ISSN 0386－5878
土木研究所資料第2927号

土 木 研 究 所 資 料

日光川放水路模型実験報告書

平成３年３月

建設省土木研究所
河川部総合治水研究室

Copyright © (1991) 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，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第2927号1991年3月

日光川放水路模型実験報告書

総合治水研究室　室　長　吉本　俊裕
末次　忠司*
研究員　笛田　俊治
桐生　祝男**
馬場　隆司***
下家　時洋

*)　現，土木研究所企画部企画課長
**)　現，関東地方建設局江戸川工事事務所調査課
***)　現，沖縄開発庁沖縄総合事務局開発建設部河川課

要　旨

本報告書は，愛知県が日光川の治水のため計画している放水路のうち，3号と4号放水路（日光川から分流し，木曽川に放流する地下方式の放水路）について，その機能を水理模型実験によって検討した結果をまとめたものである。水理模型実験は，主に，3号，4号放水路及び2本の放水路をつなぐ広口池の水理特性を調べる全体模型実験と，日光川から3号放水路への分流部に設けられる構造物の水理特性を調べる部分模型実験からなっている。これら2種類の模型実験施設を使って，疎通能力，流況，分流等の水理特性を明らかにした。

キーワード：日光川，地下放水路，横越流堤

はじめに

日光川は，濃尾平野を北から南へ流れる流路延長41 km，流域面積 295 km² の２級河川である。

昭和49年７月の集中豪雨及び昭和51年９月の台風15号による洪水では，流域の約半分が浸水するという甚大な被害を受けた。これらの水害を契機に改修計画の見直しが行なわれ，日光川から木曽川へ洪水を分流する４本の放水路を含む新たな改修計画が策定された。

当研究室では，昭和62年度から平成２年度にかけて，愛知県の委託により４本の放水路のうち，３号と４号の２本の放水路について，その諸機能を水理模型実験によって検討した。水理模型実験は，３号放水路，広口池，及び４号放水路の全体を製作して水理現象を検討する全体模型実験と，日光川本川から３号放水路への分流部に設けられる構造物のみを製作して，分流部の諸元及び特性について検討する部分模型実験とに分けて実施した。本報告書は，これらの検討経過及び実験結果をとりまとめたものである。

目　　次

はじめに

1. 日光川の概要 …… 1
1.1 日光川流域の概要 …… 1
1.2 既往災害記録 …… 1
1.3 改修計画及び改修状況 …… 6
1.3.1 改修計画 …… 6
1.3.2 改修状況 …… 7

2. 全体模型実験 …… 12
2.1 全体模型実験の目的及びフローチャート …… 12
2.2 相似率 …… 13
2.2.1 模型の相似率 …… 13
2.2.2 予備実験 …… 14
2.3 全体模型実験施設及び測定方法 …… 17
2.3.1 全体模型実験施設の概要 …… 17
2.3.2 全体模型実験における測定方法 …… 18
2.4 全体模型における放水路の粗度係数 …… 18
2.5 全体模型実験のケースとその狙い …… 19
2.6 全体模型実験結果 …… 21

3. 部分模型実験 …… 27
3.1 部分模型実験の目的及びフローチャート …… 27
3.2 部分模型実験施設の模型縮尺 …… 27
3.3 部分模型実験施設及び測定方法 …… 28
3.3.1 部分模型実験施設 …… 28
3.3.2 部分模型実験における測定方法 …… 28
3.4 部分模型実験における日光川本川の粗度係数 …… 29
3.5 部分模型実験のケースとその狙い …… 29
3.6 部分模型実験結果 …… 31

4. 結　論 …… 44

参考文献 …… 45

参　考　資　料

（全体模型実験）

附図－１－１　四角堰のＨ－Ｑ図（上流量水槽）…… 49
附図－１－２　四角堰のＨ－Ｑ図（４号放水路下流量水槽）…… 49
附図－１－３　四角堰のＨ－Ｑ図（広口池下流量水槽）…… 50
附表－１－１　量水槽のＨ－Ｑ算定表（上流量水槽）…… 51
附表－１－２　量水槽のＨ－Ｑ算定表（４号放水路下流量水槽）…… 52
附表－１－３　量水槽のＨ－Ｑ算定表（広口池下流量水槽）…… 53

附表－２－１　水位測定結果（ケース１，２）…… 54
附表－２－２　水位測定結果（ケース３，４）…… 54
附表－２－３　水位測定結果（ケース５，６）…… 55
附表－２－４　水位測定結果（ケース７，８）…… 55
附表－２－５　水位測定結果（ケース９）…… 56
附表－２－６　水位測定結果（ケース10）…… 56

附表－３－１　流速測定結果（ケース１，２，３，４）…… 57
附表－３－２　流速測定結果（ケース５，６，７，８）…… 58
附表－３－３　流速測定結果（ケース９，10）…… 59

附図－４－１　流速分布図（ケース１，２）…… 60
附図－４－２　流速分布図（ケース３，４）…… 60
附図－４－３　流速分布図（ケース５，６）…… 61
附図－４－４　流速分布図（ケース７，８）…… 61
附図－４－５　流速分布図（ケース９）…… 62
附図－４－６　流速分布図（ケース10）…… 62

（部分模型実験）

附図－５－１　四角堰のＨ－Ｑ図（上流量水槽）…… 63
附図－５－２　四角堰のＨ－Ｑ図（下流量水槽）…… 64
附図－５－３　四角堰のＨ－Ｑ図（３号放水路下流量水槽）…… 65

附図－６－１　越流堤幅～本川20.000k水位～３号放水路流出量（Ｔ．Ｐ．1.8ｍ）…… 67
附図－６－２　越流堤幅～本川20.000k水位～３号放水路流出量（Ｔ．Ｐ．1.6ｍ）…… 69
附図－６－３　越流堤幅～本川20.000k水位～３号放水路流出量（Ｔ．Ｐ．1.4ｍ）…… 71
附図－６－４　本川20.000k水位～３号放水路流出量～越流堤幅（Ｔ．Ｐ．1.8ｍ）…… 73

附図－６－５　本川20.000k水位～３号放水路流出量～越流堤幅（T.P.1.6m）…… 74
附図－６－６　本川20.000k水位～３号放水路流出量～越流堤幅（T.P.1.4m）…… 75

附表－７－１　水位・流速測定結果（ケース１～３）…… 76
附表－７－２　水位・流速測定結果（ケース４～７）…… 76
附表－７－３　水位・流速測定結果（ケース８～11）…… 77
附表－７－４　水位・流速測定結果（ケース12～15）…… 77
附表－７－５　水位・流速測定結果（ケース16～19）…… 78
附表－７－６　水位・流速測定結果（ケース20～23）…… 78
附表－７－７　水位・流速測定結果（ケース24～27）…… 79
附表－７－８　水位・流速測定結果（ケース28～31）…… 79
附表－７－９　水位・流速測定結果（ケース32～35）…… 80
附表－７－10　水位・流速測定結果（ケース36～39）…… 80
附表－７－11　水位・流速測定結果（ケース40～43）…… 81
附表－７－12　水位・流速測定結果（ケース44～47）…… 81
附表－７－13　水位・流速測定結果（ケース48～51）…… 82
附表－７－14　水位・流速測定結果（ケース52～55）…… 82
附表－７－15　水位・流速測定結果（ケース56～58）…… 83

附図－８－１　水位縦断図（ケース１～３）…… 84
附図－８－２　水位縦断図（ケース４～６）…… 84
附図－８－３　水位縦断図（ケース７～９）…… 85
附図－８－４　水位縦断図（ケース10～12）…… 85
附図－８－５　水位縦断図（ケース13～16）…… 86
附図－８－６　水位縦断図（ケース17～20）…… 86
附図－８－７　水位縦断図（ケース21～24）…… 87
附図－８－８　水位縦断図（ケース25～27）…… 87
附図－８－９　水位縦断図（ケース28～30）…… 88
附図－８－10　水位縦断図（ケース31～33）…… 88
附図－８－11　水位縦断図（ケース34～36）…… 89
附図－８－12　水位縦断図（ケース37～39）…… 89
附図－８－13　水位縦断図（ケース40，42，47，51）…… 90
附図－８－14　水位縦断図（ケース41，43，48，52）…… 90
附図－８－15　水位縦断図（ケース44，45，46，49，53）…… 91
附図－８－16　水位縦断図（ケース50，54）…… 91
附図－８－17　水位縦断図（ケース55～58）…… 92

附表－９－１　流速測定結果（ケース17）…… 93

附表－９－２　流速測定結果（ケース20）…… 93
附表－９－３　流速測定結果（ケース44）…… 94
附表－９－４　流速測定結果（ケース48）…… 94
附表－９－５　流速測定結果（ケース53）…… 95
附表－９－６　流速測定結果（ケース57）…… 95

附図－10－１　流速分布横断図（ケース17）…… 96
附図－10－２　流速分布横断図（ケース20）…… 97
附図－10－３　流速分布横断図（ケース44）…… 98
附図－10－４　流速分布横断図（ケース48）…… 99
附図－10－５　流速分布横断図（ケース53）…… 100
附図－10－６　流速分布横断図（ケース57）…… 101

附図－11－１　流速縦断図（ケース１～３）…… 102
附図－11－２　流速縦断図（ケース４～６）…… 102
附図－11－３　流速縦断図（ケース７～９）…… 103
附図－11－４　流速縦断図（ケース10～12）…… 103
附図－11－５　流速縦断図（ケース22～24）…… 104
附図－11－６　流速縦断図（ケース25～27）…… 104
附図－11－７　流速縦断図（ケース28～30）…… 105
附図－11－８　流速縦断図（ケース31～33）…… 105
附図－11－９　流速縦断図（ケース34～36）…… 106
附図－11－10　流速縦断図（ケース37～39）…… 106

1. 日光川の概要

1.1 日光川流域の概要

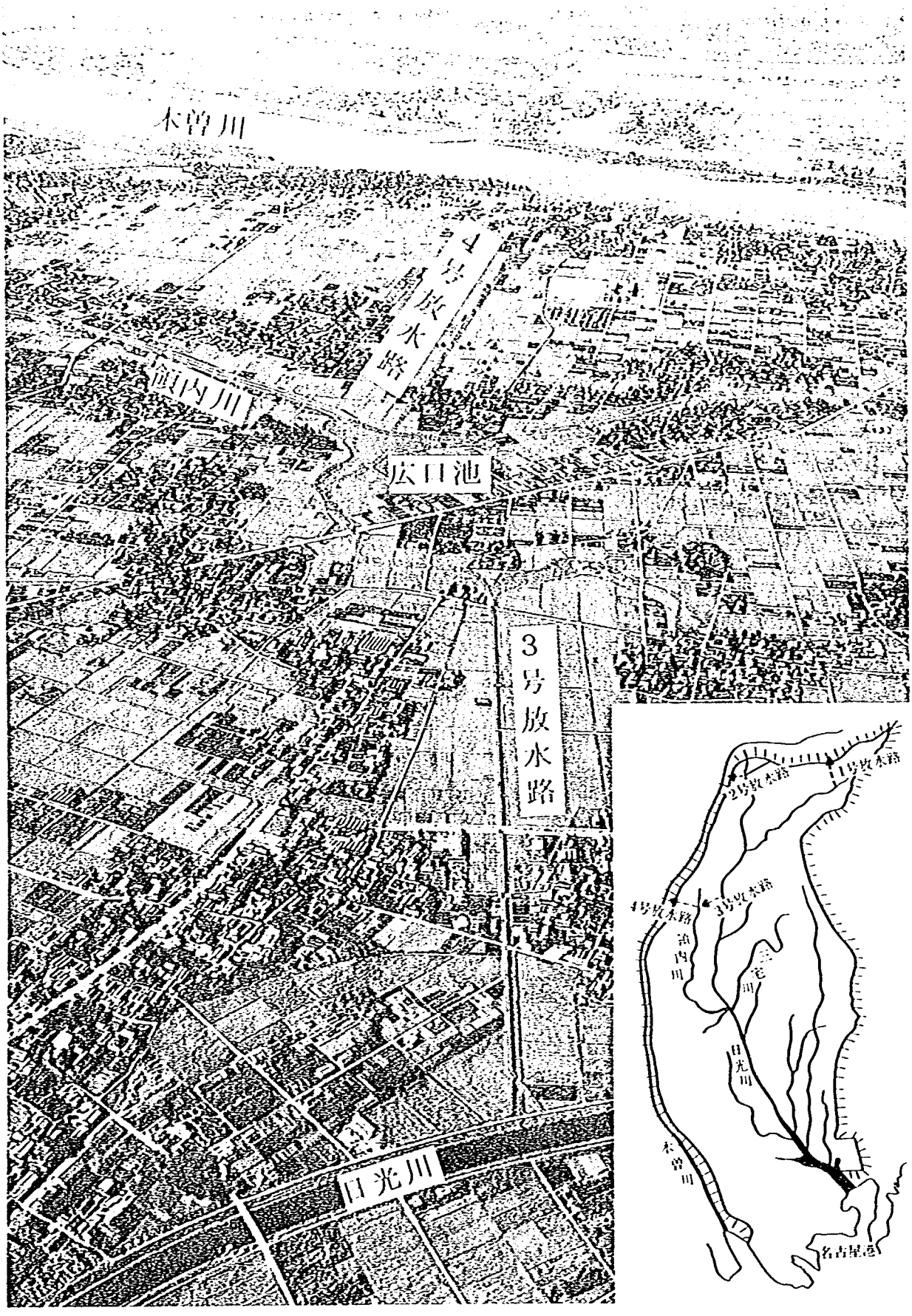
日光川は，木曽川と庄内川に囲まれた愛知県西部の低平地の排水を担う二級河川で，その流路延長は41 km，流域面積は約295 km² である。源を江南市の西部に発し，濃尾平野の西部の穀倉地帯を南北に貫流し，名古屋港の西部において伊勢湾に注いでいる。日光川水系は往古，木曽川の乱流した時代の澪筋であって，流路は幾度か変遷し，多くの大災害を記録している。現在の本川河状は，天明年間（1781～1789）に開削改修されたもので，その後明治時代に上流部，大正時代に河口防潮樋門の建設等がなされている。

流域の地形は，上流より木曽川の扇状地，氾濫原，自然堤防，三角州で構成され，河口部付近は江戸時代の干拓地である。また流域を，農業用水路にその起源をもつ14の支川が流下している。流域の地形勾配は河口水門（－4 k/900）から三川（日光川，領内川，及び三宅川）合流点（10 k/000）までは 1/10,000以下，三川合流点から野府川合流点（24 k/000）までは1/10,000～1/2,500，野府川合流点から大江用水（32 k/000）までは 1/2,500以下，これより上流では 1/1,000～1/300程度となっており，平均勾配 1/2,000程度，高低差約20mと極めて低平な流域である。このため，野府川より上流では自然排水が可能であるが，野府川から三川合流点まで，すなわち，上流の扇状地から下流のデルタ地帯への移行区間では，洪水時には本川のバックが支川におよび，広範囲にわたる湛水が生じ，雨水は長時間流域に滞留する。さらに，三川合流点より下流のデルタ地帯はいわゆる海抜0地帯で，排水は完全にポンプに依存している。地盤勾配が極めて小さいため，河道の流れは下流のポンプに支配されて，広範囲にわたり長時間の湛水が生じる。

このような流域の自然条件に加え，名古屋市近郊にあって著しく都市化が進展し，また昭和40年代半ばより急速に進行した地盤沈下によって海抜0 m地帯が流域の約半分にあたる150 km² に拡大したこと等により，流域の治水安全度は著しく低下しつつある（図－1－1）。

1.2 既往災害記録

日光川流域は，その発生と生成の過程から，水害の発生の危険を多く内在している。近年，本流域を襲った主要水害の発生の状況は表－1－1にまとめているが，中でも本流域の水害の特徴を端的に表している災害として，昭和34年の伊勢湾台風と，昭和36年豪雨がある。前者は外潮位によるもので，潮汐の影響が河口より20km におよび，多数の死者を伴う被害をもたらし，また後者は内水氾濫に起因するもので，広範囲な浸水被害が生じた。


木曽川
4号放水路
頭内川
広田池
3号放水路
日光川
2号放水路
1号放水路
3号放水路
4号放水路
頭内川
宅川
日光川
木曽川
名古屋港

図－1－1　流域の概要図

表－1－1　日光川流域における近年の主要水害

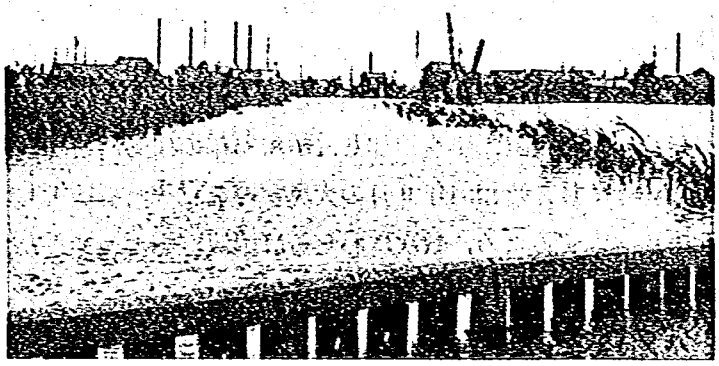
発生年月日	気象原因	流域の被害状況	外力の諸元	摘　要
1953. 9. 25	13号台風	農地冠水 2,553 ha 罹災者数 15,000人	名古屋港潮位T. P. 2.33 m 161mm/日：55mm/時間	名古屋気象台
1959. 9. 26	15号台風 (伊勢湾台風)	死者 539人 全壊・流出家屋 2,983	名古屋港潮位T. P. 3.89m 104mm/日	名古屋気象台
1961. 6	豪雨	床上浸水 5,024戸 湛水面積 15,932 ha	528mm/3日間 300mm/日	津島観測所 木川支川氾濫
1974. 7. 25	豪雨	床上浸水 1,796戸 湛水面積 11,991 ha	255mm/24時間 109mm/3時間：45mm/時	県大里観測所
1976. 9. 8	19号台風及び 豪雨	床上浸水 4,566戸 湛水面積 15,841 ha	294mm/24時間 96mm/3時間：50mm/時間	県大里観測所 目比川決壊

伊勢湾台風（S. 34. 9. 26）

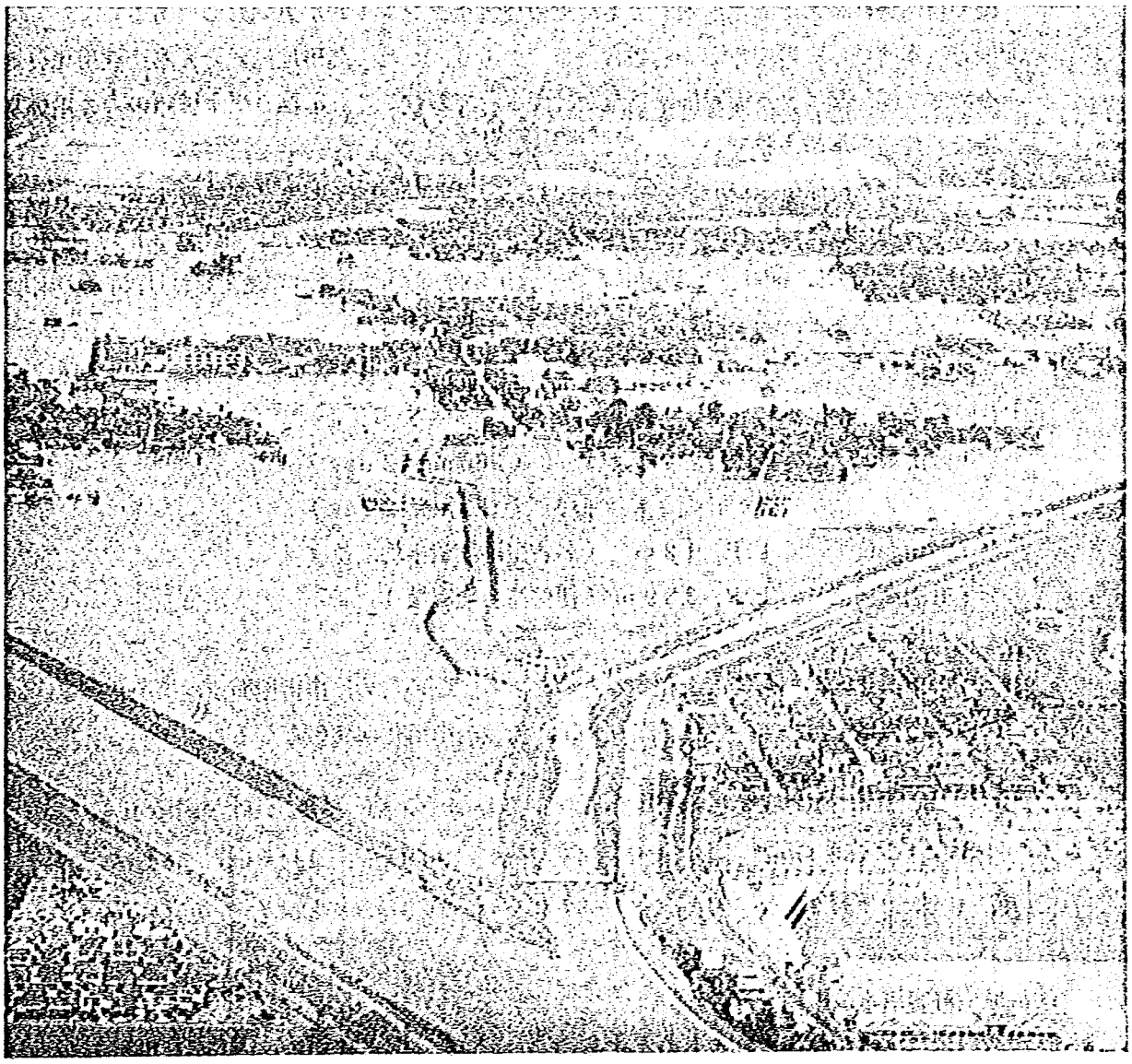
日光川下流部（海部郡南部）

伊勢湾台風（S. 34. 9. 26）

海岸線から20粁以上も離れているのに舟で往来する
二階住いはいつまで続く　　— 10月23日津島市にて —
（被災後一ケ月がたっている。）



昭和49年7月（一宮市）



日光川流域の被災状況

昭和51年9月の災害

1.3　改修計画及び改修状況

1.3.1 改修計画

日光川水系は，昭和26年9月に河川改修計画の建設大臣許可を受け，中小河川改修事業に着手した。その後，河口締切水門設置工事を追加し，昭和34年の伊勢湾台風，昭和36年6月の梅雨前線豪雨，さらに昭和49年7月，昭和51年9月の大災害をそれぞれ契機として，また当時著しく進行していた地盤沈下に対応するため，数次にわたる計画改訂を重ねてきた。現在の計画は，4回目の改訂にあたり，昭和60年3月に大臣許可されている。

この改訂計画の概要は以下のとおりである。

(1) 計画改訂の背景

①流域内の都市化の進展により，保水機能等の喪失による洪水流出の増加のみならず，本流域の自然条件による湛水に対しても，その被害ポテンシャルが急増しつつある。

②他方，本流域はこの地方随一の穀倉地帯でもあり，これら農用地においても，汎用化農地をめざす国，県による灌漑排水事業が計画されており，これに伴う湛水排除のための排水施設の整備が進められている。

③こうした内水排除量の増加に加え，昭和40～50年代にかけての急速な地盤沈下による海抜0m地帯の広域化により，流域の内水排水ポンプの総容量が73 m^3/s（S.33）から400 m^3/sへと急増し，前計画で想定した排水量（220 m^3/s）を遥かに越えており，将来の土地利用を考慮すると，今後ともさらなる増加が予想される。

(2) 基本高水流量

①計画外力

・降雨規模　：全体計画　W＝1/30（280 mm/2 day）
　　暫定計画　W＝1/5　（182 mm/2 day）

・河口潮位　：T.P. 1.2 m　（名古屋港朔望平均潮位）

・計画高潮位：T.P. 3.89 m（伊勢湾台風実績）

②土地利用

現行の市街化区域が全て市街化するものとする。このため，市街地面積は市街化調整区域内の既成市街地を含めて，A＝131.9 km^2，流域内市街化率46%となるものとする。

種　別	市街地	水　田	畑	その他	合　計	市街化率
昭和55年	100.0 km^2	128.7 km^2	45.1 km^2	20.9 km^2	294.7 km^2	34.6%
将　来	131.9	108.1	37.8	16.9	294.7	45.6%

③流域内許容湛水位の設定

流域内には湛水が許容されるものとする。

許容される湛水位の条件としては，新規開発宅地は近接する現況家屋の地盤高まで盛土されるものとして，現況家屋が浸水しないこととする。

④基本高水流量

全体計画　570 m³/ s　（日光川古瀬観測地点：9 K/800）

暫定計画　400 m³/ s　（日光川古瀬観測地点：9 K/800）

(3) 洪水処理計画

洪水処理は，暫定計画（W＝1/5 ）は河道で対応し，全体計画（W＝1/30）に対しては，放水路・調節池等の施設で対応することを基本方針とする。

暫定計画に対しては，日光川上流部（野府川合流点上流）については，法勾配を1：0.5とし，河床を1 m程度掘削することにより対応し，また日光川中流部（野府川合流点～三川合流点）及び野府川・領内川については河床を1 m程度掘削することにより対応することで，処理が可能である。

しかし，基本高水と暫定河道を比較すると，日光川上流部で約60 m³/ s，中流部で約110 m³/ s，また野府川で約55 m³/s，領内川で約60 m³/ sの流下能力が不足し，これへの対応は現河幅内では不可能である。

このため，全体計画においては表－1－2の放水路を計画する。

特に，日光川3・4号放水路計画は，日光川20K/000付近から30m³/sを3号放水路へ分派し，領内川11K/000地点の広口池（水面積3.3 ha ）に流入させ，ここで領内川の洪水のうち25m³/sを合わせ，合計55m³/ sを4号放水路に分派し，木曽川へ機械排水するものである。

なお，計画高水流量の配分計画は，図－1－2のとおりである。

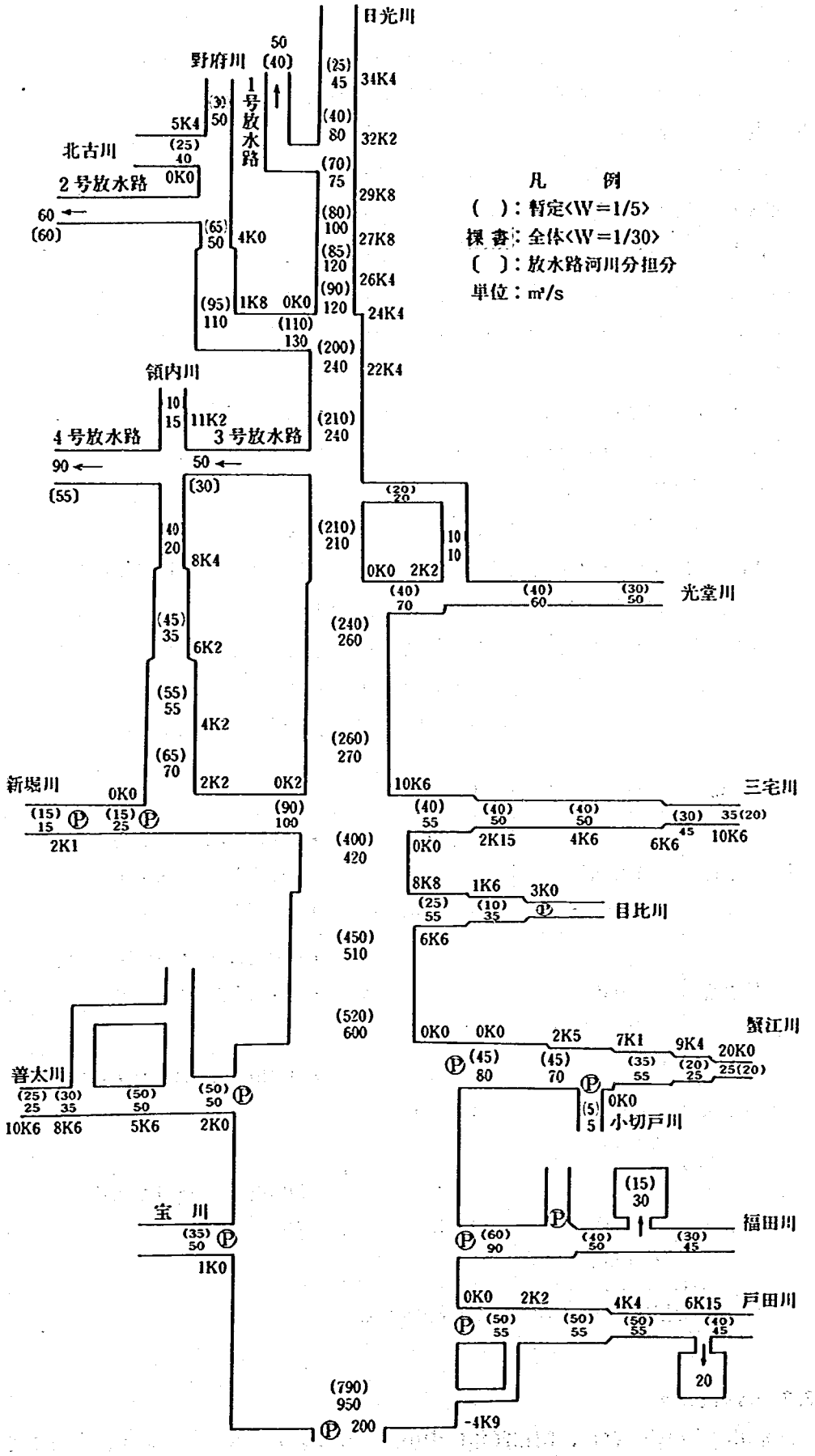
表－1－2　日光川河川改良全体計画における放水路計画

放水路	放水量	位置	目的	現況
1号放水路	50 m³/s （40 m³/s）	日光川 32.2 km付近	• 日光川24.2 km～32.2 km区間の流下能力不足に対応 • 一宮市市街の氾濫防止	未整備
2号放水路	60 m³/s （60 m³/s）	野府川 4.5 km付近	• 野府川の流下能力不足に対応 • 尾西市市街の氾濫防止	未整備
3号放水路	50 m³/s （30 m³/s）	日光川 20.0 km付近	• 日光川下流の流下能力不足に対応	調査中
4号放水路	〔90 m³/s〕 40 m³/s （25 m³/s）	領内川 11.0 km付近 （広口池）	• 領内川下流の流下能力不足に対応	調査中

（　）は河川分担分，〔　〕は3号放水路分を含む。

1.3.2　改修状況

日光川の本格的改修は，昭和26年に中小河川改修事業に着手して以来，今日まで40年にわたり営々と続けられ，この間伊勢湾台風復旧事業，昭和49年災，51年災の河川激甚災害対策特別緊急



図－1－2　日光川流量配分図

事業等も加わり，日光川本川と主要な支川については，当時立案された改修計画（以下旧計画という。）が概ね完了しようとしている。

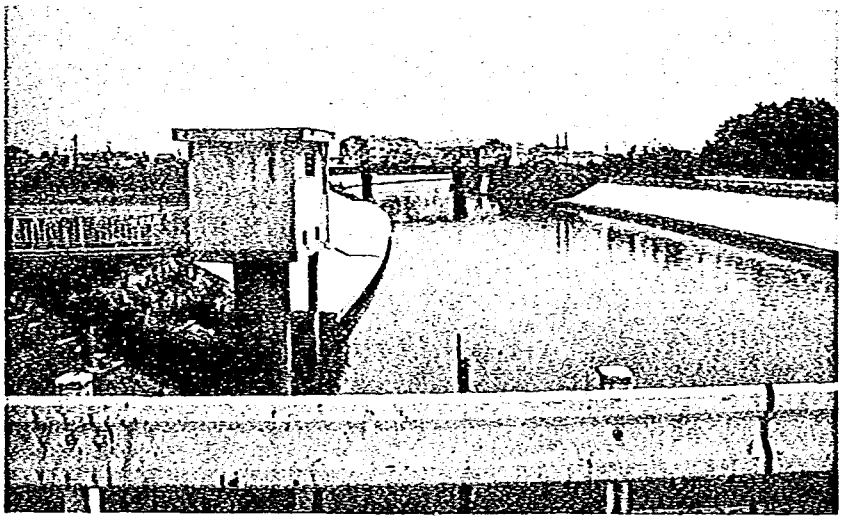
日光川３・４号放水路計画付近の改修状況は以下のとおりである。

①日光川20K/000付近は，昭和40～42年にかけて，旧計画断面にて改修済みで，現在，改訂計画による河床掘削のための準備工事が下流から進められているところである。

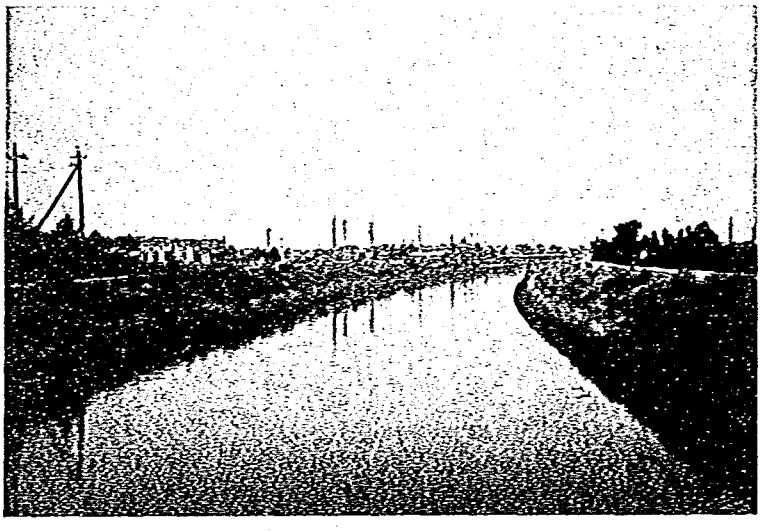
②領内川は，昭和38年度以来改修工事が進められ，下流部の一部を除き，旧計画で概成している。

なお，現在（平成２年６月）の現地状況は，写真１～５の様になっている。

<写真－1>　4号放水路予定地点の上流端から広口池を望んだものである。中

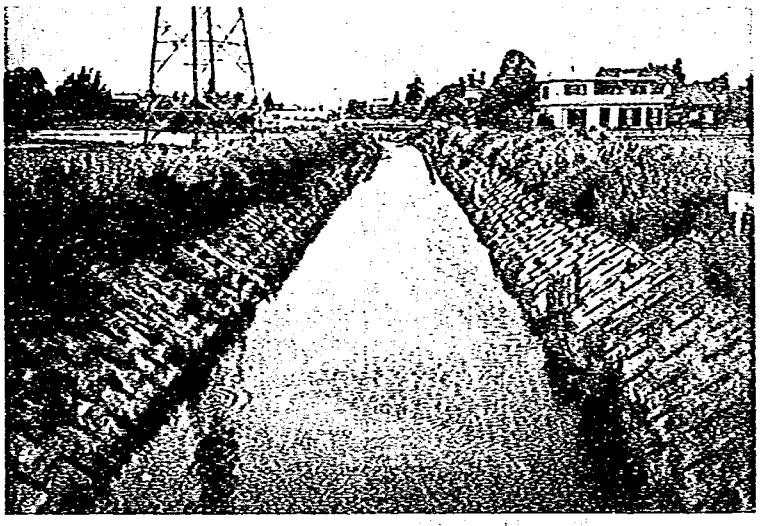


<写真－2>　日光川本川 19.800 K地点にある戸刈水位観測所である。

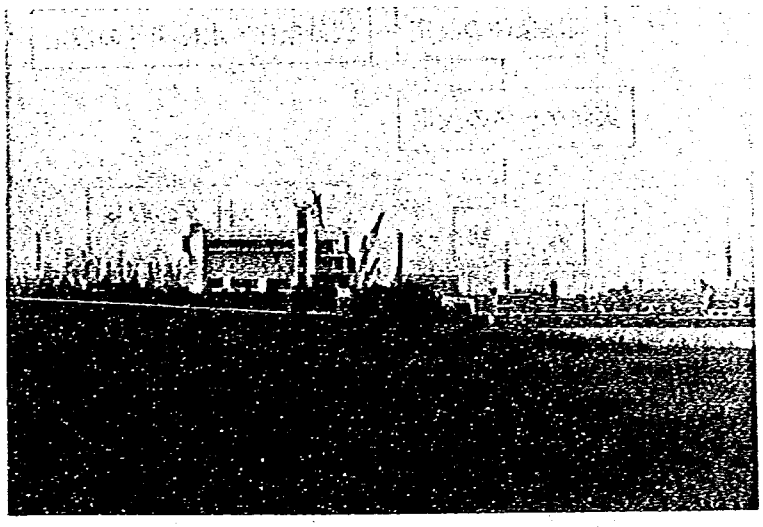


<写真－3>　放水路建設予定地である。

央部は３号放水路吐口予定地点であり，領内川は写真の左から右へ流下している。



＜写真－４＞　広口池から領内川下流側を望んだものである。



＜写真－５＞　日光川最下流にある排水機場である。

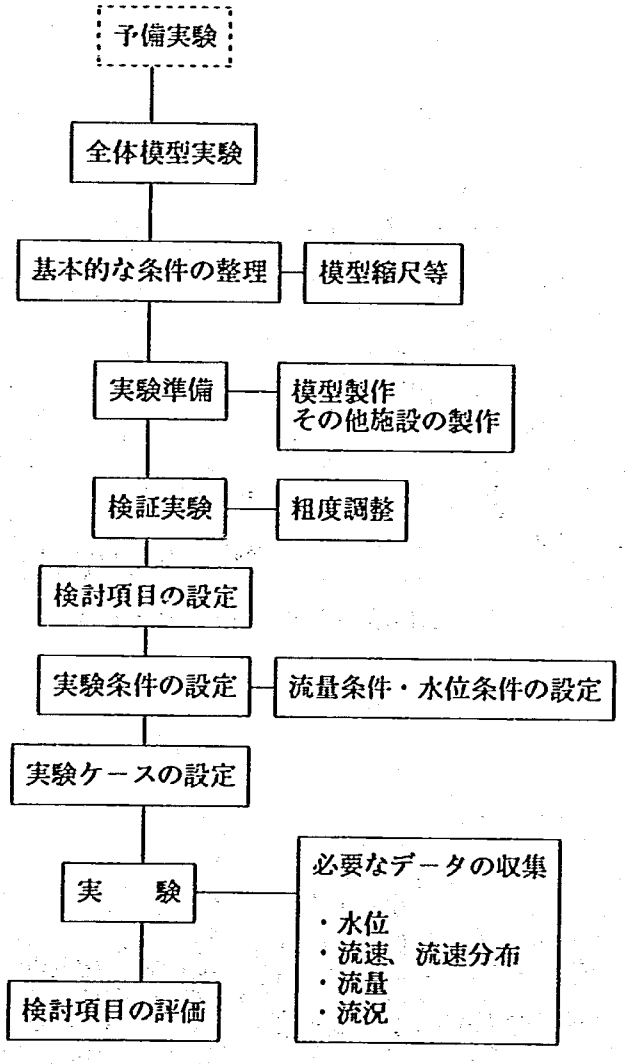
2. 全体模型実験

2.1 全体模型実験の目的及びフローチャート

第1章で述べた改修計画に基づいた日光川右岸20k 000から領内川11k 000の広口池を結ぶ3号放水路と広口池から木曽川左岸29k 000を結ぶ4号放水路について，全体模型を作成した。

実験の目的としては，①3号，4号の両放水路のトンネル河川に関する基準への適合性の検証②両放水路の疎通能力の検証③広口池の流況の調査である。

実験手順等は図－2－1のフローチャートに基づき行なった。



図－2－1　全体模型実験のフローチャート

2.2 相 似 率

2.2.1 模型の相似率

模型実験を実施する場合，相似率の問題が重要となる。相似率は，現地の現象を支配する方程式と模型の現象を支配する方程式とが同じであり，その方程式の対応する各項の比が等しいという条件から導かれる。

一次元開水路流れの運動方程式は，マニングの抵抗則を使うと

$$\frac{\partial v_P}{\partial t_P}+v_P\frac{\partial v_P}{\partial x_P}+g_P\frac{\partial h_P}{\partial x_P}=g_P\ i_P-\frac{g_P\ n^2{}_P v^2{}_P}{R_P{}^{4/3}} \qquad (2.1)$$

で与えられる。ここに v：平均流速，g：重力加速度，i：河床勾配，n：マニングの粗度係数，R：径深，t：時間，x：流下距離であり，添字の p は現地量（Proto type）を意味する。模型においてもこれと全く同じ型の運動方程式が成立する。

$$\frac{\partial v_m}{\partial t_m}+v_m\frac{\partial v_m}{\partial x_m}+g_m\frac{\partial h_m}{\partial x_m}=g_m\ i_m-\frac{g_m\ n^2{}_m v^2{}_m}{R_m{}^{4/3}} \qquad (2.2)$$

ただし添字のmは模型量（model）を意味する。

（2.1），（2.2）式の対応する各項の比が等しいとすると，

$$\frac{\dfrac{\partial v_P}{\partial t_P}}{\dfrac{\partial v_m}{\partial t_m}}=\frac{v_P\dfrac{\partial v_P}{\partial x_P}}{v_m\dfrac{\partial v_m}{\partial x_m}}=\frac{g_P\dfrac{\partial h_P}{\partial x_P}}{g_m\dfrac{\partial h_m}{\partial x_m}}=\frac{g_P\ i_P}{g_m\ i_m}=\frac{\dfrac{g_P\ n^2{}_P v^2{}_P}{R_P{}^{4/3}}}{\dfrac{g_m\ n^2{}_m v^2{}_m}{R_m{}^{4/3}}}=\text{一定} \qquad (2.3)$$

が得られる。

（2.3）式の第2項，第3項より

$$\frac{v^2{}_P/x_P}{v^2{}_m/x_m}=\frac{g_P\ h_P/x_P}{g_m\ h_m/\ x_m}$$

となる。ここで現地量と模型量の比を添字 r で表わすことにすると

$$v_r=\frac{v_P}{v_m}=\sqrt{g_r\ h_r}\ ,\qquad \frac{v_r}{\sqrt{g_r\ h_r}}=1 \qquad (2.4)$$

を得る。これはフルードの相似則といわれるもので，河川のように重力が卓越する流れにおいては現地と模型のフルード数F（$=v/\sqrt{gh}$）を一致させればよいことがわかる。もちろん $g_r=1$ であるから

$$v_r=\sqrt{h_r} \qquad (2.5)$$

である。

同様に第3項と第4項から

$$i_r=h_r\ /\ x_r \qquad (2.6)$$

が求められ，また $R_r=h_r$ と近似すると第3項と第5項から

$$n_r=h_r{}^{2/3}\cdot x_r{}^{-1/2} \qquad (2.7)$$

が得られる。さらに断面積Aについては明らかに

$$A_r = h_r \cdot x_r \qquad (2.8)$$

流量Qについては

$$Q_r = A_r \cdot v_r = h_r^{3/2} \cdot x_r \qquad (2.9)$$

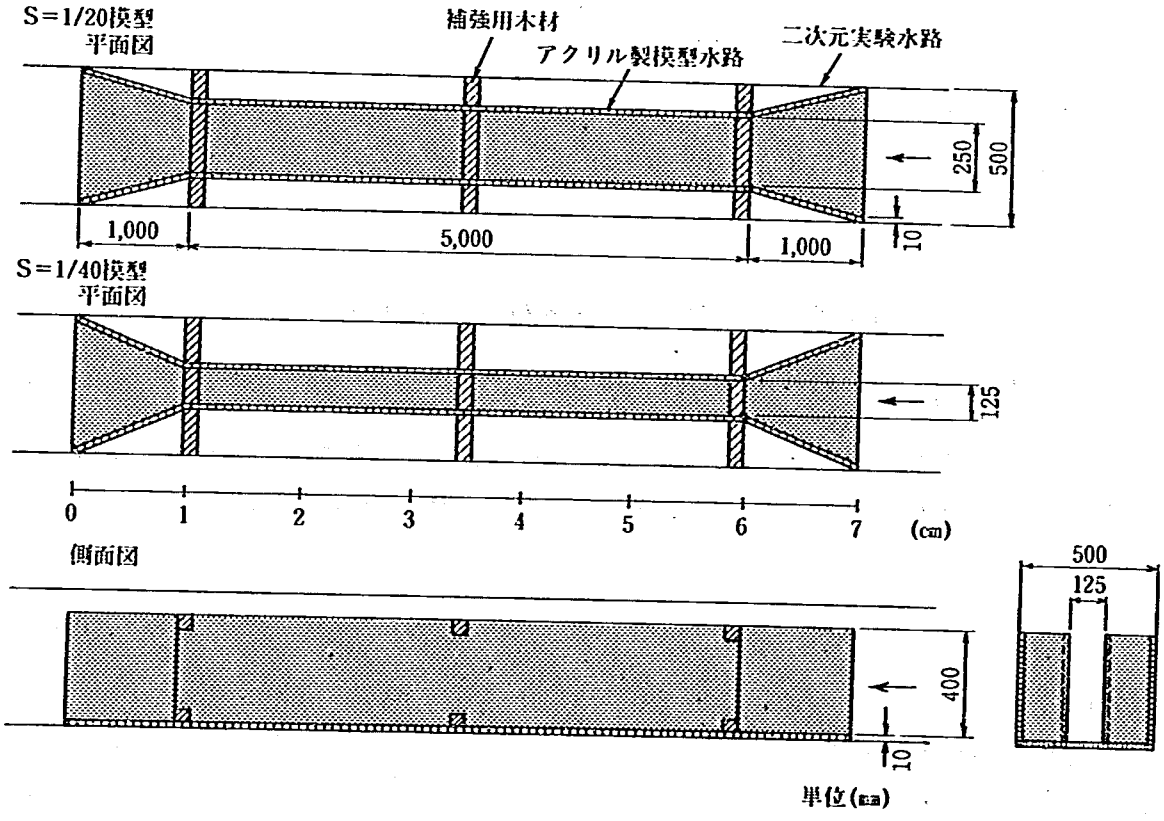
である。

2.2.2 予備実験

模型の縮尺は，あまり小さくすると，模型の側面，底面と水との摩擦抵抗が，現地のそれと違いを生じる恐れがあり，また測定について困難な場合が生じてくる。また，あまり大きすぎると実験施設の面積及び給排水設備の能力等に問題がある。

このようなことから本検討では，本格的な水理模型実験の縮尺を決めるにあたって，本格的な実験に先立ち，模型の側面や底面の影響を調べるための予備実験を行なった。

予備実験として，図－２－２に示す縮尺 1/20と 1/40の２種類のアクリル製水路を製作し，流況等がどの様に変化するのか調べた。実験は模型が小さくなったときの水路側壁による影響等を調べるために放水路幅の狭い４号放水路を想定して実施した。実験ケースは，表－２－１に示すように，水深や壁面粗度の変化の影響を調べるために12ケースとした。実験にあたっては，流量，水位及び流速の測定を行なうとともに，流況については着色液及び中立浮遊粒子を流して水路内の流速分布と粒子の軌跡をビデオ撮影した。



図－２－２　模型水路模式図

表－2－1　実験条件一覧表

実験ケース	縮　尺	粗度係数	流　量	実験ケース	縮　尺	粗度係数	流　量
1	S＝1/20	n＝0.015	18.5	7	S＝1/40	n＝0.015	18.5
2	〃	〃	27.5	8	〃	〃	27.5
3	〃	〃	35.75	9	〃	〃	35.75
4	〃	n＝0.023	12.0	10	〃	n＝0.023	12.0
5	〃	〃	27.5	11	〃	〃	27.5
6	〃	〃	35.75	12	〃	〃	35.75

実験条件は以下のとおり設定した。

1）水路勾配は4号放水路の1/1,500に設定した。

2）本放水路はトンネル形式のため，コンクリートによる施工直後の粗度係数n＝0.015（現地換算値）と，施工後ある程度期間を経て水路表面が摩耗したり，骨材等が露出した状態のn＝0.023を対象とした。

3）トンネル河川は，通常計画では計画流量と計画流量の130%流量（以後，130%流量と呼ぶ。）を対象として設計される。本実験ではこの2種類の流量とそれより小さい1種類の流量を条件とした。

実験結果は，以下のとおりとなった。

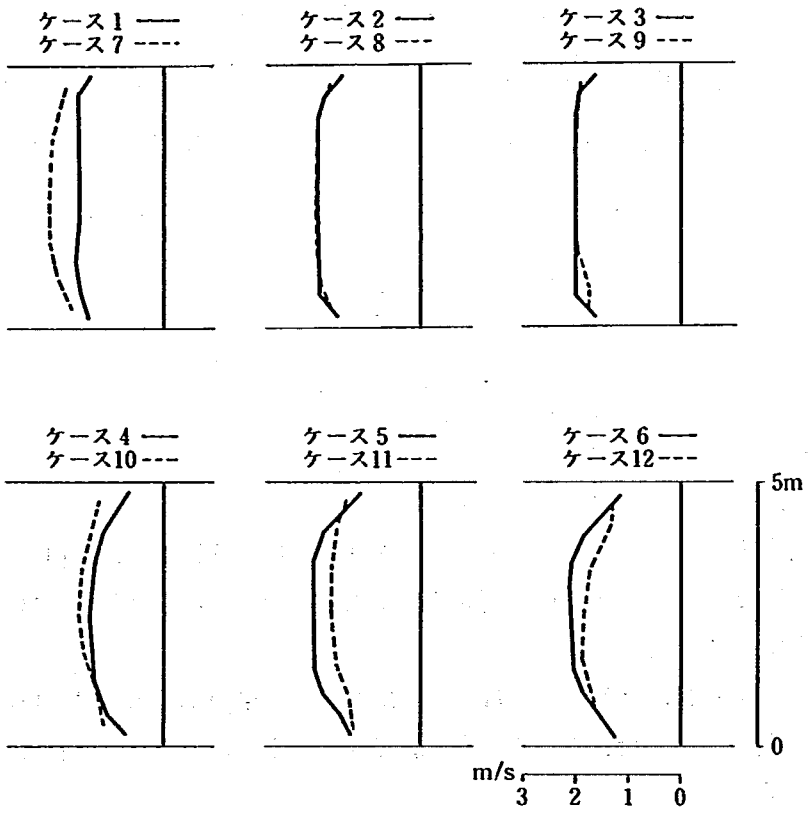
1）流速分布について縮尺1/20模型と1/40模型L＝4m（図－2－2）地点での平面流速を用いて流速の平面的な分布を比較検討した。その際の流速値を現地スケールに換算したものを図－2－3，表－2－2に示す。図より粗度係数がn＝0.015の場合，模型縮尺による流速分布の違いはほとんど見られない。特に計画流量時に相当する実験ケース2及び8の比較ではほとんど同じ平面分布を示した。また，粗度係数n＝0.023の場合，縮尺1/20模型の実験ケースでは側壁沿いの流速の減少が多少大きいことが分かる。

　また，表より標準偏差，変動係数は縮尺1/20模型は1/40模型に比べ若干大きい値となっており，平均流速の比較では縮尺1/40模型の方が等流計算に近い値となっていた。

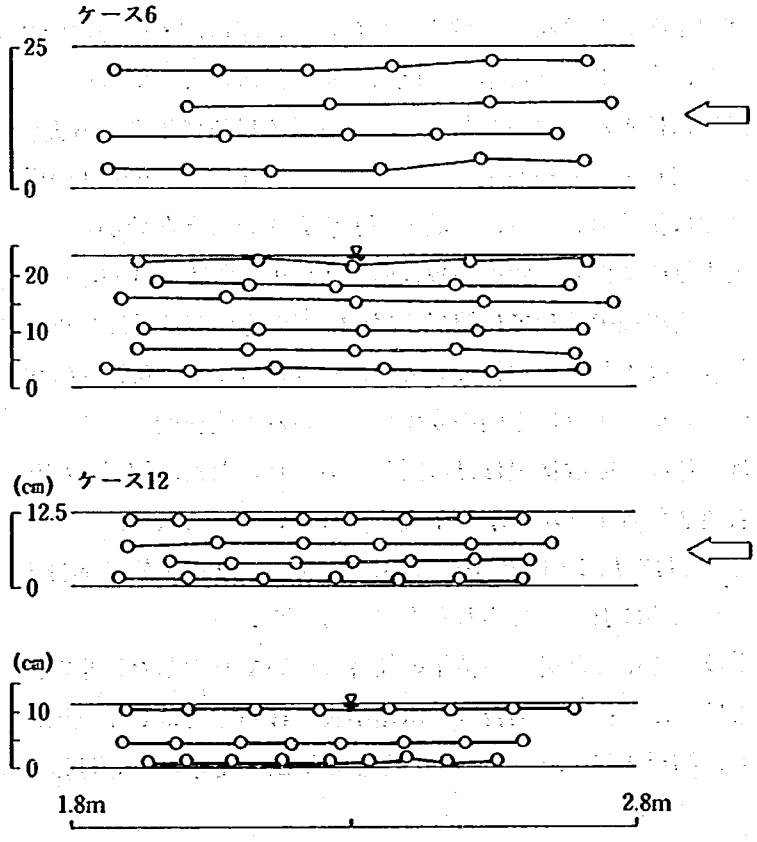
2）次に着色液を投入した流況については，粗度係数がn＝0.015の場合，縮尺の違いによる拡散状況の違いや，流れの方向の変化は認められず直線的流向となった。粗度係数n=0.023の場合では着色液の拡散状況はほぼ同じであった。ただ，縮尺1/20模型の場合，側壁沿いに流した着色液が若干ながら水路中央へ移っていた。これは，n＝0.023の条件において縮尺1/20模型では縮尺1/40模型に比べ流速の平面分布が側壁部分より水路中央部分の方が若干速かったために引きよせられたものと考えられる。

3）中間浮遊粒子を使った場合の粒子の軌跡について整理した結果が図－2－4である。図より中間浮遊粒子は着色液の場合ほど水路中央へ移ろうとはせず直線的に流れている。

　以上より，縮尺1/40模型と1/20模型による流況等の違いはほとんど無いものと思われる。



図－２－３　流速平面分布図



図－２－４　流線比較図

表－２－２　流速測定結果

ケース	平均流速	標準偏差	変動係数	ケース	平均流速	標準偏差	変動係数	等流流速
1	1.57	0.08	0.05	7	1.98	0.15	0.08	1.85
2	1.91	0.16	0.08	8	1.94	0.13	0.07	2.05
3	1.98	0.15	0.08	9	1.96	0.12	0.06	2.17
4	1.15	0.25	0.22	10	1.36	0.17	0.13	1.20
5	1.82	0.32	0.18	11	1.56	0.16	0.10	1.47
6	1.79	0.34	0.19	12	1.64	0.22	0.13	1.55

注）単位　流速：m/s

2.3　全体模型実験施設及び測定方法

2.3.1　全体模型実験施設の概要

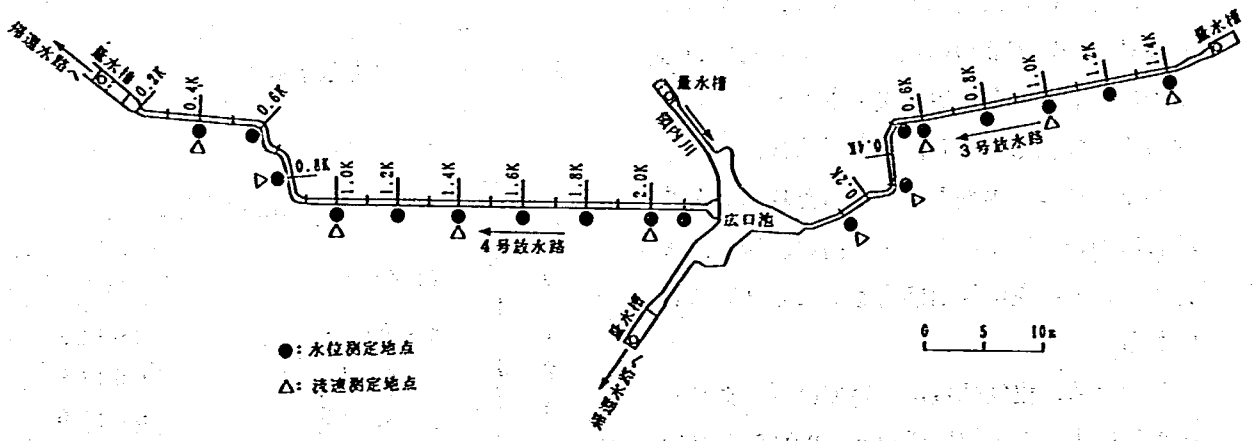
日光川放水路全体模型実験施設は，土木研究所河川屋外模型実験施設内に設置した。実験対象区間は図－２－５のとおり３号放水路上流端から広口池を経て４号放水路下流端までと，領内川から広口池への流入部及び流出部とした。

予備実験の結果，模型の縮尺の違いによる流況等の違いがほとんどなかったこと，及び経済性，施設設置場所の敷地面積，付帯施設設備等の条件等も考慮し，全体模型の縮尺は1/40に設定した。この結果，各縮尺は表－２－３に示すとおりになる。

また，模型の３号，４号放水路はアクリル，広口池はモルタル，３号放水路の呑み口・吐け口部及び広口池からの流入部は木で製作した。

表－２－３　縮尺率

諸　量	縮　率	
水平距離	X_r	＝ 40
鉛直距離	H_r	＝ 40
断面積	$A_r = X_r \times H_r$	＝ 1,600
勾　配	$I_r = H_r / X_r$	＝ 1
流　速	$V_r = H_r^{1/2}$	＝ 6.325
流　量	$Q_r = X_r \times H_r^{3/2}$	＝ 10,119
粗度係数	$N_r = H_r^{1/6}$	＝ 1.849



図－２－５　全体模型概要図

2.3.2　全体模型実験における測定方法

(1)　流量

模型への水の供給は，日光川分流部，領内川上流部に設置した2基の量水槽から行い，流量は先に示した流量の縮尺（表－2－3）で模型量に換算した。四角堰地点の越流水深と四角堰のH－Q関係式（沖の式；附図－1－1，附表－1－1）により流量を算定し，流量調節バルブで所定の流量になるように調節した。また，広口池内の水位の設定は広口池分流部（4号放水路流入部，領内川流出部）に設けられた流量調節ゲートを用いて各々広口池からの分流量を調節して設定した。分流量の測定は，4号放水路下流部，領内川下流部に設置した量水槽に水位ポイントゲージを設置して，四角堰のH－Q関係式により現地流量値に換算した（附図－1－2，1－3，附表1－2，1－3）。

(2)　水位

水位は，3号放水路において放水路中央部で8断面について，4号放水路においては，10断面について測定した（図－2－5）。

測定には，ポイントゲージを用い，基準高と水面の差をレベルで測定する方法で実施した。

また，測定結果はすべて現地流量値に換算し，水位数値表，水位縦断図として整理した。

(3)　流速

流速は，3号放水路においては5断面，4号放水路においては5断面（図－2－5）について水路中央の流速を測定した。また，各地点で水深方向に表面，及び8割，6割，4割，2割水深の5箇所で測定した。

測定には，超小型流速計（プロペラφ5 mm）または電磁流速計を用いた。

また，測定結果はすべて現地流量値に換算し，流速数値表，流速分布図として整理した。

(4)　流況

流況の把握には，放水路内に主に染料を投入して流れの状況を観察し，実験結果を写真，ビデオ等に収めた。

2.4　全体模型における放水路の粗度係数

3号及び4号はトンネル形式の放水路であるが，河川砂防技術基準(案)では，トンネルの設計について2つの状態が想定されている。1つはトンネルが設置直後でトンネル内面がなめらかな状態であり，もう一つは，トンネルが年月を経て内面が粗くなった状態である。前者については主にトンネル内の流速を，後者については主に疎通能力をチェックする必要がある。

このため，粗度係数についてはコンクリート水路施工直後の粗度係数n＝0.015（現地換算値）と，施工後ある期間を経て水路表面

表－2－4　実験ケース

No	検討項目	施　設	流量条件	水位条件
1	検証実験	3号放水路	60m³/s	等流水深
2	〃	〃	70　〃	〃
3	〃	4号放水路	55　〃	〃
4	〃	〃	71.5〃	〃

表－2－5　検証粗度係数

No	設定粗度	検証粗度
1	n＝0.015	n＝0.0168
2	0.015	0.0168
3	0.015	0.0170
4	0.015	0.0170

が摩耗したり骨材等が露出した状態の粗度係数n＝0.023を実験の対象とした。

以下粗度係数n＝0.015，n＝0.023の粗度付け及びその検証について述べる。

1）粗度係数n＝0.015の場合

3号，4号放水路の模型施設はアクリル3面ばりで製作されている。アクリル面は現在のところ実用的な模型施設の材料としては最も粗度の小さいものの1つである。これ自体の粗度係数を検証するため，3号及び4号放水路のそれぞれの直線区間において等流条件を設定し，その時の水位（水深）から粗度係数を逆算した。

検証区間は3号放水路で0.6～1.4 kmの直線区間とし，4号放水路では1.0～2.0 kmの直線区間とした。検証にあたっての設定流量を表－2－4に，その結果を表－2－5に示す。

表より3号，4号放水路ともここで想定している粗度係数n＝0.015より少し大きいn＝0.017前後の粗度係数となった。このため，水位的には実験値が計算の等流水深に比べ若干大きくなるが（図－2－6），アクリル以上の材料が得られないので，この模型施設で実験を行なう。

したがって，流下能力等の検討においては，その影響を見込んで評価する必要がある。

2）粗度係数n＝0.023の場合

アクリル面をそのまま使った場合には，3号，4号放水路は，上記で述べたとおり粗度係数はn＝0.017程度であるため，粗度係数n＝0.023の場合には粗度調整を行う必要がある。

粗度付けの検証は図－2－7に示すように3号放水路の直線区間（0K600～1K000)を使って行なった。この区間に5mm×5mmの四角な棒を水路の底面及び側壁に横断方向にシリコンで張りつけ，この桟の間隔を変えることによって粗度を調整した。また，粗度調整後不等流計算を行い粗度係数を逆算した。

検証の流量条件は3号放水路の計画流量30 m^3/s，130%流量39 m^3/sの2とおりとした。図－2－8のような粗度付けを行ったとき，表－2－6のような粗度係数が得られ，目標とした粗度係数n＝0.023より若干大きめ（n＝0.0238～0.0239）であるが，バラツキも少なく，かつ安全側であることから同様な密度で3号，4号放水路全体に粗度付けを行なった。

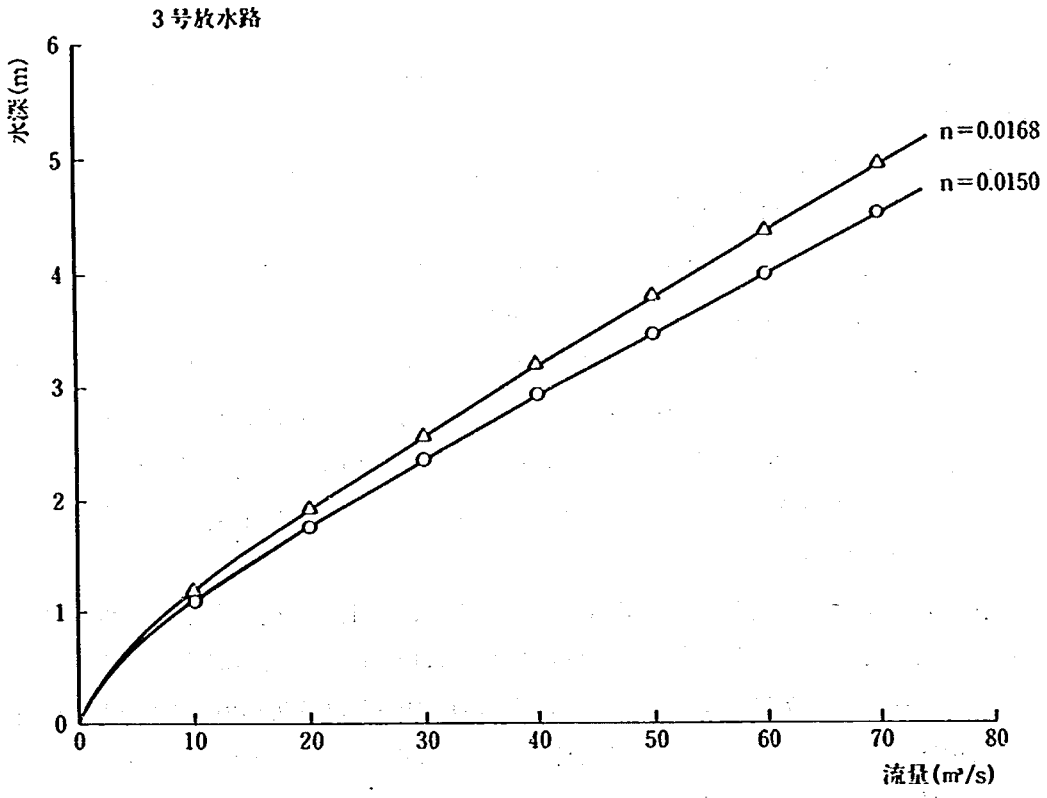
2.5　全体模型実験のケースとその狙い

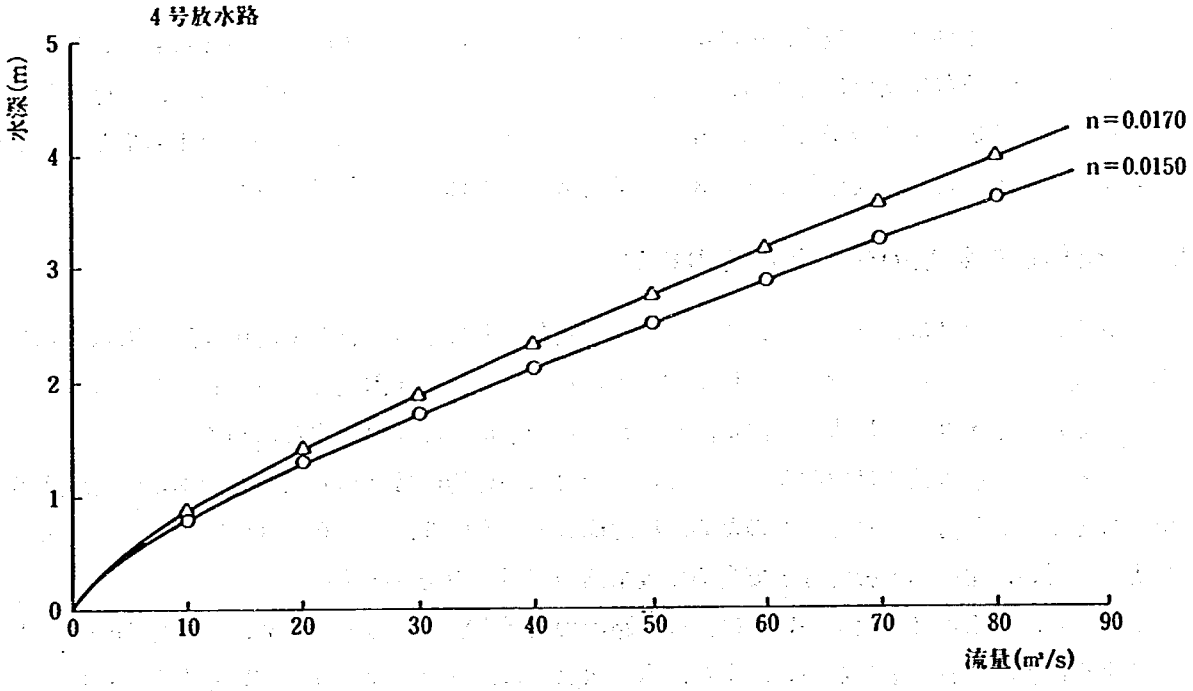
トンネル河川は通常，計画流量，130%流量を対象として設計される（河川砂防技術基準(案)計画編，設計編）。これはトンネル河川が地下工作物であり拡幅が困難であること，トンネル河川内に流入した流木・ゴミ等によって河道閉塞した場合の水位上昇に対処するためである。

ところで，両放水路には屈曲部があって，このため部分的には計算で求めた計画の値を越える水位となること等が考えられる。このため，粗度係数n＝0.015，n＝0.023の時の2ケースについて実験を行い，屈曲部の影響等まで含めて放水路の疎通能力を把握する。

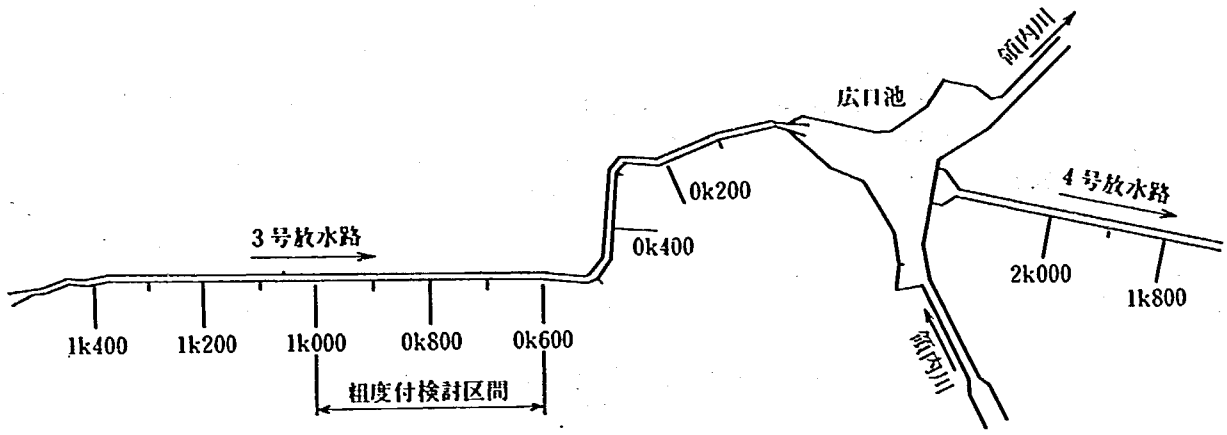
トンネル河川の設計流速については，放水路内の損耗を防止する等のため，流速は7 m/s以下になるように設計される場合が多い。また，本放水路では，洪水処理を行っているとき，広口池内は水位を一定に保ったままで，3号放水路，領内川から流入し，4号放水路，領内川へ流下するという複雑な形態になっている。そこで計画での洪水処理時の流況を把握し，池の管理上に与える影響等についての検討を行う。

表－2－7に，実験ケースを示す。以下実験手順，内容について述べる。





図－２－６　粗度係数の違いによる流量と水深の関係



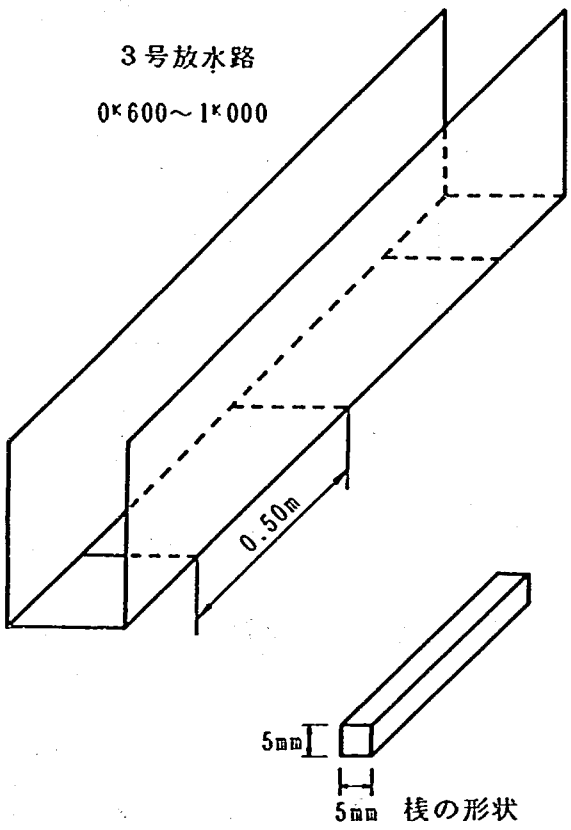
図－２－７　粗度検討区間

①３号，４号放水路の粗度係数は，コンクリート施工直後の粗度係数 n＝0.015 と，施工後ある期間を経て水路表面が摩耗したり骨材等が露出した粗度係数 n＝0.023 の２ケースについて検討を行う。

②３号放水路の疎通能力の検討を行なうため，計画流量30 m³/ s，130%流量39m³/s を通水し，そのときの水位，流速を測定する。このとき広口池の水位（３号放水路下流端）は計画洪水処理時のT.P.0.67 mに設定する。

③４号放水路の疎通能力の検討を行うため計画流量55m³/s，130％流量71.5m³/sを通水し，そのときの水位，流速を測定する。このとき４号放水路下流端の水位は計画洪水処理時のT.P.－1.285 mに設定する。

④計画で洪水を分流しているときの水理条件を３号（広口池に30m³/s流入），４号放水路（広口池から55m³/s流下），領内川（広口池に30m³/s流入，広口池から５m³/s流下）にそれぞれ与え，そのときの広口池内の流況を観察する。このとき広口池及び４号放水路下流端の水位はそれぞれ計画洪水処理時のT.P.0.67 m，T.P.－1.285 mとする。



図－２－８　粗度付け

2.6　全体模型実験結果

全体模型実験の結果は以下のとおりである。

(1)　３号放水路疎通能力

３号放水路の疎通能力について実験ケース１，２について，それぞれ実験値と計算値を比較し

表－２－６　粗度係数計算表（３号放水路）

Q＝30.0 m³/s

断面 km	水位 T.P.m	河床高 T.P.m	水深 m	断面積 m²	流速 m/s	径深 m	距離 m	粗度係数	平均
1.0	0.740	－2.400	3.140	17.898	1.676	1.494			
							100	0.0227	
0.9	0.656	－2.484	3.140	17.898	1.676	1.494			
							100	0.0241	
0.8	0.560	－2.568	3.128	17.830	1.683	1.491			
							100	0.0233	
0.7	0.468	－2.628	3.096	17.647	1.700	1.484			
							100	0.0255	
0.6	0.364	－2.772	3.136	17.875	1.678	1.493			0.0239

Q＝39.0 m³/s

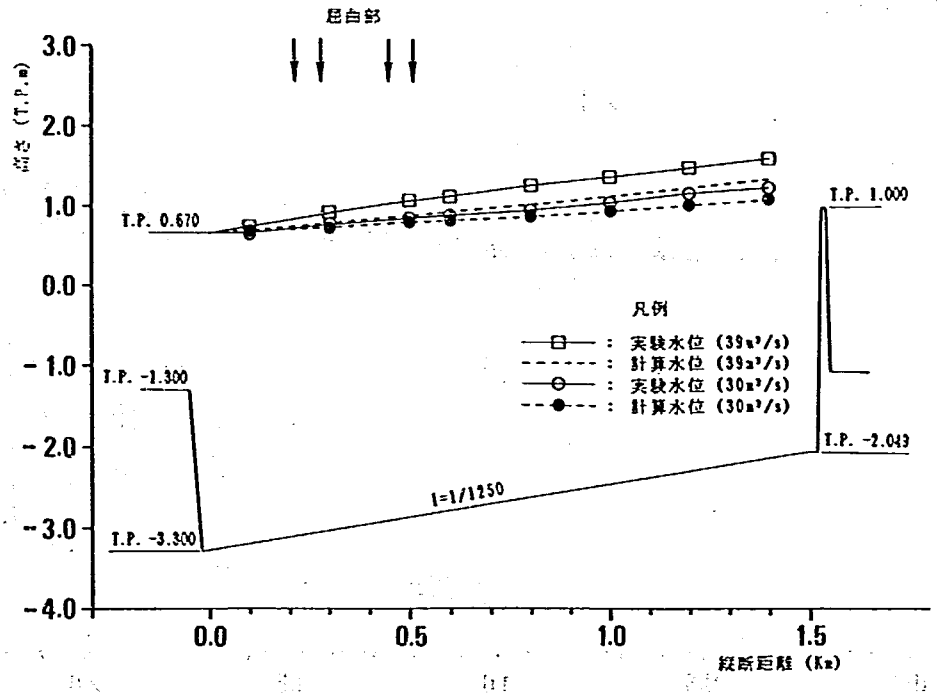
断面 km	水位 T.P.m	河床高 T.P.m	水深 m	断面積 m²	流速 m/s	径深 m	距離 m	粗度係数	平均
1.0	1.124	－2.400	3.524	20.086	1.942	1.576			
							100	0.0221	
0.9	1.034	－2.484	3.518	20.053	1.945	1.575			
							100	0.0238	
0.8	0.928	－2.568	3.496	19.927	1.957	1.570			
							100	0.0243	
0.7	0.812	－2.628	3.440	19.608	1.989	1.559			
							100	0.0251	0.0238
0.6	0.696	－2.772	3.468	19.768	1.973	1.564			

表－２－７　実験ケース

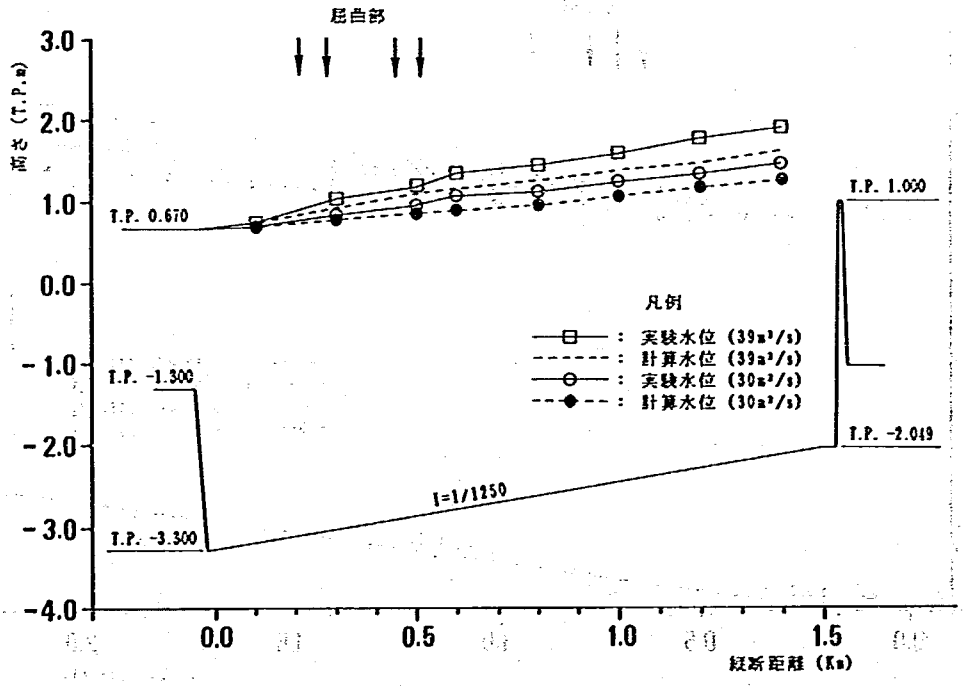
No	検討項目	施設	流量条件	粗度係数	水位条件
1	疎通能力	３号放水路	計画流量	n＝0.015	広口池T.P. 0.67m
2	〃	〃	130％〃	〃	〃
3	〃	〃	計画流量	n＝0.023	〃
4	〃	〃	130％〃	〃	〃
5	〃	４号放水路	計画流量	n＝0.015	４号放水路下流端 T.P.－1.285m
6	〃	〃	130％〃	〃	〃
7	〃	〃	計画流量	n＝0.023	〃
8	〃	〃	130％〃	〃	〃
9	洪水調節	全施設	計画流量	n＝0.015	計画水位
10	〃	〃	〃	n＝0.023	〃

たものを図－２－９及び附表－２－１に，実験ケース３，４について比較したものを図－２－10及び附表－２－２に示す。これより不等流計算結果に比べ実験水位の方が高い値を示している。また，図には放水路の屈曲部を示してあり，バラツキがあるものの屈曲部上流部の水位は下流部と比べて計算水位との差が大きくなっていることがわかる。

このことから屈曲部の影響を入れて，放水路断面を設定する必要があると考えられる。



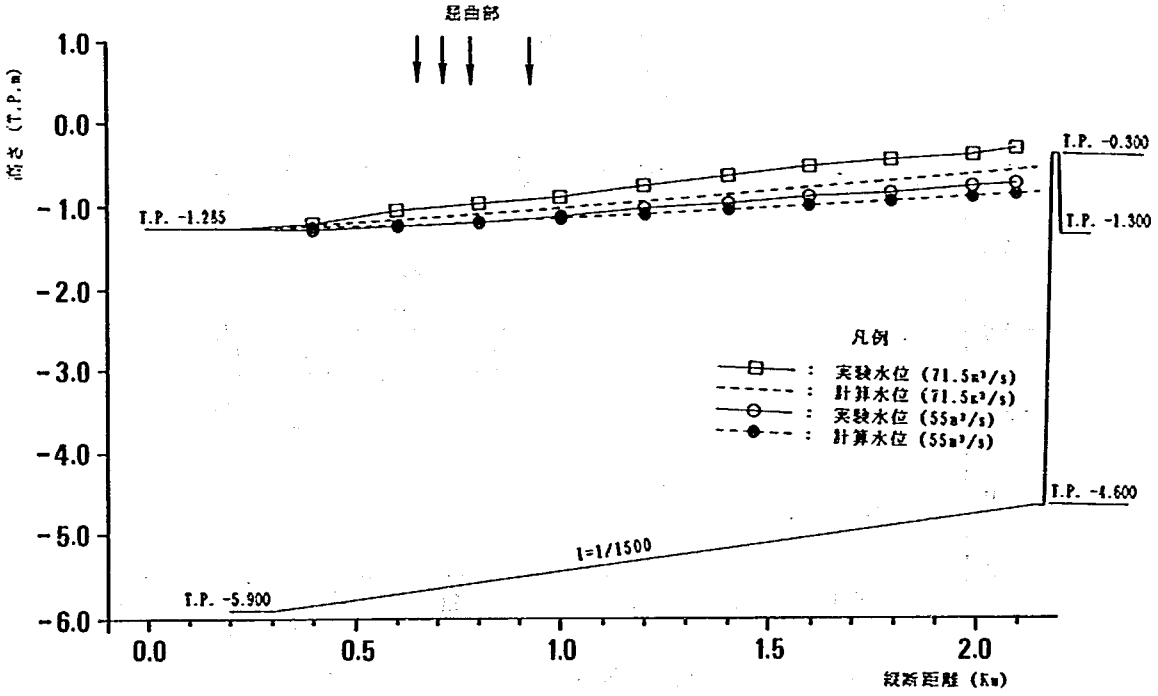
図－２－９　水位縦断図（実験ケース１，２）



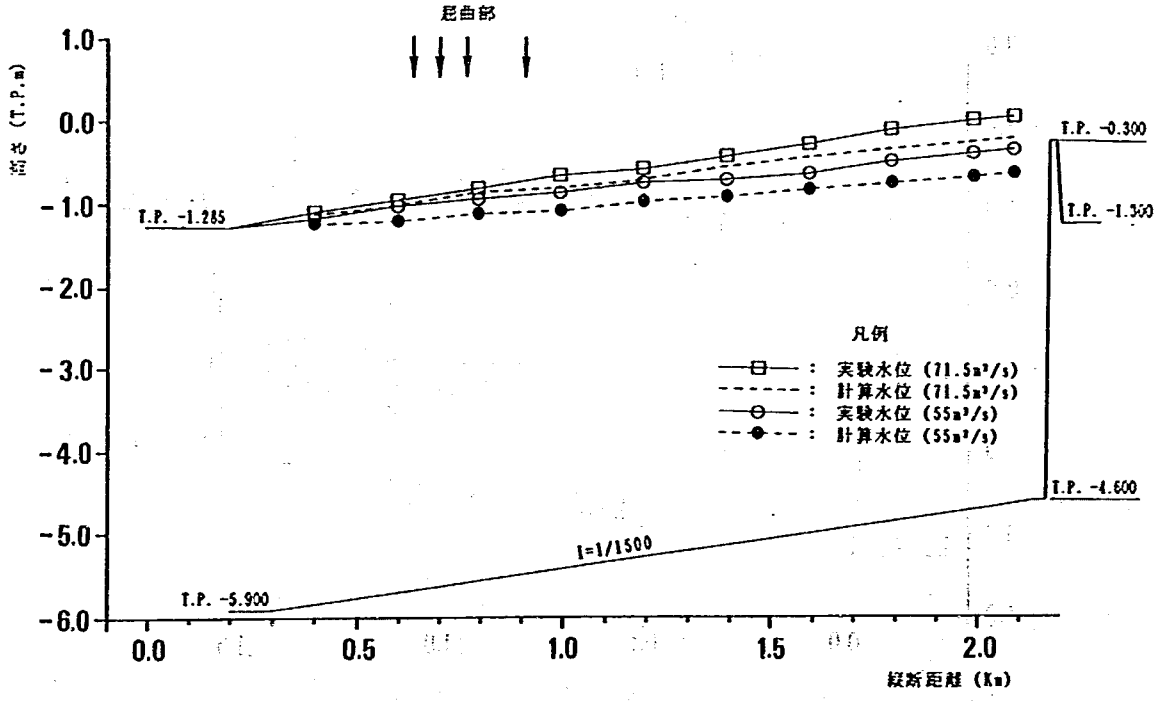
図－２－10　水位縦断図（実験ケース３，４）

(2)　4号放水路疎通能力

4号放水路の疎通能力についても実験ケース5，6について比較したものを図－2－11，附表－2－3に，実験ケース7，8について比較したものを図－2－12，附表－2－4に示す。3号放水路と同様に不等流計算の結果に比べ実験水位の方が高い値を示している。また，3号放水路ほど明確ではないが，連続した屈曲部区間から上流部で急に実験水位と計算水位との差が大きくなっている。したがって3号放水路と同様に屈曲部の影響を入れて放水路断面を設定する必要があると考えられる。



図－2－11　水位縦断図（実験ケース5，6）



図－2－12　水位縦断面（実験ケース7，8）

(3) 流速

流速測定結果を附表－３－１，附表－３－２に示す。また水深方向の流速分布について附図－４－１～附図－４－４に示す。

表－２－８はこれらの結果を基にケースごとに最大流速を整理したものである。

これより３号放水路については，実験ケース４のとき最大流速2.21m/sが，４号放水路については，実験ケース８のときの最大流速2.09m/sとなった。

トンネル河川の設計上の最大流速（計画洪水を対象）7.0m/sと比べるとかなり小さな値となり，摩耗による水路底等の損傷の危険性は小さいと思われる。

表－２－８　ケース毎の最大流速一覧表

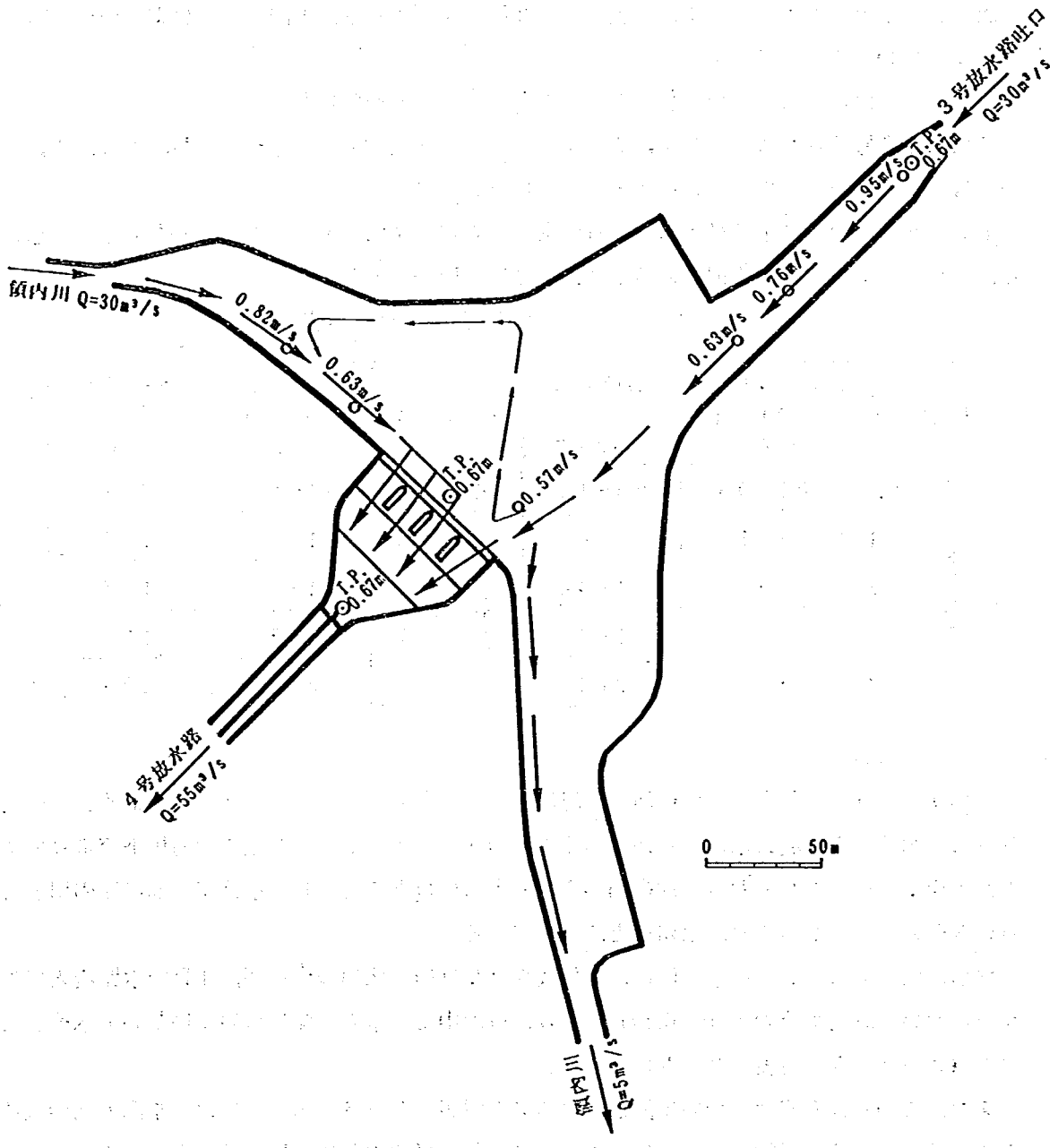
実験ケース		屈曲部及びその上流部 m/s	直線区間 m/s	実験ケース		屈曲部及びその上流部 m/s	直線区間 m/s
区　間		0.1～0.3	0.6～1.4	区　間		0.4～0.8	1.0～2.0
3号放水路	1	1.51	1.66	4号放水路	5	1.39	1.49
	2	1.92	1.94		6	1.83	1.87
	3	1.71	1.64		7	1.52	1.58
	4	1.77	2.21		8	2.02	2.09

(4) 計画洪水時の広口池の流況

実験ケース９，10のときの広口池の流況についてまとめたものが図－２－13である。この図より３号放水路からの流入水は４号放水路流入部の４門のゲートのうち主に領内川下流よりの１門と領内川下流へ流下しており，領内川からの流入水はほとんど４号放水路流入部の領内川上流寄りの３門のゲートから４号放水路へと流下している。

なお，両ケースとも広口池水位は，３号放水路吐け口，広口池中央部，４号放水路流入口の３ケ所において計画水位のT.P. 0.67mであり，池の中では水面勾配はついていない（水位測定結果を附表－２－５，附表－２－６に示す）。

また，このときの流速について流速測定結果を附表－３－３に示す。また，水深方向の流速分布を附図－４－５，附図－４－６に示す。これより３号放水路については最大流速1.58m/s，４号放水路については最大流速は1.52m/sとなっておりトンネル河川の設計上の基準流速7.0m/sを下回っている。



図－2－13　広口池の流況図

※ なお，流速は，n＝0.015（ケース9）の時のものである。

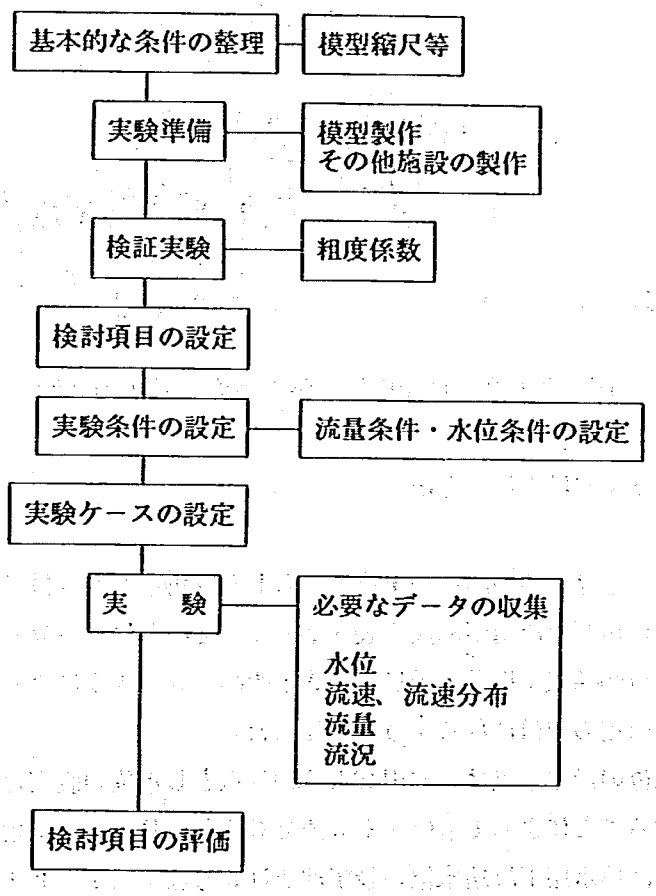
3. 部分模型実験

3.1 部分模型実験の目的及び全体フローチャート

日光川20k 000から3号放水路への分流部には，横越流堤が設置されるがこれの水理的な特性の把握を行い，さらに経済性，現地の状況等を考えあわせて諸元の検討を行なう。

また，3号放水路への流入量の調節は横越流堤後方に設置されるゲートで行なわれるがその操作方法の参考とするために，水位，流入量等とゲート開度との関係を把握する。

実験手順等は以下のフローチャートに基づき行った。



図－3－1　部分模型実験のフローチャート

3.2 部分模型実験施設の模型縮尺

模型縮尺については2.2.2でも述べたように模型と現地との相似の関係を満足する必要がある。また，越流堰を越流して分流させることから，模型での越流水深を堰の影響がでないようになるべく大きくとる必要があり，この意味からは大きな模型の方が好ましい。しかしながら，

表－3－1　縮尺率

諸　量	縮　率		
水平距離	X_r	=	20
鉛直距離	H_r	=	20
断面積	$A_r = X_r \times H_r$	=	400
勾　配	$I_r = H_r / X_r$	=	1
流　速	$V_r = H_r^{1/2}$	=	4.472
流　量	$Q_r = X_r \times H_r^{3/2}$	=	1,789
粗度係数	$N_r = H_r^{1/6}$	=	1.648

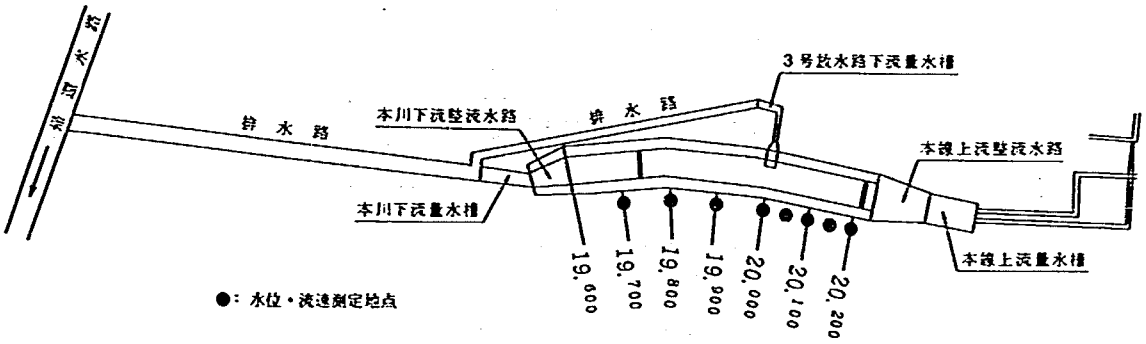
経済性，施設設置場所の敷地面積，付帯施設整備等の制約もあることから部分模型施設については表－３－１のとおり縮尺１／20とした。

3.3　部分模型実験施設及び測定方法

3.3.1　部分模型実験施設

日光川放水路部分模型実験施設は，全体模型実験施設と同様に土木研究所河川屋外模型実験施設内に設置した。

実験対象区間は，図－３－２に示す日光川本川19ｋ600～20ｋ250及び20ｋ000右岸に設置される３号放水路への流入部とし，本川はモルタル製固定床，流入部は木製である。



図－３－２　日光川放水路 1/20部分模型概要図

3.3.2　部分模型実験における測定方法

(1)　流量

模型への水の供給は，模型河道の上流に設置した四角堰を取り付けた量水槽である。実験に用いる流量は先に示した流量の縮尺（表－３－１）で模型量に換算し，四角堰地点の越流水深と四角堰のＨ－Ｑ関係式（板谷・手島らの式；附図－５－１）により流量を算定し，流量調節バルブの操作で所定の流量になるように調節した。

本川下流端水位の設定地点は，本川19ｋ650地点とし水位の設定は下流端に設けられた堰上げ装置を操作することによって水位が不等流で計算したＨ－Ｑ式（附図－５－２）を満たすようにした。また，放水路下流端水位の設定地点は３号放水路1.5ｋ＋3.4地点とし，同様な方法で行なった（附図－５－３）。分流量の設定は，本川下流端及び放水路下流端水位を設定した後，放水路下流で本川上流端における方法と同様な方法で行なった。

(2)　水位

水位測定にはポイントゲージとレベルを用いた。

測定位置については，日光川本川の８断面（図－３－２），越流堤の前，天端，及び放水路の流量調節ゲートの上・下流の合計12地点で測定した。

測定結果は，すべて現地水位換算し，数値表として整理した。

(3)　流速

流速測定には，流速計を用いた。

流速測定については，日光川本川の8断面（図－3－2）で測定し，すべて現地流速換算し数値表として整理した。

また，代表的なケースについては，日光川本川の19.800，20.000，20.050，20.150 k，及び越流堤前面の5断面で横断方向5箇所，水深方向3箇所で流速を測定し，測定結果はすべて現地換算し数値表及び流速分布図として整理した。

(4) 流況

流況の把握には，河道内に主に染料を流し，流れの状況を観察し，写真，ビデオに収めた。

3.4 部分模型実験における日光川本川の粗度係数

日光川の計画河道における粗度係数は，n＝0.025と計画されている。一方，模型はモルタルで製作し手ごて仕上げのため粗度係数はn＝0.014～0.015と考えられる。そのため現地と模型において相似性を保つため模型河床にイボの粗度付けをして粗度調整を行なった。

粗度調整の手順は，所定の条件により不等流計算を行い水位を求め，この水位に実験水位が整合するように，粗度の調整をした。なお，不等流計算の条件は

①出発水位：19 k 600地点で，Q＝72.5 H－18.5

②粗度係数：0.025

③河床勾配：1/3,000

④河道断面：改修計画後の断面

であり，粗度に用いた材料は高さ約12mm，径約25mmの六角ナットで図－3－3に示すように，イボの並べ方を変えることによって調整した。

流量条件については，日光川本川234 m^3/s 及び122 m^3/s の2通りとした。このとき放水路は越流堤のゲートを締め切って分流させないで全流量が下流へ流下するようにした。

図－3－4は，この時の実験水位と計算水位を比較したものである。これより，概ね不等流計算結果と一致する水位が得られた。

3.5 部分模型実験のケースとその狙い

日光川20 k 000から3号放水路への分流部には横越流堤が設置されるが，その諸元（天端高，幅）は，基本的には洪水時の分流機能が確保されることを前提に設計されることが必要である。また，その他にも，洪水時や平常時の維持・管理のしやすさ，経済性，現地の地形状況等も考え合わせる必要がある。そこで，数種類の諸元，水理条件の組合せで実験を行なうことにより水理的な特性の把握を行い，諸元の決定を行なう。

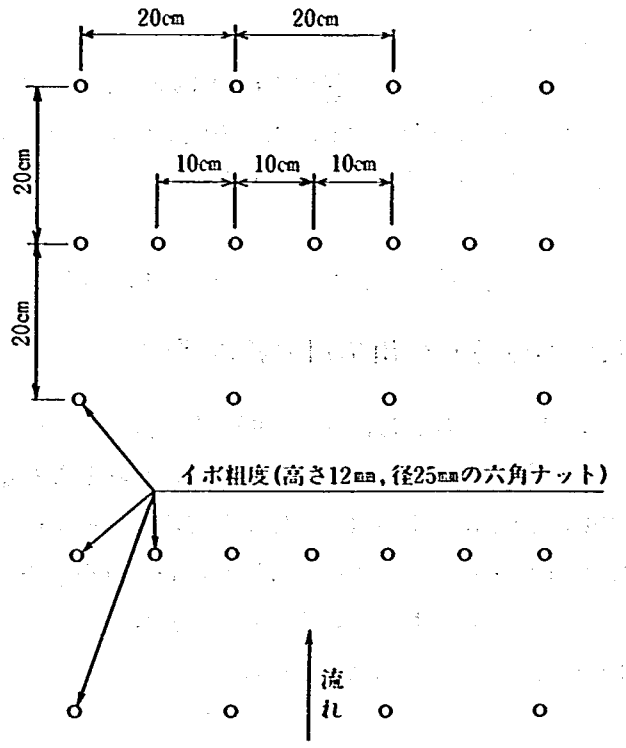
また，3号放水路への流入量の調節は横越流堤後方に設置されるゲートで行なわれるが，その操作については分流部付近の水位に応じて行なうように計画されている。そこで操作方法の参考とするために水位，流入量等の条件を数種類設定し，それに応じたゲートの開度との関係を把握する。

以下に実験条件並びに内容について述べる。

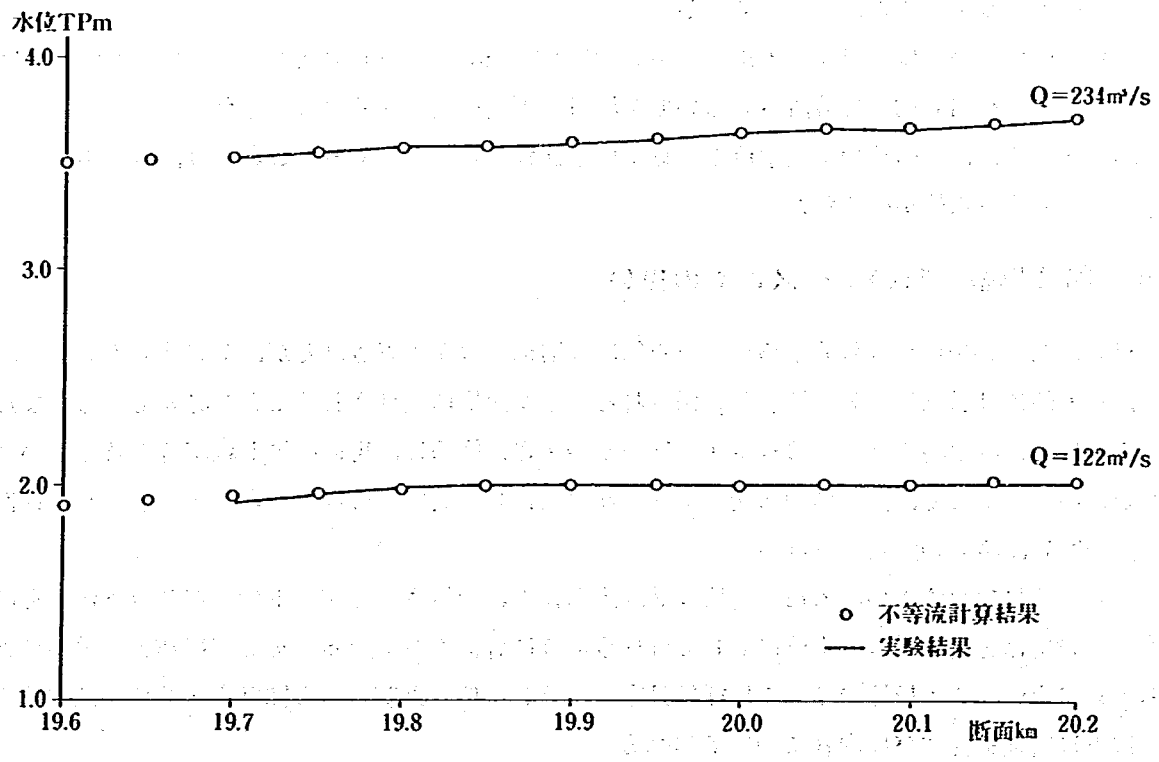
(1) 越流堤の形状検討

越流堤形状検討にあたっての条件として

①広口池の平常時の水位がT.P. 1.50 mであり，3号放水路もその水位で満水していると考え



図－３－３　粗度付け平面図



図－３－４　水位縦断図

られることから，本川への逆流を防ぐ目的で天端高をそれより高くする必要がある。

②本川20ｋ000の水位がT.P. 3.00ｍのとき3号放水路へ30m³/s流入させなければならないが，そのときの幅が現地で用地が確保できる範囲内であること。

以上の2点を満たすような敷高，幅の組合せを検討し最終的な諸元を決定する。

次に，この決定した諸元をもつ横越流堤について，本川の水位と3号放水路への流入量の関係を測定し，その特性を把握する。なお，この検討の際には流入量調整用ゲートを全開にして横越流堤の機能を把握できる条件で行なう。

表－3－2にその実験ケースを示す。

(2) 流量調整用ゲートの操作

流量調整用ゲートの操作は現在のところ詳細には決定されていないが，

①下流流下能力による制約条件から本川20ｋ000の水位をできるだけT.P. 3.00ｍより上げない。

②3号放水路への流入量は30m³/sを越えないようにする。

というのが，おおまかな制約として考えられている。そこで実験では流入量が30m³/sに至るまでは本川水位をT.P. 3.00ｍ以下で維持するためのゲート開度と流入量の関係の把握を行い，流入量が30m³/sに達した後はその流入量を維持するためのゲート開度と水位の関係の把握を行なう。

また，流量調節用ゲートの操作を行なう際に注目する水位の管理場所もまだ明かでないので，これらのことも考慮して検討を行なう。

表－3－3，表－3－4にその実験ケースを示す。

3.6 部分模型実験結果

部分模型実験の結果は以下のとおりである。

(1) 越流堤形状検討

図－3－5に越流堤の平面図及び断面図を示す。これを基に越流堤が所定の機能を発揮するような形状を求めるために①越流堤敷高についてはT.P. 1.4，1.6，1.8ｍの3ケース②越流幅については6.0，10.0，12.0，14.0，16.0，18.0，20.0，24.0ｍの8ケースで検討を行なった。

附図－6－1～附図－6－3は，越流堤敷高毎に越流堤幅をパラメータにして日光川20ｋ000水位と3号放水路流入量の関係を示したものである。また，図に示す計算値は正面からの越流のときに成り立つ本間の式を用いて計算したものである。

附図－6－4～附図－6－6は，越流堤敷高毎に日光20ｋ000水位をパラメータにして3号放水路流入量と越流堤敷高の関係を示したものである。

これらの図から，越流堤敷高を仮にT.P. 1.80ｍとした場合，本川水位3.0ｍ程度のとき，現地の用地幅内におさまる越流幅で充分30m³/sの分流ができることが確認されたので越流堤敷高は，前に述べた最低必要高さのT.P. 1.50ｍに対して若干の余裕を考慮したT.P. 1.8ｍとした。

図－3－6は，越流堤敷高T.P. 1.8ｍのとき越流堤幅をパラメータにして日光川20ｋ000水位と3号放水路流入量の関係を示したものである。この結果から本川水位20ｋ000水位がT.P. 3.00ｍのとき放水路に30m³/s流入するための最低幅は，15.5ｍとなった。

幅については，まだ広げることも可能であるが幅が大きすぎると水位の低いときから流入量調

表－3－2　実験条件一覧表

実験目的	ケース番号	越流幅敷高 (T.P.m)	越流幅 (m)	ゲート開度 (m)	流量 (m³/s) 本川上流	本川下流	放水路
越流堤形状検討	№ 4	1.8	24.0	—	133.7	128.0	5.7
	5	〃	〃	—	209.7	173.0	36.7
	6	〃	〃	—	246.1	196.0	50.1
	7	〃	20.0	—	129.8	125.0	4.8
	8	〃	〃	—	206.4	176.0	30.4
	9	〃	〃	—	246.7	197.5	49.2
	10	〃	16.0	—	134.1	130.0	4.1
	11	〃	〃	—	201.2	177.0	24.2
	12	〃	〃	—	246.7	205.0	41.7
	13	〃	〃	—	133.8	129.0	4.8
	14	〃	〃	—	154.8	144.0	10.8
	15	〃	〃	—	174.1	158.0	16.1
	16	〃	〃	—	197.2	173.0	24.2
	17	〃	〃	—	219.7	188.0	31.7
	18	〃	〃	—	243.6	203.0	40.6
	19	〃	〃	—	264.9	217.0	47.9
	20	〃	〃	—	264.0	205.0	59.0
	21	〃	〃	—	264.0	197.3	66.7
	22	1.6	12.0	—	130.9	128.0	2.9
	23	〃	〃	—	198.4	180.0	18.4
	24	〃	〃	—	262.5	224.0	38.5
	25	〃	10.0	—	129.0	124.0	5.0
	26	〃	〃	—	194.2	174.0	20.2
	27	〃	〃	—	260.6	220.0	40.6
	28	1.4	18.0	—	140.2	125.0	15.2
	29	〃	〃	—	184.7	153.0	31.7
	30	〃	〃	—	223.8	173.0	50.8
	31	〃	14.0	—	133.2	123.0	10.2
	32	〃	〃	—	209.3	173.0	36.3
	33	〃	〃	—	248.1	198.0	50.1
	34	〃	10.0	—	125.7	118.0	7.7
	35	〃	〃	—	211.2	182.0	29.2
	36	〃	〃	—	263.0	216.0	47.0
	37	〃	6.0	—	122.8	118.0	4.8
	38	〃	〃	—	191.6	176.0	15.6
	39	〃	〃	—	254.6	226.0	28.6

表－3－3　実験条件一覧表

実験目的	ケース番号	越流堤敷高 (T.P.m)	越流幅 (m)	ゲート開度 (m)	流量 (m³/s) 本川上流	本川下流	放水路
	No 1	—	—	—	122.0	—	—
	2	—	—	—	173.0	—	—
	3	—	—	—	234.0	—	—

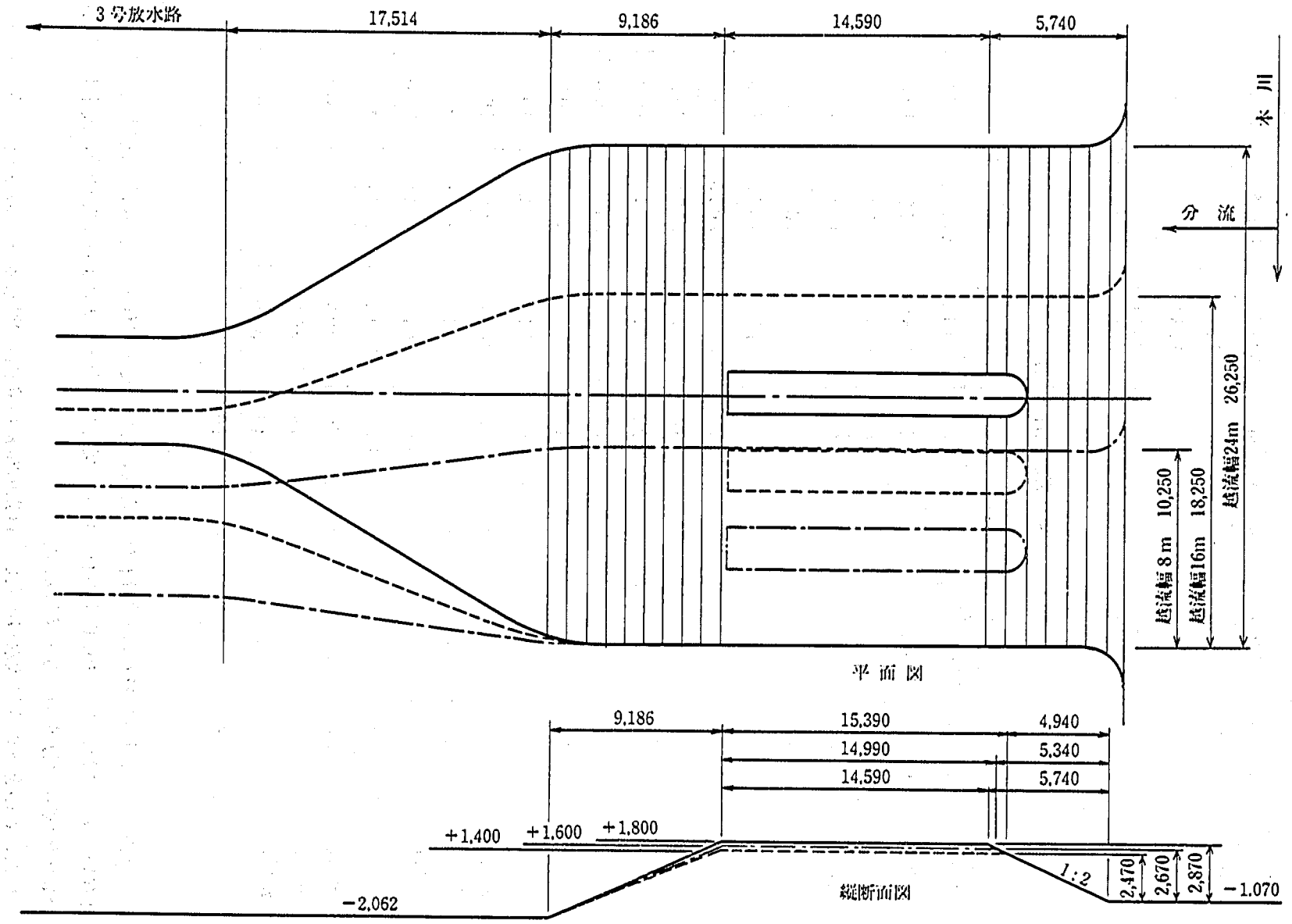
表－3－4　実験条件一覧表

実験目的	ケース番号	越流堤敷高 (T.P.m)	越流幅 (m)	ゲート開度 (m)	流量 (m³/s) 本川上流	本川下流	放水路
流量調節ゲート機能把握	No 40	1.8	16.0	0.28	183.0	173.0	10.0
	41	〃	〃	0.80	193.0	173.0	20.0
	42	〃	〃	0.26	197.5	187.5	10.0
	43	〃	〃	0.72	207.5	187.5	20.0
	44	〃	〃	1.30	217.5	187.5	30.0
	45	〃	〃	1.20	232.5	202.5	30.0
	46	〃	〃	1.14	247.0	217.0	30.0
	47	〃	〃	0.24	254.0	244.0	10.0
	48	〃	〃	0.66	264.0	244.0	20.0
	49	〃	〃	1.10	264.0	234.0	30.0
	50	〃	〃	1.60	264.0	224.0	40.0
本川下流を堰上げた場合	51	〃	〃	0.22	264.0	254.0	10.0
	52	〃	〃	0.62	264.0	244.0	20.0
	53	〃	〃	1.04	264.0	234.0	30.0
	54	〃	〃	1.50	264.0	224.0	40.0
本川をプールにした場合	55	〃	〃	1.26	30.0	—	30.0
	56	〃	〃	1.18	30.0	—	30.0
	57	〃	〃	1.12	30.0	—	30.0
	58	〃	〃	1.10	30.0	—	30.0

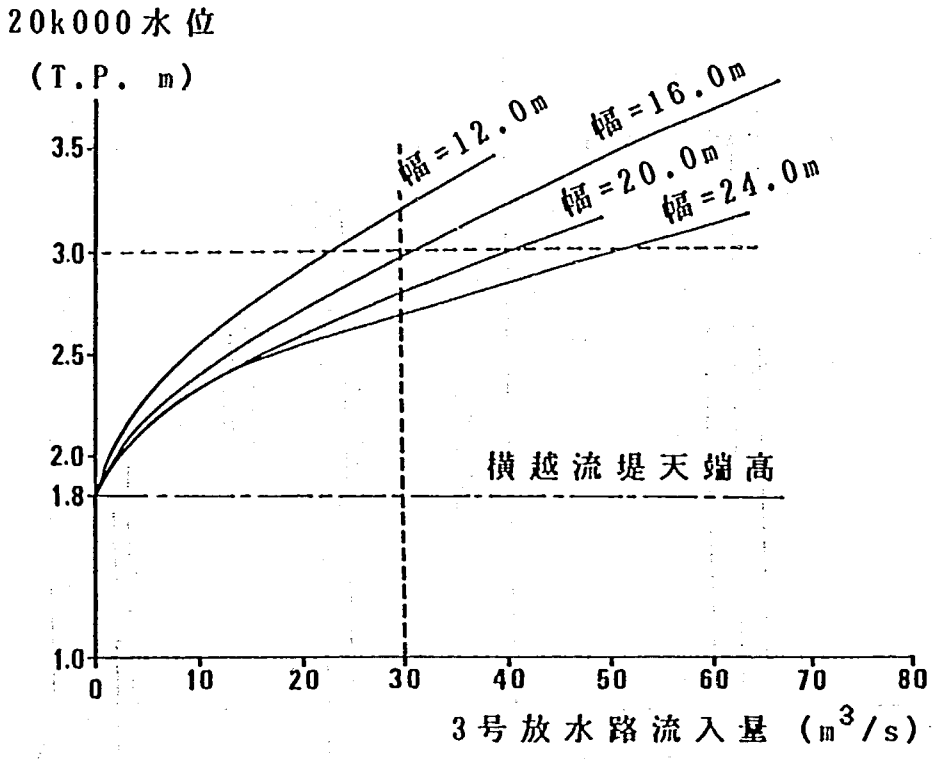
整のためゲートの操作を行なわなければならないため，その操作の頻度が増し管理上有利とは言えない。そこで幅は15.50m以上あれば計画の条件を満たすことにより16.00mに設定した越流堤最終形状図(案)を図－3－7に示す。

また，このときの3号放水路流入量と日光川20k 000水位の関係をまとめると図－3－8のようになる。

(2)　流量調整用ゲートの検討



図－3－5　越流堤平面図，縦断図



図－3－6　本川水位～3号放水路流入量～越流堤幅

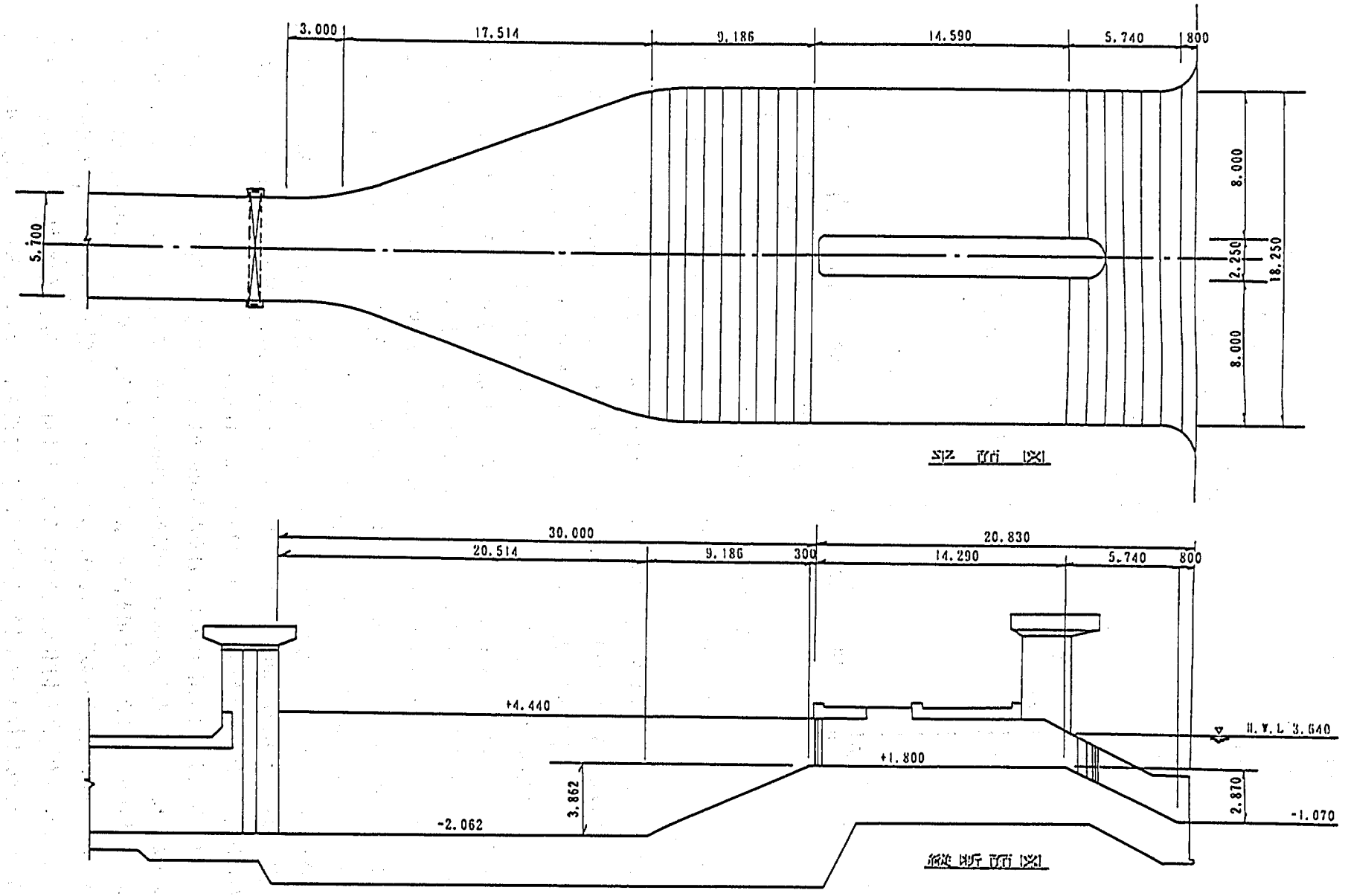
(1)で設定した越流堤の形状について，図－3－9に示す一般的な流量調整ゲートを用いて実験を行なった。

図－3－10は本川20k000水位をパラメータにして，ゲート開度と3号放水路流入量の関係を示したものである。この図より例えば，本川20k000水位がT.P. 3.0mのときのゲート開度とそのときの3号放水路への流入量がわかる。すなわちゲート開度を1.30m以上にすると放水路内に計画流量以上が流入することになるのでこの場合ゲート開度の上限は1.30mとなる。

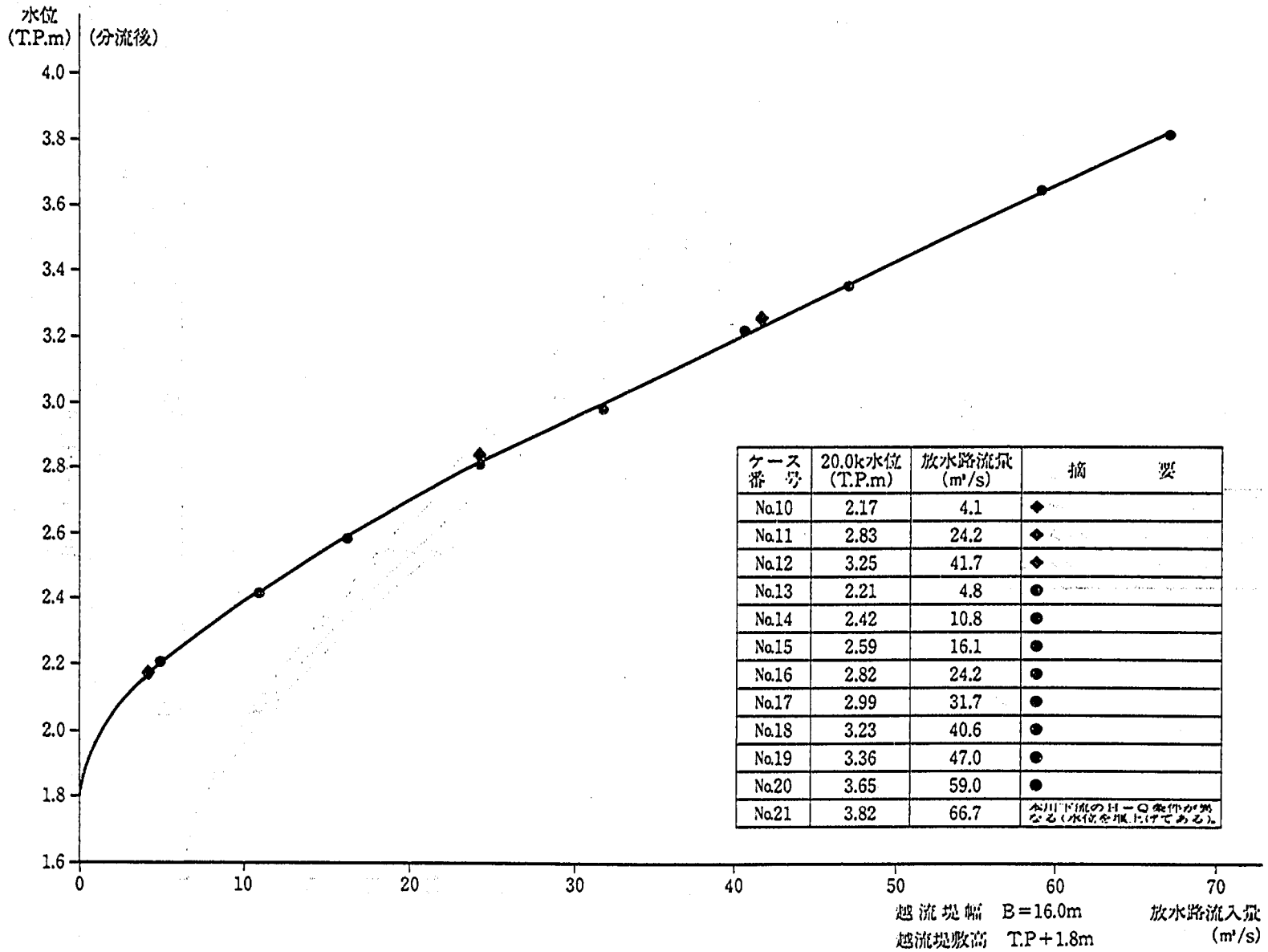
なお流量調整用ゲートの操作により日光川から3号放水路へ分流させることにより，分流部における流速の低下等の影響がないことを確認する必要がある。図－3－11は，分流量0～40m³/sをパラメータにして日光川本川20.000k地点の水位と流量の関係をまとめたものである。図より日光川本川の流量が同じであれば分流量の変化に関係なく，水位は一定であることから，分流による日光川本川水位に影響がないことがわかる。

次に，流量調整ゲートの操作を行なう際に注目する水位の管理場所は，まだ明らかでないため，実験施設内の本川20k050，20k000，19k900，越流堤前面，天端，ゲート前面の6地点の水位に注目して整理したものが図－3－12～図－3－17である。

なお，実験上，日光川の水位は，日光川本川の流量の増減によって設定するのが通常の方法であるが，模型への給水施設の能力の関係から本川の流量が265m³/sを超えるケースでは，下流水位を堰上げることによって本川水位を確保した。この場合，通常の方法より越流堤前面の流速が遅くなるので，実験条件の違いにより実験結果への影響が心配される。そこで，本川をプールにして越流させた場合（本川の流速がない場合）と本川の本来の流れを確保しながら越流させた場合との比較実験を行なった。図－3－18は，この結果を示したものであるが図から本川をプール



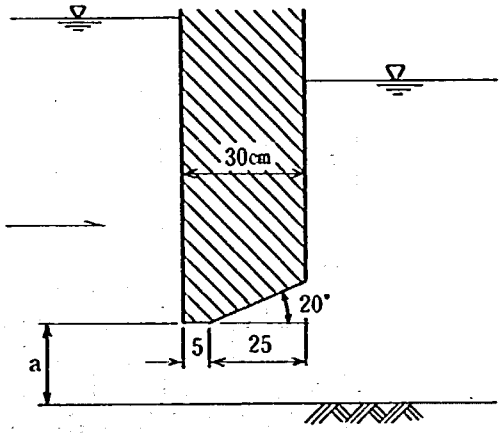
図－３－７　越流堤最終案形状図（案）



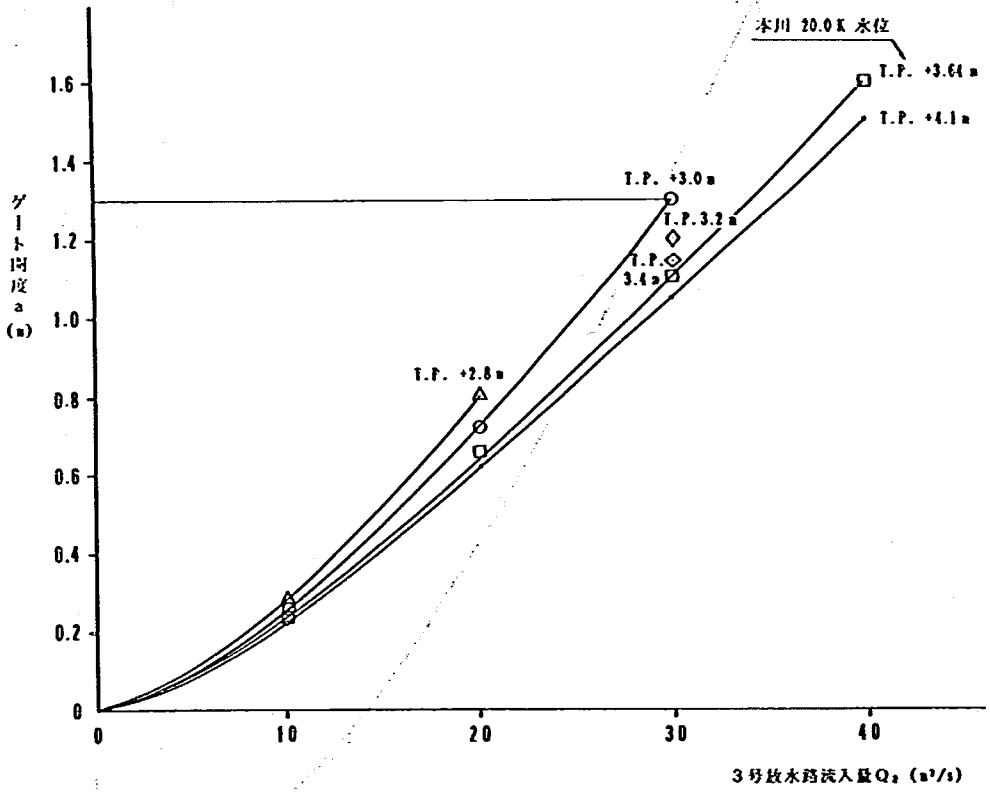
ケース番号	20.0k水位 (T.P.m)	放水路流量 (m³/s)	摘要
No.10	2.17	4.1	◆
No.11	2.83	24.2	◆
No.12	3.25	41.7	◆
No.13	2.21	4.8	●
No.14	2.42	10.8	●
No.15	2.59	16.1	●
No.16	2.82	24.2	●
No.17	2.99	31.7	●
No.18	3.23	40.6	●
No.19	3.36	47.0	●
No.20	3.65	59.0	●
No.21	3.82	66.7	本川下流のH－Q条件が異なる(水位を嵩上げである)。

図－3－8　3号放水路越流堤H－Q曲線　越流堤幅　B＝16.0m　越流堤敷高　T.P＋1.8m

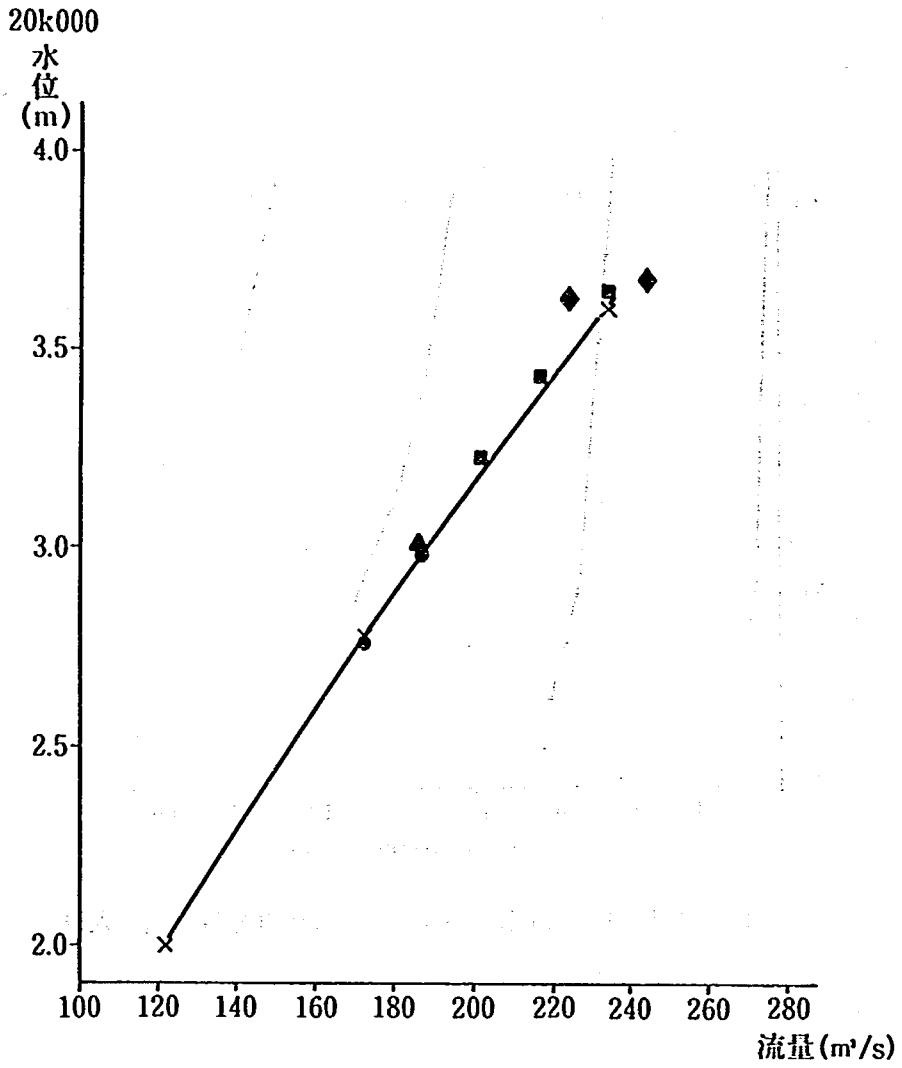
にした場合においても影響がないことがわかる。



図－3－9　流量調節ゲート断面形

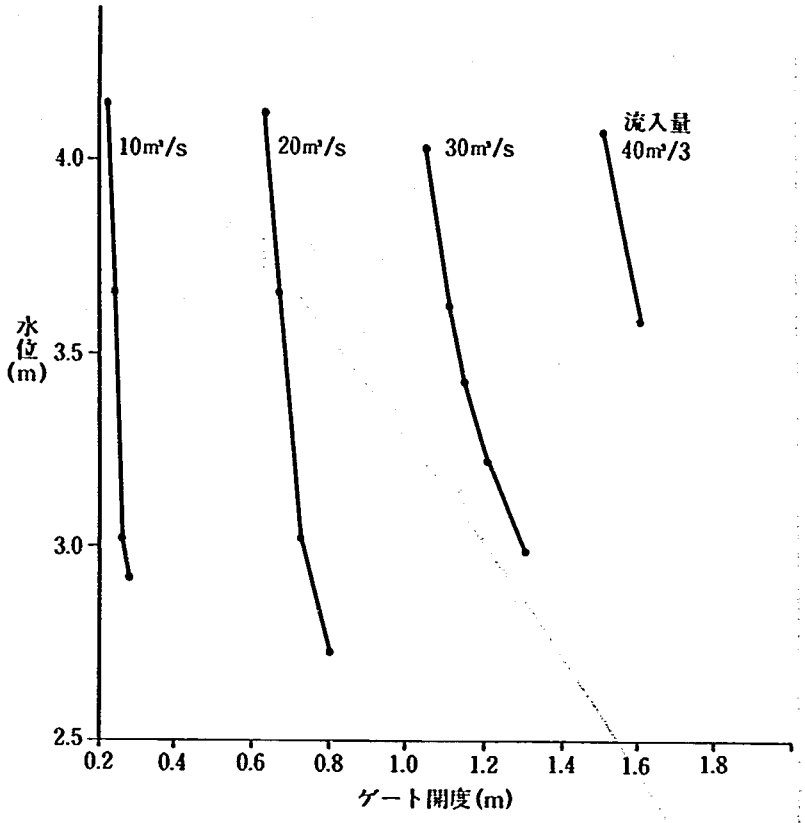


図－3－10　a－Q相関図

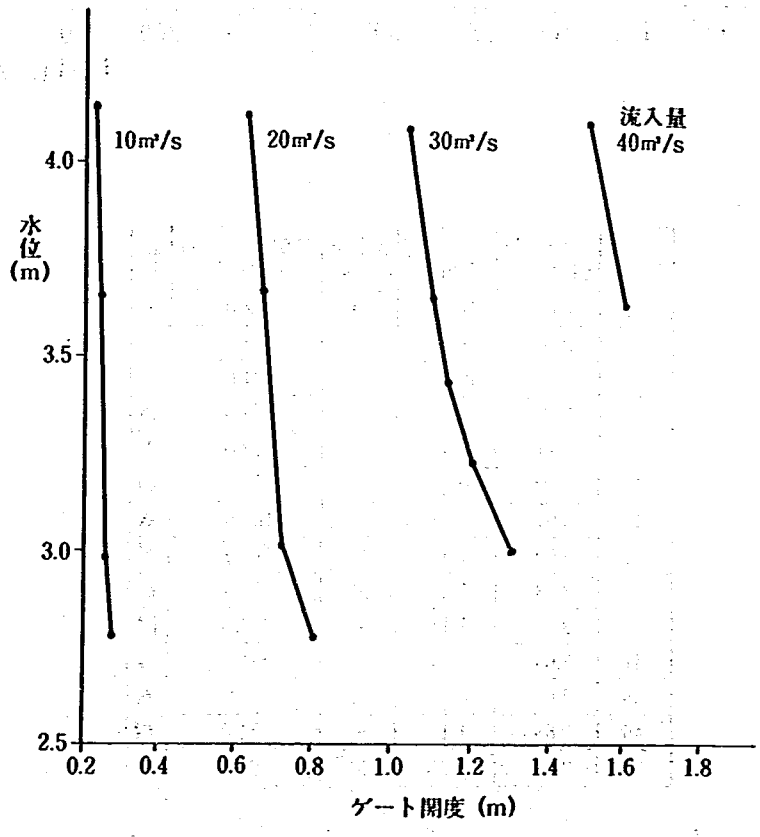


ケース番号	20.0k水位 (T.P.m)	ゲート開度 (m)	放水路 (m³/s)	20.0k地点流量 (m³/s)	記号
1	2.00	閉塞	0	122.0	×
2	2.78	閉塞	0	173.0	×
3	3.61	閉塞	0	234.0	×
40	2.78	0.28	10	173.0	●
41	2.77	0.8	20	173.0	▲
42	2.98	0.26	10	187.5	●
43	3.01	0.72	20	187.5	▲
44	3.00	1.30	30	187.5	■
45	3.23	1.20	30	202.5	■
46	3.43	1.14	30	217.0	■
47	3.66	0.24	10	244.0	●
48	3.67	0.66	20	244.0	▲
49	3.65	1.10	30	234.0	■
50	3.63	1.60	40	224.0	◆

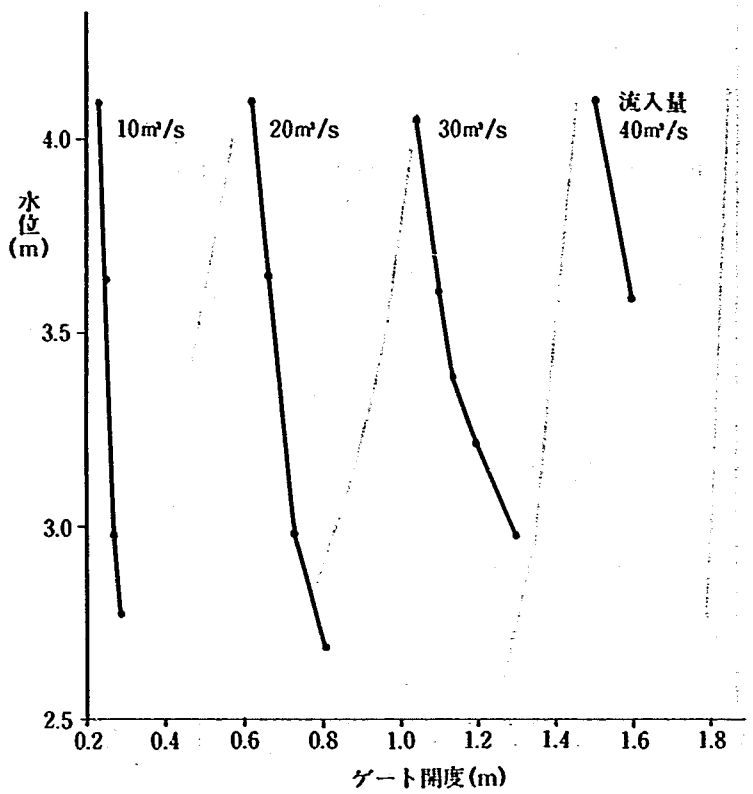
図－3－11 本川20k 000地点のH－Q図



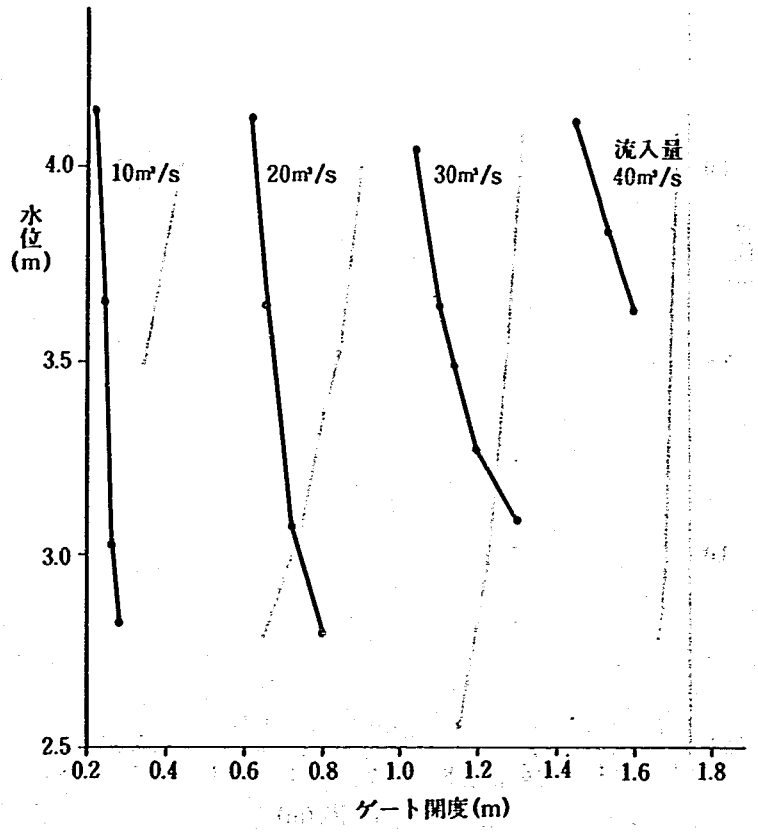
図－3－12　本川20k 050水位～ゲート開度～3号放水路流入量



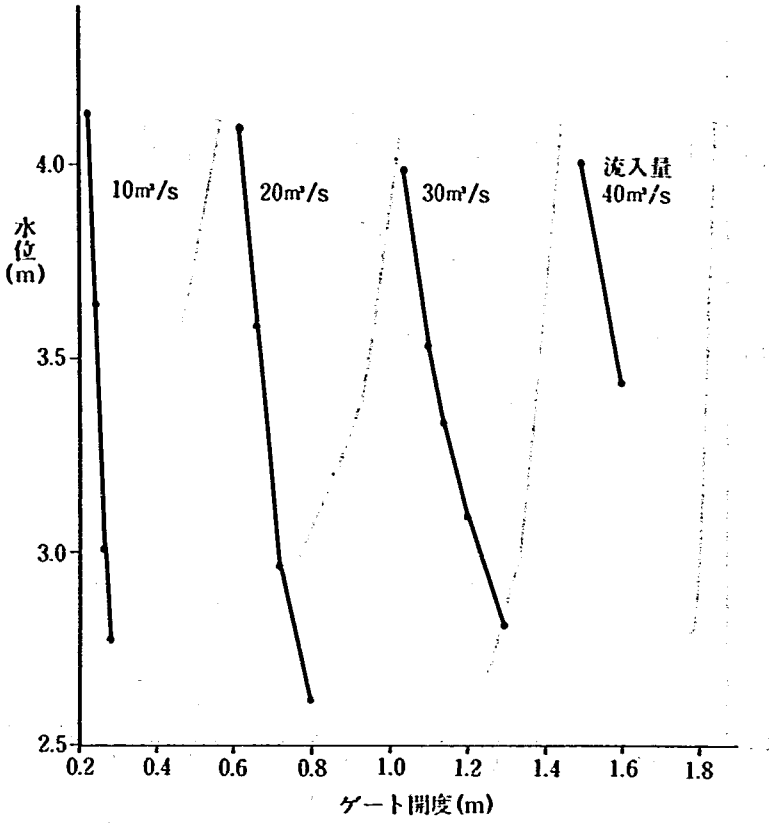
図－3－13　本川20k 000水位～ゲート開度～3号放水路流入量



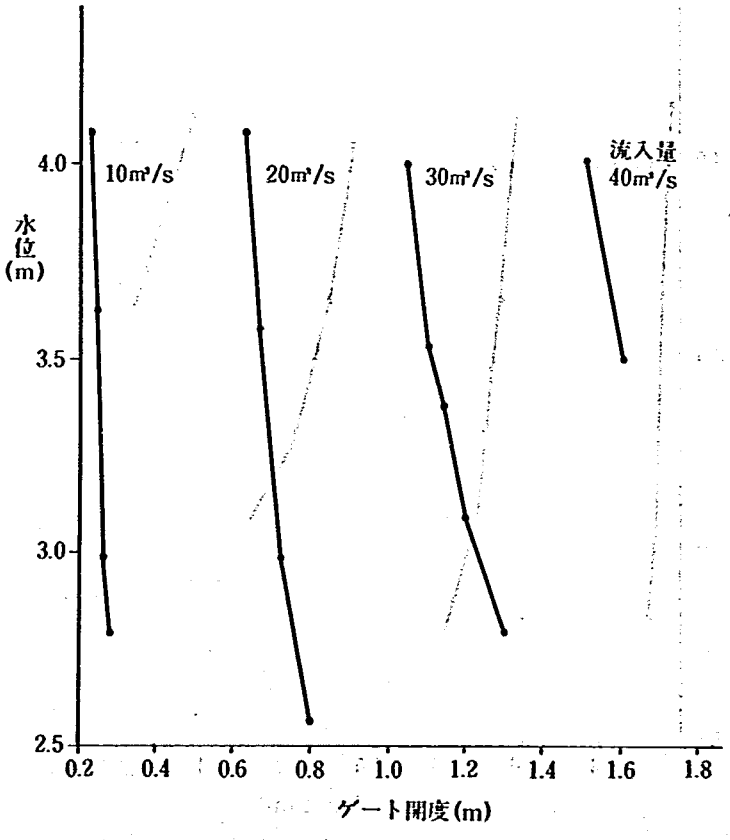
図－3－14　本川 19k 900 水位～ゲート開度～3 号放水路流入量



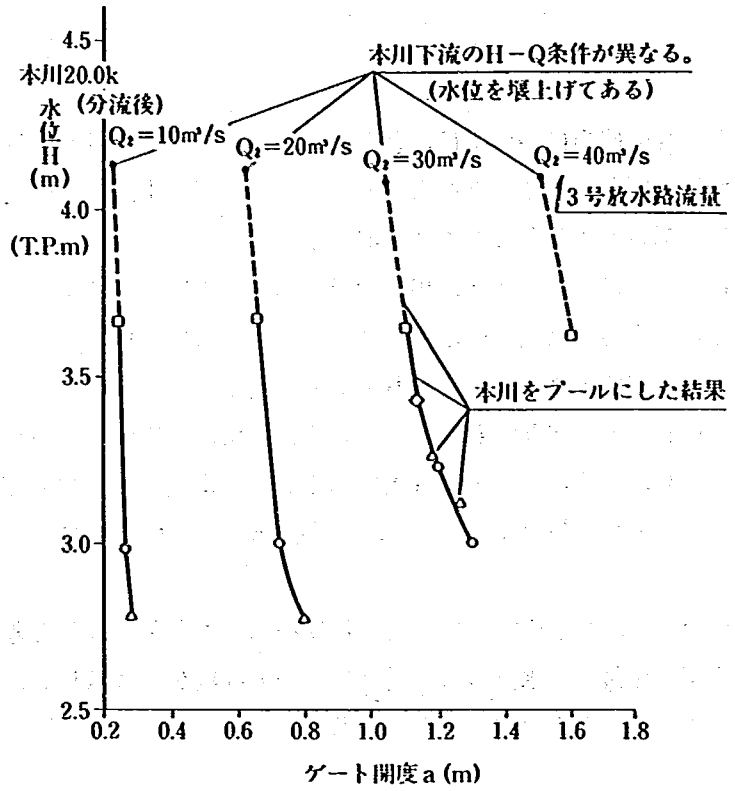
図－3－15　越流堤前面水位～ゲート開度～3 号放水路流入量



図－3－16　越流堤天端水位～ゲート開度～3号放水路流入量



図－3－17　ゲート前面水位～ゲート開度～3号放水路流入量



図－3－18　本川水位～ゲート開度相関図

4. 結　　論

(1) 3号，4号放水路の疎通能力については，各ケースとも実験水位が計算水位を上回った。模型自体の粗度を安全側に設定してあることを考慮しても，屈曲部の上流で水位上昇が大きいことなどを考えると屈曲部の影響を入れた設計をする必要がある。

(2) 放水路内の流速については，トンネル河川の設計上の上限といわれる7.0m/sに比べてかなり小さな値となり，摩耗による水路底等の損傷についてはまずないものと考えられる。

(3) 放水路内の流況は，直線的でスムーズな流れであり，問題はないものと思われる。

(4) 広口池の流況は，概ねスムーズな流れとなっている。また，水位は池内の計画水位を維持して静かな流れとなっており，流速については最大でも1.0m/s未満と小さな値であった。

(5) 横越流堤の構造については，敷高T.P. 1.80m，幅16.0mの組合せにより条件を満たすことがわかった。

(6) ゲートの操作については，今回の実験で一応の目安を示すことができたと考えられる。また，ゲートの操作を行う際に注目する水位の管理場所については数ケース示しているので，今後これらのことを参考として具体の場所の検討が必要である。

参 考 文 献

1) 本間仁，石原藤次郎編：応用水理学下Ⅰ「水理模型実験」，丸善株式会社

2) 吉川秀夫著：改訂「河川工学」，朝倉書店

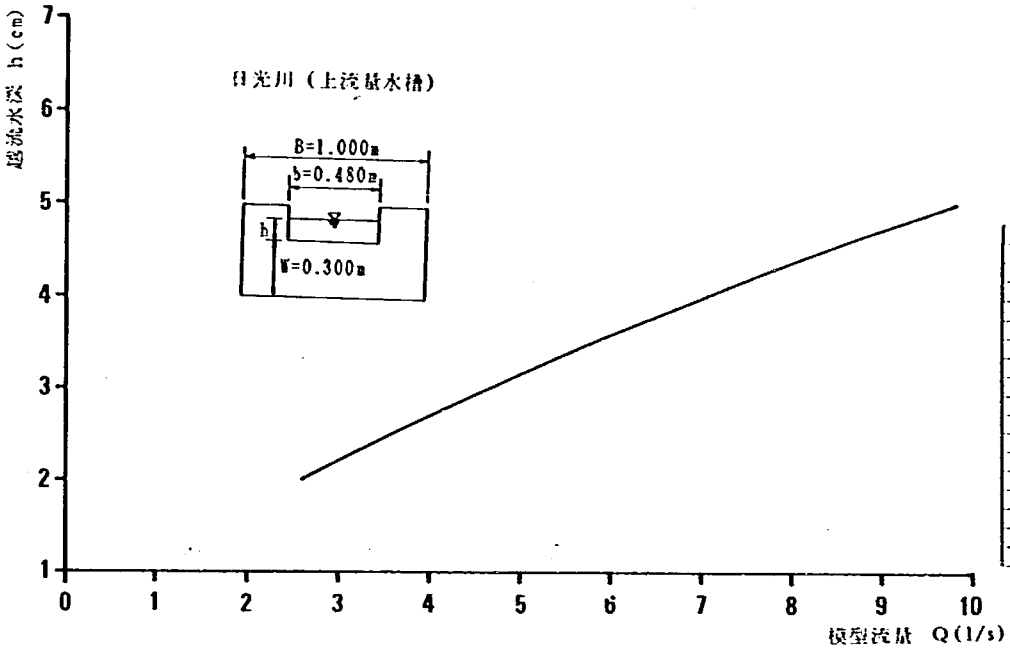
3) 室田明編著：河川工学，朝倉書店

4) 建設省土木研究所：土木研究所資料（第 2850 号）「八橋川放水路模型実験」

5) 河川砂防技術基準（案）「計画編，設計編」，山海堂

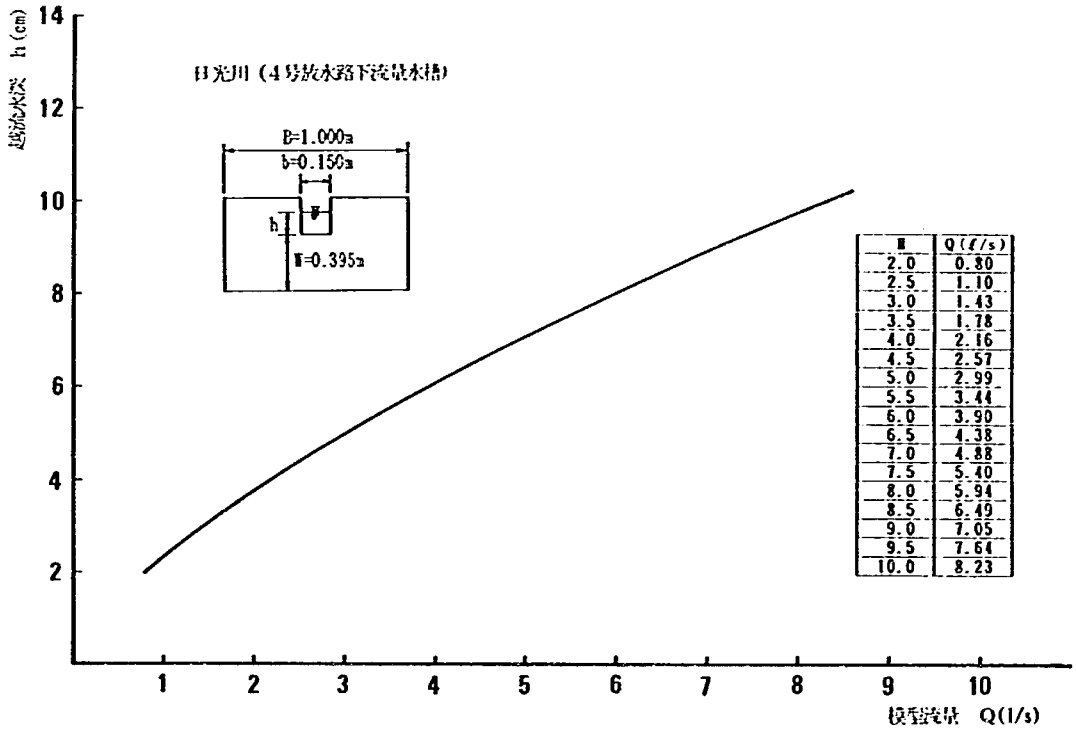
6) 水理公式集，株式会社技報堂

参 考 資 料



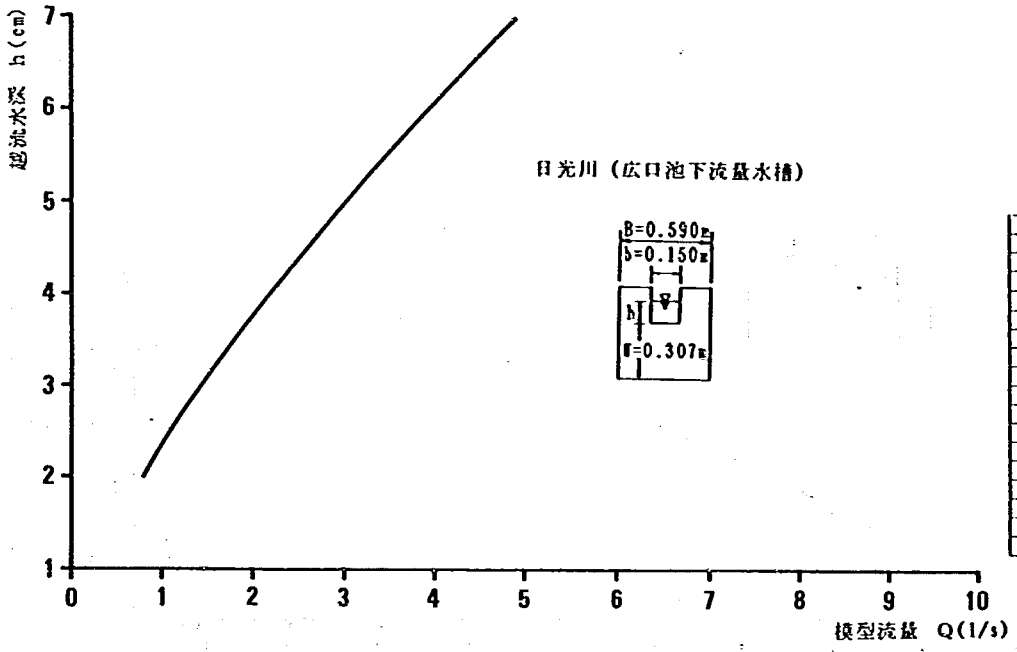
H	Q(ℓ/s)
2.0	2.59
2.5	3.58
3.0	4.66
3.5	5.83
4.0	7.08
4.5	8.41
5.0	9.81
5.5	11.29
6.0	12.83
6.5	14.43
7.0	16.09
7.5	17.81
8.0	19.59
8.5	21.43
9.0	23.31
9.5	25.25
10.0	27.24

附図－１－１　四角堰のＨ－Ｑ図（上流量水槽）



H	Q(ℓ/s)
2.0	0.80
2.5	1.10
3.0	1.43
3.5	1.78
4.0	2.16
4.5	2.57
5.0	2.99
5.5	3.44
6.0	3.90
6.5	4.38
7.0	4.88
7.5	5.40
8.0	5.94
8.5	6.49
9.0	7.05
9.5	7.64
10.0	8.23

附図－１－２　四角堰のＨ－Ｑ図（４号放水路下流量水槽）



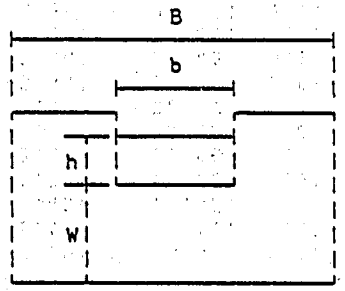
H	Q(ℓ/s)
2.0	0.80
2.5	1.10
3.0	1.43
3.5	1.79
4.0	2.17
4.5	2.57
5.0	3.00
5.5	3.44
6.0	3.91
6.5	4.40
7.0	4.90
7.5	5.42
8.0	5.96
8.5	6.52
9.0	7.09
9.5	7.68
10.0	8.28

附図－１－３　四角堰のＨ－Ｑ図（広口池下流量水槽）

附表－１－１　量水槽のＨ－Ｑ算定表（上流量水槽）

四角せきのＨ－Ｑ

模型名　：日光川（上流量水槽）
縮　率　：40
流量縮率：10119.3



B(m)=1.000
b(m)=0.480
W(m)=0.300
Hmax(cm) = 10.0
Hmin(cm) = 2.0
Hstep(cm)= 0.1

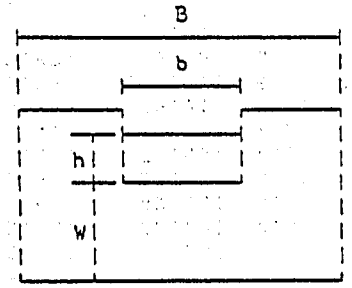
h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp
2.0	2.59	26.25	2.1	2.78	28.16	2.2	2.98	30.11	2.3	3.17	32.10	2.4	3.37	34.13
2.5	3.58	36.20	2.6	3.79	38.31	2.7	4.00	40.46	2.8	4.21	42.65	2.9	4.43	44.87
3.0	4.66	47.13	3.1	4.88	49.43	3.2	5.12	51.77	3.3	5.35	54.13	3.4	5.59	56.54
3.5	5.83	58.97	3.6	6.07	61.45	3.7	6.32	63.95	3.8	6.57	66.48	3.9	6.82	69.05
4.0	7.08	71.65	4.1	7.34	74.28	4.2	7.60	76.95	4.3	7.87	79.64	4.4	8.14	82.36
4.5	8.41	85.11	4.6	8.69	87.89	4.7	8.96	90.71	4.8	9.24	93.55	4.9	9.53	96.42
5.0	9.81	99.31	5.1	10.10	102.24	5.2	10.40	105.19	5.3	10.69	108.17	5.4	10.99	111.18
5.5	11.29	114.21	5.6	11.59	117.27	5.7	11.89	120.36	5.8	12.20	123.48	5.9	12.51	126.62
6.0	12.83	129.78	6.1	13.14	132.98	6.2	13.46	136.19	6.3	13.78	139.44	6.4	14.10	142.70
6.5	14.43	145.99	6.6	14.76	149.31	6.7	15.09	152.65	6.8	15.42	156.02	6.9	15.75	159.41
7.0	16.09	162.82	7.1	16.43	166.26	7.2	16.77	169.72	7.3	17.12	173.21	7.4	17.46	176.72
7.5	17.81	180.25	7.6	18.16	183.80	7.7	18.52	187.38	7.8	18.87	190.98	7.9	19.23	194.60
8.0	19.59	198.25	8.1	19.95	201.92	8.2	20.32	205.61	8.3	20.69	209.32	8.4	21.05	213.05
8.5	21.43	216.81	8.6	21.80	220.59	8.7	22.17	224.38	8.8	22.55	228.21	8.9	22.93	232.05
9.0	23.31	235.91	9.1	23.70	239.80	9.2	24.08	243.70	9.3	24.47	247.63	9.4	24.86	251.57
9.5	25.25	255.54	9.6	25.65	259.53	9.7	26.04	263.54	9.8	26.44	267.57	9.9	26.84	271.62
10.0	27.24	275.69	***	****	****	***	****	****	***	****	****	***	****	****

UNIT [h:(cm)　Qm:(l/s)　Qp:(m^3/s)]

附表－１－２　量水槽のＨ－Ｑ算定表（４号放水路下流量水槽）

四角せきのＨ－Ｑ

模型名　：日光川（４号放水路下流量水槽）
縮　率　：40
流量縮率：10119.3



B(m)=1.000
b(m)=0.150
W(m)=0.395
Hmax(cm) = 10.0
Hmin(cm) = 2.0
Hstep(cm)= 0.1

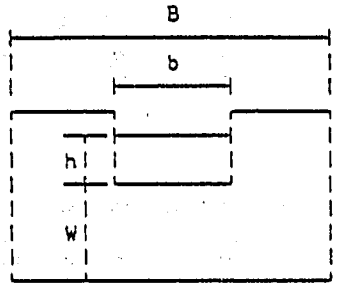
h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp
2.0	0.80	8.07	2.1	0.86	8.66	2.2	0.91	9.25	2.3	0.97	9.86	2.4	1.04	10.48
2.5	1.10	11.11	2.6	1.16	11.76	2.7	1.23	12.41	2.8	1.29	13.08	2.9	1.36	13.76
3.0	1.43	14.45	3.1	1.50	15.14	3.2	1.57	15.85	3.3	1.64	16.58	3.4	1.71	17.31
3.5	1.78	18.05	3.6	1.86	18.80	3.7	1.93	19.56	3.8	2.01	20.33	3.9	2.09	21.11
4.0	2.16	21.90	4.1	2.24	22.69	4.2	2.32	23.50	4.3	2.40	24.32	4.4	2.48	25.14
4.5	2.57	25.98	4.6	2.65	26.82	4.7	2.73	27.67	4.8	2.82	28.53	4.9	2.91	29.40
5.0	2.99	30.27	5.1	3.08	31.16	5.2	3.17	32.05	5.3	3.26	32.95	5.4	3.35	33.86
5.5	3.44	34.78	5.6	3.53	35.70	5.7	3.62	36.63	5.8	3.71	37.57	5.9	3.81	38.52
6.0	3.90	39.48	6.1	4.00	40.44	6.2	4.09	41.41	6.3	4.19	42.39	6.4	4.29	43.37
6.5	4.38	44.36	6.6	4.48	45.36	6.7	4.58	46.37	6.8	4.68	47.38	6.9	4.78	48.40
7.0	4.88	49.43	7.1	4.99	50.46	7.2	5.09	51.51	7.3	5.19	52.55	7.4	5.30	53.61
7.5	5.40	54.67	7.6	5.51	55.74	7.7	5.61	56.81	7.8	5.72	57.90	7.9	5.83	58.98
8.0	5.94	60.08	8.1	6.05	61.18	8.2	6.16	62.29	8.3	6.27	63.40	8.4	6.38	64.53
8.5	6.49	65.65	8.6	6.60	66.79	8.7	6.71	67.93	8.8	6.83	69.07	8.9	6.94	70.23
9.0	7.05	71.38	9.1	7.17	72.55	9.2	7.29	73.72	9.3	7.40	74.90	9.4	7.52	76.08
9.5	7.64	77.27	9.6	7.75	78.47	9.7	7.87	79.67	9.8	7.99	80.88	9.9	8.11	82.09
10.0	8.23	83.31	***	****	****	***	****	****	***	****	****	***	****	****

UNIT [h:(cm)　Qm:(l/s)　Qp:(m^3/s)]

附表－１－３　量水槽のＨ－Ｑ算定表（広口池下流量水槽）

四角せきのＨ－Ｑ

模型名　：日光川（広口池下流量水槽）
縮　率　：40
流量縮率：10119.3



B(m)=0.590
b(m)=0.150
W(m)=0.307
Hmax(cm) = 10.0
Hmin(cm) = 2.0
Hstep(cm)= 0.1

h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp	h	Qm	Qp
2.0	0.80	8.08	2.1	0.86	8.66	2.2	0.91	9.26	2.3	0.97	9.87	2.4	1.04	10.49
2.5	1.10	11.12	2.6	1.16	11.76	2.7	1.23	12.42	2.8	1.29	13.09	2.9	1.36	13.77
3.0	1.43	14.46	3.1	1.50	15.16	3.2	1.57	15.87	3.3	1.64	16.59	3.4	1.71	17.32
3.5	1.79	18.07	3.6	1.86	18.82	3.7	1.94	19.58	3.8	2.01	20.35	3.9	2.09	21.14
4.0	2.17	21.93	4.1	2.25	22.73	4.2	2.33	23.54	4.3	2.41	24.35	4.4	2.49	25.18
4.5	2.57	26.02	4.6	2.65	26.86	4.7	2.74	27.72	4.8	2.82	28.58	4.9	2.91	29.45
5.0	3.00	30.33	5.1	3.09	31.22	5.2	3.17	32.12	5.3	3.26	33.02	5.4	3.35	33.93
5.5	3.44	34.86	5.6	3.54	35.78	5.7	3.63	36.72	5.8	3.72	37.67	5.9	3.82	38.62
6.0	3.91	39.58	6.1	4.01	40.55	6.2	4.10	41.52	6.3	4.20	42.51	6.4	4.30	43.50
6.5	4.40	44.49	6.6	4.50	45.50	6.7	4.60	46.51	6.8	4.70	47.53	6.9	4.80	48.56
7.0	4.90	49.59	7.1	5.00	50.64	7.2	5.11	51.68	7.3	5.21	52.74	7.4	5.32	53.80
7.5	5.42	54.87	7.6	5.53	55.95	7.7	5.64	57.03	7.8	5.74	58.12	7.9	5.85	59.22
8.0	5.96	60.33	8.1	6.07	61.44	8.2	6.18	62.55	8.3	6.29	63.68	8.4	6.40	64.81
8.5	6.52	65.95	8.6	6.63	67.09	8.7	6.74	68.24	8.8	6.86	69.40	8.9	6.97	70.56
9.0	7.09	71.73	9.1	7.21	72.91	9.2	7.32	74.09	9.3	7.44	75.28	9.4	7.56	76.48
9.5	7.68	77.68	9.6	7.80	78.89	9.7	7.92	80.11	9.8	8.04	81.33	9.9	8.16	82.55
10.0	8.28	83.79	***	****	****	***	****	****	***	****	****	***	****	****

UNIT [h:(cm)　Qm:(l/s)　Qp:(m^3/s)]

附表－２－１　水位測定結果（ケース１，２）

実験ケース		1		2	
流量		30m³/s（計画流量）		39m³/s（計画の130%流量）	
下流水位		T.P. 0.670m		T.P. 0.670m	
測点 (km)	敷高 (T.P.m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)
0.1	－3.205	0.680	3.885	0.740	3.945
0.3	－3.034	0.780	3.814	0.924	3.958
0.5	－2.879	0.860	3.739	1.080	3.959
0.6	－2.784	0.900	3.684	1.136	3.920
0.8	－2.624	0.972	3.596	1.280	3.852
1.0	－2.464	1.060	3.524	1.388	3.852
1.2	－2.304	1.180	3.484	1.500	3.804
1.4	－2.144	1.268	3.412	1.620	3.764

附表－２－２　水位測定結果（ケース３，４）

実験ケース		3		4	
流量（m³/s）		30（計画流量）		39（計画の130%流量）	
下流水位		T.P. 0.670		T.P. 0.670	
測点 (km)	敷高 (T.P.m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)
0.1	－3.132	0.700	3.832	0.756	3.928
0.3	－2.960	0.848	3.808	1.040	4.000
0.5	－2.916	0.968	3.884	1.200	4.116
0.6	－2.740	1.068	3.808	1.356	4.096
0.8	－2.568	1.132	3.700	1.476	4.044
1.0	－2.396	1.240	3.636	1.620	4.016
1.2	－2.308	1.336	3.644	1.780	4.088
1.4	－2.180	1.472	3.652	1.916	4.096

附表－2－3　水位測定結果（ケース5，6）

実験ケース		5				6			
流量		55 m³/s（計画流量）				71.5 m³/s（計画の130%流量）			
下流水位		T.P. －1.285m				T.P. －1.285m			
測点 (km)	敷高 (T.P.m)	水位 (T.P.m) (左)	(右)	水深 (m) (左)	(右)	水位 (T.P.m) (左)	(右)	水深 (m) (左)	(右)
0.4	－5.771	－1.271	－1.270	4.500	4.501	－1.198	－1.200	4.573	4.571
0.6	－5.637	－1.210	－1.212	4.427	4.425	－1.021	－1.020	4.616	4.617
0.8	－5.504	－1.102	－1.092	4.402	4.412	－0.905	－0.912	4.599	4.592
1.0	－5.371	－1.088	－1.080	4.283	4.291	－0.840	－0.852	4.531	4.518
1.2	－5.237	－0.976	－0.976	4.262	4.261	－0.695	－0.700	4.542	4.537
1.4	－5.104	－0.910	－0.912	4.194	4.192	－0.572	－0.584	4.532	4.520
1.6	－4.971	－0.820	－0.820	4.151	4.151	－0.450	－0.448	4.521	4.523
1.8	－4.837	－0.775	－0.768	4.069	4.069	－0.360	－0.360	4.477	4.477
2.0	－4.704	－0.700	－0.680	4.004	4.024	－0.292	－0.300	4.412	4.404
2.1	－4.637	－0.645	－0.640	3.992	3.997	－0.220	－0.212	4.417	4.425

附表－2－4　水位測定結果（ケース7，8）

実験ケース		7		8	
流量（m³/s）		55（計画流量）		71.5（計画の130%流量）	
下流水位		T.P.－1.285		T.P.－1.285	
測点 (km)	敷高 (T.P.m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)
0.4	－5.808	－1.176	4.632	－1.096	4.712
0.6	－5.660	－1.016	4.644	－0.944	4.716
0.8	－5.588	－0.936	4.652	－0.800	4.788
1.0	－5.428	－0.860	4.568	－0.636	4.792
1.2	－5.232	－0.732	4.500	－0.556	4.676
1.4	－5.096	－0.700	4.396	－0.404	4.692
1.6	－4.952	－0.628	4.324	－0.284	4.668
1.8	－4.896	－0.472	4.424	－0.104	4.792
2.0	－4.708	－0.388	4.320	－0.016	4.692
2.1	－4.688	－0.344	4.344	－0.056	4.744

附表－2－5　水位測定結果（ケース9）

3号放水路

流　　量		30m³/s（計画流量）	
下流水位		T.P. 0.670m	
測点 (km)	敷高 (T.P.m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)
0.1	−3.205	0.688	3.893
0.3	−3.304	0.790	3.824
0.6	−2.784	0.886	3.670
1.0	−2.464	1.040	3.504
1.4	−2.144	1.228	3.372

4号放水路

流　　量		55m³/s（計画流量）	
下流水位		T.P.−1.285m	
測点 (km)	敷高 (T.P.m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)
0.4	−5.771	−1.265	4.506
0.6	−5.637	−1.240	4.397
0.8	−5.504	−1.200	4.304
1.0	−5.371	−1.162	4.209
1.4	−5.104	−1.050	4.054
2.0	−4.704	−0.900	3.804

附表－2－6　水位測定結果（ケース10）

流　量(m³/s)		30（計画流量）	
下流水位		T.P. 0.670m	
測点 (km)	敷高 (T.P.m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)
0.1	−3.132	0.660	3.792
0.3	−2.960	0.820	3.780
0.5	−2.916	0.960	3.876
0.6	−2.740	1.050	3.796
0.8	−2.568	1.152	3.720
1.0	−2.396	1.260	3.656
1.2	−2.308	1.384	3.692
1.4	−2.180	1.512	3.692

流　量(m³/s)		55（計画流量）	
下流水位		T.P.−1.285m	
測点 (km)	敷高 (T.P.m)	水位 (T.P.m)	水深 (m)
0.4	−5.808	−1.188	4.620
0.6	−5.660	−1.088	4.572
0.8	−5.588	−0.996	4.592
1.0	−5.428	−0.904	4.524
1.2	−5.232	−0.836	4.396
1.4	−5.096	−0.716	4.380
1.6	−4.952	−0.636	4.316
1.8	−4.896	−0.524	4.372
2.0	−4.708	−0.380	4.328
2.1	−4.688	−0.324	4.364

附表－３－１　流速測定結果（ケース１，２，３，４）

３号放水路　Q＝30m³/s　（実験ケース１）

水深方向＼断面	0.1	0.3	0.6	1.0	1.4
表　面	1.32	1.30	1.09	1.18	1.10
8割水深	1.33	1.38	1.49	1.58	1.52
6割水深	1.44	1.44	1.52	1.66	1.59
4割水深	1.38	1.51	1.51	1.63	1.51
2割水深	1.34	1.37	1.35	1.44	1.42

３号放水路　Q＝39m³/s　（実験ケース２）

水深方向＼断面	0.1	0.3	0.6	1.0	1.4
表　面	1.28	1.16	1.16	1.20	1.28
8割水深	1.78	1.85	1.76	1.85	1.87
6割水深	1.80	1.92	1.92	1.94	1.95
4割水深	1.87	1.91	1.83	1.92	1.94
2割水深	1.76	1.78	1.68	1.72	1.82

３号放水路　Q＝30m³/s　（実験ケース３）

水深方向＼断面	0.1	0.3	0.6	1.0	1.4
表　面	1.20	1.26	1.20	1.33	1.20
8割水深	1.45	1.52	1.39	1.52	1.33
6割水深	1.52	1.71	1.52	1.64	1.39
4割水深	1.39	1.39	1.33	1.33	1.39
2割水深	1.14	1.26	1.14	1.26	1.26

３号放水路　Q＝39m³/s　（実験ケース４）

水深方向＼断面	0.1	0.3	0.6	1.0	1.4
表　面	1.26	1.26	1.45	1.52	1.33
8割水深	1.77	1.64	2.21	2.02	1.64
6割水深	1.77	1.77	2.09	2.09	1.90
4割水深	1.39	1.58	1.90	2.02	1.90
2割水深	1.14	1.14	1.33	1.33	1.58

附表－３－２　流速測定結果（ケース５，６，７，８）

４号放水路　Q＝55 m³/s　（実験ケース５）

水深方向＼断面	0.4	0.8	1.0	1.4	2.0
表　　面	0.85	0.86	0.77	0.67	0.67
8 割 水 深	1.30	1.33	1.40	1.30	1.32
6 割 水 深	1.39	1.33	1.49	1.38	1.42
4 割 水 深	1.38	1.30	1.40	1.37	1.44
2 割 水 深	1.20	1.33	1.23	1.19	1.42

４号放水路　Q＝71.5 m³/s　（実験ケース６）

水深方向＼断面	0.4	0.8	1.0	1.4	2.0
表　　面	1.15	0.89	1.32	1.16	1.18
8 割 水 深	1.73	1.78	1.67	1.76	1.76
6 割 水 深	1.83	1.78	1.83	1.87	1.78
4 割 水 深	1.81	1.82	1.77	1.77	1.73
2 割 水 深	1.54	1.83	1.57	1.57	1.62

４号放水路　Q＝55 m³/s　（実験ケース７）

水深方向＼断面	0.4	0.8	1.0	1.4	2.0
表　　面	1.14	1.01	1.14	1.26	1.20
8 割 水 深	1.33	1.26	1.39	1.58	1.39
6 割 水 深	1.39	1.26	1.52	1.52	1.52
4 割 水 深	1.52	1.33	1.26	1.39	1.39
2 割 水 深	1.20	1.14	1.14	1.08	1.20

４号放水路　Q＝71.5 m³/s　（実験ケース８）

水深方向＼断面	0.4	0.8	1.0	1.4	2.0
表　　面	1.52	1.39	1.52	1.71	1.64
8 割 水 深	2.02	1.64	1.90	1.90	2.02
6 割 水 深	1.90	1.71	2.02	1.90	1.90
4 割 水 深	2.02	1.77	1.90	2.09	1.90
2 割 水 深	1.33	1.58	1.33	1.33	1.33

附表－3－3　流速測定結果（ケース9，10）

3号放水路　Q＝30m³/s　（実験ケース9）

水深方向＼断面	0.1	0.3	0.6	1.0	1.4
表　面	1.20	1.20	1.10	1.16	1.05
8割水深	1.26	1.35	1.40	1.50	1.39
6割水深	1.37	1.43	1.47	1.53	1.50
4割水深	1.35	1.48	1.45	1.58	1.40
2割水深	1.13	1.30	1.29	1.30	1.39

4号放水路　Q＝55m³/s　（実験ケース9）

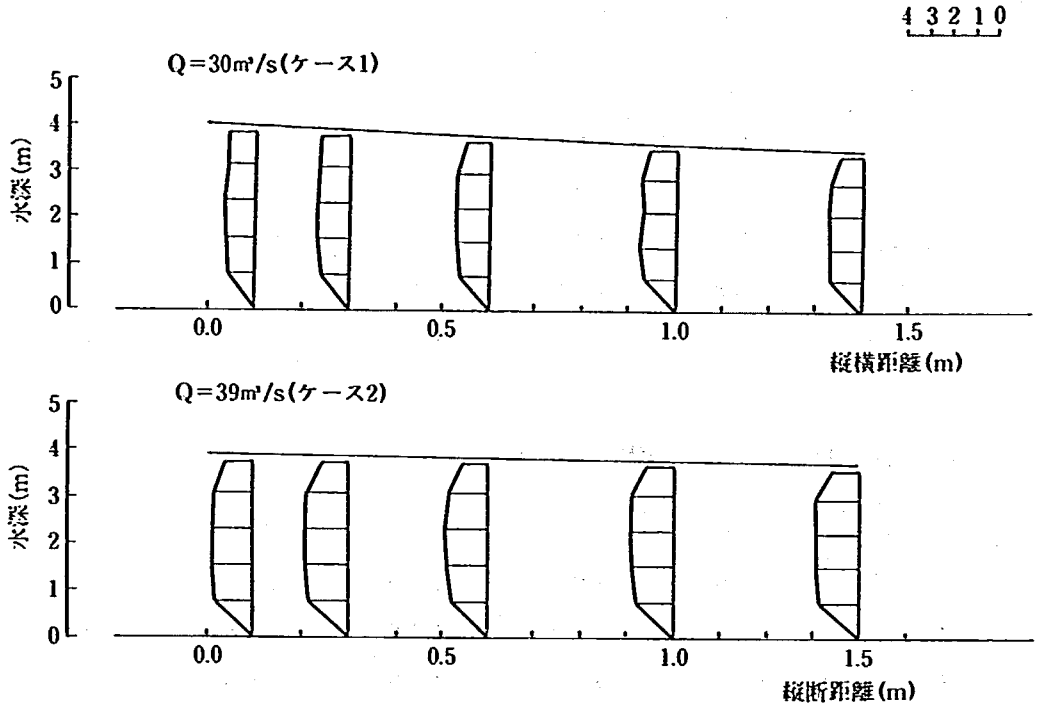
水深方向＼断面	0.4	0.8	1.0	1.4	2.0
表　面	0.80	1.07	1.00	1.00	1.00
8割水深	1.21	1.29	1.48	1.38	1.36
6割水深	1.30	1.32	1.50	1.40	1.50
4割水深	1.32	1.36	1.44	1.41	1.52
2割水深	1.27	1.15	1.29	1.30	1.35

3号放水路　Q＝30m³/s　（実験ケース10）

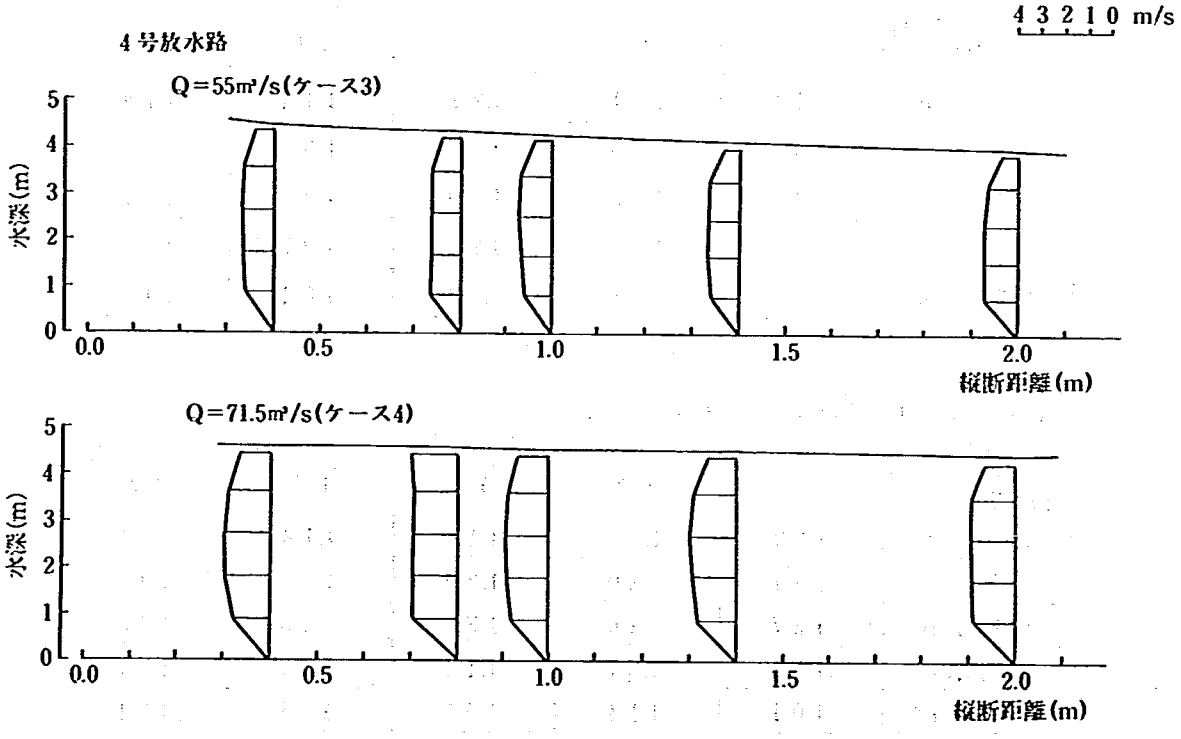
水深方向＼断面	0.1	0.3	0.6	1.0	1.4
表　面	1.14	1.01	1.27	1.14	1.14
8割水深	1.39	1.39	1.27	1.39	1.33
6割水深	1.45	1.39	1.39	1.39	1.27
4割水深	1.39	1.27	1.27	1.27	1.20
2割水深	1.01	1.08	1.14	1.01	1.14

4号放水路　Q＝55m³/s　（実験ケース10）

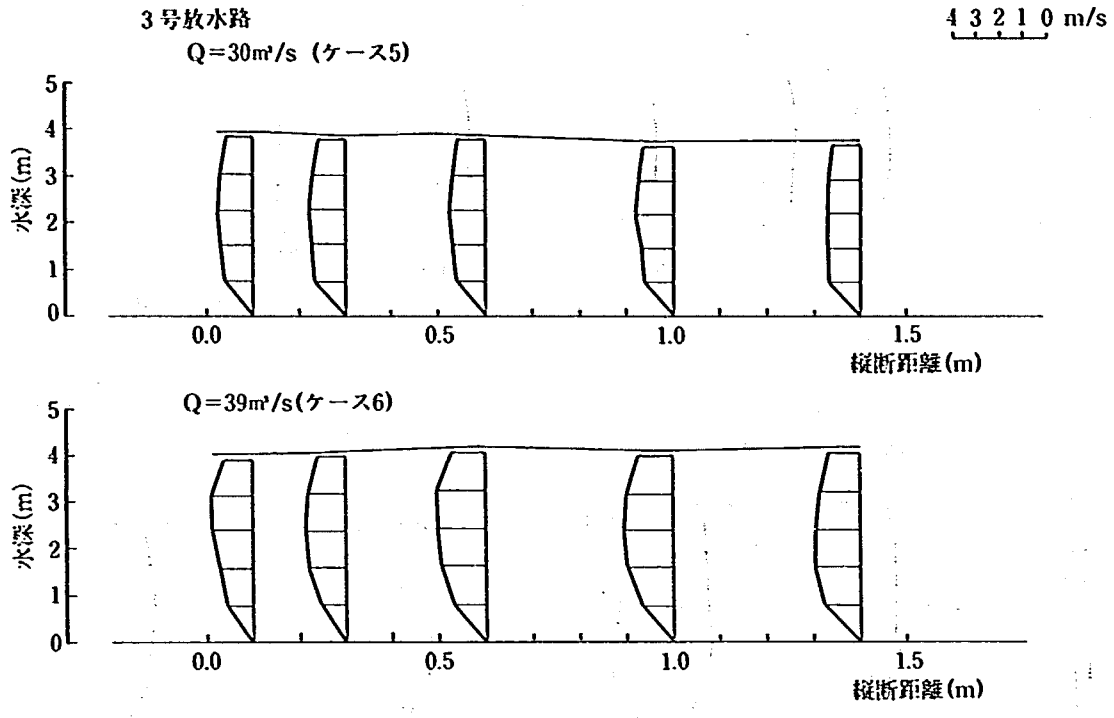
水深方向＼断面	0.4	0.8	1.0	1.4	2.0
表　面	1.01	1.08	1.14	1.14	1.14
8割水深	1.27	1.20	1.39	1.45	1.39
6割水深	1.27	1.20	1.39	1.45	1.45
4割水深	1.14	1.27	1.14	1.27	1.27
2割水深	1.01	1.14	1.01	1.01	1.01



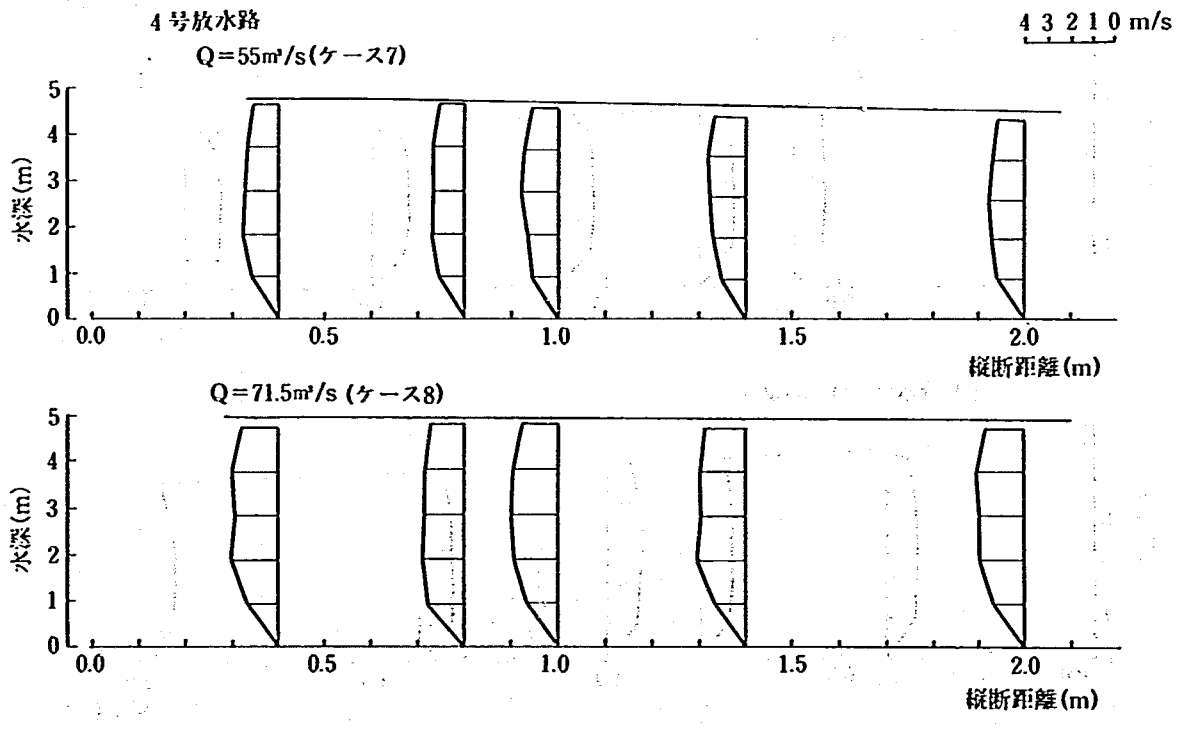
附図－４－１　流速分布図（ケース１，２）



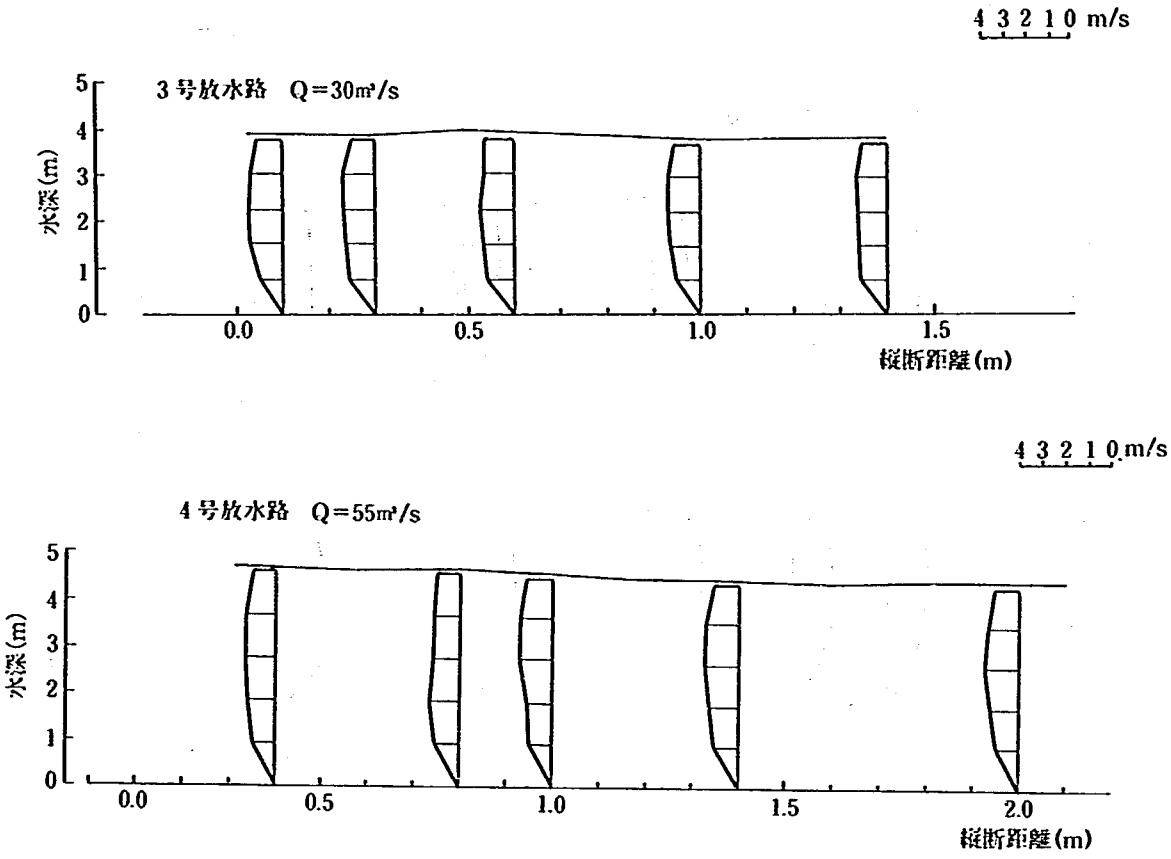
附図－４－２　流速分布図（ケース３，４）



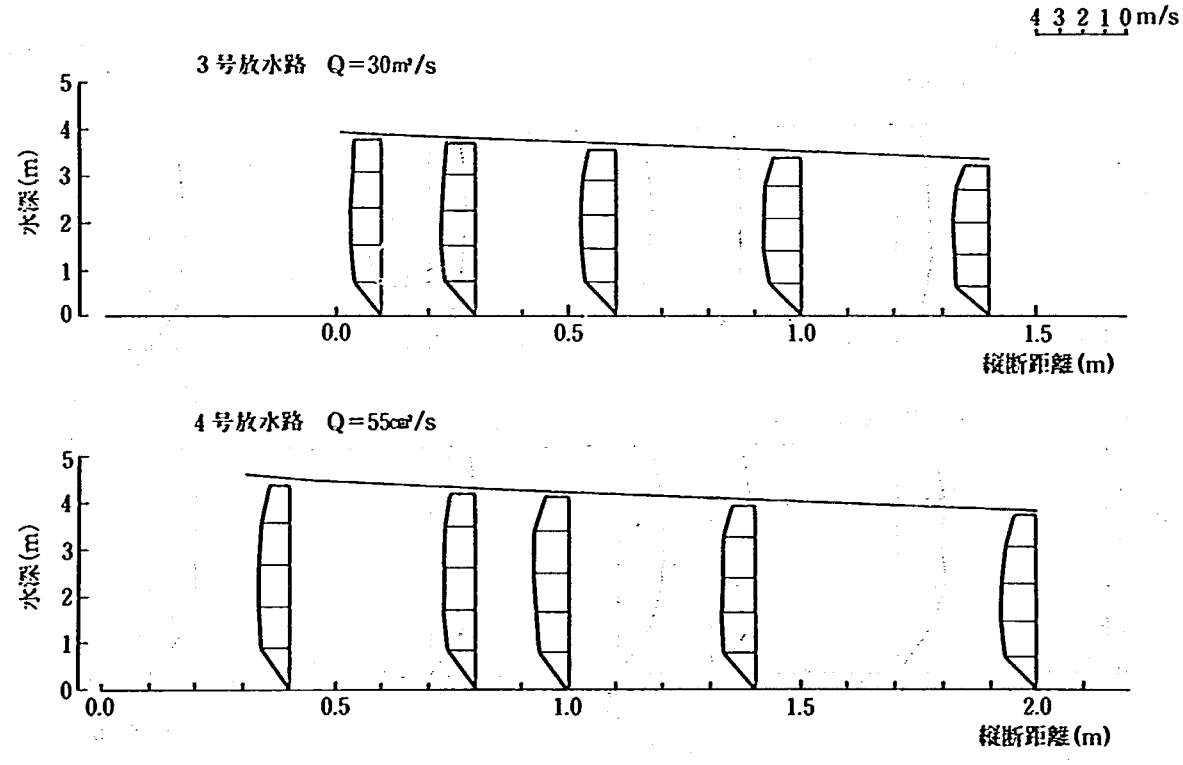
附図－4－3　流速分布図（ケース5，6）



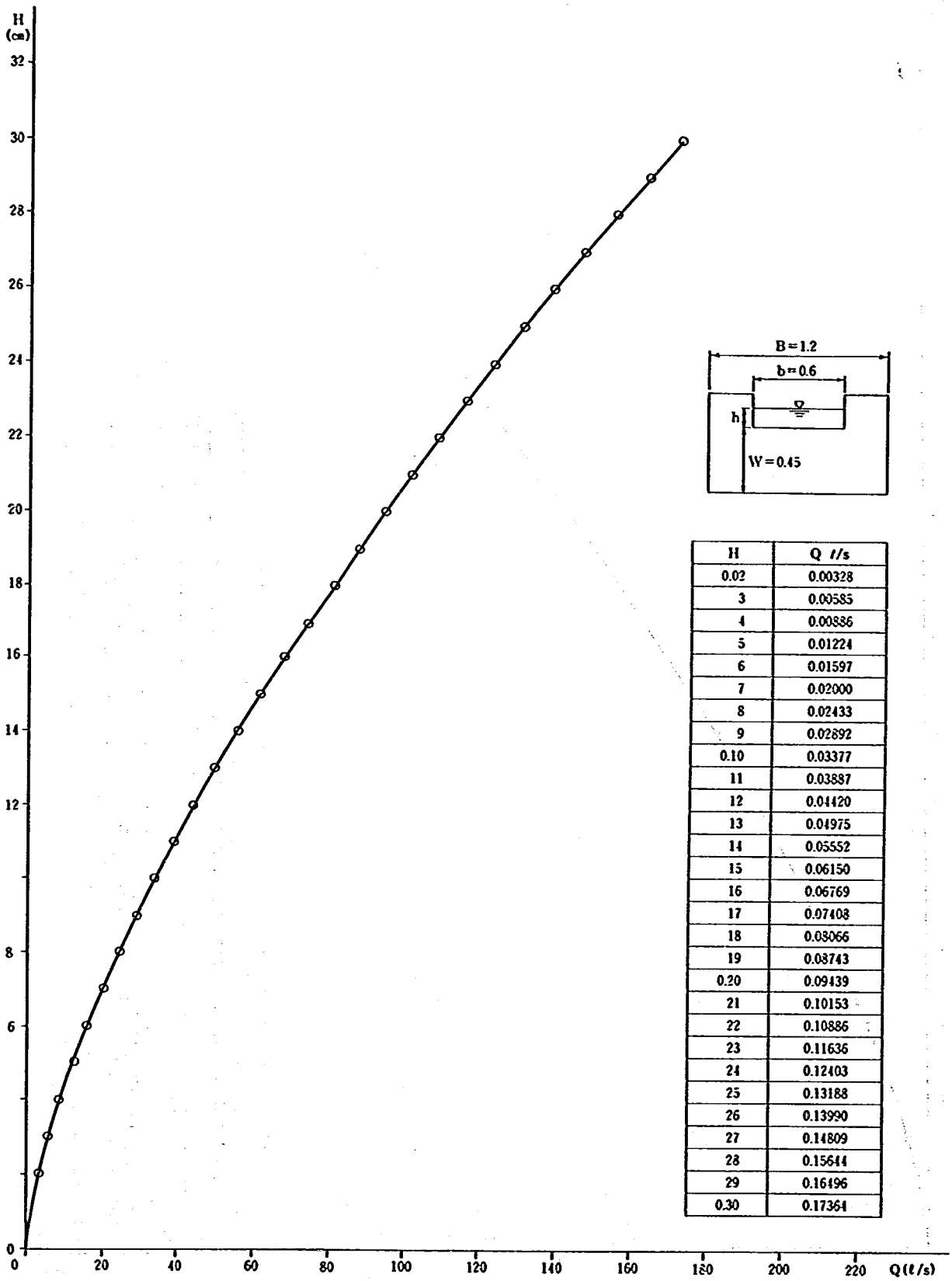
附図－4－4　流速分布図（ケース7，8）



附図－4－5　流速分布図（ケース9）

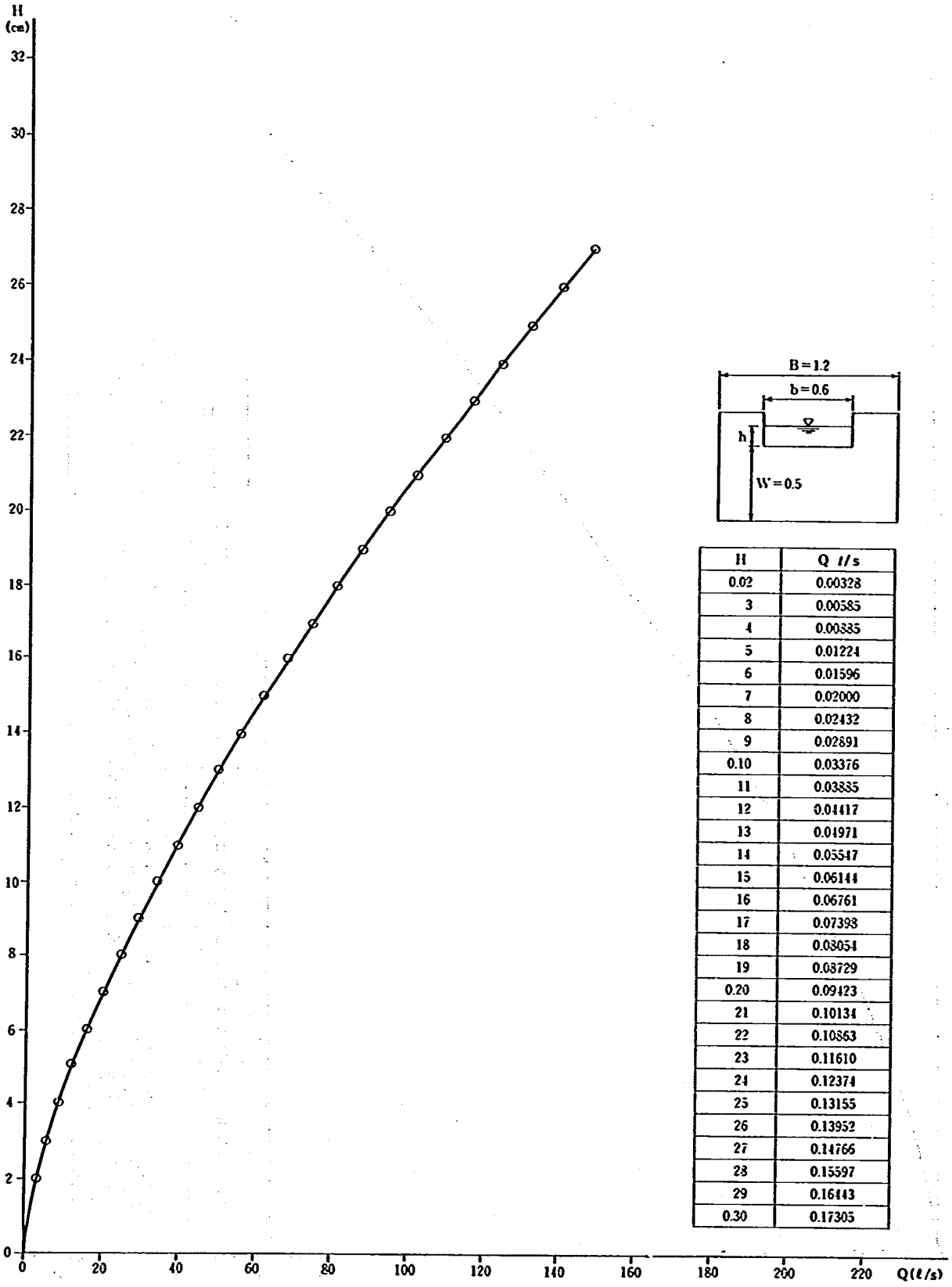


附図－4－6　流速分布図（ケース10）



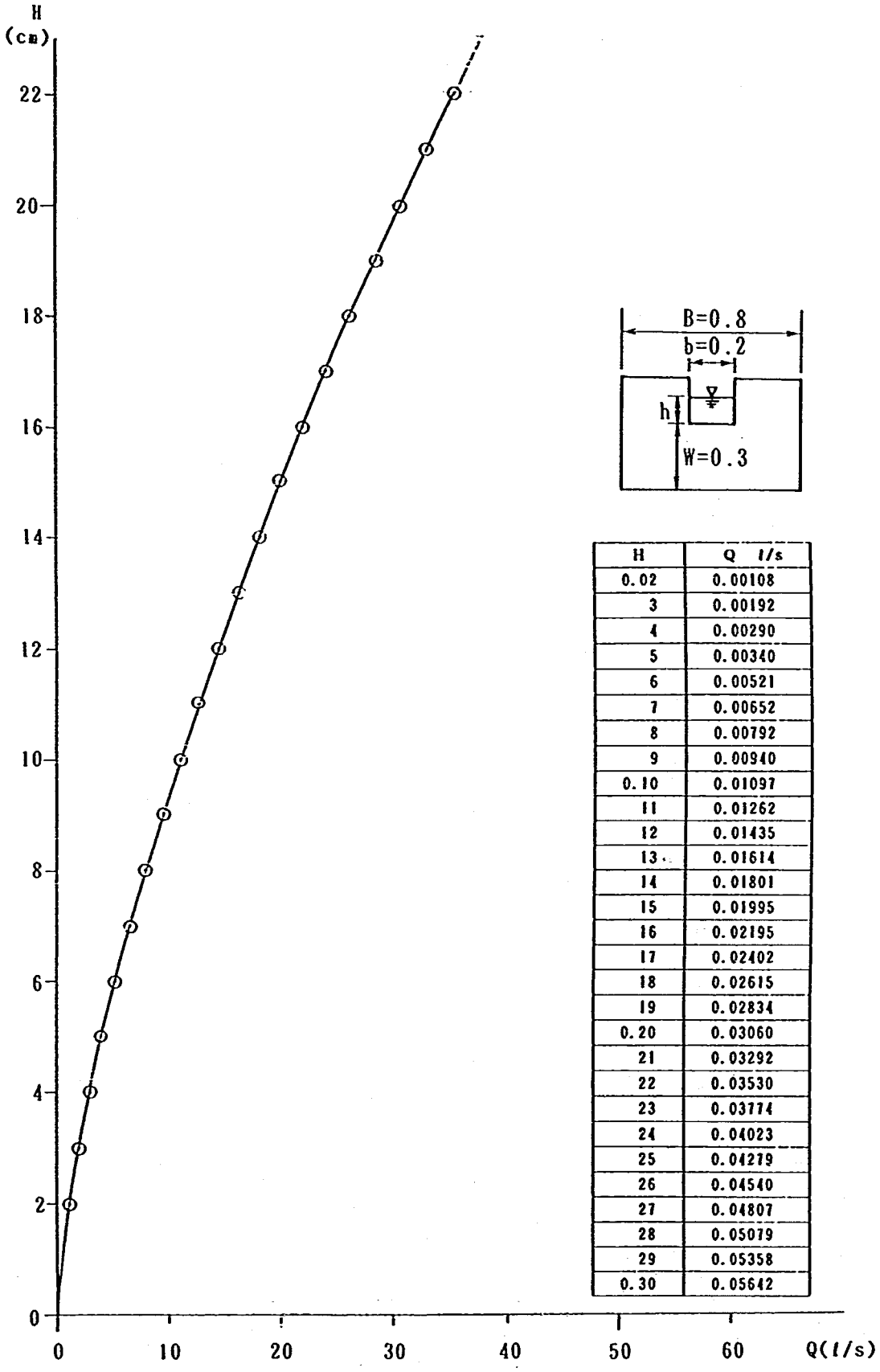
H	Q ℓ/s
0.02	0.00328
3	0.00585
4	0.00886
5	0.01224
6	0.01597
7	0.02000
8	0.02433
9	0.02892
0.10	0.03377
11	0.03887
12	0.04420
13	0.04975
14	0.05552
15	0.06150
16	0.06769
17	0.07408
18	0.08066
19	0.08743
0.20	0.09439
21	0.10153
22	0.10886
23	0.11636
24	0.12403
25	0.13188
26	0.13990
27	0.14809
28	0.15644
29	0.16496
0.30	0.17364

附図－5－1　四角堰のH－Q図（上流量水槽）



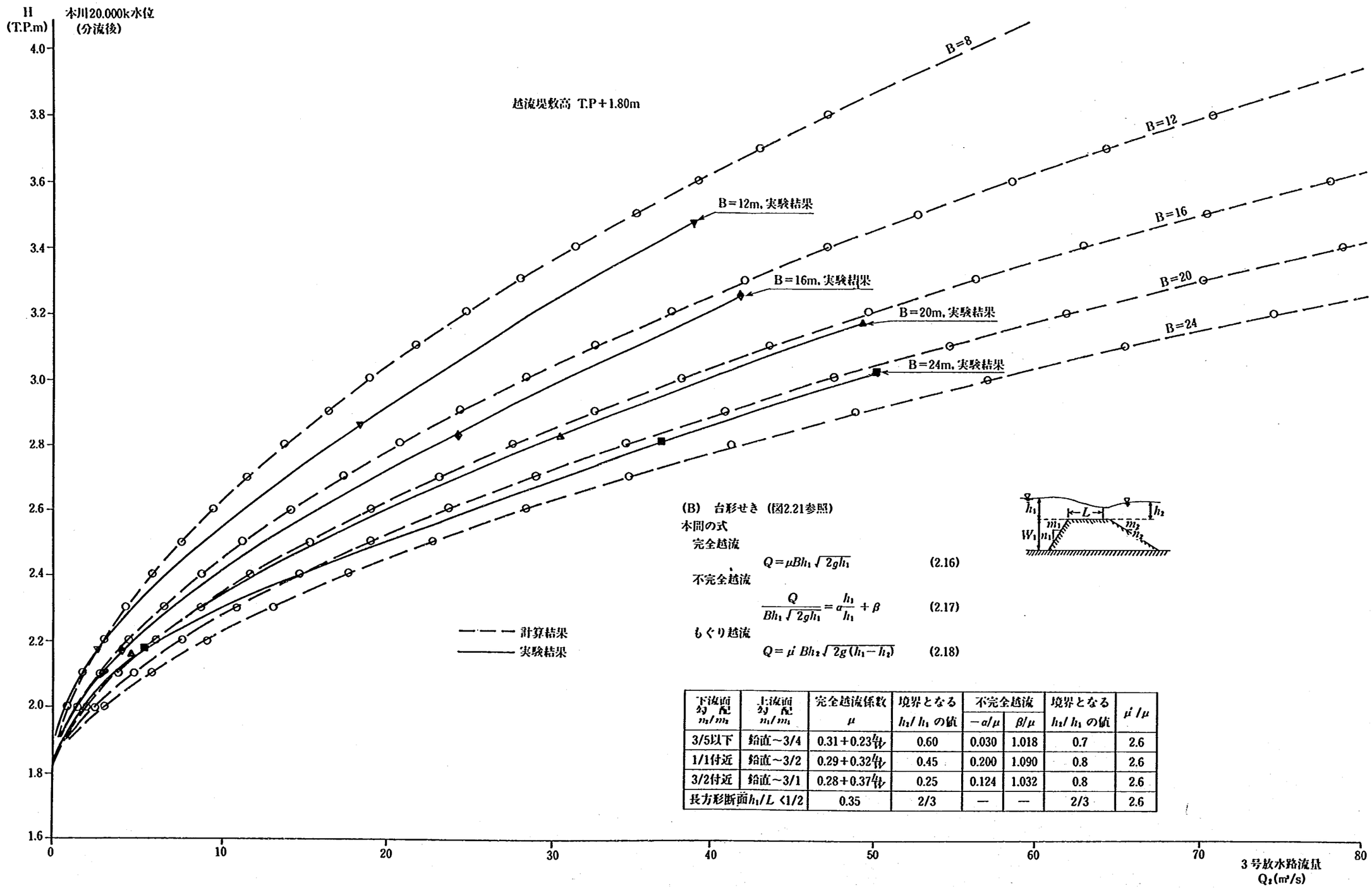
H	Q ℓ/s
0.02	0.00328
3	0.00585
4	0.00885
5	0.01224
6	0.01596
7	0.02000
8	0.02432
9	0.02891
0.10	0.03376
11	0.03885
12	0.04417
13	0.04971
14	0.05547
15	0.06144
16	0.06761
17	0.07398
18	0.08054
19	0.08729
0.20	0.09423
21	0.10134
22	0.10863
23	0.11610
24	0.12374
25	0.13155
26	0.13952
27	0.14766
28	0.15597
29	0.16443
0.30	0.17305

附図－５－２　四角堰のＨ－Ｑ図（下流量水槽）



H	Q l/s
0.02	0.00108
3	0.00192
4	0.00290
5	0.00340
6	0.00521
7	0.00652
8	0.00792
9	0.00940
0.10	0.01097
11	0.01262
12	0.01435
13	0.01614
14	0.01801
15	0.01995
16	0.02195
17	0.02402
18	0.02615
19	0.02834
0.20	0.03060
21	0.03292
22	0.03530
23	0.03774
24	0.04023
25	0.04279
26	0.04540
27	0.04807
28	0.05079
29	0.05358
0.30	0.05642

附図－５－３　四角堰のＨ－Ｑ図（３号放水路下流量水槽）



(B) 台形せき (図2.21参照)

本間の式

完全越流

$$Q=\mu B h_1\sqrt{2gh_1} \qquad (2.16)$$

不完全越流

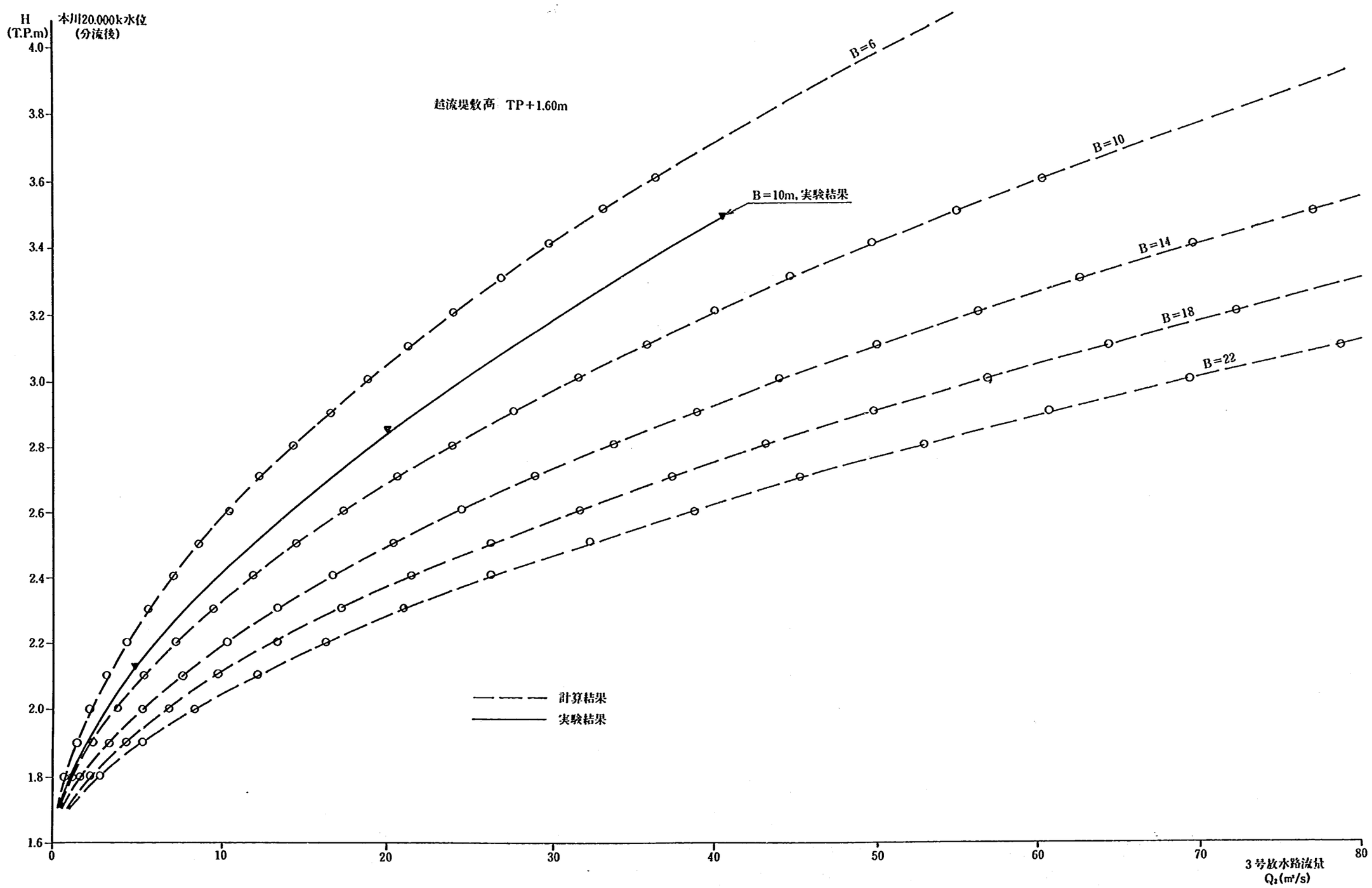
$$\frac{Q}{Bh_1\sqrt{2gh_1}}=\alpha\frac{h_1}{h_1}+\beta \qquad (2.17)$$

もぐり越流

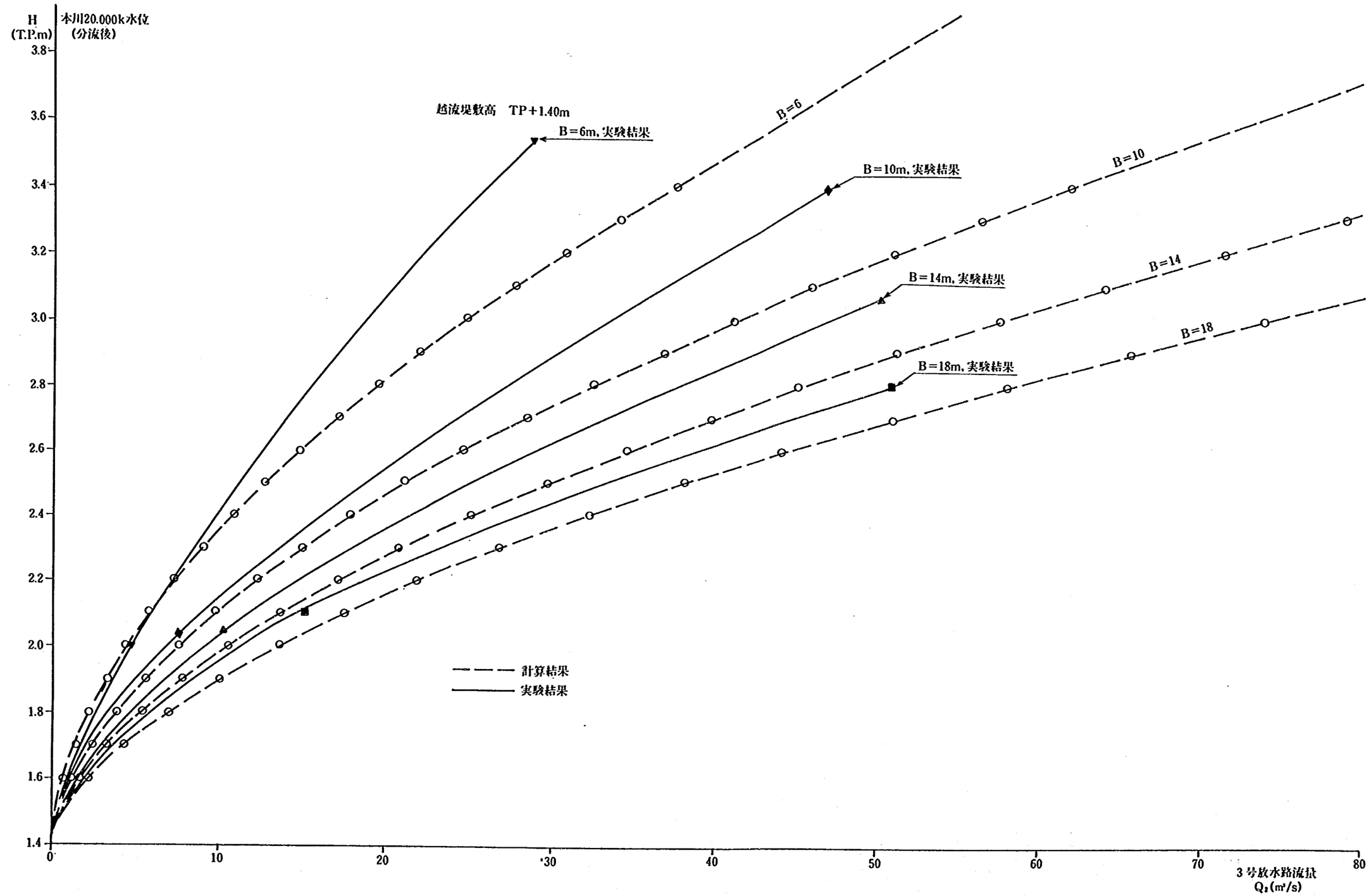
$$Q=\mu' Bh_2\sqrt{2g(h_1-h_2)} \qquad (2.18)$$

下流面勾配 n_2/m_2	上流面勾配 n_1/m_1	完全越流係数 μ	境界となる h_2/h_1 の値	不完全越流 $-\alpha/\mu$	不完全越流 β/μ	境界となる h_2/h_1 の値	μ'/μ
3/5以下	鉛直～3/4	$0.31+0.23\frac{h_1}{W_1}$	0.60	0.030	1.018	0.7	2.6
1/1付近	鉛直～3/2	$0.29+0.32\frac{h_1}{W_1}$	0.45	0.200	1.090	0.8	2.6
3/2付近	鉛直～3/1	$0.28+0.37\frac{h_1}{W_1}$	0.25	0.124	1.032	0.8	2.6
長方形断面 $h_1/L<1/2$		0.35	2/3	—	—	2/3	2.6

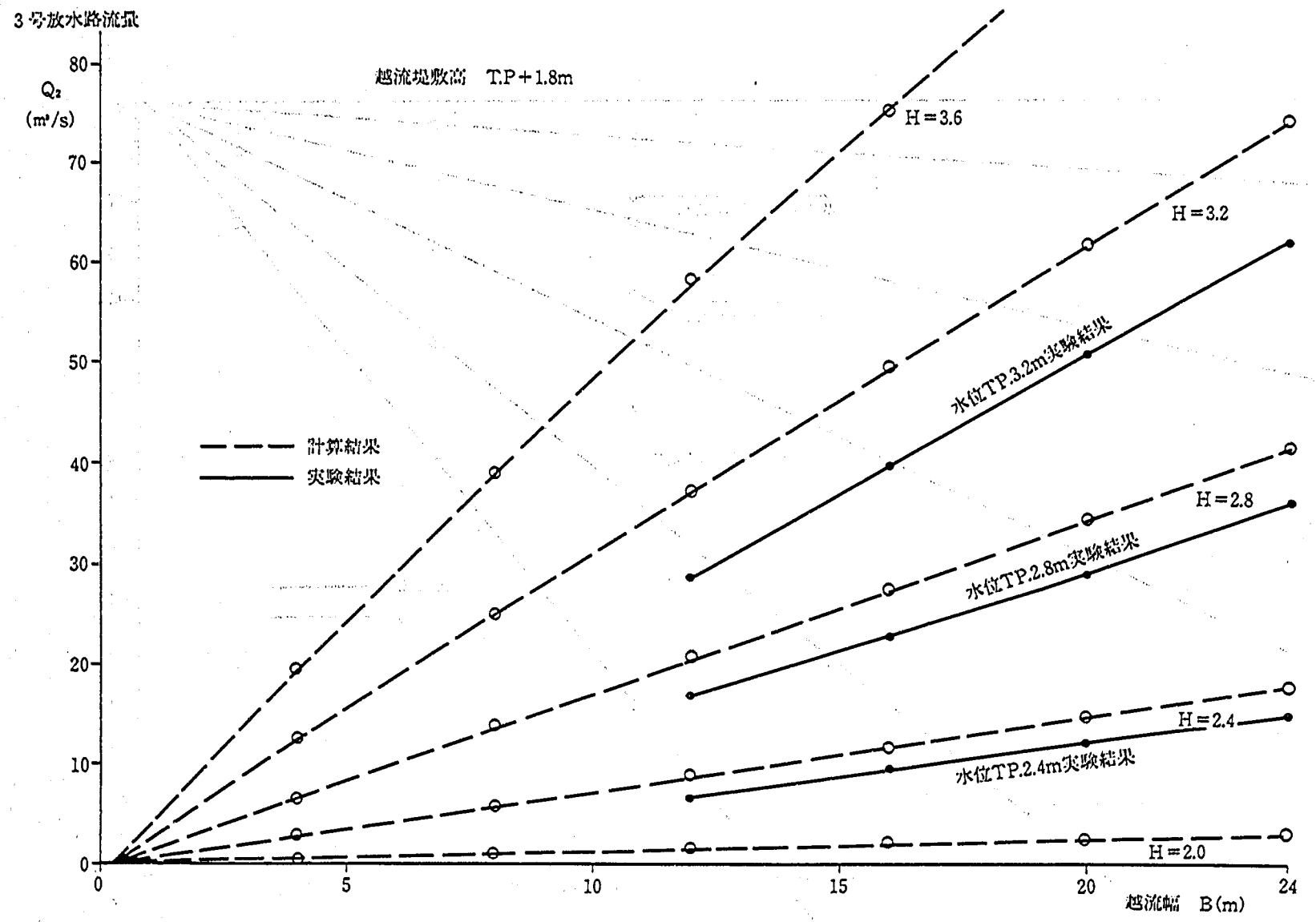
附図－6－1　越流堤幅～本川20,000k水位～3号放水路流出量（T.P. 1.8m）



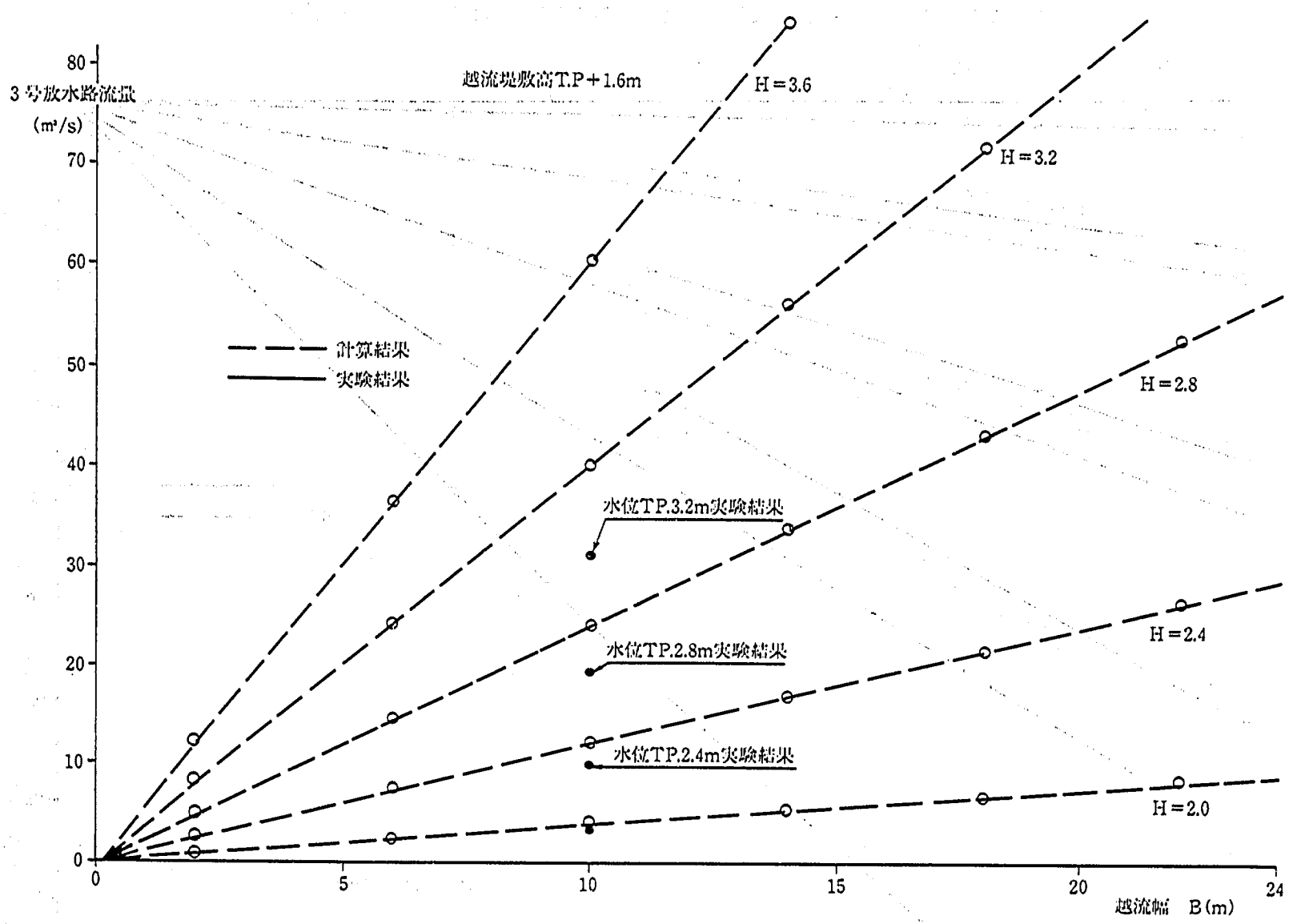
附図－６－２　越流堤幅～本川20,000k水位～３号放水路流出量（T. P. 1.6m）



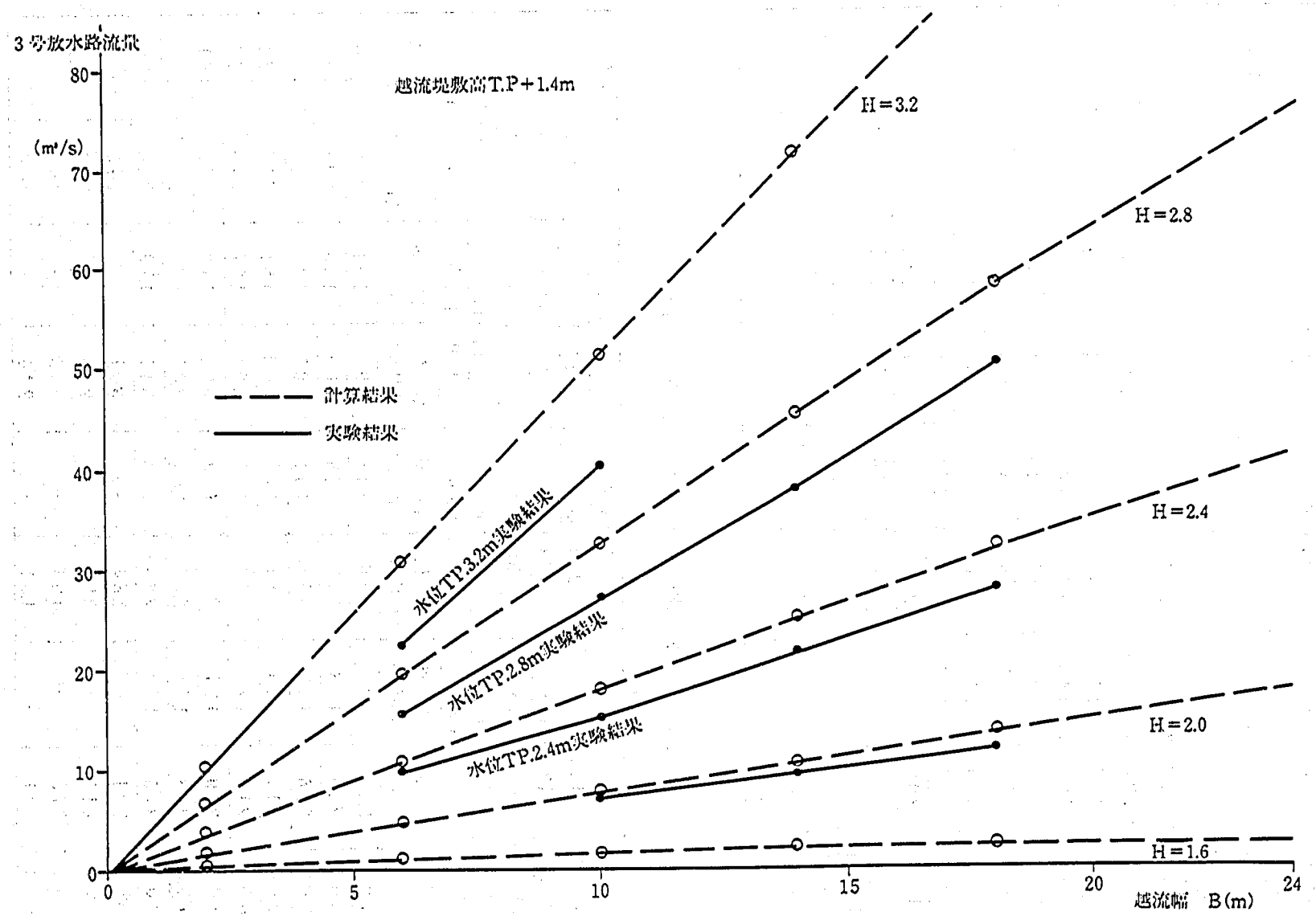
附図－6－3　越流堤幅～本川20,000k水位～3号放水路流出量（T. P. 1.4m）



附図－６－４　本川２０.０００ｋ水位～３号放水路流出量～越流堤幅（T.P. 1.8ｍ）



附図－６－５　本川２０.０００ｋ水位～３号放水路流出量～越流堤幅（T.P. 1.6ｍ）



附図－６－６　本川２０.０００ｋ水位～３号放水路流出量～越流堤幅（T.P. 1.4ｍ）

附表－7－1　水位・流速測定結果（ケース1～3）

ケース番号	ケースNo 1		ケースNo 2		ケースNo 3			
上流流量	122 m³/s		173 m³/s		234 m³/s			
本川下流流量	—		—		—			
放水路流量	—		—		—			
越流堤幅	—		—		—			
越流堤敷高	—		—		—			
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	1.95	1.43	2.65	1.61	3.51	1.61		
19/800	1.93	1.43	2.71	1.43	3.58	1.61		
19/900	1.98	1.25	2.75	1.43	3.61	1.61		
20/000	2.00	1.25	2.78	1.43	3.61	1.61		
20/050	2.05	1.43	2.78	1.61	3.65	1.61		
20/100	2.07	1.52	2.81	1.61	3.66	1.43		
20/150	2.06	1.52	2.82	1.43	3.67	1.43		
20/200	2.05	1.34	2.87	1.43	3.71	1.43		
越流堤前面	—	—	—	—	—	—		
〃 天端	—	—	—	—	—	—		
放水路ゲート上	—	—	—	—	—	—		
〃 下	—	—	—	—	—	—		

附表－7－2　水位・流速測定結果（ケース4～7）

ケース番号	ケースNo 4		ケースNo 5		ケースNo 6		ケースNo 7	
上流流量	133.7 m³/s		209.7 m³/s		246.1 m³/s		129.8 m³/s	
本川下流流量	128.0 m³/s		173.0 m³/s		196.0 m³/s		125.0 m³/s	
放水路流量	5.7 m³/s		36.7 m³/s		50.1 m³/s		4.8 m³/s	
越流堤幅	24.0 m		24.0 m		24.0 m		20.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	2.06	1.43	2.68	1.43	2.98	1.61	2.02	1.39
19/800	2.09	1.43	2.73	1.25	3.00	1.43	2.08	1.43
19/900	2.16	1.43	2.75	1.61	3.03	1.43	2.11	1.34
20/000	2.17	1.25	2.81	1.79	3.02	1.61	2.15	1.34
20/050	2.16	1.79	2.77	1.61	3.01	1.97	2.16	1.70
20/100	2.19	1.61	2.79	1.79	3.01	1.79	2.16	1.61
20/150	2.23	1.43	2.84	1.61	3.05	1.79	2.18	1.52
20/200	2.25	1.79	2.88	1.43	3.11	1.79	2.20	1.79
越流堤前面	2.21	—	2.84	—	3.07	—	2.15	—
〃 天端	2.11	—	2.53	—	2.65	—	2.09	—
放水路ゲート上	0.73	—	1.95	—	2.55	—	4.05	—
〃 下	0.71	—	1.81	—	2.40	—	4.06	—

附表－7－3　水位・流速測定結果（ケース8～11）

ケース番号	ケースNo 8		ケースNo 9		ケースNo 10		ケースNo 11	
上流流量	206.4 m³/s		246.7 m³/s		134.1 m³/s		201.2 m³/s	
本川下流流量	176.0 m³/s		197.5 m³/s		130.0 m³/s		177.0 m³/s	
放水路流量	30.4 m³/s		49.2 m³/s		4.1 m³/s		24.2 m³/s	
越流堤幅	20.0 m³		20.0 m		16.0 m		16.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	2.76	1.43	3.05	1.70	2.07	1.45	2.72	1.79
19/800	2.74	1.34	3.08	1.52	2.10	1.45	2.79	1.61
19/900	2.76	1.52	3.12	1.52	2.13	1.42	2.82	1.79
20/000	2.82	1.70	3.17	1.61	2.17	1.23	2.83	1.43
20/050	2.79	1.61	3.12	1.79	2.17	1.70	2.80	1.61
20/100	2.78	1.70	3.14	1.79	2.19	1.68	2.76	1.61
20/150	2.82	1.79	3.17	1.79	2.22	1.56	2.85	1.25
20/200	2.88	1.61	3.22	1.70	2.25	1.75	2.91	1.79
越流堤前面	2.86	—	3.19	—	2.19	—	2.90	—
〃　天端	2.56	—	2.76	—	2.13	—	2.59	—
放水路ゲート上	3.87	—	3.69	—	0.68	—	1.50	—
〃　下	3.90	—	3.73	—	0.68	—	1.30	—

附表－7－4　水位・流速測定結果（ケース12～15）

ケース番号	ケースNo 12		ケースNo 13		ケースNo 14		ケースNo 15	
上流流量	246.7 m³/s		133.8 m³/s		154.8 m³/s		174.1 m³/s	
本川下流流量	205.0 m³/s		129.0 m³/s		144.0 m³/s		158.0 m³/s	
放水路流量	41.7 m³/s		4.8 m³/s		10.8 m³/s		16.1 m³/s	
越流堤幅	16.0 m		16.0 m		16.0 m		16.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	3.10	1.60	2.08	—	2.32	—	2.46	—
19/800	3.13	1.50	2.12	—	2.34	—	2.53	—
19/900	3.22	1.48	2.16	—	2.37	—	2.56	—
20/000	3.25	1.78	2.21	—	2.42	—	2.59	—
20/050	3.19	1.97	2.22	—	2.40	—	2.56	—
20/100	3.19	2.03	2.22	—	2.44	—	2.64	—
20/150	3.25	1.98	2.26	—	2.44	—	2.63	—
20/200	3.25	1.89	2.29	—	2.45	—	2.63	—
越流堤前面	3.23	—	2.24	—	2.44	—	2.60	—
〃　天端	2.81	—	2.12	—	2.28	—	2.37	—
放水路ゲート上	2.19	—	0.81	—	0.80	—	1.10	—
〃　下	2.05	—	0.69	—	0.78	—	0.98	—

附表－7－5　水位・流速測定結果（ケース 16～19）

ケース番号	ケースNo 16		ケースNo 17		ケースNo 18		ケースNo 19	
上流流量	197.2 m³/s		219.7 m³/s		243.6 m³/s		264.0 m³/s	
本川下流流量	173.0 m³/s		188.0 m³/s		203.0 m³/s		217.0 m³/s	
放水路流量	24.2 m³/s		31.7 m³/s		40.6 m³/s		47.0 m³/s	
越流堤幅	16.0 m		16.0 m		16.0 m		16.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	2.71	—	2.91	—	3.13	—	3.28	—
19/800	2.73	—	2.93	—	3.18	—	3.31	—
19/900	2.76	—	2.97	—	3.19	—	3.32	—
20/000	2.82	—	2.99	—	3.23	—	3.36	—
20/050	2.76	—	2.94	—	3.17	—	3.32	—
20/100	2.77	—	3.00	—	3.20	—	3.35	—
20/150	2.82	—	3.04	—	3.27	—	3.38	—
20/200	2.82	—	2.89	—	3.30	—	3.34	—
越流堤前面	2.84	—	3.00	—	3.24	—	3.35	—
〃　天端	2.55	—	2.62	—	2.76	—	2.83	—
放水路ゲート上	1.26	—	1.58	—	1.99	—	2.44	—
〃　下	1.20	—	1.53	—	1.90	—	2.37	—

附表－7－6　水位・流速測定結果（ケース 20～23）

ケース番号	ケースNo 20		ケースNo 21		ケースNo 22		ケースNo 23	
上流流量	264.0 m³/s		264.0 m³/s		130.9 m³/s		198.4 m³/s	
本川下流流量	205.0 m³/s		197.3 m³/s		128.0 m³/s		180.0 m³/s	
放水路流量	59.0 m³/s		66.7 m³/s		2.9 m³/s		18.4 m³/s	
越流堤幅	16.0 m		16.0 m		12.0 m		12.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	3.60	—	3.82	—	2.05	1.25	2.77	1.36
19/800	3.63	—	3.84	—	2.11	1.25	2.79	1.44
19/900	3.65	—	3.83	—	2.15	1.25	2.87	1.51
20/000	3.65	—	3.82	—	2.17	1.43	2.86	1.79
20/050	3.58	—	3.88	—	2.19	1.43	2.85	1.61
20/100	3.64	—	3.87	—	2.21	1.61	2.87	1.81
20/150	3.68	—	3.85	—	2.25	1.61	2.87	1.63
20/200	3.64	—	3.85	—	2.25	1.43	2.90	1.50
越流堤前面	3.64	—	3.88	—	2.17	—	2.89	—
〃　天端	3.07	—	3.48	—	2.17	—	2.66	—
放水路ゲート上	2.98	—	3.64	—	0.71	—	1.17	—
〃　下	2.91	—	3.46	—	0.70	—	1.03	—

附表－7－7　水位・流速測定結果（ケース 24 ～ 27 ）

ケース番号	ケースNo 24		ケースNo 25		ケースNo 26		ケースNo 27	
上流流量	262.5 m³/s		129.0 m³/s		194.2 m³/s		260.6 m³/s	
本川下流流量	224.0 m³/s		124.0 m³/s		174.0 m³/s		220.0 m³/s	
放水路流量	38.5 m³/s		5.0 m³/s		20.2 m³/s		40.6 m³/s	
越流堤幅	12.0 m		10.0 m		10.0 m		10.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.6 m		T.P＋1.6 m		T.P＋1.6 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19／700	3.37	1.07	2.00	1.34	2.69	1.25	3.42	1.61
19／800	3.41	1.25	2.05	1.25	2.74	1.34	3.46	1.25
19／900	3.43	1.25	2.06	1.34	2.78	1.16	3.47	1.61
20／000	3.47	1.25	2.12	1.43	2.84	1.25	3.48	1.61
20／050	3.45	1.88	2.11	1.25	2.78	1.07	3.44	1.97
20／100	3.45	1.97	2.14	1.52	2.84	1.34	3.50	1.97
20／150	3.49	1.70	2.16	1.43	2.83	1.79	3.52	1.61
20／200	3.59	1.70	2.20	1.52	2.92	1.79	3.54	1.43
越流堤前面	3.49	—	2.12	—	2.81	—	3.50	—
〃　天端	2.98	—	2.01	—	2.52	—	2.95	—
放水路ゲート上	2.05	—	0.72	—	1.11	—	2.03	—
〃　下	1.81	—	0.70	—	1.08	—	0.87	—

附表－7－8　水位・流速測定結果（ケース 28 ～ 31 ）

ケース番号	ケースNo 28		ケースNo 29		ケースNo 30		ケースNo 31	
上流流量	140.2 m³/s		184.7 m³/s		223.8 m³/s		133.2 m³/s	
本川下流流量	125.0 m³/s		153.0 m³/s		173.0 m³/s		123.0 m³/s	
放水路流量	15.2 m³/s		31.7 m³/s		50.8 m³/s		10.2 m³/s	
越流堤幅	18.0 m		18.0 m		18.0 m		14.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19／700	2.01	1.39	2.40	1.34	2.66	1.61	1.97	1.25
19／800	2.07	1.34	2.45	1.25	2.72	1.79	1.99	1.34
19／900	2.09	1.39	2.47	1.25	2.76	1.61	2.02	1.43
20／000	2.10	1.43	2.48	1.34	2.80	1.61	2.04	1.25
20／050	2.08	1.34	2.47	1.25	2.73	1.97	2.05	1.25
20／100	2.12	1.43	2.53	1.34	2.78	1.79	2.07	1.52
20／150	2.16	1.52	2.54	1.52	2.79	1.79	2.11	1.52
20／200	2.17	1.52	2.57	1.52	2.85	1.79	2.11	1.61
越流堤前面	2.14	—	2.49	—	2.82	—	2.07	—
〃　天端	1.93	—	2.12	—	2.33	—	1.88	—
放水路ゲート上	0.94	—	1.61	—	2.48	—	0.85	—
〃　下	0.92	—	1.57	—	2.44	—	0.82	—

附表－7－9　水位・流速測定結果（ケース32～35）

ケース番号	ケースNo 32		ケースNo 33		ケースNo 34		ケースNo 35	
上流流量	209.3 m³/s		248.1 m³/s		125.7 m³/s		211.2 m³/s	
本川下流流量	173.0 m³/s		198.0 m³/s		118.0 m³/s		182.0 m³/s	
放水路流量	36.3 m³/s		50.1 m³/s		7.7 m³/s		29.2 m³/s	
越流堤幅	14.0 m		14.0 m		10.0 m		10.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	2.69	1.16	3.03	1.52	1.91	1.34	2.80	1.52
19/800	2.72	1.25	3.06	1.43	1.97	1.43	2.85	1.43
19/900	2.75	1.07	3.07	1.43	2.01	1.43	2.87	1.43
20/000	2.77	1.61	3.07	1.43	2.03	1.25	2.87	1.61
20/050	2.73	1.97	3.05	1.79	2.06	1.25	2.87	1.52
20/100	2.77	1.79	3.11	1.79	2.09	1.61	2.89	1.70
20/150	2.79	1.79	3.12	1.43	2.09	1.52	2.90	1.70
20/200	2.82	1.79	3.17	1.61	2.08	1.52	2.94	1.79
越流堤前面	2.79	—	3.13	—	2.03	—	2.87	—
〃　天端	2.21	—	2.40	—	1.86	—	2.37	—
放水路ゲート上	1.81	—	2.42	—	0.76	—	1.50	—
〃　下	1.75	—	2.40	—	0.74	—	1.45	—

附表－7－10　水位・流速測定結果（ケース36～39）

ケース番号	ケースNo 36		ケースNo 37		ケースNo 38		ケースNo 39	
上流流量	263.0 m³/s		122.8 m³/s		191.6 m³/s		254.6 m³/s	
本川下流流量	216.0 m³/s		118.0 m³/s		176.0 m³/s		226.0 m³/s	
放水路流量	47.0 m³/s		4.8 m³/s		15.6 m³/s		28.6 m³/s	
越流堤幅	10.0 m		6.0 m		6.0 m		6.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m		T.P＋1.4 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	3.29	1.70	1.90	1.34	2.71	1.43	3.45	1.43
19/800	3.33	1.61	1.94	1.43	2.77	1.79	3.49	1.61
19/900	3.37	1.70	1.95	1.34	2.81	1.43	3.52	1.25
20/000	3.39	1.61	1.99	1.25	2.81	1.07	3.53	1.25
20/050	3.39	1.79	2.01	1.34	2.79	1.79	3.51	1.43
20/100	3.34	1.79	2.05	1.52	2.85	1.70	3.52	1.79
20/150	3.37	1.79	2.06	1.52	2.87	1.79	3.54	1.61
20/200	3.43	1.70	2.07	1.34	2.91	1.79	3.59	1.79
越流堤前面	3.39	—	1.97	—	2.84	—	3.52	—
〃　天端	2.61	—	1.84	—	2.56	—	2.81	—
放水路ゲート上	2.30	—	0.72	—	0.96	—	1.48	—
〃　下	2.27	—	0.70	—	0.94	—	1.43	—

附表－7－11　水位・流速測定結果（ケース40～43）

ケース番号	ケースNo 40		ケースNo 41		ケースNo 42		ケースNo 43	
上流流量	183.0 m³/s		193.0 m³/s		197.5 m³/s		207.5 m³/s	
本川下流流量	173.0 m³/s		173.0 m³/s		187.5 m³/s		187.5 m³/s	
放水路流量	10.0 m³/s		20.0 m³/s		10.0 m³/s		20.0 m³/s	
越流堤幅	16.0 m		16.0 m		16.0 m		16.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
ゲート開度	0.28 m		0.80 m		0.26 m		0.72 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	2.72	—	2.66	—	2.90	—	2.93	—
19/800	2.75	—	2.70	—	2.95	—	2.97	—
19/900	2.78	—	2.69	—	2.98	—	2.98	—
20/000	2.78	—	2.77	—	2.98	—	3.01	—
20/050	2.82	—	2.73	—	3.02	—	3.03	—
20/100	2.84	—	2.76	—	3.07	—	3.05	—
20/150	2.90	—	2.79	—	3.09	—	3.06	—
20/200	2.89	—	2.83	—	3.10	—	3.12	—
越流堤前面	2.82	—	2.79	—	3.02	—	3.06	—
〃 天端	2.78	—	2.61	—	3.01	—	2.96	—
放水路ゲート上	2.79	—	2.56	—	2.99	—	2.99	—
〃 下	0.78	—	1.11	—	0.78	—	1.09	—

附表－7－12　水位・流速測定結果（ケース44～47）

ケース番号	ケースNo 44		ケースNo 45		ケースNo 46		ケースNo 47	
上流流量	217.5 m³/s		232.5 m³/s		247.0 m³/s		254.0 m³/s	
本川下流流量	187.5 m³/s		202.5 m³/s		217.0 m³/s		244.0 m³/s	
放水路流量	30.0 m³/s		30.0 m³/s		30.0 m³/s		10.0 m³/s	
越流堤幅	16.0 m		16.0 m		16.0 m		16.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
ゲート開度	1.30 m		1.20 m		1.14 m		0.24 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	2.91	—	3.14	—	3.35	—	3.54	—
19/800	2.96	—	3.15	—	3.36	—	3.60	—
19/900	2.98	—	3.22	—	3.39	—	3.64	—
20/000	3.00	—	3.23	—	3.43	—	3.66	—
20/050	2.99	—	3.23	—	3.43	—	3.66	—
20/100	3.00	—	3.24	—	3.48	—	3.70	—
20/150	3.06	—	3.29	—	3.51	—	3.74	—
20/200	3.09	—	3.29	—	3.52	—	3.74	—
越流堤前面	3.08	—	3.26	—	3.48	—	3.65	—
〃 天端	2.80	—	3.09	—	3.33	—	3.64	—
放水路ゲート上	2.80	—	3.09	—	3.38	—	3.62	—
〃 下	1.50	—	1.50	—	1.50	—	0.78	—

附表－7－13　水位・流速測定結果（ケース48～51）

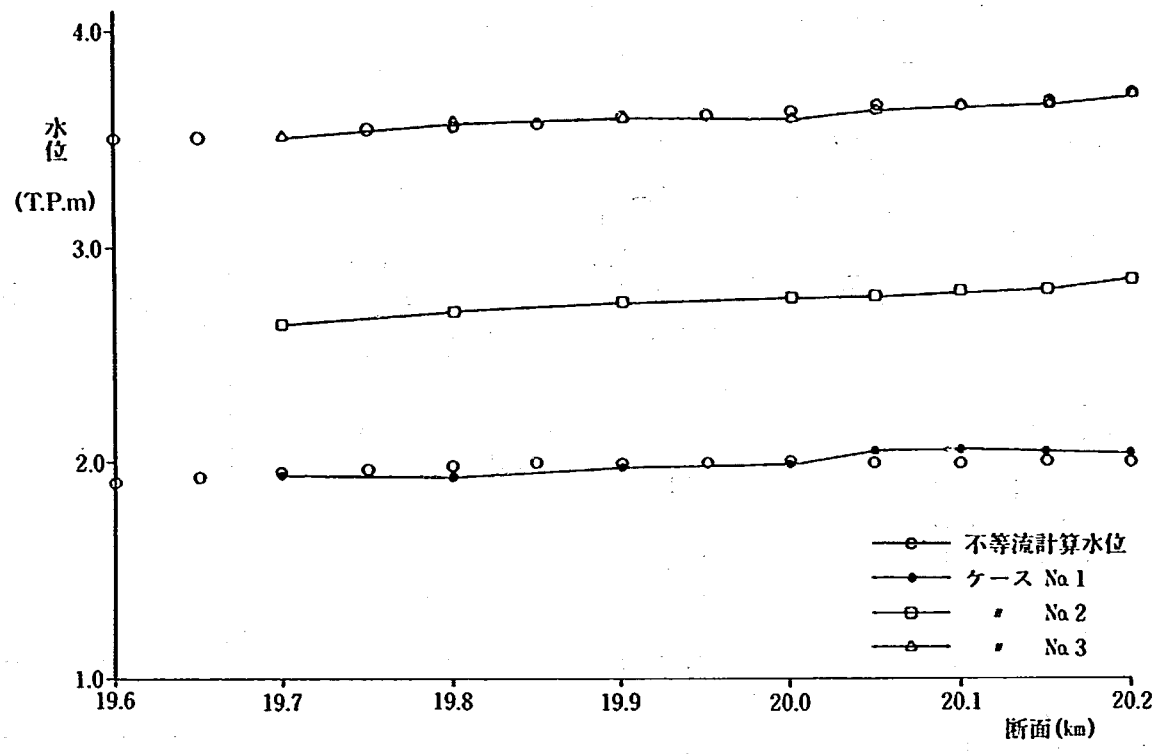
ケース番号	ケースNo 48		ケースNo 49		ケースNo 50		ケースNo 51	
上流流量	264.0 m³/s		264.0 m³/s		264.0 m³/s		264.0 m³/s	
本川下流流量	244.0 m³/s		234.0 m³/s		224.0 m³/s		254.0 m³/s	
放水路流量	20.0 m³/s		30.0 m³/s		40.0 m³/s		10.0 m³/s	
越流堤幅	16.0 m		16.0 m		16.0 m		16.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
ゲート開度	0.66 m		1.10 m		1.60 m		0.22 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	3.55	—	3.51	—	3.53	—	4.03	—
19/800	3.58	—	3.55	—	3.55	—	4.05	—
19/900	3.65	—	3.61	—	3.59	—	4.10	—
20/000	3.67	—	3.65	—	3.63	—	4.14	—
20/050	3.66	—	3.62	—	3.58	—	4.14	—
20/100	3.68	—	3.62	—	3.55	—	4.12	—
20/150	3.74	—	3.64	—	3.56	—	4.14	—
20/200	3.74	—	3.65	—	3.60	—	4.20	—
越流堤前面	3.64	—	3.63	—	3.62	—	4.14	—
〃　天端	3.58	—	3.52	—	3.43	—	4.13	—
放水路ゲート上	3.58	—	3.53	—	3.50	—	4.08	—
〃　下	1.09	—	1.50	—	1.94	—	0.76	—

附表－7－14　水位・流速測定結果（ケース52～55）

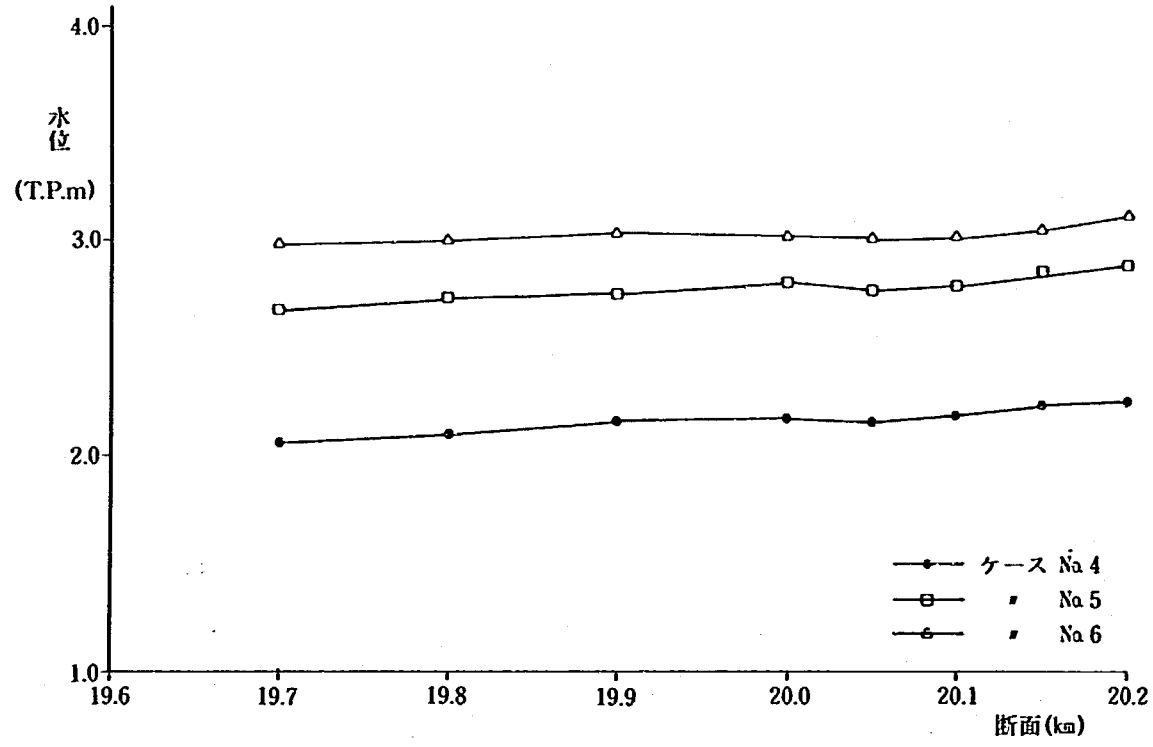
ケース番号	ケースNo 52		ケースNo 53		ケースNo 54		ケースNo 55	
上流流量	264.0 m³/s		264.0 m³		264.0 m³/s		30.0 m³/s	
本川下流流量	244.0 m³/s		234.0 m³		224.0 m³/s		—	
放水路流量	20.0 m³/s		30.0 m³		40.0 m³/s		30.0 m³/s	
越流堤幅	16.0 m		16.0 m		16.0 m		16.0 m	
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m	
ゲート開度	0.62 m		1.04 m		1.50 m		1.26 m	
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	4.05	—	3.99	—	4.03	—	—	—
19/800	4.07	—	3.99	—	4.02	—	—	—
19/900	4.10	—	4.05	—	4.10	—	—	—
20/000	4.12	—	4.08	—	4.10	—	3.12	—
20/050	4.12	—	4.03	—	4.07	—	3.12	—
20/100	4.17	—	4.08	—	4.06	—	3.12	—
20/150	4.18	—	4.10	—	4.08	—	3.12	—
20/200	4.20	—	4.12	—	4.07	—	3.12	—
越流堤前面	4.12	—	4.04	—	4.11	—	3.14	—
〃　天端	4.09	—	3.98	—	4.00	—	2.93	—
放水路ゲート上	4.08	—	4.00	—	4.01	—	3.00	—
〃　下	1.09	—	1.50	—	1.92	—	1.50	—

附表－7－15　水位・流速測定結果（ケース56～58）

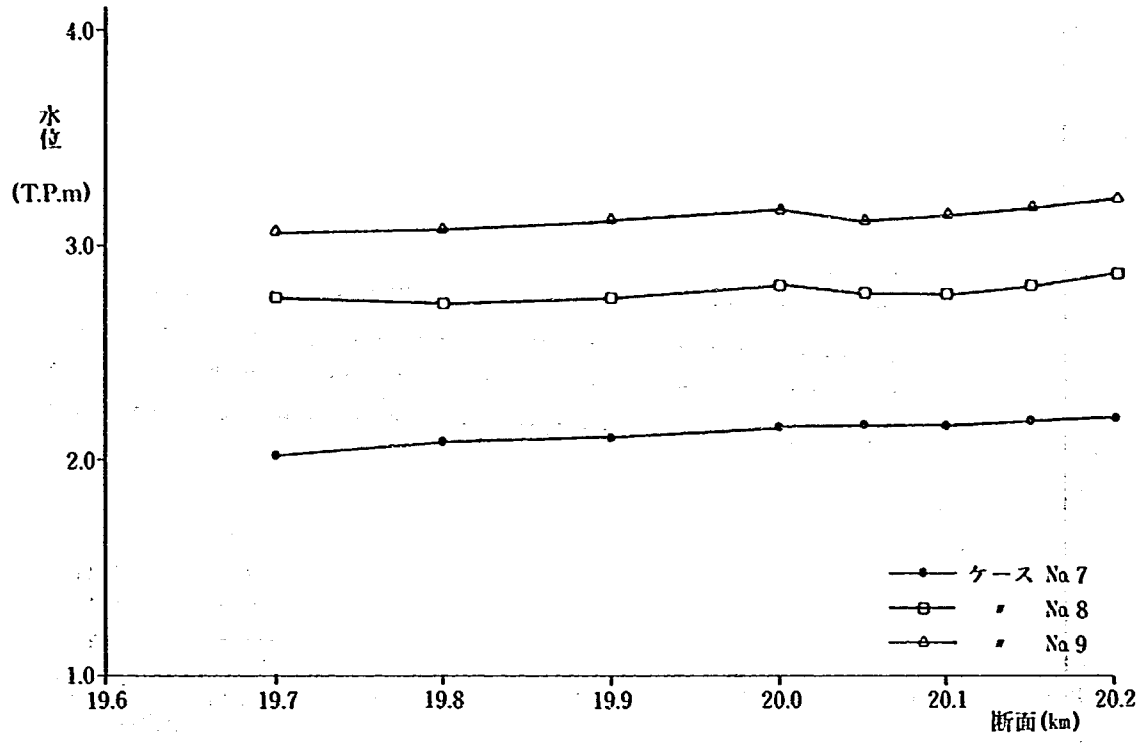
ケース番号	ケースNo 56		ケースNo 57		ケースNo 58			
上流流量	30.0 m³/s		30.0 m³/s		30.0 m³/s			
本川下流流量	—		—		—			
放水路流量	30.0 m³/s		30.0 m³/s		30.0 m³/s			
越流堤幅	16.0 m		16.0 m		16.0 m			
越流堤敷高	T.P＋1.8 m		T.P＋1.8 m		T.P＋1.6 m			
ゲート開度	1.18 m		1.12 m		1.10 m			
断面	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)	水位 (T.P.m)	流速 (m/s)
19/700	—	—	—	—	—	—		
19/800	—	—	—	—	—	—		
19/900	—	—	—	—	—	—		
20/000	3.26	—	3.51	—	3.71	—		
20/050	3.26	—	3.50	—	3.70	—		
20/100	3.25	—	3.48	—	3.72	—		
20/150	3.27	—	3.48	—	3.71	—		
20/200	3.24	—	3.46	—	3.74	—		
越流堤前面	3.25	—	3.46	—	3.71	—		
〃 天端	3.10	—	3.41	—	3.66	—		
放水路ゲート上	3.35	—	3.42	—	3.47	—		
〃 下	1.56	—	1.52	—	1.56	—		



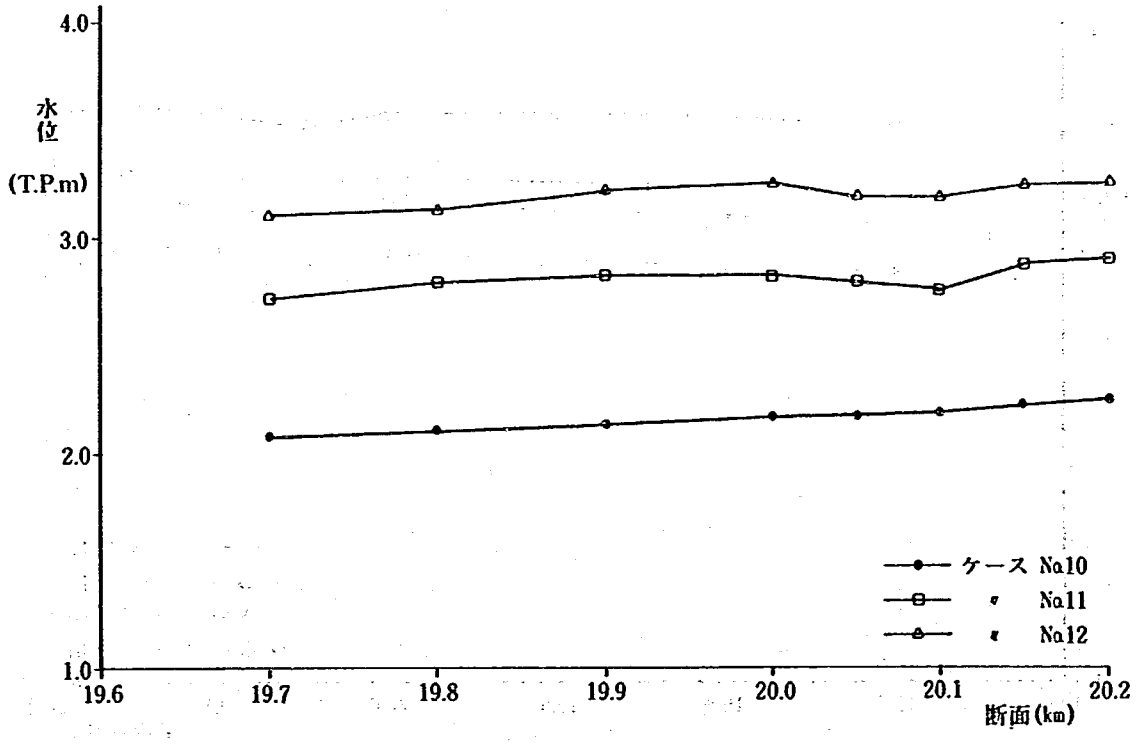
附図－８－１　水位縦断図（ケース１～３）



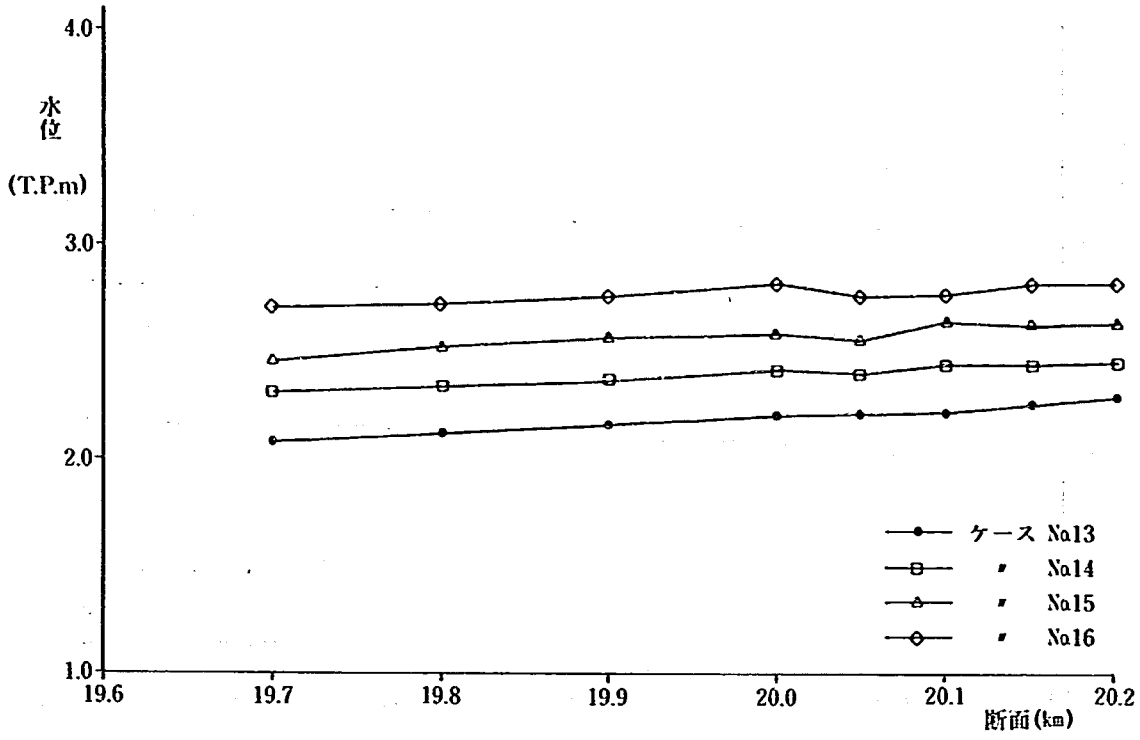
附図－８－２　水位縦断図（ケース４～６）



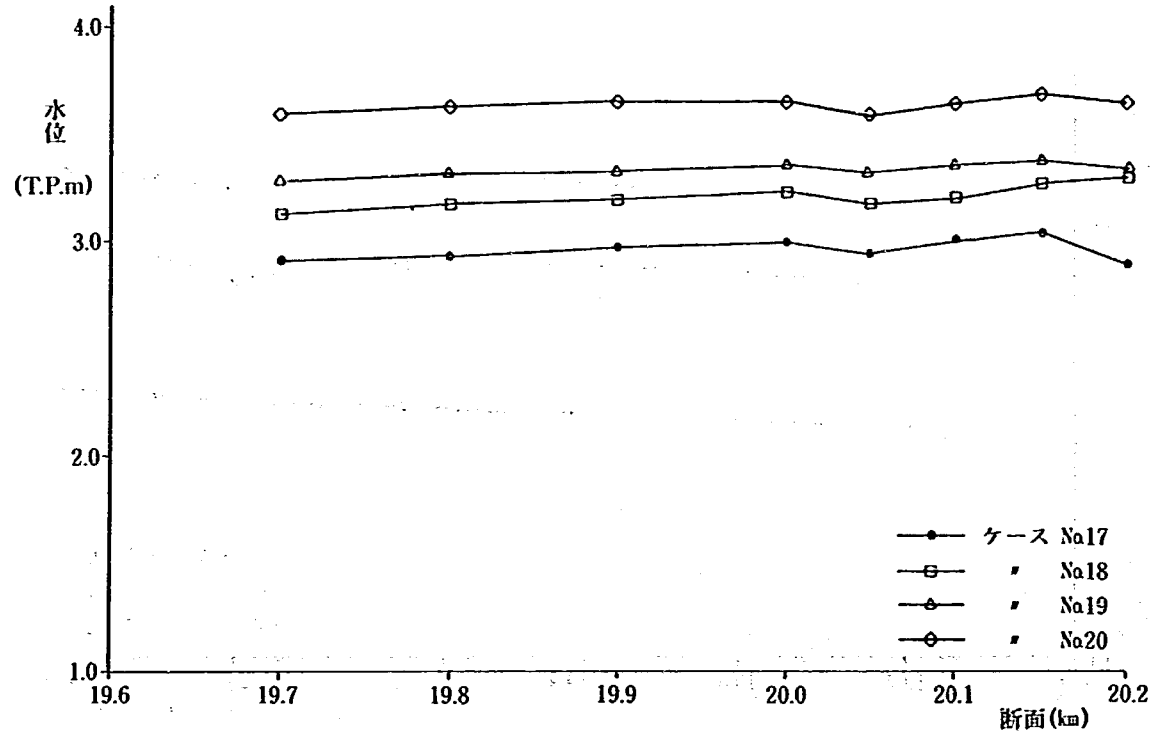
附図－８－３　水位縦断図（ケース７～９）



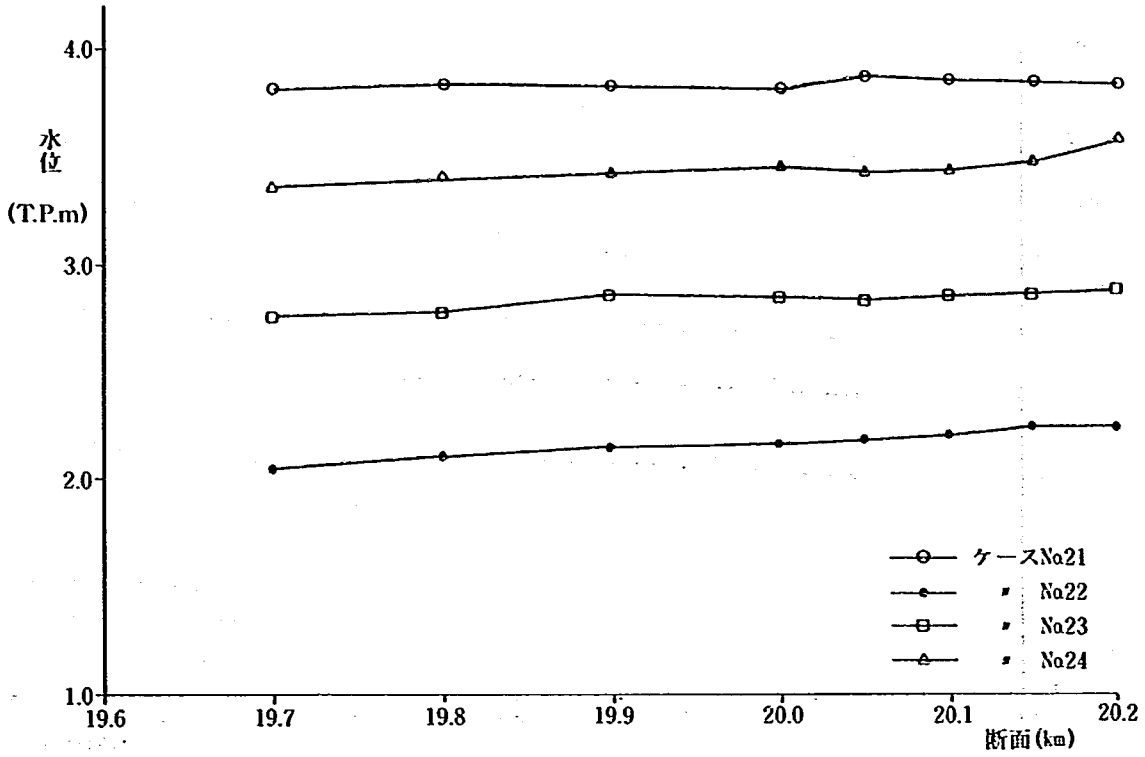
附図－８－４　水位縦断図（ケース10～12）



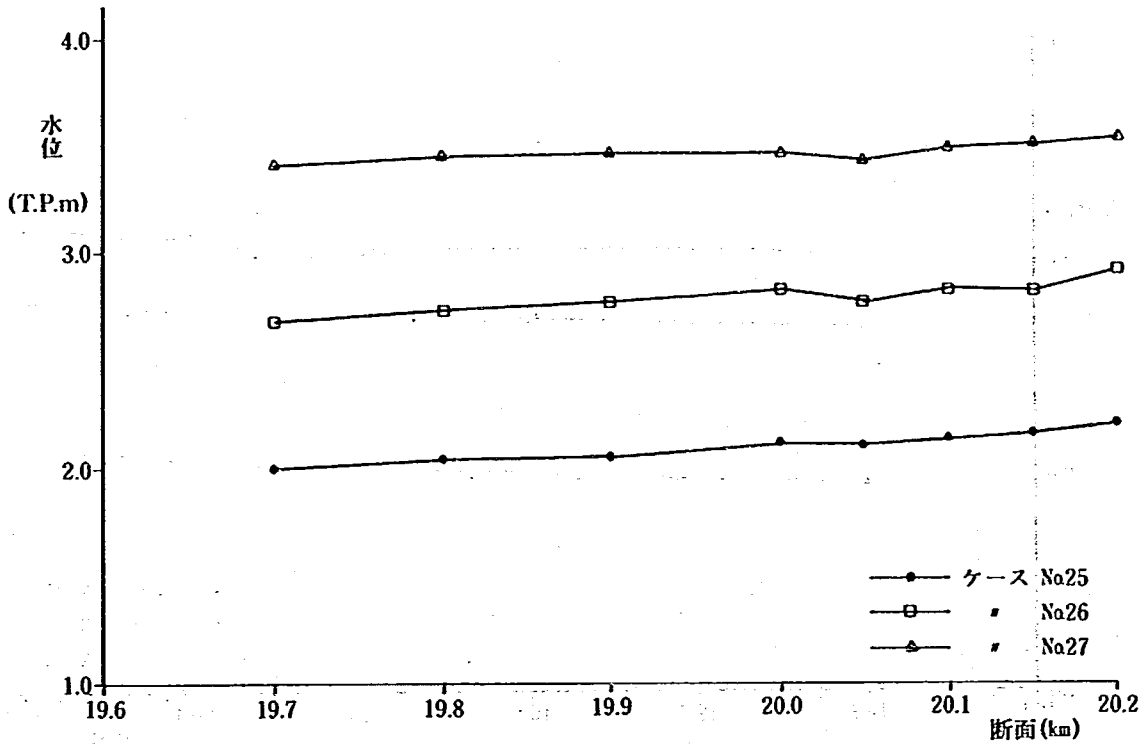
附図－８－５　水位縦断図（ケース13～16）



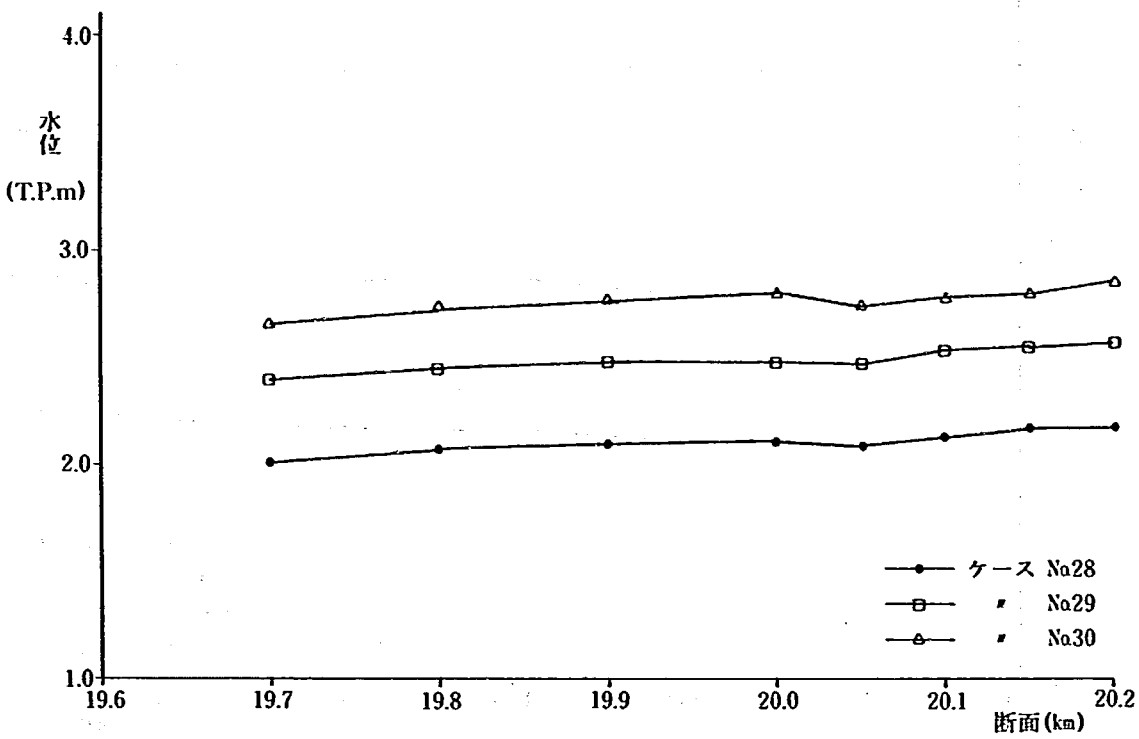
附図－８－６　水位縦断図（ケース17～20）



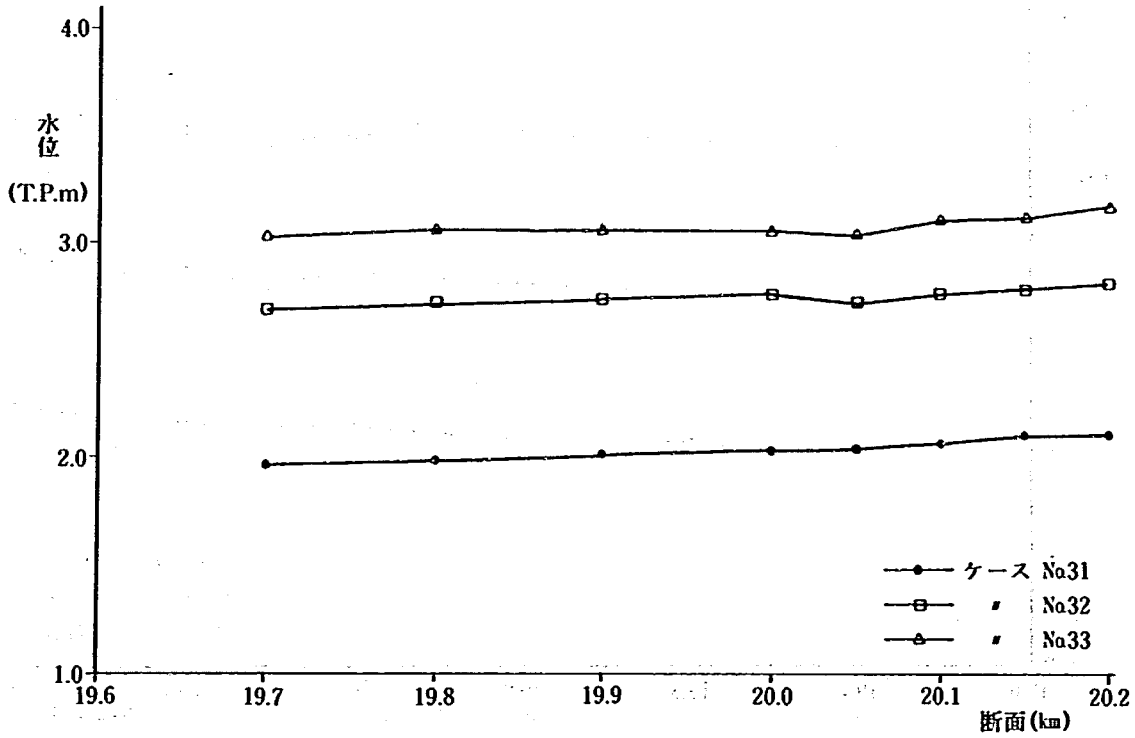
附図－８－７　水位縦断図（ケース21～24）



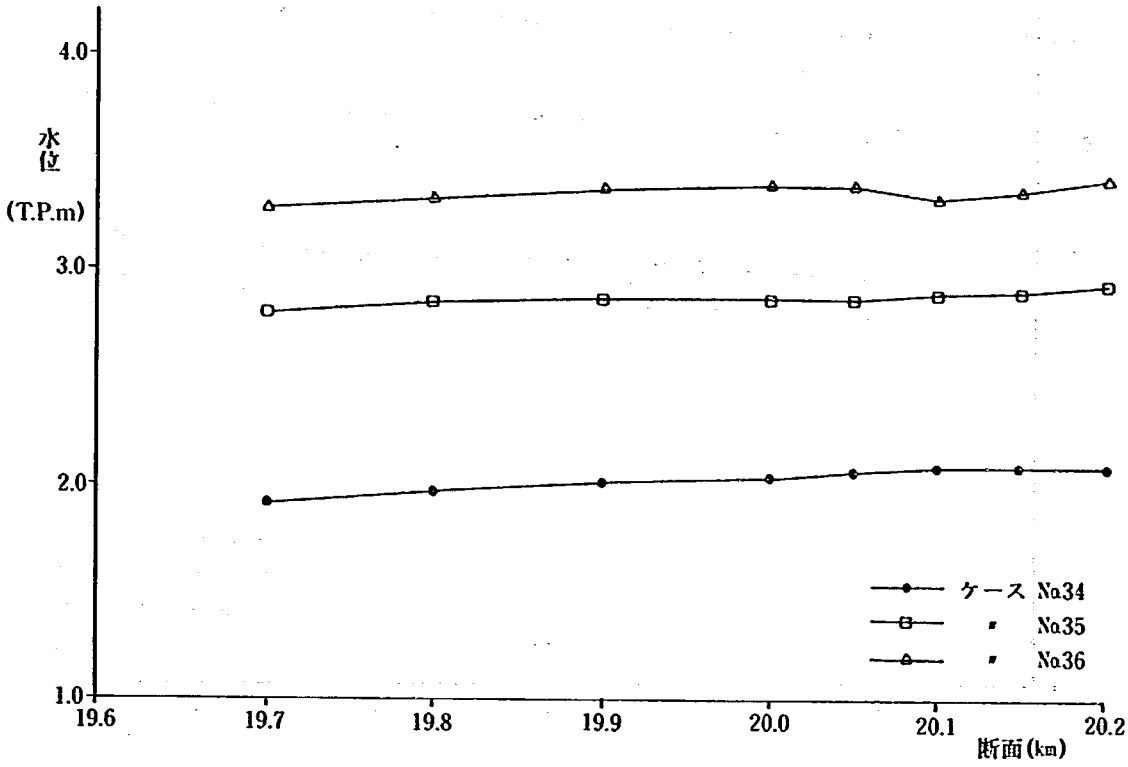
附図－８－８　水位縦断図（ケース25～27）



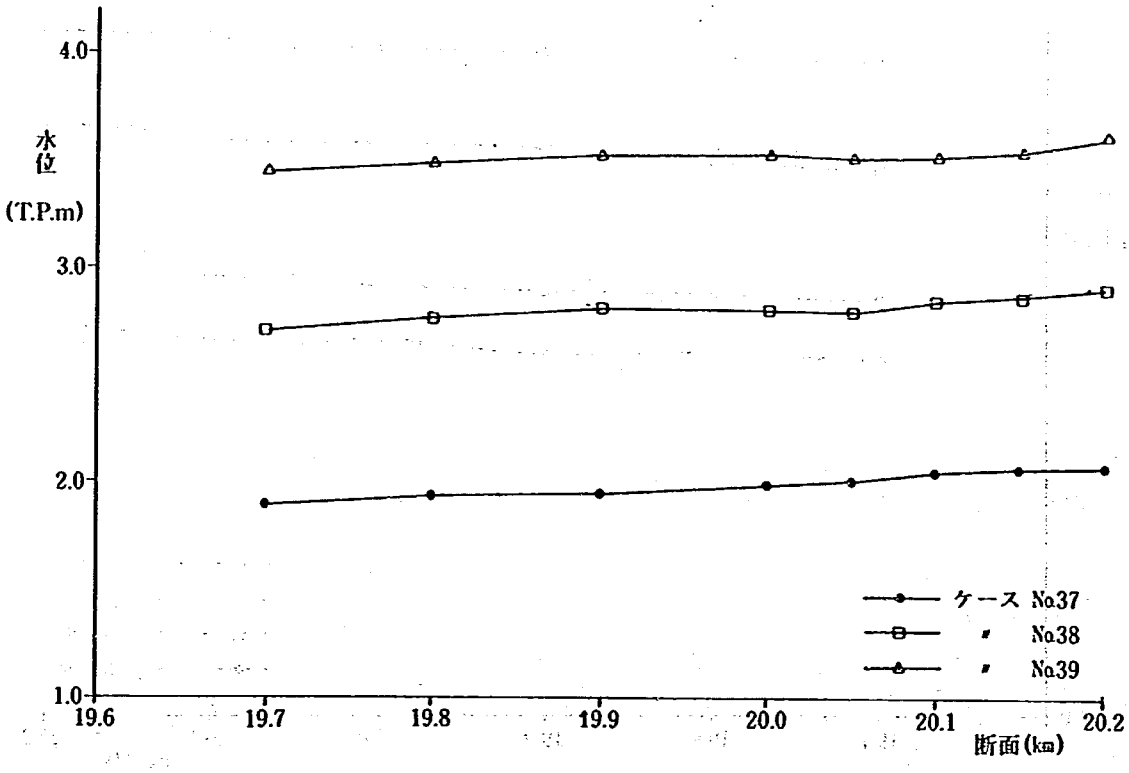
附図－８－９　水位縦断図（ケース28～30）



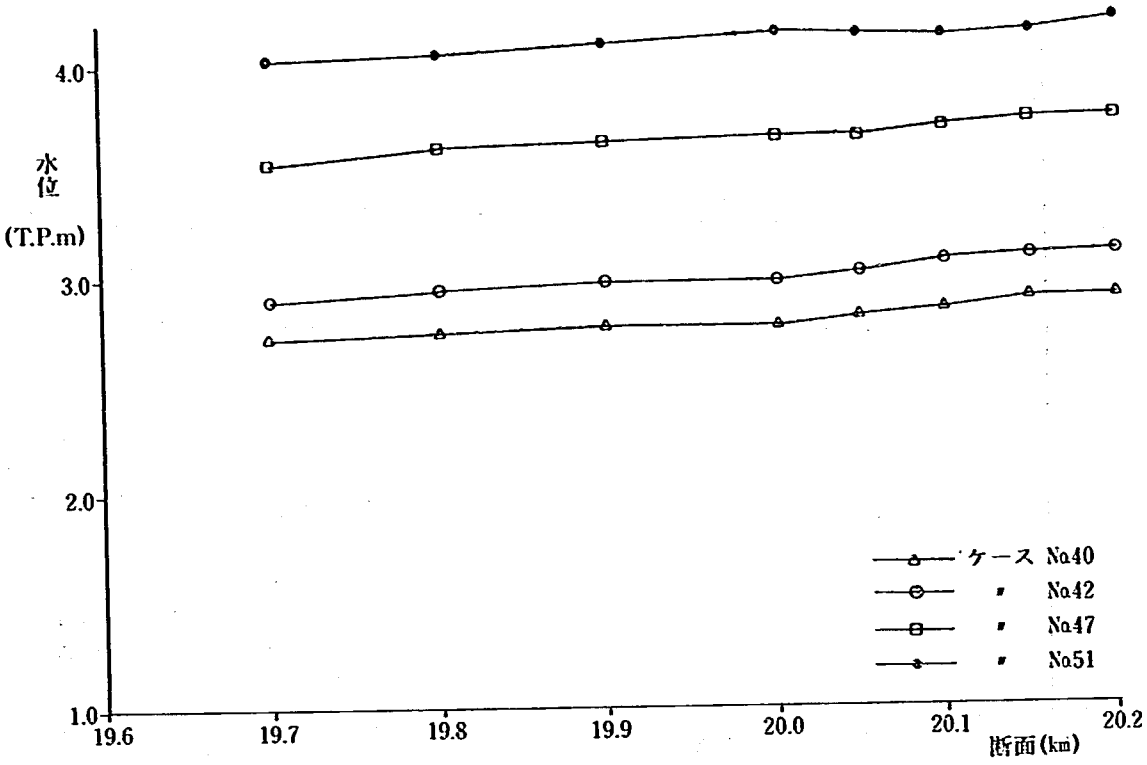
附図－８－10　水位縦断図（ケース31～33）



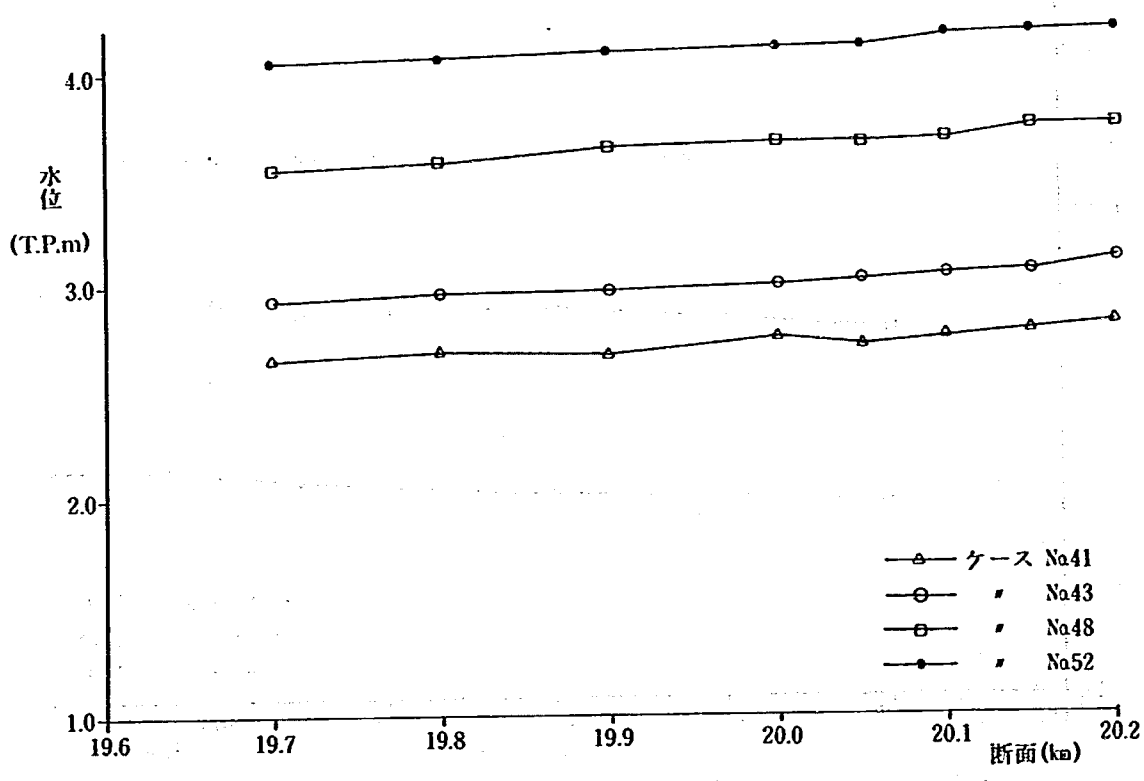
附図－8－11　水位縦断図（ケース34～36）



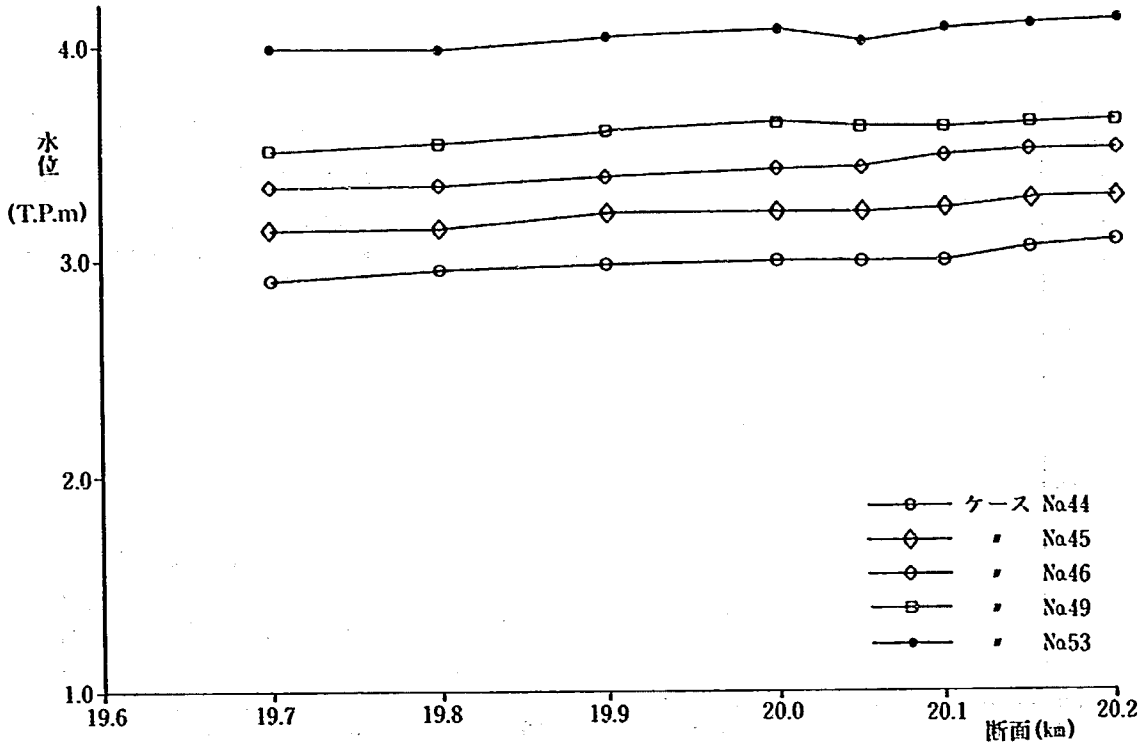
附図－8－12　水位縦断図（ケース37～39）



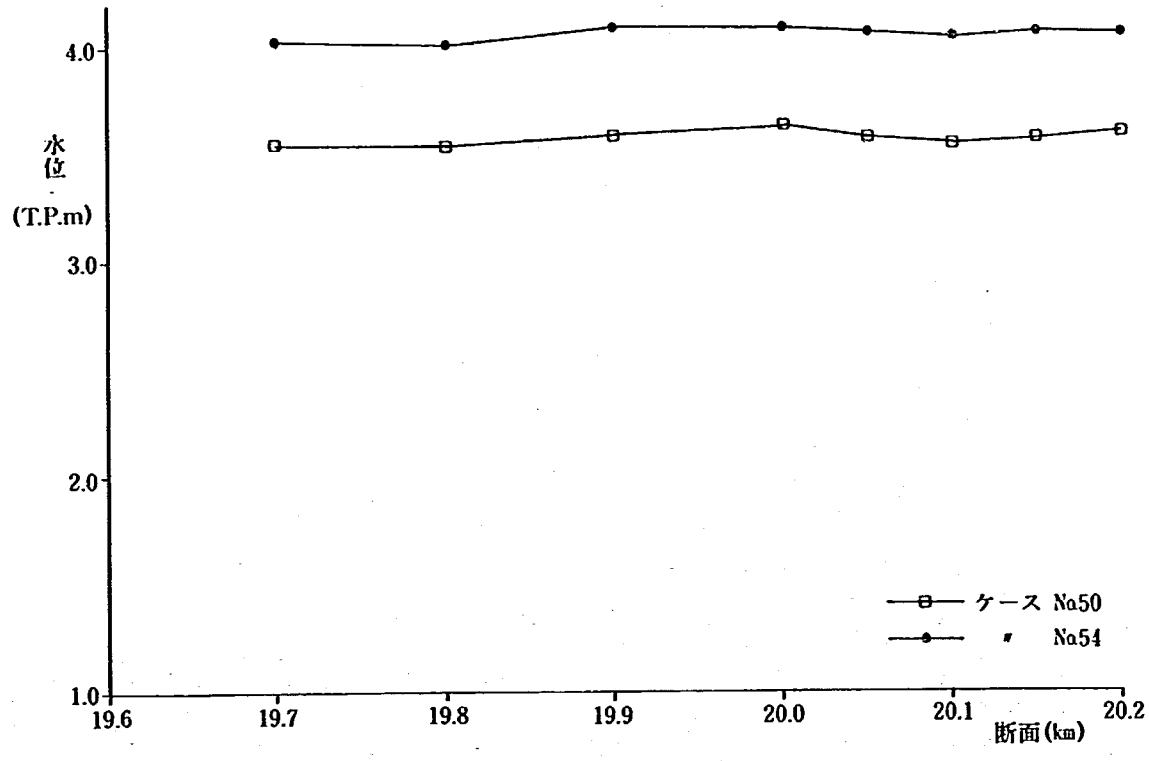
附図－8－13　水位縦断図（ケース40，ケース42，ケース47，ケース51）



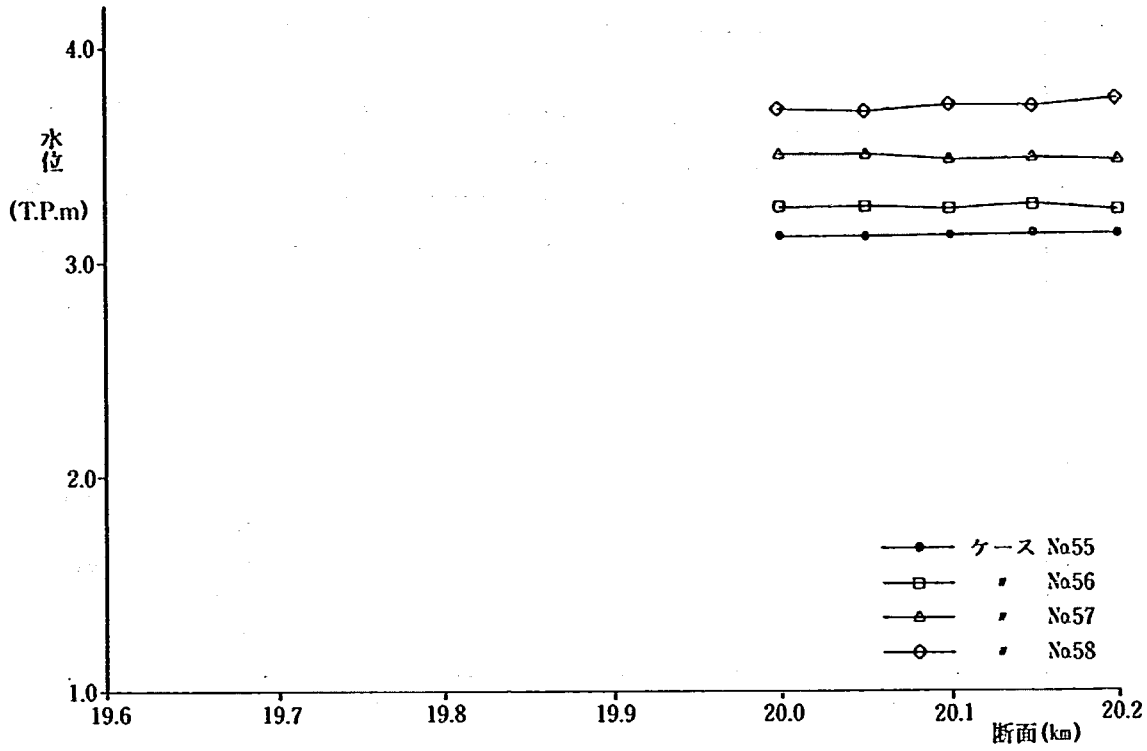
附図－8－14　水位縦断図（ケース41，ケース43，ケース48，ケース52）



附図－８－15　水位縦断図（ケース44，ケース45，ケース46，ケース49，ケース53）



附図－８－16　水位縦断図（ケースNo50，ケース54）



附図－8－17　水位縦断図（ケース55～58）

附表－９－１　流速測定結果（ケース17）

		1	2	3	4	5
20.150	上	1.88	2.15	1.88	1.97	1.97
	中	—	2.06	1.79	1.61	—
	下	1.61	1.43	1.25	1.34	1.43
20.050	上	2.15	1.97	2.06	1.88	1.79
	中	—	2.15	2.06	2.06	—
	下	1.79	1.43	1.34	1.43	1.61
堰　前	上	1.79	1.79	1.97	1.70	1.79
	中	—	1.70	1.88	1.79	1.79
	下	1.43	1.16	1.25	1.07	0.72
20.000	上	1.61	1.70	1.79	1.70	1.79
	中	—	1.79	1.70	1.61	—
	下	1.43	1.07	1.43	0.89	1.61
19.800	上	1.34	1.25	1.97	1.61	1.61
	中	—	1.43	1.79	1.61	—
	下	1.16	1.07	1.52	1.34	1.43

注）上，中，及び下は，観測地点の水深を示したものであり
上，中，下の順に水深は深くなっている。

附表－９－２　流速測定結果（ケース20）

		1	2	3	4	5
20.150	上	1.79	1.97	1.79	1.97	1.79
	中	—	1.61	1.70	1.79	—
	下	1.43	1.25	1.43	1.61	1.43
20.050	上	1.97	1.97	1.97	1.88	2.01
	中	—	1.79	1.97	1.79	—
	下	1.52	1.43	1.43	1.52	1.52
堰　前	上	1.61	1.52	1.79	1.88	1.79
	中	—	1.25	1.79	1.79	1.79
	下	1.25	0.81	1.07	0.63	0.36
20.000	上	1.61	1.43	1.70	1.79	1.61
	中	—	1.07	1.43	1.61	—
	下	1.07	0.89	0.81	0.27	1.25
19.800	上	1.25	1.25	1.52	1.43	1.43
	中	—	1.16	1.34	1.43	—
	下	0.89	0.81	1.07	1.07	1.43

注）上，中，及び下は，観測地点の水深を示したものであり
上，中，下の順に水深は深くなっている。

附表－9－3　流速測定結果（ケース44）

		1	2	3	4	5
20.150	上	2.15	2.24	1.97	1.97	1.88
	中	—	2.15	1.88	1.70	—
	下	1.61	1.79	1.34	1.34	1.61
20.050	上	2.15	1.88	2.15	1.97	1.79
	中	—	1.97	2.06	1.79	—
	下	1.70	1.52	1.25	1.43	1.43
堰　前	上	1.61	1.70	1.88	1.97	1.79
	中	—	1.70	1.74	1.61	1.92
	下	1.52	1.39	1.07	0.81	0.63
20.000	上	1.52	1.61	1.79	2.06	1.97
	中	—	1.61	1.70	1.61	—
	下	1.34	1.07	1.16	0.90	1.70
19.800	上	1.25	1.34	1.79	1.79	1.34
	中	—	1.61	1.61	1.79	—
	下	1.16	1.16	1.07	1.25	1.43

注）上，中，及び下は，観測地点の水深を示したものであり
上，中，下の順に水深は深くなっている。

附表－9－4　流速測定結果（ケース48）

		1	2	3	4	5
20.150	上	2.06	2.06	1.88	1.70	1.70
	中	—	1.70	1.83	1.88	—
	下	1.61	1.61	1.43	1.70	1.34
20.050	上	1.88	1.97	1.97	1.97	1.97
	中	—	1.70	1.88	1.97	—
	下	1.52	0.72	1.25	1.34	1.70
堰　前	上	1.88	1.79	1.70	1.88	2.06
	中	—	1.61	1.97	1.88	—
	下	1.34	1.16	1.07	1.25	1.34
20.000	上	1.79	1.61	1.88	1.88	1.79
	中	—	1.52	1.79	1.88	—
	下	1.43	0.90	1.16	1.34	1.70
19.800	上	1.34	1.07	1.70	1.70	1.88
	中	—	1.07	1.61	1.70	—
	下	1.07	1.07	0.90	1.16	1.52

注）上，中，及び下は，観測地点の水深を示したものであり
上，中，下の順に水深は深くなっている。

附表－9－5　流速測定結果（ケース53）

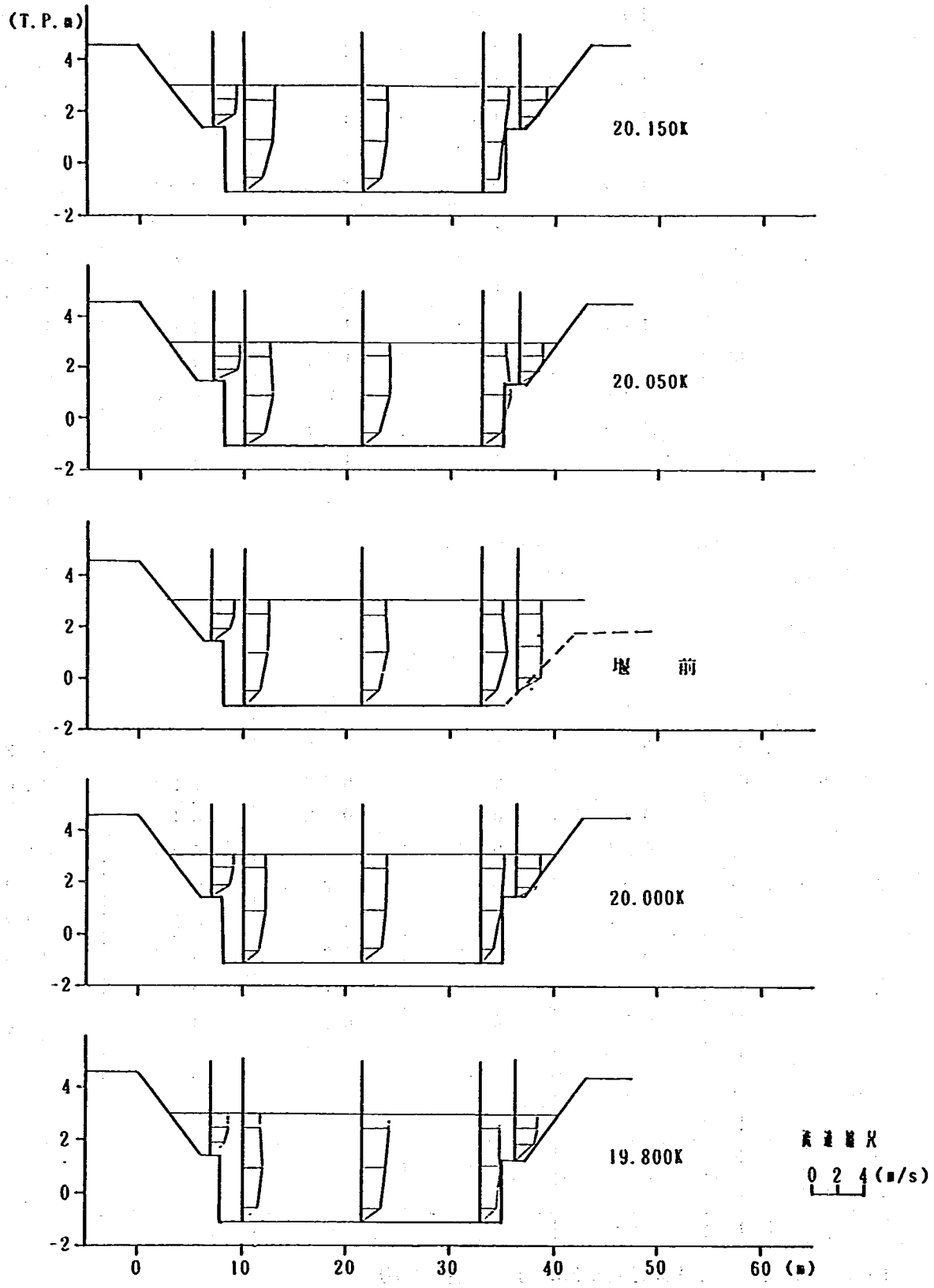
		1	2	3	4	5
20.150	上	1.70	1.97	1.88	1.79	1.79
	中	—	1.79	1.79	1.88	—
	下	1.52	1.34	1.34	1.43	1.43
20.050	上	1.79	1.88	1.79	1.79	1.70
	中	—	1.61	1.61	1.88	—
	下	1.52	0.72	1.07	1.25	1.52
堰　前	上	1.79	1.70	1.70	1.79	1.79
	中	—	1.61	1.70	1.88	1.70
	下	1.52	1.07	0.98	1.16	1.25
20.000	上	1.70	1.61	1.61	1.79	1.79
	中	—	1.43	1.61	1.79	—
	下	1.16	0.98	0.98	0.98	1.70
19.800	上	1.34	1.34	1.61	1.70	1.79
	中	—	1.34	1.61	1.50	—
	下	1.25	0.98	1.16	0.90	1.43

注）上，中，及び下は，観測地点の水深を示したものであり
上，中，下の順に水深は深くなっている。

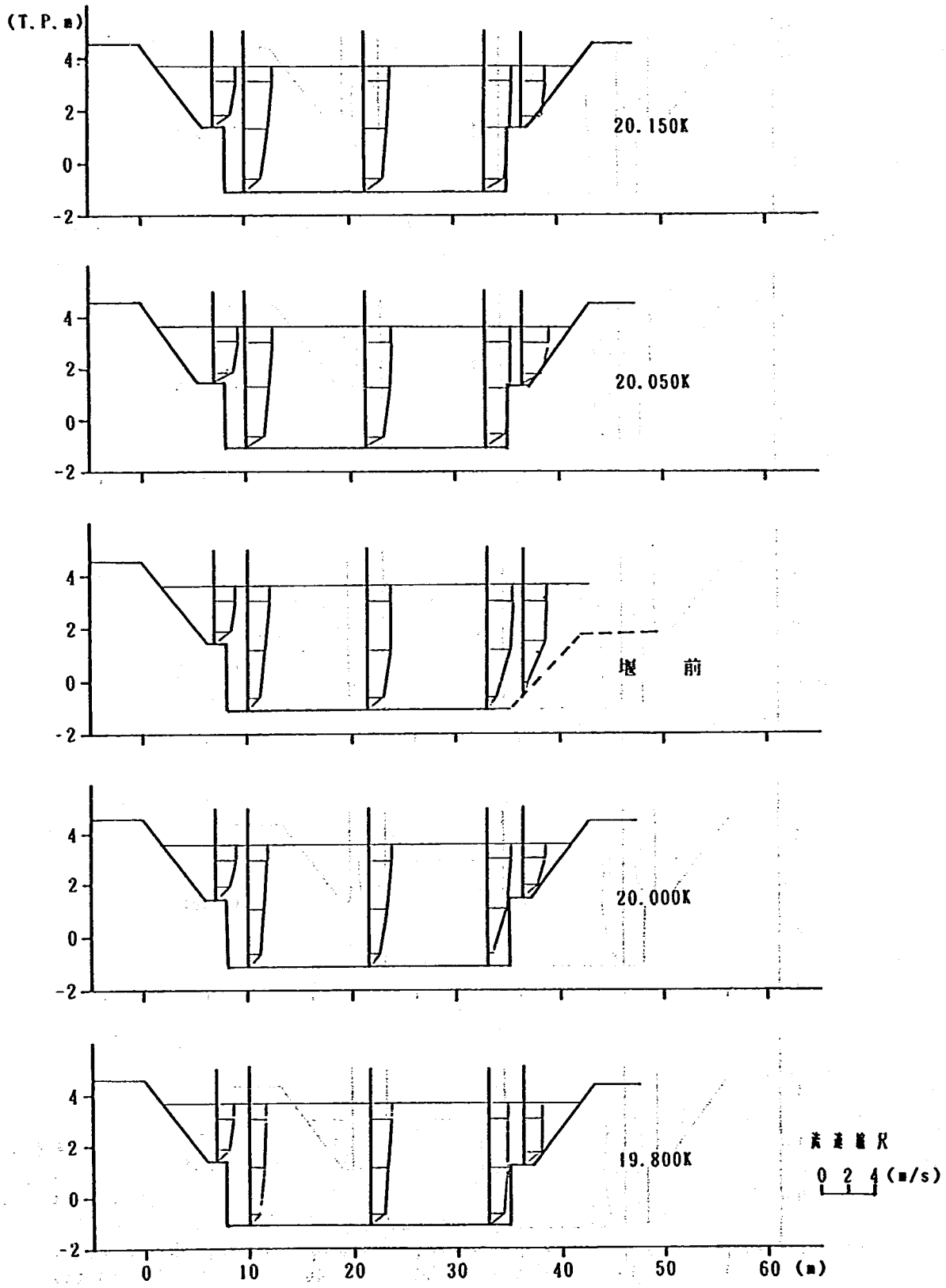
附表－9－6　流速測定結果（ケース57）

		1	2	3	4	5
20.150	上	0.29	0.29	0.27	0.22	0.22
	中	—	0.22	0.20	0.18	0.16
	下	0.22	0.18	0.18	0.40	−0.05
20.050	上	0.25	0.25	0.25	0.29	0.29
	中	—	0.16	0.25	0.22	0.22
	下	0.18	0.04	0.09	0.16	0.13
堰　前	上	0.22	0.22	0.20	0.22	0.22
	中	—	0.09	0.18	0.20	—
	下	0.16	0.04	0.07	0.13	0.20
20.000	上	—	—	—	—	—
	中	—	—	—	—	—
	下	—	—	—	—	—
19.800	上	—	—	—	—	—
	中	—	—	—	—	—
	下	—	—	—	—	—

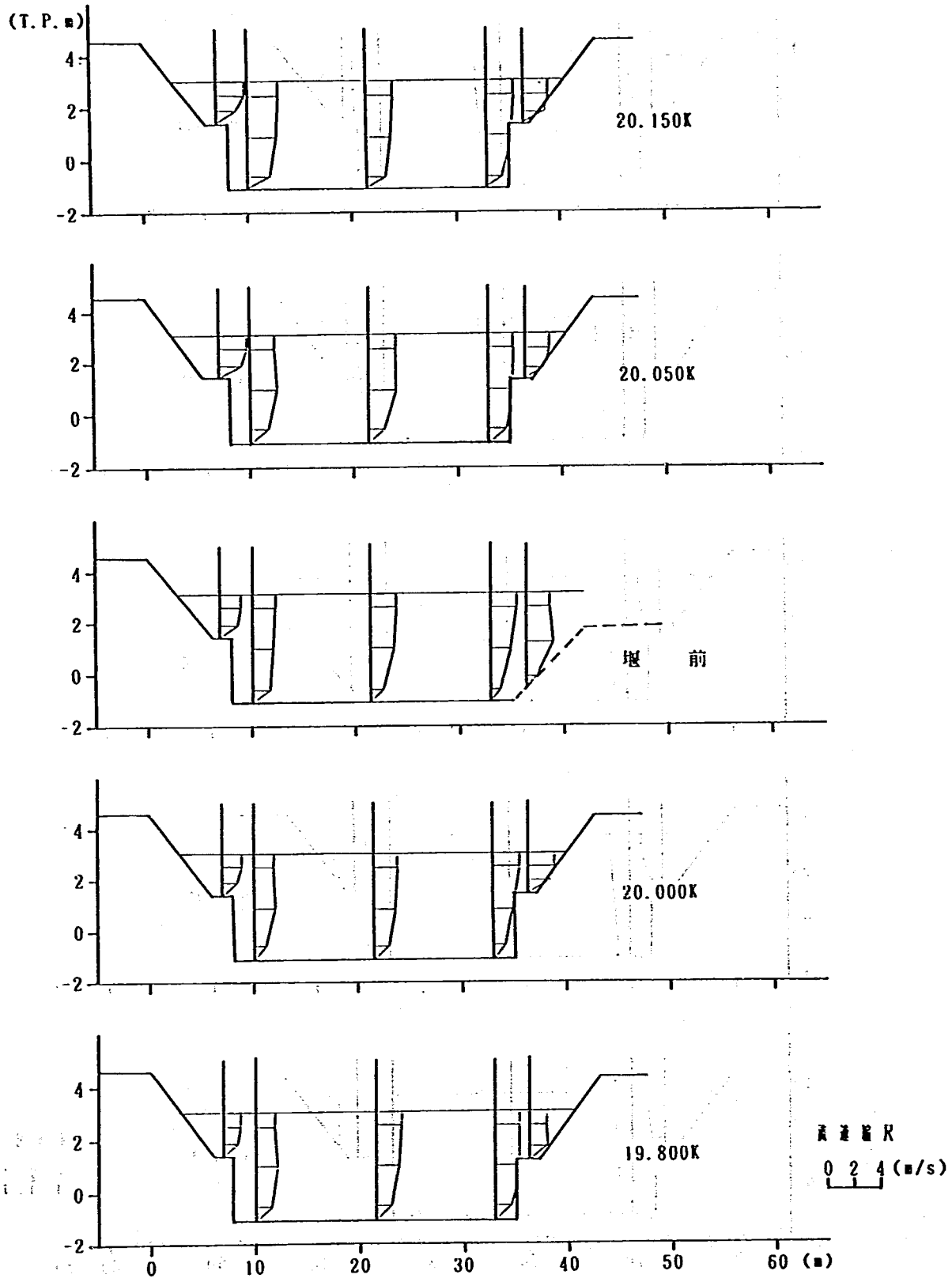
注）上，中，及び下は，観測地点の水深を示したものであり
上，中，下の順に水深は深くなっている。



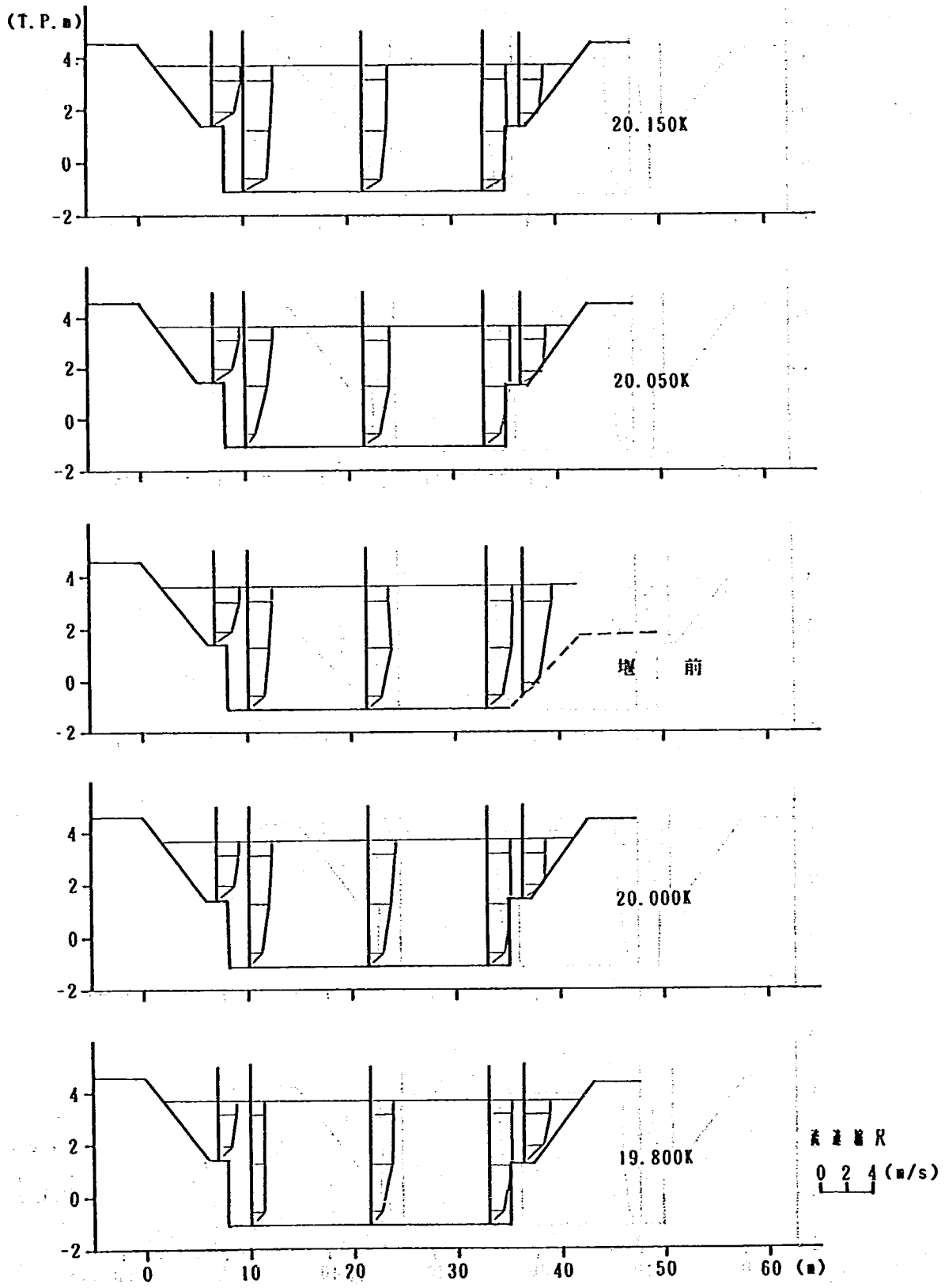
附図－10－1　流速分布横断図（ケース17）



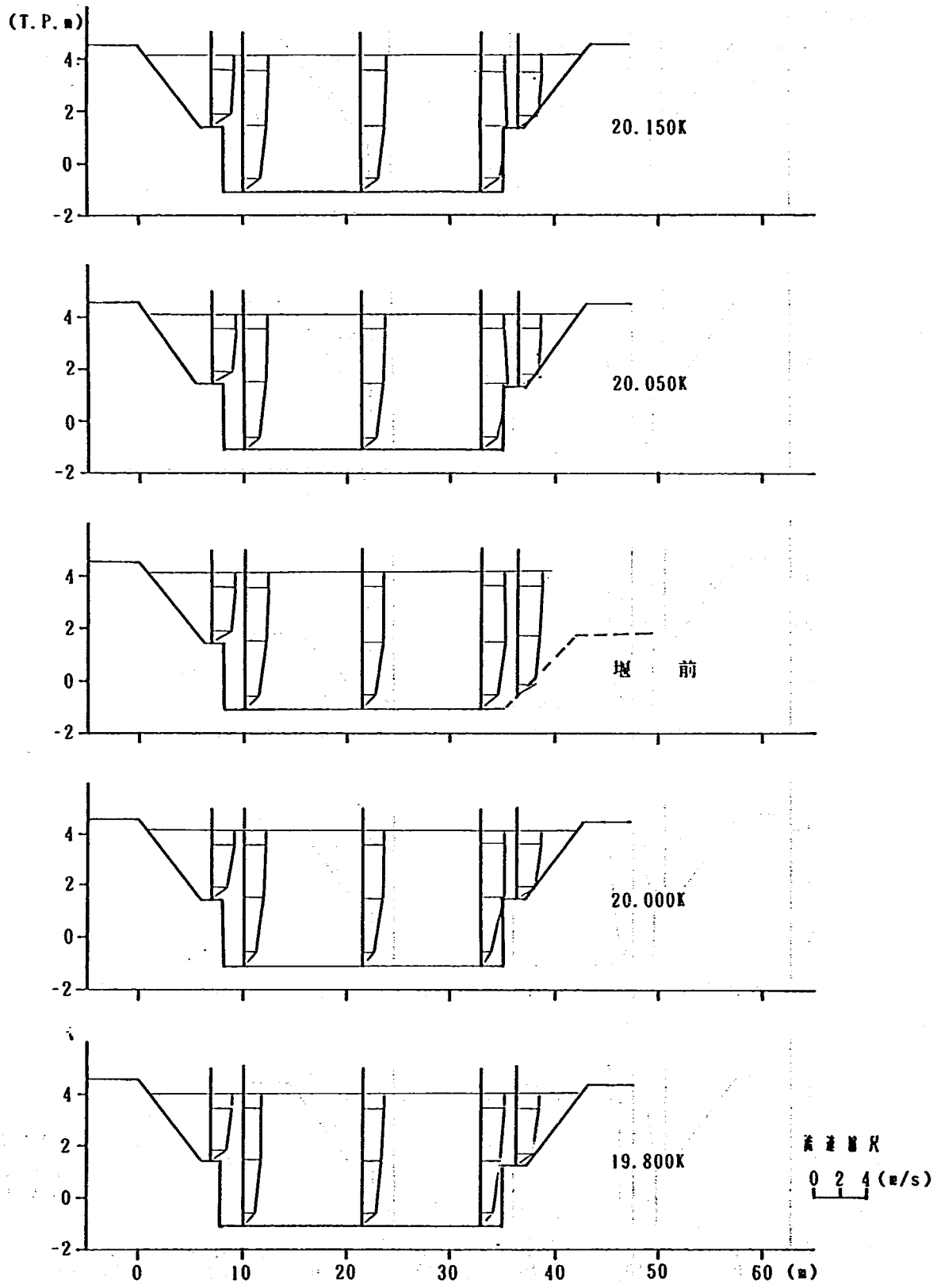
附図－10－2　流速分布横断図（ケース20）



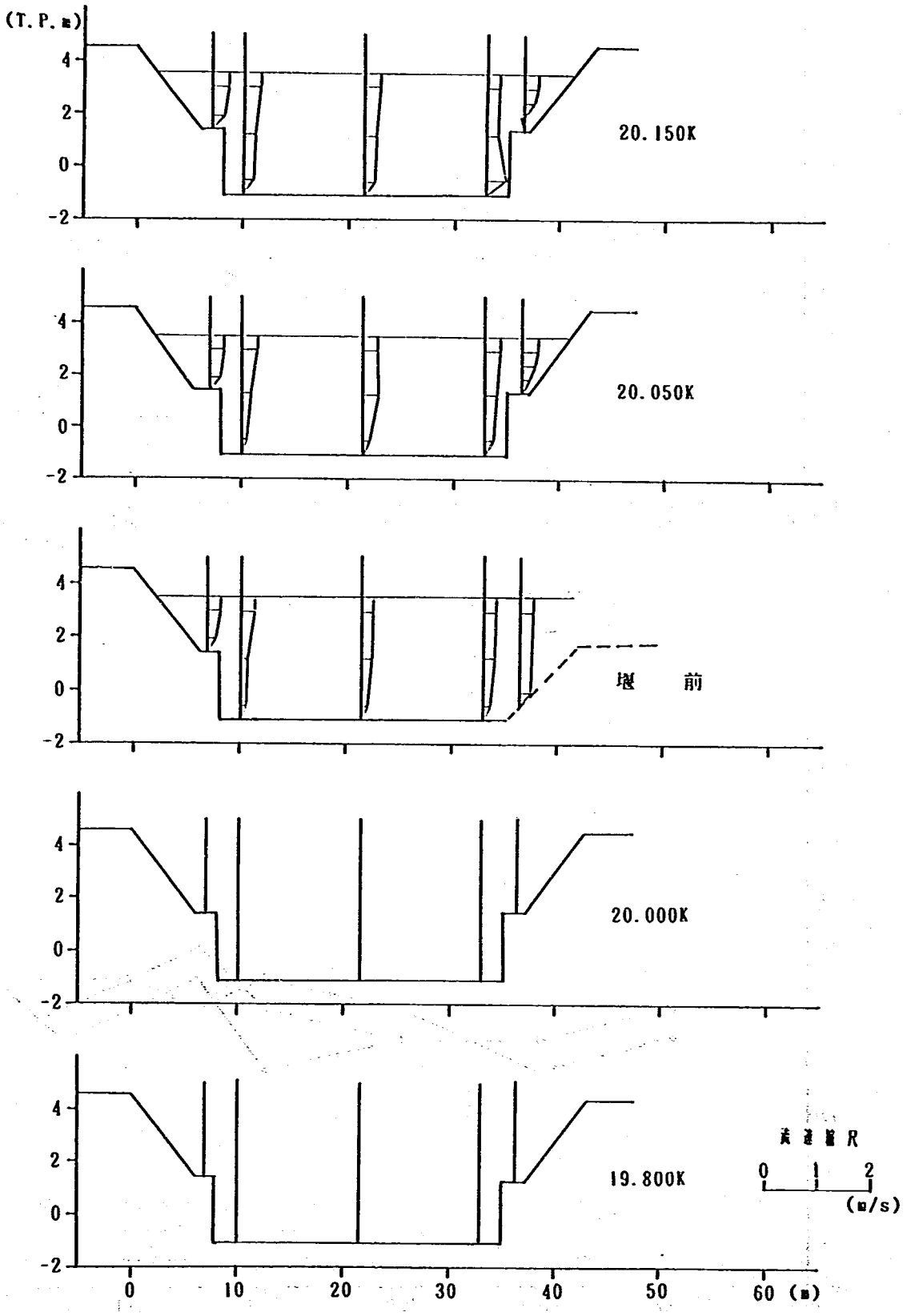
附図－10－3　流速分布横断図（ケース44）



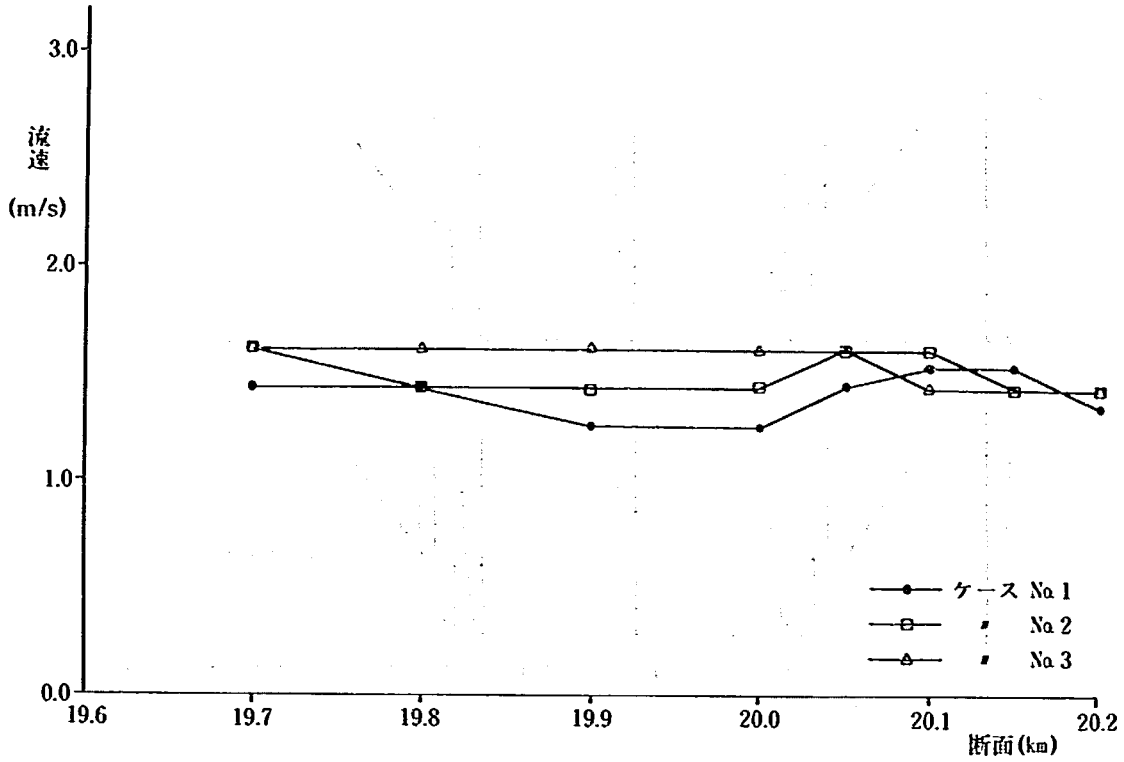
附図－10－4　流速分布横断図（ケース48）



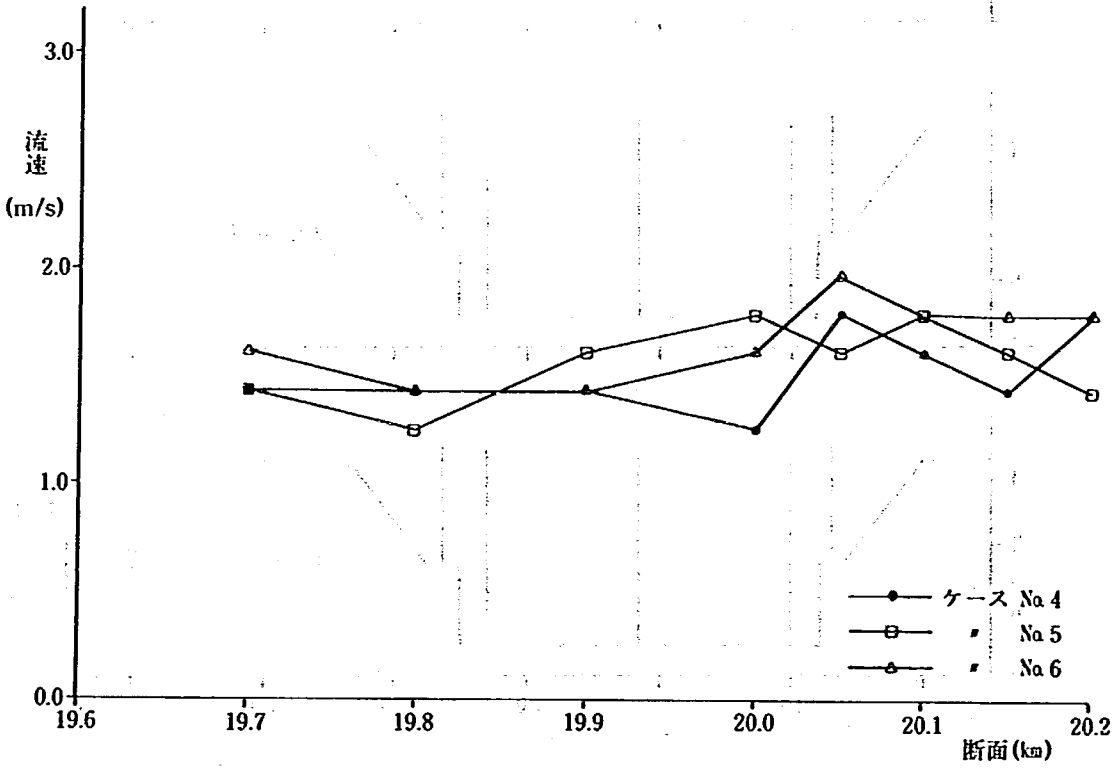
附図－10－5　流速分布横断図（ケース53）



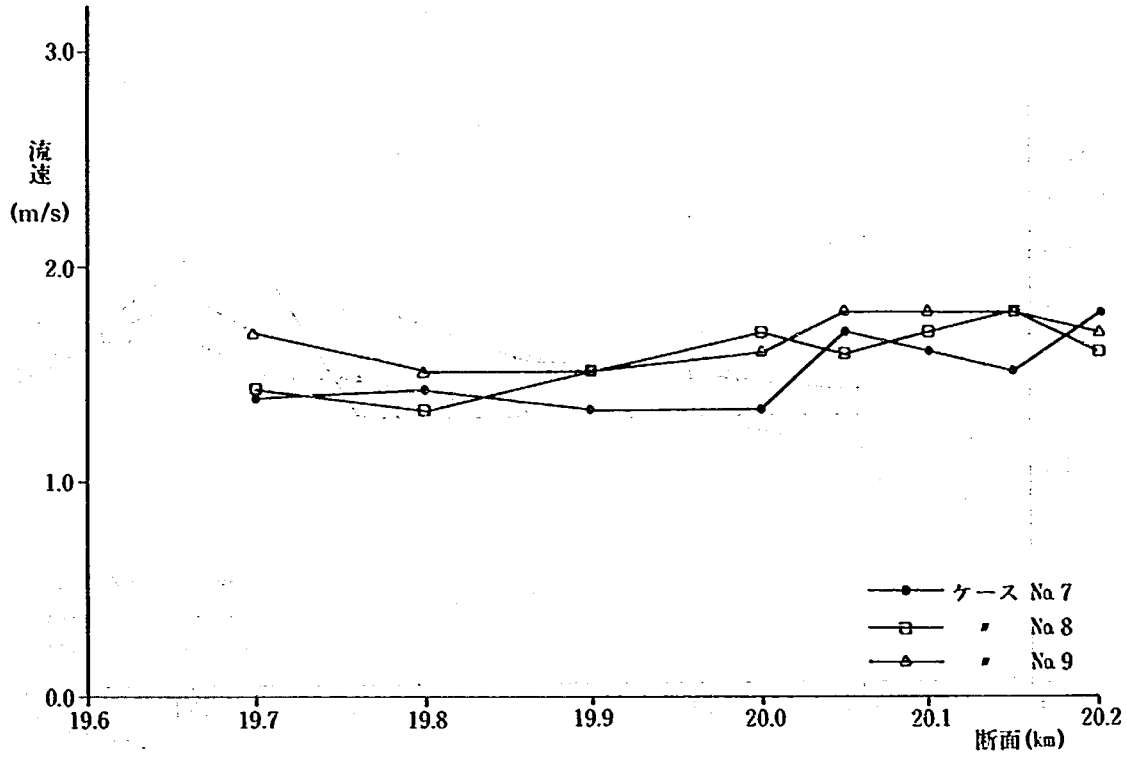
附図－10－6　流速分布横断図（ケース57）



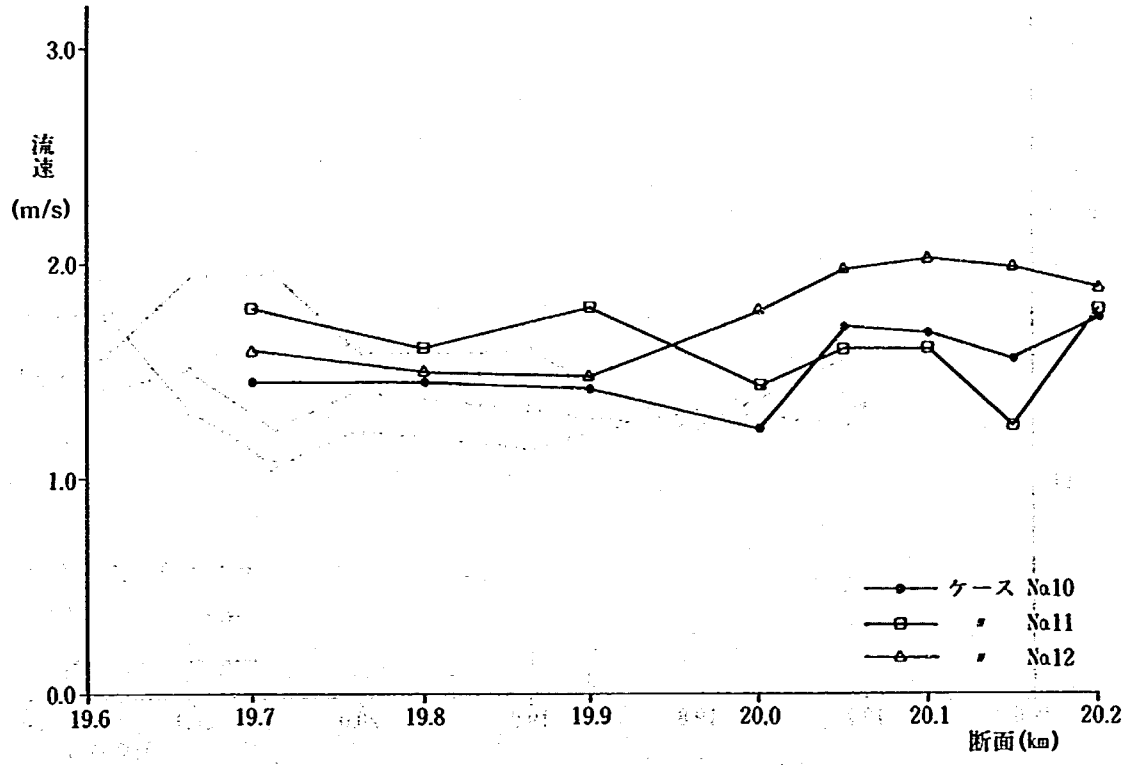
附図－11－1　流速縦断図（ケース１～３）



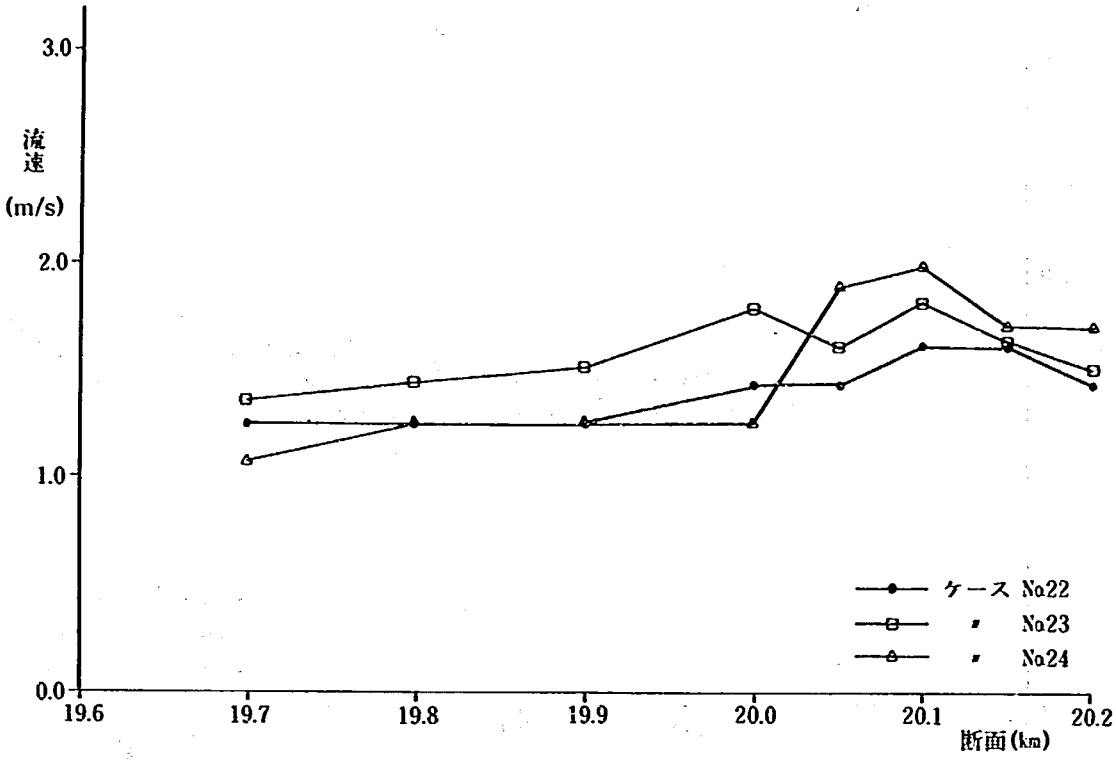
附図－11－2　流速縦断図（ケース４～６）



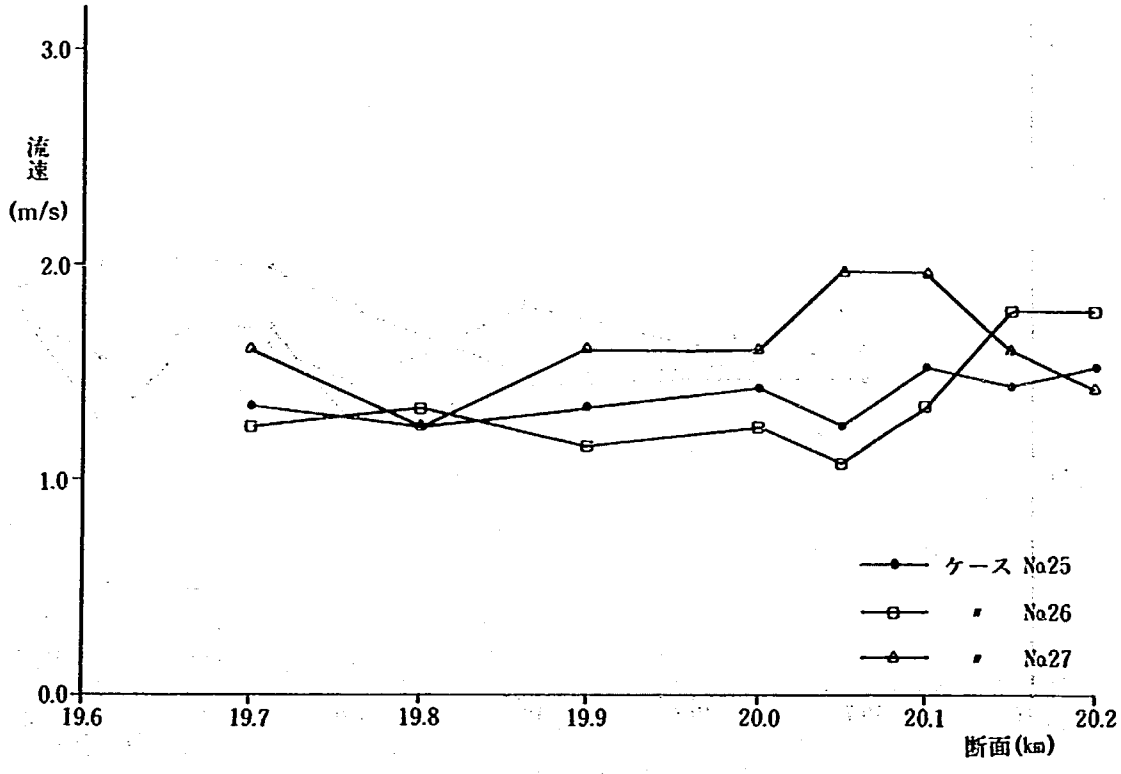
附図－11－3　流速縦断図（ケース7～9）



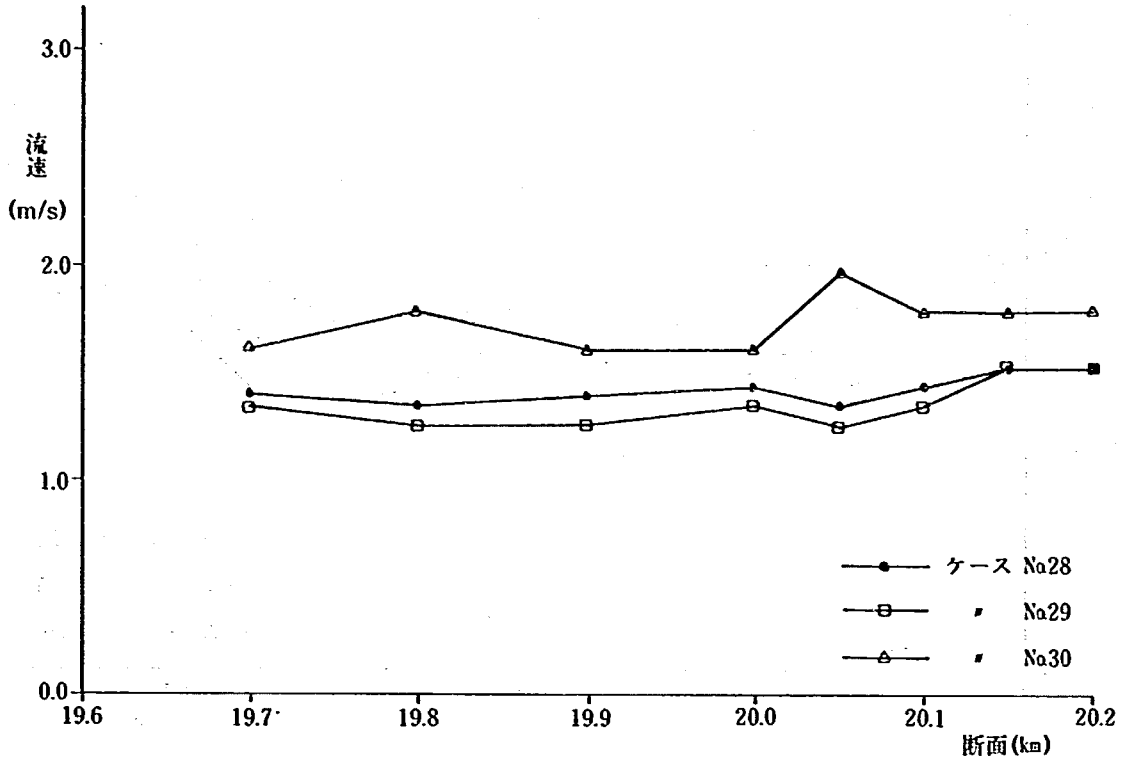
附図－11－4　流速縦断図（ケース10～12）



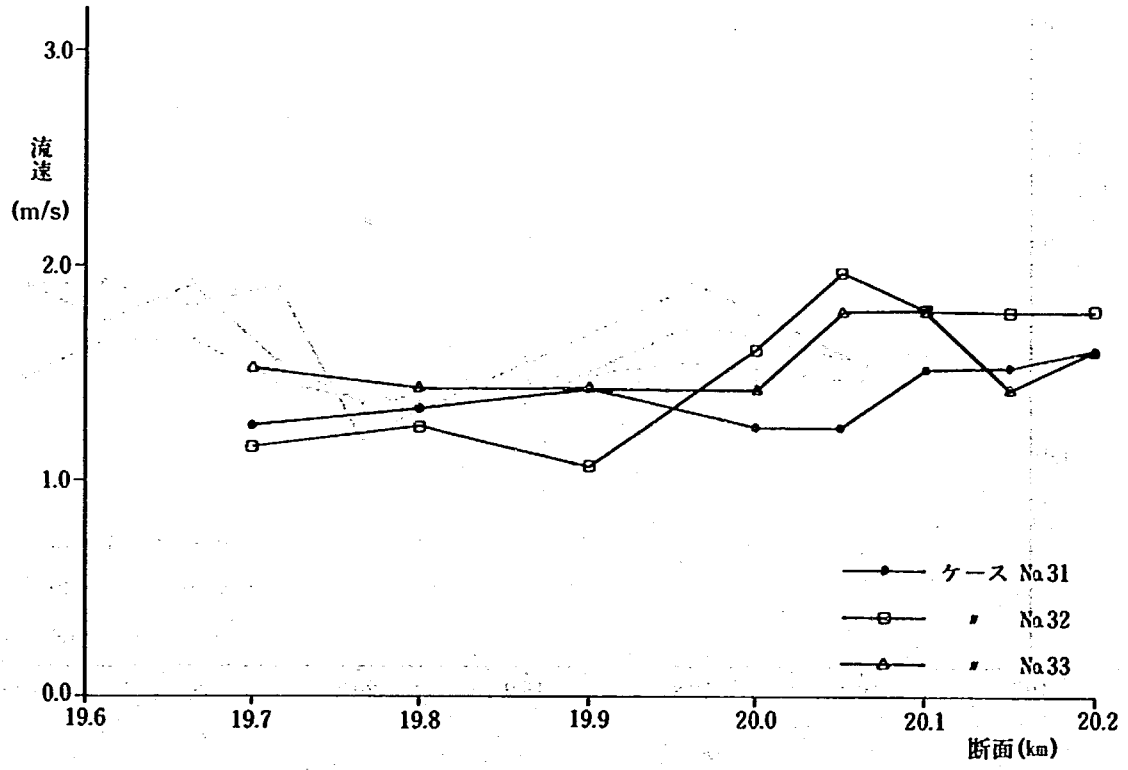
附図－11－5　流速縦断図（ケース22～24）



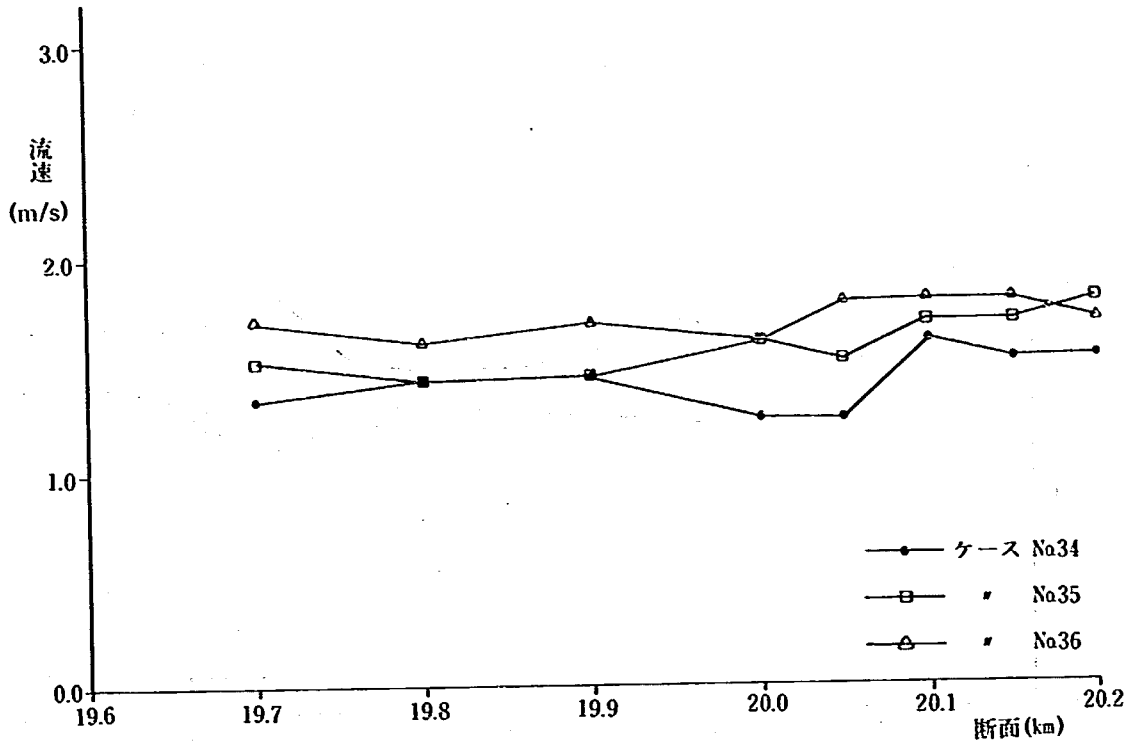
附図－11－6　流速縦断図（ケース25～27）



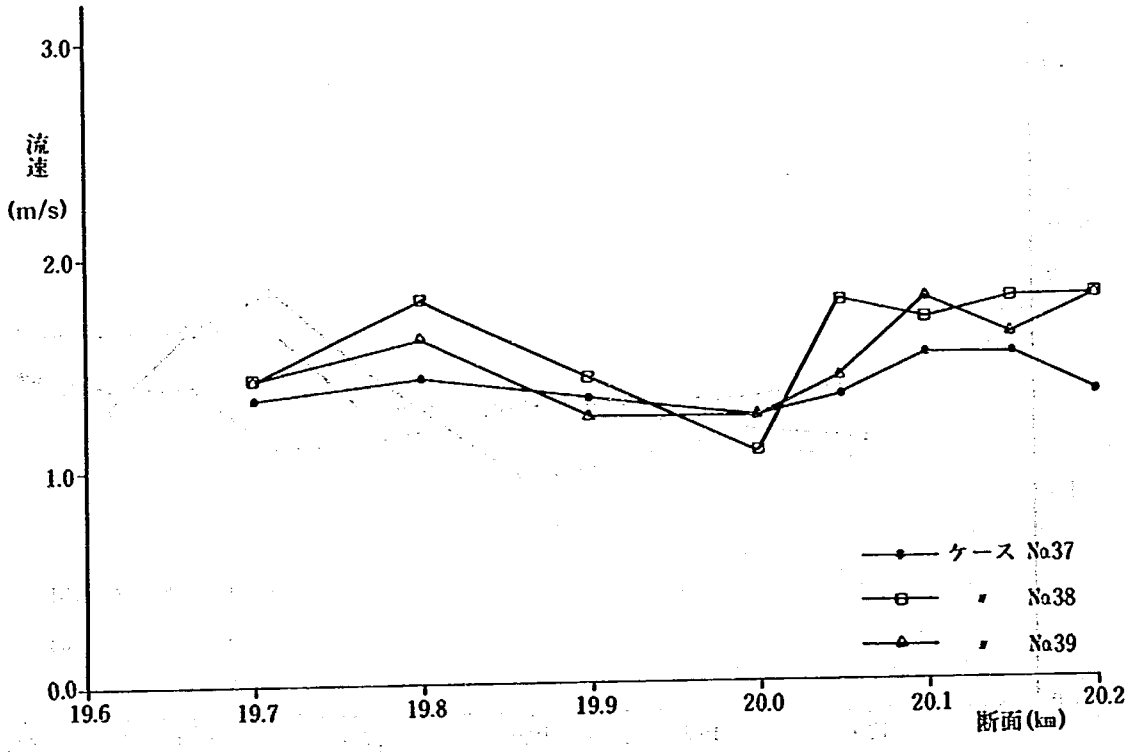
附図－11－7　流速縦断図（ケース28～30）



附図－11－8　流速縦断図（ケース31～33）



附図－11－9　流速縦断図（ケース34～36）



附図－11－10　流速縦断図（ケース37～39）

日光川放水路模型実験報告書

ISSN 0386－5878
土木研究所資料第2927号
平成3年3月(1991)

総合治水研究室 室　長 吉本　俊裕・末次　忠司*
研究員 笛田　俊治・桐生　祝男**
馬場　隆司***・下家　時洋

*)　現，土木研究所企画部企画課長
**)　現，関東地方建設局江戸川工事事務所調査課
***)現，沖縄開発庁沖縄総合事務局開発建設部河川課

要 旨　本報告書は，愛知県が日光川の治水のため計画している放水路のうち，3号と4号放水路（日光川から分流し，木曽川に放流する地下方式の放水路）について，その機能を水理模型実験によって検討した結果をまとめたものである。水理模型実験は，主に，3号，4号放水路及び2本の放水路をつなぐ広口池の水理特性を調べる全体模型実験と，日光川から3号放水路への分流部に設けられる構造物の水理特性を調べる部分模型実験からなっている。これら2種類の模型実験施設を使って，疎通能力，流況，分流等の水理特性を明らかにした。

キーワード：日光川，地下放水路，横越流堤

郵便はがき

41円切手をはって下さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
河川部総合治水研究室 御中

No.

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2927号　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印