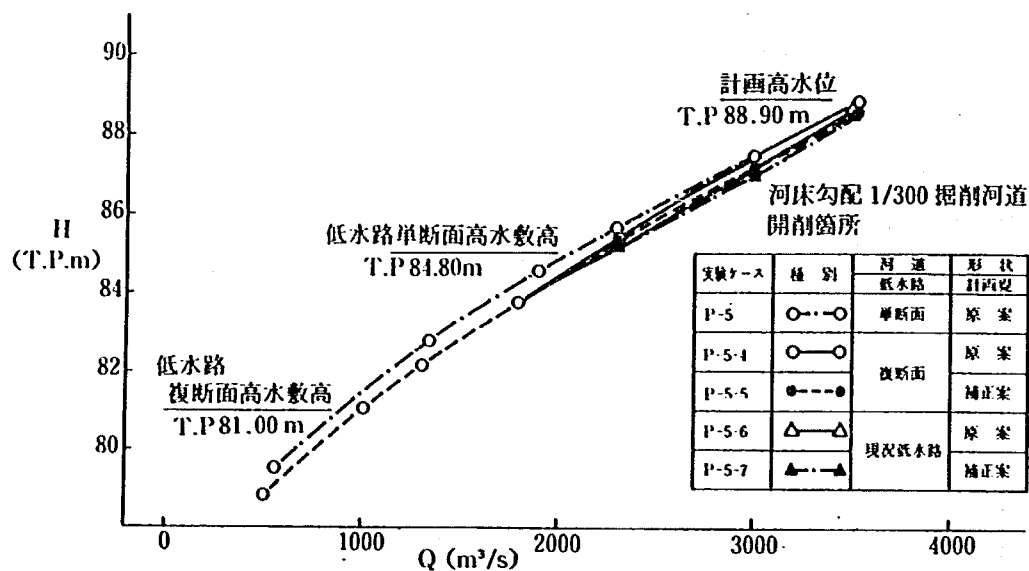


図-3.45 計画河道における水位・流量曲線

## 3.2 不等流計算による検討

### 3.2.1 エネルギー補正係数

2.3.1 で述べたように、保津峡のような狭窄部の流れを対象とした不等流計算にあたっては、エネルギー補正係数  $\alpha$  がいわゆる 2 次元流れにおける値をとるとは限らず、模型実験における流速分布の測定結果に基づき、エネルギー補正係数を与えなければならない。

いま、実験値を用いて、式 (2.12) よりエネルギー補正係数を算定し、これを当該断面と上流断面との流水断面積比、あるいは下流側断面との流水断面積比  $A_l/A_u$  ( $A_l$ : 下流側断面積,  $A_u$ : 上流側断面積) に対して図示すると図-3.46 のようになる。図において、 $\alpha_u$  及び  $\alpha_l$  は、それぞれ、対象とした区間の上流側断面及び下流側断面におけるエネルギー補正係数である。実験値は大きくばらついているため、断面積比  $A_l/A_u$  を 0.45~0.55, 0.55~0.65, …… , 1.45~1.55 の領域に分割し、それぞれの領域において、上流断面エネルギー補正係数  $\alpha_u$  あるいは下流断面エネルギー補正係数  $\alpha_l$  の平均値を断面積比  $A_l/A_u=0.5, 0.6, \dots, 1.5$  に対して示すと図-3.47 のようになる。図において、破線は上流側断面エネルギー補正係数  $\alpha_u$  に関する ● 印を滑らかに結んだ曲線であり、また実線は下流側断面エネルギー補正係数  $\alpha_l$  に関する ○ 印を滑らかに結んだ曲線である。図にみられるように、断面積比が  $A_l/A_u < 1$  (図の左半分の領域), すなわち断面が急縮しているような区間においては、上流側断面におけるエネルギー補正係数  $\alpha_u$  (破線) は、下流側断面における  $\alpha_l$  (実線) より大きく、また逆に断面積が  $A_l/A_u > 1$  (図の右半分の領域), すなわち急拡しているような区間においては、下流側断面におけるエネルギー補正係数  $\alpha_l$  (破線) より、上流側断面における  $\alpha_u$  (実線) は小さく、その値は断面積比  $A_l/A_u$  の値にかかわらず、 $\alpha_u \approx 1.1$  となっている。このような傾向は、少なくとも定性的には従来の結果と同様であり、本検討においては、図-3.47 に示される値を不等流計算に用いるものとする。

数字は平均値±標準偏差

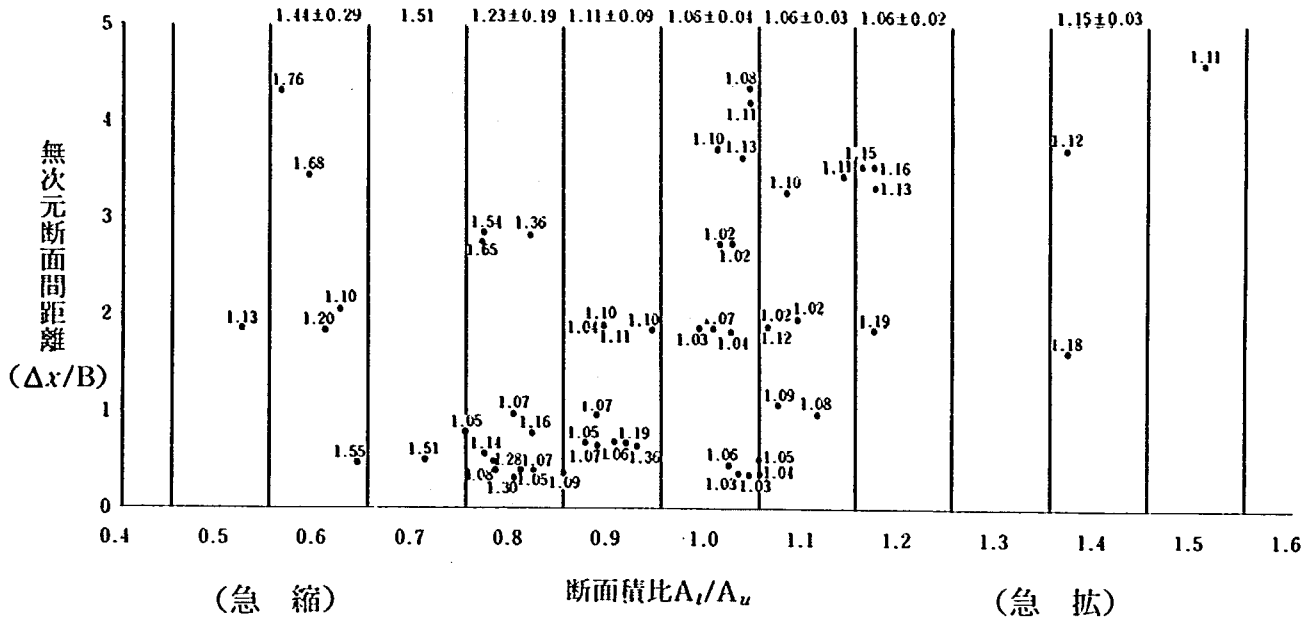


図-3.46 (1) 上流断面エネルギー補正係数 ( $\alpha_u$ ) の分布状況

数字は平均値±標準偏差

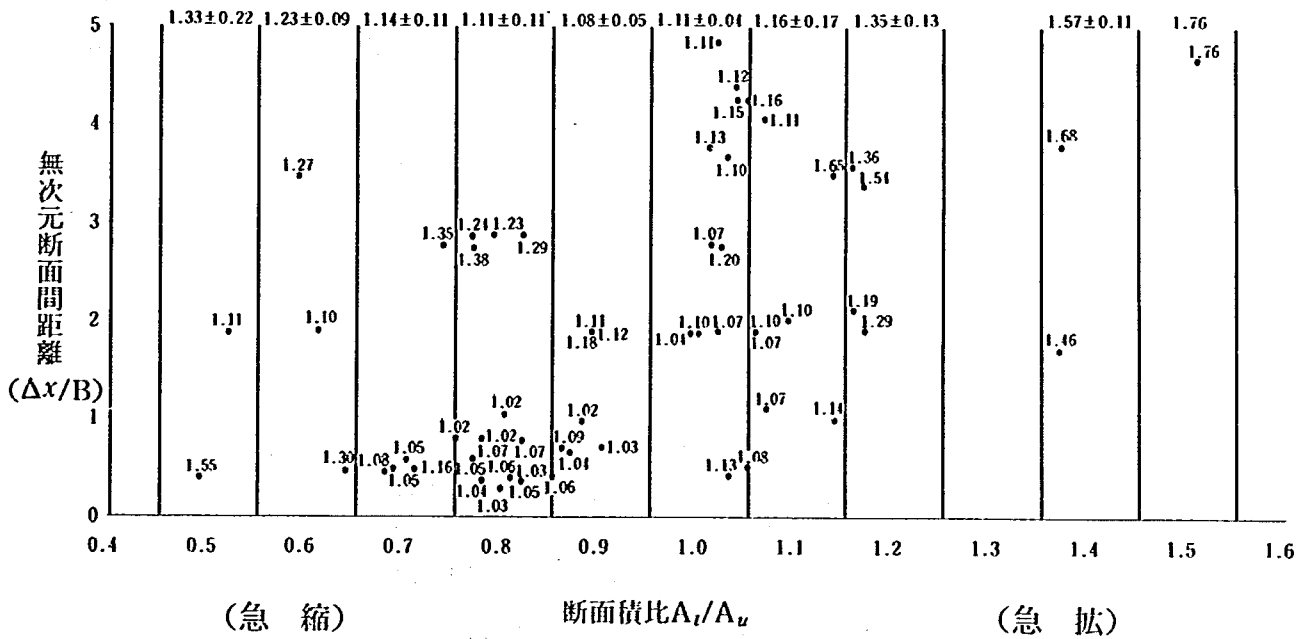


図-3.46 (2) 下流断面エネルギー補正係数 ( $\alpha_l$ ) の分布状況

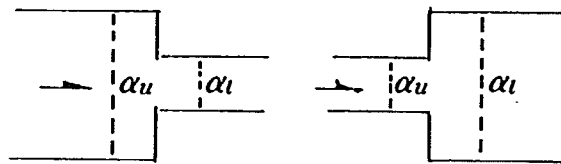
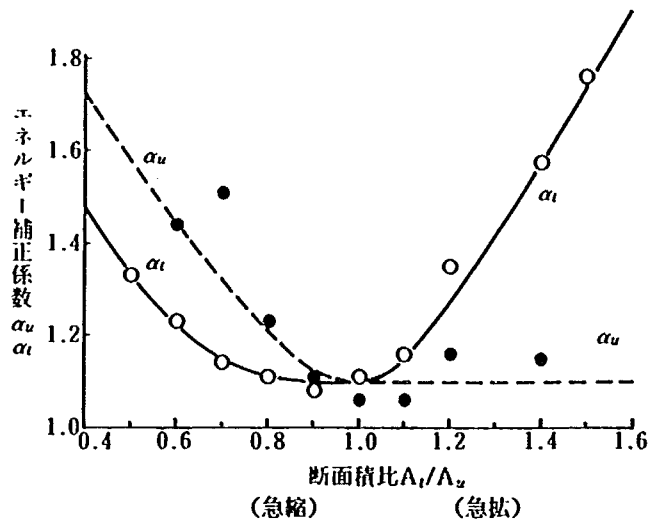


図-3.47 平均化されたエネルギー補正係数

なお、実際上は急拡・急縮が連続しているため、ここでは以下のようにして隣り合う3断面の特性から断面  $i$  のエネルギー補正係数  $\alpha_i$  を定めるものとする。まず、隣り合う3断面における断面積  $A_{i-1}$ ,  $A_i$ ,  $A_{i+1}$  の変化を図-3.48のように分類し、各分類ごとに、断面  $i-1$  及び  $i$  の断面積変化特性より定まる下流側エネルギー補正係数  $\alpha_{i-1,i}$  あるいは断面  $i$  及び  $i+1$  の断面積変化特性より定まる上流側エネルギー補正係数  $\alpha_{i,i+1}$  のいずれかを用いることにする。すなわち、

- ① 急縮・急縮の場合  $\alpha_i = \text{Max} \{ \alpha_{i-1,i}, \alpha_{i,i+1} \}$
- ② 急拡・急拡の場合  $\alpha_i = \alpha_{i,i+1}$
- ③ 急縮・急拡の場合  $\alpha_i = \alpha_{i,i+1}$
- ④ 急拡・急縮の場合  $\alpha_i = \text{Max} \{ \alpha_{i-1,i}, \alpha_{i,i+1} \}$

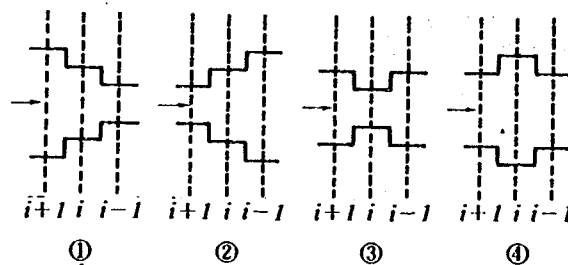


図-3.48 急拡・急縮部の分類

また、計算の実施にあたっては、当初各断面における断面積は未知であり、まず  $\alpha_i=1.1$  として計算をし、次に先の計算から得られた結果に基づき、図-3.47 から  $\alpha_i$  を設定し直して再び計算をし、さらに  $\alpha_i$  を再設定し直して結果を収束させていくという手順がとられる。

### 3.2.2 形状抵抗係数

2.3.1 で導入した形状抵抗係数  $K$  を考慮せず、まず第一段階として隣り合う 2 断面間のエネルギー損失のうち、形状抵抗によるエネルギー損失も壁面摩擦抵抗によるエネルギー損失に含ませて、すべての損失を粗度係数のみによって表現するという意味で、みかけの粗度係数  $n'$  を現況河道実験 A-1, A-2, ……、A-5 及び計画河道実験 P-2, P-3, P-5 に対して、28.2 km より 28.8 km+150 m の区間を対象として、算定すると表-3.8 のようになる。なお、みかけの粗度係数  $n'$  の決定にあたっては、狭窄部入口部分の水位を精度よく再現させるという見地から、各断面  $i$  (28.8 km から 28.8 km+150 m までの 7 断面) における計算値  $H_i$  と実験値  $H_{ei}$  との差  $\epsilon_i$  について

$$\epsilon^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \epsilon_i^2 \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

が最小となる値をもって、みかけの粗度係数  $n'$  とした。

表-3.8 みかけの粗度係数

| 河 道 | 実験ケース | 流量 (m <sup>3</sup> /s) | みかけの粗度係数 $n'$ | 平均誤差 $\epsilon$ (m) |
|-----|-------|------------------------|---------------|---------------------|
| 現 況 | A-1   | 500                    | 0.034         | 0.07                |
|     | A-2   | 1000                   | 0.034         | 0.07                |
|     | A-3   | 1900                   | 0.031         | 0.18                |
|     | A-4   | 2300                   | 0.032         | 0.12                |
|     | A-5   | 3500                   | 0.033         | 0.35                |
| 計 画 | P-2   | 3500                   | 0.027         | 0.17                |
|     | P-3   | 3500                   | 0.026         | 0.27                |
|     | P-5   | 3500                   | 0.025         | 0.21                |

計画河道は、河床を大幅に掘削し、また狭窄部については突起した河岸を大幅に開削したものであって、一様な直線河道とみなされるため、形状抵抗を無視することができる。したがって、計画河道実験から得られたみかけの模型粗度係数の平均的な値  $n'=0.026$  は、保津峡固有の壁面摩擦抵抗係数、すなわち真の粗度係数  $n$  とみなされる。

したがって、現況河道におけるみかけの粗度係数  $n'$  を、真の粗度係数  $n$  より

$$n' = n + \Delta n \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

と表すことにする。ここに、 $\Delta n$  はみかけの粗度係数  $n'$  と真の粗度係数  $n$  との差であっていわゆる形状抵抗によるエネルギー損失に帰因するものである。

いま、断面  $i$  と  $i+1$  との区間における全エネルギー損失を  $\Delta E_{i,i+1}$  とすると、 $\Delta E_{i,i+1}$  はみかけの粗度係数  $n'$  を用いて

$$\Delta E_{i,i+1} = \frac{n^2}{2} \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

と表される。一方、式 (3.2) を用いると

$$\begin{aligned} \Delta E_{i,i+1} &= \frac{(n+\Delta n)^2}{2} \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x \\ &= \frac{n^2}{2} \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x + n \cdot \Delta n \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x \\ &\quad + \frac{(\Delta n)^2}{2} \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x \quad \dots\dots\dots (3.4) \end{aligned}$$

となり、上式の右辺第3項は、第1項あるいは第2項に比較すると小さく

$$\Delta E_{i,i+1} = \frac{n^2}{2} \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x + n \cdot \Delta n \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

と近似される。上式右辺第2項は、形状抵抗に基づくエネルギー損失に相当するものであって、本検討では2.3.1で述べたように、形状抵抗係数  $K$  を用いて以下のように表される。

$$\begin{aligned} n \cdot \Delta n \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \Delta x \\ = K_{i,i+1} \frac{1}{2g} \frac{1}{2} (V_i^2 + V_{i+1}^2) \Delta x \quad \dots\dots\dots (3.6) \end{aligned}$$

したがって、形状抵抗係数  $K$  は

$$K_{i,i+1} = \frac{49n\Delta n}{V_i^2 + V_{i+1}^2} \left( \frac{V_i^2}{R_i^{4/3}} + \frac{V_{i+1}^2}{R_{i+1}^{4/3}} \right) \frac{1}{\Delta x} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

と表される。

いま、現況河道実験 A-1, A-2, ……., A-5 の実験値を用いるとともに、 $n=0.026$  として式 (3.7) より各断面間の形状抵抗係数  $K_{i,i+1}$  を逆算すると表-3.9 のようになる。

同表において、実験 A-1 および A-2 に関するものが、他より大きくなっているが、これは実験 A-1 および A-2 の流量が小さく、水深もあまり大きくないため、河床及び河岸の突起による形状抵抗が大きく算定されたものと推測される。したがって、実験 A-3, A-4 及び A-5 から得られた値を各区分ごとに平均し、これを各区分の形状損失係数とする。

表-3.9 形状低抗係数

| 区 間                     | (×10 <sup>-3</sup> )     |                           |                           |                           |                           |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                         | Q = 500m <sup>3</sup> /s | Q = 1000m <sup>3</sup> /s | Q = 1900m <sup>3</sup> /s | Q = 2300m <sup>3</sup> /s | Q = 3500m <sup>3</sup> /s |
| 28.2km ~28.2km+ 50m     | 205                      | 166                       | 91                        | 100                       | 94                        |
| 28.2km+ 50m~28.2km+100m | 197                      | 164                       | 75                        | 80                        | 74                        |
| 28.2km+100m~28.2km+150m | 227                      | 174                       | 75                        | 81                        | 76                        |
| 28.2km+150m~28.4km      | 218                      | 152                       | 79                        | 92                        | 74                        |
| 28.4km ~28.4km+ 50m     | 159                      | 111                       | 72                        | 86                        | 44                        |
| 28.4km+ 50m~28.4km+100m | 213                      | 138                       | 52                        | 53                        | 40                        |
| 28.4km+100m~28.4km+150m | 220                      | 141                       | 50                        | 51                        | 51                        |
| 28.4km+150m~28.6km      | 199                      | 127                       | 51                        | 52                        | 51                        |
| 28.6km ~28.6km+ 50m     | 183                      | 116                       | 47                        | 49                        | 46                        |
| 28.6km+ 50m~28.6km+100m | 193                      | 122                       | 49                        | 50                        | 47                        |
| 28.6km+100m~28.6km+150m | 199                      | 125                       | 50                        | 51                        | 47                        |
| 28.6km+150m~28.8km      | 208                      | 126                       | 52                        | 54                        | 49                        |
| 28.8km ~28.8km+ 20m     | 207                      | 126                       | 53                        | 55                        | 52                        |
| 28.8km+ 20m~28.8km+ 40m | 193                      | 119                       | 51                        | 54                        | 50                        |
| 28.8km+40m~28.8km+ 60m  | 209                      | 122                       | 50                        | 55                        | 47                        |
| 28.8km+ 60m~28.8km+ 80m | 231                      | 126                       | 51                        | 55                        | 45                        |
| 28.8km+ 80m~28.8km+100m | 233                      | 120                       | 51                        | 50                        | 42                        |
| 28.8km+100m~28.8km+150m | 216                      | 117                       | 56                        | 53                        | 45                        |
| 28.8km+150m~28.8km+200m | 207                      | 117                       | 57                        | 61                        | 47                        |

### 3.2.3 実験結果と計算結果との比較

#### (1) 狭窄部上流の粗度係数

暫定河道あるいは計画河道において、低水路及び高水敷の現地での逆算粗度係数は、それぞれ  $n_c = 0.03$ ,  $n_l = 0.08$  と推定されている。そこで、計算にあたっては、これらの粗度係数を用いた井田法による複断面を考慮した計算を行っている。なお、形状抵抗に基づくエネルギー損失は考慮していない。

#### (2) 現況河道

3.2.1 で決定したエネルギー補正係数  $\alpha$ , 3.2.2 で決定した形状損失係数及び先に決定した粗度係数を用いて、現況河道実験 A-1 ( $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), A-2 ( $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ), A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ), A-4 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 及び A-5 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) について、28.2 km から 29.4 km までの区間の実験水位と計算水位とを比較すると、それぞれ、図-3.49, 3.50, 3.51, 3.52 及び 3.53 のようになる。図にみられるように、実験ケースによっては両者の一致性があまりよくないものもあるが、計算結果はおおむね実験結果を再現しているものと考えられる。なお、両者の一致性がよくない箇所は、いわゆる跳水の発生箇所付近であって、一致性がよくない原因としては、計算断面の間隔が粗いこと、実験値にも誤差が含まれていること、エネルギー補正係数の値に関する不確実性等があげられる。しかし、緩流広幅員河道を対象とした従来の計算法に比べ、計算精度は著しく向上したものと考えられる。

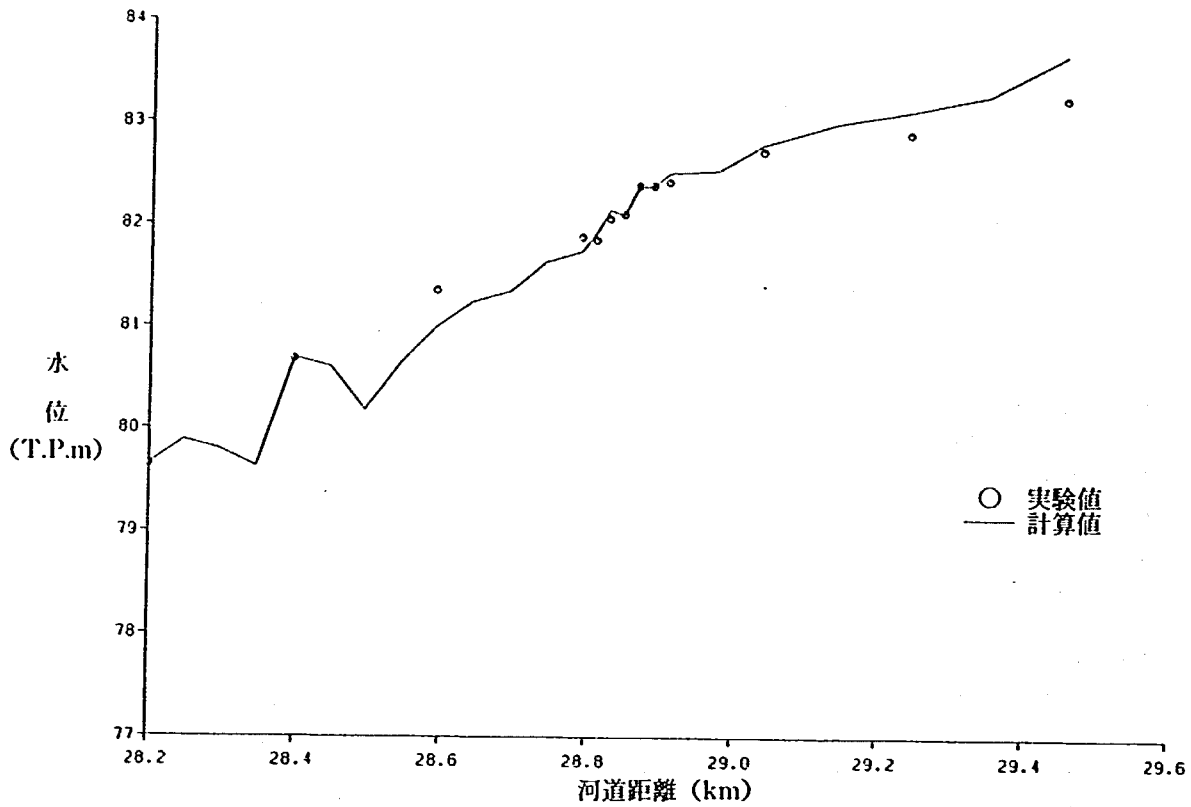


図-3.49 現況実験 A-1 ( $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

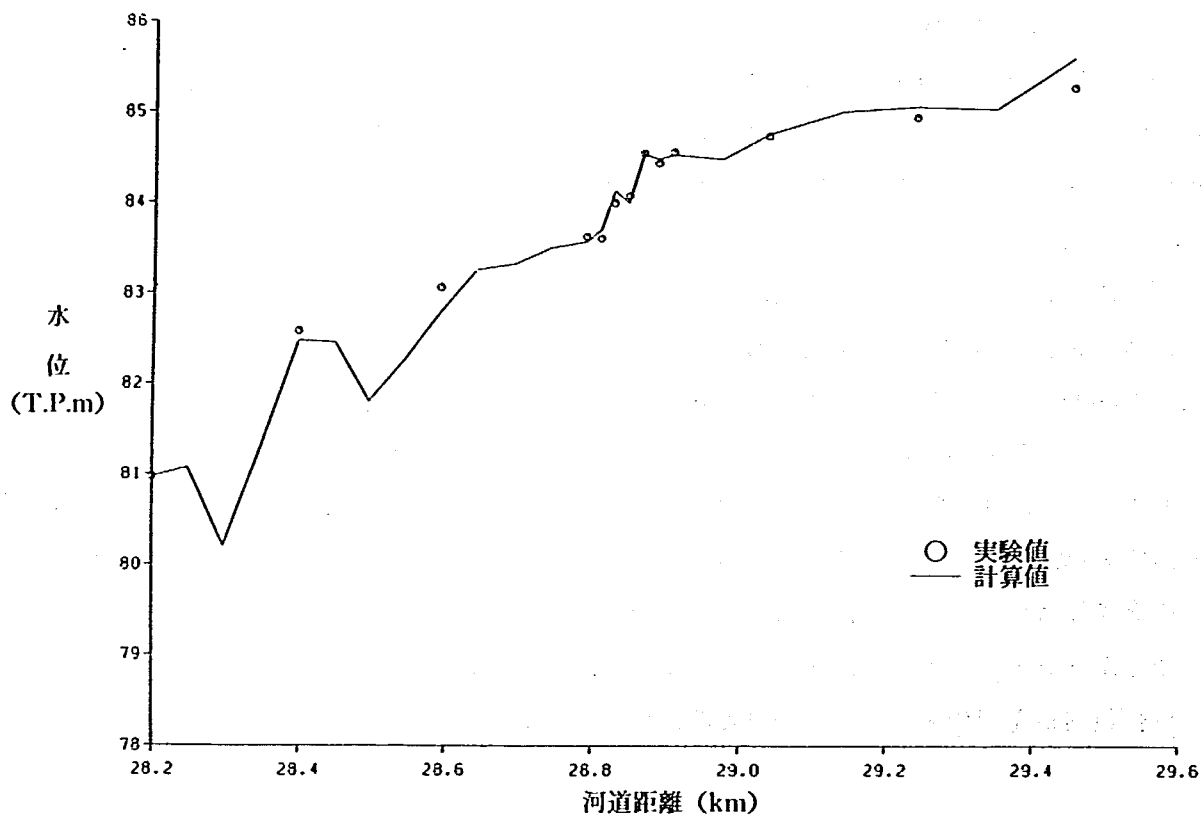


図-3.50 現況実験 A-2 ( $Q=1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

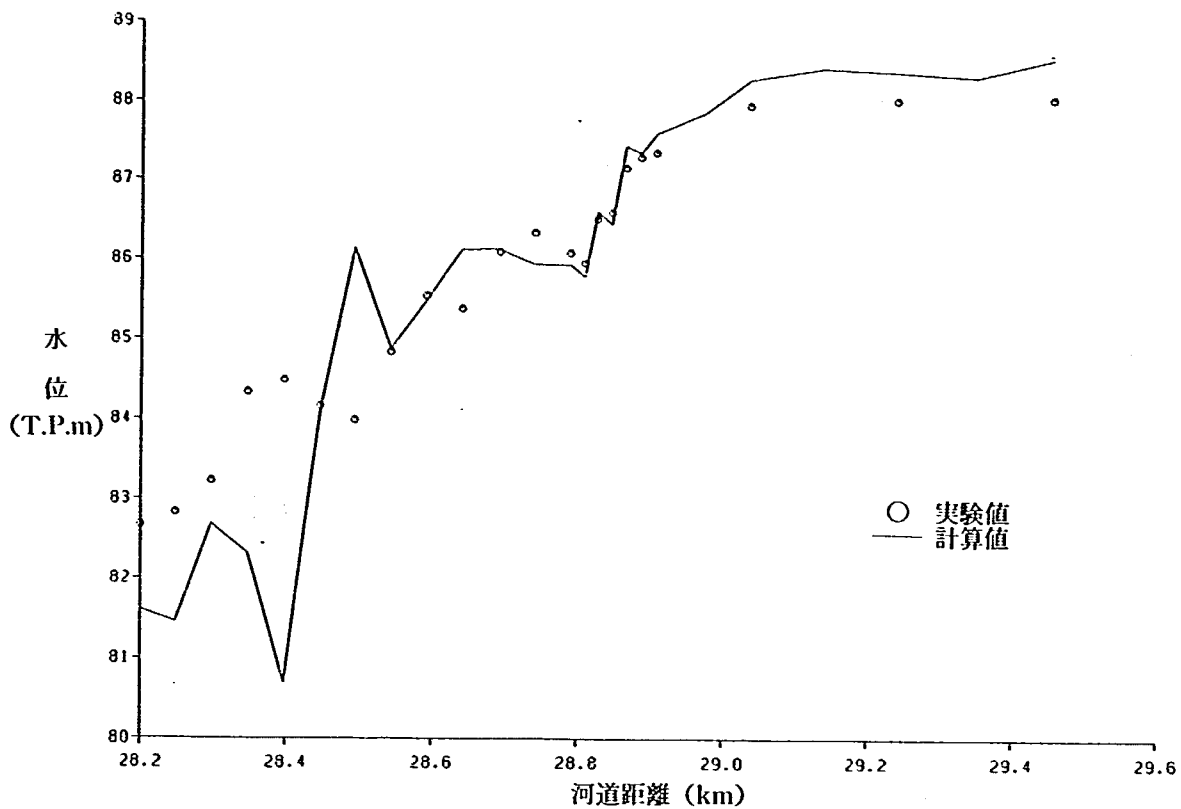


図-3.51 現況実験 A-3 ( $Q=1,900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

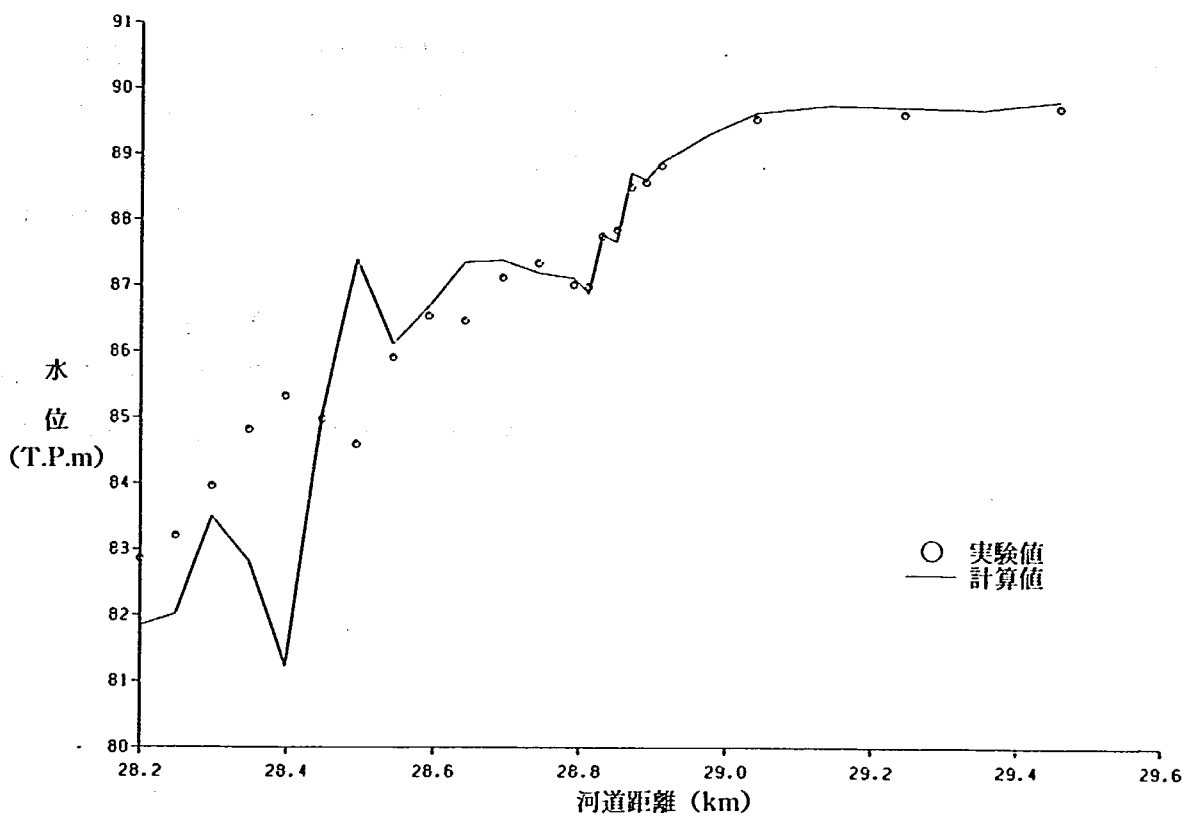


図-3.52 現況実験 A-4 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

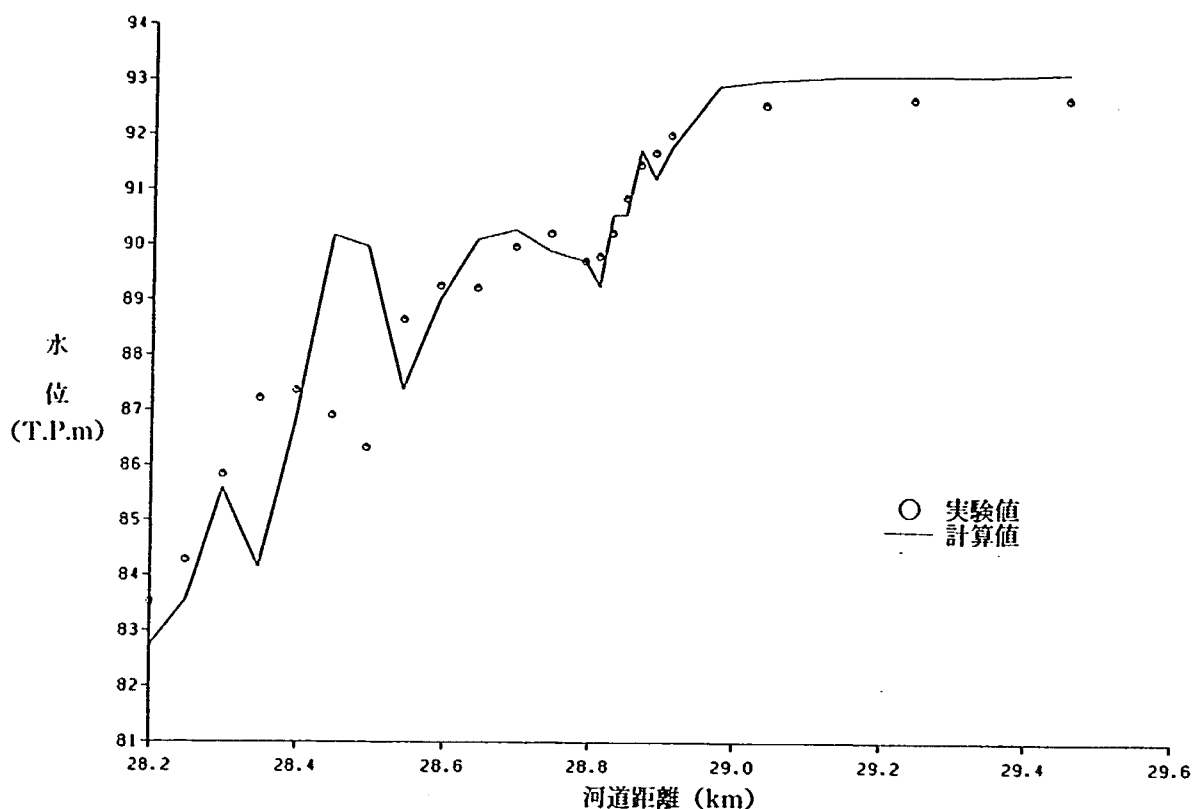


図-3.53 現況実験 A-5 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

### (3) 暫定河道及び計画河道

暫定河道を対象とした不等流計算の実施にあたっては、断面形状の変更だけでなく、掘削範囲については河床が平坦化することに基づき、形状抵抗係数  $K$  を 0 に減ずることによって、開削・掘削の効果を表すものとし、その結果を示すと図-3.54～図-3.57 のようである。

計画河道を対象とした場合には、形状抵抗係数  $K$  を 0 とし、その結果を示すと図-3.58～図-3.60 のようである。

いずれにおいても、28.4 km 付近の跳水発生箇近付近の水面形については、先に述べたような理由により実験値と計算値との一致性はあまりよくないものの、本検討でとくに対象とした狭窄部入口付近については、実験結果と計算結果との相違はそれほど顕著でなく、計算によっても開削・掘削の効果を把握することができよう。

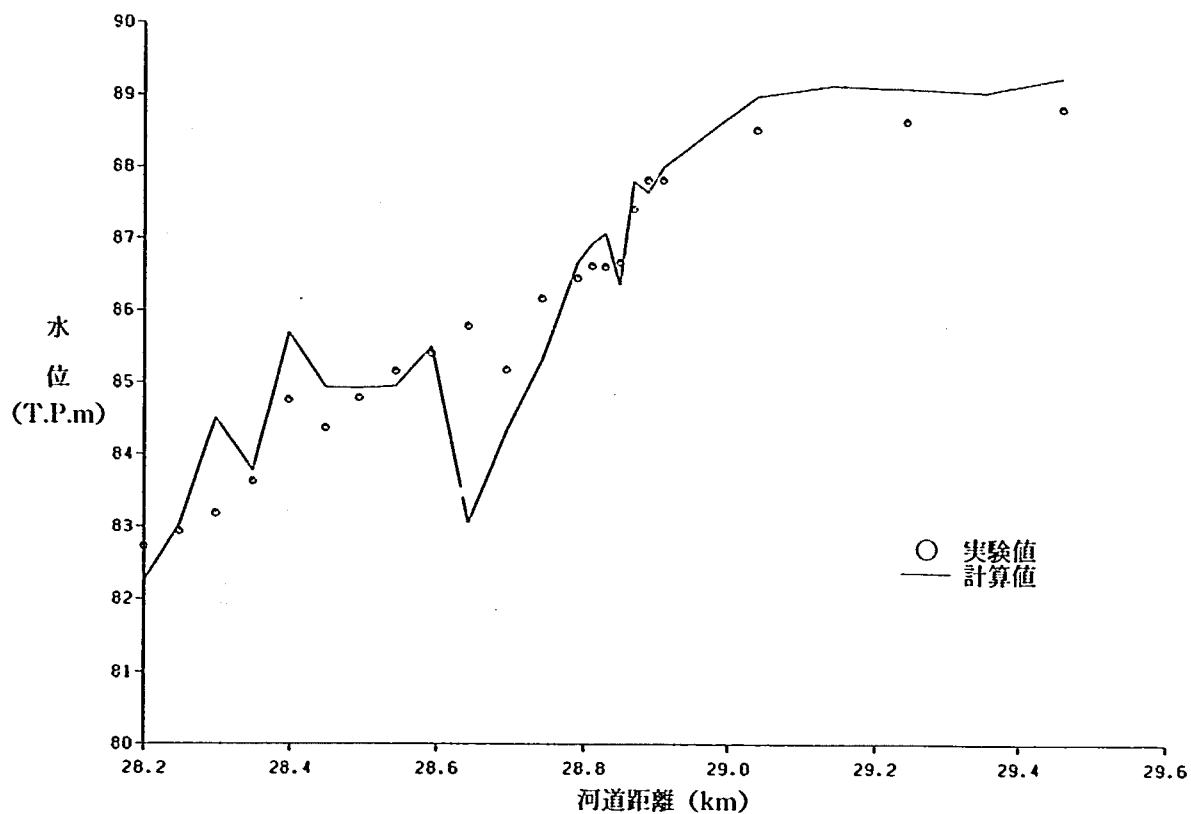


図-3.54 暫定実験 T-4-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

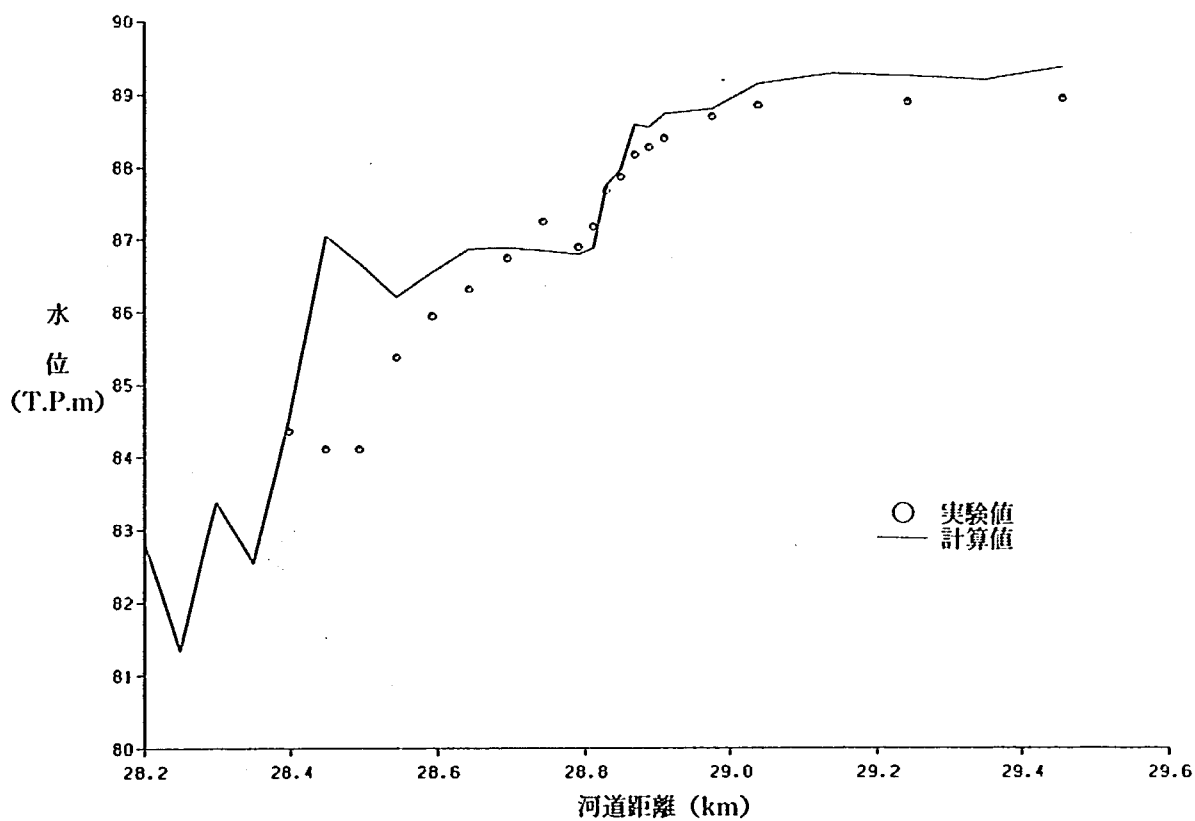


図-3.55 暫定実験 T-12-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

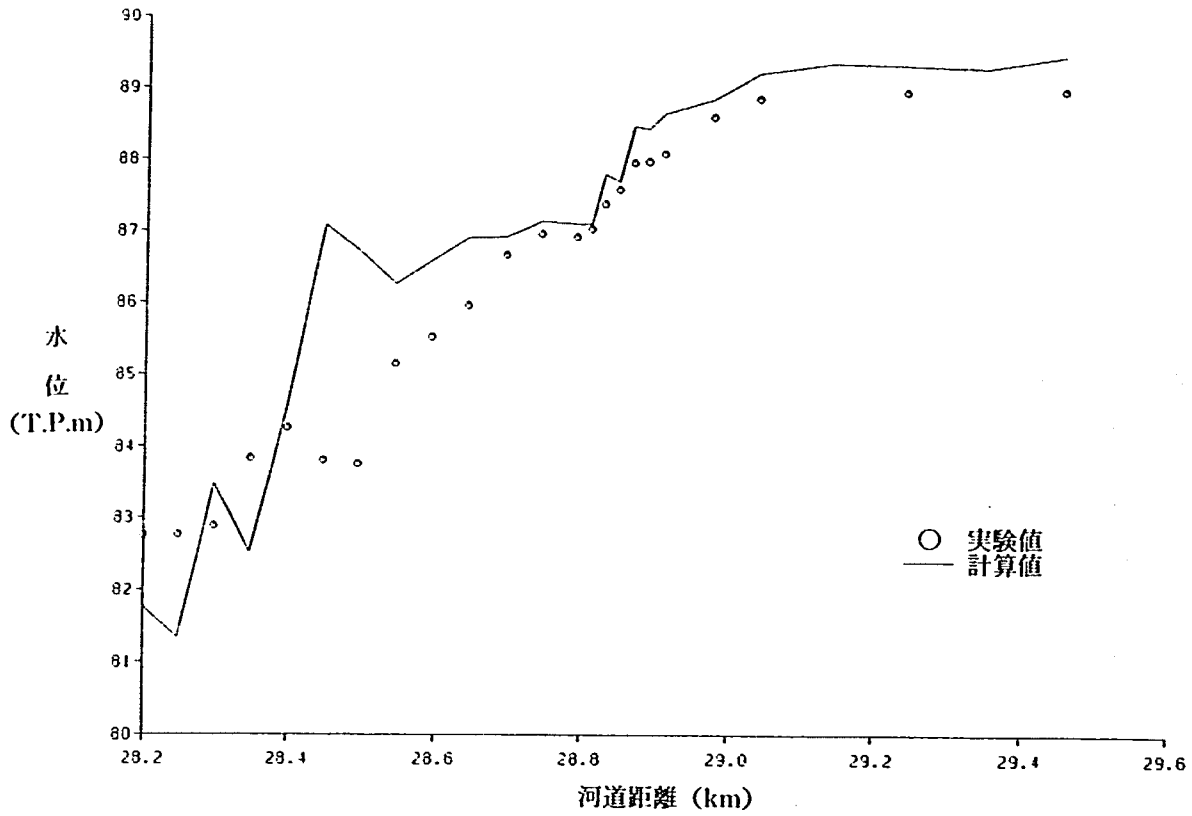


図-3.56 暫定実験 T-14-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

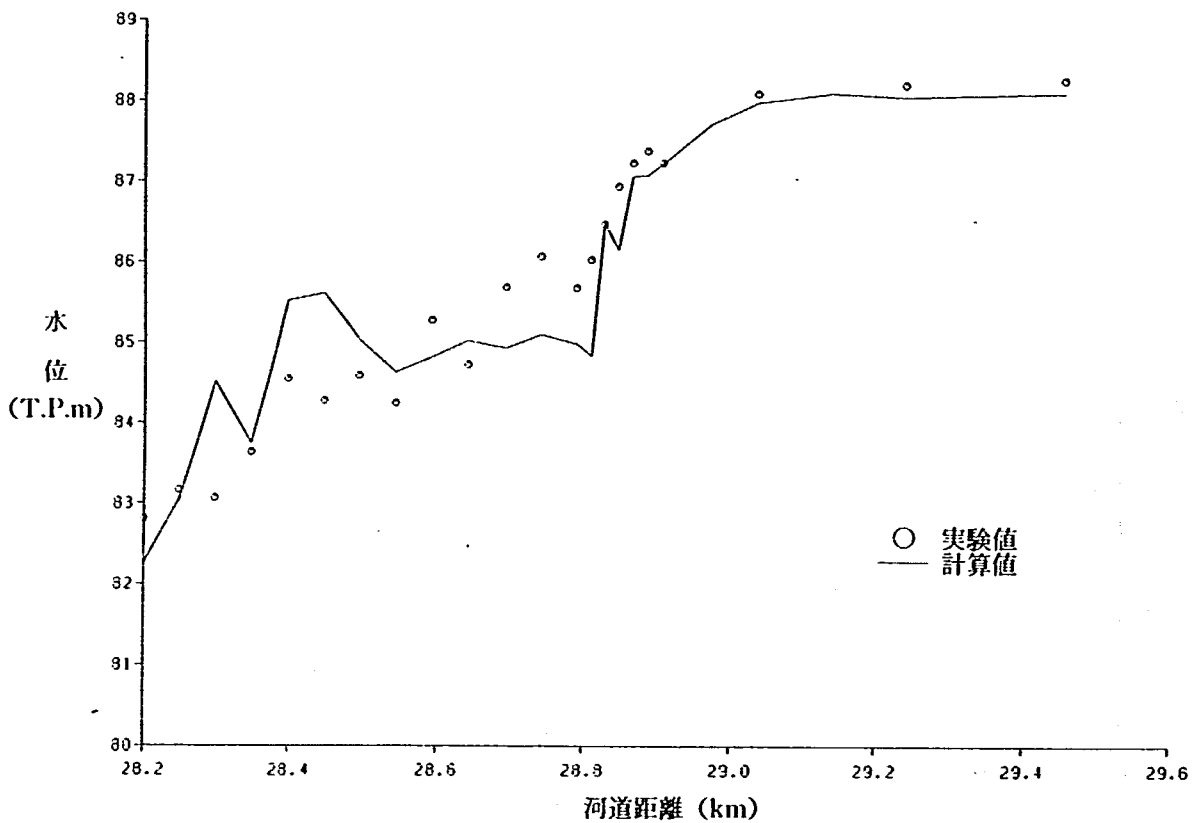


図-3.57 暫定実験 T-17-1 ( $Q=2,300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

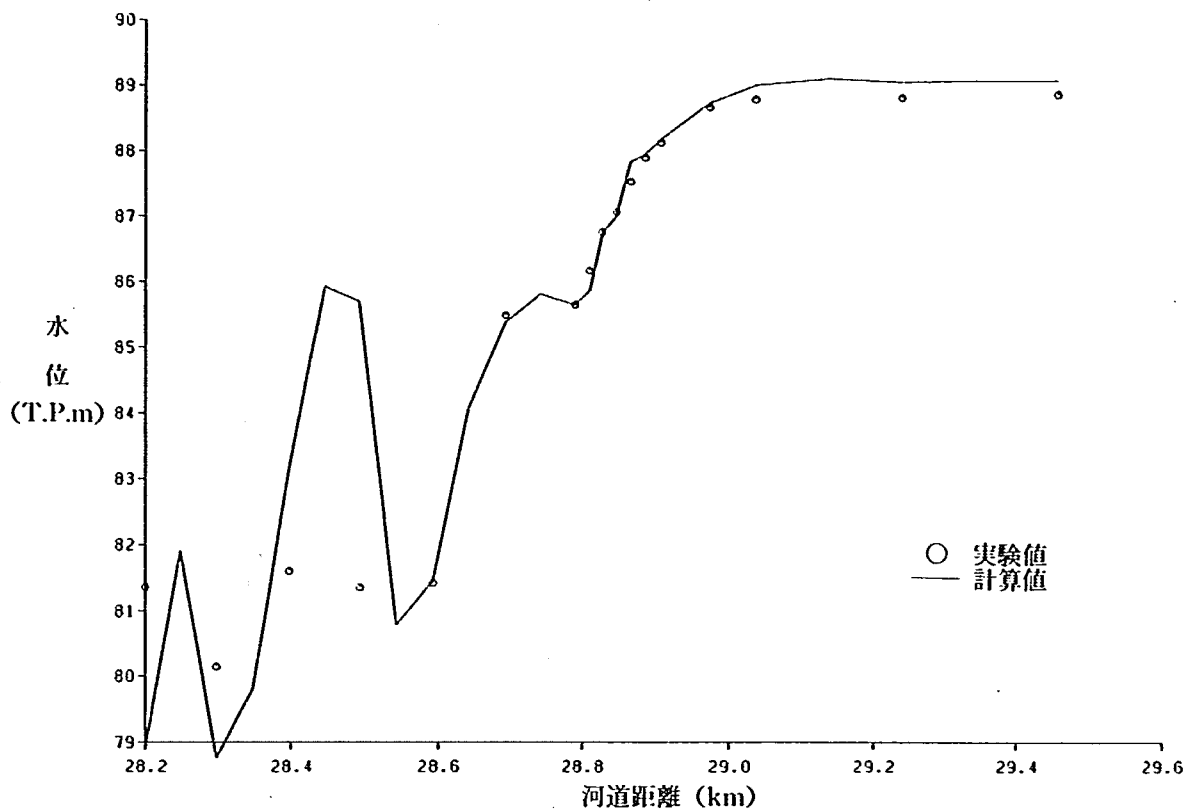


図-3.58 計画実験 P-2 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

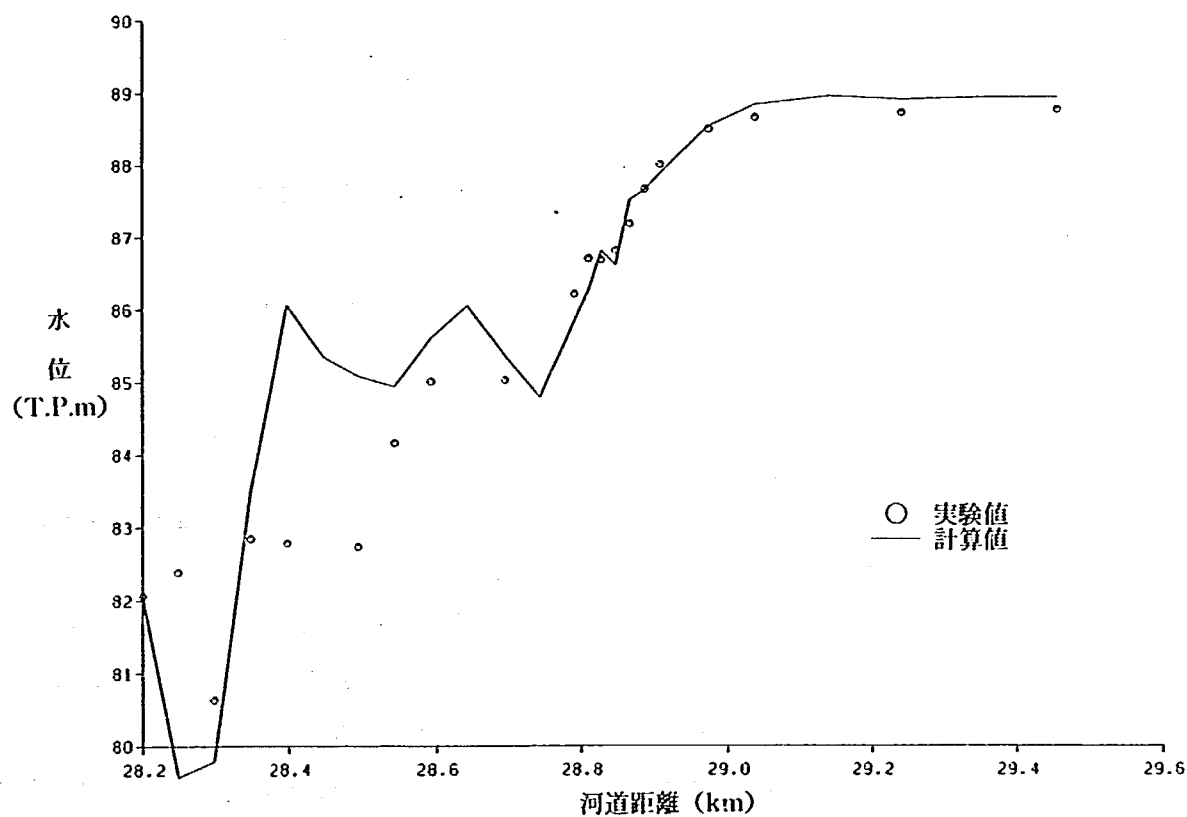


図-3.59 計画実験 P-3 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

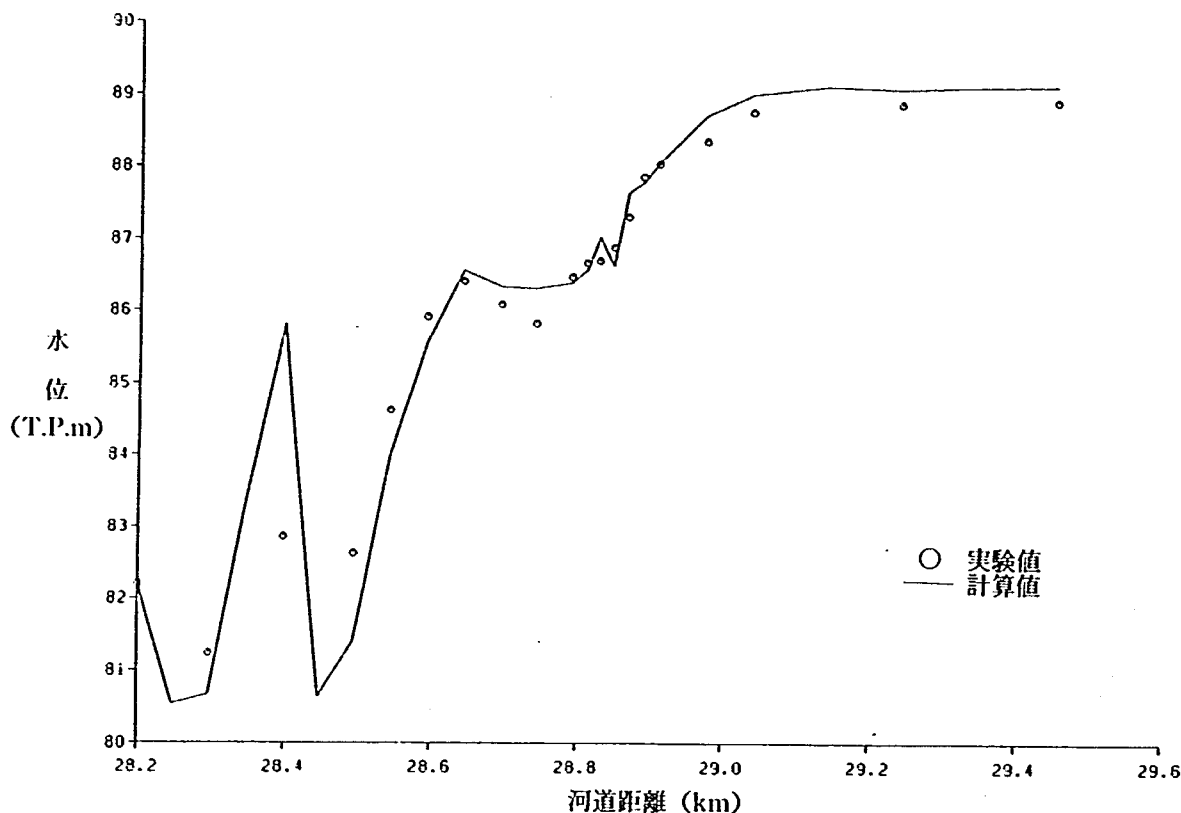


図-3.60 計画実験 P-5 ( $Q=3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の計算水位

### 3.2.4 暫定河道・計画河道の策定方法と段階施工時における効果の判定方法

模型実験により数多くの開削案・掘削案あるいは併用案について検討することは困難であり，不等流計算に期待するところが大きい。狭窄部の流れを対象とした不等流計算については，従来より種々の不確実性が含まれ，その精度に疑問がもれたることが多かった。しかし，本検討で試みた方法により，少なくとも従来の計算法に較べ，計算精度の向上が図られた。

狭窄部の開削・掘削効果の判定にあたっては，まず当該箇所の形状損失係数  $K$  の値を以下のように仮定する。

$$K = K_0 - (K_0 - K_p) \frac{\Delta A}{\Delta A_p} \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

ここに， $K_0$  及び  $K_p$  は，それぞれ，当該箇所における現在及び計画時の形状損失係数， $\Delta A$  及び  $\Delta A_p$  は，それぞれ，段階施工時および計画河道における開削・掘削量である。

式 (3.9) によって与えられる形状損失係及び先に求めた粗度係数（狭窄部については  $n=0.026$ ，狭窄部上流については低水路で  $n=0.03$ ，高水敷で  $n=0.08$ ）を用い，式 (2.23) により不等流計算を行うことによって，段階施工時における開削・掘削効果の評価が可能となる。

また，暫定河道・計画河道の策定にあたっては，開削・掘削箇所とその範囲に応じて，形状損失係数  $K$  を設定することにより，効率的な暫定河道案あるいは計画河道案を立案することができる。

#### 4. 結 論

本報告書は、縮尺 1/40 の固定床模型を用いた実験あるいは不等流計算により、桂川保津峡上流部の河道計画立案の一助とするために、暫定流量  $2,300 \text{ m}^3/\text{s}$  あるいは計画高水流量  $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$  に対応した河道形状を明らかにしようとしたものであって、以下のことが明らかにされた。

##### 1) 暫定河道について

狭窄部の開削のみにより対処する場合、 $28.0 \text{ km}+100 \text{ m}$  左岸地蔵岩の撤去 ( $1,310 \text{ m}^3$ ) と  $28.8 \text{ km}+50 \text{ m} \sim 28.2 \text{ km}+100 \text{ m}$  左岸の開削 ( $6,340 \text{ m}^3$ )、 $28.8 \text{ km} \sim 28.8 \text{ km}+60 \text{ m}$  右岸の開削 ( $4,710 \text{ m}^3$ )、 $28.4 \text{ km}+150 \text{ m} \sim 28.6 \text{ km}+50 \text{ m}$  左岸の開削 ( $4,850 \text{ m}^3$ ) 及び  $28.6 \text{ km} \sim 28.6 \text{ km}+100 \text{ m}$  右岸の開削 ( $7,890 \text{ m}^3$ ) が必要となる (開削案 4)。

また、狭窄部の開削と狭窄部入口付近における河床整正により対処する場合、 $28.0 \text{ km}+100 \text{ m}$  左岸地蔵岩の撤去 ( $1,310 \text{ m}^3$ ) と  $28.8 \text{ km}+50 \text{ m} \sim 28.2 \text{ km}+100 \text{ m}$  左岸の開削 ( $6,340 \text{ m}^3$ )、 $28.4 \text{ km}+150 \text{ m}$  左岸の開削 ( $170 \text{ m}^3$ )、 $28.8 \text{ km}+20 \text{ m} \sim 28.8 \text{ km}+150 \text{ m}$  左岸の開削 ( $7,930 \text{ m}^3$ ) 及び  $28.6 \text{ km}+150 \text{ m} \sim 28.8 \text{ km}+150 \text{ m}$  の河床整正 ( $1,560 \text{ m}^3$ ) が必要 (開削案 6)、あるいは  $28.0 \text{ km}+100 \text{ m}$  左岸地蔵岩の撤去 ( $1,310 \text{ m}^3$ ) と  $28.8 \text{ km}+50 \text{ m} \sim 28.2 \text{ km}+100 \text{ m}$  左岸の開削 ( $6,340 \text{ m}^3$ )、 $28.4 \text{ km}+150 \text{ m}$  左岸の開削 ( $170 \text{ m}^3$ )、 $28.8 \text{ km}+20 \text{ m} \sim 28.8 \text{ km}+150 \text{ m}$  左岸の開削 ( $2,340 \text{ m}^3$ ) 及び  $28.6 \text{ km}+150 \text{ m} \sim 28.8 \text{ km}+150 \text{ m}$  の河床整正 ( $4,770 \text{ m}^3$ ) が必要 (開削案 7) となる。

一方、河道掘削により対処する場合、開削が容易な  $28.0 \text{ km}+100 \text{ m}$  左岸地蔵岩の撤去 ( $1,310 \text{ m}^3$ ) と  $28.8 \text{ km}+50 \text{ m} \sim 28.2 \text{ km}+100 \text{ m}$  左岸の開削 ( $6,340 \text{ m}^3$ )、及び  $29.6 \text{ km}$  (河床高 TP m) から  $29.4 \text{ km}$  までについて勾配  $I_b=1/420$ 、さらに  $29.4 \text{ km}$  から  $28.4 \text{ km}+50 \text{ m}$  までについて勾配  $I_b=1/300$  で河床掘削が必要 (掘削案 3) となる。

##### 2) 計画河道について

狭窄部の開削及び  $29.4 \text{ km}$  の計画河床高 (TP  $77,184 \text{ m}$ ) を起点とした河床掘削で対処する場合、以下の 3 案がある。

まず、第 2 案は開削案 7 と同様の開削と勾配  $I_b=1/200$ 、掘削幅  $35 \text{ m}$  の掘削が必要となる。第 3 案は、第 2 案の開削箇所に、 $28.6 \text{ km} \sim 28.6 \text{ km}+100 \text{ m}$  右岸の開削 ( $7,890 \text{ m}^3$ ) を加え、勾配  $I_b=1/250$ 、掘削幅  $35 \text{ m}$  の掘削を行うものである。さらに、第 5 案は、第 3 案の開削条件のもとで、勾配  $I_b=1/200$ 、掘削幅  $40 \text{ m}$  ( $28.4 \text{ km}+150 \text{ m}$  については  $36.5 \text{ m}$ ) の掘削を行うものである。

3) 段階施工時における開削・掘削の効果については、狭窄部の粗度係数を  $0.026$  とし、形状損失係数を考慮した常流・射流混在の不等流計算により評価を行うことができる。

以上の事項が本調査により明らかにされたが、本結果の適用にあたっては、以下の点に配慮しなければならない。

1) 実験においては、開削あるいは掘削断面の粗度として、現況程度の粗度を想定していたため、実際の施工にあたってこのような開削あるいは掘削が行われたときにのみ本結果は有効となる。

2) 不等流計算においては、実験結果より得られたエネルギー補正係数及び形状損失係数を用いており、本計算の適用範囲は、これらの係数が得られた条件にある程度制約されることに留意しなければならない。

さらに、本結果に基づき現地河道の開削・掘削を実施する場合には、以下の問題を解決しておくことが必要である。

- 1) 開削・掘削が上流河道あるいは周辺地域に及ぼす影響の把握とその対策
- 2) 下流嵐山より下流部における直轄河川改修との調整
- 3) 景観及び河川利用者との調整

## あ と が き

最後に本模型実験を遂行するに当り、京都府土木建築部河川課ならびに亀岡土木事務所の関係各位（敬称略）に多くの労があった。ここに記して謝意を表する。

### 京都府土木建築部河川課

|      |   |     |    |    |    |    |    |  |  |
|------|---|-----|----|----|----|----|----|--|--|
| 課    | 長 | 佐々木 | 司  |    |    |    |    |  |  |
| 課長補在 |   | 吉本  | 太郎 | 田中 | 克侑 | 一谷 | 隆之 |  |  |
| 主任   |   | 岩本  | 進  | 岩田 | 修  |    |    |  |  |
| 技師   |   | 田中  | 雅和 | 中村 | 敬二 | 川上 | 慎二 |  |  |
|      |   | 関   | 正典 |    |    |    |    |  |  |

### 京都府亀岡土木事務所

|        |   |    |    |    |    |    |    |  |  |
|--------|---|----|----|----|----|----|----|--|--|
| 所      | 長 | 山根 | 富三 | 西木 | 英夫 | 樋口 | 孟  |  |  |
| 技術第二課長 |   | 田畑 | 幸哉 | 松井 | 茂二 | 中川 | 三良 |  |  |
| 技師     |   | 山下 | 善章 | 福井 | 清二 | 田原 | 敏雄 |  |  |

保津峡上流部水理模型実験報告書

I S S N 0386-5878

土研資料第2316号

昭和60年10月

河川部河川研究室

河川研究室：橋本 宏，福岡 捷二，浅野 富夫  
高橋 晃，加賀谷 均

要 旨

保津峡入口部における疎通能力向上のための諸対策案について、模型実験により水理的検討を行った結果を述べるとともに、狭窄部河道を対象とした不等流計算法についても検討を加えた。

キーワード：保津峡，狭窄部河道，不等流計算，水理模型実験

郵便はがき

3 0 5 - □ □

さいは  
いは  
十  
門  
て  
切  
下手

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地  
建設省土木研究所  
河川部河川研究室御中

No. \_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_

配布先住所

配布先氏名

○

土木研究所資料第 2316 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

○