



土 木 研 究 所 資 料

第 829 号

長良川河道計画模型実験報告書

昭和 48 年 3 月

建設省 土 木 研 究 所

鹿 島 試 験 所

須 賀 堯 三
林 敏 夫

目 次

ま え が き	1
第 1 章 実験概要	2
1. 実験目的	2
2. 実験条件	2
第 2 章 相似律について	4
1. フルードの相似則	4
2. 流砂量と時間縮尺	6
3. 長良川模型の縮尺	8
4. 模型について	17
第 3 章 検証実験	19
1. 横断河床形状および流量波形について	20
2. 実験方法	20
3. 実験結果～水位，流況，河床変動について	20
第 4 章 本実験	29
1. 実験方法	29
2. 測定方法	29
3. 実験ケース	29
第 5 章 測 定	33
1. 水位について	33
2. 流速について	33
3. 流況について	33
4. 河床について	33
第 6 章 結果の検討	34
1. 実験 Na 1 について	34
2. // Na 2 //	34
3. // Na 3 //	34
4. // Na 4 //	35
5. // Na 5 //	35
6. // Na 6 //	35
7. // Na 7 //	35
8. // Na 8 //	36
第 7 章 結 論	36
あ と が き	37

図 表 目 次

図 - 1	長良川模型平面図	39
表 - 1	実験条件一覧表	40
図 - 2	時間—水位曲線図	41
表 - 2	水位数値表 実験No 1	42
図 - 3	水位縦断面図 実験No 2	44
// - 4	“ 実験No 3	45
// - 5	“ 実験No 4	46
// - 6	“ 実験No 5	47
// - 7	“ 実験No 6	48
// - 8	“ 実験No 7	49
// - 9	“ 実験No 8	49
// - 10	各ケースにおける水位縦断面比較図	50
// - 11	時間—流速曲線図実験No 1	51
// - 12	流速分布図 実験No 2	52
// - 13	“ 実験No 3	53
// - 14 - 1	“ 実験No 4	54
// - 14 - 2	“ “	55
// - 15 - 1	“ 実験No 5	56
// - 15 - 2	“ “	57
// - 16 - 1	“ 実験No 6	58
// - 16 - 2	“ “	59
// - 17 - 1	“ 実験No 7	60
// - 17 - 2	“ “	61
// - 18 - 1	“ 実験No 8	63
// - 18 - 2	“ “	64
// - 18 - 3	“ “	65
// - 19	流 況 図 実験No 1	66
// - 20	“ 実験No 2	66
// - 21	“ 実験No 3	67
// - 22	“ 実験No 4	67
// - 23	“ 実験No 5	68

図 - 2 4	流 況 図	実験 No. 6	68
// - 2 5	"	実験 No. 7	69
// - 2 6	"	実験 No. 8	69
// - 2 7 - 1	河床変動図	実験 No. 1	70
// - 2 7 - 2	"	"	71
// - 2 7 - 3	"	"	72
// - 2 7 - 4	"	"	73
// - 2 7 - 5	"	"	74
// - 2 7 - 6	"	"	75
// - 2 8 - 1	"	実験 No. 2	76
// - 2 8 - 2	"	"	77
// - 2 8 - 3	"	"	78
// - 2 8 - 4	"	"	79
// - 2 8 - 5	"	"	80
// - 2 8 - 6	"	"	81
// - 2 9 - 1	"	実験 No. 3	82
// - 2 9 - 2	"	"	83
// - 2 9 - 3	"	"	84
// - 2 9 - 4	"	"	85
// - 2 9 - 5	"	"	86
// - 2 9 - 6	"	"	87
// - 3 0 - 1	"	実験 No. 4	88
// - 3 0 - 2	"	"	89
// - 3 0 - 3	"	"	90
// - 3 0 - 4	"	"	91
// - 3 0 - 5	"	"	92
// - 3 0 - 6	"	"	93
// - 3 1 - 1	"	実験 No. 5	94
// - 3 1 - 2	"	"	95
// - 3 1 - 3	"	"	96
// - 3 1 - 4	"	"	97
// - 3 1 - 5	"	"	98
// - 3 1 - 6	"	"	99

図 - 3 2 - 1	河床變動図	実験No 6	.....	100
// - 3 2 - 2	//	//	.....	101
// - 3 2 - 3	//	//	.....	102
// - 3 2 - 4	//	//	.....	103
// - 3 2 - 5	//	//	.....	104
// - 3 2 - 6	//	//	.....	105
// - 3 3 - 1	//	実験No 7	.....	106
// - 3 3 - 2	//	//	.....	107
// - 3 3 - 3	//	//	.....	108
// - 3 3 - 4	//	//	.....	109
// - 3 4 - 1	//	実験No 8	.....	110
// - 3 4 - 2	//	//	.....	111
// - 3 4 - 3	//	//	.....	112
// - 3 4 - 4	//	//	.....	113

ま え が き

長良川は岐阜県大野郡高鷺村の大日岳に水源を發し、美濃、岐阜、羽島などを経て成戸から木曾川に、油島から揖斐川に隣接して流れ、伊勢湾に注ぐ流域面積 1985 Km^2 、流路延長 158 Km を有する河川である。

長良川における河道計画については、相当以前より計画高水流量 $4500 \text{ m}^3/\text{s}$ の規模で河道の改修が進められてきたが、昭和34年から昭和36年にかけて大出水にみまわれ、これらは計画高水流量を大幅に上回るものであった。このため治水計画の再検討がなされ、河道への計画高水流量が $7500 \text{ m}^3/\text{s}$ に改訂された。また、このための増加流量 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ の処理方法として、河道堀削によって河積の増大をはかる長良川総体計画が立案された。しかし、このような大規模な浚渫は、常時海水の遡上を容易にし、河口部の塩害を増大させるほか、現在塩害の発生していない区域にも生ぜしめるおそれがある。そこでその解決策として長良川 5.4 Km 地点に可動堰を設け、塩水の侵入を防止し、流水の正常な機能を維持するとともにあわせて上水道、工業用水等の供給を確保する計画が進められている。

本報告書は、長良川総体計画の一環として中部地方建設局木曾川下流工事々務所において計画された、長良川下流部における計画河道の治水上の諸問題および対策等について、模型実験による河道の検討を依頼され、ここに、その実験結果をまとめ報告するものである。

第 1 章 実 験 概 要

1 実 験 目 的

長良川下流部については、地盤漏水対策、都市河川環境整備等のため複断面構想による河道の改修計画案がまとめられた。この計画案の妥当性を確認するため木曾川下流工事々務所において打合せの結果、次に挙げる問題点について模型実験による検討を行なうことにした。

1) 計画法線形状についての検討

大小の洪水および頻度の多い河床変動に対して支配的な流量が流れた場合に、極端な深掘れや堆積が生じなく、護岸構造が軽くてすみ維持のしやすい合理的な法線形を見い出す。

2) 計画河道における高水敷の維持

長良川では、特に漏水問題は重要であり、その対処工法としても、ある程度の高水敷は必要である。また、堤防の安全弁やその他の機能としても重要である。この項では、とりうる高水敷の巾、およびその維持対策について検討する。

3) 河床変動によって生じる局所洗掘等の把握、洗掘深やその移動特性。

4) 河口堰上下流における低水路法線形および河床の合理的すりつけ。

5) 洗掘箇所への護岸の設置にともなう根入れの検討および堆積箇所への護岸の必要度。

6) 流況等を考慮した水衝部における高水敷の保護工の検討。

7) 施工順序および施工途上の問題点

現地河川への適用については、施工途上における断面拡巾などによって生じる流況等の変化、これにともなう局所洗掘などの河川工作物等への水理的影響が大きな問題であるため、現地河道を十分に尊重した施工順序の把握も実験目的とした。

なお、長良川の計画改修区域は長いが、今回、模型実験を行なった区間は 1.4.0 Km ~ 3.0 Km である。この区間は河口堰、揖斐川の合流および大きな湾局部を含んだ、なかでも問題の多いと考えられる範囲である。そこで実験により重点的にこの区間の検討を行ない、他の区間については、その結果に基づき類推するものとする。

2 実 験 条 件

従来の洪水資料および潮汐資料を蒐集し、実験条件としては流量が計画高水流量、計画波形の場合、および河床変動にとって支配的な定常な流量を考え、水位は資料から得られる河口水位の上限および下限によって、それぞれの危険な水理条件を設定した。

不定流実験に用いた計画高水流量の流量波形は、昭和 36 年 6 月出水の墨俣（長良川）、万石（揖斐川）地点で記録されたものを基本波形とし、長良川ピーク流量を $7500 \text{ m}^3/\text{s}$ に引き伸ば

し、長良川ピーク時刻の揖斐川流量を $3500 \text{ m}^3/\text{s}$ としたものである。また資料蒐集によって得た墨俣ピーク流量と吉之丸ピーク水位相関図を図-1に示す。

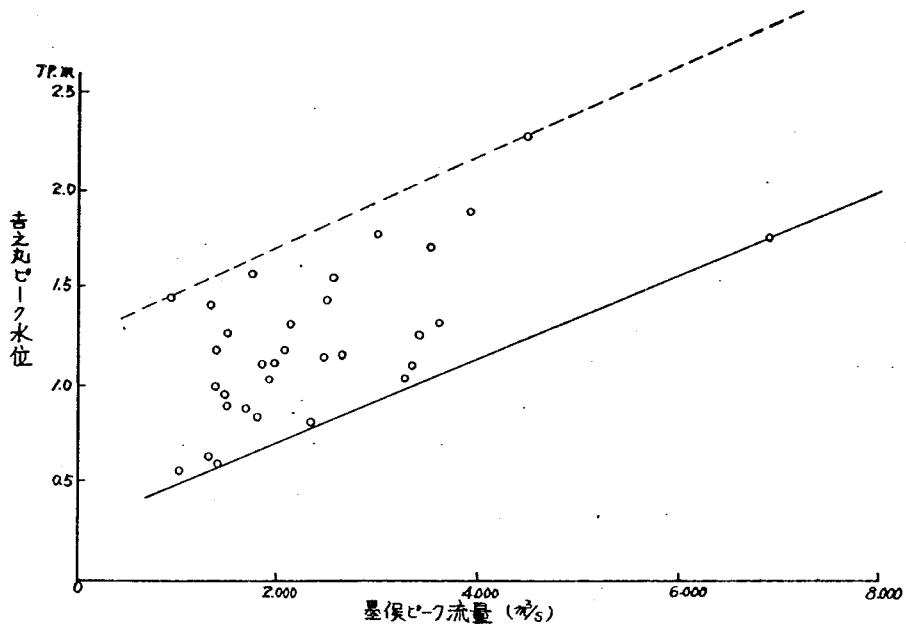


図-1 吉之丸 Peak 水位 墨俣 Peak 流量相関図

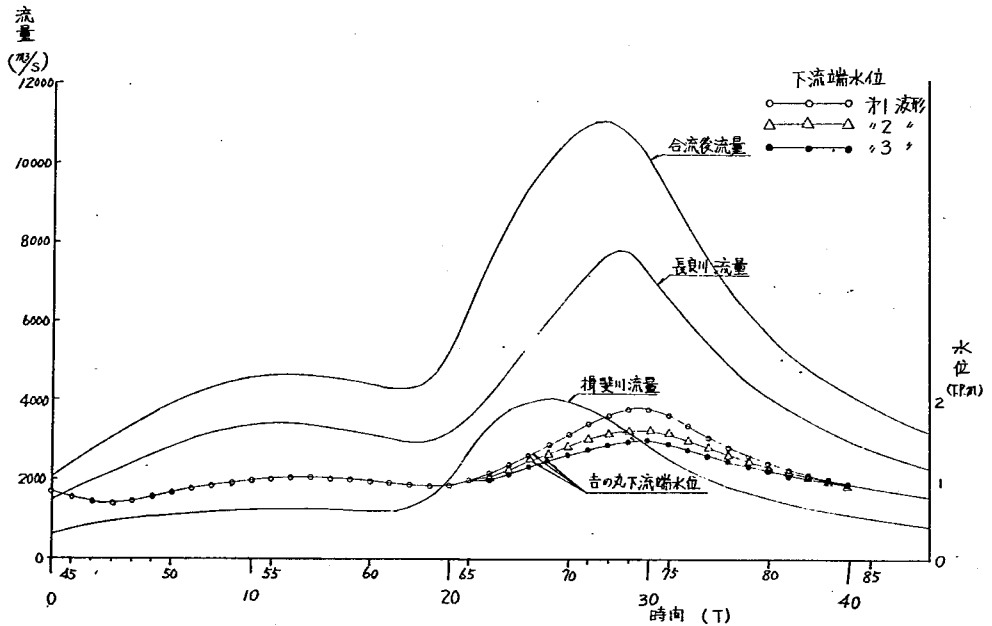


図-2 水理実験 流量・水位波形

図-1の吉の丸水位の下限線を用いて、不定流の流量波形に対して求められた吉の丸水位を下流水位とした。このとき長良川流量ピーク時刻と下流水位ピーク時刻を1時間ずらしている。こうして求められた流量水位波形を図-2に示す。

定流実験については、長良川で過去10年間位の間で年1回の出水は、大略 $3000 \text{ m}^3/\text{s} \sim 4000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度であり、こうした頻度の多い洪水に対しても、河道の検討を行なうべく定流による実験を計画した。

実験流量については、一般的には、年1回程度の洪水流量を低水路対象流量と考え、その流量を低水路内で流下しうる断面を設計すべきで、計画法線形状による計画河床の検討の面から考えて実験流量を長良川 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、揖斐川 $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。下流水位については、図-1吉の丸ピーク水位～墨俣ピーク流量相関図よりTP1.40mとした。実験に用いた河床形状は、昭和43年度実測河床（現状断面）と、計画断面（地建案）である。

第 2 章 相 似 律 に つ い て

1. フルードの相似則

現地の流れを支配している基礎方程式は一次元的な場合、一般に次のように書かれる。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V_p}{\partial t_p} + \frac{\partial h_p}{\partial x_p} - i_p + \frac{\partial}{\partial x_p} \left(-\frac{V_p^2}{2g} \right) + \frac{n p^2 \cdot V_p^2}{R p^{4/3}} = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial x_p} + \frac{\partial A_p}{\partial t_p} = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

(1)式が流れの運動方程式、(2)式は連続式である。幾何学的に作られた模型の流れも同様に

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V_m}{\partial t_m} + \frac{\partial h_m}{\partial x_m} - i_m + \frac{\partial}{\partial x_m} \left(-\frac{V_m^2}{2g} \right) + \frac{n m^2 \cdot V_m^2}{R m^{4/3}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{\partial Q_m}{\partial x_m} + \frac{\partial A_m}{\partial t_m} = 0 \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで記号は慣用記号を使っているので説明を省略する。

ただし、添字のpはPrototype（現地）mはmodel（模型）を示す。現地の流れと模型の流れが相似であるために上式(1)、(3)の対応する各項同志の比が一定でなければならない。

すなわち、

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V_p}{\partial t_p} = \frac{\partial h_p}{\partial x_p} = \frac{i_p}{i_m} = \frac{\frac{\partial}{\partial x_p} \left(\frac{V_p^2}{2g} \right)}{\frac{\partial}{\partial x_m} \left(\frac{V_m^2}{2g} \right)} = \frac{\frac{n_p^2 \cdot V_p^2}{R_p^{4/3}}}{\frac{n_m^2 \cdot V_m^2}{R_m^{4/3}}} = \text{const} \dots\dots\dots(5)$$

ここで

$$\frac{V_p}{V_m} = V_r, \frac{t_p}{t_m} = t_r, \frac{h_p}{h_m} = h_r, \frac{x_p}{x_m} = x_r, \frac{n_p}{n_m} = n_r$$

などとおくと(5)式は

$$\frac{V_r}{t_r} = \frac{h_r}{x_r} = i_r = \frac{V_r^2}{x_r} = \frac{n_r^2 \cdot V_r^2}{h_r \cdot R_r^{4/3}} = \text{const} \dots\dots\dots(6)$$

となり、各辺に x_r/h_r を乗ずると次のようになる。

$$\frac{V_r \cdot x_r}{t_r \cdot h_r} = 1 = \frac{i_r \cdot x_r}{h_r} = \frac{V_r^2}{h_r} = \frac{n_r^2 \cdot V_r^2 \cdot x_r}{h_r \cdot R_r^{4/3}} \dots\dots\dots(7)$$

(7)式の第2項と第4項とよりフルード法則がでてくる。

$$F_r^2 = \frac{V_r^2}{h_r} = 1 \dots\dots\dots(8)$$

これより流速の縮尺は

$$V_r = \sqrt{h_r} \dots\dots\dots(9)$$

で与えられ、さらに(7)式の(1)(2)項より水流に対する時間縮尺は

$$t_r = x_r \cdot V_r / h_r \dots\dots\dots(10)$$

で与えられる。つぎに径深 $R \equiv n$ と表わされるものとすれば第2項と第5項より、フルード則を用いて粗度縮尺が求まる。

$$n_r = \frac{\sqrt{h_r^{7/3}}}{V_r \sqrt{x_r}} = \frac{\sqrt{h_r^{4/3}}}{\sqrt{x_r}} = \sqrt{\frac{h_r^{4/3}}{x_r}} \dots\dots\dots(11)$$

これまでの誘導には x_r と h_r の比には何ら拘束条件はなかったので、歪み $\alpha = x_r/h_r$ は任意にとれることを意味する。

また(7)式の const は $1/\alpha$ であることに注意を要する。なお連続の方程式は自動的に満足されている。なお、断面積、流量の縮尺は、

$$A_r = x_r \cdot h_r \dots\dots\dots(12)$$

$$Q_r = V_r \cdot A_r = x_r \cdot h_r^{3/2} \dots\dots\dots(13)$$

以上、水平、鉛直縮尺 x_r , n_r を知って、諸物理量の縮尺を求める式をまとめて記すと以下の通りである。

$$A_r = x_r \cdot h_r \dots\dots\dots(14)$$

$$Q_r = x_r \cdot h_r^{3/2} \dots\dots\dots(15)$$

$$V_r = h_r^{1/2} \dots\dots\dots(16)$$

$$t_r = x_r \cdot h_r^{-1/2} \dots\dots\dots(17)$$

$$i_r = h_r \cdot x_r^{-1} \dots\dots\dots(18)$$

$$n_r = h_r^{2/3} \cdot x_r^{-1/2} \dots\dots\dots(19)$$

2. 流砂量と時間縮尺

開水路における流水の相似律は、フルードの相似則より求めることができ、同時に時間縮尺を前節の式(14)で求めることができるのであるが、模型実験における河床変動状況をより現地現象に近づけるためには、流砂量の相似が成り立つよう努力することが必要であり、時間縮尺は流砂の連続式および運動式より求めた方が、現地現象にあった結果を得ることが期待できる。

流砂の連続式は次式のようになる。

$$\frac{\partial Z}{\partial t_s} + \frac{1}{B(1-\lambda)} \cdot \frac{\partial Q_s}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(20)$$

ここに Z : 河床の深さ方向距離 t_s : 時間
 B : 川幅 λ : 空隙率
 Q_s : 全幅流砂量 x : 流れ方向距離

これより

$$h_r = \frac{Z_p}{Z_m}, t_{sr} = \frac{t_p}{t_m}, B_r = \frac{B_p}{B_m} = x_r, (1-\lambda)_r = \frac{(1-\lambda)_p}{(1-\lambda)_m}, Q_{sr} = \frac{Q_{sp}}{Q_{sm}}$$

であることを用いて

$$\frac{h_r}{t_{sr}} = \frac{1}{B_r \cdot (1-\lambda)_r} \cdot \frac{Q_{sr}}{x_r} \dots\dots\dots(21)$$

よって移動床の時間縮尺 t_{sr} は

$$t_{sr} = h_r \cdot (1-\lambda)_r \cdot x_r^2 \cdot Q_{sr}^{-1} \dots\dots\dots(22)$$

となる。 $(1-\lambda)_r$ はほぼ 1 に等しい。

次に流砂量の縮尺は、流砂量式として掃流砂を対象にして考えられた佐藤、吉川、芦田公式（通称土研式）、浮流砂を含んで考えられた Brown 式、そして石炭粉の流送特性実験と現地観

測結果より求めた3つについて検討してみた。

(1) 土研式

$$Q_B = B \cdot q_B = B \cdot \frac{\varphi \cdot F \cdot U_*^3}{\{(\sigma/\rho) - 1\} \cdot g} \quad \dots\dots\dots (23)$$

ここで記号は慣用記号を使っているので説明は省略する。

次に(23)式は

$$Q_{B_r} = \frac{Q_{B_p}}{Q_{B_m}}, \quad B_r = \frac{B_p}{B_m} = x_r, \quad \varphi_r = \frac{\varphi_p}{\varphi_m}, \quad F_r = \frac{F_p}{F_m},$$

$$(\sigma/\rho - 1)_r = \frac{(\sigma/\rho - 1)_p}{(\sigma/\rho - 1)_m}, \quad U_{*r} = \frac{U_{*p}}{U_{*m}}, \quad g_r = \frac{g_p}{g_m}$$

とすると次のようになる。

$$Q_{B_r} = B_r \cdot \frac{\varphi_r \cdot F_r}{(\sigma/\rho - 1)_r \cdot g_r} U_{*r}^3 \quad \dots\dots\dots (24)$$

(2) Brown 式

$$Q_{T_r} = B \cdot q_T = B \cdot 10 \cdot \frac{U_*^5}{g^2 (\sigma/\rho - 1)_r^2 \cdot d} \quad \dots\dots\dots (25)$$

同様に(25)式は $d_r = d_p/d_m$ とすると

$$Q_{T_r} = B_r \cdot q_{T_r} = B_r \cdot \frac{U_{*r}^5}{g_r^2 \cdot (\sigma/\rho - 1)_r^2 \cdot d_r} \quad \dots\dots\dots (26)$$

となる。

なお、石炭粉の流砂実験と現地観測資料からの時間縮尺は後述することにし、(24)、(26)式を(22)式の Q_{sr} に代入すると、それぞれ

$$\begin{aligned} t_{sr} &= h_r \cdot (1-\lambda)_r \cdot x_r^2 \left\{ x_r \cdot \frac{\varphi_r \cdot F_r}{(\sigma/\rho - 1)_r} \cdot U_{*r}^3 \right\}^{-1} \\ &= \frac{x_r \cdot h_r \cdot (1-\lambda)_r \cdot (\sigma/\rho - 1)_r}{\varphi_r \cdot F_r \cdot U_{*r}^3} \quad (\text{土研式}) \quad \dots\dots\dots (27) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{sr} &= h_r \cdot (1-\lambda)_r \cdot x_r^2 \left\{ x_r \cdot \frac{U_{*r}^5}{(\sigma/\rho - 1)_r^2 \cdot d_r} \right\}^{-1} \\ &= x_r \cdot h_r \cdot (1-\lambda)_r \cdot \frac{(\sigma/\rho - 1)_r^2 \cdot d_r}{U_{*r}^5} \quad (\text{Brown 式}) \quad \dots\dots\dots (28) \end{aligned}$$

となる。

3. 長良川模型の縮尺

以上の各式において長良川模型の $x_r = 60$, $h_r = 40$ を代入すれば、各縮尺の具体的な数値が得られる。それをまとめてみると次のようになる。

$x_r = 60$	水平縮尺
$h_r = 40$	鉛直縮尺
$A_r = 2400$	断面積縮尺
$I_r = 1/1.5$	勾配縮尺
$V_r = 6.325$	流速縮尺
$t_r = 9.48$	流水の時間縮尺
$\alpha = 1.5$	歪
$Q_r = 15179$	流量縮尺
$n_r = 1.510$	粗度縮尺

次に流砂量および時間縮尺であるが、まず現地の流砂観測資料集より、長良川の墨俣と南濃大橋の掃流砂量および浮遊砂量を求めた。また、長良川模型の石炭粉流砂量を知るため、二次元水路により石炭粉流送特性の実験を行ない、総流砂量を求めた。

これの墨俣と南濃大橋の掃流砂量 $q_{B*} (=q_B/U_*d)$ および浮遊砂量 $q_{S*} (=q_S/U_*d)$ と τ_* ($=U_*^2/(g(\rho-1)d)$) の関係を図-3～図-5に、この現地河床材料の粒度分布図を図-6に示す。さらに石炭粉流送特性の実験結果総流砂量 q_{T*} と τ_* の関係を図-7、 q_{T*} と τ_* の関係を図-8に示した。

この石炭粉の実験結果によると我々の実験範囲では、Brown の提案した浮遊による輸送量をも含めた場合の実験式・

$$q_{B*} = 10 \tau_*^2 \dots\dots\dots (2)$$

とほぼ一致する。

これより現地と模型の諸水理量から総流砂量を求め、(2)式により t_{sr} を求めた。さらに土研式およびBrown 公式によるものも次表に示した。

図-3 南濃大橋 掃流砂量

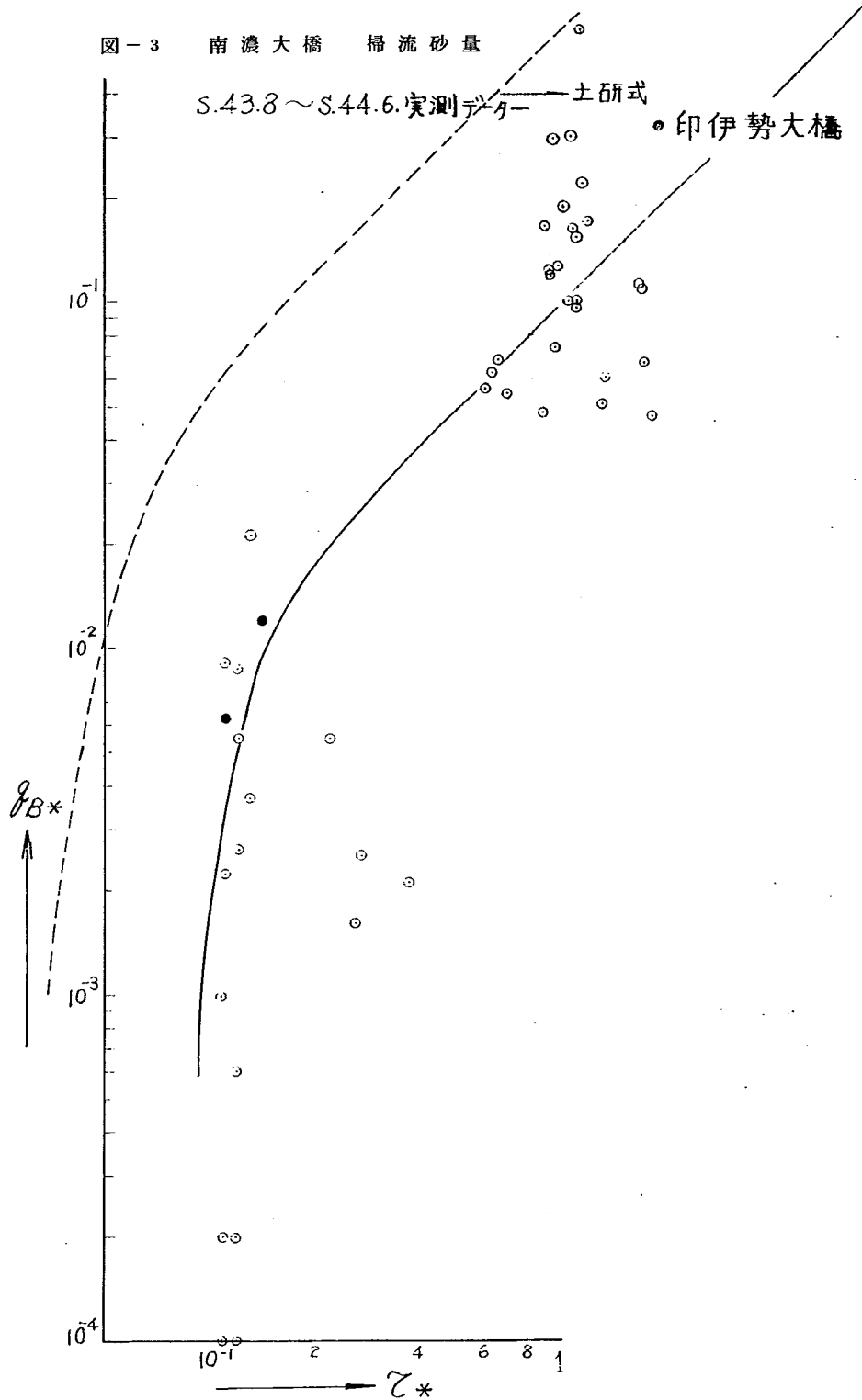


図-4 墨俣 浮遊砂量

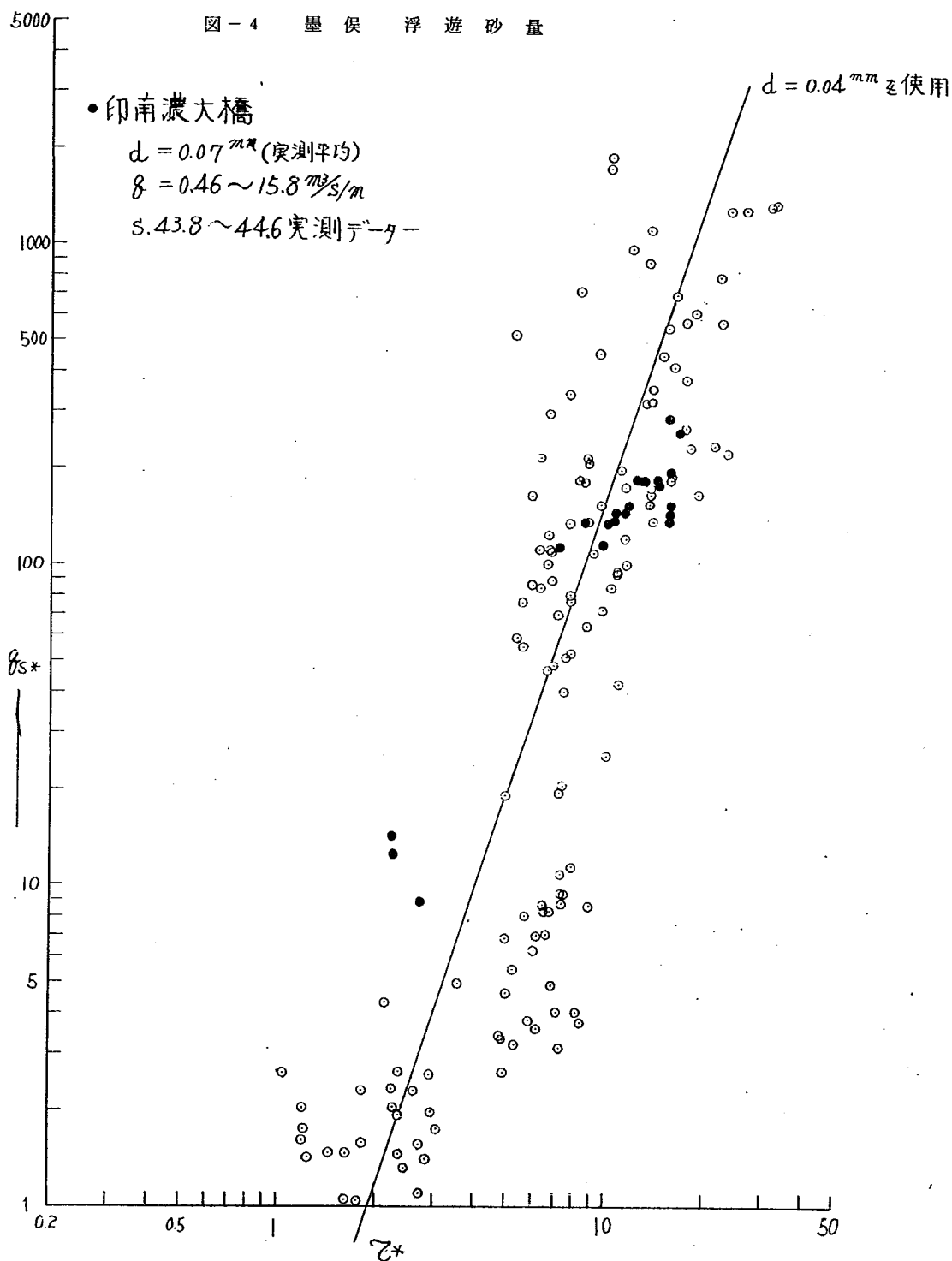


図-5

墨俣

掃流砂量

$$q_{B*} = q_B / U_* d$$

$d = \text{実測値}$

N0.2.3.4測線 S.38.8~S.43.8実測 τ - q -

$$\tau_* = U_*^2 / 1.65 \cdot 980 d \quad \left(\tau_{*c} = U_{*c}^2 / 1.65 g d \right)$$

$d =$

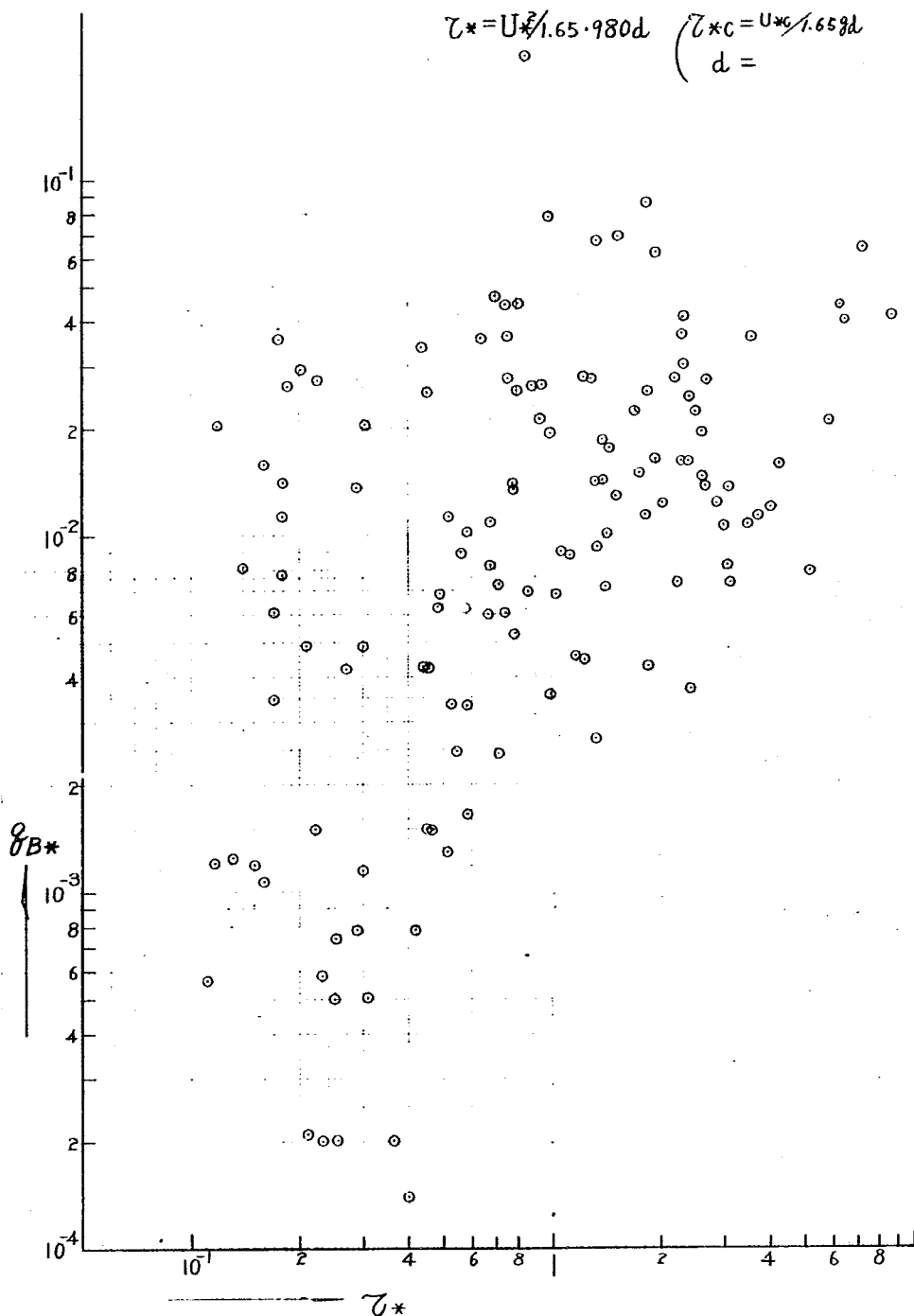


图-6 河床材料粒径

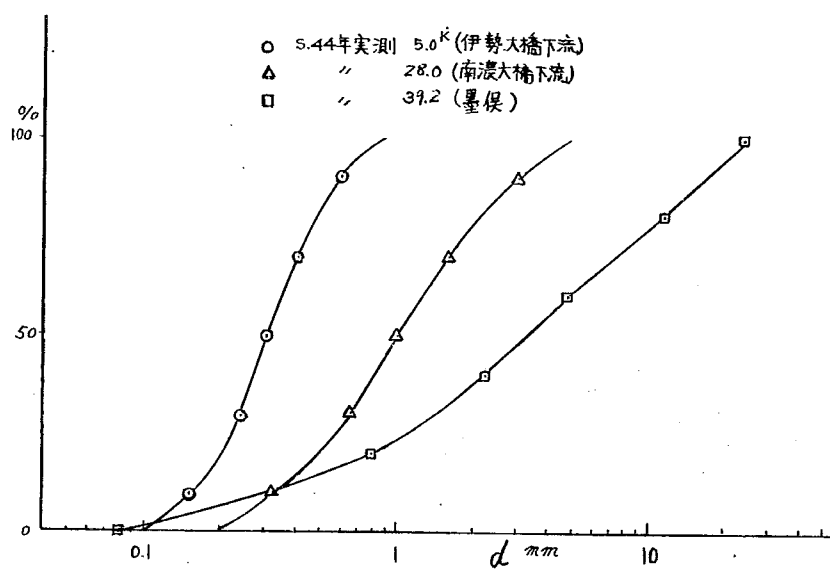


图 - 7 $q_T \sim \tau_* [= U_*^2 / (\sigma/\rho - 1) \text{ gd}]$

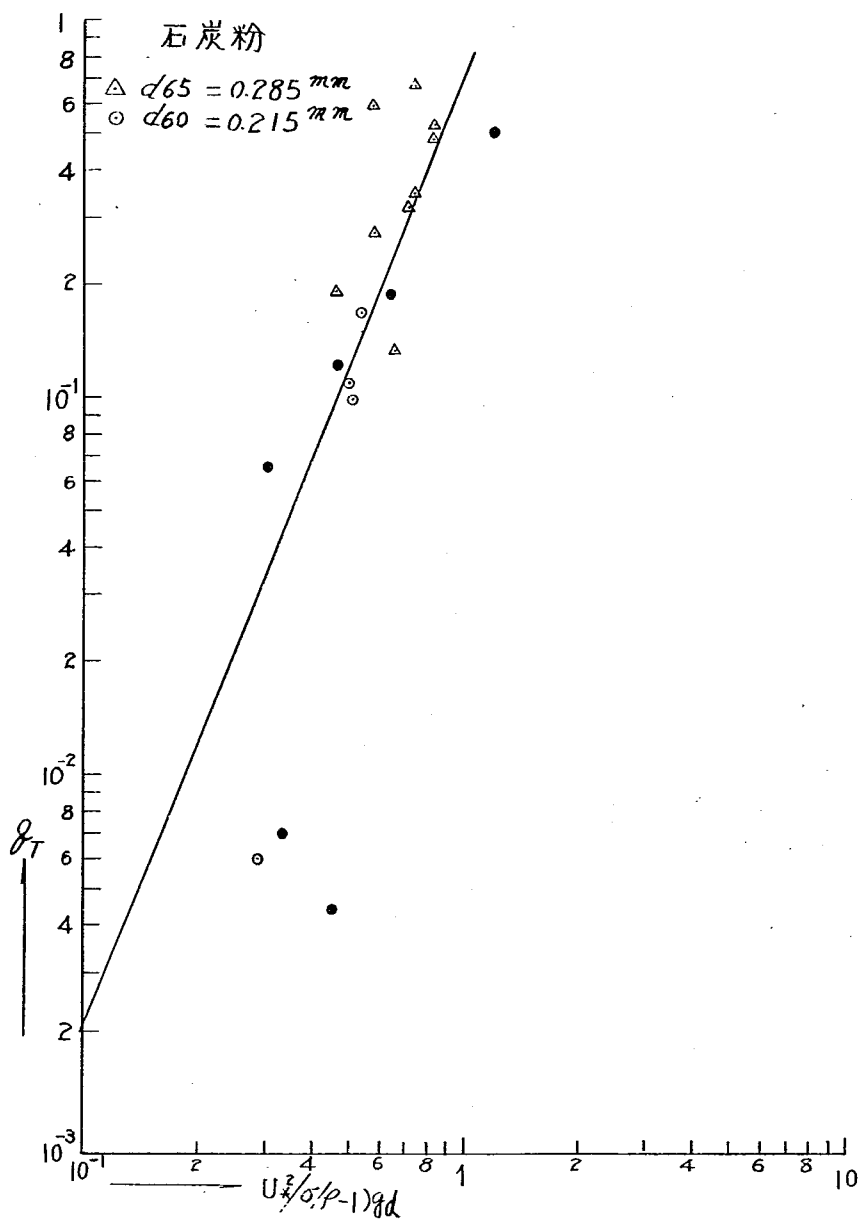


圖-8 石炭粉實驗結果

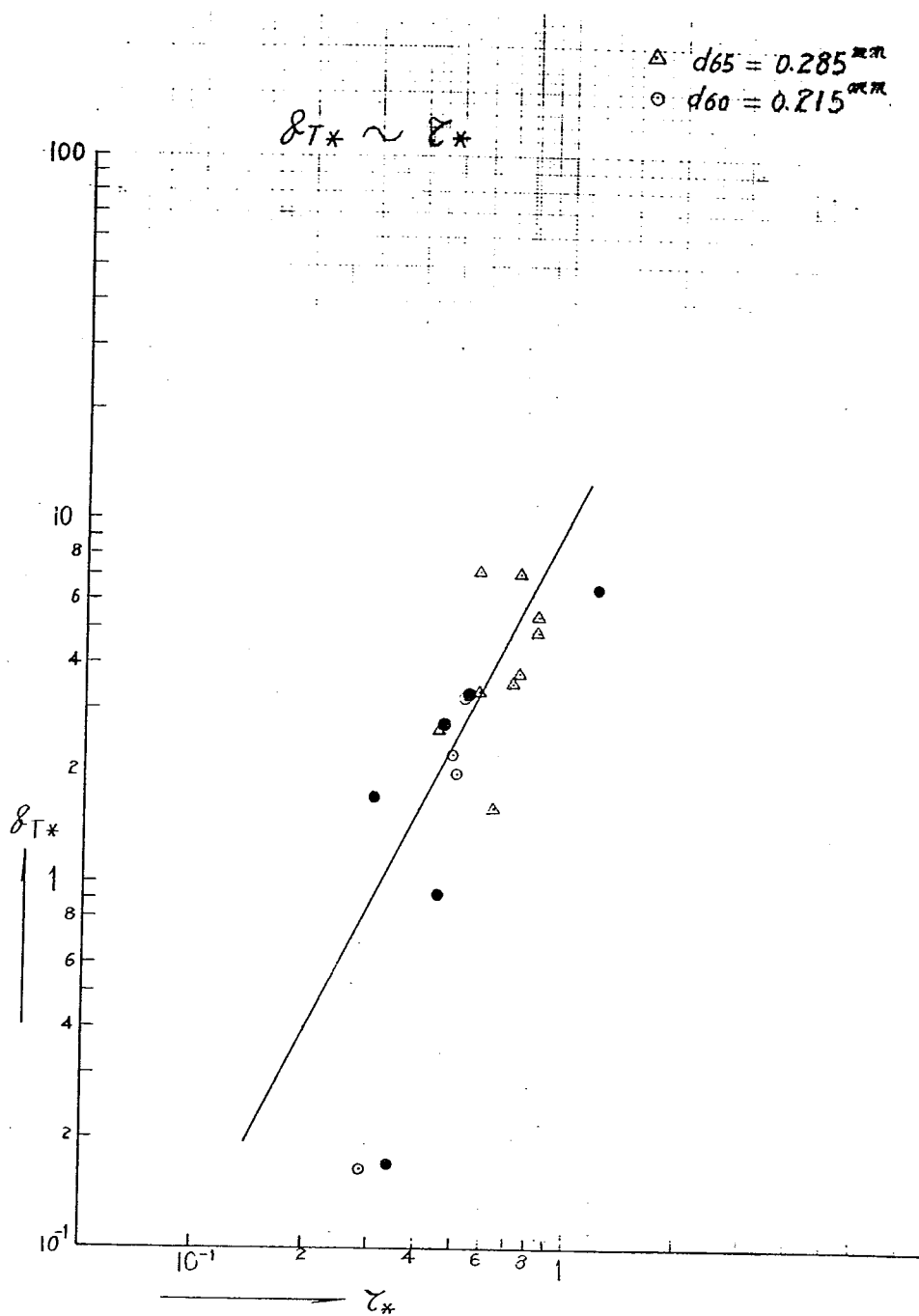


表-1 現地現状断面平均量および実測流砂量

n = 0.022

長良川 流量 Q	平均 径深 R	エネルギー 勾配 I _e	河床 材料 粒径 d ₆₀	浮遊砂 粒 径 d ₆₀	U _* m/sec	U _* · d ₆₀		(σ/p-1)gd		τ *		qB*	qB*	qB	qS	qT
						河床砂	浮遊砂	河床砂	浮遊砂	掃流砂	浮遊砂	図-2.1 より	図-2.2 より			
m ³ /s	m		mm	mm												
2000	3.00	0.000142	0.35	0.07 ~0.10	6.46	0.226	0.045 ~0.065	56.595	11.319 ~16.17	1.737	3.687 ~2.581	0.074	7.56 ~248	0.017	0.340 ~0.160	0.357 ~0.177
3000	3.36	0.000194	//	//	7.99	0.280	0.056 ~0.080	//	//	1.128	5.640 ~3.948	0.113	27.80 ~930	0.032	1.554 ~0.743	1.186 ~0.775
4000	3.75	0.000230	//	//	9.19	0.322	0.064 ~0.092	//	//	1.494	7.640 ~5.228	0.150	65.50 ~22.30	0.048	4.218 ~2.049	4.266 ~2.097
5000	4.20	0.000241	//	//	9.96	0.349	0.070 ~0.100	//	//	1.753	8.764 ~6.135	0.175	107.0 ~35.7	0.061	7.458 ~3.556	7.519 ~3.617
6000	4.62	0.000246	//	//	10.55	0.369	0.074 ~0.106	//	//	1.968	9.841 ~6.888	0.197	151.0 ~51.50	0.073	11.159 ~5.443	11.232 ~5.506

表-2 模型流砂量および時間縮尺

長良川 模型 流量 Q	平均 径深 R	エネルギー 勾配 I _e	石炭粉 粒 径 d ₆₀	U _*	U _* d ₆₀	(σ/p-1) · d ₆₀	τ *	qB*	qs*	qT*	qT	qT _r	QT _r	t _{s r}
ℓ/s	cm		mm							図-2.6 より				
131.75	7.500	0.000213	0.215	1.251	0.027	10.535	0.149			0.220	0.0059	60.10 ~29.80	3606 ~1788	39.9 ~80.5
197.63	8.400	0.000291	//	1.547	0.033	//	0.227			0.520	0.0172	92.21 ~45.06	5533 ~2703	26.0 ~53.3
263.50	9.375	0.000345	//	1.780	0.038	//	0.301			0.905	0.0344	124.01 ~60.96	7440 ~3658	19.4 ~39.4
329.38	10.500	0.000362	//	1.927	0.041	//	0.353			1.240	0.0508	148.01 ~71.20	8881 ~4272	16.2 ~33.7
395.26	11.550	0.000369	//	2.044	0.044	//	0.400			1.600	0.0704	159.55 ~78.21	9573 ~4693	15.0 ~30.7

表-3 土研公式による時間縮尺

流量 Q	φ_p	φ_m	φ_r	$(\tau_0/\tau_c)_p$	$(\tau_0/\tau_c)_m$	F_p	F_m	F_r	U_{*r}	U_{*r}^3	$(\sigma/\rho-1)_r$	B_r	QB_r	t_{sr}	$(W_0/U_{*r})_p$	$(W_0/U_{*r})_m$
m^3/s 2000	0.623	2403	0.259	15.70	1.78	1.00	0.60	1.67	5.164	137.71	3.3	60	1083	133	0.93	0.80
3000	"	"	"	24.00	2.72	"	0.85	1.18	"	"	"	"	768	188	0.75	0.65
4000	"	"	"	31.80	3.60	"	0.94	1.06	"	"	"	"	690	209	0.65	0.56
5000	"	"	"	37.30	4.23	"	0.96	1.04	"	"	"	"	677	213	0.60	0.52
6000	"	"	"	41.90	4.75	"	0.98	1.02	"	"	"	"	664	217	0.57	0.49

ここに, $U_{*r}^2 m = 0.8789$, $U_{*r}^2 p = 2.657$, $(\sigma/\rho-1)_p = 1.65$, $(\sigma/\rho-1)_m = 0.5$,

$W_{op} = 6.00 \text{ cm/s}$ (沈降) 鶴見公式

$W_{om} = 1.0 \text{ cm/s}$ (高橋の実験による)

表-4 Brown 公式による時間縮尺

流量 Q	U_{*r}	$(\sigma/\rho-1)_r$	B_r	U_{*r}^5	$(\sigma/\rho-1)_r^2$	d_r	QT_r	t_{sr}	$(\tau_0/\tau_c)_r$	$(W_0/U_{*r})_r$
m^3/s 2000	5.164	3.3	60	3672.2	10.89	1.628	12428	11.59	8.82	1.16
3000	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4000	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5000	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6000	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

ここで、現地における流砂量を見ると浮遊砂が支配的であり、この浮遊砂の平均粒径によってその量も変わる。ここでは南濃大橋の浮遊砂実測平均粒径 $0.07 \sim 0.10 \text{ mm}$ を用いた。また模型では総流砂量で求めているが、石炭粉の流砂実験でも浮遊砂が大部分を占め、現地の流砂状況に近いようである。このことはその河川の河床変動が浮遊型であることを示す。 τ_0/τ_c および W_0/U_{*r} (浮遊砂の濃度分布に関する Rouse 公式の指数) も表中に求めているが、 $(\tau_0/\tau_c)_r$ が 1 より大きいことは、模型の石炭粉の動き方が、現地の砂の動き方より活発でないことを示し、また、 W_0/U_{*r} の値は小さいほど浮遊しやすいが、 $(W_0/U_{*r})_r$ の値が 1 に近いから前述のように浮遊砂についての相似性はよいことを示す。したがって、石炭粉は現

地にくらべて掃流されにくい、浮遊砂の垂直方向の分布形はほぼ相似をたもっていることがわかる。

以上のようなことから掃流砂を対象にした土研式は、いまの場合適用しにくいようであり、浮遊砂を対象にした Brom 公式を適用した方がよいと思われる。

フルード則による時間縮尺は $t_r = 9.48$ であって、模型に不定流を流す場合には、この t_r に近い時間縮尺を選ぶことが適当であるが、表-2, 3, 4の各時間縮尺の検討結果から総合的に判断して $t_{sr} = 30$ を採用した。

4. 模型について

本模型は、移動床模型であり、縮尺は水平方向 $1/60$ 、鉛直方向 $1/40$ で歪 1.5 に製作した。このように歪をつけた理由は、現地の河床材料が細かく、それに対応した模型河床材料の入手が困難なため、歪をつけて模型河床材料の流送状態を現地の状態に近づけるためである。この模型は、昭和43年度実測河床に計画断面が入ったものを用い、図-9に示すように河床にモルタル面は河床材料の厚さだけ下げて移動床実験用に製作されている。

模型区間は長良川 2.0 Km より 14.0 Km、揖斐川 2.0 Km より 8.0 Km 間である。これらの模型には長良川および揖斐川上流部にそれぞれ量水槽、整流槽、下流部には水位調節用ゲートおよび帰還水路等が設けてある。また実験区間内の水制および構造物等はモルタルで製作し、伊勢大橋ピアー、河口堰ピアー等も設置した。

このうち実験中に河床洗掘および堆積状況等が測定あるいは目視できるように伊勢大橋ピアー2基、吉の丸護岸部分を透明アクリライト板で製作した。

河床材料としては現地河川の平均粒径が非常に細かいものであり、したがって模型の幾何学的縮尺により河床砂を縮小することは不可能であるので、比重の小さい材料として石炭粉を用いた。この石炭粉の密度は炭素分の多い普通のもので $\sigma = 1.50$ であり、砂の $\sigma = 2.65$ と比して水中比重において3倍程度軽く、粒度分布は図-11に示すように平均粒径 $d_m = 0.215 \text{ mm}$ のものである。このように実験上の問題として理想的な模型河床材料が得られず、力学的には完全には相似できない河床材料を使用したことと粗度調整ができないため実験の相似律が厳密には、わからないという問題があった。前者については比重の軽い石炭粉を使用し、かつ模型に歪をつけて石炭粉の流送を容易にし、後者については実験時の相似律が成り立つものと仮定した。歪度 1.5 の影響は基礎的な検討の結果、極端に三次元性の強い場合を除き、あまり大きいものではなく、その結果はむしろ安全側であることが判明している。

図-9 移動床模型標準横断面図

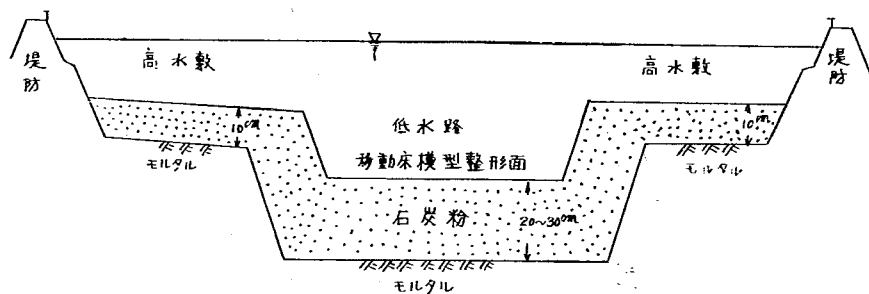
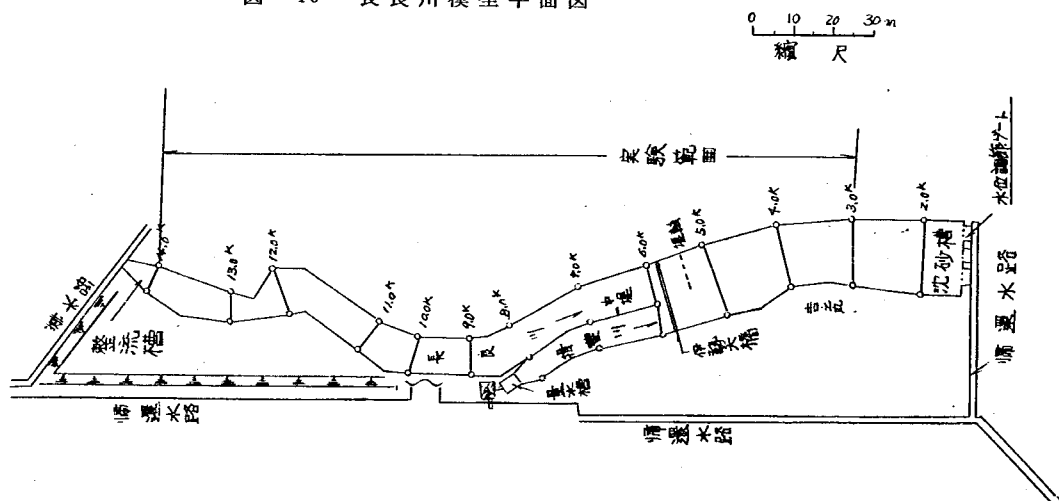


図-10 長良川模型平面図



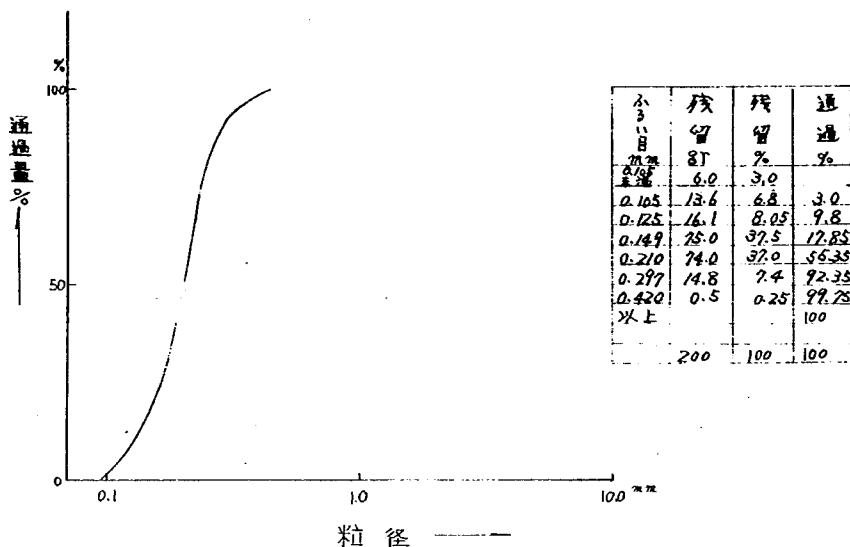


図-11 石炭粉の粒度分布

第 3 章 検 証 実 験

移動床実験の検証実験は、水流や河床変動などの点において現地と相似性が保たれているかどうかを確かめる実験といえよう。水流は水位が合えば相似性がほぼ満足されている。河床変動については、幾何学的にも時間的にも相似であることが必要条件であると思われるが、移動床実験の場合は水位を合わせることが一般に困難であり実験結果を見る場合、水位よりも河床変動の相似性の方を重視せざるを得ない。移動床実験の検証実験を試みる場合、多くの要素を考えなければならないが、それらのなかでも特に考慮しなければならないものをあげると次のようなものであろう。

- 河床の相似律より求めた時間縮尺は正しいかどうかの検討
- 水位の相似性はどのくらいが正しいかの検討
- 検証に用いる流量波形として、どのくらいのものを用いたらよいかの検討
- 検証に用いる模型の断面形の選定の検討
- 模型河床材料の選定の検討
- 実験方法

この他には河床材料の流送形式、粗度、歪模型、法面、実験の再現性、局所洗掘、2次流および蛇行状況の相似性がどうなっているかも検証実験の対象となろう。検証実験に用いた使用断面形と流量波形および実験方法は次のとおりである。

a) の河床の相似性より求めた時間縮尺の検討は、現地の洪水前後の河床変動量と模型の河床変動量とか、ほぼ相似であれば時間縮尺は満足するものであったと判断できる。

b) の水位の相似性は、現地と模型の水位が同一流量波形をあたえた場合、現地と模型の水位を検討することによって求まる。これはまた河床の粗度の検討をしたことにもなる。局所洗掘や、蛇行などの相似性は、模型上で現地とほぼ同一地点において現われれば、ほぼ満足したものと考えられる。

(1) 横断河床形状および流量波形について

現地の河床変動状況と模型上で起る河床変動の相似性を検討するためには、現地の洪水前後の河床断面形状が必要であり、洪水前の河床としては昭和35年2月実測の横断形状を用い、洪水波形としては、図-12に示す昭和35年8月13日洪水（長良川油島流量 $5650 \text{ m}^3/\text{s}$ 、揖斐川油島流量 $4075 \text{ m}^3/\text{s}$ ）と昭和36年6月27日洪水（長良川油島流量 $6026 \text{ m}^3/\text{s}$ 、揖斐川油島流量 $3380 \text{ m}^3/\text{s}$ ）のハイドログラフを通水した。そして比較する横断形状は昭和37年3月実測の形状を用いた。

(2) 実験方法

実験は前述した昭和35年2月の横断河床に整形後、昭和35年8月13日洪水のハイドログラフを通水して、この実験後河床横断形状を測定し、さらに昭和36年6月27日のハイドログラフを通水してこれらの河床測定を行なった。実験中に測定したものは時間水位、流況等であり時間縮尺は $t_s = 30$ としてある。この場合、河床変動に寄与した他の流量などが問題となろう。

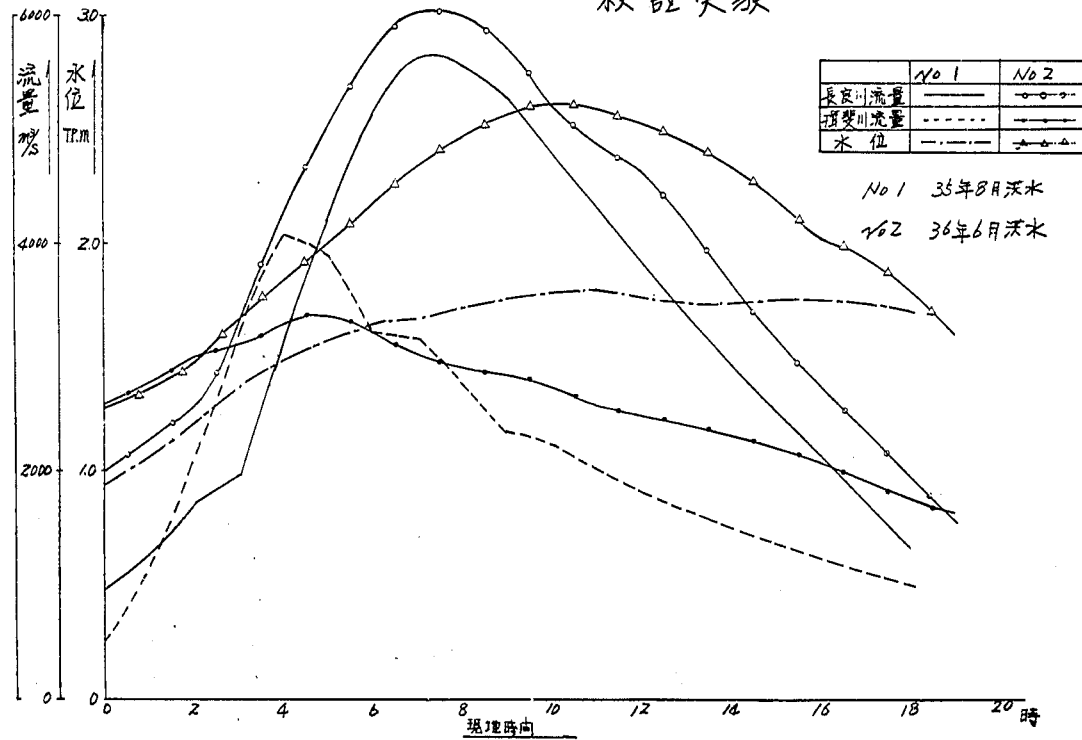
(3) 実験結果

§水位、流況について

移動床実験の場合、先に述べたように水位を合わせることは困難であり、また不定流でもあるためここでは測定された時間水位曲線を示し、水位についてはその傾向を述べるだけに止めたい。

まず、実験結果の各点で測定された時間水位曲線の昭和36年6月洪水のものを示したのが図-13、図-14である。これらの時間水位曲線によるといづれも5.4 Kmより上流の水位はピーク時の継続時間が長く現われている。これは実験の下流端水位波形に若干の誤差があったためで（特にこの誤差が流量の増水時に起った）、この影響によるものが大きいと思われる。またこれの昭和35年8月洪水の実測水位（長良川6.2 K、5.6 K）と比較したものを図-15に、昭和36年6月洪水の実測水位（福島樋管）とを比較したものを図-16に示す。これに

圖-12 實驗流量潮位波形
検証実験



よると図-15は上記誤差等を考慮するとほぼ一致していると思われる。また図-16はピーク時の時刻が実験の方で遅く表われ、減水時の水位は実験の方が高くなっている。この実験結果のピーク水位縦断面図を図-17に示した。

流況についてはいずれの場合も、ミオ筋にそって流下しており、現地河床図から判断するとかなりよく合っていると思われる。この流況図を図-18に示す。

§河床変動について

図-19、図-20は昭和35年2月の実測横断（整形時の河床）と昭和35年8月洪水および昭和36年6月洪水の不定流を通過した各々の実験後の河床形状、そして昭和37年3月実測横断を比較した河床変動図である。

まず実験後の河床は比較的凹凸が多いが、これは河床高の測定時に砂連の山や谷を測定してしまうことに起因するもので、ここではそれらの凹凸をならして考えておけばよいであろう。これら実験後の河床と整形時の河床および比較した実測横断との間には、各断面で微妙な差があるが、それらの主要なものをひろって以下に検討してみよう。

- (a) 長良川筋 6.6 K～6.0 K間では、低水路右岸部河床が洗掘の傾向であり、比較した昭和37年3月実測と同じ傾向である。しかし、低水路左岸側は現地では堆砂傾向のところもあるが実験では整形河床面とあまり変わらない。また法面の洗掘されている個所は模型の法面崩壊（歪の影響）によるものであろう。
- (b) 5.8 K断面は伊勢大橋直下流であり、実験後の河床変動は大きく、低水路右岸部は堆砂、そして左岸側は洗掘である。これは昭和37年断面とまったく同じ結果となっている。
- (c) 長良川筋 5.6 K～4.8 K間では、実験結果は低水路部で昭和37年断面とほぼ同じように変化している。しかし5.6 K～5.2 K間の左岸の州は、実験結果では洗掘されており、現地とは一致していない。これは実験上のミスであり、水制を河口堰浚渫法線でカットしたものをういてしまったためである。したがってこのようなことを考えれば2つの洪水による河床変動を実験はかなり忠実に再現していると考えられる。
- (d) 長良川筋 4.6 K～4.4 K間の実験結果は河床変動が少なく、このことは現地実測結果も同様であり、かなり一致していると考えてよいであろう。
- (e) 同様 4.2 K～3.8 K間では低水路左岸部で現地実測結果はいずれも洗掘傾向になっているが、実験では変化が少なく、現地といくぶん異なるようである。
- (f) 長良川筋 3.6 K～3.4 Kの実験結果は低水路右岸側は変化があまりなく、左岸側は洗掘傾向である。このことは量的に一致しない個所もあるが、実験結果も現地も同じ傾向である。
- (g) 揖斐川筋 6.6 K～5.2 K間断面では、実験後の河床形状は、整形前の断面からの変化はほとんどなく、河道は比較的安定な状態に落着いているものと見られる。
- (h) 揖斐川筋 5.0 K～3.8 K間断面も(g)と同様で実験後の河床変動は少ない。これは現地断面

についても同じである。ただし 4.4 K 断面では実験の方が洗掘されており、少し異なるようである。

- (9) 揖斐川 3.6 K ~ 3.4 K 断面は、実験後の断面が洗掘されており、現地とは一致していないようである。これは移動床実験の下流端が 3.2 K であり、この地点に石炭粉止めを作ったための影響であると思われる。

以上、検証実験について実験結果と現地データとを比較しながら検討を行なった。そして水位についても大きな違いはなく、水流についても現地との相似性が保たれているものと考えてよいと思われる。

また、河床変動については現地の実測結果と長良川の水制の下流部を除いてほぼ一致しており、実験は現地と相似な現象を表わしていると考えられる。したがって同様の実験方法をとった以下の実験結果も、ほぼ現地でおこる現象を表わしていると考えてよいと思われる。なお、河床測定上の誤差のうち実験結果に一番大きくひびくのは、砂連の山と谷とを測定することである。このような場合、測線にそってある幅の河床を平均的にならして測定することも行なわれる。しかし、ここでは砂連の山や谷をはかったそのままの数値を用いてある。

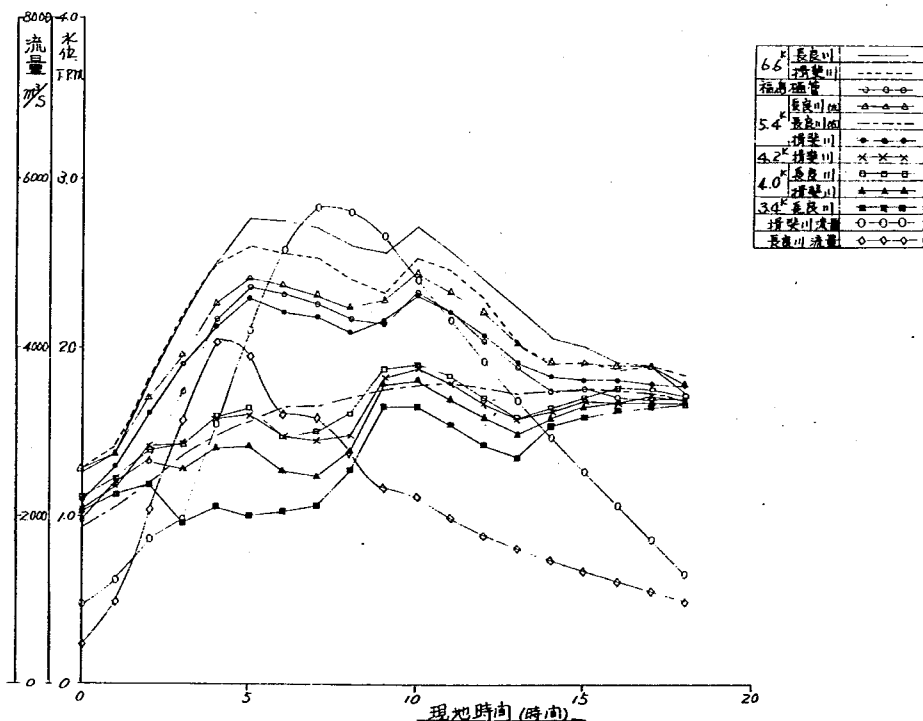


図-13 時間-水位流量曲線
実験No A-1 検証実験

図 - 14 時間 - 水位流量曲線

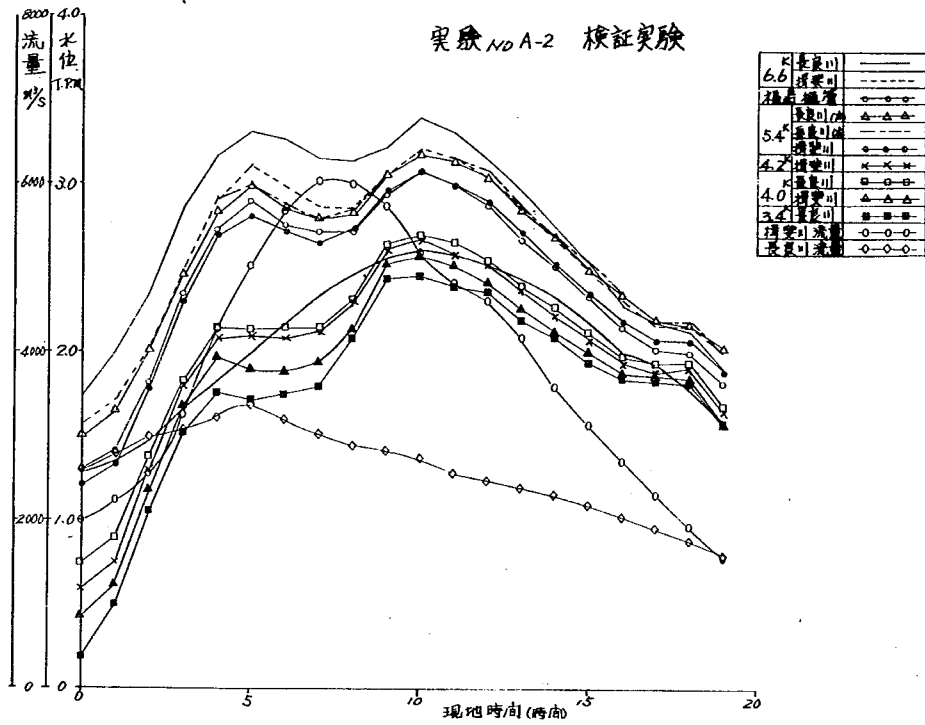


圖-15 水位流量曲線

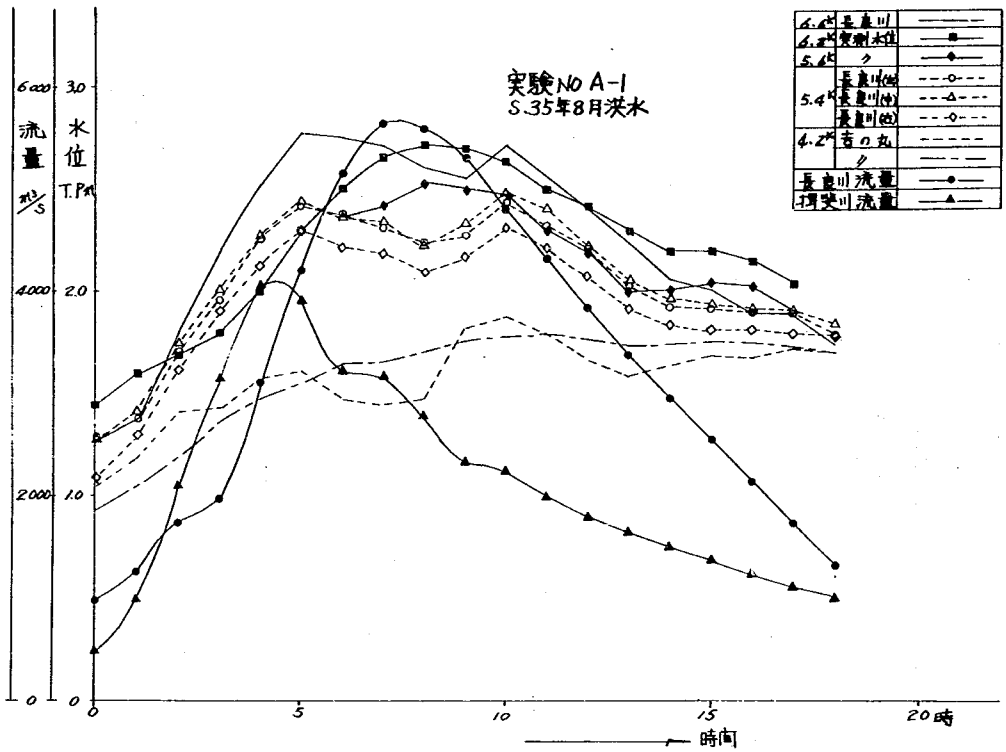


図-16 水位流量曲線

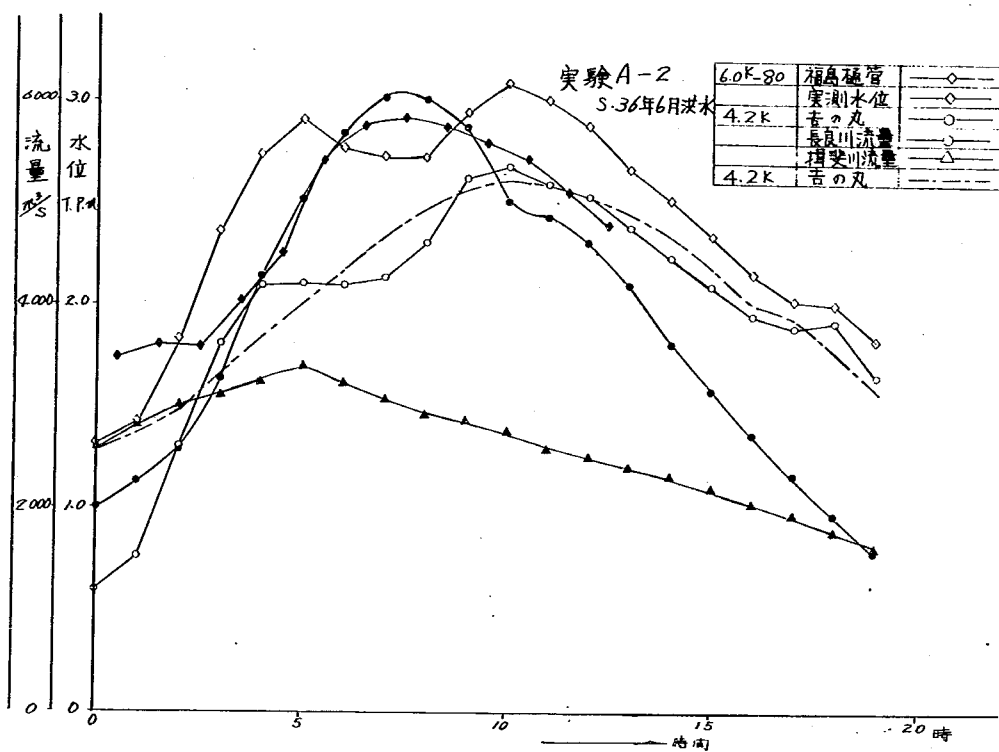
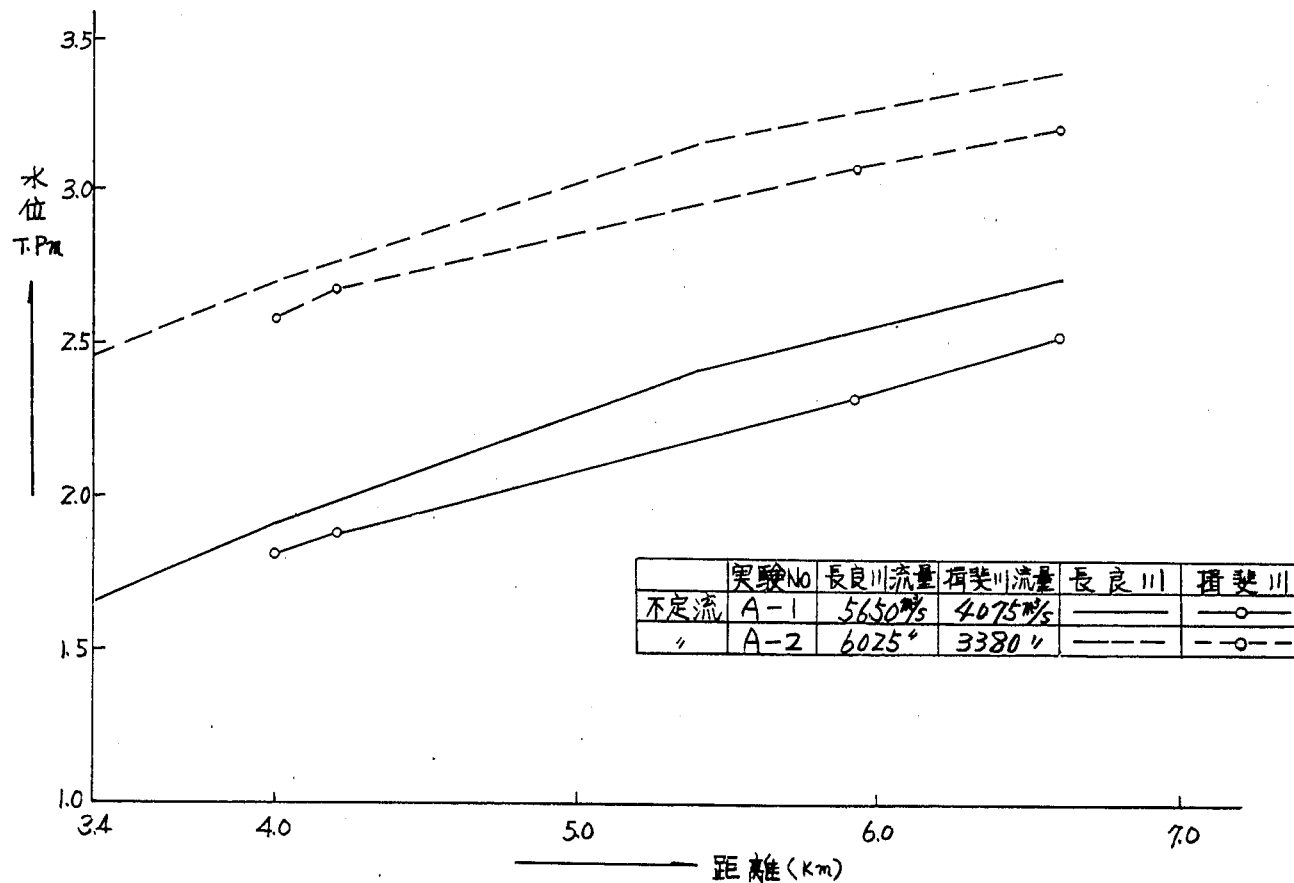


図-17 ピーク水位縦断面



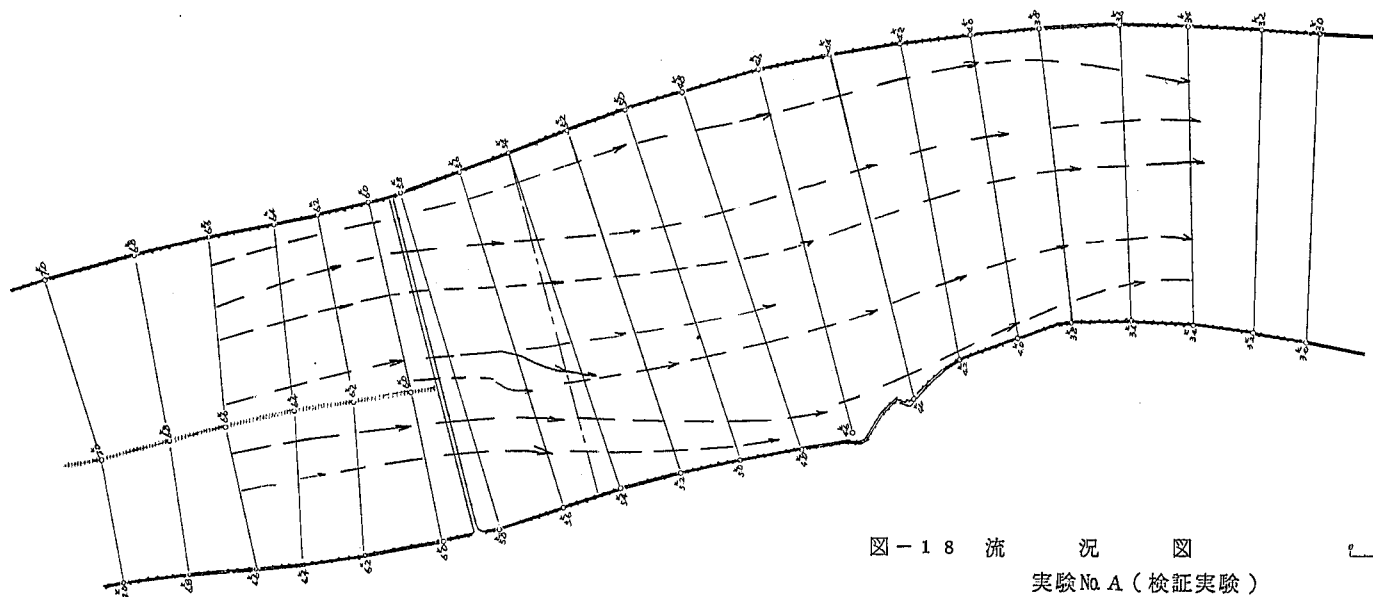


图-18 流 況 图
实验 No. A (验证实验)

0 100 200 300 400
厘米

流线	→
死水区域	⊗
堆积	///
光面	□

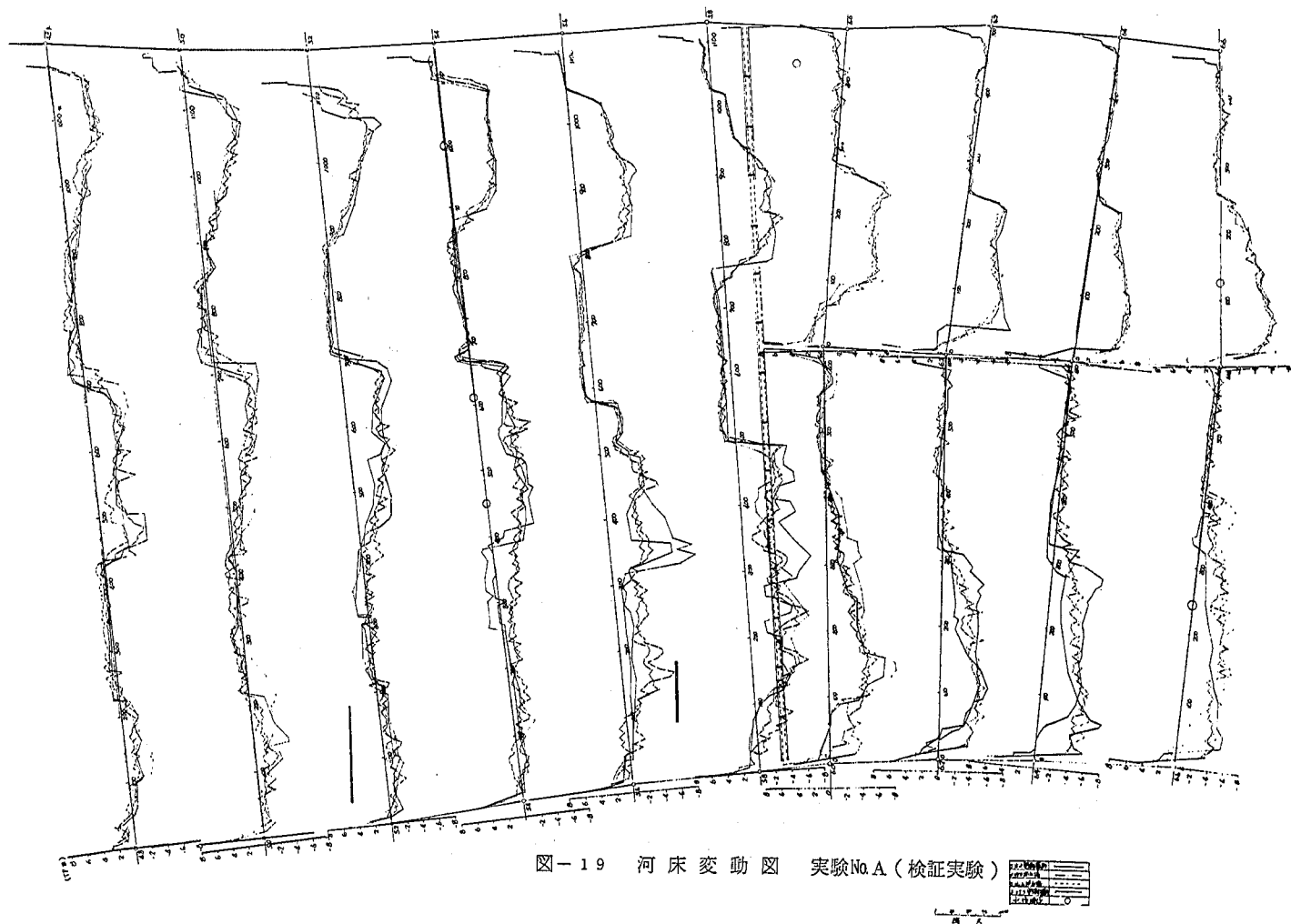
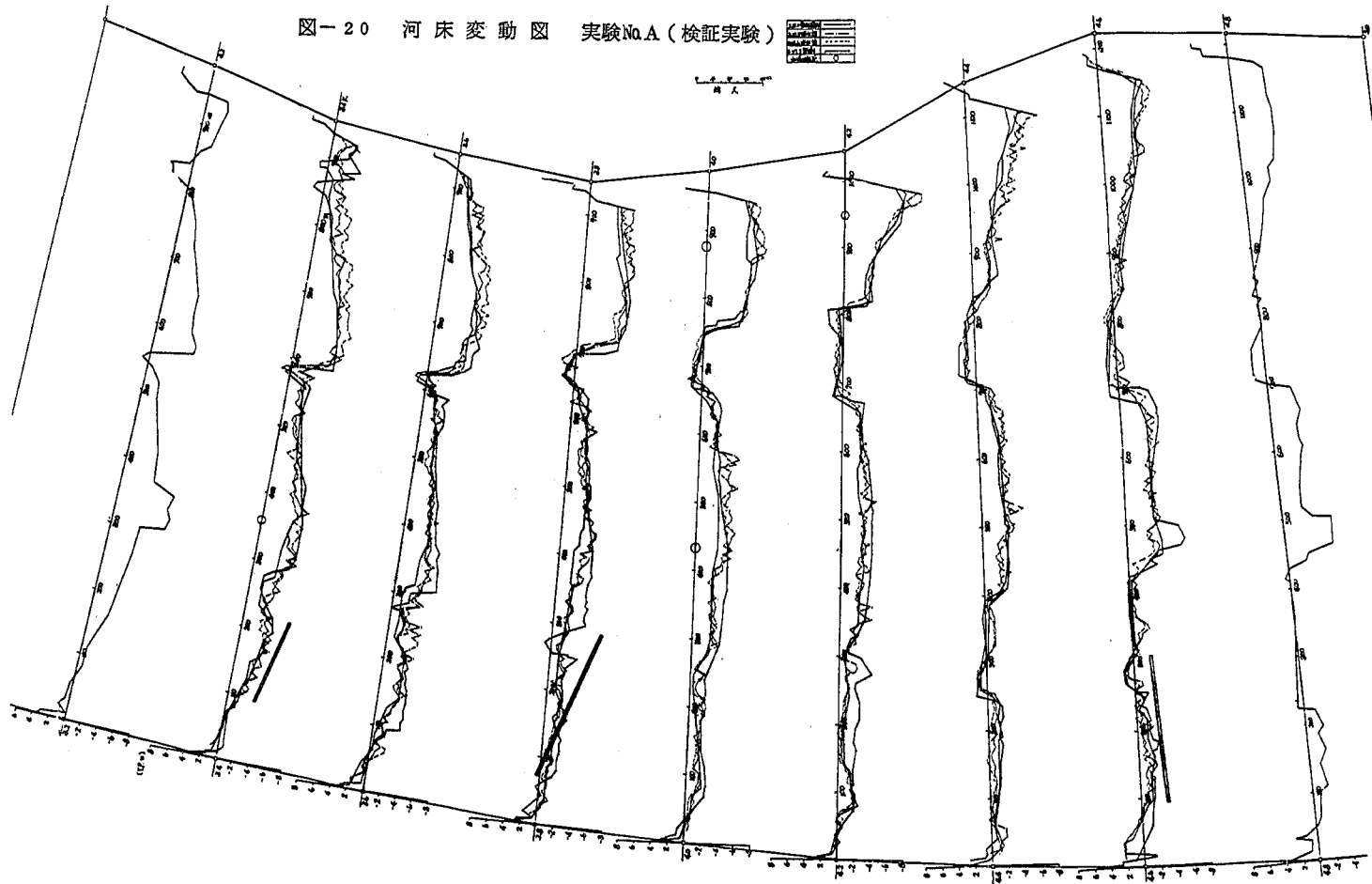


図-19 河床変動図 実験No.A (検証実験)

図-20 河床変動図 実験No.A(検証実験)



第 4 章 本 実 験

1. 実験方法

石炭粉を所定の断面に整形後、河床を壊さないよう注意しながら上下流より模型内に湛水させ、その後上流量水槽より所定の流量を流して実験を開始した。

不定流実験に用いた洪水波形の与え方は、各量水槽の流量と越流水深の関係から模型時間 2 分毎（現地 1 時間）の流量に対する越流水深を求めておき、この値になるようにポイントゲージを合せていき、バルブあるいはゲートを操作して流量を調節した。

定流実験の場合には、所定の流量を模型流量に換算してポイントゲージを合せて通水した。また下流水位については、不定流実験の場合には所定の潮位波形を模型水位に換算し模型時間 2 分毎に下流水位調節ゲートを操作して波形を与えた。定流実験の場合には、下流水位が一定であるので水位調節ゲートを所定の位置に保ち水位を与えた。また下流水位は全て吉の丸地点（4.2 K 右岸）において与えた。

2. 測定方法

実験中測定したものは、後述する各点での水位測定と電界型プロベラ流速計による流速測定、および染料等を投入して実験中の流線や死水域のスケッチ、また写真撮影を行ない流況の観測を、河床測定については、実験終了後の河床横断変化を測定した。

3. 実験ケース

実験条件一覧表（附表-1）に示す 8 ケースについて実験を行なった。各実験の内容は次のようなものである。

実験 No 1 は長良川河口堰および河口堰掘削計画が完成した状態で河道上流部が現状河道の場合の河口堰附近の流況、河床変動状況、また上流湾曲部の流線、河床変動状況等を不定流実験によって検討した実験である。

実験 No 2 は実験 No 1 と同様に河道上流部が現状河道の場合の水位、流速、流況、河床変動状況等を中洪水（長良川 $Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、揖斐川 $Q = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$ ）について長時間の定流実験によって検討した実験である。

実験 No 3 は木曾川下流工事々務所において計画された、低水路法線形状に従って、低水路護岸

を製作し河道掘削を行なって、河道計画が完了した状態で定流実験によって検討した実験である。
(実験流量、長良川 $Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$, 揖斐川 $Q = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$)

実験No 4は実験No 3と同様に計画河道についての検討を行なった実験であるが、通水前の河床は実験No 3の実験終了後のままとし、上流端で給砂を15分間に10ℓ行なった実験である。
(実験流量、長良川 $Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$, 揖斐川 $Q = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$)

実験No 5は計画河道についての実験であるが、小洪水(長良川 $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$, 揖斐川 $Q = 320 \text{ m}^3/\text{s}$)および計画高水流量についての検討を行なった実験である。

実験No 6は計画河道についての実験であるが、これまでの実験では模型上流端(14.0 K)における流心は右岸よりであった。この流心の位置を左岸にした場合に下流の湾曲部の河床にどのような影響が発生するか検討を行なった実験で、模型上流端右岸半分を締め切り左岸側からのみ流れるようにした。また給砂は左岸側のみに15分間に10ℓずつ行なった。(実験流量、長良川 $Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$, 揖斐川 $Q = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$)

実験No 7は、前回までに行なった実験では河道計画が完了し低水護岸が全て設置された状態で検討を行なったが、今回の実験では13.6 K~11.8 K右岸, 11.6 K~9.6 K左岸, 8.4 K~7.0 K右岸には低水護岸が設置されていない状態である。

断面形状は掘削、盛土が全て完了し複断面計画の形状ができた状態で実験を行なった。

実験No 8は実験No 7と同様に13.6 K~11.8 K右岸, 11.6 K~9.6 K左岸, 8.4 K~7.0 K右岸の低水護岸が設置されていない状態である。断面形状は低水護岸が設置されている個所は計画断面形に、設置されていない個所については現状断面形に整形した。

実験No 7~No 8についての実験は、木曾川下流工事々務所において計画された低水路法線形状の妥当性が実験No 3~No 6によって認められたので、この河道計画を実施するにあたり低水路護岸をどの部分より施工するか、また施工途中における出水などの湾曲部に対する水理現象等を模型実験によって検討を行なったものである。(実験流量、長良川 $Q = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$, 揖斐川 $Q = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$)

第 5 章 測 定

1. 水位について

現地水位資料および流量波形との比較を行なうために模型実験では、附図— 1 長良川模型平面図に示す測点で測定を行なった。

不定流実験の場合には、長良川 1 2 点、揖斐川 5 点の計 1 7 測定点において 2 分毎（現地 1 時間）に同時測定を行なった。

定流実験の場合には、長良川 1 3 点、揖斐川 5 点の計 1 8 測定点において、通水後 5 時間、15 時間、30 時間の 3 回水位変化の測定を行なった。測定した結果は現地水位に換算し水位数値表にまとめ、また時間水位曲線図および水位縦断面図を作成した。

2. 流速について

流速測定については、附図— 1 長良川模型平面図に示す測点で測定を行なった。

不定流実験の場合には、長良川河口堰地点の 3 測定点で 4 分毎（現地 2 時間）に測定を行なった。

定流実験の場合には、所定の測点で横断方向 1 m 間隔に水深方向 3 点の測定を行なった。測定した結果は、各流速計の検定値より模型流速を求め、さらに相似律について述べた縮率を用い現地流速に換算した。この結果から実験 No. 1 の場合には、時間一流速曲線図を、その他の実験は、流速数値表および流速分布図を作成した。

3. 流況について

実験中の流線を染料等を投入して、スケッチおよび写真撮影などを行ない観察した。この測定は不定流実験の場合には、長良川流量ピーク時に、定流実験の場合には、実験開始後 30 時間目に行なった。スケッチして得た流線および通水終了後の河床縦断変化を平面図に記し各実験の流況図を作成した。

4. 河床について

河床測定については、現状断面と計画断面（地建案）の現地資料等にもとづき河床横断指示書を作成し、実験ケースによる所定の断面に整形した。測定して得た河床横断形状を通水前河床横断図に記入し河床変動図を作成した。

測定時間は不定流実験の場合は、実験終了後に行ない、定流実験の場合には、実験開始後 5 時間、15 時間、30 時間後の 3 回、通水を停止して河床横断変化を測定した。

第 6 章 結 果 の 検 討

1. 実験No 1について

河口堰附近および下流の流れは、附図-19 流況図を見てもわかるように無理がなく一様に流下しているようである。また堰上流における河道の流れは、12.6 K附近での流速はや、右岸よりが速く、11.6 Kより11.0 K附近では左岸よりの流速が速くなっている。このため附図-27-1, 2, 3 河床変動図を見てもわかるように、12.2 K附近右岸、11.4 K附近右岸に大きな洗掘が見られ、とくに水制の附近はモルタル河床面が露出した部分も見うけられた。11.0 K附近からの流れは、右岸沿いに7.6 K附近まで流下し、この附近から左岸側へと流れている。このため9.8 K右岸より7.6 K附近右岸沿いに洗掘傾向が見られた。7.0 Kより下流の河道においては、河口堰掘削によって河床断面を拡げてあるため流速も小さく、附図-27-4, 5, 6 河床変動図のごとくあまり大きな河床変動は見られなかった。

2. 実験No 2について

実験No 1と同様に現状河道について、定流実験で検討したものであるが、流線の状況等は、図-20 流況図を実験No 1と比較してもわかるように、あまり大きな変化は見られず、蛇行の度合が強くなったと思われる程度であった。附図-28-1~6 河床変動図を見ると、洗掘箇所および堆積箇所等の傾向も実験No 1と似た状況であり、実験流量、通水時間等が違いため河床変動量には大きな差があるが、その傾向としては大略同じと思われる。

3. 実験No 3について

模型上流端(13.8 K断面)の河道への流入状況は、右岸よりの流速が速く、このまま12.6 K附近まで右岸側沿いに流下し、附図-21 流況図を見てもわかるように、この附近から左岸側に流心が変わり11.4 K左岸附近が水衝部となっている。このため附図-29-1, 2, 3 河床変動図のごとく、12.8 K~12.0 K左岸側低水護岸沿いに堆積傾向が見られ反対に右岸側に洗掘が生じている。11.4 K左岸附近に当たった流れは、ほぼ左岸側低水護岸に沿って10.8 K附近まで流下し、この附近より流れは右岸側沿いに変わり9.6 K附近に当たっている。このため11.4 K~10.8 K左岸側低水護岸沿いの洗掘は大きく、反対に12.0 K~10.4 K右岸側に堆積傾向が見られた。また9.6 K附近より右岸側沿になった流れは、低水路法線に従って流下している。これより下流部については、ほとんど低水路法線に沿った流れで河床変動もあまり見られなかった。流速については、附図-13 流速分布図に示すように湾曲部の頭部および尾部の左右岸には流速の違いが見られるが、湾曲部中央および下流部においては、差が見られず比較的均一な流れ

をしている。

4. 実験№4について

模型上流端において給砂を行なった場合の下流の堆積状況の変化の調査および各湾曲部における流速分布の状況を調査するために行なった実験である。

実験№3の通水後の河床と実験№4 30時間後の河床を比較した。附図-30-1~6河床変動図を見てもわかるように洗掘および堆積を発達させた程度で大きな変化は見られず流線の状況も全く同じようであった。附図-14-1, 2流速分布測定の結果では, 1 2.0 K, 1 1.0 K, 9.0 K, 7.4 K等のように湾曲部の頭部および尾部の左右岸には流速の違いが見られるが, 湾曲部中央および下流部においては差が見られず比較的均一な流れをしているようである。

5. 実験№5について

小洪水の場合の流速分布状況を調査するために行なった実験である。流量が少なくあまりに流速が遅いために流線の測定はできなかった。附図-15-1, 2流速分布の状況は実験№4の場合と同様に湾曲部の頭部および尾部附近左右岸においては差が見られるが, その差はあまり小さくなく問題にしなければならない程のものではないようである。

6. 実験№6について

前回までに行なった実験では, 模型上流端の流入状況は右岸寄りの流速が速くなっている。この状態を左岸寄りに多くした場合に下流の河床変動状況にどのような影響があるかを調査した実験である。

この結果, 図-24流況図および河床変動図を比較してわかるように影響のあるのは, ごく短い区間で下流の湾曲部の流況, 河床変動には全く関係がないように思われた。

7. 実験№7について

本実験は, 断面形状が計画断面形であるが低水路護岸が一部設置されていない状態で実験を行なったもので, このような状態で洪水が発生し, 低水路護岸の未完成な部分が水衝部になった場合, 高水敷がいためられることが予測できる。実験の結果護岸未完成部分のうち1 3.6 K~1 2.6 K右岸, 9.6 K~1 0.6 K左岸附近の高水敷の被害はほとんど見られなかったが, 1 2.4 K~1 1.8 K右岸, 1 1.6 K~1 0.6 K左岸, 8.4 K~7.6 K右岸附近では高水敷の洗掘が大きかった。

このため前回の実験№4と比較すると流線が1 2.0 K附近で右岸寄りに, 1 1.2 K附近では左岸寄りに, 8.0 K附近で右岸寄りになっているようであった。全体の堆積, 洗掘の傾向にはあま

り差がなかった。

8. 実験№ 8について

前に記したように低水護岸を設置してない部分の河床については現状形で、設置されている部分の河床は計画断面形で実験を行なった。実験№ 7の結果では、1 2.4 K～1 1.8 K右岸附近の高水敷の洗掘が大きかったが、この附近は現状形でも深掘れ部であり高水敷部分がほとんどないため今回の実験では堤防に沿って洗掘が見られた程度であった。1 1.6 K～1 0.6 K左岸についてもこの附近は高水敷のない所であり断面も大きいいため実験№ 7で見られたような洗掘はなく、むしろ一部には堆積の傾向も見られた。実験№ 7と実験№ 8とでは、通水後の河床状態は大体同じような傾向を示している、このため流線を比較してもあまり大きな違いは見られなかった。

第 7 章 結 論

長良川河道計画移動床模型実験では現地および模型の流砂特性がつかめたため、この流砂量の相似が成り立つような時間縮尺を用いて実験を行なった。この結果模型実験における河床変動状況をより現地現象に近づけることができたと考えられる。粗度についてもほぼ現地と一致しているため、信頼性における実験ができたと考えている。また歪模型の局所洗掘深の問題については長良川模型実験程度のフルード数の範囲では歪 1.5 の洗掘深への影響は見い出せなかった。なお、歪模型の局所洗掘深等については、まだ若干の問題点があると思われる。

長良川河道計画移動床模型実験の結果、次のようなことが明らかにされた。

1. 計画法線形については、模型実験の結果水衝部となっている個所においては河床の洗掘が見られたがほぼ満足すべきものである。これは、現状河道を十分に考慮して計画されたものであり、現状を尊重されたものであるためであろう。
2. 実験の結果より判断すると、河口堰上下流附近における計画河床のすりつけについては、とくに洪水等の疎通を考慮した断面形であり、堰前面の河床については局所的な洗掘、堆積もみうけられず流れも一様であり、あまり大きな河床変動はないようである。堰下流附近についても同様であった。
3. 各実験の考察の結果から 1 2.4 K右岸附近、1 1.4 K左岸附近、9.6 K～7.8 K右岸附近に

については水衝部となるため、計画河道の施工については護岸の構造および根入の問題、また施工中の出水などに対する対策等を十分に検討されることが望ましい。

4. 高水敷の造成にともなうの漏水問題の処理であるが、現地河道がT.P-15m 附近までは透水されやすい砂層であり、造成による矢板等の根入、施工上の問題が生じてこよう。実験による対策は得られず、河床材料、地質等を十分に調査した適切な処置が必要であらう。
5. 実験流量 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度で低水路法面附近の流速が、 2.0 m/s ちかくなり、低水護岸の設置が必要と思われる。
6. 実験範囲内の河道は湾曲部であり、洪水の規模によっては河道内に蛇行現象が生じ計画河道の維持が困難になるため、河道の維持管理には、十分な体制を整えておく必要があらう。

あ と が き

本報告書は、昭和46、47年度の2年間に土木研究所鹿島試験所において行なった、長良川河道計画移動床模型実験の結果をとりまとめ報告したものである。

中部地建、木曾川下流工事々務所および土木研究所河川研究室の御協力をいただき、数回にわたる検討会を重ねて進められてきたものである。いろいろと御指導を賜った木曾川下流工事々務所の所長をはじめ所員の方々および実験資料の整理その他の労を煩わせた鹿島試験所の皆様に深甚の謝意を表します。

鹿島試験所長 須賀 堯 三
林 敏 夫

圖 · 表 集

图 - 1 長良川模型平面图

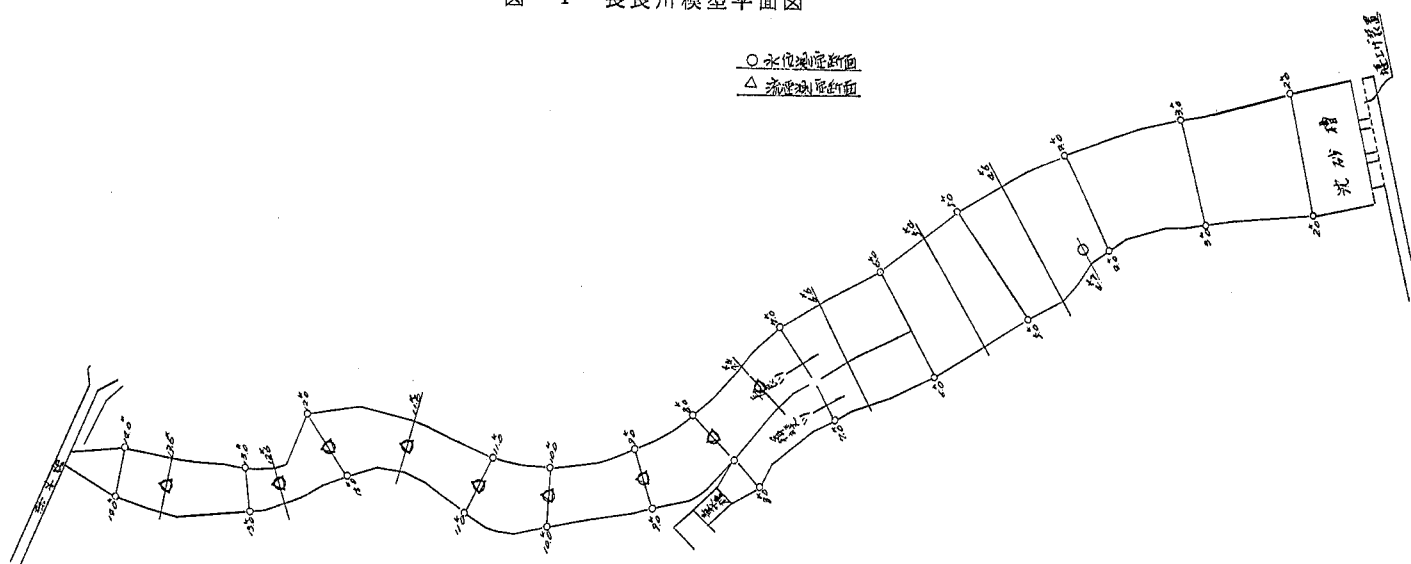


表-1 実験条件一覧表

実験 番号	流 量		下流水位 (4.2K) T.p.m	定流, 不定 流の正別	断面形状	通水前河床	実験時間 (模型分)	給 砂	摘 要
	長良川m ² /s	揖斐川m ² /s							
No. 1	Q _{max} =7,500	Q _{max} =4,000	H _{max} =1.90	不定流実験	現状河道	現状形に 整形	80	ナ シ	河口堰完成後の検討
No. 2	Q=3,000	Q=1,400	1.40	定流実験	現状河道	現状形に 整形 3000m ² /s 通水後	1800	ナ シ	現状河道における検討
	Q=7,500	Q=3,500	2.98	"	"		120	"	
No. 3	Q=3,000	Q=1,400	1.40	定流実験	計画河動	計画形に 整形	1800	ナ シ	計画河道における検討
No. 4	Q=3,000	Q=1,400	1.40	定流実験	計画河動	No. 3, 通水後	1800	15分間に10ℓ	給砂による影響の調査
No. 5	Q=1,000	Q=320	0.97	定流実験	計画河道	No. 4, 通水後 Q=1000m ² /s 通水後	900	ナ シ	小洪水, 大洪水の検討
	Q=7,500	Q=3,500	2.98	"	"		120	"	
No. 6	Q=3,000	Q=1,400	1.40	定流実験	計画河道	計画形に 整形	1800	左岸半分に 15分間に10ℓ	上流端流入状況の検討
No. 7	Q=3,000	Q=1,400	1.40	定流実験	計画断面形	計画形に 整形	1800	15分間に10ℓ	13.6K~11.8K 右岸, 11.6K~9.6K左岸, 8.4K~7.0K 右岸の低水護岸を施さない状態で, 掘削 は, 計画まで完了。
No. 8	Q=3,000	Q=1,400	1.40	不定流実験	計画断面と 現状断面の 組み合わせ	組み合わせ 断面に整形	1800	15分間に10ℓ	13.6K~11.8K 右岸, 11.6K~9.6K左岸, 8.4K~7.0K 右岸の低水護岸を施工しない状態で, 低水 護岸の施工を完了した所は, 計画に掘削, 低水護岸を施 工しない部分は, 現状断面のまま。

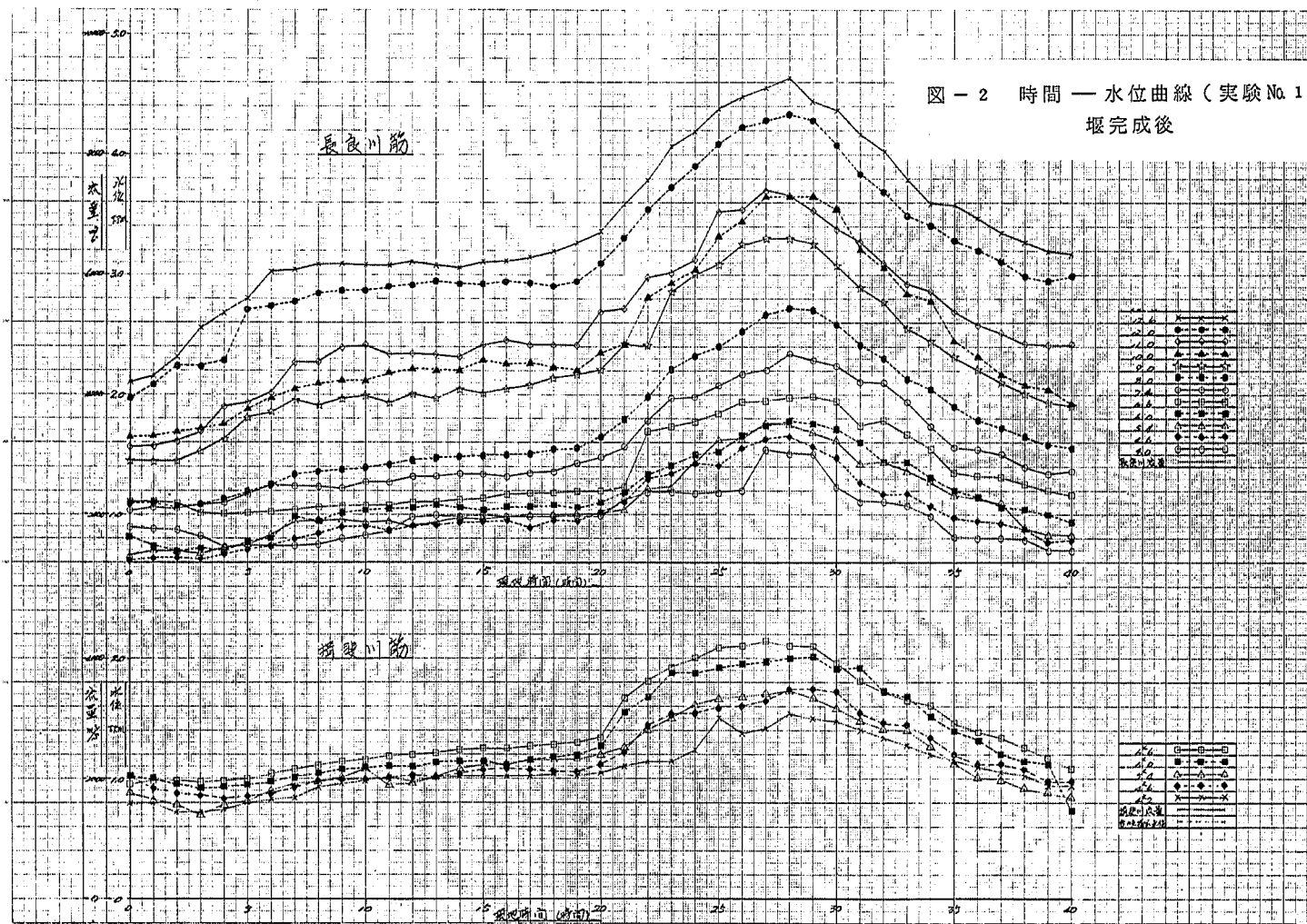


表-2 水位数値表 (実験No.1)

単位: T.p.m

単位：T.p.m

	揖 斐 川					長 良 川												流量 m^2/s		指 示 下流水位 吉の丸
	4.2K	4.6K	5.4K	6.0K	6.6K	4.0K	4.6K	5.4K	6.0K	6.6K	7.6K	8.0K	9.0K	10.0K	11.0K	12.0K	12.6K	長良川	揖斐川	
0	0.90	1.01	0.88	1.02	0.95	0.89	0.63	0.66	0.82	1.11	1.03	1.09	1.45	1.65	1.56	1.97	2.11	1460	580	0.88
1	0.80	0.92	0.83	0.99	0.98	0.88	0.64	0.70	0.74	1.11	1.06	1.10	1.45	1.65	1.57	2.09	2.16	1440	780	0.77
2	0.72	0.88	0.79	0.96	0.98	0.87	0.64	0.71	0.70	1.10	1.07	1.08	1.45	1.69	1.62	2.24	2.31	1860	870	0.71
3	0.72	0.86	0.70	0.92	0.97	0.82	0.63	0.68	0.72	1.02	1.09	1.10	1.53	1.72	1.69	2.24	2.55	2100	920	0.68
4	0.75	0.84	0.79	0.93	0.98	0.75	0.67	0.73	0.70	1.01	1.10	1.13	1.63	1.76	1.90	2.29	2.68	2340	990	0.73
5	0.80	0.85	0.82	0.95	1.00	0.75	0.71	0.76	0.78	1.02	1.18	1.19	1.81	1.88	1.94	2.71	2.79	2570	1020	0.78
6	0.83	0.88	0.90	0.97	1.04	0.74	0.74	0.84	0.80	1.03	1.22	1.25	1.85	1.98	2.20	2.74	3.03	2780	1090	0.83
7	0.84	0.92	0.96	1.02	1.08	0.74	0.80	0.95	0.98	1.04	1.24	1.34	1.96	2.05	2.27	2.78	3.04	2970	1120	0.88
8	0.93	0.98	0.98	1.04	1.11	0.75	0.85	0.95	0.95	1.07	1.24	1.36	1.91	2.09	2.28	2.85	3.08	3120	1160	0.92
9	0.96	0.99	1.01	1.08	1.14	0.80	0.91	0.96	1.02	1.07	1.22	1.38	1.97	2.12	2.40	2.87	3.09	3240	1200	0.95
10	0.98	1.00	1.08	1.09	1.16	0.83	0.91	0.94	1.04	1.08	1.27	1.39	1.99	2.12	2.42	2.87	3.08	3320	1220	0.98
11	1.00	1.01	0.95	1.10	1.19	0.93	0.86	0.95	1.06	1.08	1.27	1.42	1.93	2.18	2.34	2.90	3.07	3370	1250	1.00
12	0.98	1.03	0.96	1.10	1.20	0.98	0.91	0.91	1.06	1.11	1.32	1.46	2.01	2.22	2.35	2.92	3.11	3390	1230	1.01
13	1.02	1.04	1.01	1.14	1.21	0.99	0.92	0.96	1.08	1.11	1.32	1.47	1.97	2.21	2.34	2.95	3.08	3390	1230	1.01
14	1.02	1.04	1.08	1.14	1.24	0.98	0.93	0.97	1.06	1.13	1.34	1.48	2.05	2.21	2.32	2.93	3.06	3390	1230	1.00
15	1.02	1.07	1.12	1.15	1.25	0.99	0.94	0.97	1.04	1.14	1.34	1.49	2.02	2.29	2.42	2.93	3.11	3390	1230	0.99
16	1.02	1.08	1.12	1.11	1.25	0.98	0.95	0.98	1.06	1.17	1.32	1.50	2.05	2.26	2.46	2.95	3.12	3390	1230	0.98
17	1.02	1.08	1.16	1.16	1.27	0.99	0.89	1.00	1.07	1.18	1.35	1.51	2.08	2.27	2.42	2.93	3.15	3390	1230	0.96
18	1.04	1.06	1.16	1.18	1.28	0.99	0.95	1.00	1.08	1.18	1.36	1.54	2.14	2.25	2.42	2.91	3.20	3390	1300	0.94
19	1.02	1.06	1.16	1.20	1.30	0.99	0.95	1.01	1.06	1.19	1.43	1.55	2.17	2.21	2.42	2.95	3.27	3390	1550	0.93
20	1.05	1.12	1.20	1.27	1.34	0.99	1.02	1.02	1.10	1.20	1.48	1.65	2.21	2.35	2.69	3.10	3.36	3390	1920	0.93
21	1.10	1.22	1.26	1.56	1.67	1.12	1.11	1.04	1.19	1.23	1.56	1.79	2.41	2.42	2.72	3.31	3.59	3580	2700	0.98
22	1.14	1.45	1.41	1.68	1.82	1.19	1.30	1.22	1.34	1.69	1.78	1.98	2.41	2.81	2.98	3.54	3.79	4080	3440	1.01
23	1.14	1.53	1.50	1.88	1.93	1.19	1.35	1.23	1.42	1.73	1.97	2.22	2.86	2.94	3.20	3.73	4.07	4770	3760	1.09
24	1.24	1.54	1.61	1.88	2.00	1.18	1.43	1.43	1.50	1.77	1.98	2.32	3.00	3.05	3.33	3.91	4.19	5400	3920	1.17
25	1.50	1.59	1.66	1.92	2.09	1.19	1.41	1.62	1.52	1.84	2.08	2.40	3.09	3.32	3.53	4.09	4.38	6030	4040	1.25
26	1.38	1.60	1.68	1.95	2.10	1.21	1.55	1.63	1.66	1.94	2.17	2.53	3.25	3.45	3.54	4.23	4.48	6620	3970	1.32
27	1.42	1.65	1.70	1.97	2.14	1.54	1.63	1.76	1.74	1.94	2.20	2.67	3.30	3.65	3.70	4.28	4.55	7140	3780	1.39
28	1.53	1.74	1.74	2.00	2.10	1.51	1.65	1.75	1.78	1.97	2.34	2.72	3.30	3.65	3.66	4.33	4.63	7500	3500	1.45
29	1.50	1.75	1.67	2.01	2.10	1.50	1.56	1.68	1.76	1.98	2.28	2.70	3.26	3.65	3.53	4.28	4.43	7500	3220	1.49

30	1.48	1.72	1.58	1.91	1.96	1.23	1.47	1.61	1.71	1.94	2.24	2.58	3.07	3.54	3.38	4.07	4.37	7160	2850	1.50
31	1.40	1.56	1.48	1.92	1.81	1.11	1.27	1.43	1.60	1.74	2.11	2.41	2.89	3.21	3.27	3.84	4.17	6550	2520	1.46
32	1.34	1.46	1.41	1.72	1.72	1.11	1.17	1.42	1.44	1.78	2.00	2.30	2.77	3.05	3.10	3.69	4.03	5960	2270	1.39
33	1.28	1.44	1.40	1.67	1.65	1.07	1.18	1.37	1.44	1.66	1.94	2.13	2.55	2.84	2.92	3.49	3.79	5400	2050	1.31
34	1.20	1.34	1.26	1.51	1.61	0.98	1.07	1.27	1.31	1.54	1.73	2.04	2.44	2.78	2.86	3.41	3.59	4900	1850	1.24
35	1.14	1.20	1.12	1.40	1.46	0.81	0.97	1.16	1.20	1.35	1.56	1.90	2.31	2.45	2.69	3.28	3.58	4460	1700	1.18
36	1.10	1.12	1.00	1.32	1.39	0.80	0.94	1.14	1.15	1.32	1.56	1.79	2.21	2.32	2.58	3.20	3.47	4100	1560	1.13
37	1.06	1.12	0.99	1.20	1.34	0.80	0.93	1.08	1.06	1.31	1.50	1.72	2.10	2.17	2.53	3.11	3.35	3740	1440	1.08
38	1.02	1.08	0.91	1.14	1.26	0.79	0.90	0.78	1.04	1.26	1.40	1.65	2.01	2.08	2.42	2.99	3.27	3460	1340	1.04
39	0.94	0.98	0.88	1.12	1.17	0.70	0.77	0.73	1.00	1.20	1.34	1.58	1.93	2.05	2.41	2.95	3.19	3220	1240	0.99
40	0.94	0.98	0.84	0.74	1.08	0.70	0.79	0.73	0.94	1.16	1.36	1.55	1.92	1.92	2.42	2.99	3.18	3000	1150	0.95

図-3 水位縦断面図

実験No. 2

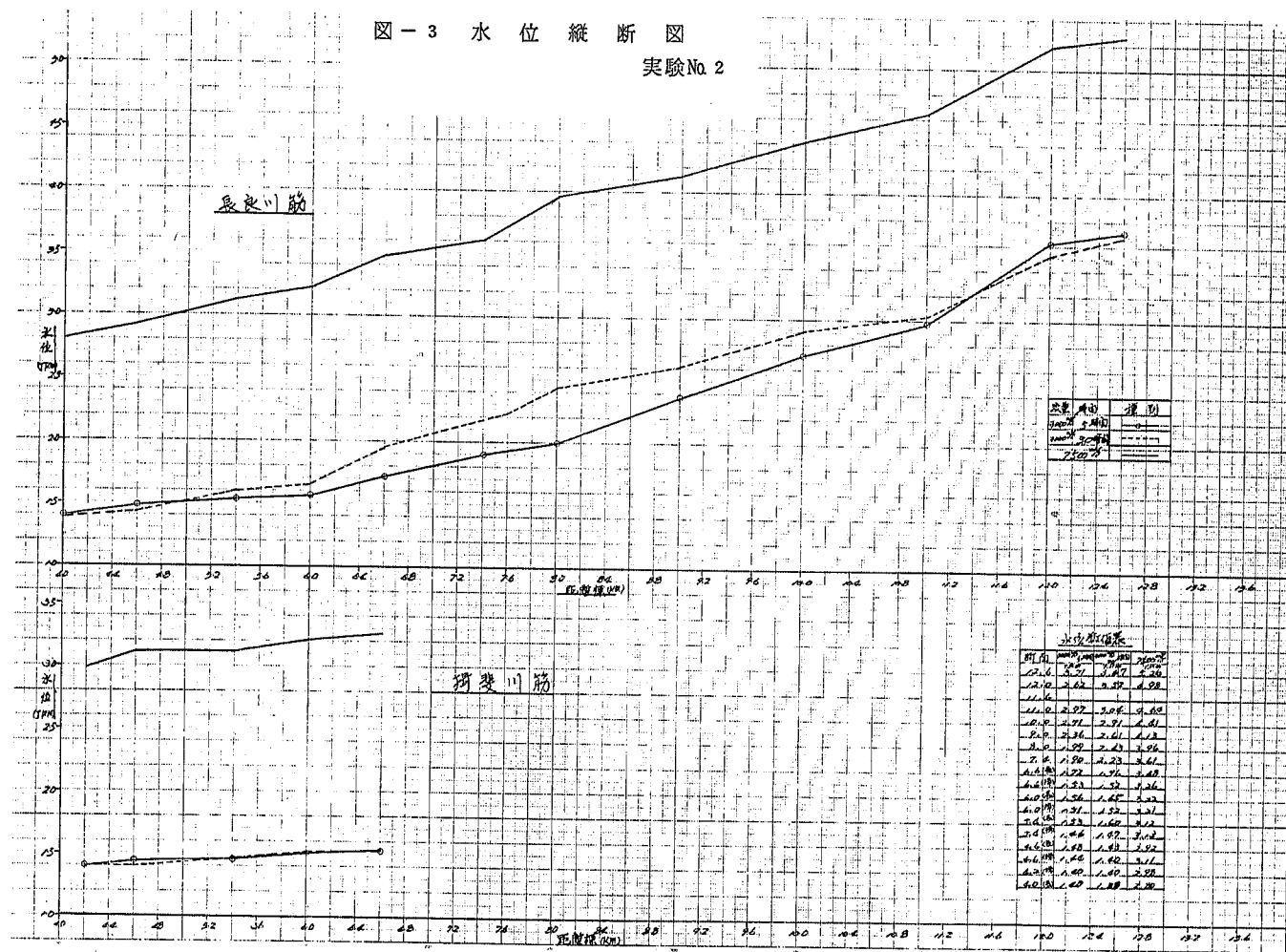


圖-4 水位 縱 断 図

実験 No. 3

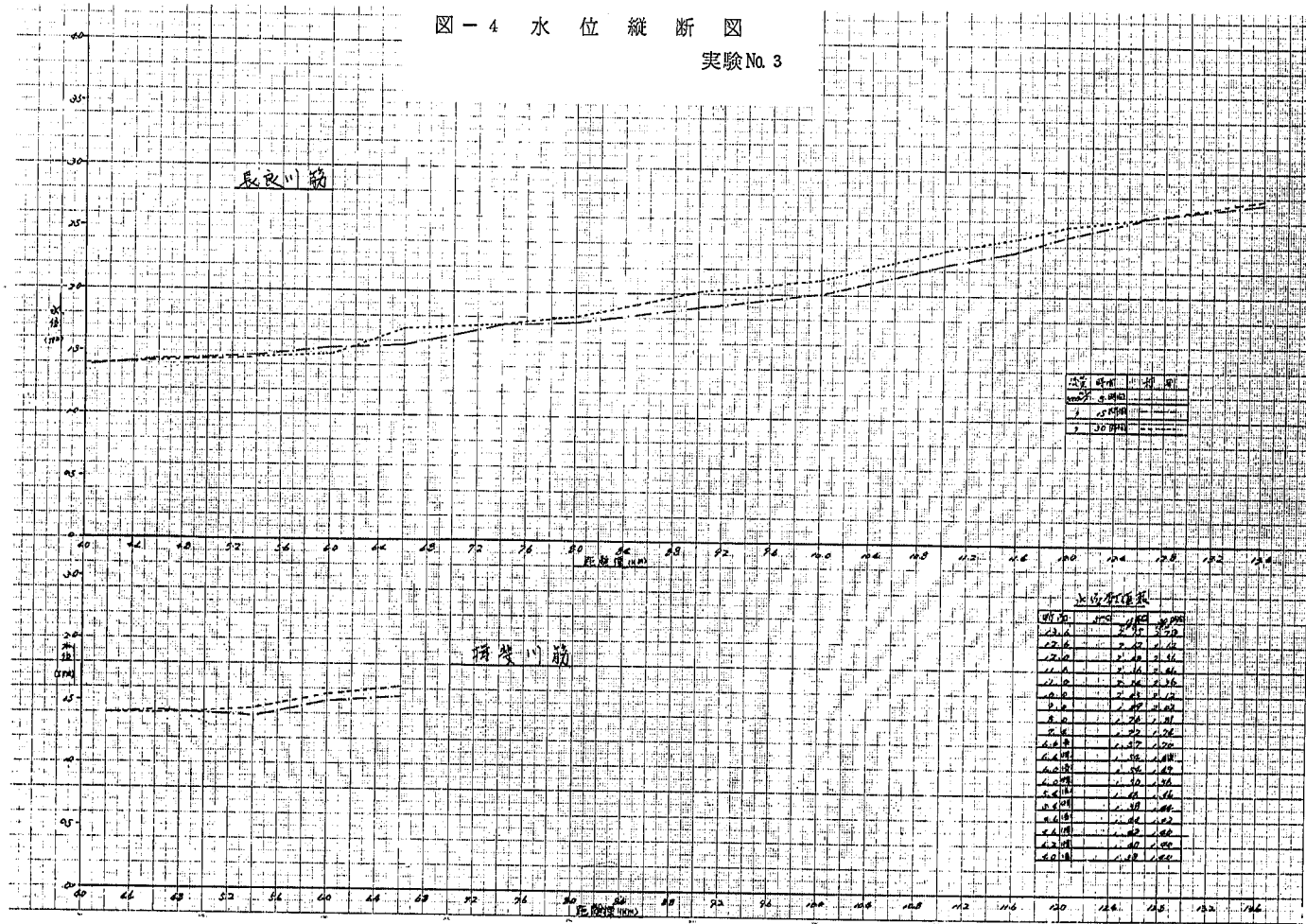


圖-5 水位縱斷圖

實驗No. 4

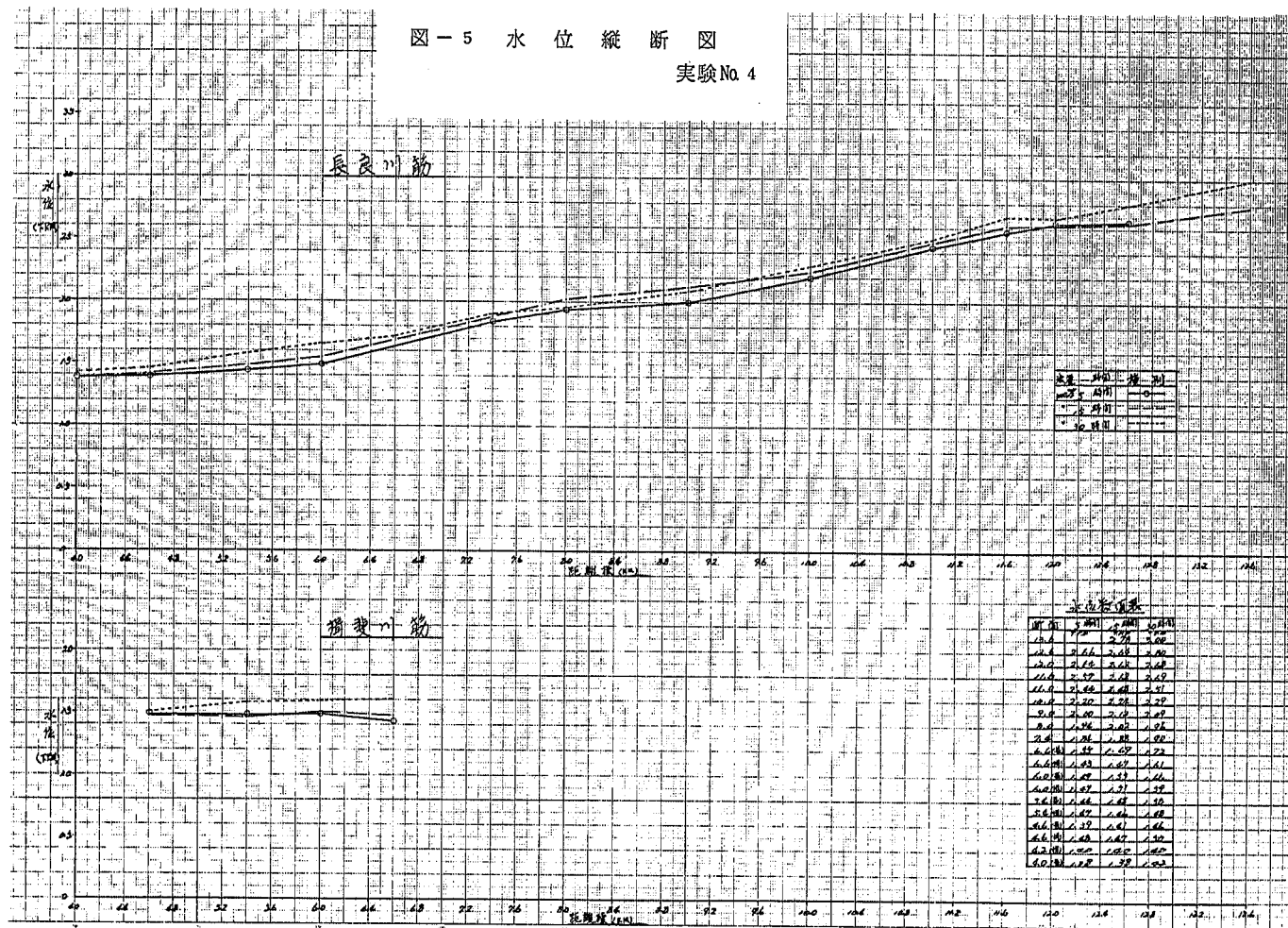
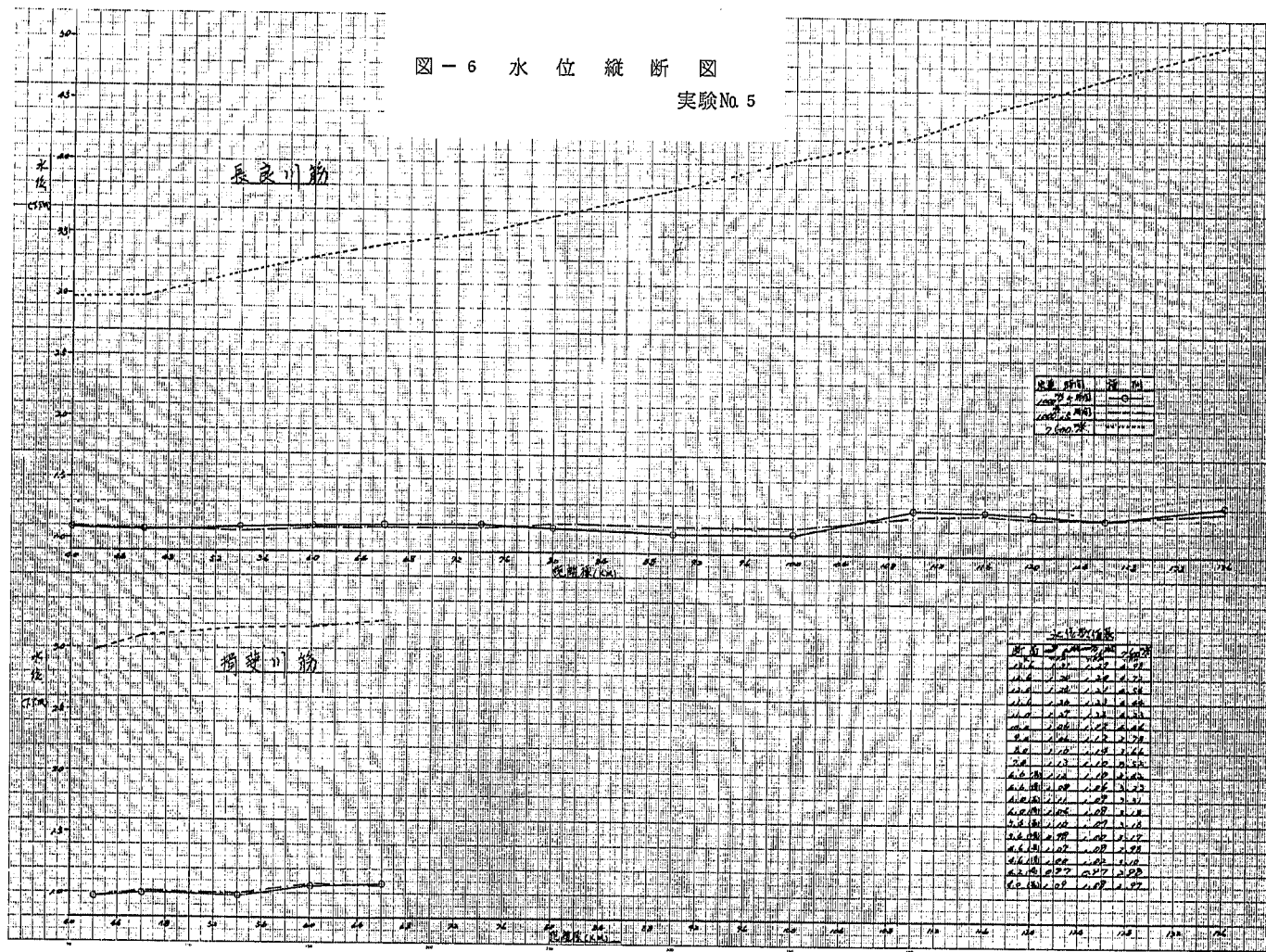


図 - 6 水位縦断図

実験 No. 5



実験 No. 6



時間	平均	標準
10.0	1.00	1.00
10.5	1.05	1.05
11.0	1.10	1.10
11.5	1.15	1.15
12.0	1.20	1.20
12.5	1.25	1.25
13.0	1.30	1.30
13.5	1.35	1.35
14.0	1.40	1.40
14.5	1.45	1.45
15.0	1.50	1.50
15.5	1.55	1.55
16.0	1.60	1.60
16.5	1.65	1.65
17.0	1.70	1.70
17.5	1.75	1.75
18.0	1.80	1.80
18.5	1.85	1.85
19.0	1.90	1.90
19.5	1.95	1.95
20.0	2.00	2.00

图-8 水位縦断面図
実験 No 7

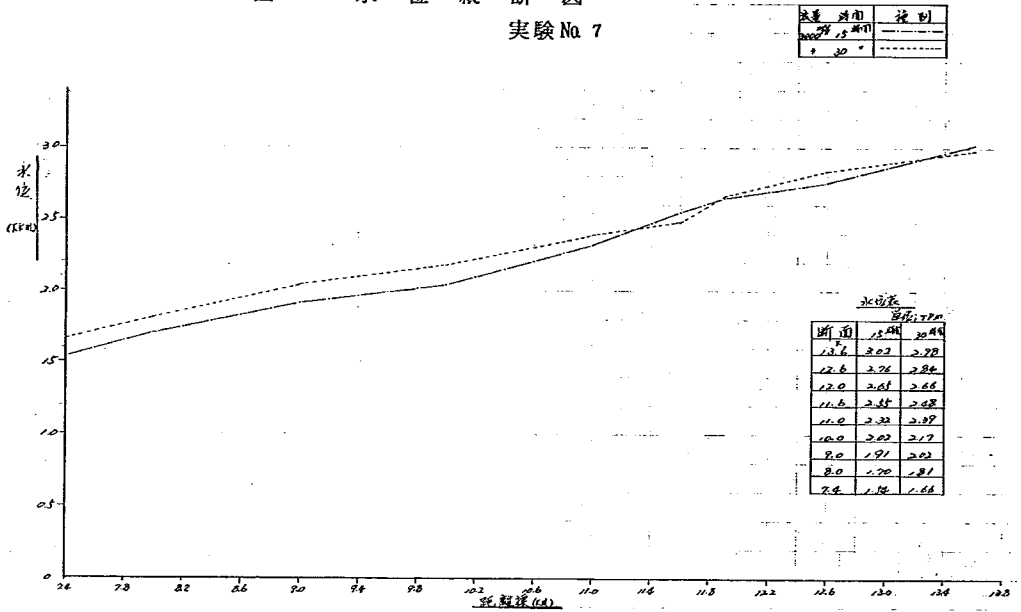


图-9 水位縦断面図
実験 No 8

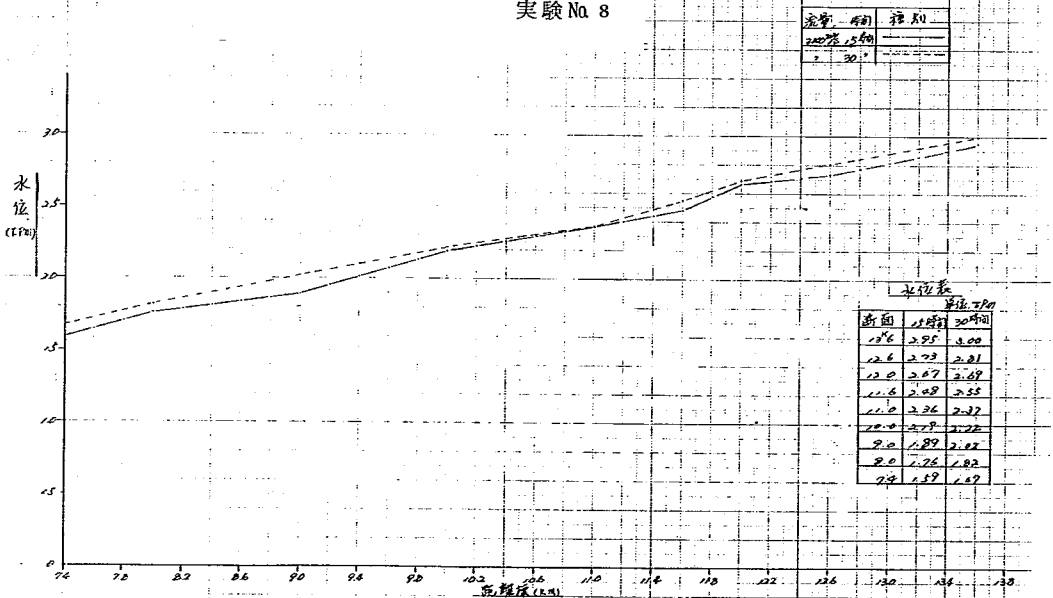


圖-10 水位縱斷比較圖

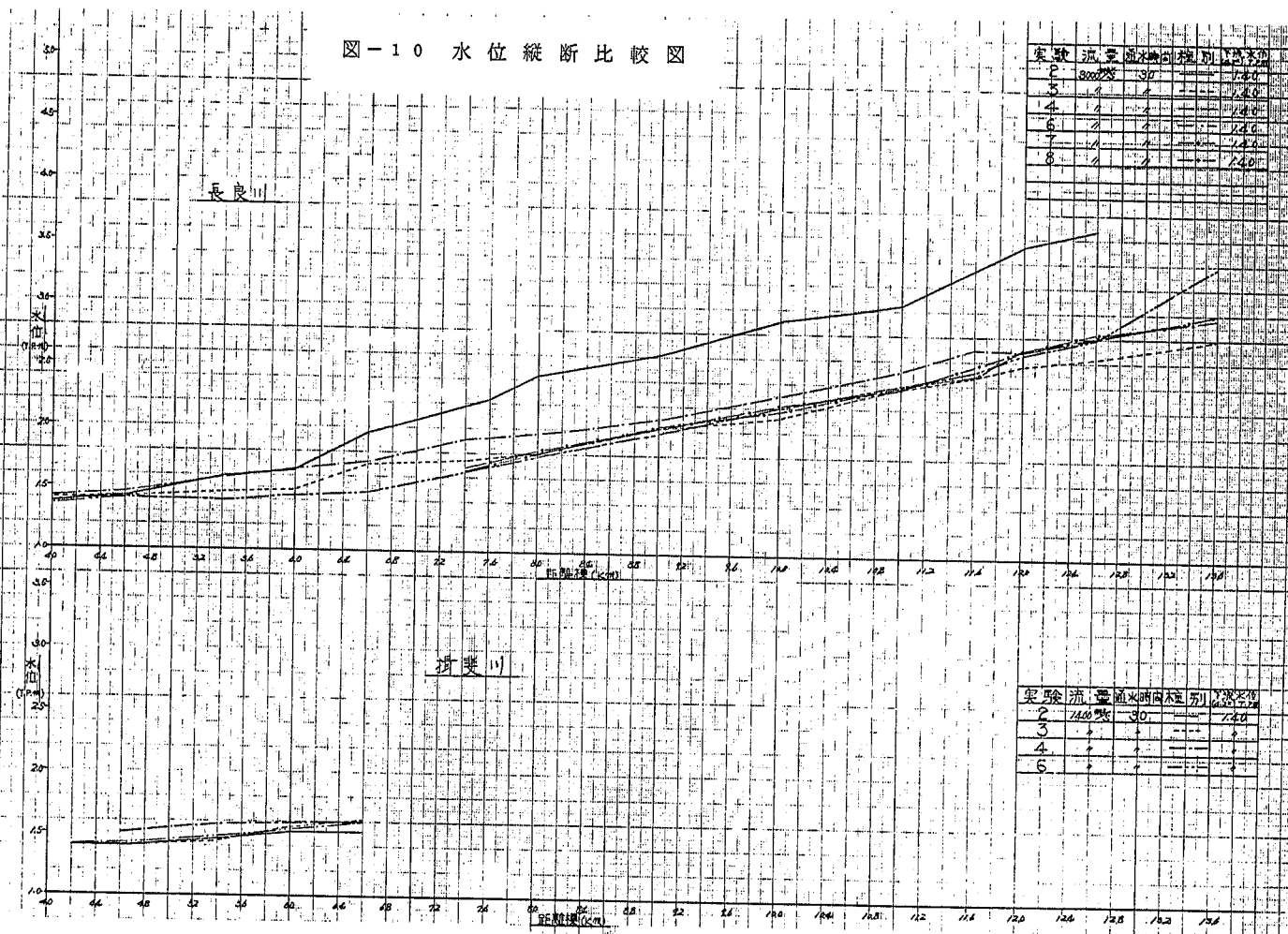
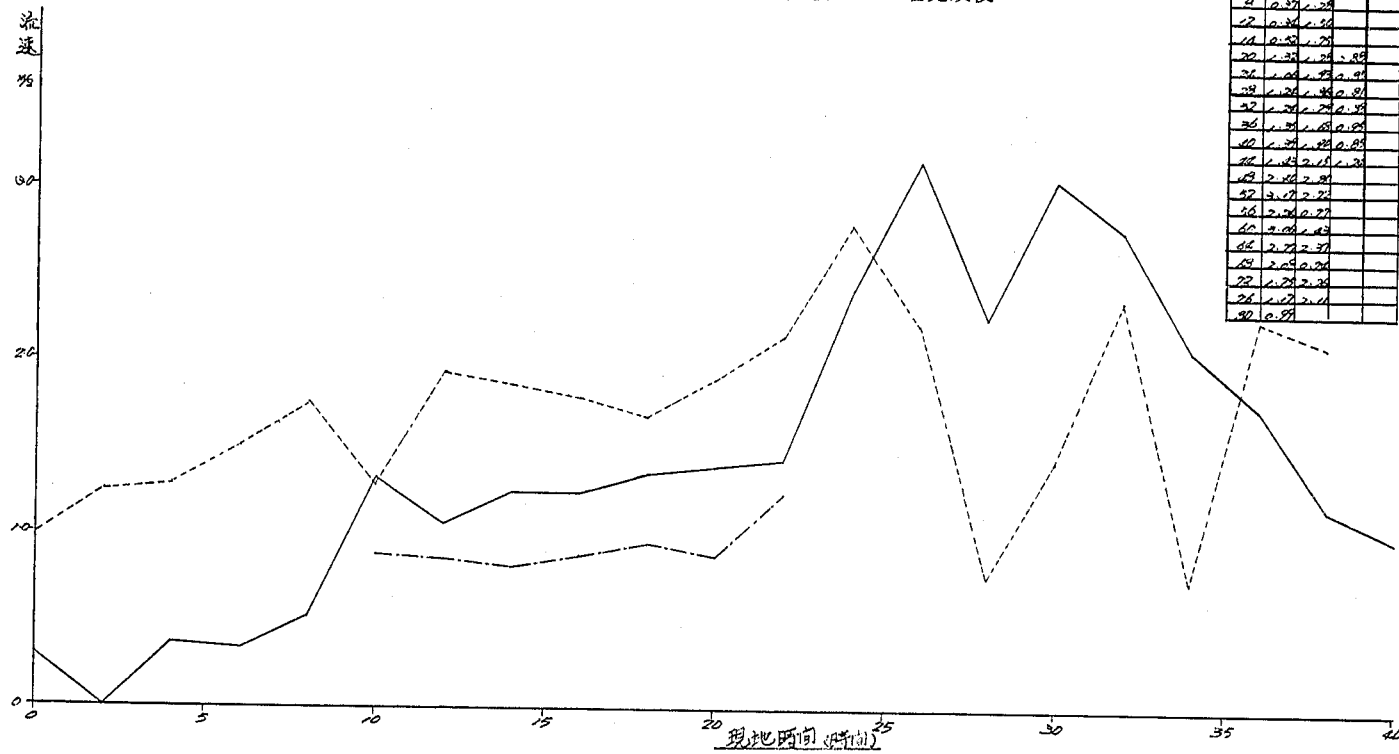


圖-11 時間—流速曲線
實驗No. 1 堰完成後



時間	NO. 1	NO. 2	NO. 3
0.5	0.30	0.30	0.30
1	0.37	1.20	
2	0.30	1.30	
3	0.30	1.20	
4	1.30	1.20	0.30
5	1.00	1.20	0.30
6	1.20	1.30	0.30
7	1.20	1.20	0.30
8	1.20	1.20	0.30
9	1.20	1.20	0.30
10	1.20	1.20	0.30
11	1.20	1.20	0.30
12	1.20	1.20	0.30
13	1.20	1.20	0.30
14	1.20	1.20	0.30
15	1.20	1.20	0.30
16	1.20	1.20	0.30
17	1.20	1.20	0.30
18	1.20	1.20	0.30
19	1.20	1.20	0.30
20	1.20	1.20	0.30
21	1.20	1.20	0.30
22	1.20	1.20	0.30
23	1.20	1.20	0.30
24	1.20	1.20	0.30
25	1.20	1.20	0.30
26	1.20	1.20	0.30
27	1.20	1.20	0.30
28	1.20	1.20	0.30
29	1.20	1.20	0.30
30	1.20	1.20	0.30
31	1.20	1.20	0.30
32	1.20	1.20	0.30
33	1.20	1.20	0.30
34	1.20	1.20	0.30
35	1.20	1.20	0.30
36	1.20	1.20	0.30
37	1.20	1.20	0.30
38	1.20	1.20	0.30
39	1.20	1.20	0.30
40	1.20	1.20	0.30

測定	種類
NO. 1	—
NO. 2	- - -
NO. 3	- · -

图-12 流速分布图
实验 No. 2

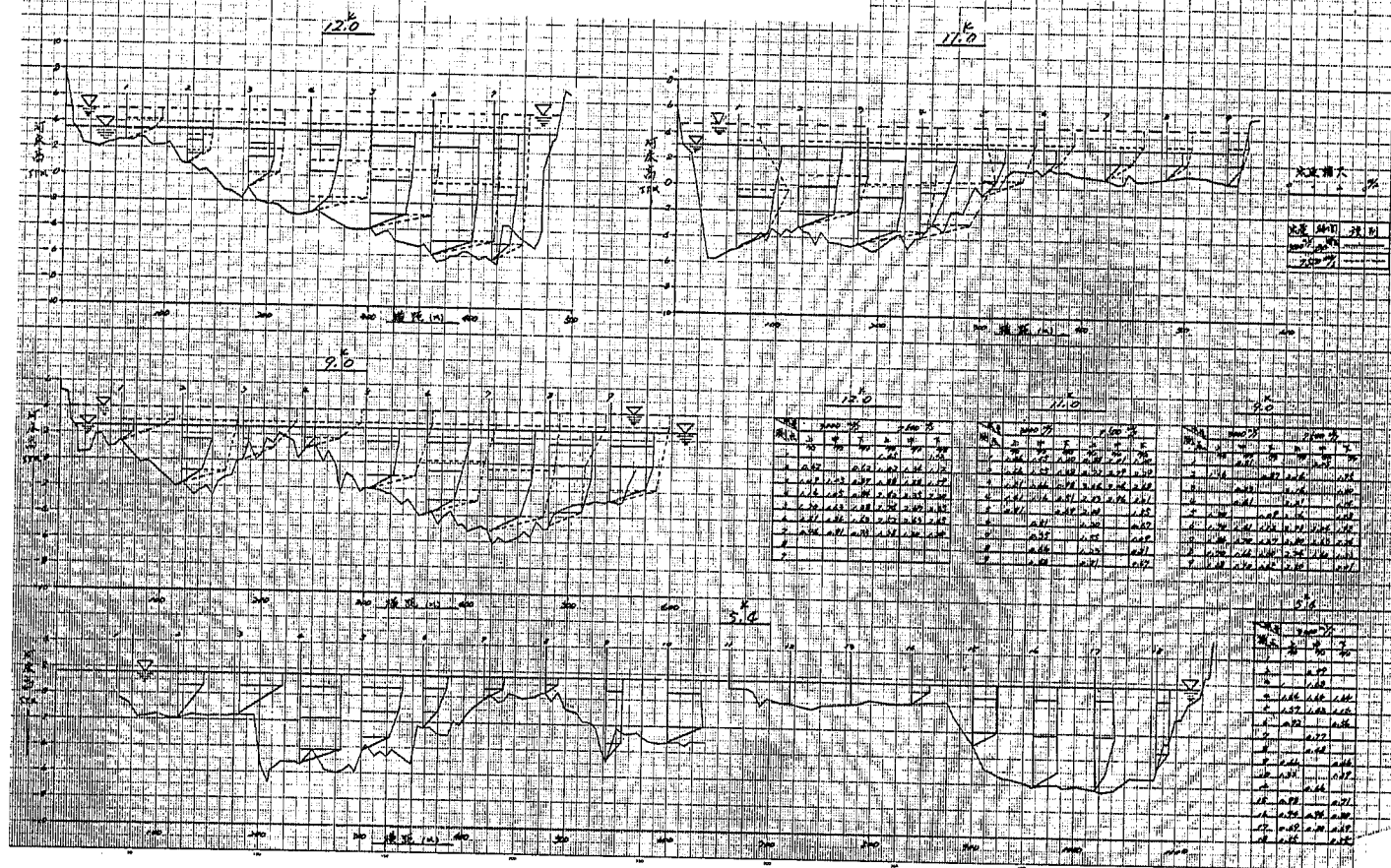


图-13 流速分布图

实验 No 3

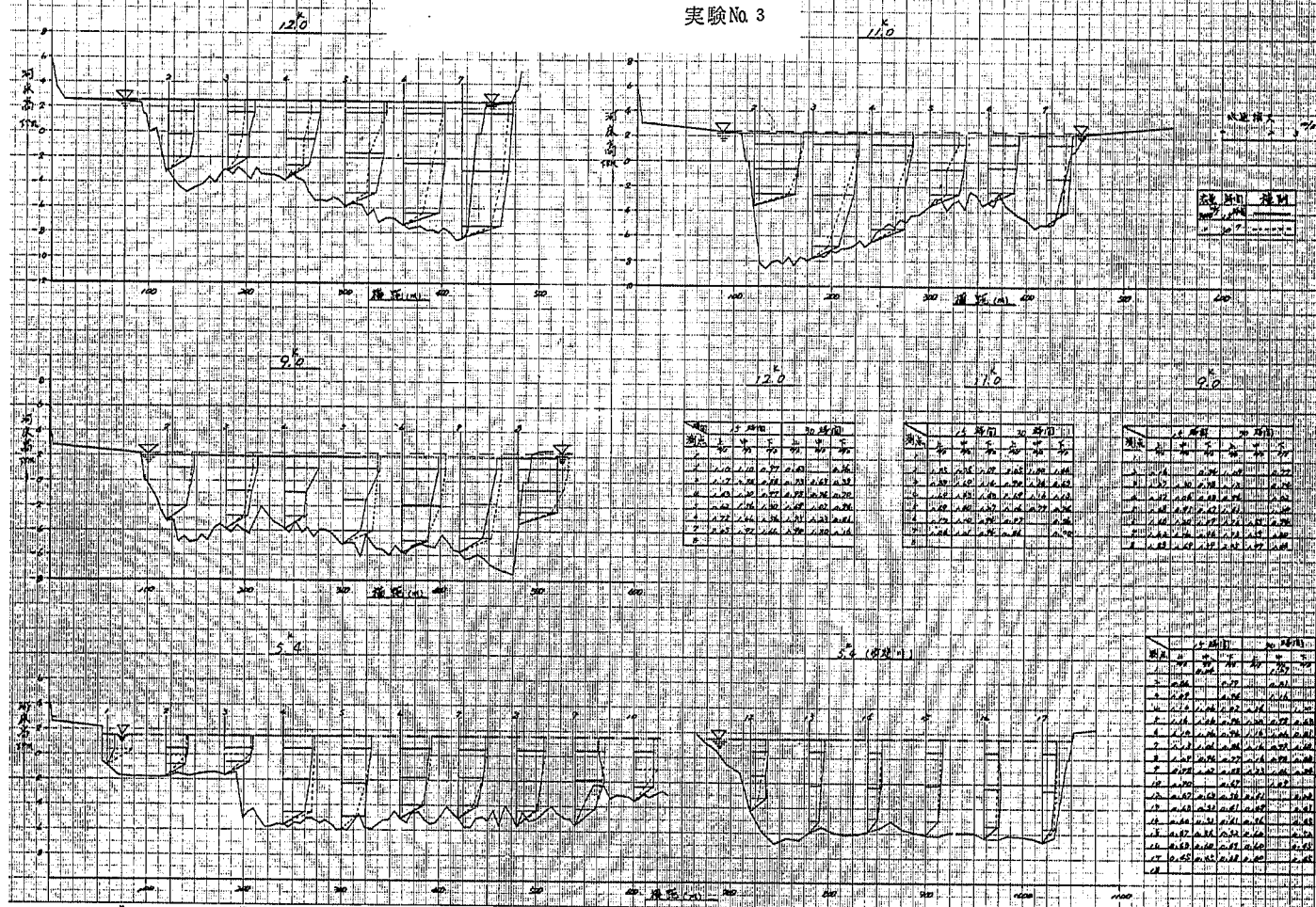


图-14-1 流速分布图

实验 No. 4

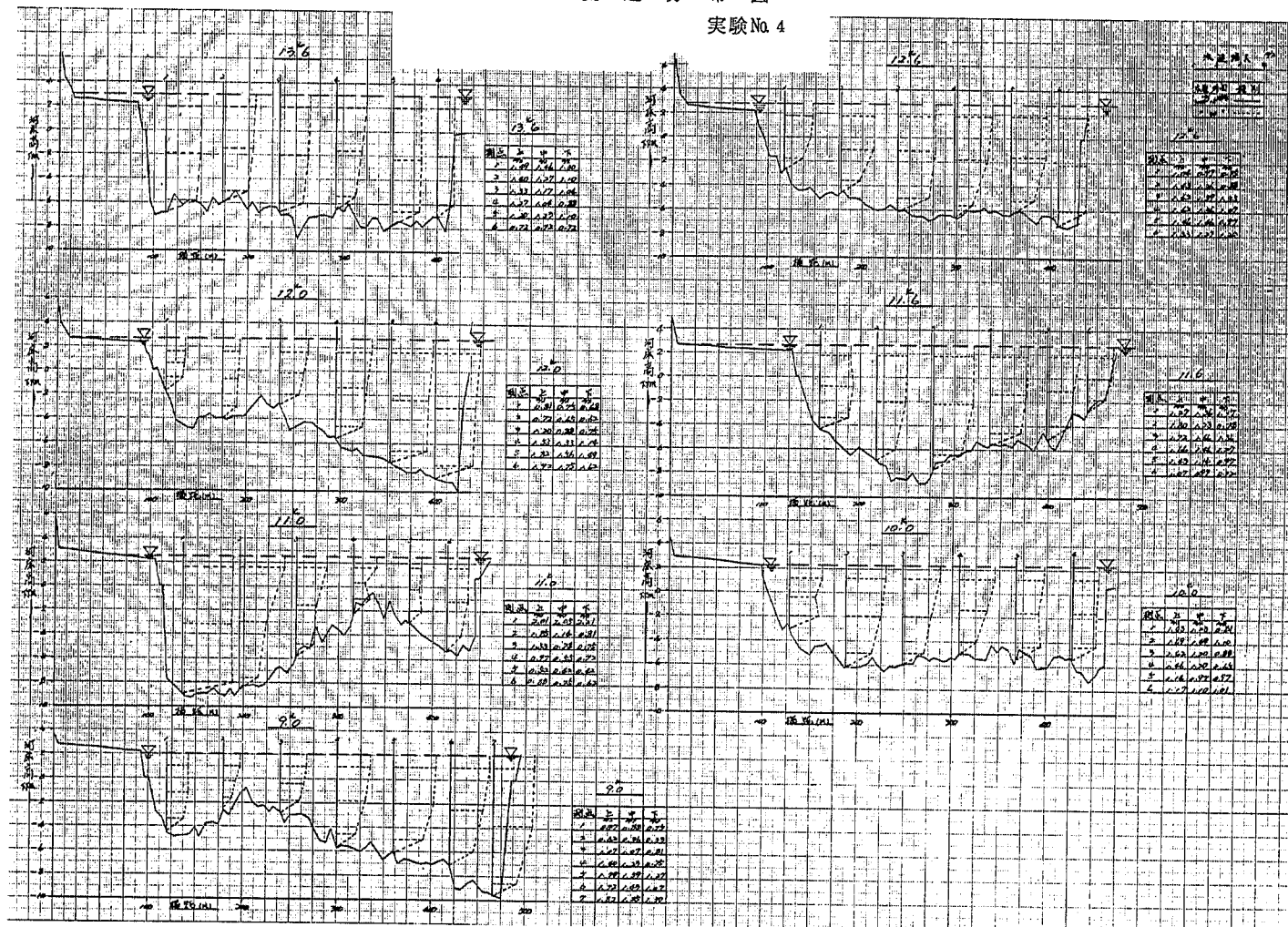


图-14-2 流速分布图

实验 No. 4

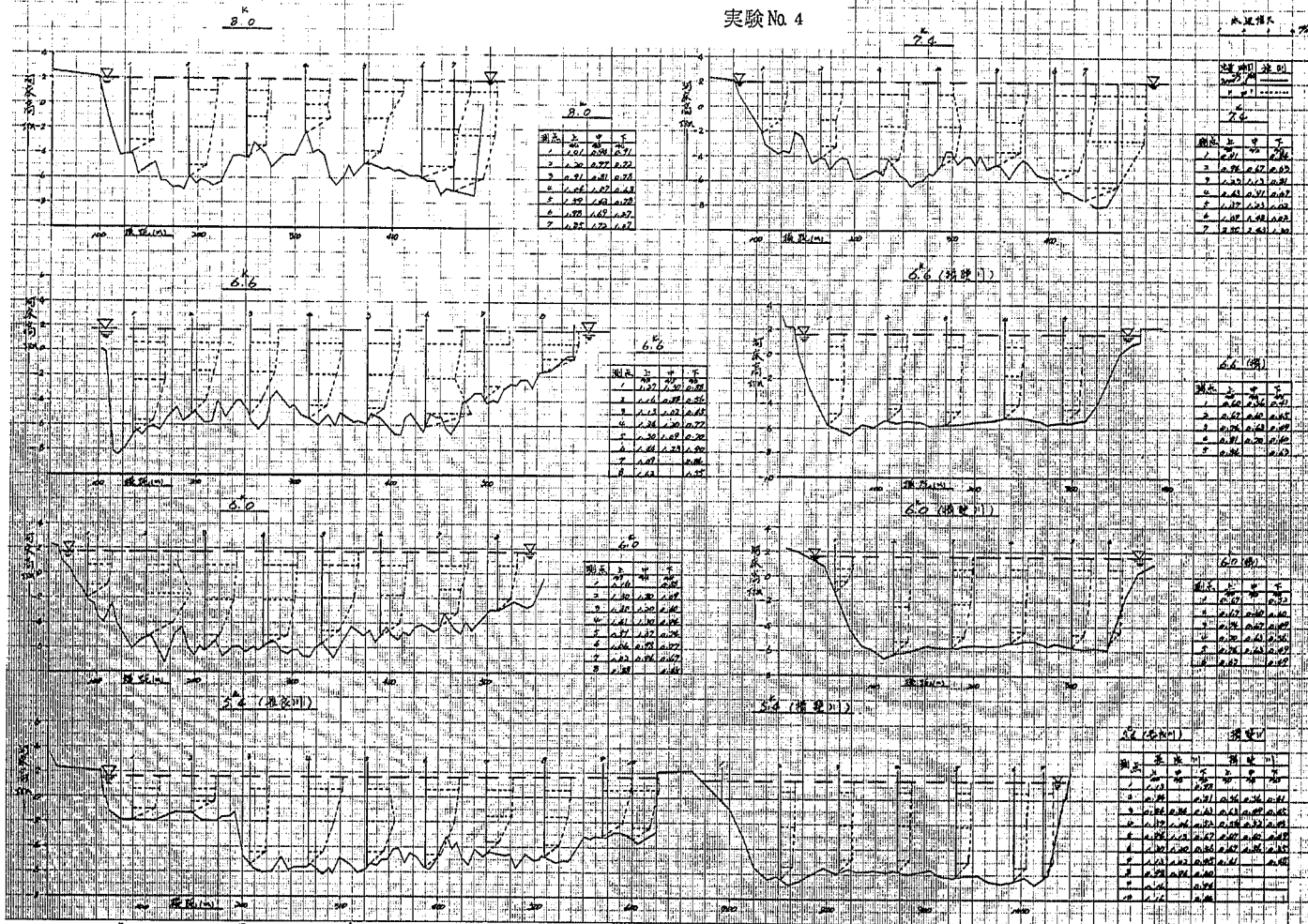


图-15-1 流速分布图

实验No 5

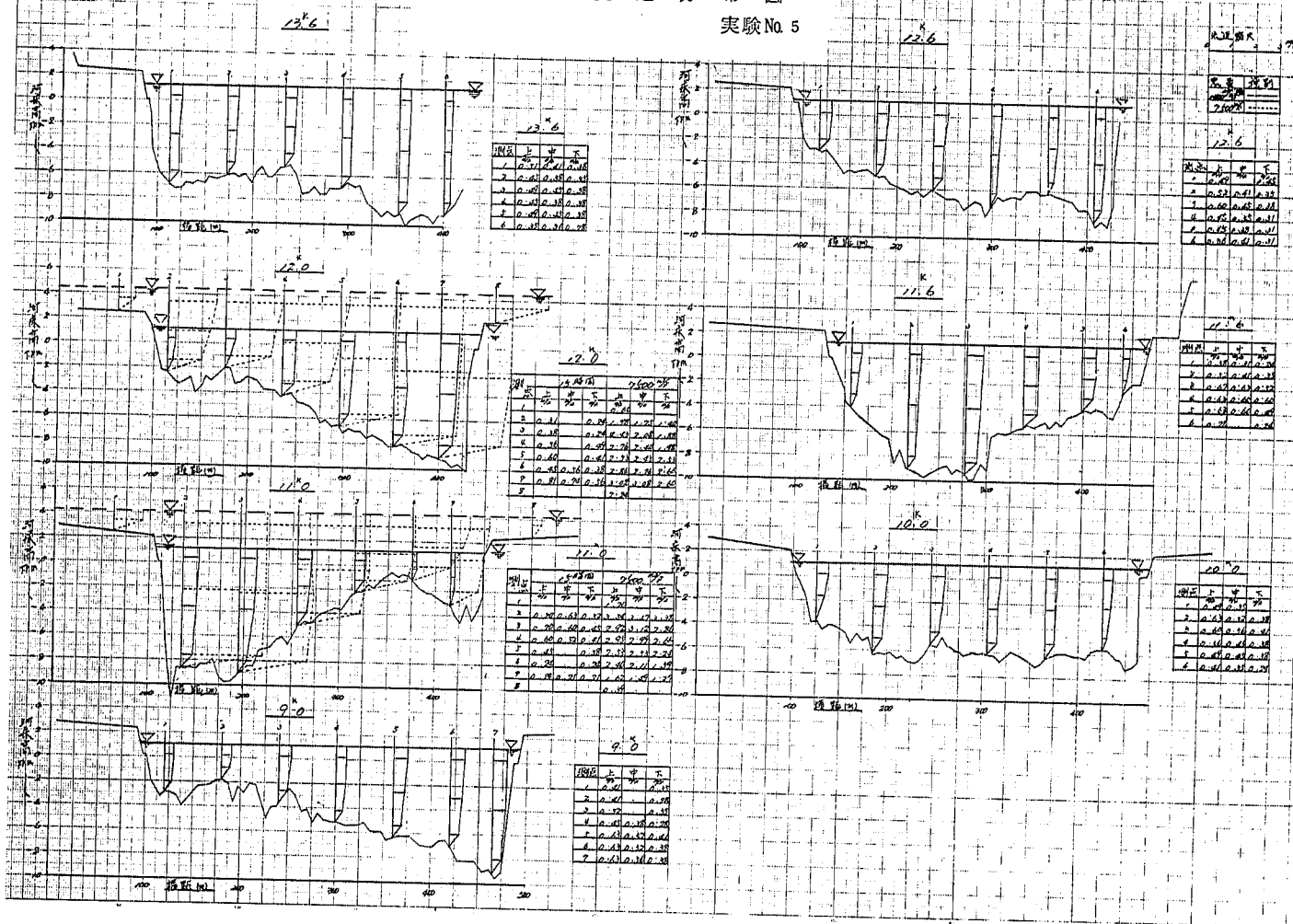


图-15-2 流速分布图

实验 No. 5

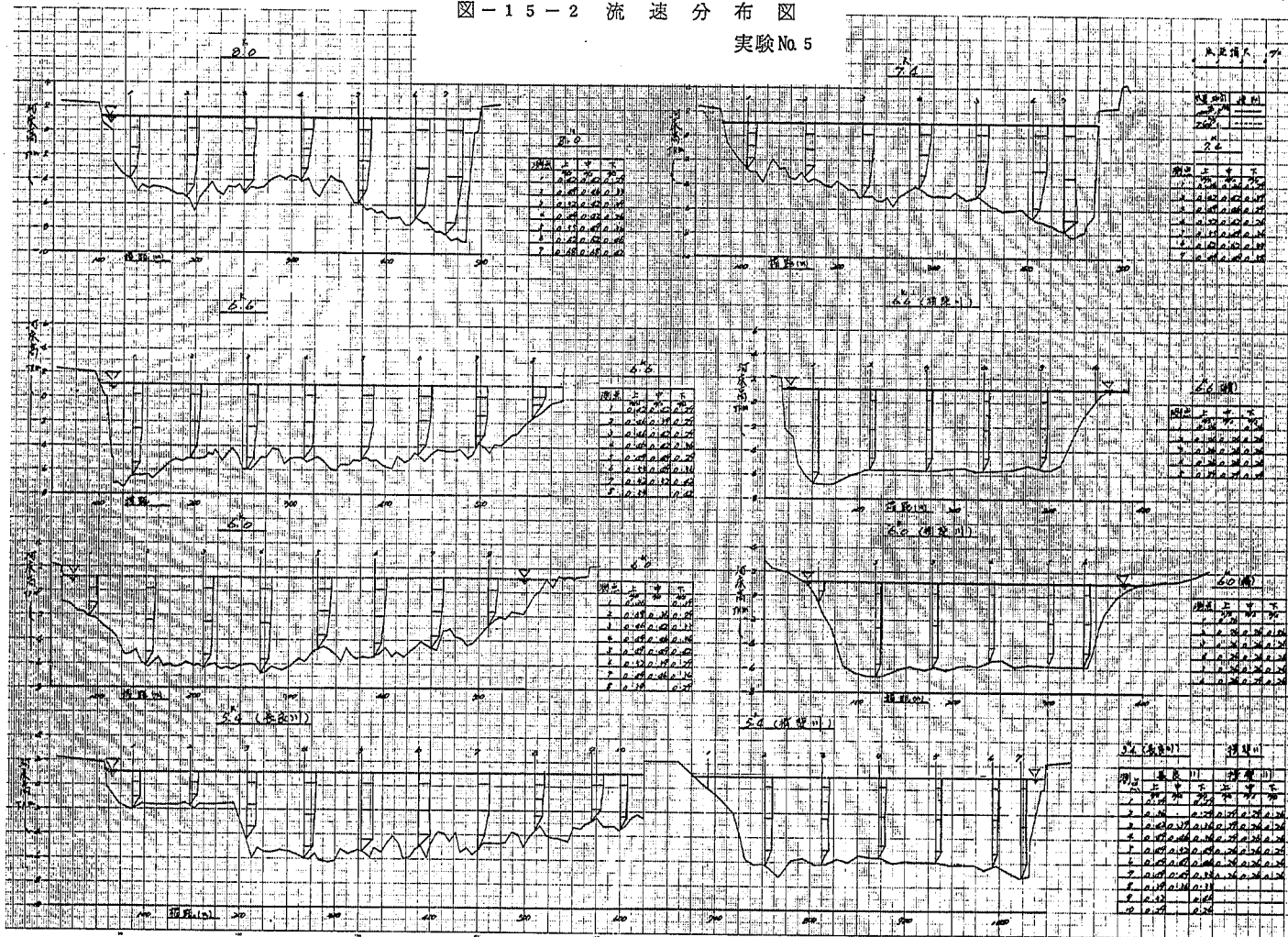


图-16-1 流速分布图
实验 No. 6

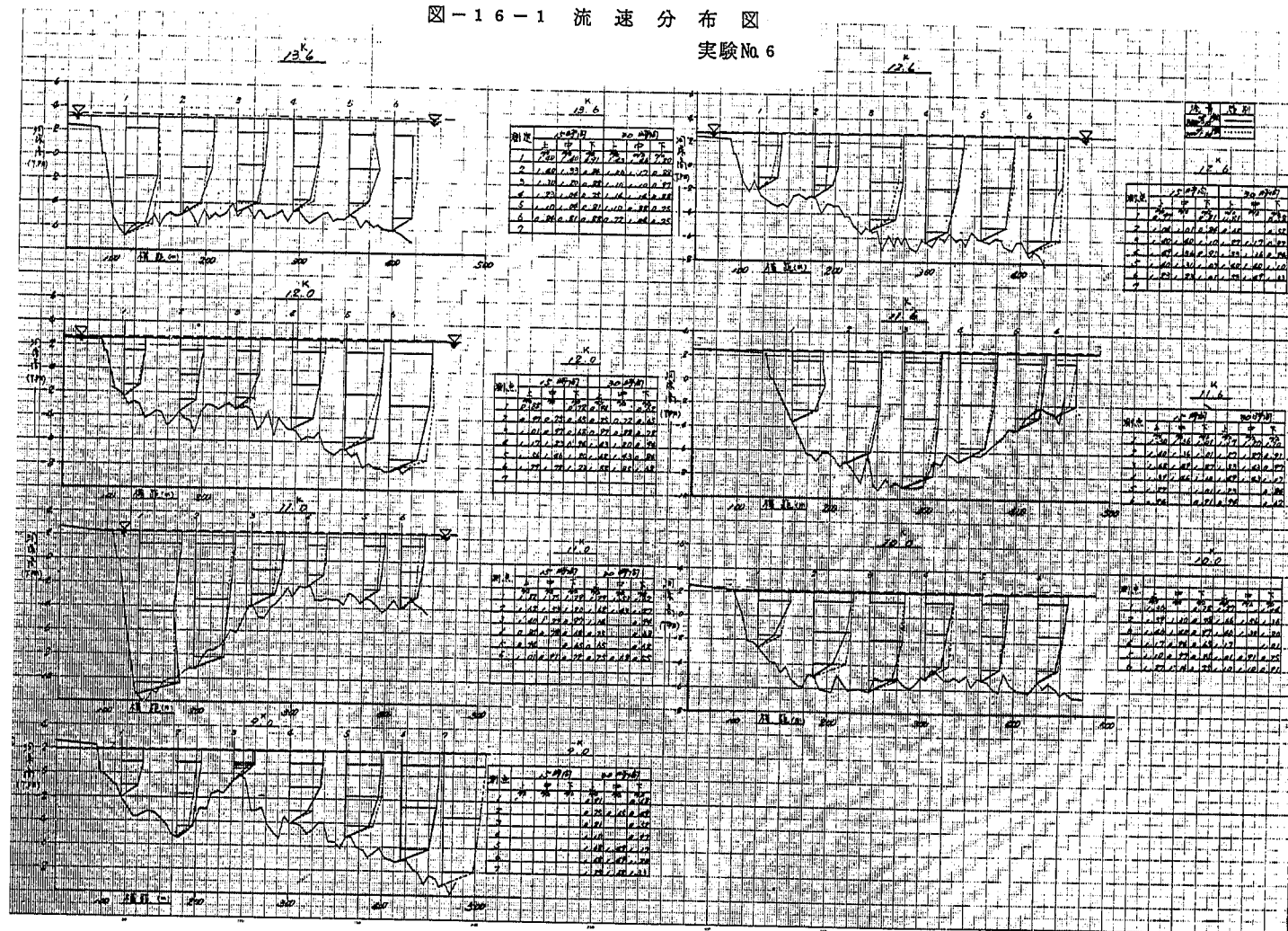


图-16-2 流速分布图

实验 No 6

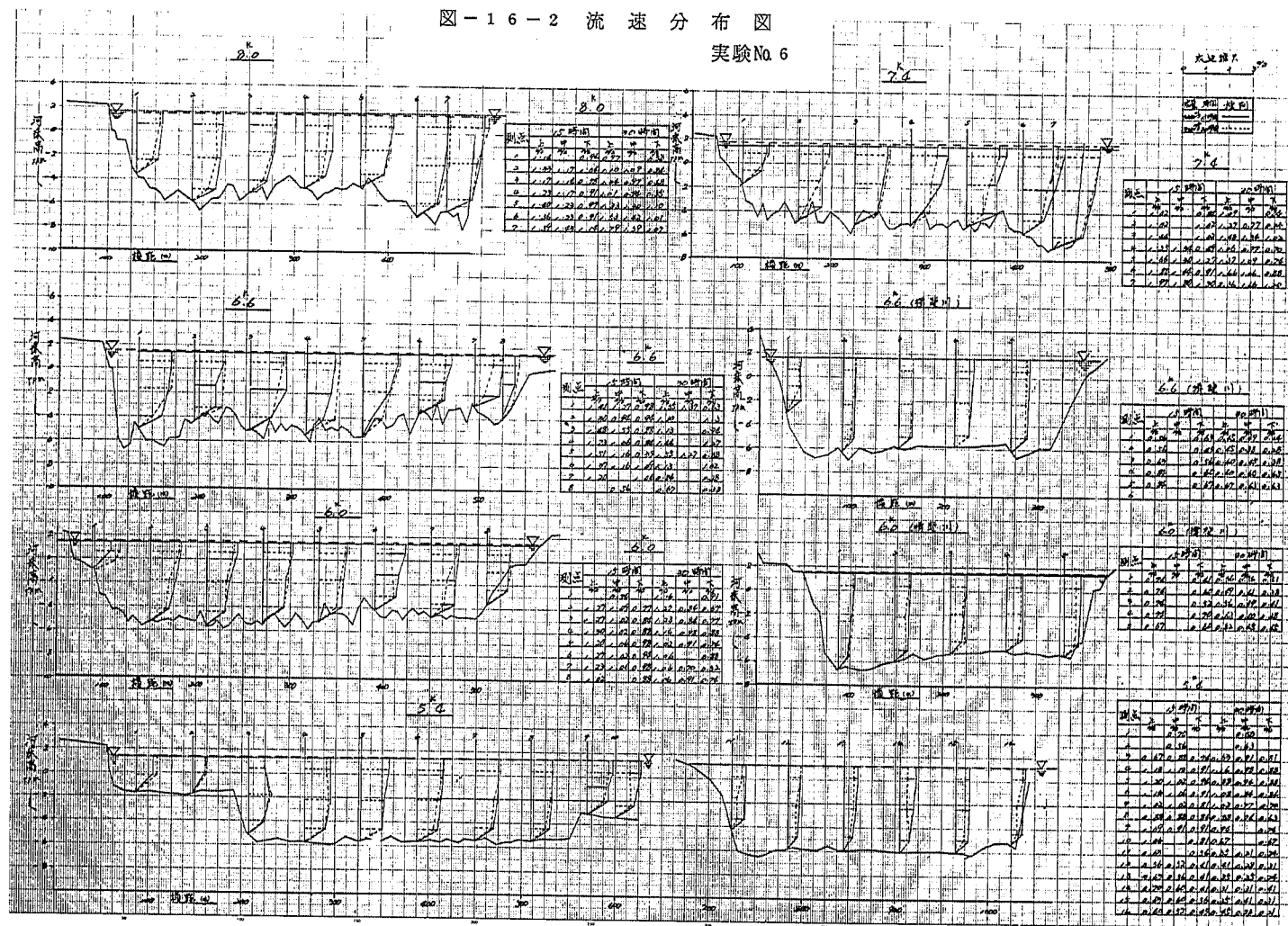


图-17-1 流速分布图

实验 No 7

流量	时间	测点
3000	15 分钟	
3000	30 分钟	

流速单位: %

13.6

单位: %

测点	15 时间			30 时间		
	上	中	下	上	中	下
1	1.63	1.63	1.66	1.76	1.51	1.20
2	1.59	1.63	1.67	1.62	1.53	1.28
3	1.66	1.68	1.73	1.66	1.66	1.16
4	1.53	1.58	1.69	1.20	1.51	1.16
5	1.68	1.68	1.61	1.50	1.24	
6	1.66	1.30	1.63	1.28	1.31	1.20

13.6

12.6

单位: %

测点	15 时间			30 时间		
	上	中	下	上	中	下
1	1.66	1.66	1.60	1.20	1.16	1.08
2	1.51	1.53	1.70	1.46	1.41	1.21
3	1.63	1.57	1.56	1.33	1.20	1.60
4	1.63	1.59	1.63	1.46	1.07	1.06
5	1.63	1.59	1.63	1.46	1.07	1.06
6				1.37	1.28	1.09

12.0

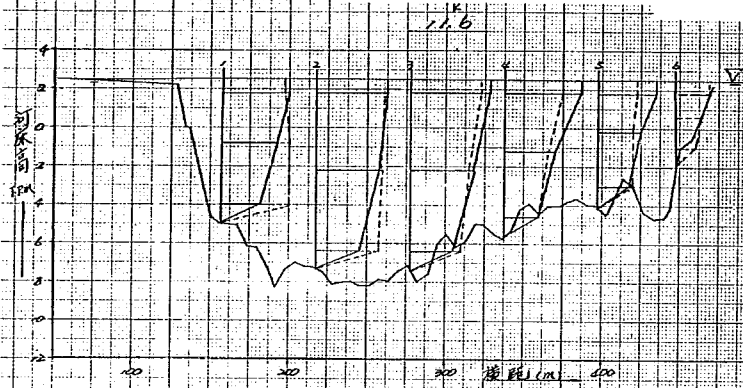
12.0

单位: %

测点	15 时间			30 时间		
	上	中	下	上	中	下
1	1.66	1.66	1.60	1.20	1.16	1.08
2	1.51	1.53	1.70	1.46	1.41	1.21
3	1.63	1.57	1.56	1.33	1.20	1.60
4	1.63	1.59	1.63	1.46	1.07	1.06
5	1.63	1.59	1.63	1.46	1.07	1.06
6				1.37	1.28	1.09

图-17-2 流速分布图

实验 No. 7



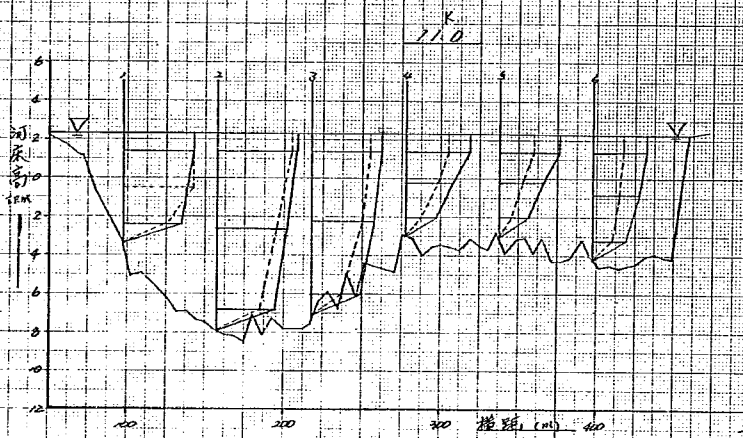
流量: 4.0 L/s
200 mm 水槽
11.6

水深: 7.5

11.6

流速: %

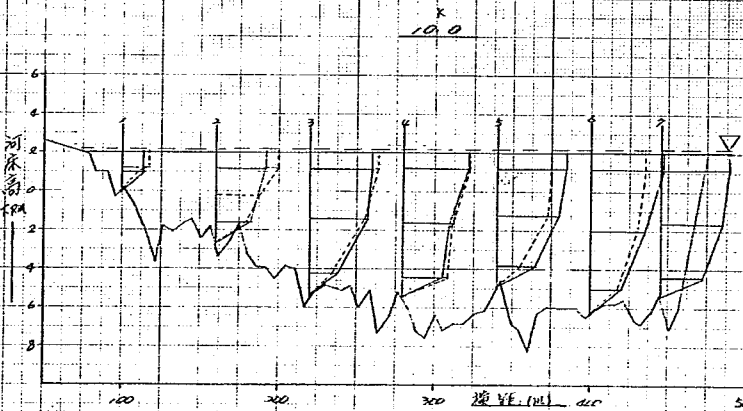
测点	15 秒内			30 秒内		
	上	中	下	上	中	下
1	1.23	1.61	1.02	1.43	1.62	1.24
2	1.22	1.66	1.13	1.74	1.69	1.29
3	1.01	1.63	1.06	1.83	1.69	1.09
4	1.27	1.30	0.91	1.81	1.16	0.88
5	1.22	1.13	0.81	1.52	1.91	0.88
6				0.74	0.63	0.45



11.0

流速: %

测点	15 秒内			30 秒内		
	上	中	下	上	中	下
1	1.22	1.48	1.02	1.20	1.09	
2	1.05	1.20	1.02	1.97	1.51	1.23
3	1.22	1.62	1.17	1.62	1.30	0.91
4	1.16	1.20	1.01	1.17	0.81	0.88
5	1.51	1.16	0.78	1.28	0.62	0.51
6	0.37	0.23	0.04	0.91	0.67	0.52



10.0

流速: %

测点	15 秒内			30 秒内		
	上	中	下	上	中	下
1		0.63		0.67		0.38
2	1.27	0.78	1.48	1.16	0.82	
3	1.62	1.51	0.76	1.76	1.07	0.60
4	1.73	1.23	0.78	1.69	1.37	1.16
5	1.20	1.63	1.02	1.81	1.29	0.63
6	1.87	1.81	0.26	1.51	1.23	0.70
7	1.76	1.39	1.09			

実験 Na 7

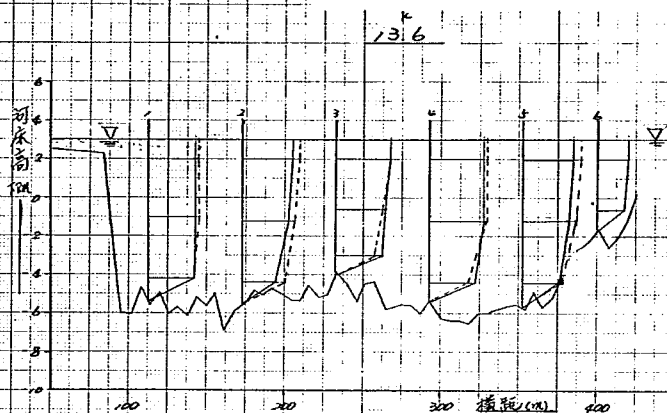


图-18-1 流速分布图

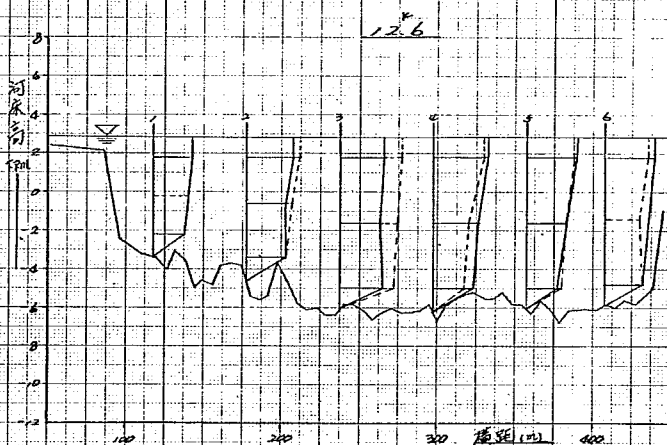
实验 No 8

流量	时间	流别
2000 升/分	15 分钟	
2000 升/分	30 分钟	

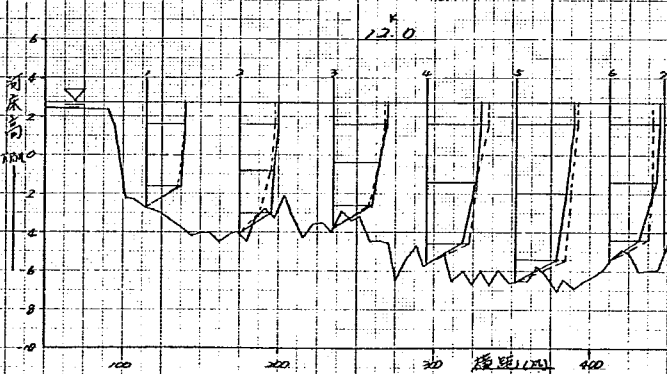
流速: 1.3.6



测点	15 分钟			30 分钟		
	上	中	下	上	中	下
1	1.17	1.28	0.28	1.27	1.27	1.28
2	1.30	1.17	0.97	1.48	1.36	1.15
3	1.36	1.23	1.07	1.39	1.15	0.88
4	1.36	1.36	1.16	1.58	1.15	0.86
5	1.30	1.28	1.06	1.52	1.39	0.88
6	0.84	0.65	0.78			0.66



测点	15 分钟			30 分钟		
	上	中	下	上	中	下
1	1.08	0.58	0.89	0.87	0.81	
2	1.28	1.08	0.92	1.36	1.18	0.82
3	1.18	1.28	1.18	1.57	1.45	0.86
4	1.42	1.28	1.01	1.37	0.98	0.86
5	1.30	1.11	0.82	1.38	1.18	0.90
6	1.37	1.07	1.05	0.89	0.81	



测点	15 分钟			30 分钟		
	上	中	下	上	中	下
1	1.01	0.91	0.96	0.90	0.81	
2	1.08	1.01	0.88	0.87	0.75	0.51
3	1.36	1.11	0.97	1.30	1.26	0.99
4	1.40	1.37	1.08	1.63	1.33	1.18
5	1.49	1.30	1.17	1.57	1.49	1.33
6	1.36	1.28	0.88	1.63	1.63	1.68
7	1.33	1.20	1.48	1.37	1.36	

图-18-2 流速分布图

实验 No 8

流量	时间	控制
0.000	15 秒	
20	1	

流速: 1.6

流速: 1.6

测点	15 秒			30 秒		
	上	中	下	上	中	下
1	1.63	1.63	1.60	1.66	1.60	1.60
2	1.30	1.16	0.88	1.52	1.36	1.26
3	1.33	1.33	1.16	1.40	1.40	0.89
4	1.31	1.20	0.88	1.35	1.12	0.78
5	0.91	0.88	0.83	1.15	0.90	0.87
6	1.11	0.82	0.72	1.15	1.18	0.81

流速: 1.0

测点	15 秒			30 秒		
	上	中	下	上	中	下
1	1.60	1.30	1.11	1.57	1.52	1.30
2	1.52	0.86	1.16	1.45	1.45	1.30
3	1.41	1.36	1.16	1.45	1.45	1.15
4	1.12	1.01	0.73	1.27	0.93	0.69
5	1.11	0.88	0.35	1.02	0.70	0.60
6	1.02	1.02	0.92	0.83	0.81	0.60

流速: 10.0

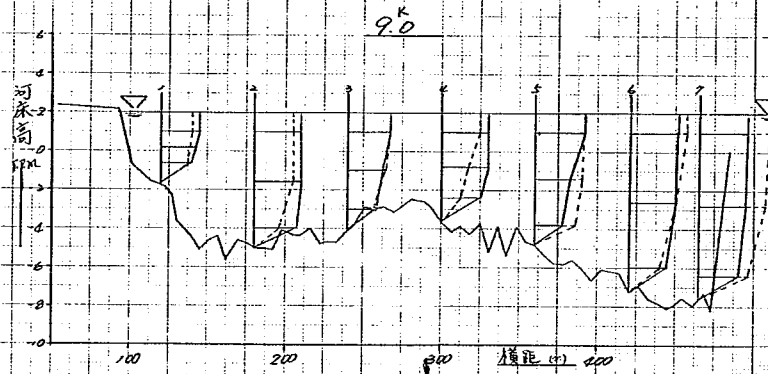
测点	15 秒			30 秒		
	上	中	下	上	中	下
1	0.72	0.65	0.56	0.60		
2	1.14	1.12	0.80	0.85	0.83	
3	1.62	1.37	0.78	1.46	1.35	1.00
4	1.40	1.01	0.61	1.54	1.32	1.25
5	1.33	1.24	0.88	1.39	1.14	0.92
6	1.24	1.12	1.01	1.25	1.00	0.66
7	1.36	1.30	1.01	1.39	1.43	0.85

图-18-3 流速分布图

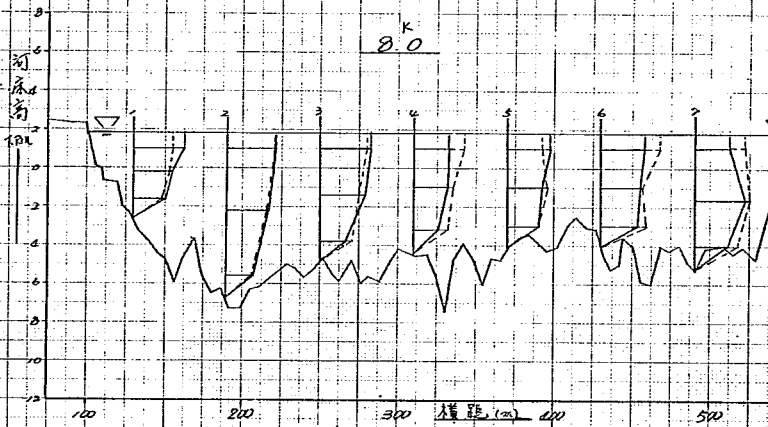
实验 No 8

流量	时间	比例
3000	1.5 小时	1.5 小时
2000	20 分	20 分

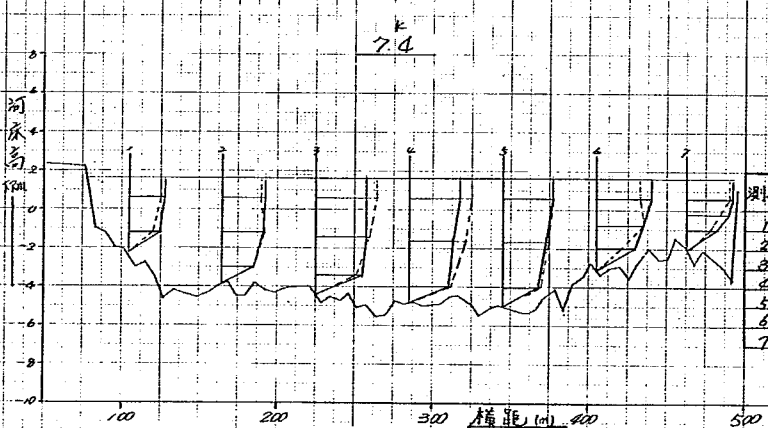
流速 厘米/秒



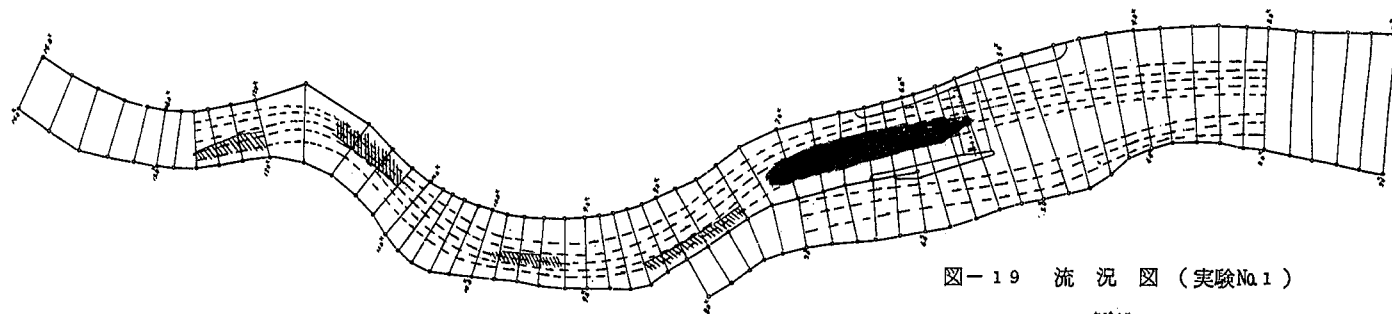
测点	1.5 小时			20 分钟		
	上	中	下	上	中	下
1	1.03	0.70	0.54	0.75		0.71
2	1.24	1.24	1.03	1.00	0.98	0.64
3	1.10	0.88	0.83	1.07	0.86	0.74
4	1.26	1.15	0.96	1.03	0.76	0.61
5	1.30	0.89	0.63	1.27	1.21	1.00
6	1.30	1.13	1.02	1.50	1.31	0.87
7	1.32	1.15	1.02	1.82	1.73	0.28



测点	1.5 小时			20 分钟		
	上	中	下	上	中	下
1	1.30	1.05	0.78	1.02	0.99	0.71
2	1.27	1.12	0.72	1.25	1.07	0.28
3	1.30	1.18	0.60	1.07	1.00	0.89
4	0.99	0.81	0.37	1.07	1.00	0.89
5	1.12	0.90	0.31	0.85	0.96	0.62
6	1.05	1.05	0.82	1.57	1.10	1.25
7	0.99	1.27	0.84	1.28	1.16	1.07



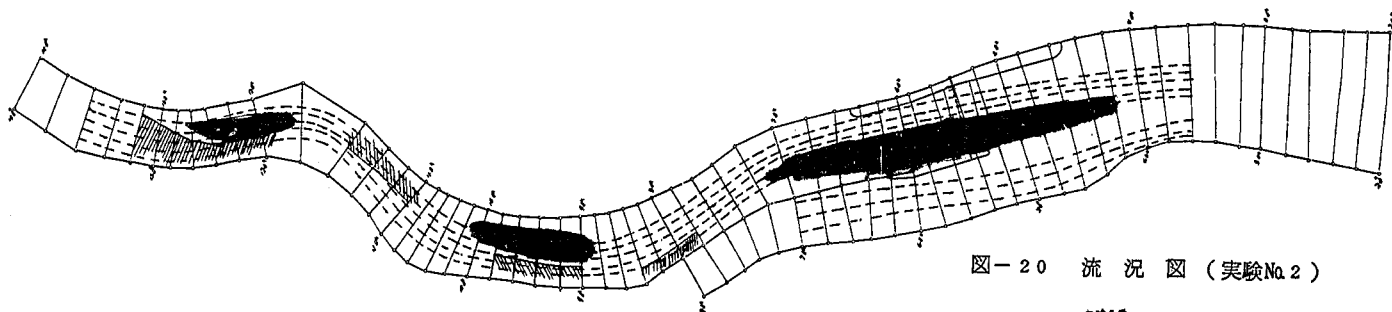
测点	1.5 小时			20 分钟		
	上	中	下	上	中	下
1	0.90		0.72	0.72		0.54
2	1.05	1.05	0.81	1.16	1.21	0.82
3	1.33	1.27	1.28	1.06	1.46	0.97
4	1.33	1.08	0.96	1.06	1.32	1.10
5	1.30	1.12	0.92	1.26	1.21	1.14
6	1.42	1.18	1.02	1.10	1.23	0.67
7	1.24	1.12	0.87	1.12		0.53



图—19 流況図（実験No.1）

記号説明	
▲	水深1m
△	水深2m
○	水深3m
×	水深4m
●	水深5m

——	流路
---	流路
■	砂洲



图—20 流況図（実験No.2）

記号説明	
▲	水深1m
△	水深2m
○	水深3m
×	水深4m
●	水深5m

——	流路
---	流路
■	砂洲

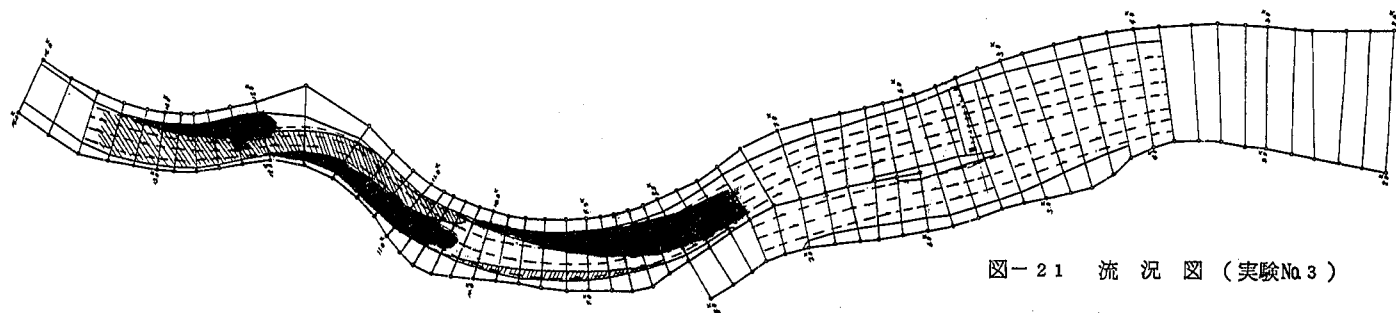


图-21 流況図 (実験No.3)

実験条件	
水深	10cm
流速	10cm/s
観測点	10箇所

流速	10cm/s
水深	10cm

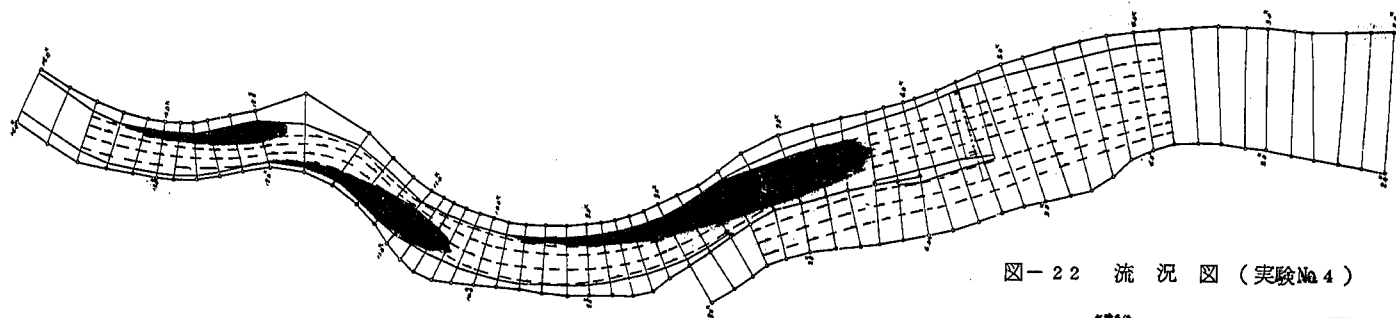


图-22 流況図 (実験No.4)

実験条件	
水深	10cm
流速	10cm/s
観測点	10箇所

流速	10cm/s
水深	10cm

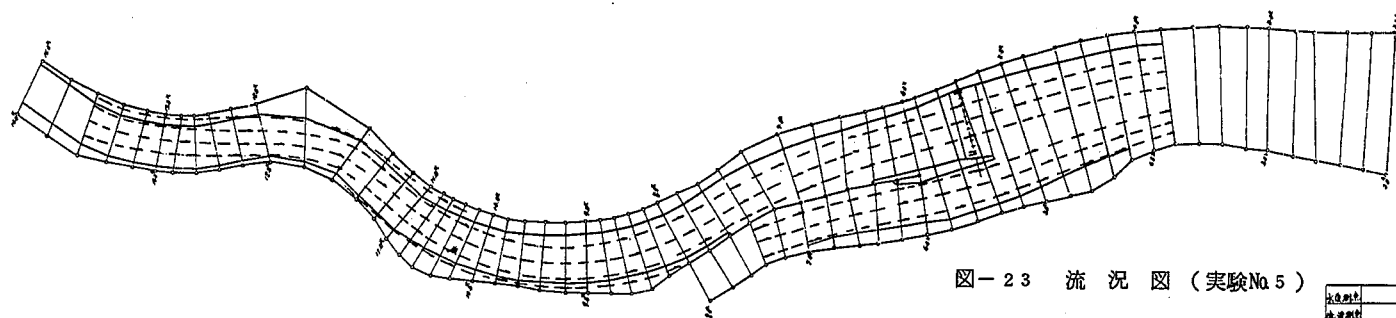


图-23 流況図 (実験No.5)

水深	0.5m
流速	0.5m/s
流量	0.5m³/s
時間	0.5s
距離	0.5m

水深	0.5m
流速	0.5m/s
流量	0.5m³/s
時間	0.5s
距離	0.5m

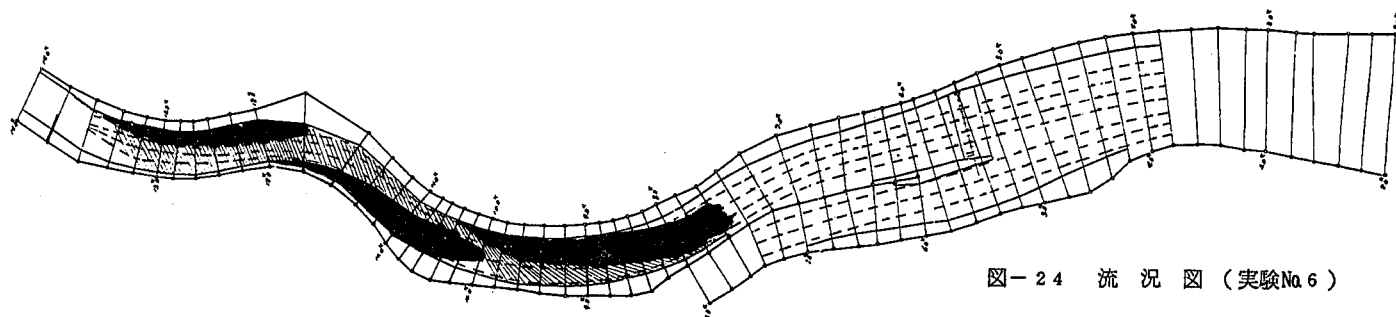


图-24 流況図 (実験No.6)

水深	0.5m
流速	0.5m/s
流量	0.5m³/s
時間	0.5s
距離	0.5m

水深	0.5m
流速	0.5m/s
流量	0.5m³/s
時間	0.5s
距離	0.5m

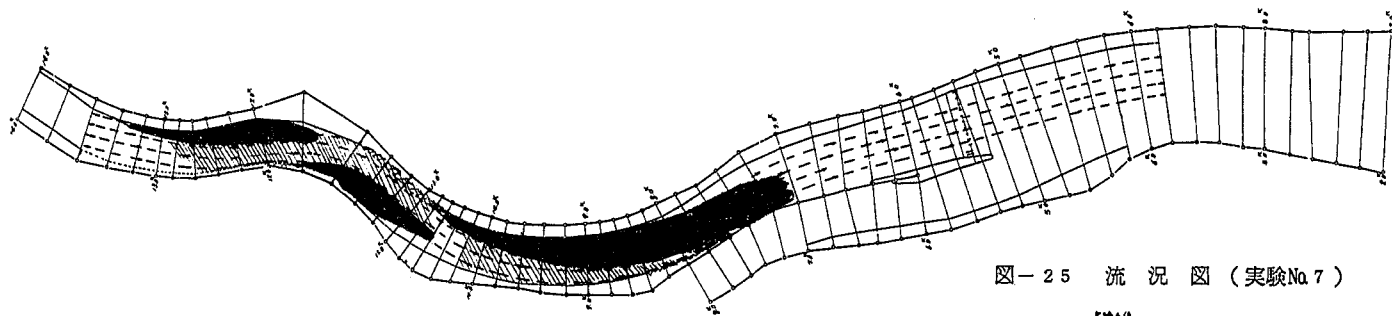


图-25 流況図 (実験No.7)

実験条件	
河川名称	荒川
観測地点	上流部
観測時期	昭和25年

流況	---
流速	■
水深	□

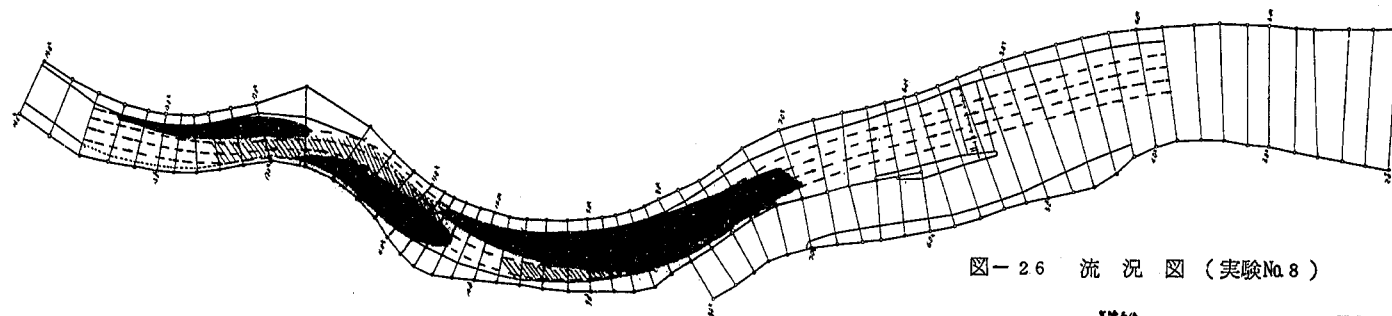


图-26 流況図 (実験No.8)

実験条件	
河川名称	荒川
観測地点	上流部
観測時期	昭和25年

流況	---
流速	■
水深	□

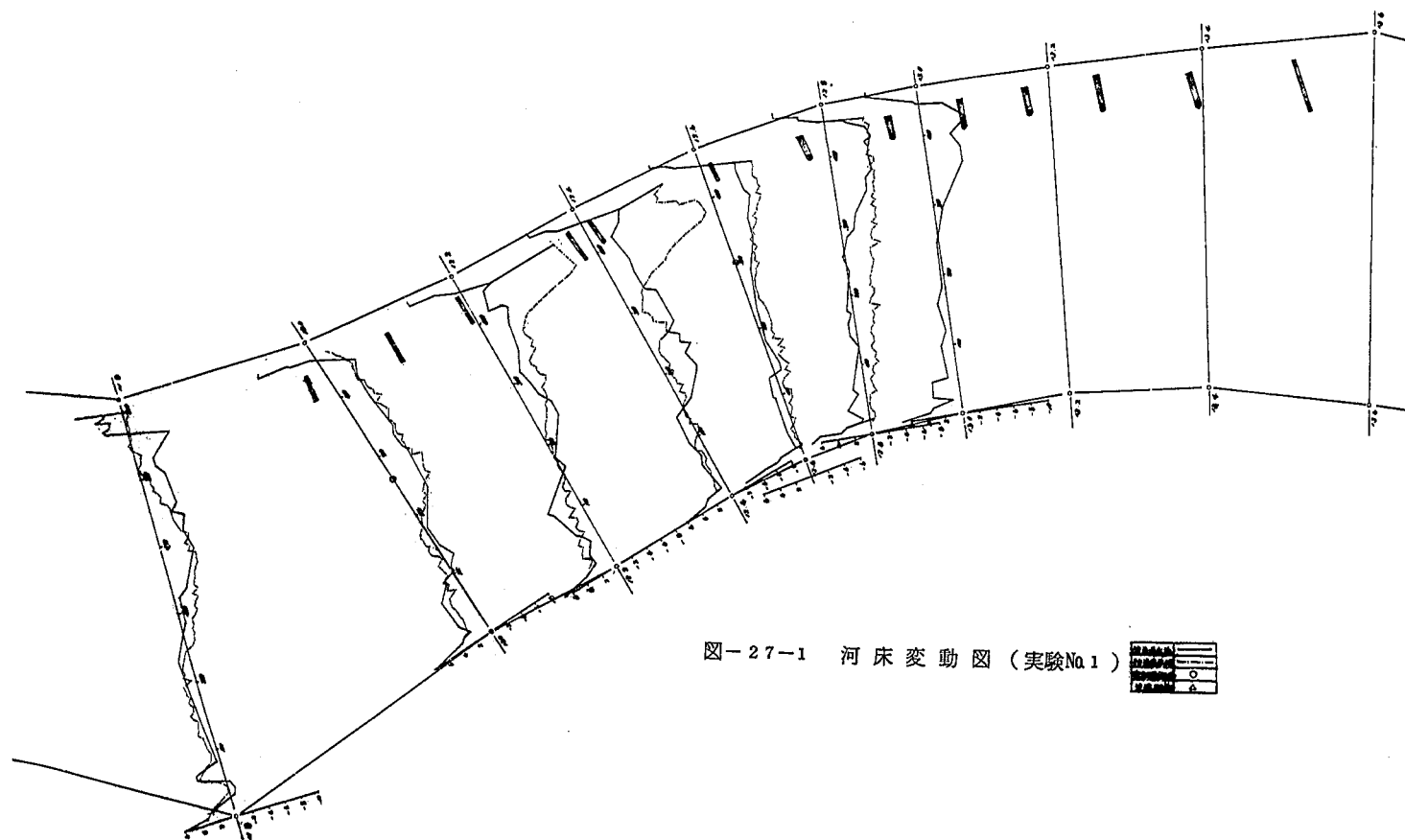


図-27-1 河床変動図 (実験No.1)

堆積	○
侵食	△
河道境界	---
堤防線	---

図-27-2 河床変動図（実験No.1）

河床変動線	—
河床変動線	---
河床変動線	○
河床変動線	△

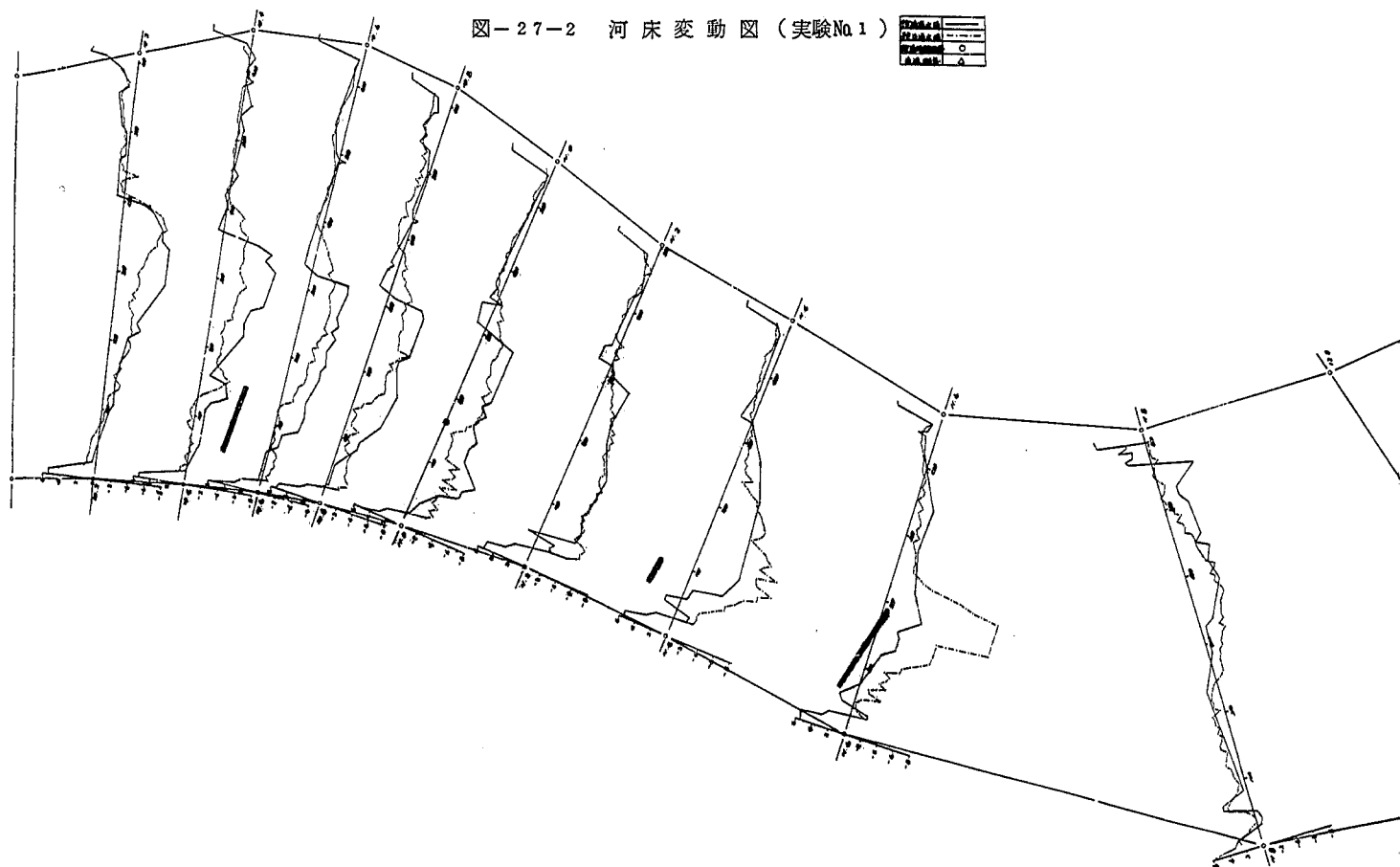


図-27-3 河床変動図 (実験No.1)

河床変動	○
河床変動	△
河床変動	×
河床変動	●
河床変動	○

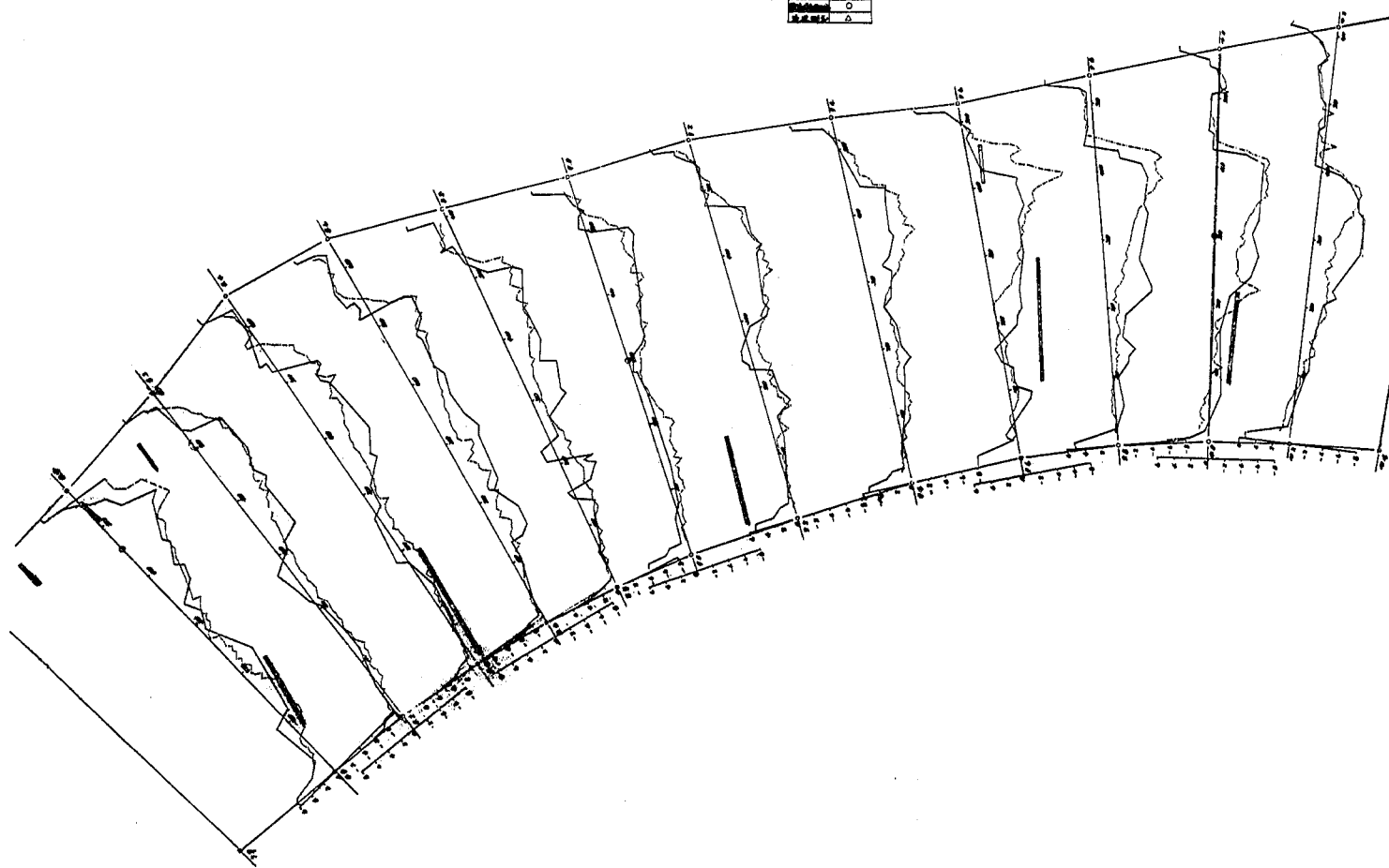


図-27-4 河床変動図（実験No.1）

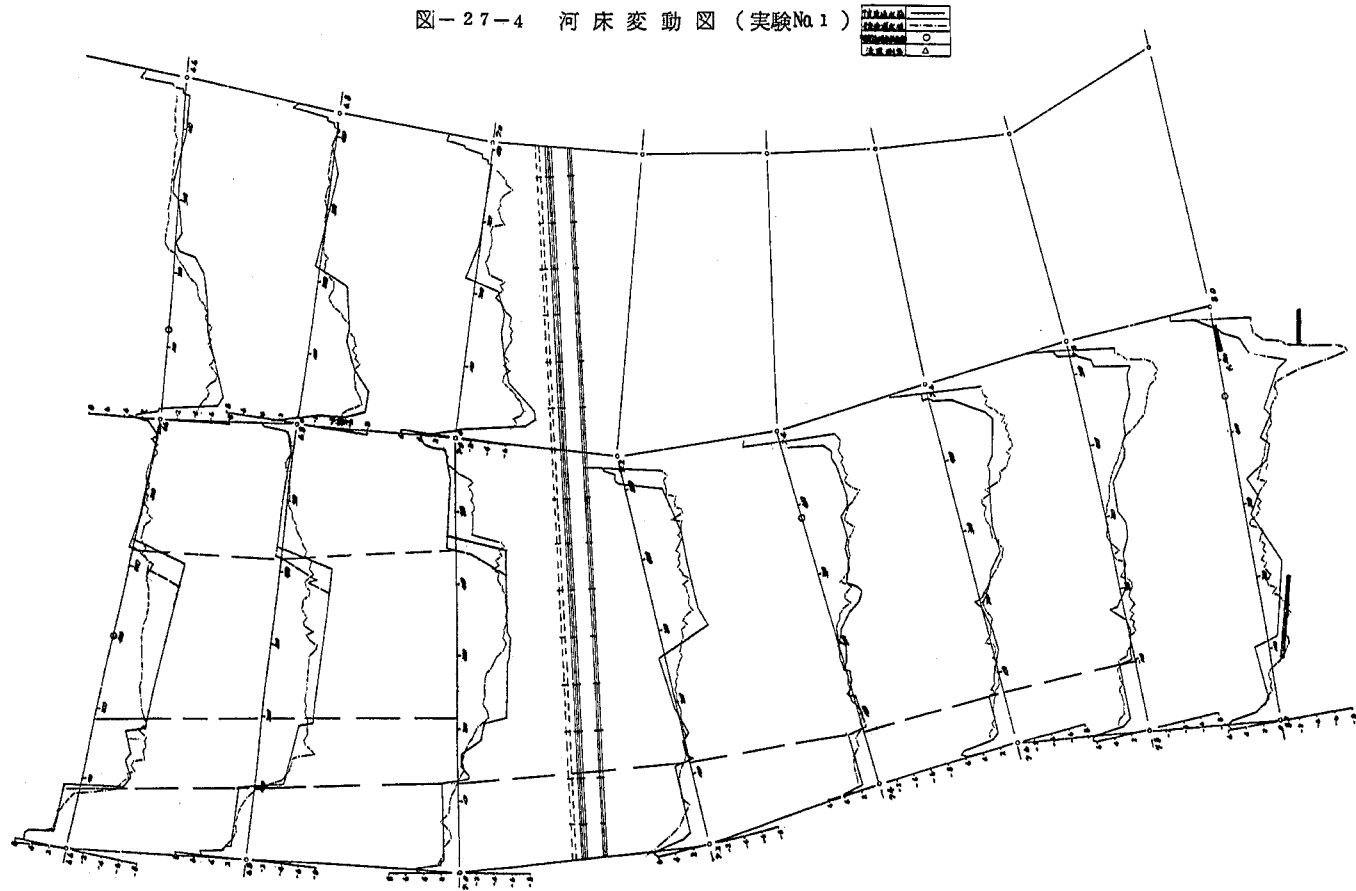


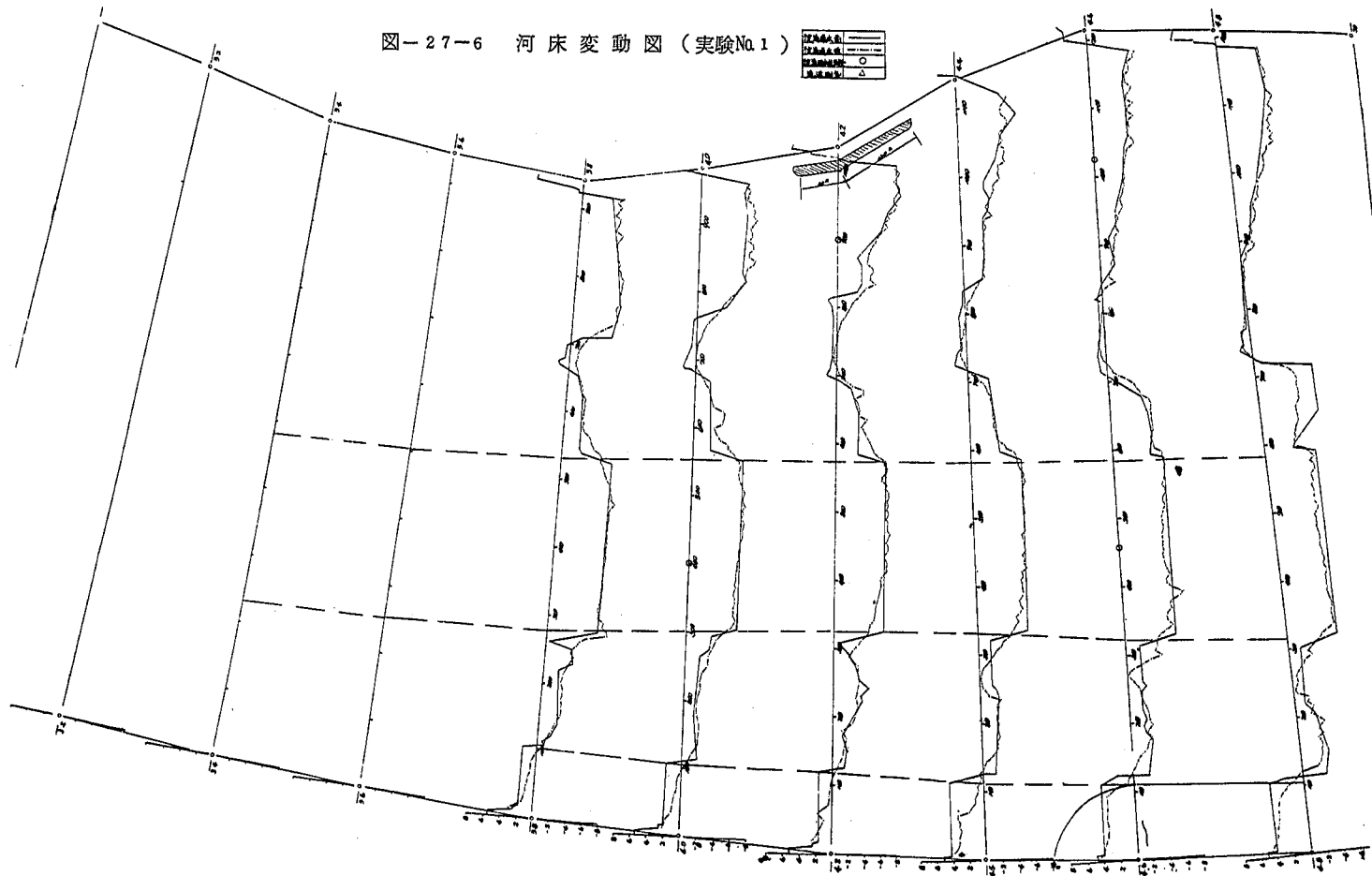


図-27-5 河床變動圖 (実験No. 1)

——	河床
——	河床
○	河床
△	河床

図-27-6 河床変動図 (実験No.1)

河床変動	○
河床変動	△



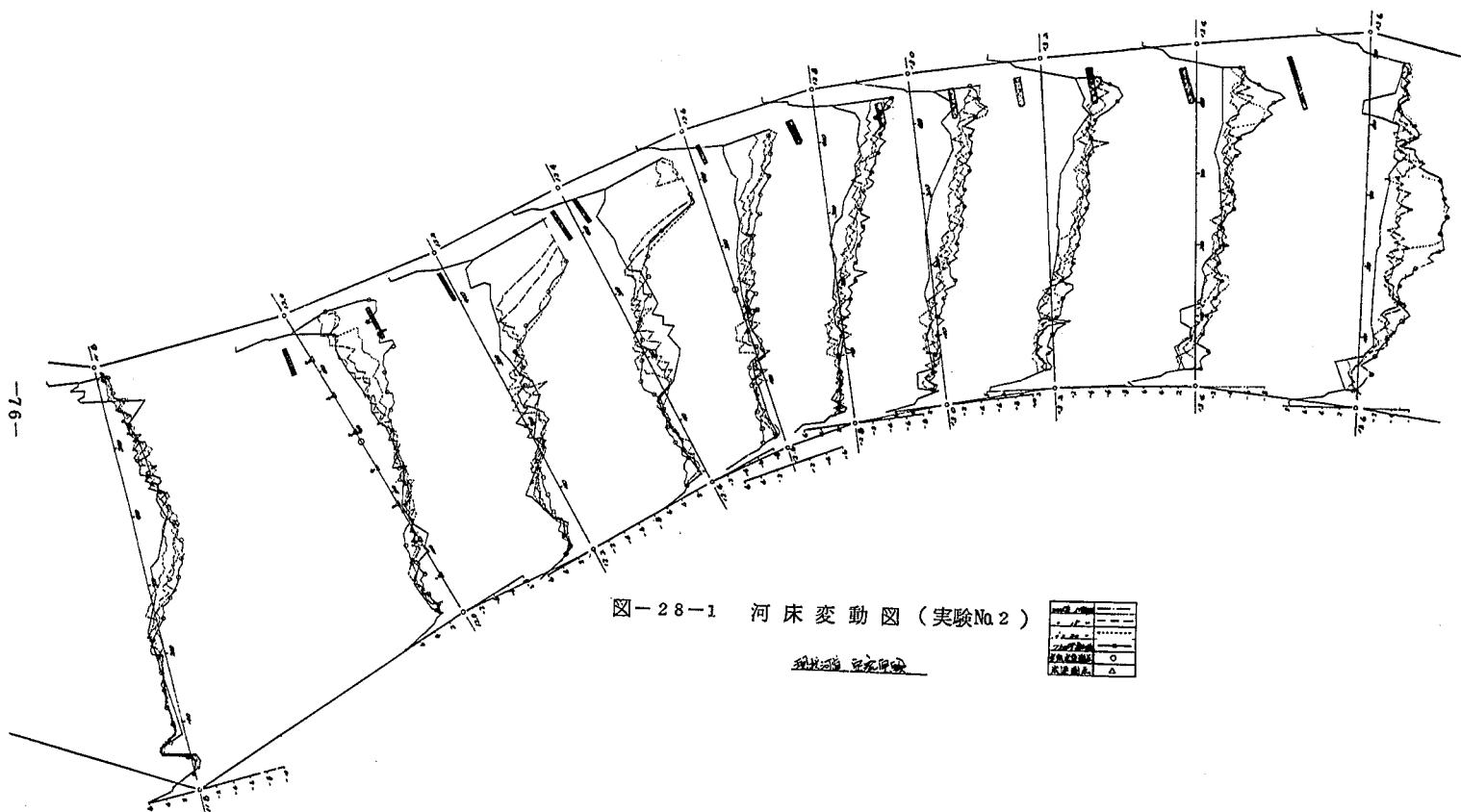


図-28-1 河床変動図(実験No.2)

现代河道 研究现状

[illegible]

図-28-2 河床変動図（実験No.2）

河床変動線	—
水位線	—
断面位置線	—
観測点位置	○
観測点位置	△

河床変動線

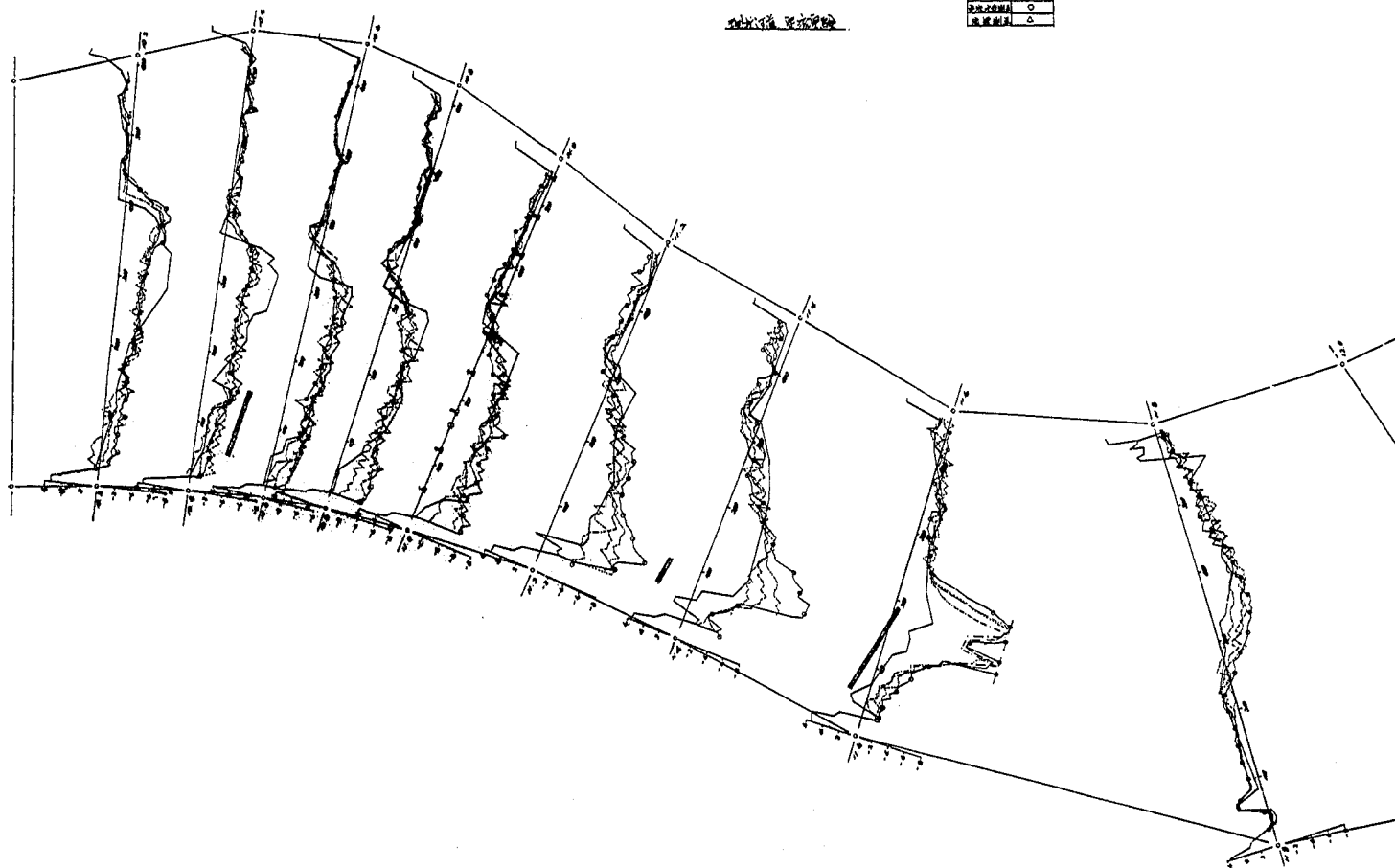


図-28-3 河床變動図（実験No.2）



胡金河道 聖武聖殿

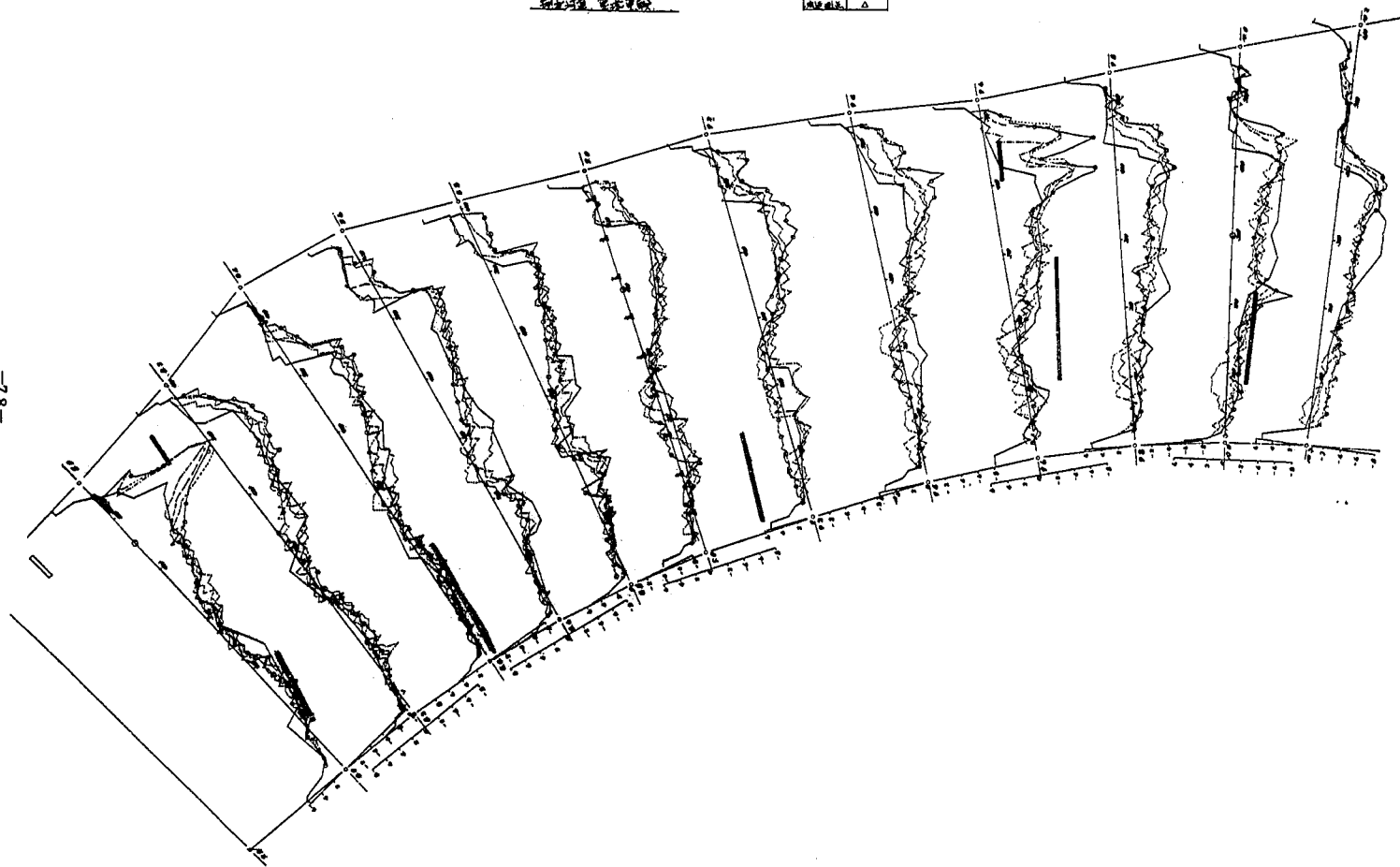


図-28-4 河床変動図（実験No.2）

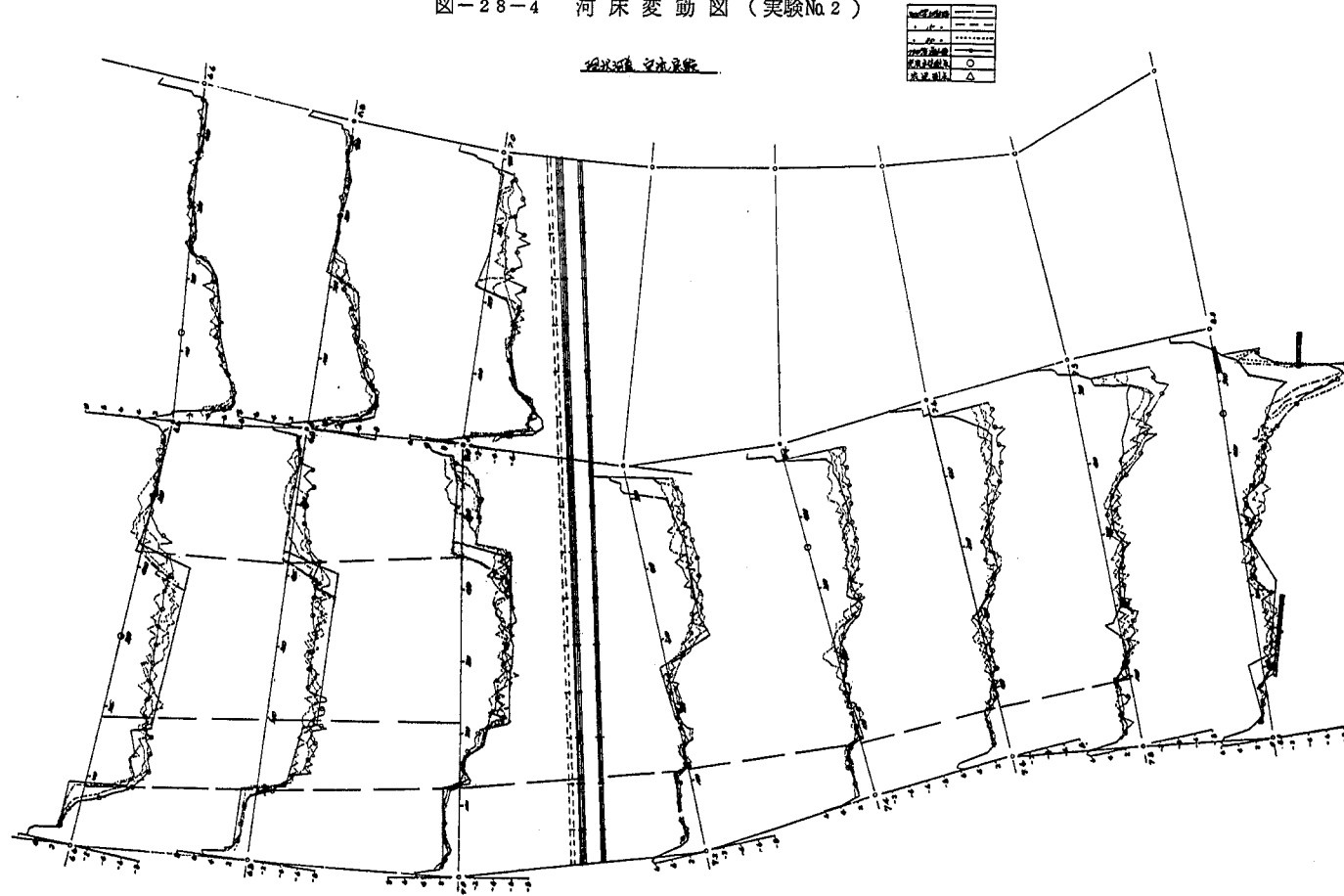




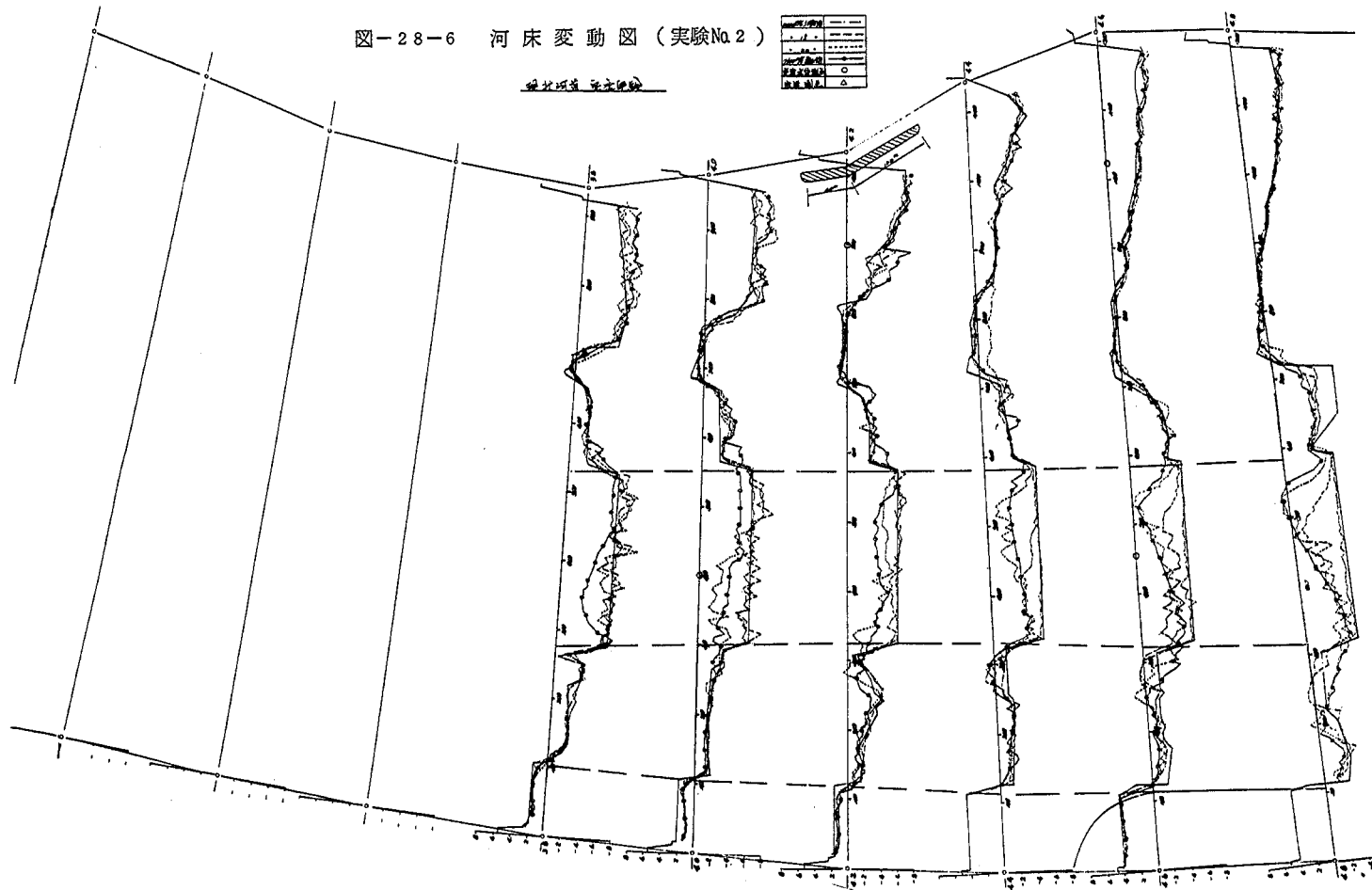
図-28-5 河床変動図 (実験No.2)

2. 1. 1	—
2. 1. 2	—
2. 1. 3	—
2. 1. 4	—
2. 1. 5	—
2. 1. 6	—
2. 1. 7	—
2. 1. 8	—
2. 1. 9	—
2. 1. 10	—
2. 1. 11	—
2. 1. 12	—
2. 1. 13	—
2. 1. 14	—
2. 1. 15	—
2. 1. 16	—
2. 1. 17	—
2. 1. 18	—
2. 1. 19	—
2. 1. 20	—
2. 1. 21	—
2. 1. 22	—
2. 1. 23	—
2. 1. 24	—
2. 1. 25	—
2. 1. 26	—
2. 1. 27	—
2. 1. 28	—
2. 1. 29	—
2. 1. 30	—
2. 1. 31	—
2. 1. 32	—
2. 1. 33	—
2. 1. 34	—
2. 1. 35	—
2. 1. 36	—
2. 1. 37	—
2. 1. 38	—
2. 1. 39	—
2. 1. 40	—
2. 1. 41	—
2. 1. 42	—
2. 1. 43	—
2. 1. 44	—
2. 1. 45	—
2. 1. 46	—
2. 1. 47	—
2. 1. 48	—
2. 1. 49	—
2. 1. 50	—
2. 1. 51	—
2. 1. 52	—
2. 1. 53	—
2. 1. 54	—
2. 1. 55	—
2. 1. 56	—
2. 1. 57	—
2. 1. 58	—
2. 1. 59	—
2. 1. 60	—
2. 1. 61	—
2. 1. 62	—
2. 1. 63	—
2. 1. 64	—
2. 1. 65	—
2. 1. 66	—
2. 1. 67	—
2. 1. 68	—
2. 1. 69	—
2. 1. 70	—
2. 1. 71	—
2. 1. 72	—
2. 1. 73	—
2. 1. 74	—
2. 1. 75	—
2. 1. 76	—
2. 1. 77	—
2. 1. 78	—
2. 1. 79	—
2. 1. 80	—
2. 1. 81	—
2. 1. 82	—
2. 1. 83	—
2. 1. 84	—
2. 1. 85	—
2. 1. 86	—
2. 1. 87	—
2. 1. 88	—
2. 1. 89	—
2. 1. 90	—
2. 1. 91	—
2. 1. 92	—
2. 1. 93	—
2. 1. 94	—
2. 1. 95	—
2. 1. 96	—
2. 1. 97	—
2. 1. 98	—
2. 1. 99	—
2. 1. 100	—

図-28-6 河床変動図（実験No.2）

河床変動 断面図

河床変動	○
断面図	△
河床変動	○
断面図	△



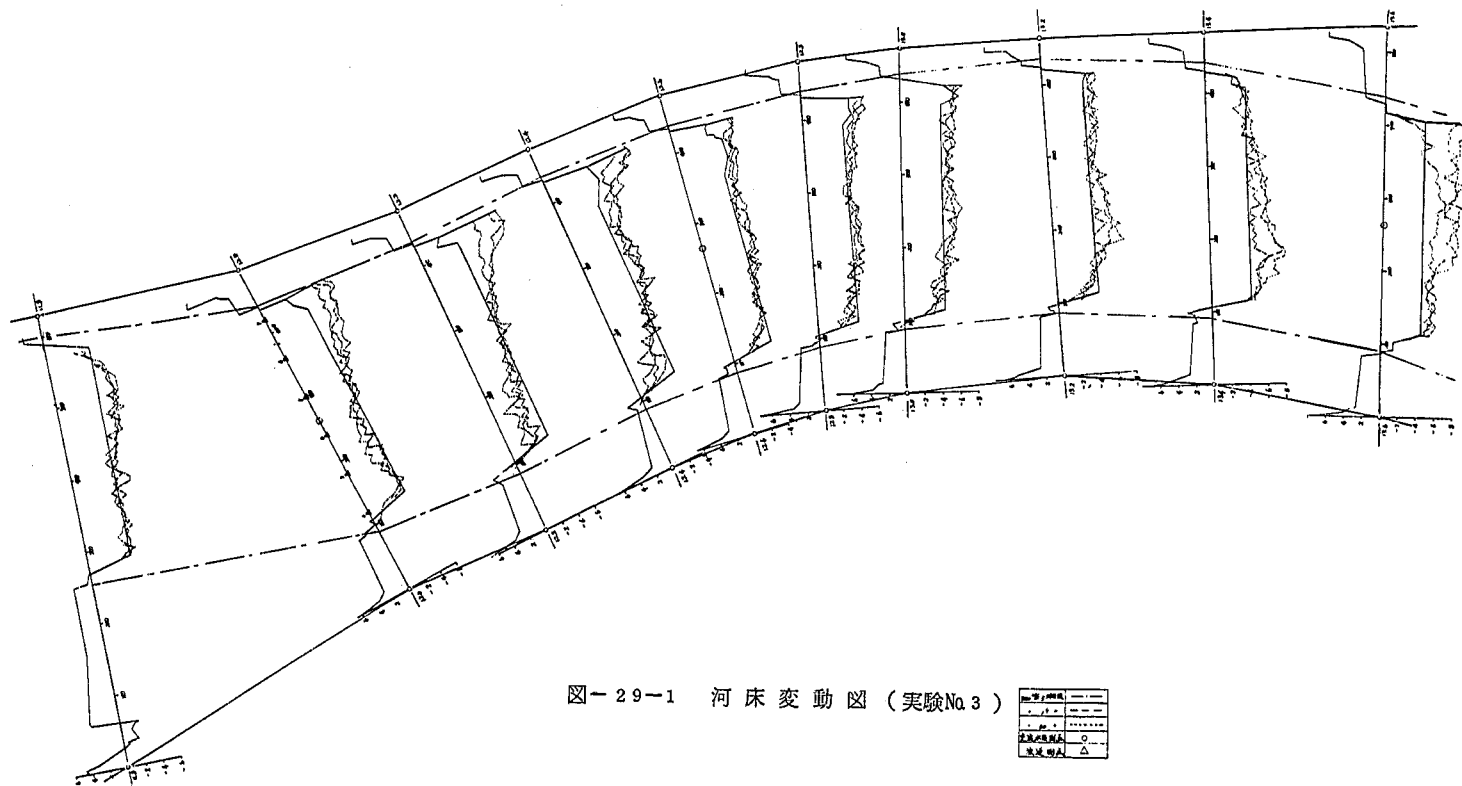


图-29-1 河床变动图 (实验No.3)

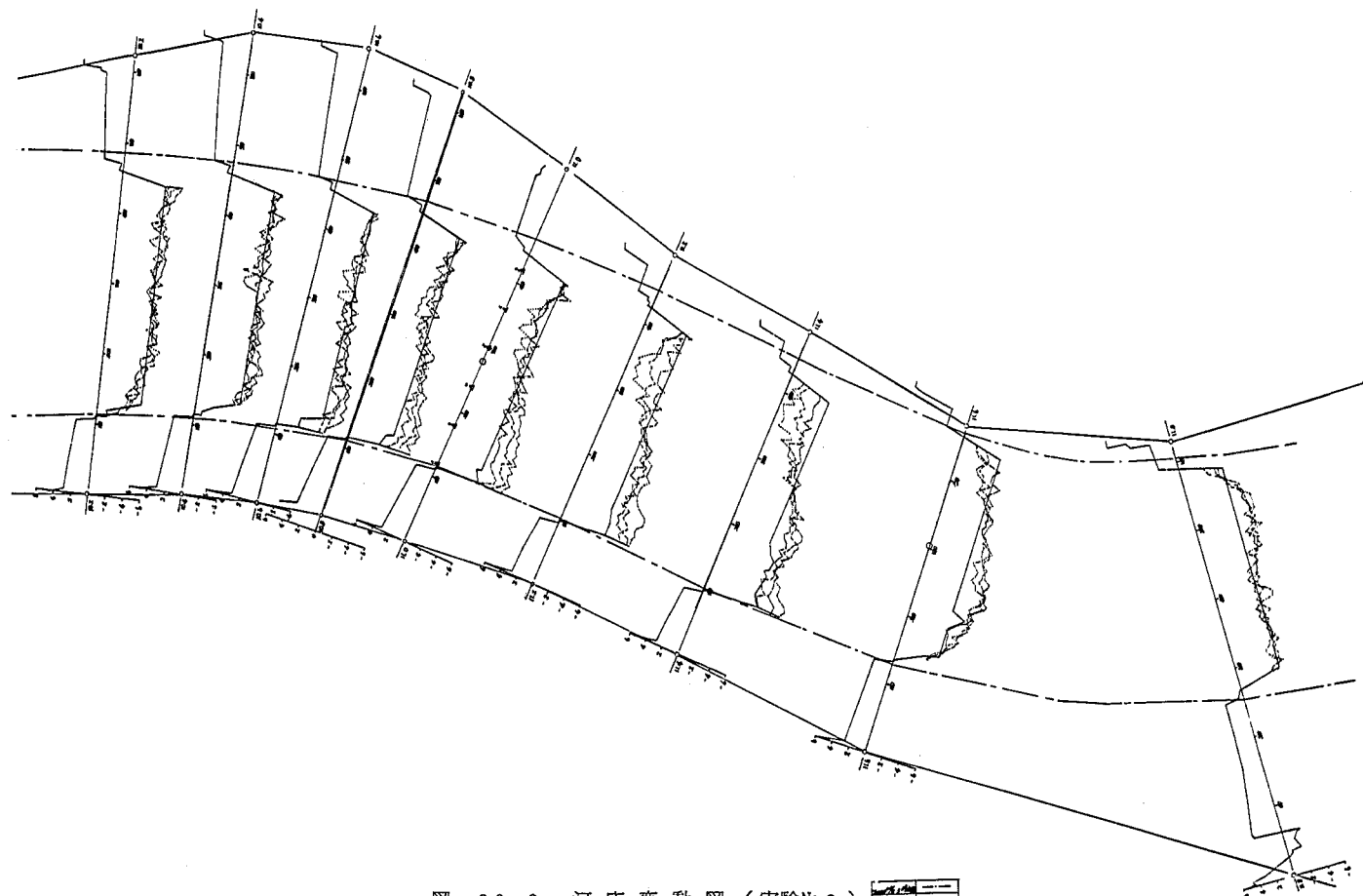
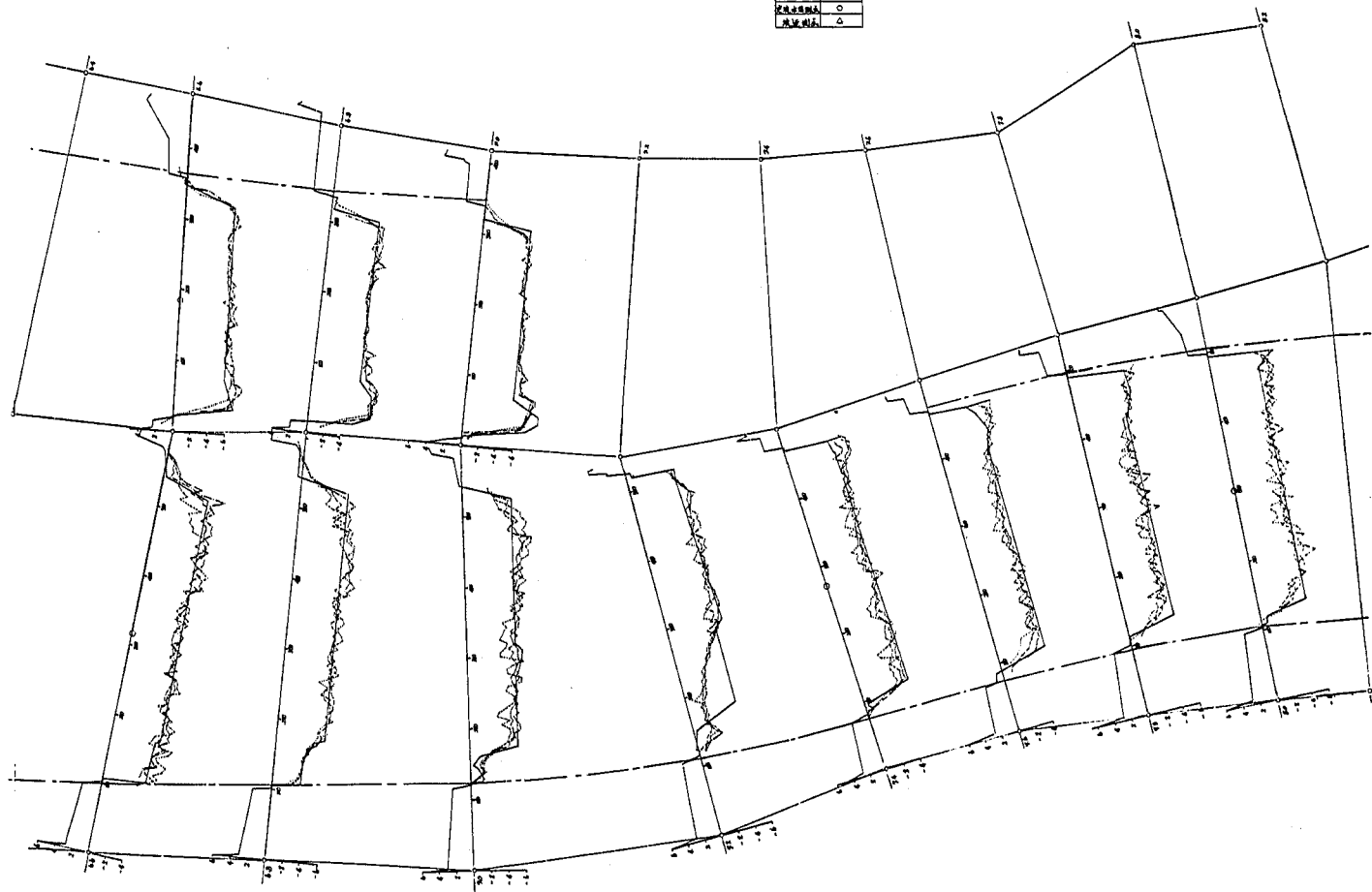


圖-29-2 河床變動圖 (實驗No.3)

河床變動線	—
河床變動點	○
測量點	△

図-29-4 河床変動図（実験No.3）

河床変動線	——
断面線	---
観測点	●
観測点位置	○
観測点高さ	△



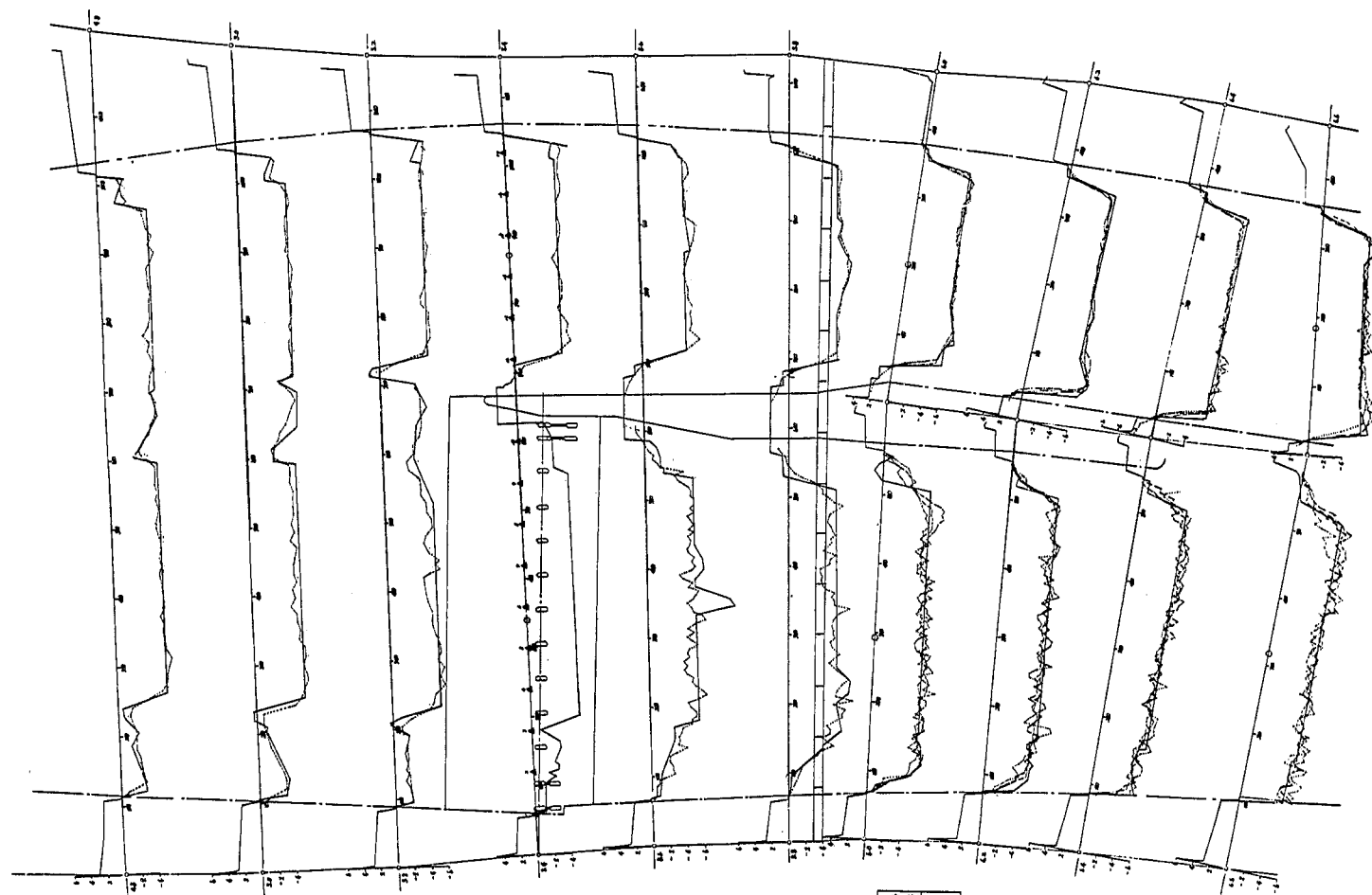
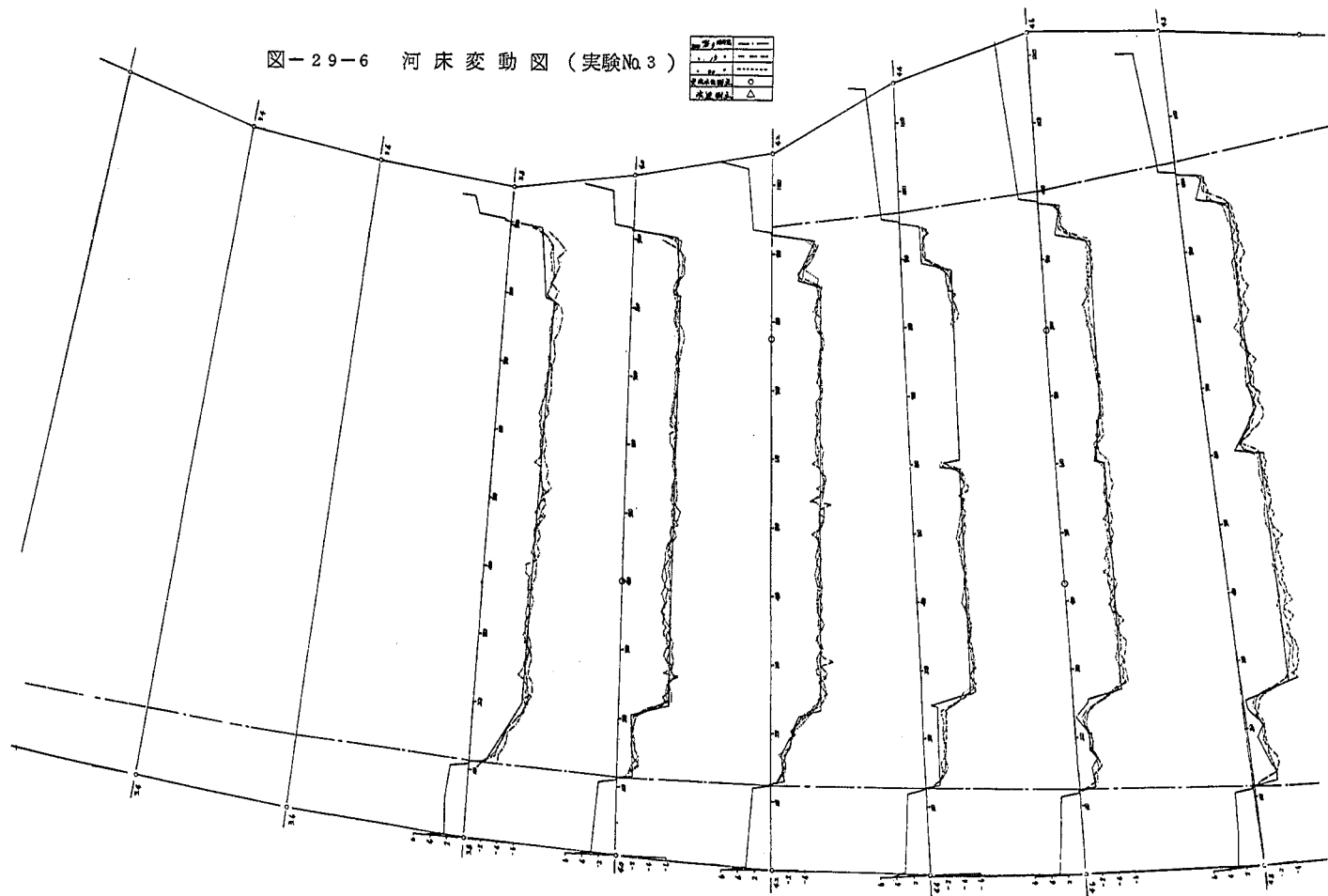


圖-29-5 河床變動圖 (實驗No. 3)

河床變動	○
測量點	△

図-29-6 河床変動図（実験No.3）

観測断面	—
初期断面	—
経過断面	—
河床変動量	○
河床変動量	△



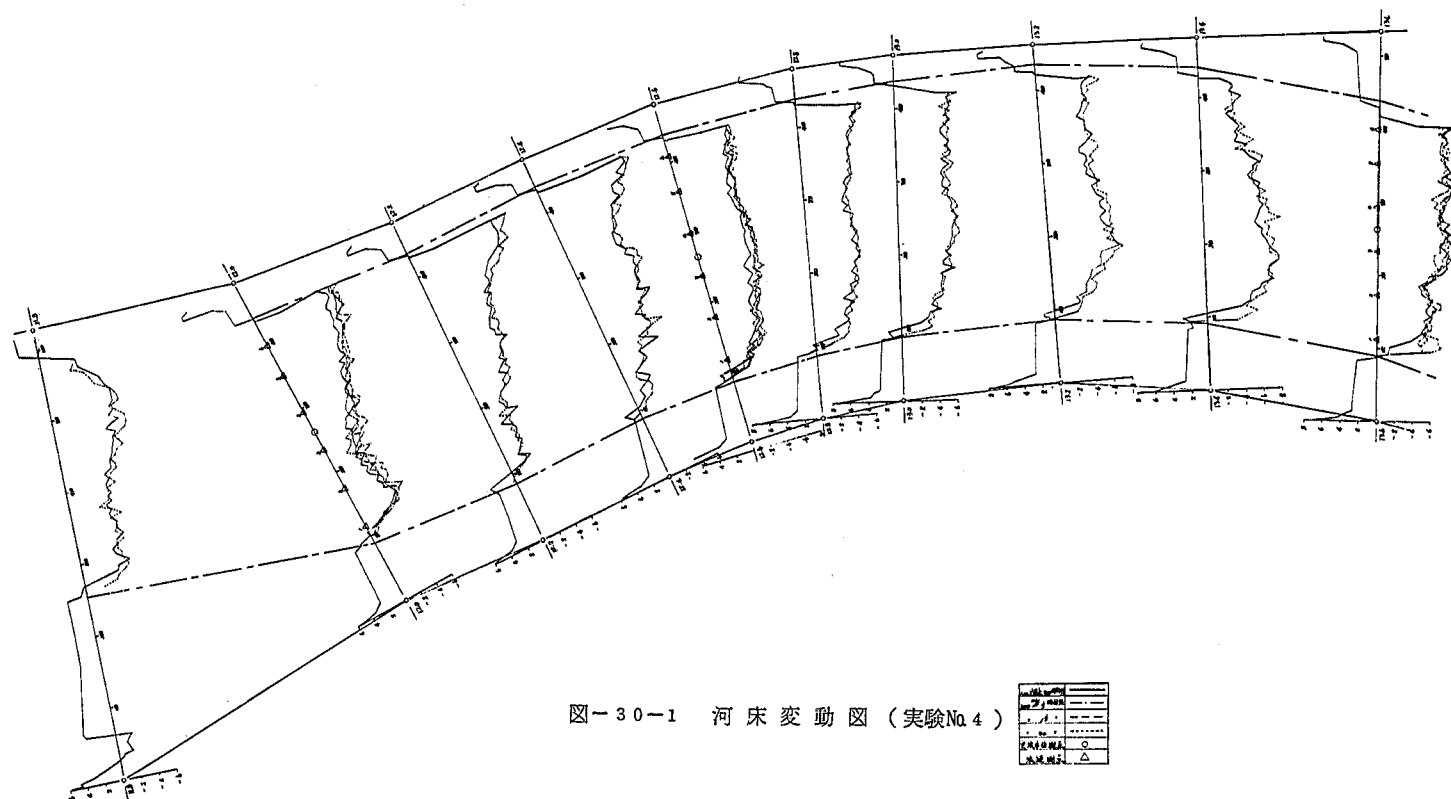


圖-30-1 河床變動圖 (實驗No. 4)

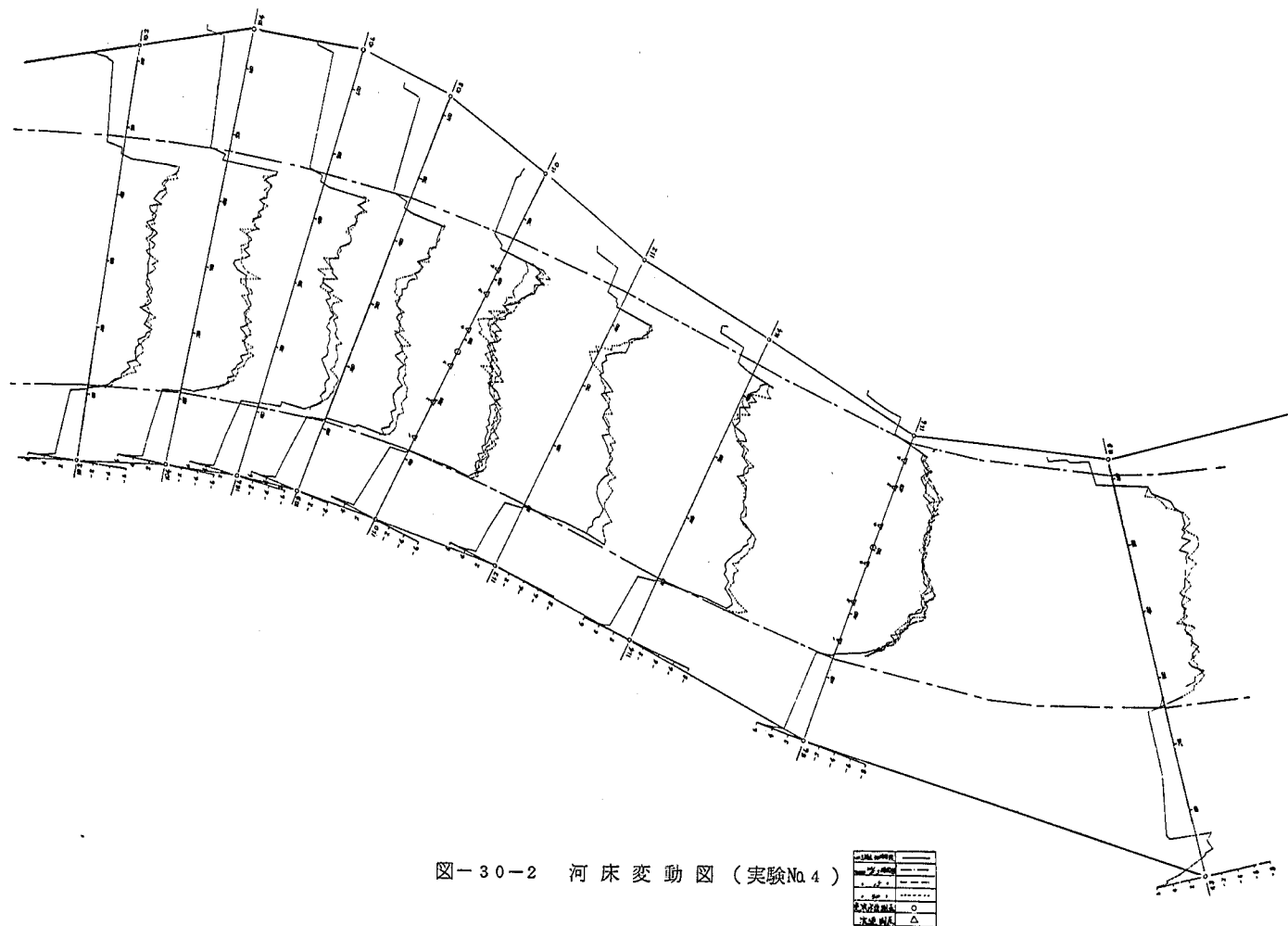


図-30-2 河床変動図 (実験No.4)

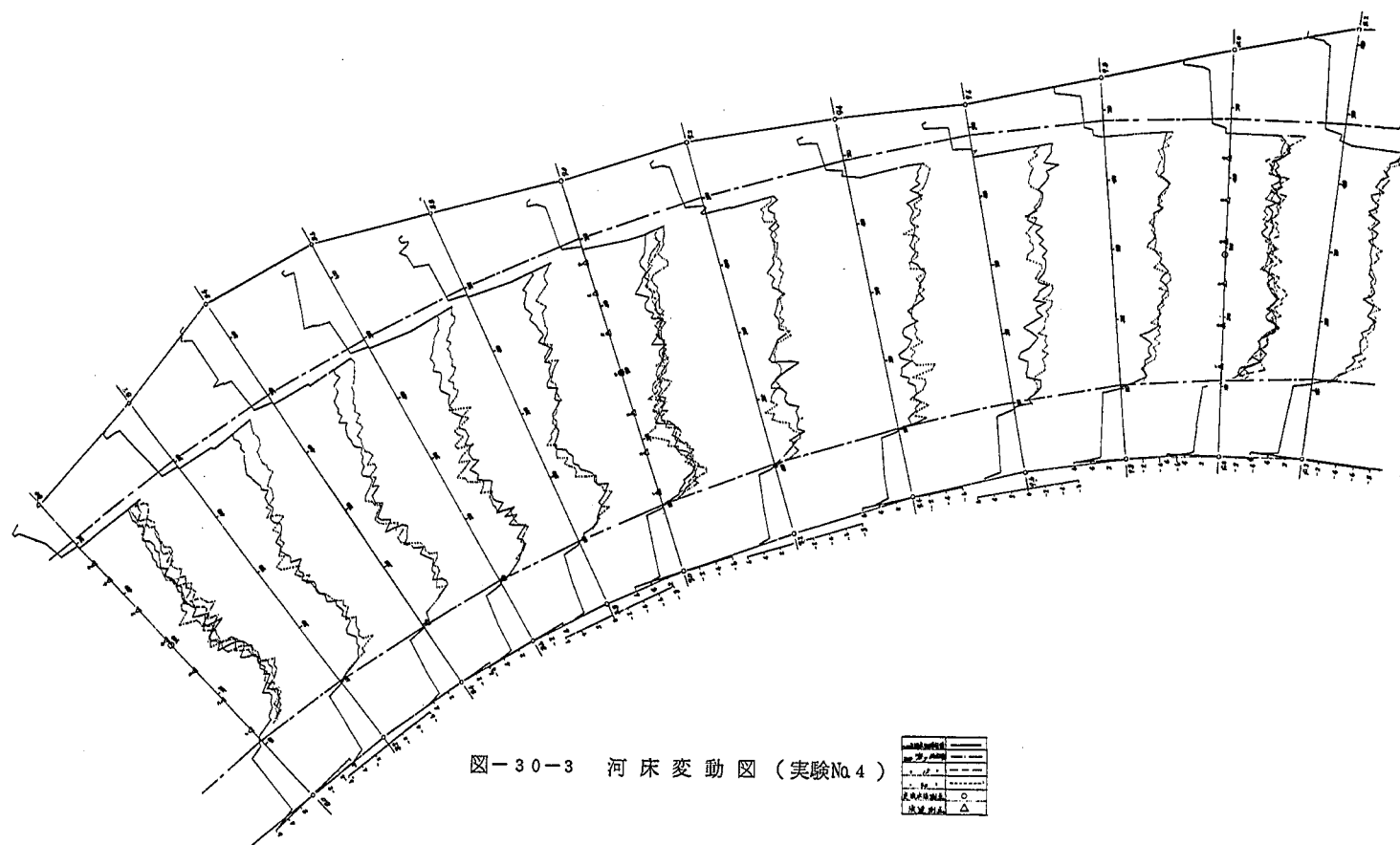


図-30-3 河床変動図 (実験No. 4)

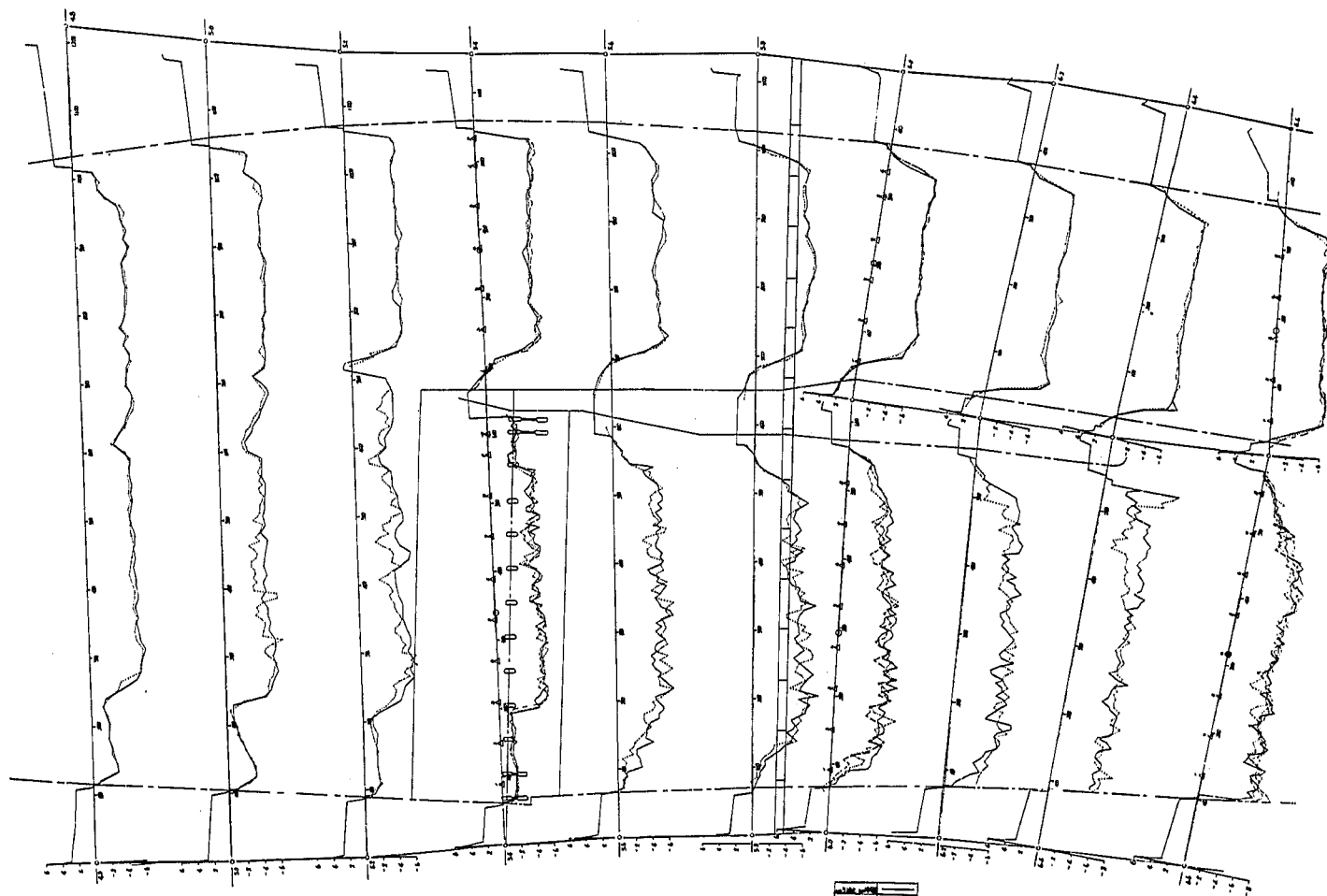
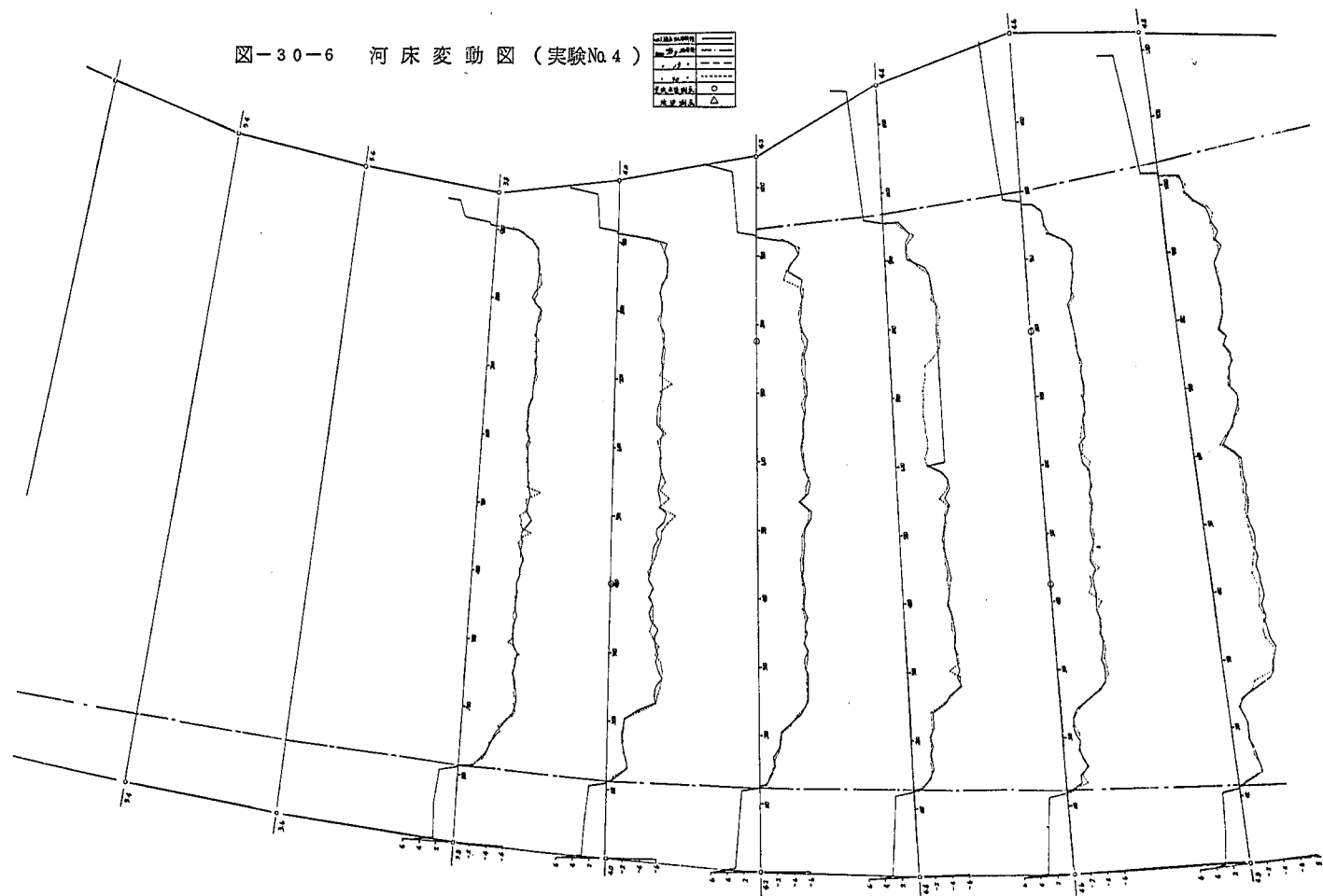


図-30-5 河床変動図 (実験No.4)

図-30-6 河床変動図 (実験No.4)



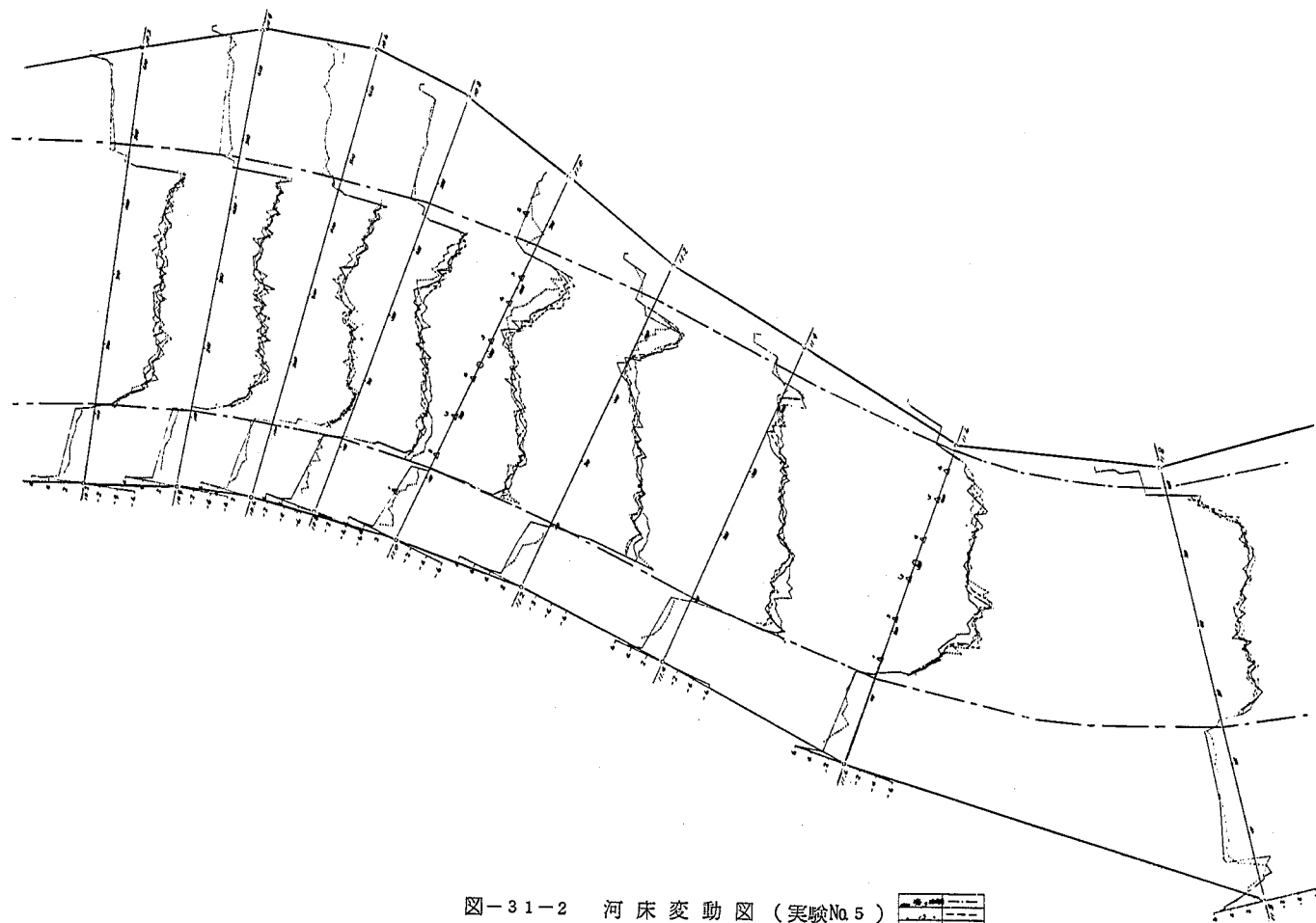


図-31-2 河床變動圖 (実験No. 5)

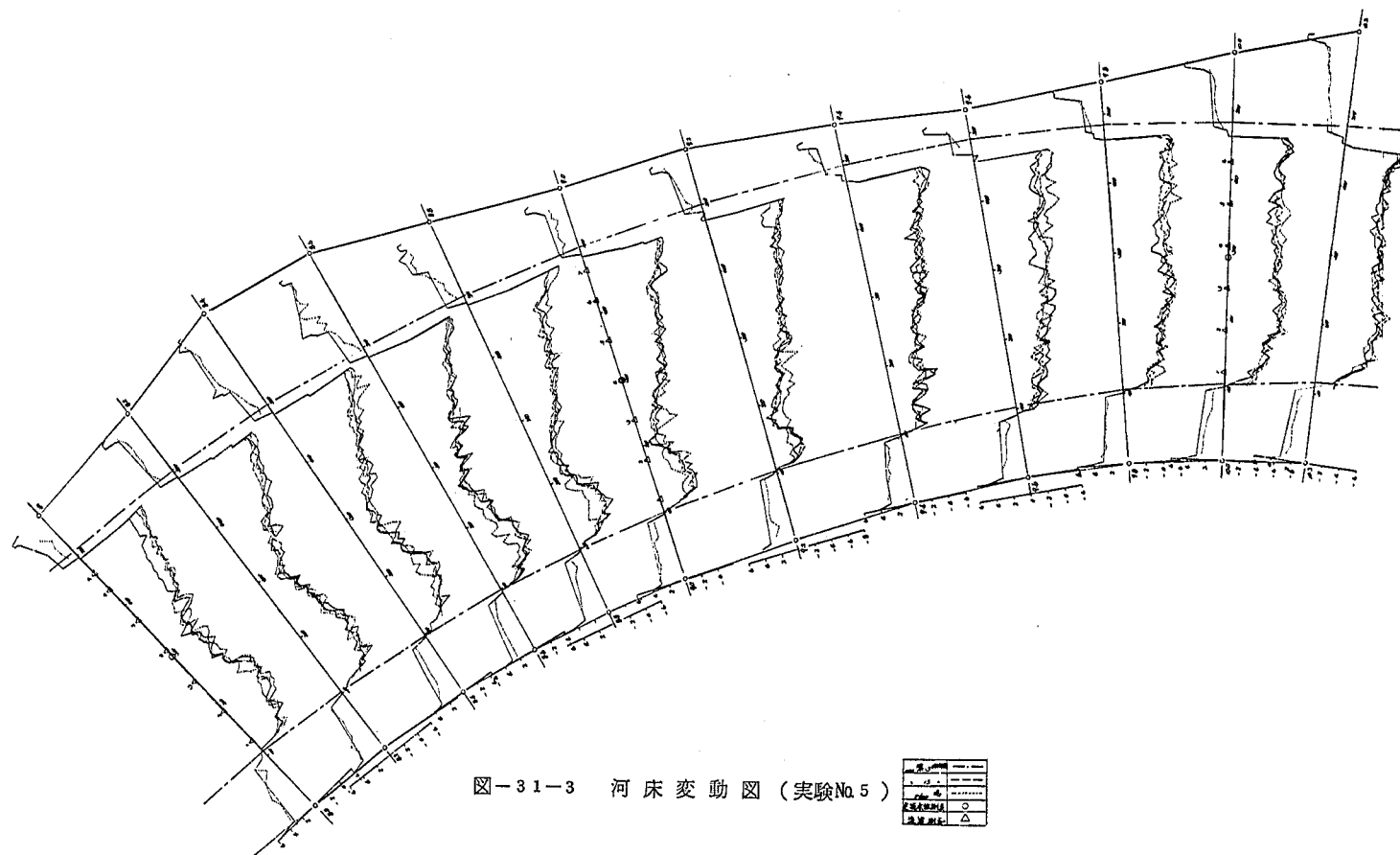
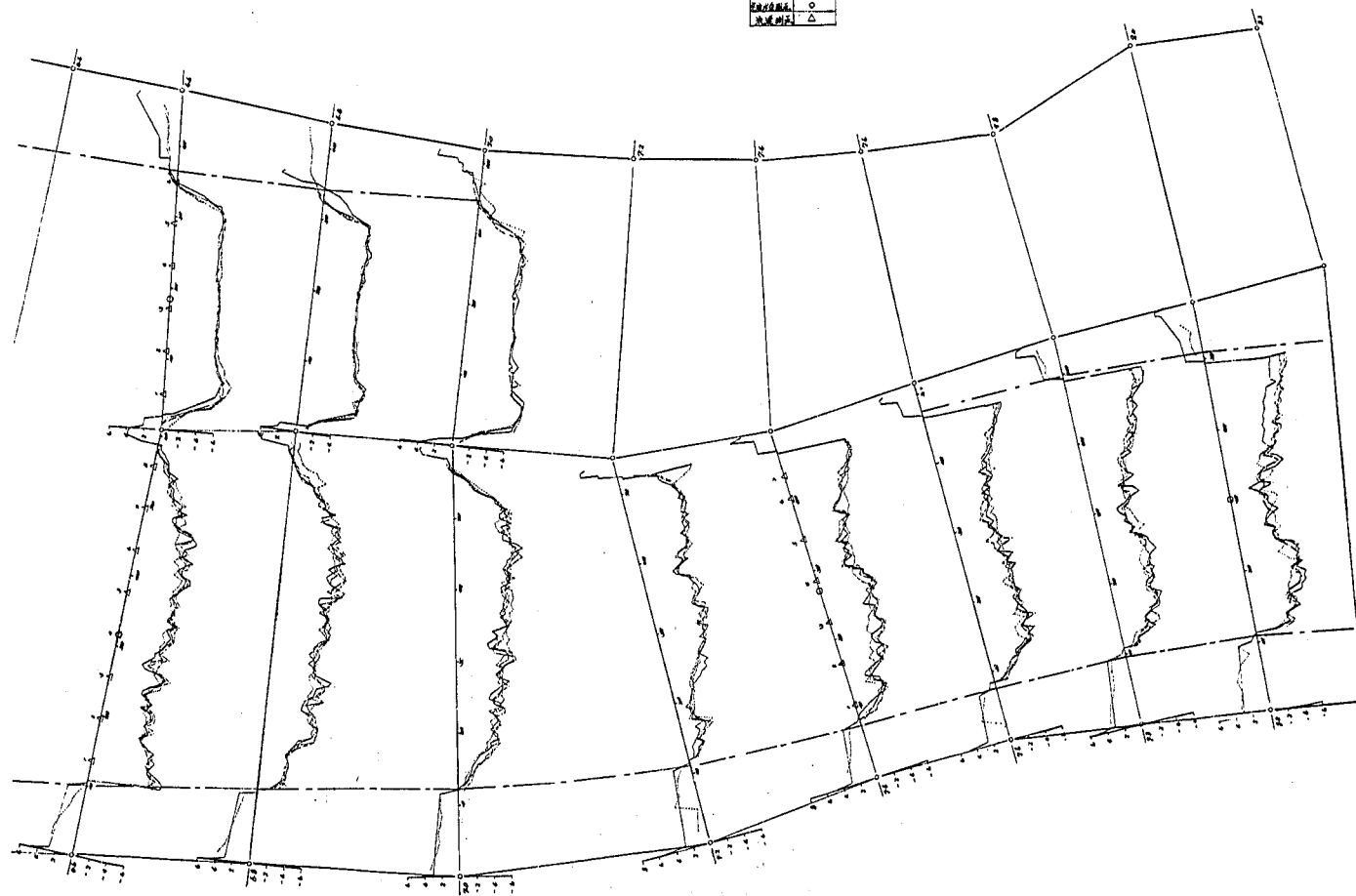


図-31-3 河床変動図 (実験No.5)

河床	—
境界線	- - -
観測点	○
基準点	△

図-31-4 河床変動図 (実験No.5)

河床変動	—
河床平均	- - -
河床断面	.....
河床断面	○
河床断面	△



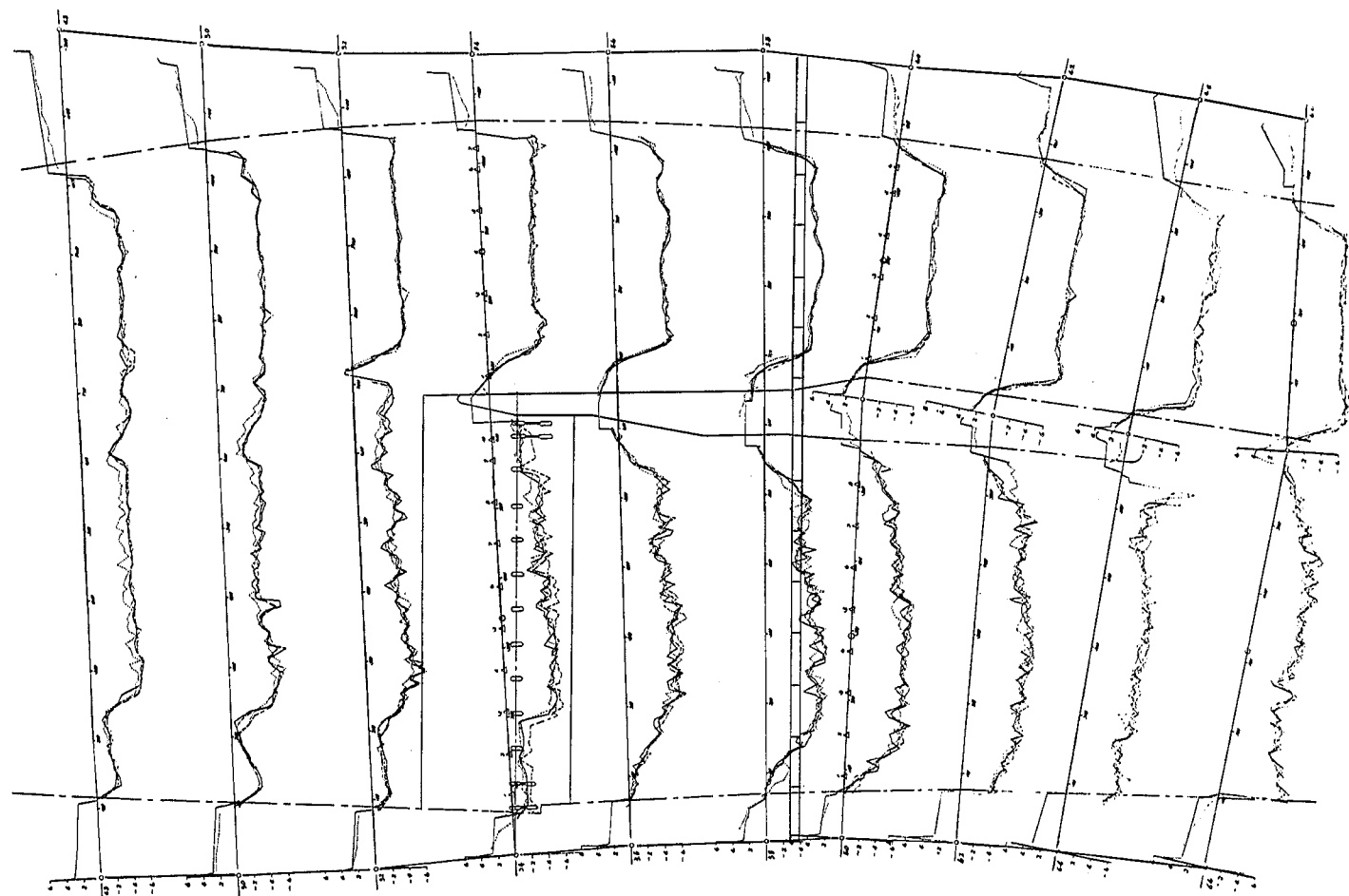
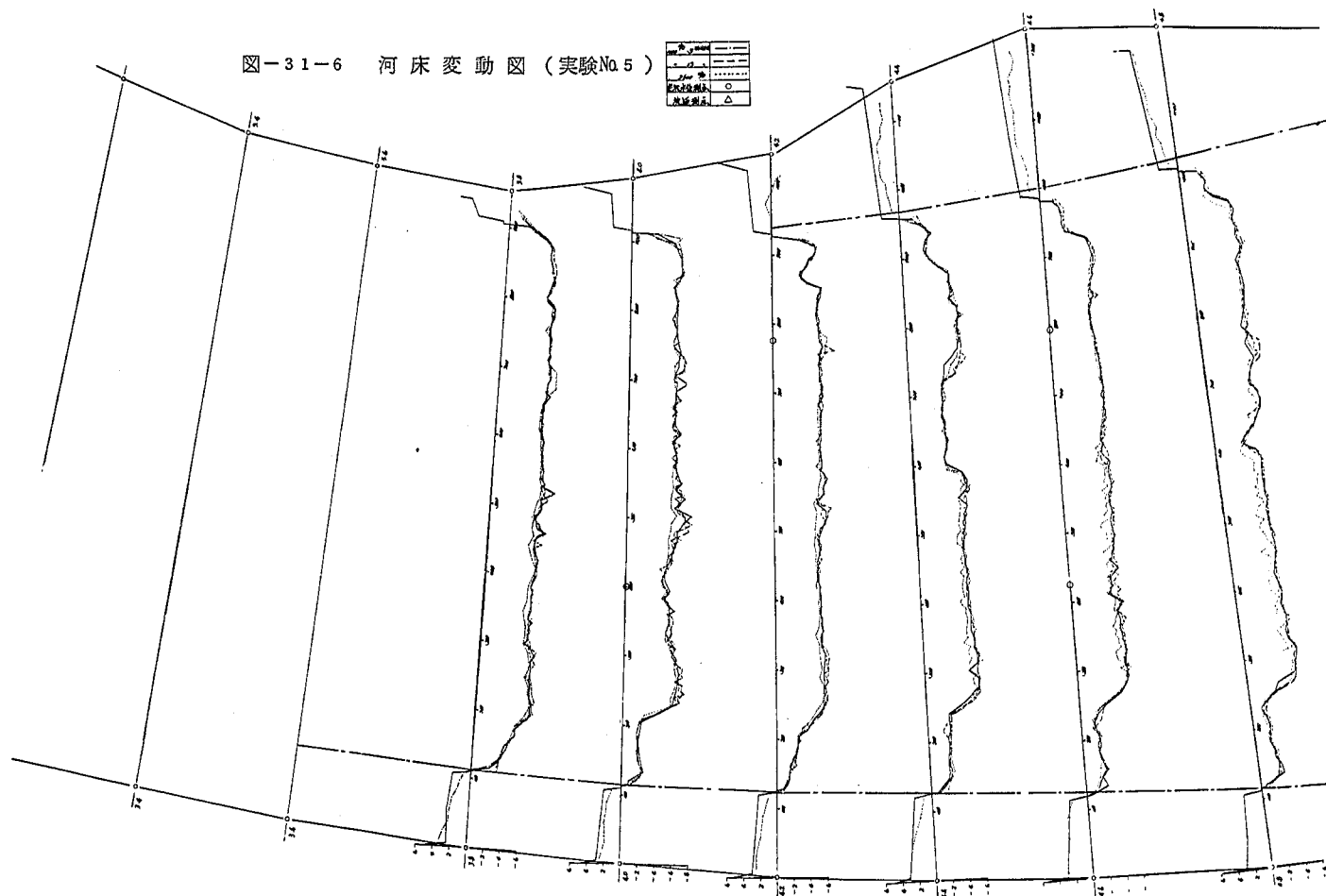


図-31-5 河床変動図 (実験No.5)

河床変動線	—
河床変動線	- - -
河床変動線	...
河床変動線	○
河床変動線	△

図-31-6 河床変動図 (実験No.5)

河床変動線	○
観測点	△



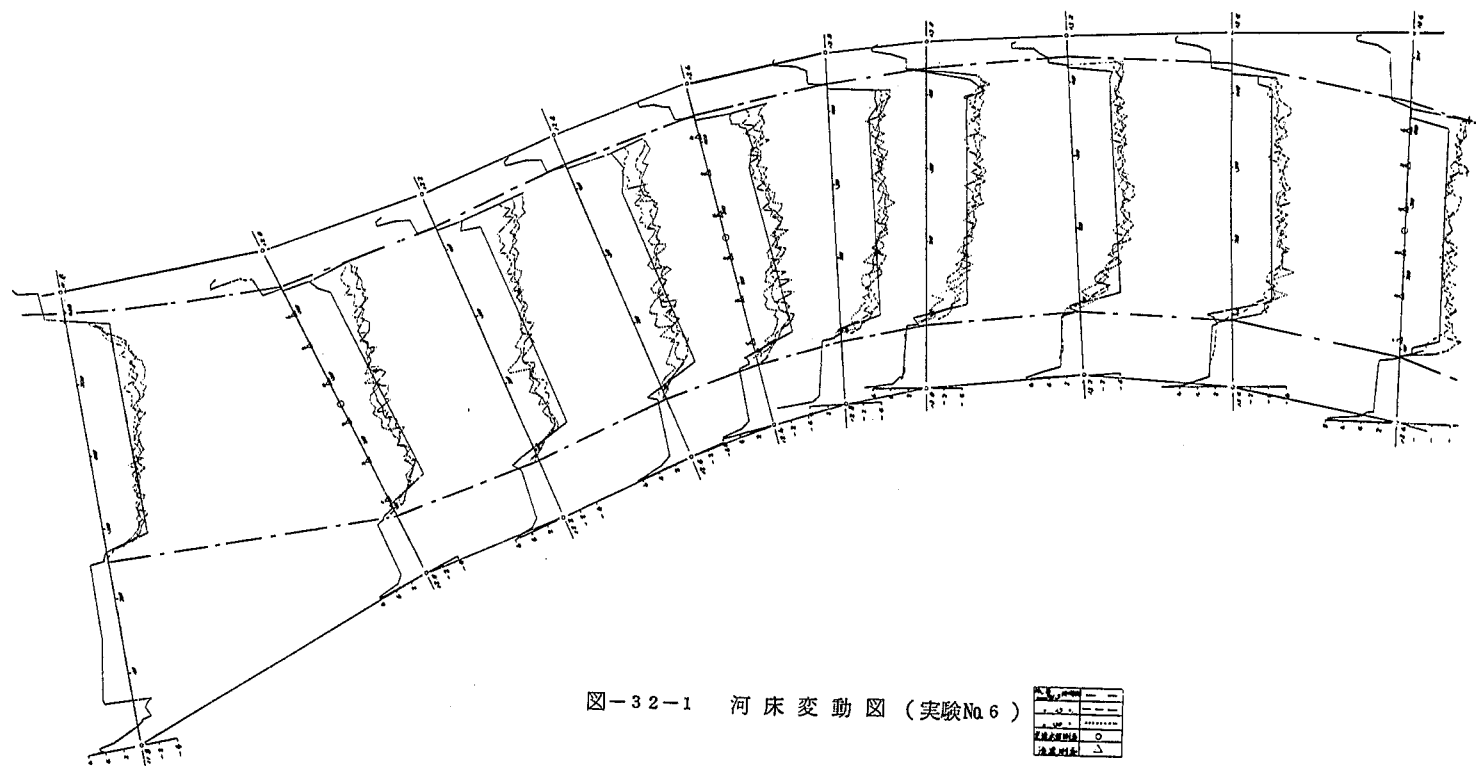


图-32-1 河床变动图 (实验No 6)

河床断面	—
中心线	- - -
流量测点	○
流量测点	△

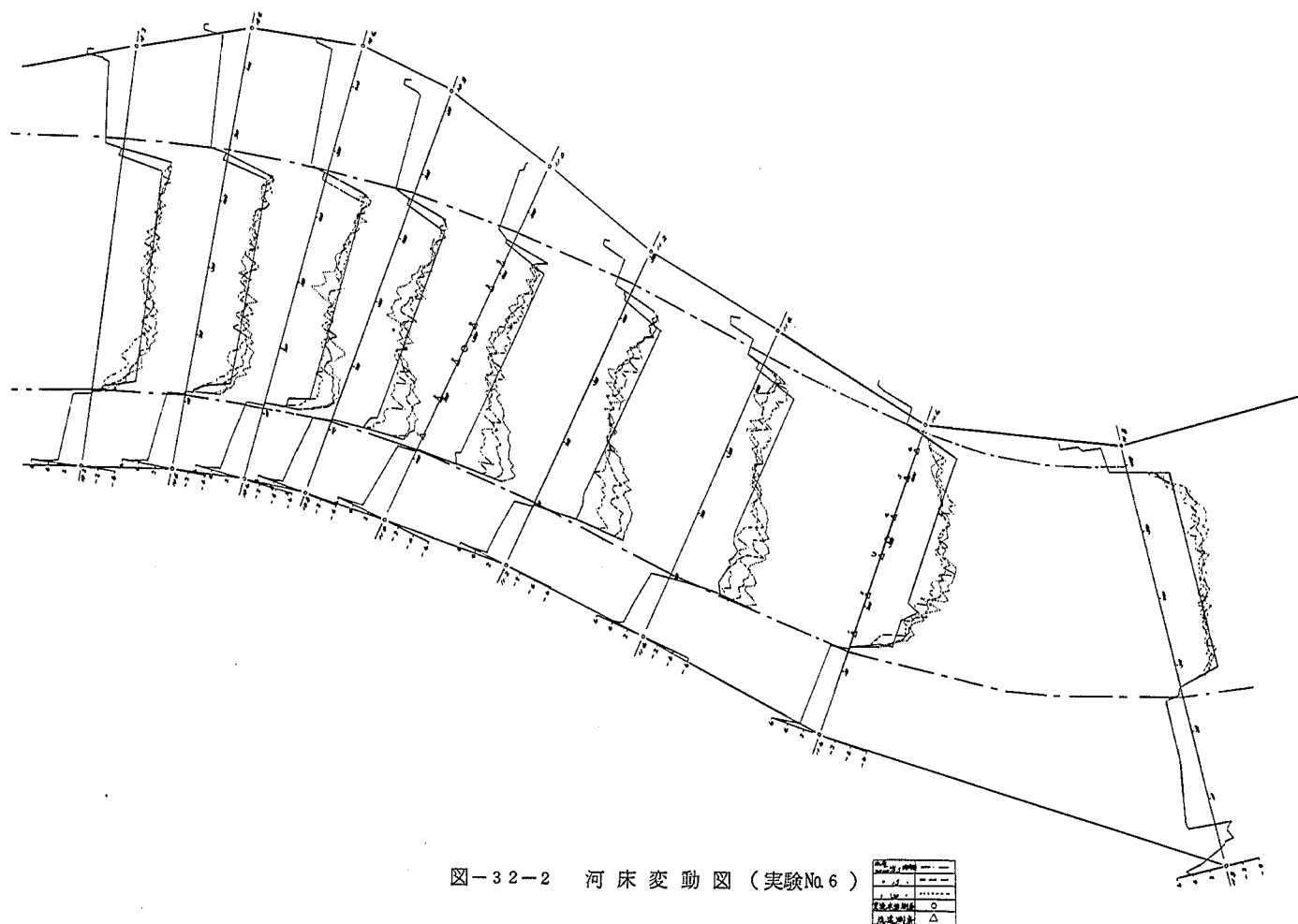


圖-32-2 河床變動圖 (實驗No.6)

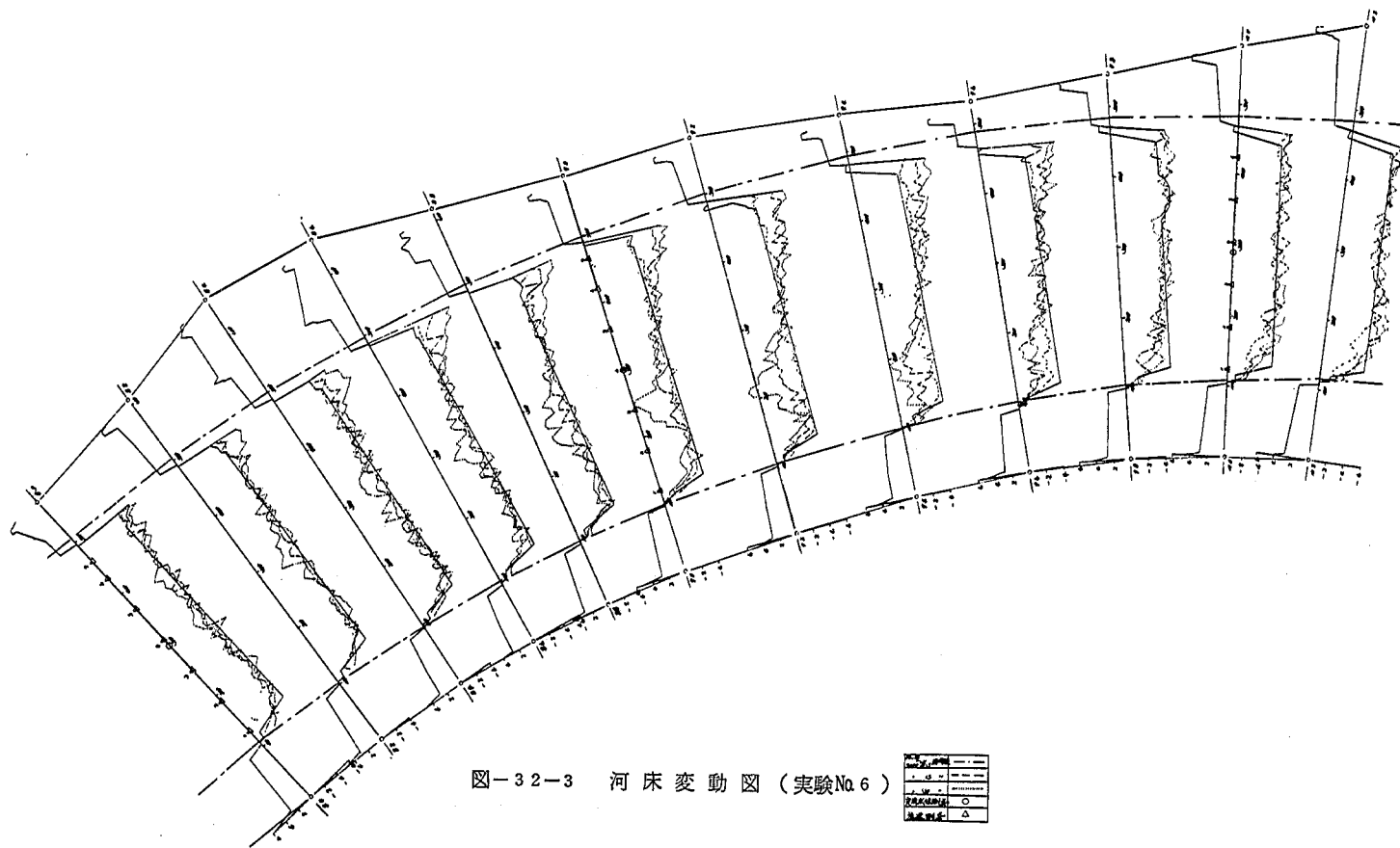
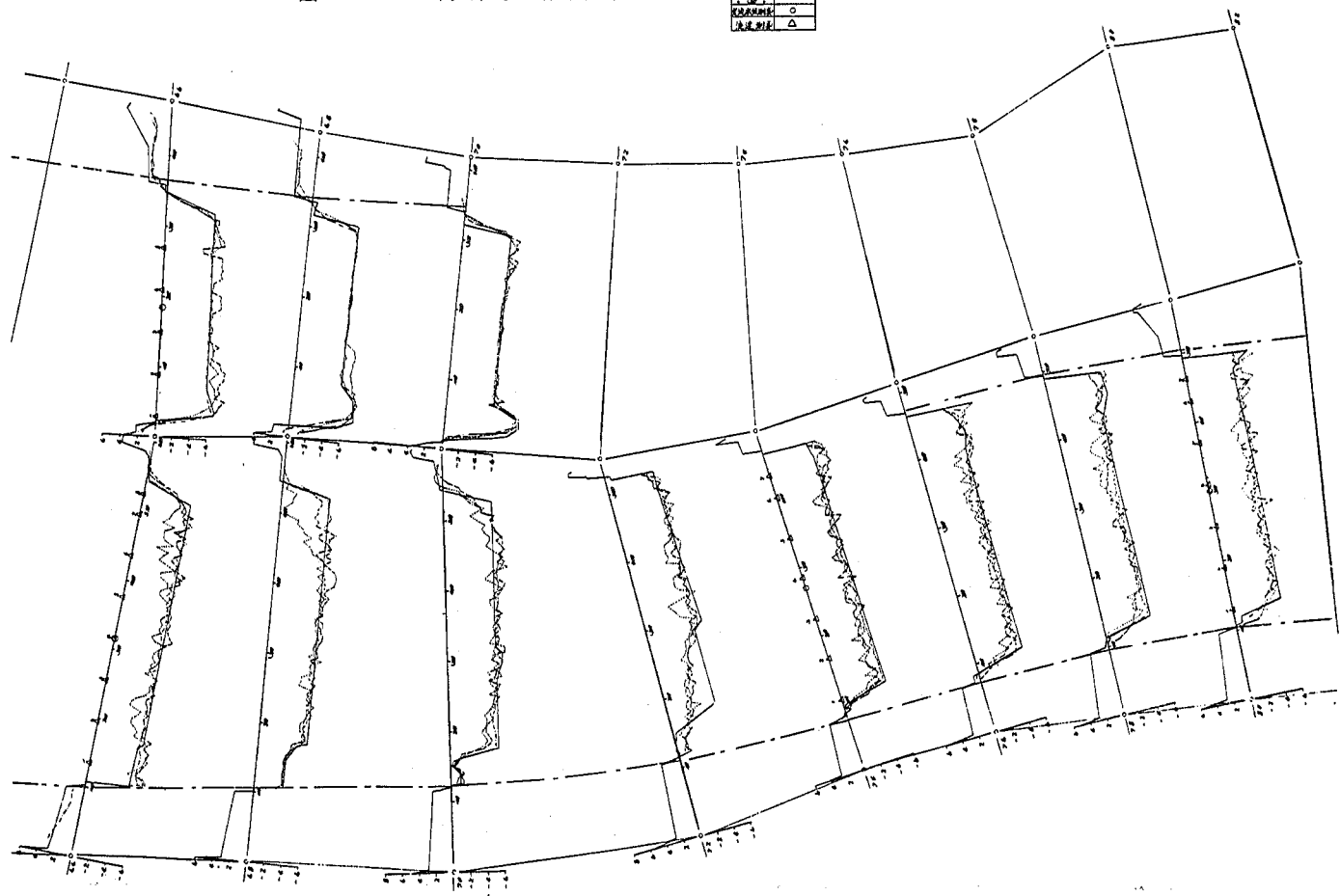


图-32-3 河床变动图 (实验No.6)

図-32-4 河床変動図 (実験No.6)

河床変動	—
水位変動	—
流速変動	—
流量変動	—
水位観測点	○
流速観測点	△



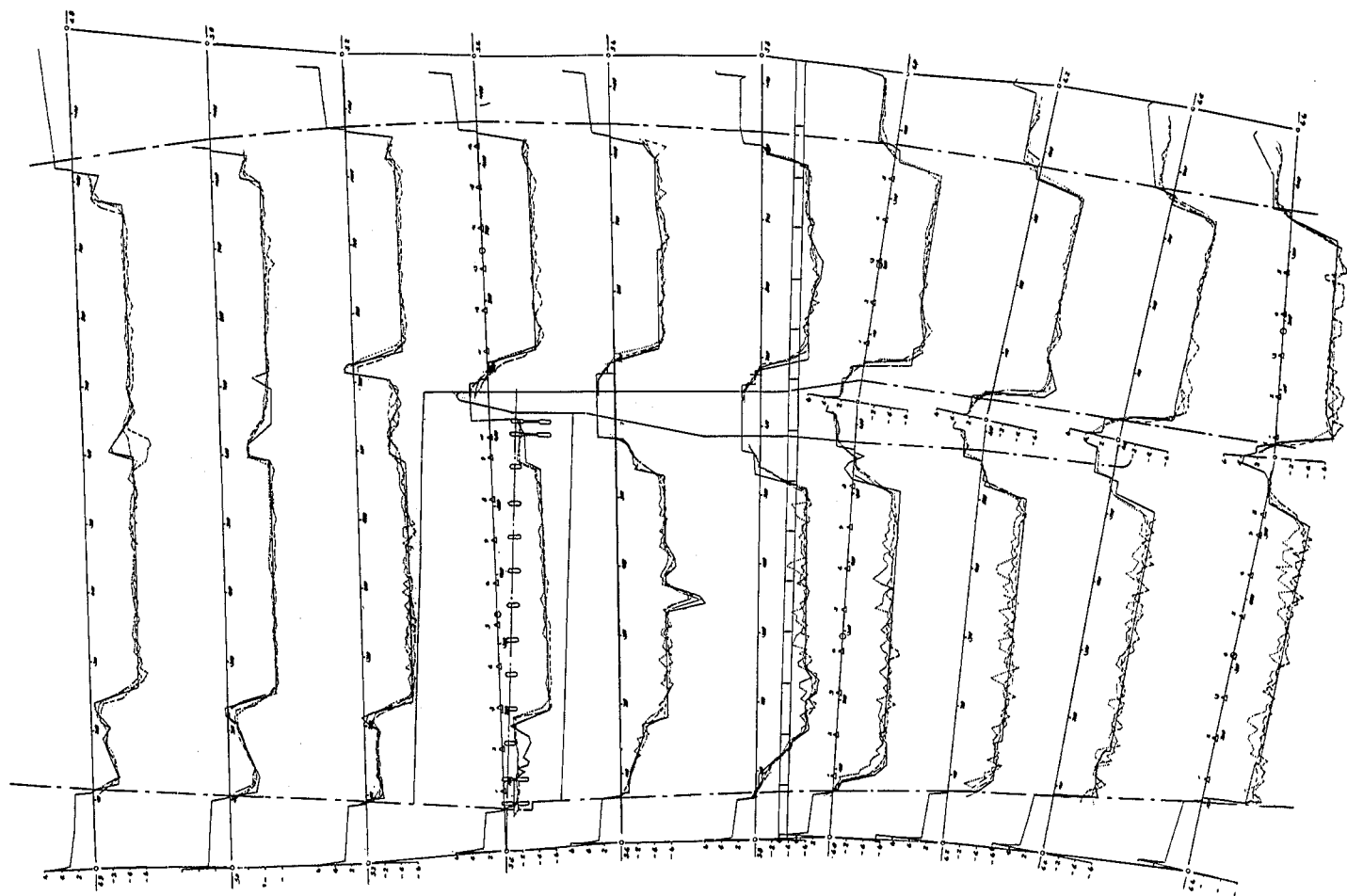
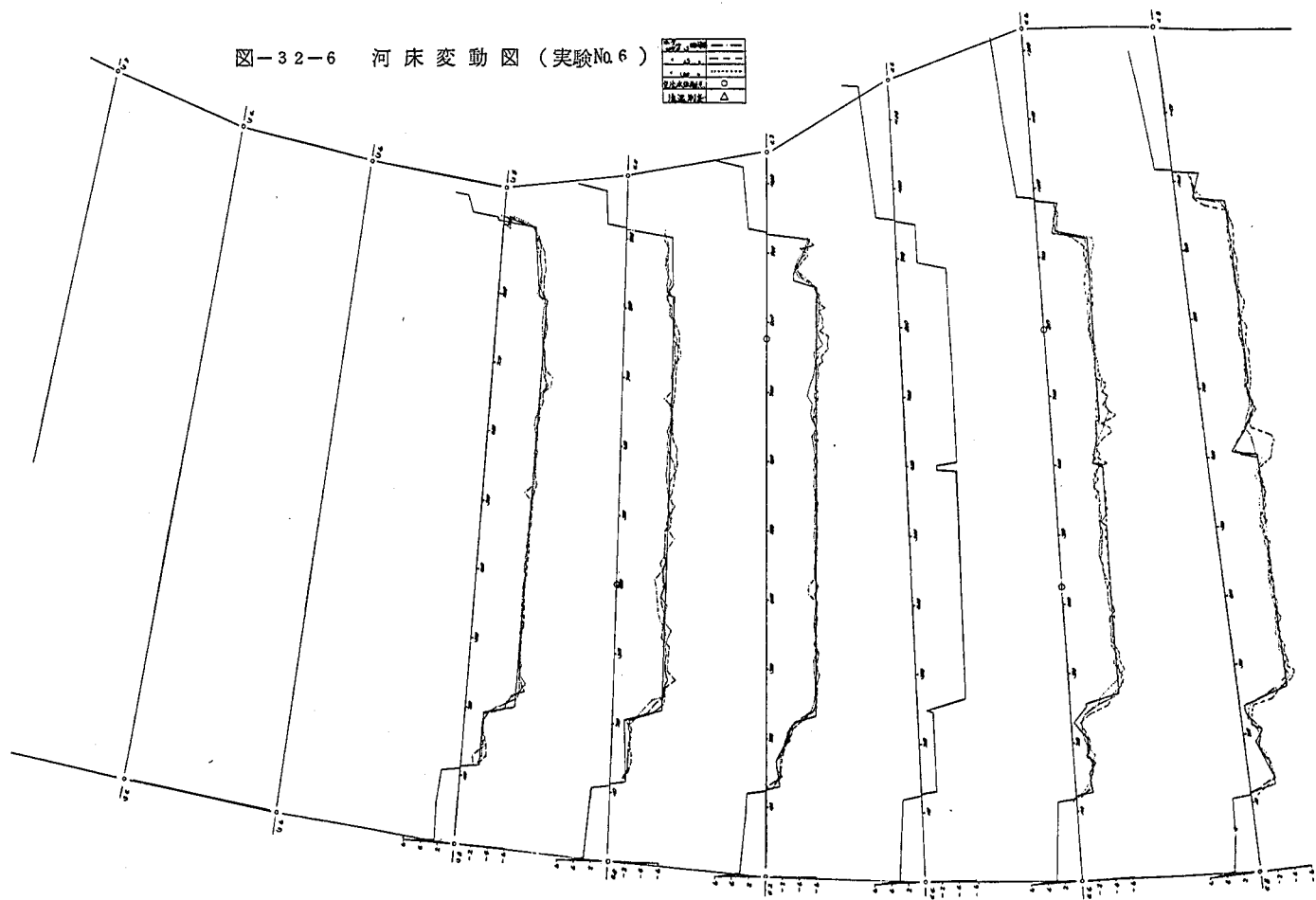


図-32-5 河床変動図（実験No.6）

河床変動線	○
河床変動線	△
河床変動線	□
河床変動線	×
河床変動線	●
河床変動線	▲

図-32-6 河床変動図（実験No.6）

河床変動線	—
観測点	○
断面位置	△



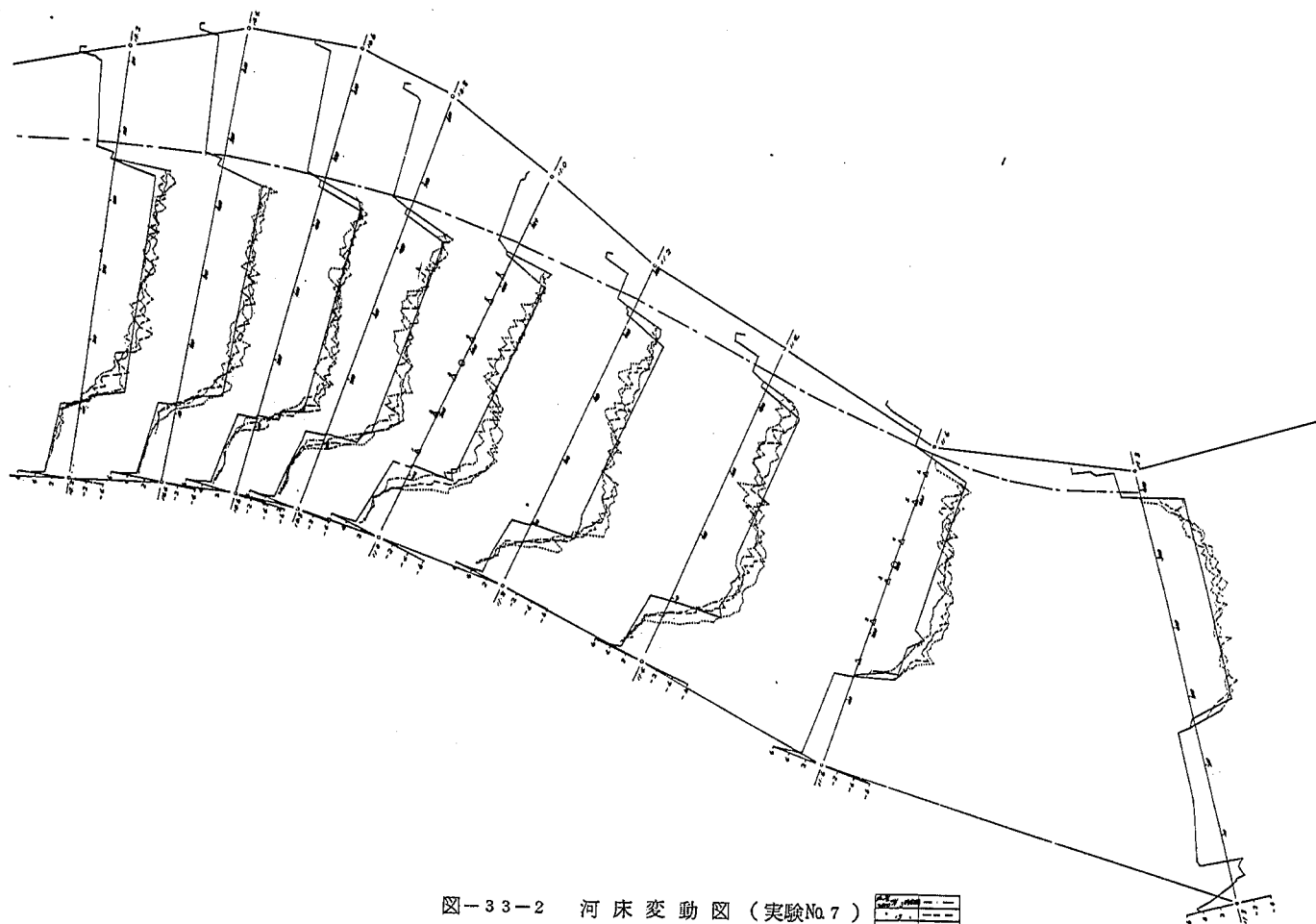


図-33-2 河床変動図 (実験No.7)

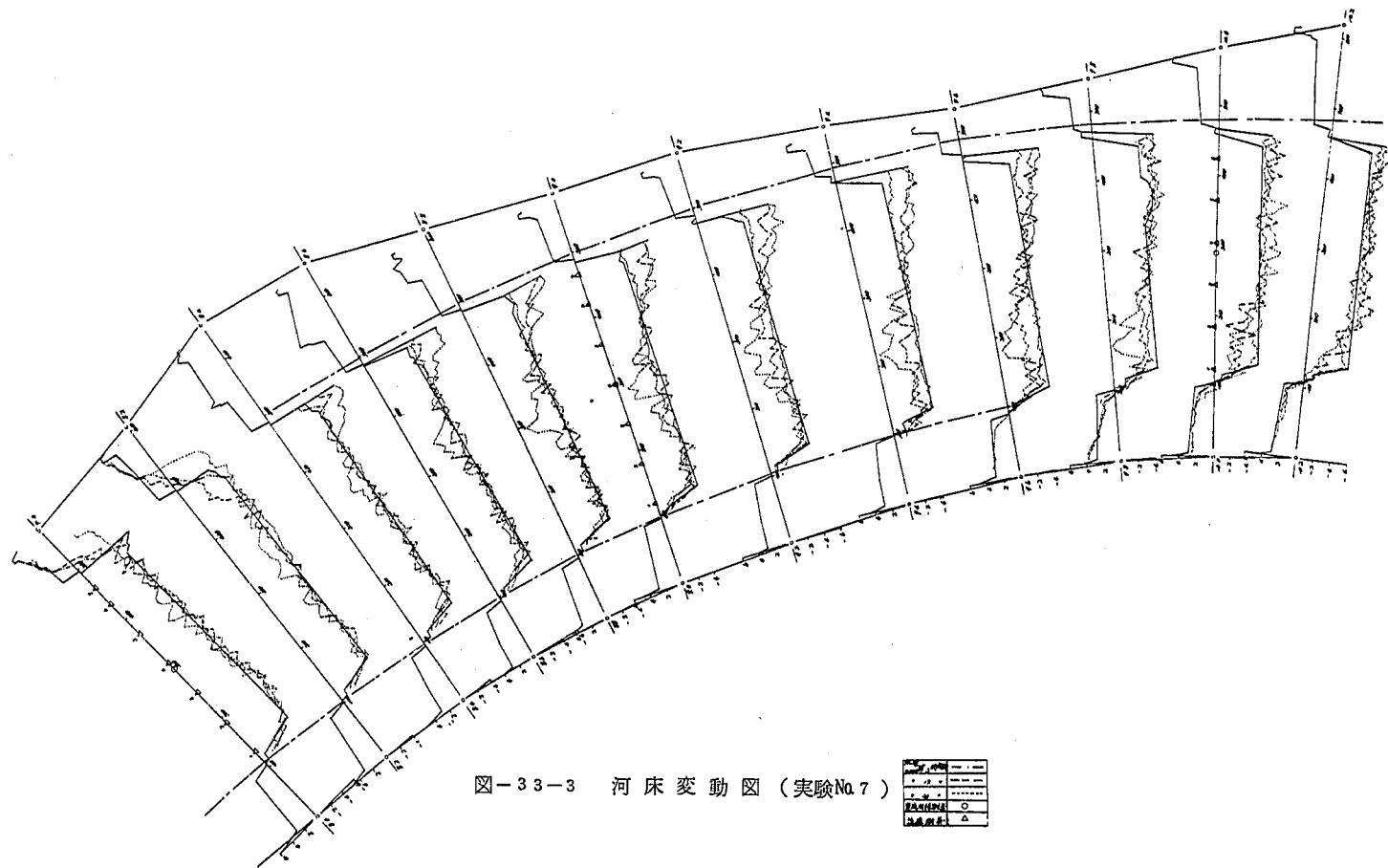
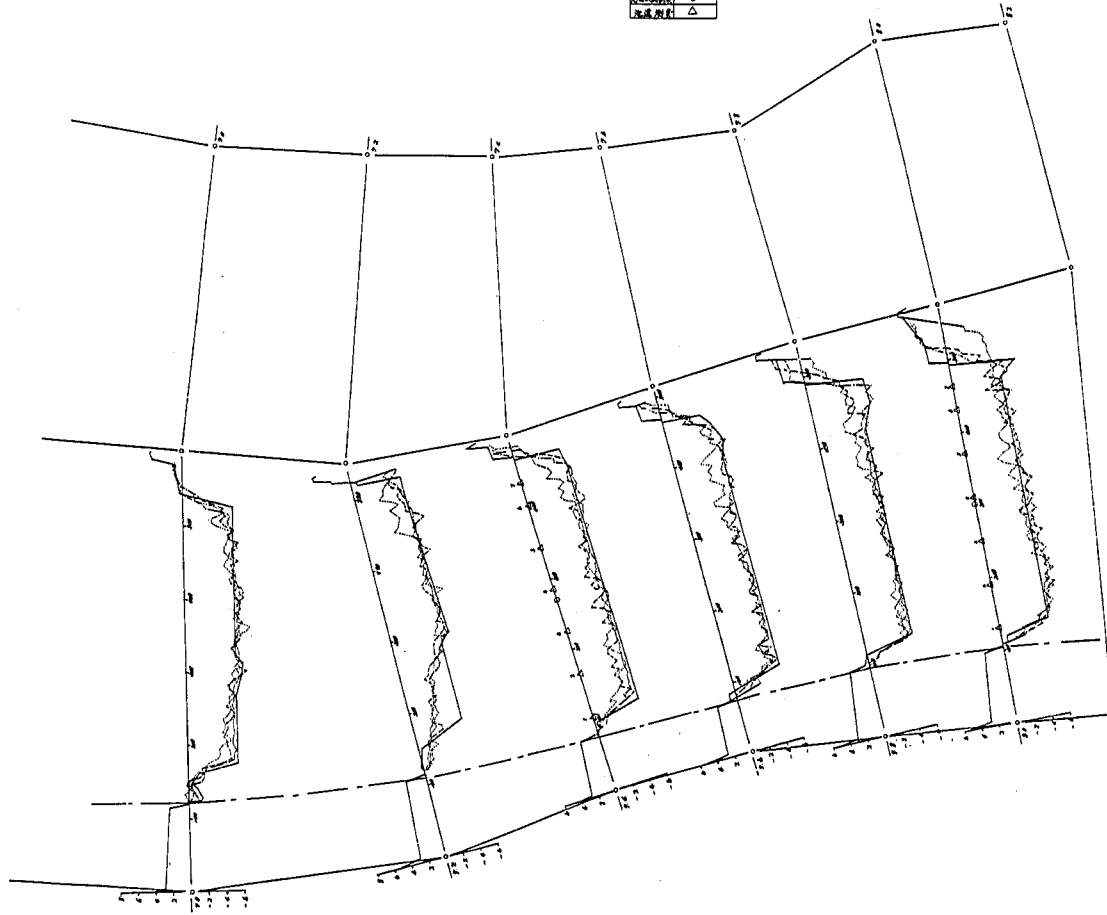


図-33-3 河床変動図 (実験No.7)

図-33-4 河床変動図（実験No.7）

河床変動	—
河床変動	---
河床変動	.....
河床変動	○
河床変動	△



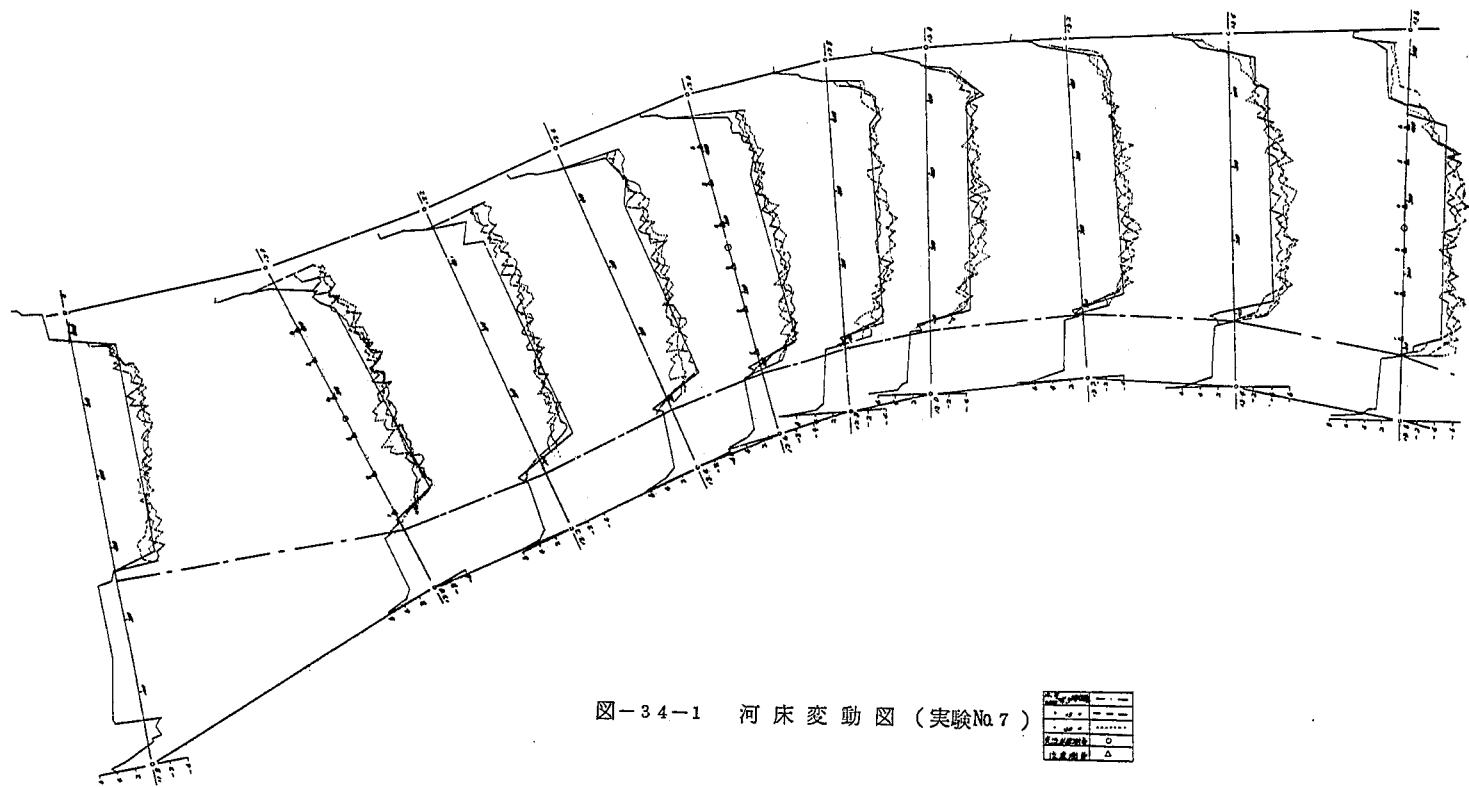


図-34-1 河床變動圖 (実験No. 7)

初期	—
最終	—
中間	—
観測点	○
注意箇所	△

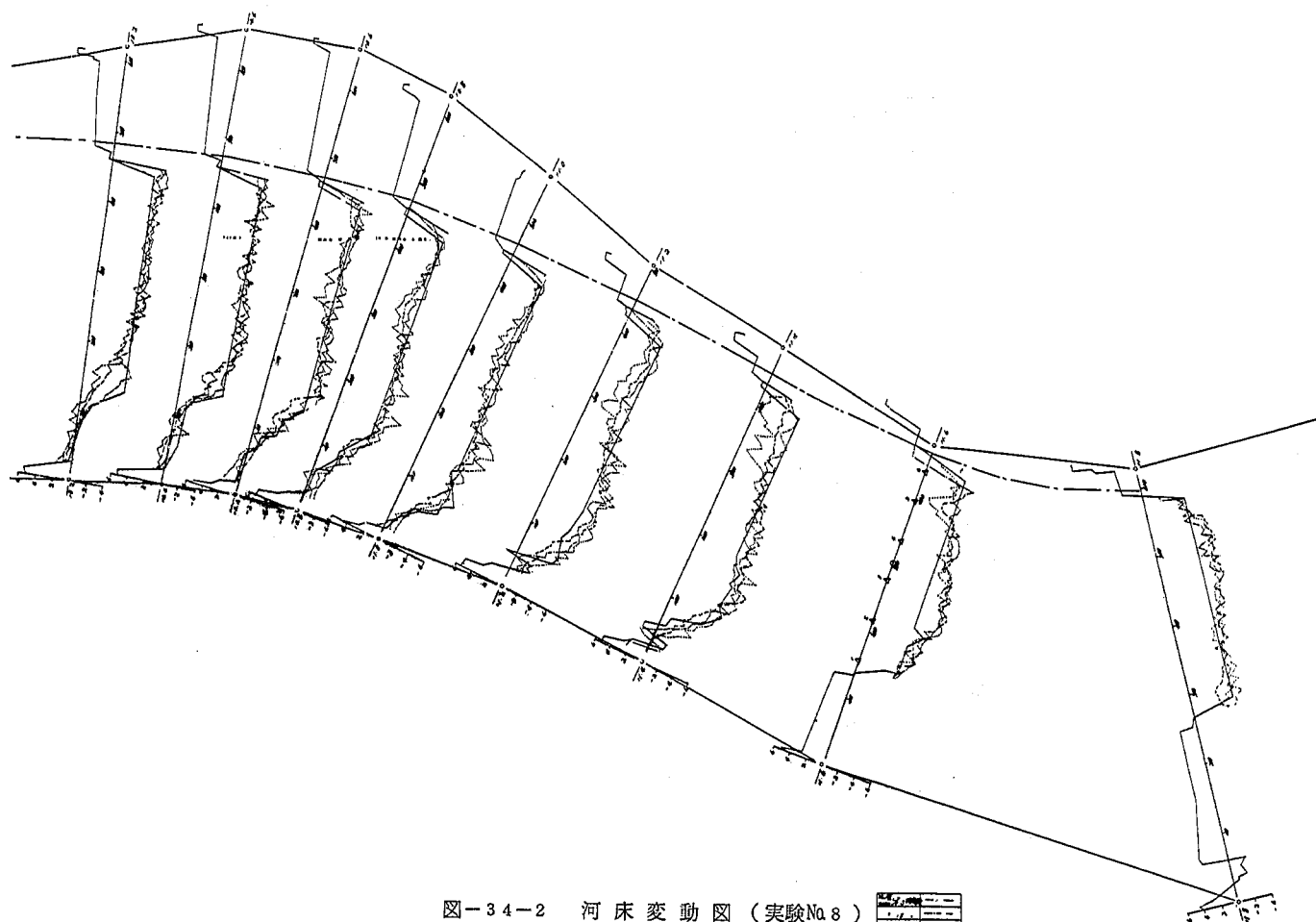


圖-34-2 河床變動圖 (實驗No. 8)

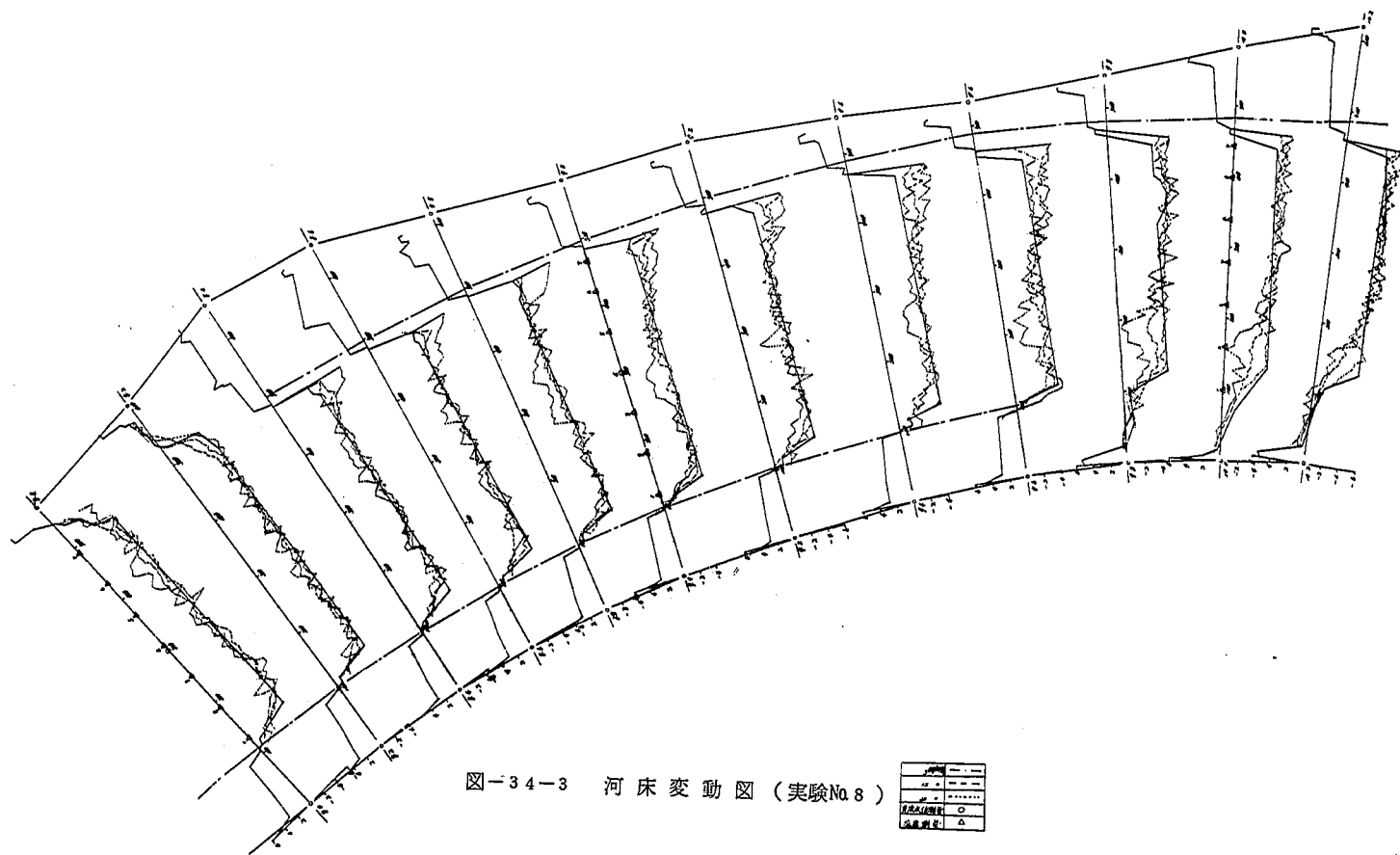


図-34-4 河床変動図 (実験No.8)

河床変動線	—
河床変動線	- - -
河床変動線	· · · · ·
河床変動線	○
河床変動線	△

