



土木研究所資料

第 631 号

久慈川河口水理模型実験報告書Ⅱ

昭和 46 年 3 月

建設省土木研究所

久慈川河口水理模型実験報告書Ⅰ

第六三一号

昭和四十六年三月

建設省土木研究所

富 永 正 照 赤羽支所河川部 海岸研究室長
 山 口 高 志 赤羽支所河川部 都市河川研究室長（前鹿島試験所長）
 須 賀 堯 三 鹿島試験所長
 鶴 木 和 夫 赤羽支所河川部 海岸研究室・技官
 高 橋 隆 鹿島試験所・技官

目 次

1. ま え が き	1
2. 現地資料の収集および解析	3
2.1 久慈川の自然条件について	3
2.1.1 概 説	3
2.1.2 河 川 水 理 量	3
1. 流 域 面 積	3
2. 流 量 頻 度	3
3. 計画高水流量	4
4. 計画高水位と堤防高	4
5. 河 口 潮 位	4
6. 河 床 材 料	5
7. 河道状況と粗度係数	5
2.2 久慈川河口における海象について	10
2.2.1 概 説	10
2.2.2 久慈浜の波に影響する気象条件について	10
2.2.3 台風資料による波の推算	13
2.2.4 久慈浜における波浪観測記録の解析	25
3. 河口処理上の問題点	42
4. 流れによる河口砂州のフラッシュ効果に関する模型実験	44
4.1 実験の方法	44
4.1.1 実験検討の順序	44
1. 二次元的な流砂実験	44

2. 側方侵食および全断面侵食を考慮した流砂実験	44
3. 河口砂州崩壊に関する河口部移動床模型実験	44
4. 河口処理工に関する移動床模型実験	44
4.1.2 模型実験の相似律の一般的考察	44
4.1.3 久慈川河口部移動床模型実験の相似律の検討	45
4.2 予備実験とその検討	50
4.2.1 流砂の二次元的実験	50
4.2.2 側方侵食についての基礎的検討	51
4.2.3 全断面侵食についての基礎的検討	56
4.3 河口砂州の崩壊に関する模型実験	62
4.3.1 細砂による模型実験	62
4.3.2 石炭粉による模型実験	63
4.3.3 河口砂州の崩壊に関する模型実験のまとめ	71
4.4 防波堤および右岸導堤案の検討	71
4.4.1 計画導流堤案(その1)	72
4.4.2 計画導流堤案(その2)	72
4.5 推奨案に対する検討	83
4.6 結 論	90
5. 導流堤による波の遮蔽効果に関する模型実験	93
5.1 うちあげ高に関する実験	93
5.1.1 固定床模型による実験の結果	93
5.1.2 現地実験によるうちあげ高の修正	93
5.2 低水路導流堤の効果と問題点	97
5.3 導流堤による砂州高の変化	98
5.3.1 自然海浜における砂州高	98
5.3.2 導流堤による波の遮蔽効果	99
5.3.3 河川流を同時に与えた場合の堤内海床の変化	109
5.4 導流堤内外の海床変化	111
5.4.1 概 要	111
5.4.2 導流堤内の堆積	111
5.4.3 導流堤先端部の海床変化	115
5.5 波の遮蔽効果に関する模型実験の結論	115
6. 結 論	120

目 次

2. 1. 1	計画高水流量波形	4
2. 1. 2	河床材料縦断変化図	6
2. 1. 3	各粒径別含有状況	7
2. 1. 4	最低河床高比較図	9
2. 2. 1	久慈浜の波浪に影響を与えると思われる台風および低気圧のコース	14
2. 2. 2 a~e	各コースを通った台風	15
2. 2. 3 a~e	各コース毎代表台風の経路	16
2. 2. 4	Fetch-line および Fetch-pitch 図	21
2. 2. 5	6 2 1 2 号台風による鹿島港の実測記録	25
2. 2. 6	推算値と実測値の相関	26
2. 2. 7 a~d	季別波高出現率（久慈浜～鹿島港）	28
2. 2. 8 a~b	月別波高出現率	28
2. 2. 9	季別波高出現率	28
2. 2. 10 a~d	季別周期出現率（久慈浜～鹿島）	29
2. 2. 11 a~b	月別周期出現率	29
2. 2. 1 2	季別周期出現率	29
2. 2. 13 a~b	月別波形勾配出現率	31
2. 2. 1 4	季別波形勾配出現率	31
2. 2. 15 a~e	波向出現率（季別および通年）	31
2. 2. 16 a~e	波向別波高，周期出現回数	32
2. 2. 1 7	隣接海岸との波高相関（鹿島～久慈浜）	34
2. 2. 1 8	隣接海岸との周期相関（鹿島～久慈浜）	34
2. 2. 19 a~d	隣接海岸との波高相関（久慈浜～小名浜・大洗・鹿島）	35
2. 2. 20 a~d	隣接海岸との周期相関（久慈浜～小名浜・大洗・鹿島）	37
2. 2. 2 1	鹿島港波向別波高出現率	41
2. 2. 2 2	鹿島港波浪超過発生確率	41
4. 1	二次元実験の単位巾流砂量と流速の関係	49
4. 2. 1	側方侵食実験用水路	52
4. 2. 2	砂州形状（側方侵食実験）	52
4. 3	流量曲線（側方侵食実験）	53
4. 4	河床変化（側方侵食実験）	53

4.5	砂州形状(全断面侵食実験).....	57
4.6	流量曲線(全断面侵食実験).....	58
4.7	河床変化(全断面侵食実験).....	58
4.8	単位巾流砂量と流速の関係(全断面侵食実験).....	59
4.9	河口部模型平面と縦断形状.....	64
4.10	実験流量波形.....	64
4.11	ケース4とケース6の水位比較.....	64
4.12	Ruby 台風時の潮位偏差を考慮した潮位波形.....	65
4.13	低水路導流堤設置平面図.....	65
4.14	計画導流堤第2案.....	75
4.15	計画導流堤第3案.....	75
4.16	水理計算結果(水位縦断).....	75
4.17	水理計算結果(河床変動).....	76
4.18	計画導流堤第4案.....	84
4.19	計画導流堤推奨案および消波ブロック設置.....	84
4.20	ケース33の模型平面図.....	88
5.1	第3回現地実験によるうちあげ高・潮位・砂州高.....	94
5.2	うちあげ高関係図.....	96
5.3	導流堤各案の配置.....	101
5.4	ケース19の汀線変化.....	102
5.5	海床縦断(ケース19とケース32の比較).....	103
5.6	第Ⅲ案の遮蔽効果(砂州高).....	105
5.7	第Ⅲ案の遮蔽効果(汀線形状).....	105
5.8	第Ⅲ案の遮蔽効果(波の減衰).....	106
5.9 a~b	風波の場合の堤内波高分布.....	106
5.10	中洪水 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ 通水後の等高線.....	110
5.11 a~c	河川流を与えた場合の堤内深浅図.....	110
5.12 a~c	河川流を与えた場合の汀線付近深浅詳細図.....	113
5.13 a~d	海床横断図(ケース29).....	113
5.14 a~d	海床横断図(ケース32).....	114
5.15	汀線付近の縦断図(ケース32とケース33の比較).....	114
5.16 a~b	二次元実験の結果(水深変化による砂州の消長).....	116
5.17 a~d	海床横断図(導流堤先端の海床変化).....	117
5.18 a~b	二次元実験の結果(砂堆前面の勾配変化による砂州の消長).....	118

表 目 次

2.2.1	台風の年別発生数と日本沿岸来襲数	11
2.2.2	(1940~1966) 27年間に発生した台風数と各コース毎来襲数	12
2.2.3	推算に使用した台風定数	22
2.2.4	各コース別代表台風による波の推算結果	22
2.2.5	屈折後の波浪	22
2.2.6	6212号台風においてFetch-lineの長さが1000Kmの時の 各Pitch毎の最大波高	23
2.2.7	久慈浜での観測値と実測値の比較	26
2.2.8	久慈浜と鹿島港の測得率	27
2.2.9	鹿島港での5m以上の波の再現期間	41
4.1	実験一覧表	60
5.1	うちあげ高と波高の関係(第3回現地観測)	95
5.2	砂州高とうちあげ高(第2回現地観測)	97
5.3	うちあげ高の計算結果	98
5.4	実験ケース一覧表(ケース19~ケース41)	100
5.5	導流堤各案の効果(砂州高)	104
5.6	波高減衰率の計算結果	107
5.7	波種別推定うちあげ高の計算結果	108
5.8	堤内外の砂移動	109

付 図 目 次

第2章関係

2.2.1 他海岸との波高・周期相関図(43年12月~44年11月)	123
------------------------------------	-----

第4章関係

4.1 実験 case 1,2 の時間-水位曲線	124
4.2 実験 case 3,4 の時間-水位曲線	125
4.3 実験 case 5 の時間-水位曲線	126
4.4 実験 case 7,8 の時間-水位曲線	126
4.5 実験 case 9 の時間-水位曲線	127
4.6 通水後の低水路導流堤附近の等高線	128
4.7 実験 case 10~18までの時間-水位曲線	129
4.8 第2案の通水後の河床変化	134
4.9 実験 case 21 の通水後の河床変化	135
4.10 実験 case 22 の通水後の河床変化	135
4.11 実験 case 22 の通水後の河床等高線	136
4.12 実験 case 23 の通水後の河床変化	137
4.13 実験 case 22 と 24 の河床変化比較	138
4.14 実験 case 25 の通水後の河床変化	141
4.15 実験 case 26 の通水後の河床変化	142
4.16 実験 case 27 の通水後の河床変化	145
4.17 実験 case 28 の通水後の河床変化	146
4.18 実験 case 29 の通水後の河床変化	147
4.19 実験 case 30 の通水後の河床変化	149
4.20 実験 case 31 の通水後の河床変化	151
4.21 実験 case 32 の通水後の河床変化	153
4.22 実験 case 32 の水位曲線	154
4.23 実験 case 33 通水後の河床変化	155
4.24 河口附近平面図	156

第5章関係

5.1 砂州等高線図	157
5.2 砂州縦断図	162
5.3 導流堤内波高	166
5.4 導流堤第4案による中洪水後海床等高線図	169
5.5 横断面図	169

付 表 目 次

第 2 章関係

2.2.1.1~4	鹿島港季別周期別波高出現回数	179
2.2.2.1~12	鹿島港月別周期別波高出現回数	181
2.2.3.1~12	久慈浜月別周期別波高出現回数	187
2.2.4.1~5	久慈浜季別周期別波高出現回数	193
2.2.5	久慈浜の波高 1.50 m 以上出現回数	195

第 4 章関係

4.1	実験 19 の水位数値表	196
4.2	実験 20 の水位数値表	198
4.3	実験 21 の流速数値表	200
4.4	実験 21 の水位数値表	201
4.5	実験 22 の水位数値表	202
4.6	実験 22 の流速数値表	203
4.7	実験 23 の水位数値表	204
4.8	実験 23 の流速数値表	205
4.9	実験 24 の水位数値表	206
4.10	実験 25 の水位数値表	207
4.11	実験 25 の流速数値表	208
4.12	実験 26 の流速数値表	209
4.13	実験 26 の水位数値表	209
4.14	実験 27 の流速数値表	210
4.15	実験 27 の水位数値表	210
4.16	実験 28 の水位数値表	211
4.17	実験 30 の水位数値表	212
4.18	実験 31 の水位数値表	213
4.19	実験 33 の水位数値表	214

第 5 章関係

5.1	実験波の諸元	215
-----	--------	-----

1. ま え が き

久慈川は、福島県東白川の八溝山を源とし、茨城県の東北部で太平洋に注ぐ、流域面積 1491 Km^2 、計画洪水流量 $4,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の一級河川である。

河口部の形状は、海岸線に対しほぼ直角に流れて来た川が、海岸近くになり急に左岸側に大きく彎曲し、ほぼ 1 Km 北側の日立港防波堤付近に開口している。彎曲した後は巾約 150 m 、高さ平均 $T.P. 3.0 \text{ m}$ の砂嘴により海とさえぎられている。

河口の南側、つまり右岸側には、日本原子力研究所等一連の原子力産業関係の施設が点在する東海村が、河口北側は日立市、日立港が位置する。

現在、河口部では、日立港の建設が進められており、これに伴って、河口を彎曲部で切り換え、彎曲部下流の現河道と右岸砂嘴を港湾施設として使用する計画が提案された。

一方、現在のように河口部で河道がほぼ直角に彎曲しているために、河川流の疎通が悪く、左岸側一帯を始めとして、洪水の度に大きな被害を生じていた。このため洪水時には、地元水防団の手により、彎曲部の砂嘴を一部切断し、洪水を直接海に放流することで、被害を少なくする方法がとられて来た。

以上のように、港湾計画の面からも、治水上の面からも、河口を切り換えることが要望されてきたので、この問題を取り上げ、具体的な検討を実施することになった。

現在、洪水時に砂州を切断し、人工的に切り替えた河口は、洪水後 $2 \sim 3$ 週間たつと、海からの漂砂によって元通りに閉塞し、再び河口は彎曲した状態に戻る。

したがって、今回の切り替え計画による新河口は、河川の流量が少なくなってくると、波により閉塞することが予想されるので、この閉塞を防止し、洪水を完全に流下させるように処理することが必要である。

この他、将来計画洪水流量を $4,000 \text{ m}^3/\text{s}$ から $6,000 \text{ m}^3/\text{s}$ に改定することを考慮して、河口開口巾を 360 m にすること、また上流 7 Km の櫛橋付近の堤防を、 $T.P. 4.09 \text{ m}$ に抑えること等が洪水処理上の基本的な条件とされた。

以上の条件を満たすため、導流堤が計画されたが、左岸導流堤は港湾防波堤として使用することになるので、あまり港湾機能を損うような法線は実際上とりにくく、したがって、かなり制約を受けることになる。

全国的にみて、河口導流堤の例は多いが、久慈川のような規模の河川で河口をつけ替え、波の荒い太平洋に直接開口させる例は初めてなので、とくに慎重に検討することが必要である。

導流堤の配置について、種々の形式が考えられるので、この場合はつぎのような順序で検討を行なった。

1) 左岸導流堤(防波堤)のみ設置し、左岸側に一部低水路を開削しておき、洪水時には側方

侵食により洪水流下をはかる。この場合、どのような開口幅で上流水位の上昇が与えられた条件以下になるか検討する。また、砂州を全面溢流させた場合についても調べる。

2) 低水路導流堤方式により、低水路の確保と側方侵食による砂州のフラッシュが可能か否かを調べる。

3) 左岸防波堤と右岸導流堤により大きく河口部を囲う方式について検討する。この場合、導流堤の平面的な形状、波の遮蔽効果、洪水の疎通、導流堤内の砂の堆積などが問題になる。

土木研究所では、関東地方建設局、常陸工事事務所の依頼により、昭和42年度より上述のような方針で調査・試験を実施し、44年度で一応の結論を得た。

この調査では、砂州のフラッシュ、導流堤内の河床変化など河川流に関する問題は鹿島試験所が担当し、導流堤の波の遮へい効果、波による砂洲の発生など波に関する問題は海岸研究室が担当した。

なお、導流堤の遮へい効果に関する調査・試験結果の一部は先に報告したので、ここでは、結論のみをのべるのに止めた。

2. 現地資料の収集および解析

2.1 久慈川の自然条件について

2.1.1 概 説

八溝、阿武隈両山系の間を流下して平野部に至り、山田川、里川を始め多くの支川が合流して太平洋に注いでいるが、汀線近くに至って河道前面に高さ T.P. 3.5 m 程度の砂州（平均粒径 0.65 mm の砂による）が発生しており、これに防たげられて、その流れは直角に左に曲がり、砂州ぞいに約 2 Km 北上してから海に流出している。これに加えて現在の河口では、平常時の流量もあまり多くないことから、この附近への堆砂が多く、その河積が非常に小さい。このような状態からして、現河口部における疎通能力は著しく低下しており、洪水時には河口附近の低地に冠水被害が起こるため、洪水時には現状河道 2 Km 地点の砂州を一部開削して、洪水流を直接海に流下させて被害の軽減を計っている状態である。

一方、日立港は従来の茨城県北部の「地方港」から、昭和 42 年 6 月に「重要港湾」に指定され、埠頭、木材港などの工事が着々と進み、昭和 43 年度から 5 ケ年計画で防波堤工事の主要部が完成する予定である。この防波堤計画によると、久慈大橋附近の左岸堤防法線を、海側に延長する形で防波堤が作られ、これにより、現在の水路を完全に遮断することになる。従って河道はショートカットされ、まっすぐに海へ流出する状態となる。

2.1.2 河川水量

1. 流域面積

久慈川の流路延長は、幹川 120 Km、支川 360 Km で、その流域は茨城、福島、栃木の三県にまたがり、1491 Km² の流域面積をもつ。このうち 80 % が山地であり残り 20 % が平野部である。このように流域面積の大半が山地であるため、河川の下流部にまで山岳地や丘陵地が続き、したがって河川勾配も相当に急な区間が多い。

2. 流量頻度

本川の 6.5 Km（櫛橋）における長期間の観測結果がなく、得られた資料としては主な洪水資料（これについても欠測が多い）と、このほか昭和 40 年から昭和 42 年にかけての 3 ケ年間の時刻流量旬表程度である。

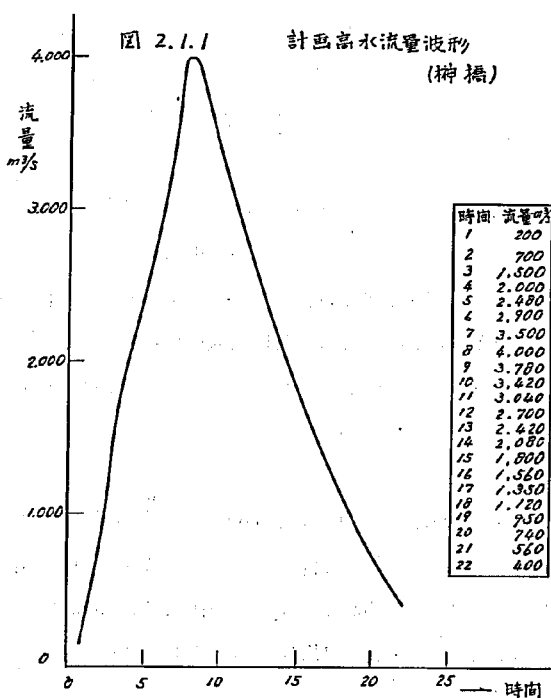
この観測資料によると、過去 30 年近いあいだに、現在の計画高水流量の 4000 m³/s に近いものとしては、昭和 22 年 9 月の洪水が約 3900 m³/s を記録しているだけで、このほかの洪水では 3000 m³/s から 2000 m³/s 程度のものであり、これについても発生頻度は多くない。

3. 計画高水流量

計画高水流量の決定には、実測の結果および既往の最高水位により換算するとともに、流域面積、地勢、雨量などを考慮して、幹川で $3400\text{ m}^3/\text{s}$ 、これに各支川を加えて $4000\text{ m}^3/\text{s}$ となっている。各支川の合流点およびその流量配分は、18.5 Kmで玉川 $70\text{ m}^3/\text{s}$ 、17.0 Kmで浅川 $90\text{ m}^3/\text{s}$ 、12.0 Km地点で山田川の $190\text{ m}^3/\text{s}$ 、8.0 Km地点で里川の $250\text{ m}^3/\text{s}$ のそれぞれが合流して $4000\text{ m}^3/\text{s}$ となっている。

一方、この流量波形については、完全な洪水測定資料がないため、Rzihaの式で洪水到達時間を計算し、追減部は到達時間の2倍としてHydro graphを作成してある

(図2.1.1)。



4. 計画高水位と堤防高

本川の3.0 Kmから17.0 Kmまでの区間は、現在の河床高に比べて兩岸の地盤が割合高く、その堤防高においても計画高水位に対して相当の余裕を残している。とくに左岸堤防については、築堤も広い区間にわたって完成している。一方、右岸堤防については、河道近くまで台地が接近しており、場所

によってはその必要のない区間もある。このような状況から、現在は築堤計画のみの区間、および暫定の区間も2~3みられる。

17.0 Km 附近より上流30.0 Km までの区間は、左右岸ともほぼ同一の地盤高であるが、計画高水位に対する余裕のないことから、築堤工事も着々進んでいる模様である。

5. 河口潮位

久慈川河口において、現在用いられている計画潮位はT.P. +2.10 m となっている。しかし、この決定された根拠についての資料は明らかでなく、おそらく「漁港としての観点から決められたものであろう」といわれている。そこで常陸工事々務所では、久

慈川河口における計画潮位および潮位波形の検討を行なうため資料の収集につとめたが、日立港における潮位記録としては近年の5ケ年分程度あるのみで、これを計画潮位の検討資料とするにはあまりに乏しいことから、日立港の潮位記録と千葉県銚子港の潮位記録との相関々係を調べ、利根川河口潮位の検討方法を参考にして、久慈川河口潮位の検討を行なった。この結果によると、気圧降下量および潮位記録の相関度はかなり良く、これに小名浜の資料等も一部参考にして、計画潮位はT.P. + 1.40 m から 1.65 m のあたりであろうと報告されている。

6. 河床材料

昭和42年9月から同年10月にかけて、久慈川本川(0.0 Km ~ 3.0 Kmの区間)とその支川の山田川(0.0 Km ~ 1.2 Km区間)、里川(0.0 Km ~ 8.0 Km区間)の河床材料調査の結果をみると、本川では、0.0 Kmから1.5 Kmまでの区間は均一粒径の傾向を示し、1.5 Km以上3.0 Kmに至る河床材料は、混合粒径の傾向を示しており、しかも1.0 mm以下のものが相当に含まれていることがわかる。また、支川の山田川、里川においても、場所によっては均一粒径の所もあるが、全体的にみた場合、やはり混合粒径の傾向が強いようである(図2.1.2)。

7. 河道状況と粗度係数

山岳部およびこれに伴う丘陵地が割合に下流にまで続くので、河川勾配も急であり、本川の河口附近から2.0 Km附近までの勾配が約 $1/1400 \sim 1/1200$ 程度で、これより上流の3.0 Km附近では $1/500$ となっている。支川においても山田川の一部(0.0 Km ~ 2.0 Km)で本川のその附近よりもややゆるい勾配であるのみで、8.0 Kmに至って $1/350 \sim 1/400$ と、かなりきつい勾配を示している。

このように、丘陵地帯の間を流れるため、河道の蛇行状況も非常に複雑で、特に彎曲のはげしい場所、また、この地点における合流などには、前者には捷水路の施工、後者には背割堤の施工等を行なって、洪水の疎通および合流形態の修正を計っている。また、彎曲部の内側には相当に広範囲の砂礫の堆積があり、これによって低水路の蛇行もはげしいようである。

河床の横断形状については、複断面の傾向が強く、これも最近大きな洪水のないことから、定着しているものと判断される。

一方、河床変動について、昭和37年から同42年にかけて行なわれた最低河床の測量結果によると、本川では1.5 Kmより3.0 Kmの区間は低下の傾向にあり、1.5 Kmより下流部ではあまり顕著な変化はみられない。支川においても、この5年間では特に変化していないようである(図-2.1.3)。

次に粗度係数であるが、現在のところ実測値による粗度係数の検討はなされておらず、

图 2.1.2.a 河床材料断面变化图(本川)

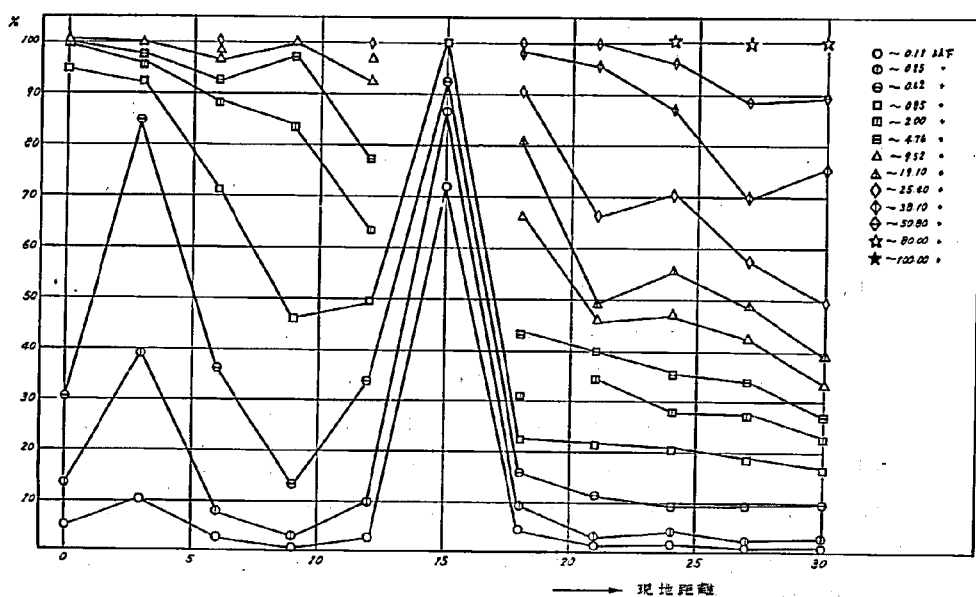


图 2.1.2.b 河床材料断面变化图(里川)

8 Km 混合流

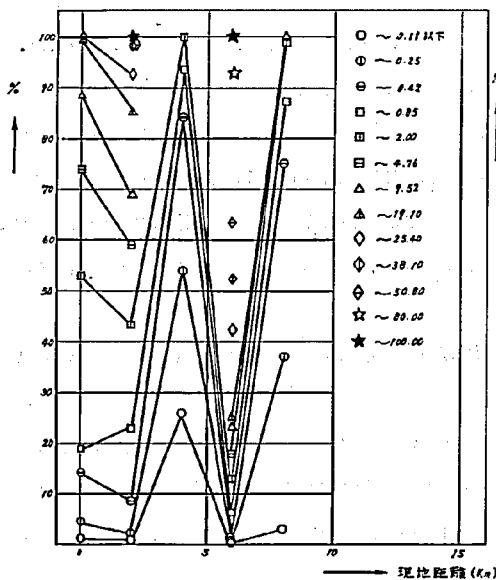


图 2.1.2.c 河床材料断面变化图(山田川)

12 Km 混合流

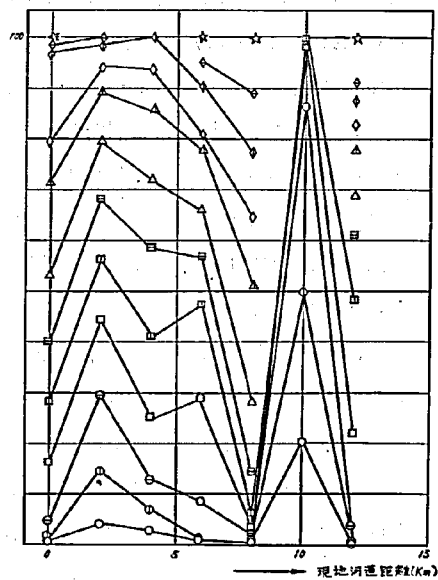


图 2.1.3 a 各粒径别含有状况

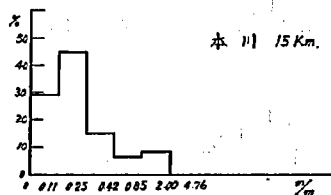
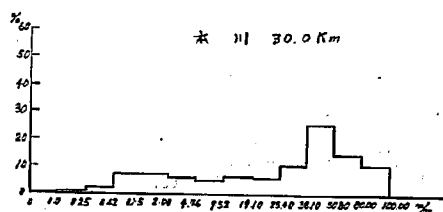
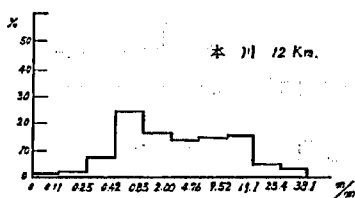
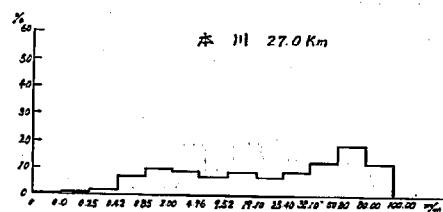
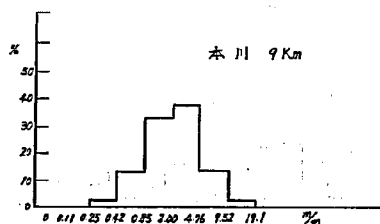
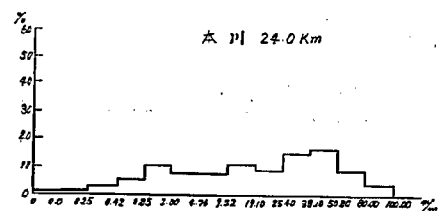
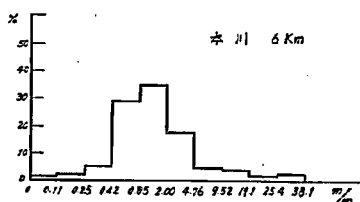
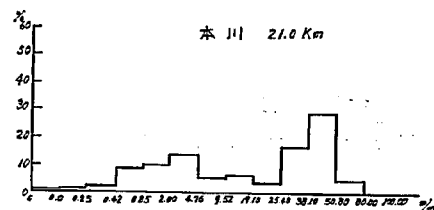
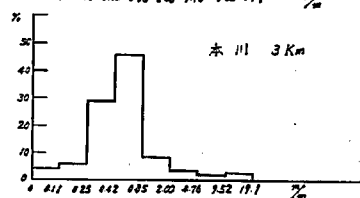
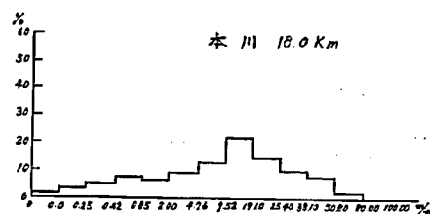
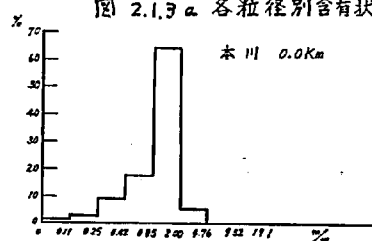


图 2.1.3 b 各粒圣别含有状况(里川)

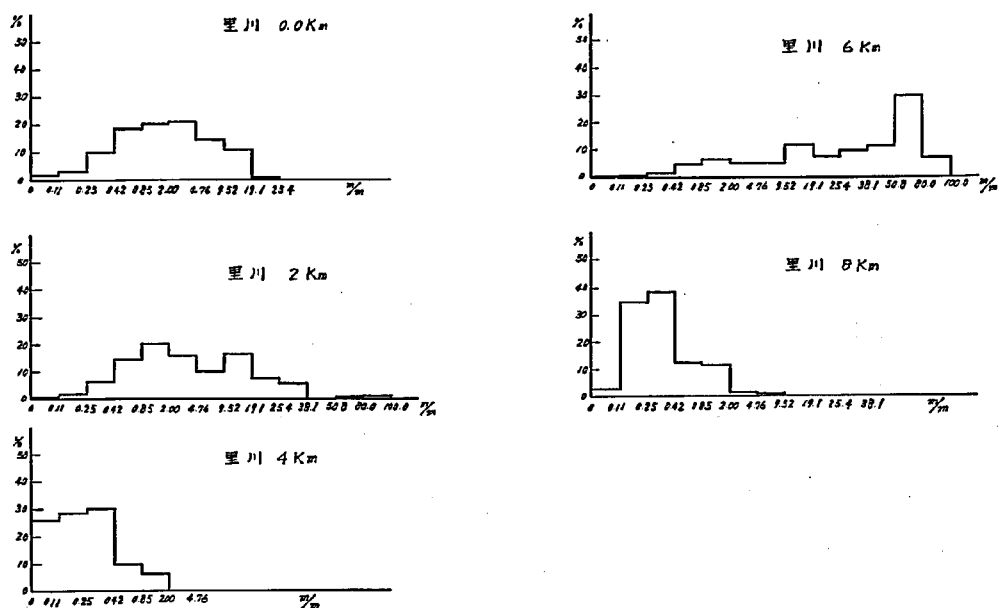
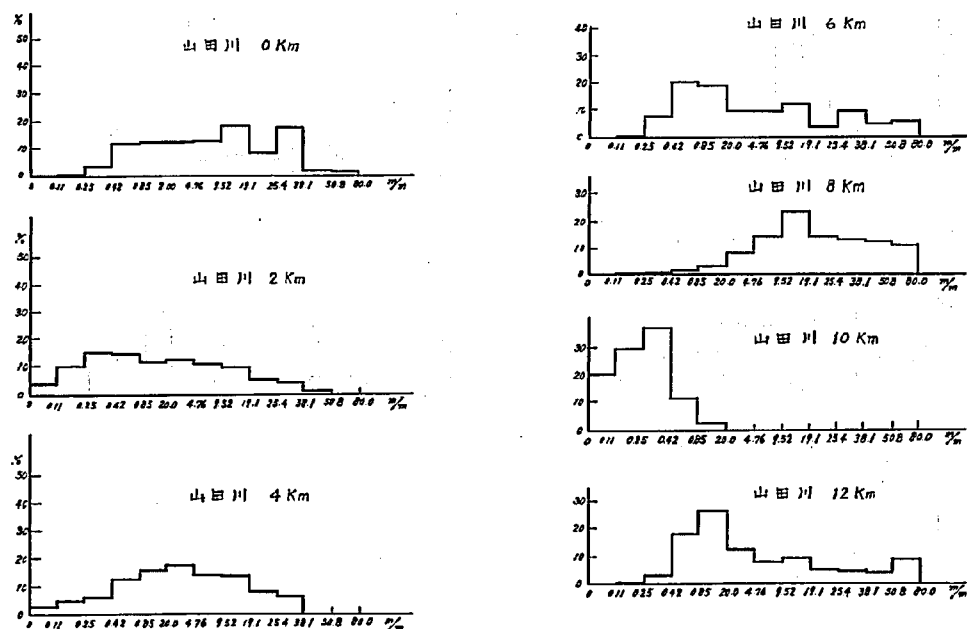
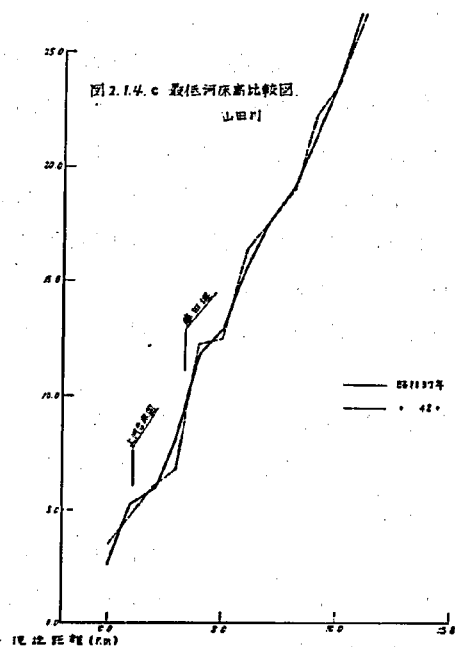
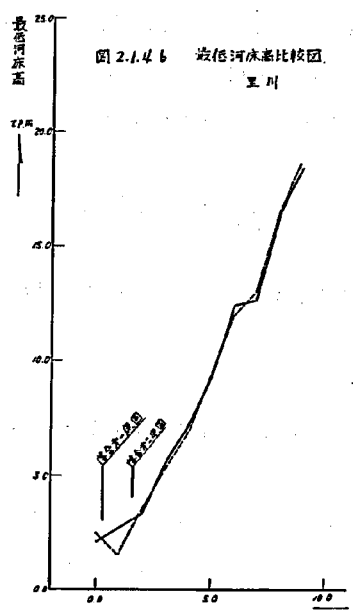
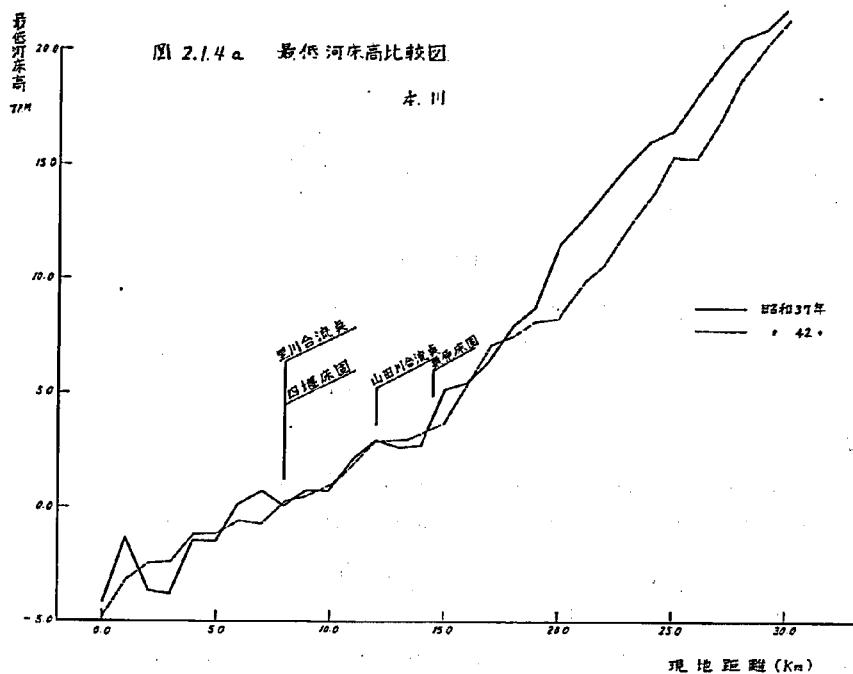


图 2.1.3 c 各粒圣别含有状况(山田川)





総体計画の $n = 0.025$ を一般的に用いている。

2.2 河口における海象について

2.2.1 概 説

実験条件については、土研資料第440号において、一応検討した。その結果をまとめると次のようになる。

- 1) 海底地形は、冬季には Bar が発生する Bar 型海浜となり、夏季には Bar の発生しない Step 型海浜となる。これは冬季に H_0/L_0 の大きな波が発生し、夏季に H_0/L_0 の小さな波が発生することを物語っている。
- 2) 海底々質は中央粒径が、水深 5 m 以深のところでは 0.18 m/m 、4 m 以浅のところでは 0.42 m/m となって、一般的に小さい。

海底々質と久慈川河床材料とは、比重・重鉱物組成がほぼ一致しており、河口沖の海底材料の供給源は久慈川のみと考えてよい。また久慈浜の底質粒度組成および重鉱物組成と他海岸のそれとが異なっていることから、久慈川河口部付近では沿岸方向の漂砂があまり顕著でないことが推定される。

- 3) 気象については、鹿島工業港と原研構内の2個所で観測したものについて比較してみたが、年間を通じて両海岸共に N~ENE 方向の風が卓越しており、両海岸における風向および風速はかなり相関がよいようである。
- 4) 気象条件について、鹿島港と久慈浜との相関がかなりよいことから、海象についても両海岸の相関はかなりよいと考えられるので鹿島港の波高・周期の資料をもとに実験条件の検討を行なった。その結果、波向きについては、NE および ENE 方向が非常に卓越しており、この海岸の卓越風向とはほぼ一致している。

波高 2.5 m 以上の波の出現率は年間を通じて 10~20% で、冬季に多く出現する。卓越周期は 7~12 秒である。

以上の波浪条件については、これだけでは不十分なので、44年度も引き続き検討を行なった。

2.2.2 久慈浜の波に影響する急象条件について

久慈浜は、北緯 $36^{\circ}29'$ 、東経 $140^{\circ}37'$ のところに位置し、海岸の法線は NNE ~SSW の方向である。

井島博士の海岸港湾測量¹⁾によれば、太平洋岸の三陸沖から鹿島灘に至る海岸の波は、夏から秋にかけては、台風波浪が多く、冬季には低気圧によるものが多い。この場合、冬季低気圧による波は、台風のそれに匹敵する場合もある。

夏から秋にかけて日本沿岸には、多くの台風が来襲して、方々で大きな被害を与えてい

る。表-2.2.1は気象庁でまとめた資料であるが、これによると1891年から1966年までの76年間、我が国で観測された台風の数および全発生数は、1329個である。こ

表-2.2.1 台風の年別発生数及び日本沿岸来襲数

年	発生数	日本沿岸 接近数	年	発生数	日本沿岸 接近数	年	発生数	日本沿岸 接近数
明治 24 1891	3		大正 6 1917	13		昭和 18 1943	35	10
25 1892	3		7 1918	16		19 1944	25	8
26 1893	2		8 1919	15		20 1945	21	10
27 1894	4		9 1920	16		21 1946	25	10
28 1895	6		10 1921	19		22 1947	22	4
29 1896	3		11 1922	21		23 1948	36	15
30 1897	4		12 1923	19		24 1949	24	9
31 1898	3		13 1924	15		25 1950	44	12
32 1899	9		14 1925	15		26 1951	21	7
33 1900	4		15 1926	13		27 1952	27	10
34 1901	3		昭和 2 1927	14		28 1953	23	7
35 1902	7		3 1928	14		29 1954	21	9
36 1903	7		4 1929	12		30 1955	28	12
37 1904	7		5 1930	16		31 1956	23	6
38 1905	5		6 1931	12		32 1957	22	9
39 1906	6		7 1932	12		33 1958	31	9
40 1907	12		8 1933	16		34 1959	23	12
41 1908	9		9 1934	17		35 1960	27	13
42 1909	8		10 1935	15		36 1961	29	11
43 1910	12		11 1936	9		37 1962	30	12
44 1911	12		12 1937	9		38 1963	24	10
45 1912	21		13 1938	11		39 1964	34	7
大正 2 1913	19		14 1939	11		40 1965	32	13
3 1914	20		15 1940	49	9	41 1966	35	9
4 1915	21		16 1941	30	11	合計76年	1329	
5 1916	18		17 1942	30	16	27年	771	260

のうち1939年までの49年間については観測体制の不備で、その年度内に発生した全台風の資料がなく、日本付近に来襲したもののみの数しか記録されていない。また1940年から1949年までの6年間については、大戦中のため、気象管制が行なわれ、洋上で船舶の気象資料が少なく詳細な記録がない場合が多い。しかし発生台風の個数については比較的信用出来ると云うことである。1949年頃からは、米軍の気象観測機による台風資料が多くなり、したがって台風の記録も信頼出来る値になっている。

台風の経路については、1940年以降はほぼ完全な形で記録が揃っている。

表-2.2.2は1940年から1966年までの27年間に、南方洋上で発生した台風の総数と、日本沿岸に来襲した台風の数、および久慈浜の波に影響を与えると考えられる台風の数とその発生率とを示したものである。

表-2.2.2 昭和15年(1940)~昭和41年(1966)の27年間に発生した台風数と各コース毎来襲数及比率

	発 生 数	Aに対する割合	Bに対する割合	年平均発生数
総 発 生 数 A	771個	——	——	28.55個
日本沿岸来襲数B	260個	33.7%	——	9.62個
コ ス 1	11個	1.4%	4.2%	0.41個
2	8個	1.0%	3.1%	0.30個
3	6個	0.8%	2.3%	0.22個
4	11個	1.4%	4.2%	0.41個
5	14個	1.8%	5.4%	0.55個
コース1~5 合計	50個	6.5%	19.2%	1.85個

27年間に発生した台風の総数は771個で、1年当りの平均個数は28.55個である。このうち、日本沿岸に来襲した台風の数260個で、総発生数の33.7%である。この事からその年度に南方洋上に発生する台風のうち1/3程度の台風が日本沿岸に来襲すると考えてよいであろう。

これらの台風のうち、久慈浜に直接又は間接に影響をもつ台風はおおよそ次の5つのコースをとると考えられる。

- 1) コース1：伊豆半島以西に上陸し、本州の中部を縦断して東北および関東地方北部で太平洋に抜ける。
久慈浜では台風の右半分が通過する。
- 2) コース2：本州の南岸に上陸し、東北および東北東に進み、関東地方を横切って小名

浜～銚子の鹿島灘に抜ける。久慈浜付近を中心が通過する。

3) コース3：本州南岸沿いに東北東に進み、伊豆半島および房総半島に上陸し、これらの半島を横切って銚子以南で太平洋に抜ける。

4) コース4：コース3と同じコースを通るが、実際は本土に上陸しないで房総沖から太平洋に抜ける。

5) コース5：小笠原付近からまっすぐ北上し、鹿島灘沖、三陸沖を北上する。

以上の5コースについては図-2.2.1に示したが、各コース毎の全台風を記入したのが、図-2.2.2 a～eである。また先程の表-2.2.2で各コース毎の発生個数について示した。

コース1からコース5までの合計個数は50個で、これはこの期間の全発生数の6.5%になる。また日本沿岸に来襲する台風数に対する割合は、19.2%になる。

年平均発生個数は、5コースを合計しても1.85個であり、最も多いコース5でも0.5個程度である。

一方冬季低気圧については、図-2.2.1に示したようなコースを通るものがこの海岸に影響を与えることになる。①のコースは秋から冬にかけてと、冬の終りに多く、②のコースは冬の終わりから春の初めに多い。特に②のコースを通るものは台風のコース4に相当するもので、別名「台湾坊主」と呼ばれている。このコースを通る低気圧は、台風なみの勢力をもつ場合がある。

台風について言えば、この海域では減衰期に入っているので、台風中心が近付いた短時間だけの影響しかないと考えられる。ただ台風が近づく前にうねりが到達する場合があります。コース4および5がこれに相当する。

2.2.3 台風資料による波の推算

図-2.2.1に示した5つのコースについてコース毎の波浪の推算を行なってみた。それぞれのコースを通る台風は図-2.2.2 a～eに示した通りであるが、この中から比較的規模が大きく、かつ台風資料が詳細に残っている次の5つの台風をモデル台風として選び計算した。

コース1, 1958年11号 (5811)

✧ 2, 1958✧22✧ (5822)

✧ 3, 1954✧14✧ (5414)

✧ 4, 1966✧ 4✧ (6604)

✧ 5, 1962✧12✧ (6612)

図-2.2.3 a～eは、上記5つの代表台風のコースを図示したものである。

計算の手法は風域の移動を考えて、wilsonの方法とした。この計算手法はFetch-lineを分割して計算地点(波の出発点)を決め、それぞれの計算地点から出発した波が、

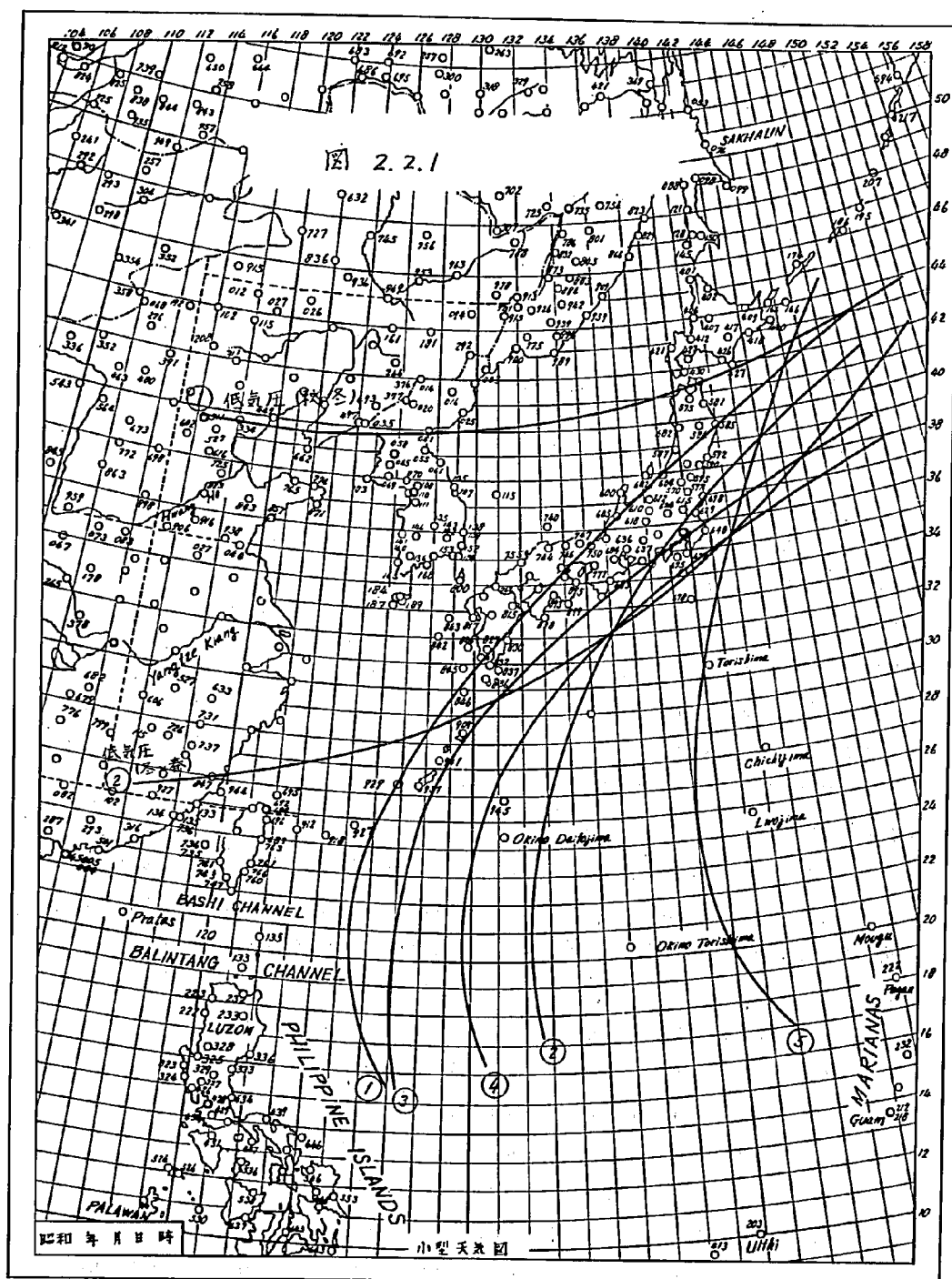


図 2.2.2 a 1-ス1を通った台風
1940-1966

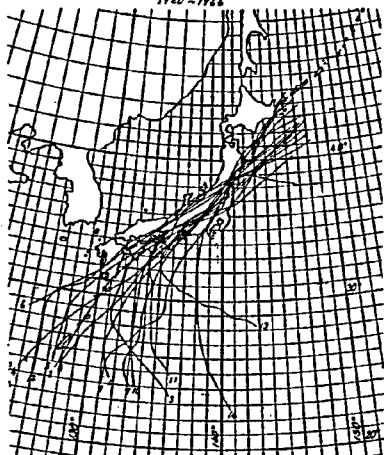


図 2.2.2 b 1-ス2を通った台風
1940-1966

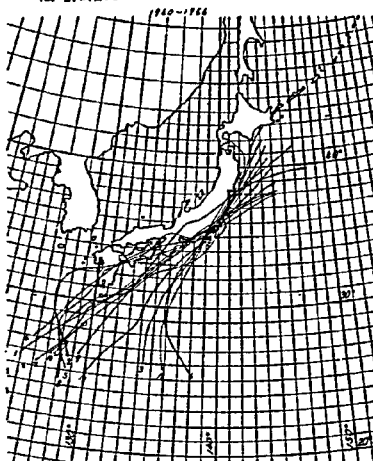


図 2.2.2 c 1-ス3を通った台風
1940-1966

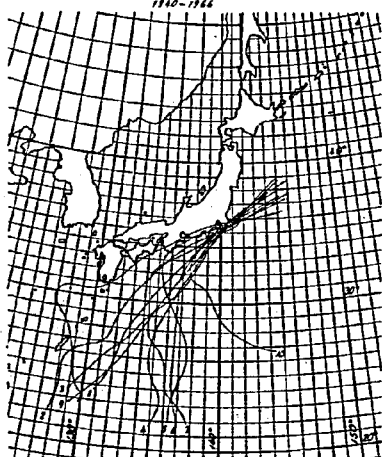


図 2.2.2 d 1-ス4を通った台風
1940-1966

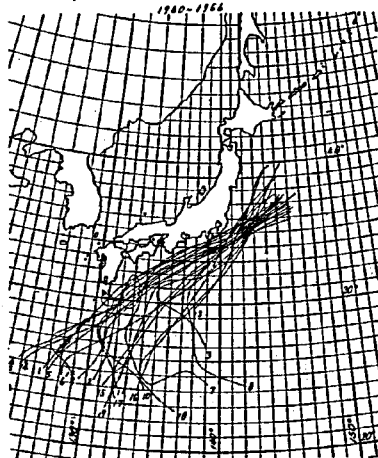
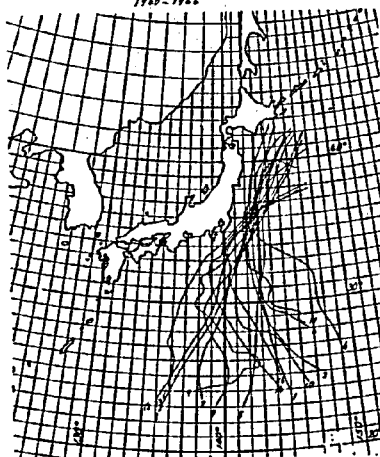
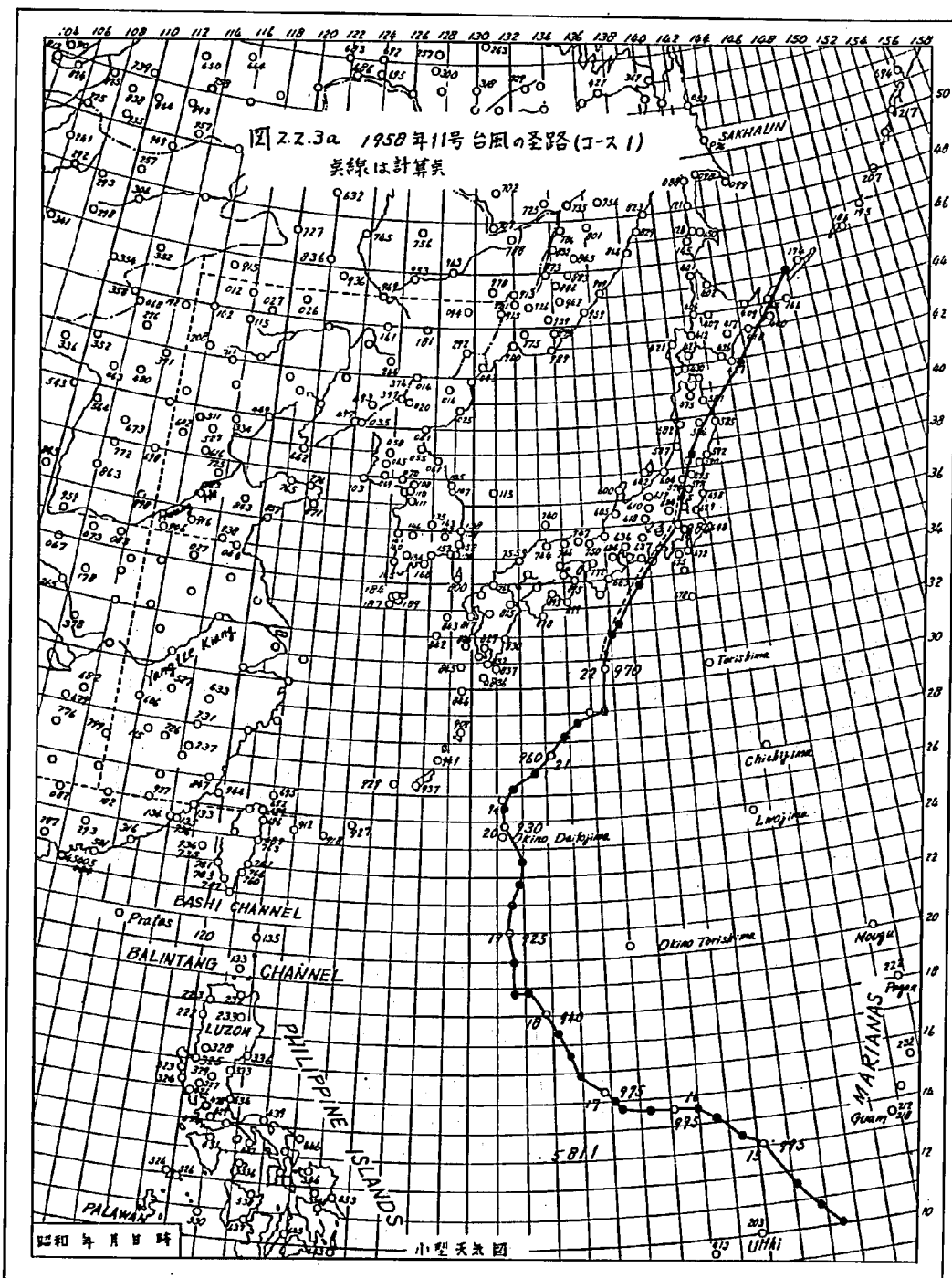
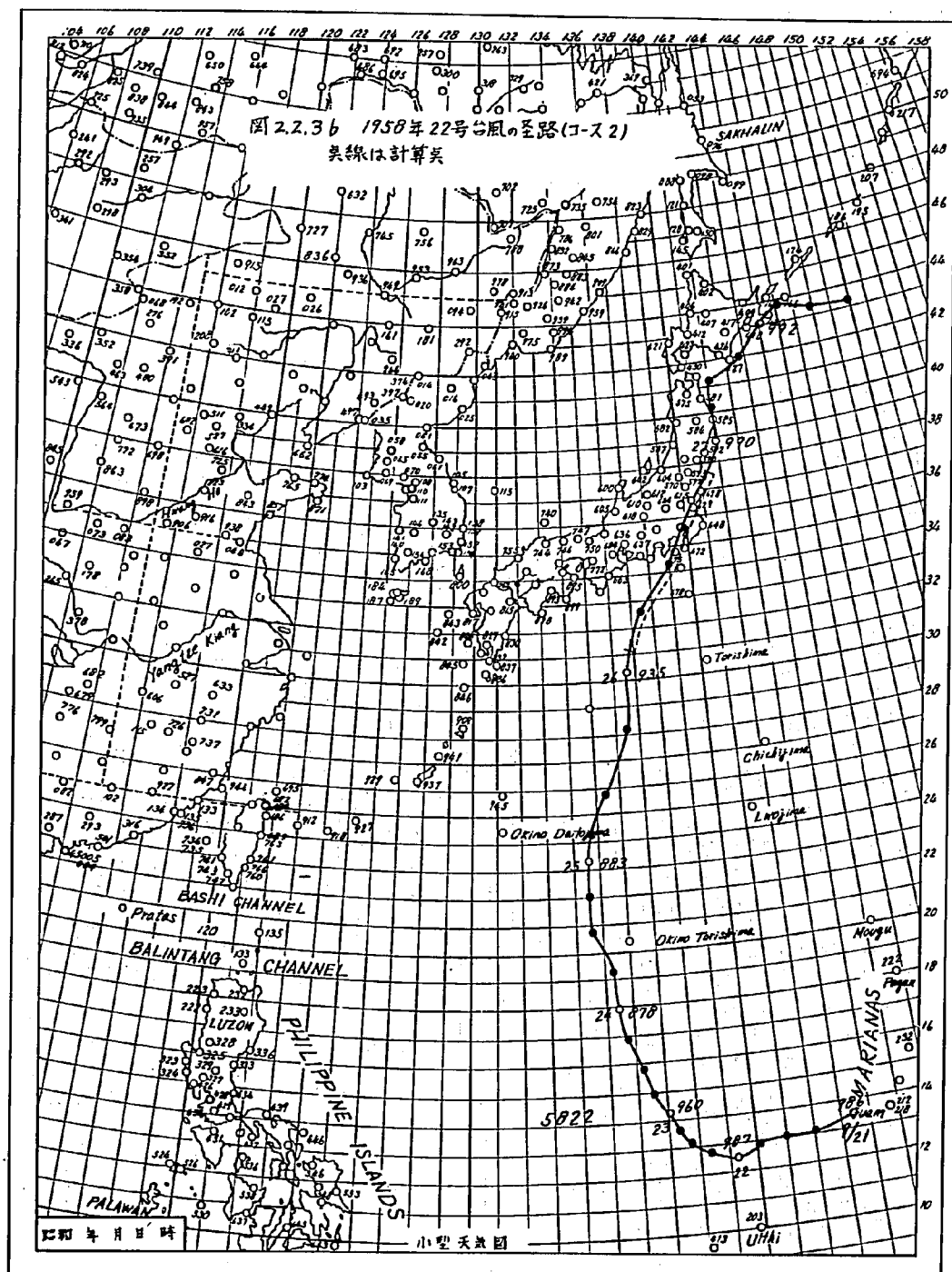
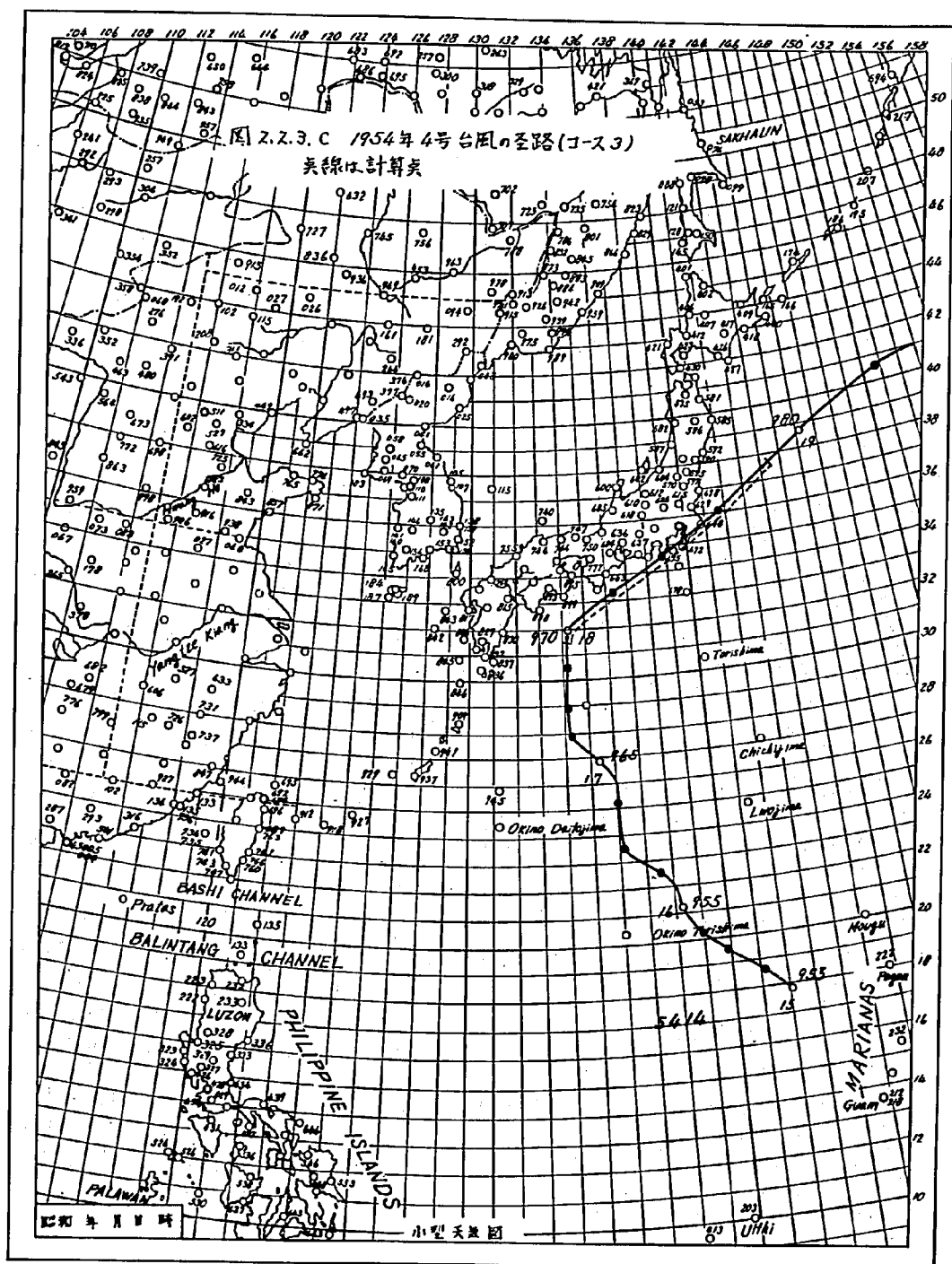


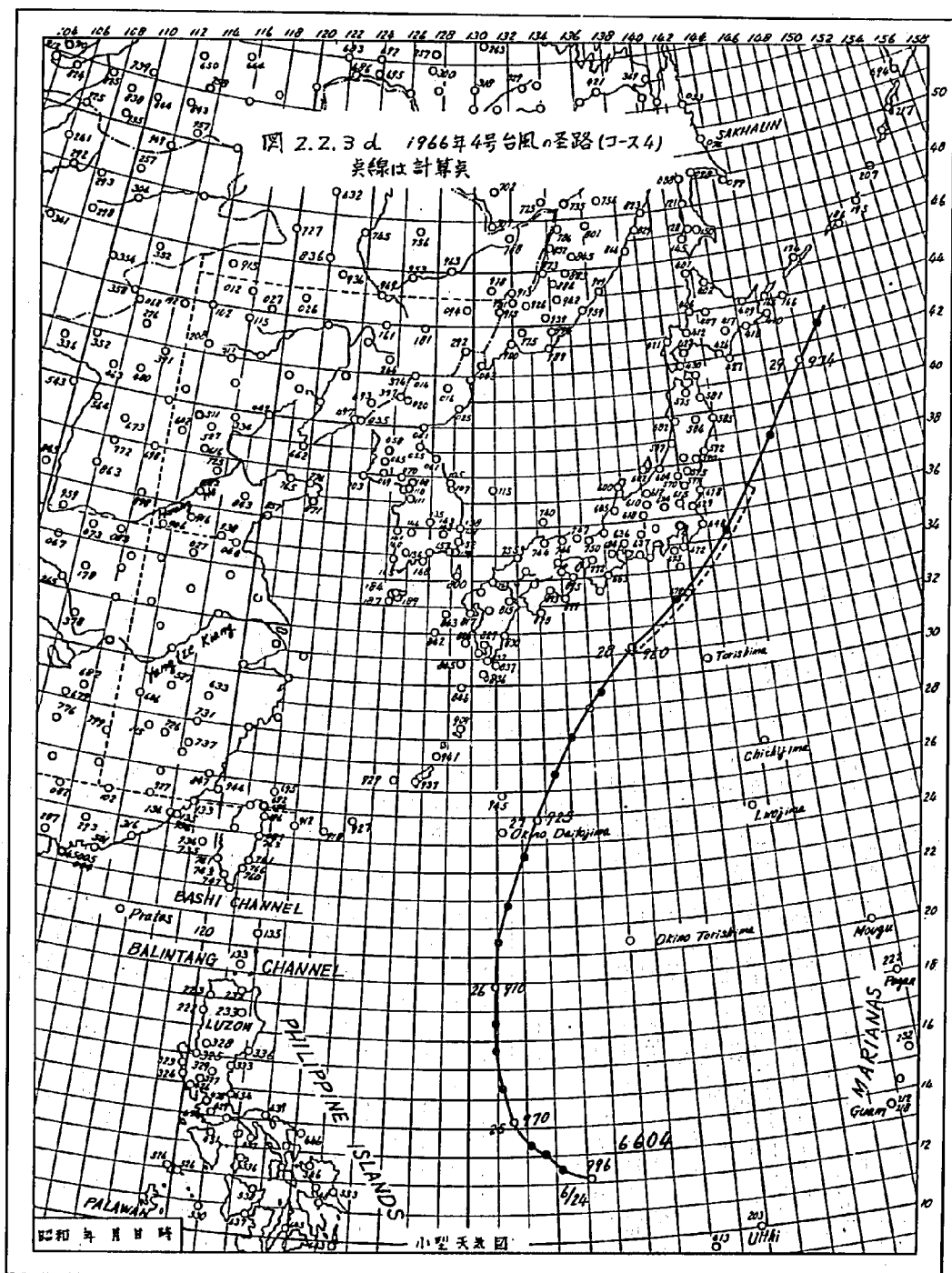
図 2.2.2 e 1-ス5を通った台風
1940-1966











Fetch-line 上を進むにつれて、風域の移動によって、風速が場所的、時間的に変化するため波高・周期が連続的に変化して行くのを逐一計算して行く方法である。今回の計算では Fetch-line を 5 等分に分割して計算した。Fetch-line に対する有効風の範囲は、 $\pm 90^\circ$ 以内としたので、計算に使用する風速は合成風の Fetch-line 方向の成分となる。合成風が有効風の範囲から外れた場合は、その地点からうねりとして計算した。もちろんある Fetch-line 上で、最初から有効風がない場合もあるが、この場合はその Fetch-line 上に波が発生しないものと考えた。

Fetch-line は図-2.2.4 に示したとおり、河口切り替え地点から方位角で、 67.5° 、 90° 、 112.5° 、 135° 、 157.5° の角度で 5 本考えた。Fetch の長さは 500 Km とし、Fetch の pitch は 100 Km としたが、コース 1 の 5811 台風についてのみ、Fetch の長さを 250 Km、pitch の長さを 50 Km とした。

計算に使用した 5 個の台風の定数は表-2.2.3 に示した通りである。コース 5、つまり 6212 号台風については、殆んど方向から来襲する波がうねりと考えられるので、Fetch の 2~4 については Fetch の長さを 1000 Km、Fetch-pitch を 200 Km とし

別に計算した。

表 2.2.4 で計算結果を示した。表中太線で囲んでいるものは、途中で有効風がなくなり、その後うねりとして計算したものである。また数値はすべて沖波の値である。

計算結果では、コース 1 およびコース 2 を通る台風による波は、計算終点に波が到達するまで有効風がなくなり、風波のままであるのに対し、コース 3~5 では、南側の Fetch-line 上では途中から有効風がなくなり、うねりとなって減衰しながら計算終点に到達する。特に、コース 5 では、

図 2.2.4 Fetch-Line と Fetch-Pitch

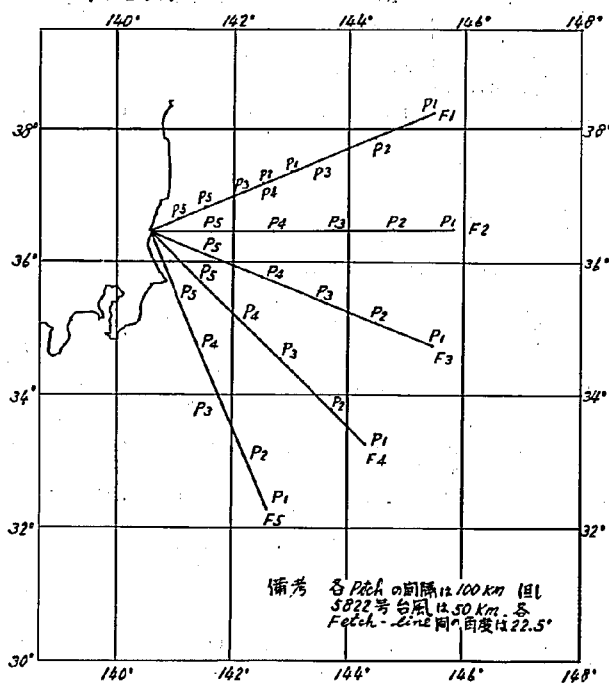


表-2.2.3 推算に使用した台風の定数

台風名 定数	5811	5822	5414	6604	6212	5914
α	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
f	3.6×10^{-5}	3.6×10^{-5}	3.6×10^{-5}	3.6×10^{-5}	3.6×10^{-5}	3.6×10^{-5}
a	40	70	60	70	70	70
r_0	52	34	72	62	30	75
b	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
c	6.27×10^{-3}	6.27×10^{-3}	6.27×10^{-3}	6.27×10^{-3}	6.27×10^{-3}	6.27×10^{-3}

表-2.2.4 各コース別代表台風による波の推算結果

コースNo	波入射角 Fetch No	45° N		67.5° N		90°		67.5° S		45° S	
		F 1		F 2		F 3		F 4		F 5	
		H	T	H	T	H	T	H	T	H	T
1	5811	084	443	201	657	318	816	441	950	556	1061
2	5822	243	707	393	895	548	1031	698	1154	855	1288
3	5414	325	788	375	859	406	997	460	1089	560	1191
4	6604	446	944	465	967	401	1240	525	1322	519	1421
5	6212	382	912	392	1198	438	1377	528	1391	495	1445

太線内はうねり

表-2.2.5 屈折後の波高

入射角 Fetch No 台風 No	45° N		67.5° N		90°		67.5° S		45° S	
	F 1		F 2		F 3		F 4		F 5	
	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T
5811	082	443	197	657	318	816	424	950	484	1061
5822	216	707	381	895	548	1031	670	1154	735	1288
5814	286	788	364	859	406	997	441	1089	475	1191
6604	388	944	446	967	401	1240	504	1322	440	1421
6212	336	912	376	1198	438	1377	507	1391	420	1445

最も北側の Fetch-1 以外の方向からの波は全てうねりになっている。表中で、太線で囲んだ部分はいずれで減衰した後の波である。

6212 号台風については、主な波がうねりと考えられるので、Fetch の長さを 1000 Km, Fetch-Pitch の長さを 200 Km にして、うねりの到達について検討してみた。Fetch は $F \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4$ の 3 本を考えている。その結果を表-2.2.6 に示す。この場合波高が発達して大きくなるのは、600 Km 付近から出発した時で、それ以上遠い所から出発した波では、波高はそう大きくならない。この計算では計算の出発点が、台風が北緯 30° 付近に達した時であり、 $F \cdot 4$ の場合を考えると、Fetch の先端と台風中心との距離は、900 Km 近くも離れているので、当然波も小さくなるものと思われる。 $F \cdot 5$ の場合は、犬吠崎をかすめる形で鹿島灘海岸線とは平行に近い。このような場合、Fetch の西側から来る波のエネルギーは推算点に達しないので、この分だけ計算値は小さくになると考えられる。波の方向スペクトルが、 $\cos^2 \theta$ に比例すると仮定して、西側に対しては 10° のみ有効と考えると、風波のエネルギーは、計算値の約 65% となる。

表-2.2.6 6212 台風において、Fetch-line の長さが 1000 Km の時の各 Pitch 毎の最大波浪

	P.1(200Km)		P.2(400Km)		P.3(600Km)		P.4(800Km)		P.5(1000Km)	
	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T
F_2	3.34	8.30	5.96	10.70	6.07	1.093	1.35	5.63	0.24	2.55
F_3	3.23	7.77	6.55	11.28	6.75	1.163	1.43	5.98	0.25	2.64
F_4	1.85	5.90	7.65	12.14	7.96	1.263	1.97	6.97	0.33	3.03

これを考慮すると、台風 5822 の F_5 上の波は、沖波にして約 7 m となるが、この点は今後観測値との比較により十分検討すべきである。

汀線に対し斜めに入射する波は、汀線に近くなるにつれて屈折し、そのため波高が減衰する。それぞれの波高について等深線が海岸線に平行と仮定して求めた屈折係数を乗じた値を表-2.2.5 に示した。屈折係数は一応波高計を設置した水深 9 m の点で求めた。実際に詳しく浅海波を計算する場合は、勿論浅水度係数や波高減衰係数も乗じて浅海波としなければならないが、ここでは沖波としておおよそどれ位の波が来襲するかを調べればよいとして、詳しい計算は省略した。

以上の計算結果から、台風の通過により久慈浜に來襲する波は、うねりでは最大 $H_0 = 5.07$ m, $T = 1.39$ sec, 風波では $H_0 = 6.98$ m, $T = 1.15$ sec であった。

コース別、台風別にみると、コース 2 の 5822 台風では表-2.2.4 に示すように、非

常に大きな値を示している。この台風は、狩野川台風と呼ばれるもので、非常に大きな台風であった。このような台風が久慈浜に最も近いコース2を通ると、大きな波が起ると考えてよい。しかもこの台風による波は風波である。ただ、このようなコースを通るにしても、前述したように、台風はすでに減衰期に入っており、スピードも早くなっているので、大きな波が来襲するのは、短時間であろう。

このような結果から、久慈浜に影響を与える5つのコースについて、最も危険なコースは、コース2であり、以下コース3・4・5・1の順序になる。各コース別の特徴はコース1および2では全部のFetch上で風波となりうねりとしては到達しないがコース3・4・5では汀線に直角以南のFetch上の波がうねりになって減衰しながら海岸に到達している。

Fetch-line 毎の特徴は、北側のFetch(F・1, F・2) 上での波は小さく、南側からのFetch(F・3, F・4, F・5) 上での波が大きくなっている。うねりになるコース4・5の台風の場合は、F・5よりもF・4の波が大きくなっているが、他は、Fetchが南側のもの程大きくなっているようである。

久慈浜においては、これらの台風が来襲した時には、まだ波浪の観測は行なわれておらず、この計算結果の妥当性については検証出来ない。しかし台風6212号については、鹿島港において実測記録がある。

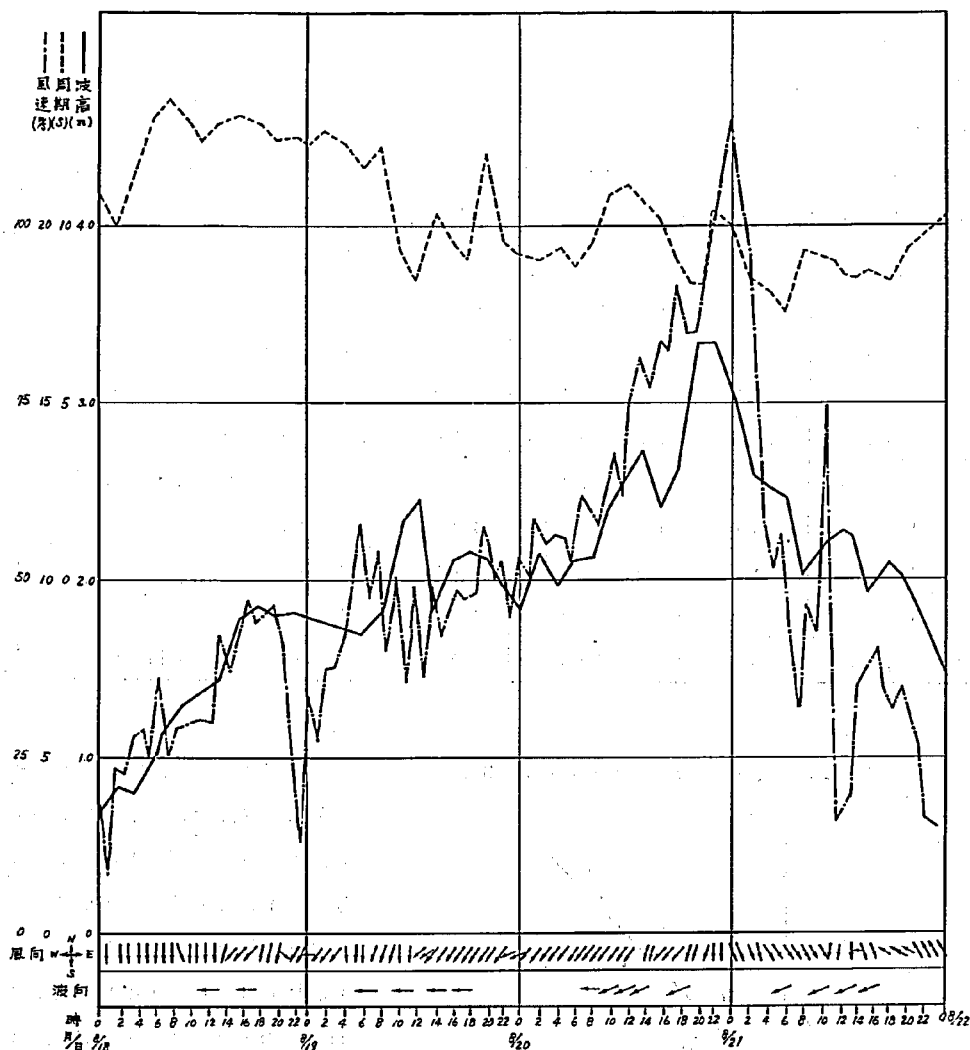
鹿島港沿岸は、台風が北緯30度付近に達した18日午前から影響を受け始め、波高が次第に大きくなって来ている。図-2.2.5はその状態を鹿島港で記録したものである。波高は風速の増加と共に大きくなり、風波としての性格を示している。有義波高の最大値は、20日20時および22時に記録された3.38mである。

久慈浜における波浪の推算結果と比較すると、波高は比較的近いが、計算値はうねりの性格をもっていると考えられるので、この点は鹿島港の実測値と異なっている。

以上の結果ではWilson法の検証が十分でないので、次項で述べる久慈浜の43年11月から44年12月までの波浪解析の結果のうち、比較的大きな波が継続して出現した日を選んで、その時の天気図からWilsonの図解法によって波の推算を行なった。表-2.2.7は推算結果と実測値を示したものであり、図-2.2.6は双方の値の相関図である。これらの結果から両者の相関は非常によいことが判る。また表-2.2.6の中で、45年1月31日の低気圧は、低気圧のコース②(図-2.2.1)を通った台湾坊主と呼ばれるものである。これは台風のコース4と同じコースを通ったもので、台風なみの勢力をもっていた。この低気圧については、久慈浜での実測記録があるが、これによると、最も大きかったのは $H = 2.16\text{ m}$, $T = 1.15\text{ sec}$ である。推算値の方は $H = 2.94\text{ m}$, $T = 9.9\text{ sec}$ であり、推算値の方がやゝ高い値を示している。

以上の結果から、一般に推算値と実測値はかなり近い値を示しており、地形の影響が強

図 2.2.5 62/2 号台風による鹿島港の実測記録



い場合を除いて、Wilson 法の計算結果はおおよそ妥当な値を示していると考えられる。

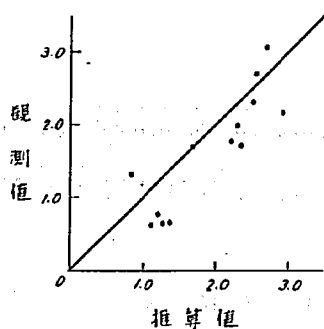
2.2.4 久慈浜における波浪観測記録の解析

昭和43年11月、河口切り替え地点の沖合400mの所に波高計(水圧式)を設置し、波浪の観測を開始した。久慈浜については、この時期まで波浪観測の実測記録がなく、計画波の決定も他の海岸の記録や異常海象時の気象条件などにより推定されていたのが実情であった。したがって、この海岸固有の海象を、把握するため、波高計等の設置が望まれていた。現在の波浪観測の記録としては、上記波高計による観測の他に波向きを現河口左

表-2.2.7 久慈浜での観測値と推算値の比較

年・月・日	観 測 値			推 算 値			
	波高(m)	周期(sec)	時 刻	波高(m)	周期(sec)	時 刻	計 算 方 法
4 3. 1 2. 5	1.74	8.9	24:00	2.34	9.2	24:30	Wilson 法
1 2. 6	1.76	8.9	01:00	2.22	7.5	01:00	◇
4 4. 2. 4	1.70	11.1	15:00	1.70	6.8	15:00	◇
2. 6	1.33	12.9	03:30	0.81	7.0	03:30	◇
3. 1 2	2.31	7.7	12:00	2.51	7.0	12:00	◇
3. 1 2	3.06	8.5	14:30	2.68	8.2	14:30	◇
3. 1 3	1.98	10.8	02:00	2.30	8.9	02:00	◇
4. 1 8	2.69	12.1	09:30	2.56	11.1	09:30	◇
6. 2 5	0.64	15.0	22:00	1.35	6.8	22:00	S・M・B 法
1 0. 5	0.76	11.0	17:00	1.23	7.6	17:00	◇
1 0. 6	0.64	12.0	17:20	1.11	8.9	17:20	◇
1 0. 6	0.64	12.0	17:30	1.30	7.9	17:30	◇
4 5. 1. 3 1	2.16	11.5	08:30	2.94	9.9	08:30	Wilson 法

図 2.2.6 波高観測値と推算値の相関



岸側の高台にある茨城県漁業無線局久慈分室において、トランシットによる目視観測によって、43年8月1日より実施している。

以下に久慈浜における43年12月1日より44年1月30日までの1年間の波浪観測記録を解析し、同時にその結果と同期間における久慈浜に隣接した海岸（鹿島港、大洗港、小名浜港）に

おける波浪記録との相関について検討した結果を記す。

表-2.2.8は久慈浜・鹿島港でのそれぞれの測得率について調べた結果である。

表-2.2.8 測 得 率 一 覧 表

年 月	規定回数	久 慈 浜		鹿 島 港	
		観測回数	測 得 率	観測回数	測 得 率
S.4 3. 1 2	3 7 2 回	6 7 回	1 8.0 %	3 5 0 回	9 4.0 %
S.4 4. 1	3 7 2	1 8 8	5 0.6	3 5 0	9 4.0
2	3 3 6	1 6 8	5 0.0	3 1 7	9 4.3
3	3 7 2	3 0 0	8 0.6	3 8 0	1 0 7.4
4	3 6 0	2 4 5	6 8.1	3 4 9	9 6.9
5	3 7 2	1 6 9	4 5.4	3 6 8	9 8.9
6	3 6 0	3 0 8	8 5.6	3 5 7	9 9.2
7	3 7 2	3 4 3	9 2.2	3 2 8	8 8.2
8	3 7 2	3 5 9	9 6.6	3 5 0	9 4.0
9	3 6 0	3 3 1	9 1.9	2 3 0	6 4.0
1 0	3 7 2	1 8 3	4 9.2	4 4 2	1 1 8.9
1 1	3 6 0	3 5 7	9 9.2	3 8 3	1 0 6.3
計	4,3 8 0	3,0 1 7	6 8.9	4,2 0 4	9 6.0

久慈浜においては、43年12月は測得率が18%と低く、統計としての結果は満足し得ないが、その他はほぼ順調に観測を続けており、年平均68.9%とほぼ満足出来る結果になっている。

鹿島港は年平均96.0%と非常に高い測得率を示している。鹿島港においては5台の波高計が設置してあり、今回波浪データとして採用したのはそのうちの南防波堤の沖側にある波高計の記録であるが、欠測している場合は、南防波堤際の波高計の記録で補足した。

図-2.2.7～2.2.12で久慈浜と鹿島港での波高・周期の出現率を月別・季別・通年に分けて示した。

波高については、久慈浜では、5月から9月までの間では2m以下の波のみしか出現しない。鹿島港でも同期間では殆どどの波が2m以下である。3m程度の波が5月に出現しているが、1～2%の割合でしかない。10月から4月、つまり秋から冬、そして春にかけては小さい波の出現率はあまり高くなく、2m以上の波の出現率が久慈浜で30%程度、鹿島で12%程度となる。2m以上の波が3月・4月に10%程度出現するのは、この期間に日本沿岸に大きな低気圧が接近するためであろうと考えられる。

出現率について、久慈浜と鹿島港との相関は非常によいと云えよう。

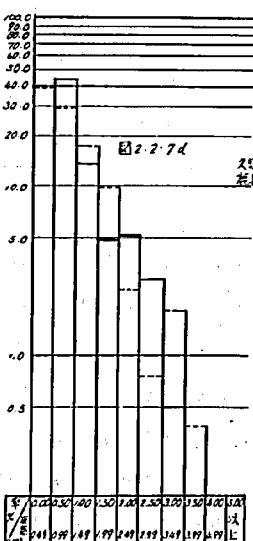
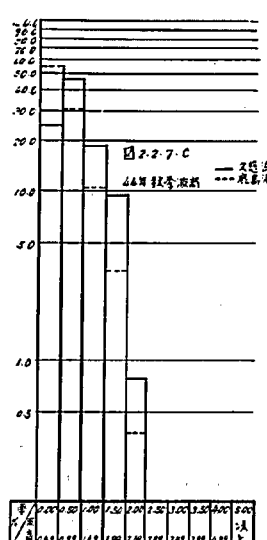
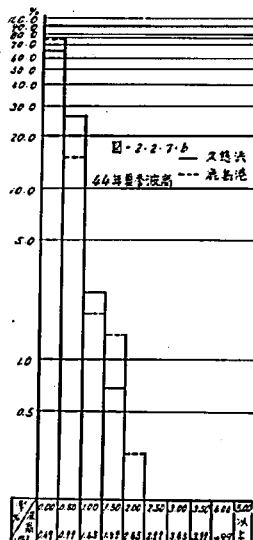
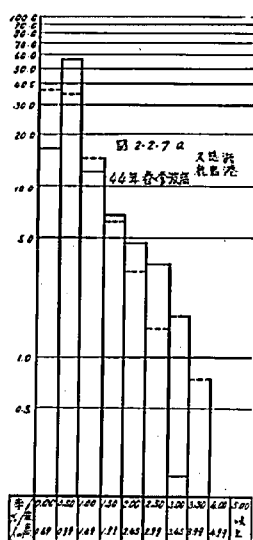


图 2.2.8 各月别海高出现率

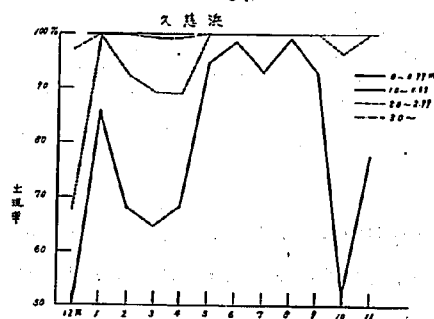


图 2.2.8 b 渤海

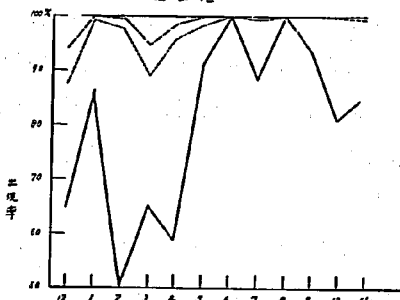
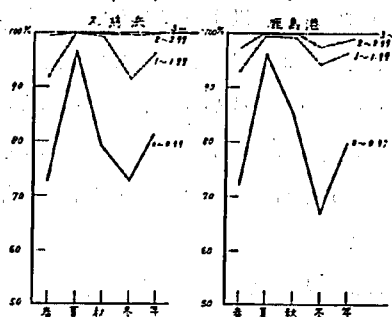


图 2.2.9 各月别海高出现率



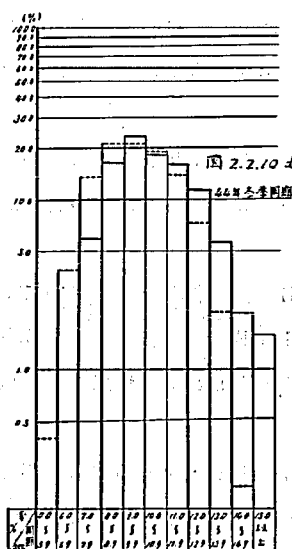
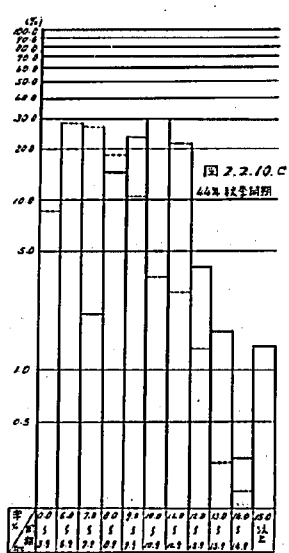
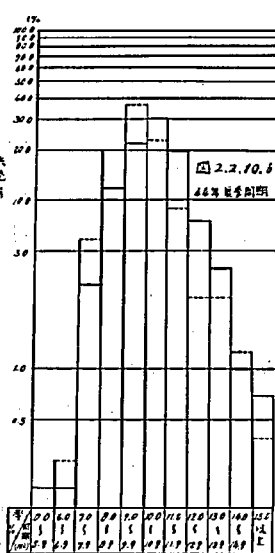
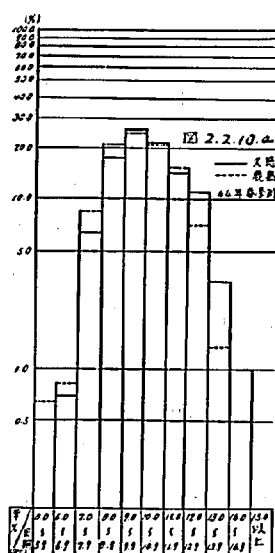


图 2.2.11a 月别出现率

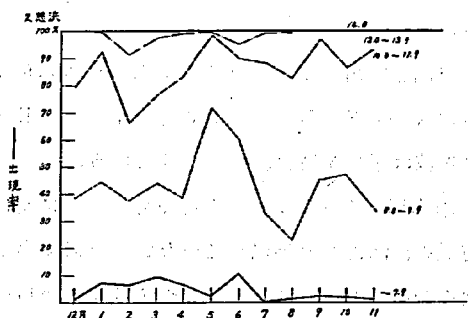


图 2.2.11.b

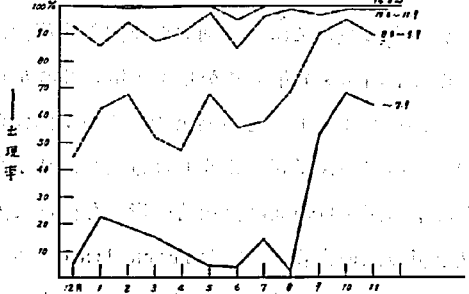
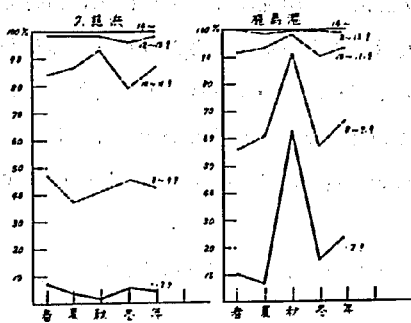


图 2.2.12 季别出现率



周期については図-2.2.10~図-2.2.12に示している。久慈浜における卓越周期は8~12秒の波で、全体の80%程度となっている。12秒以上の波の出現率は、冬期でもっとも多く、20%程度出現している。また春季でも周期12秒以上の波が16%出現していて、冬および、春季には10~12秒の波の出現率が大きい。

鹿島港の記録では、秋に8秒以下の波が他の季節にくらべて非常に多く出現していて、久慈浜とも出現率についての相関はない。他は12秒以下の波が80%程度の出現率で、久慈浜の結果との相関もよいようである。図-2.2.10a~dは周期の出現率の分布を示したものであるが、これで見ると久慈浜では年間を通じて10秒前後の波が卓越しており、ほぼ2項分布の形をしている。一方鹿島港では、秋季を除いては久慈浜とは同じ形の分布状態でありこの図でみる限り、久慈浜~鹿島港における周期の出現率についての相関はよいようである。

波形勾配については、図-2.2.13~2.2.14に示すように年間を通じて0.01以下の波が90%程度を占めている。波高のところでも述べたように、夏季には比較的静穏な日が多いため、波形勾配も小さなものは夏によく現われている。反対に冬・春季には波形勾配の比較的大きな波が出現しやすくなっており、波高の出現傾向とは同じ形になっている。

波向き の出現率については、図-2.2.15a~eに示したが、年間を通じての卓越波向きは $N80^{\circ}E \sim N100^{\circ}E$ の方向、つまりENE~Eの方向である。あと各方向から入射する波は平均5%程度あるようである。

季節別でみると、秋から冬、さらに春にかけては、E方向の波が卓越していて、SSE方向の波はあまり出現していない。反対に夏期には、SSE方向の波が多く、E方向から北の波は少ない。つまり、夏季には南側からの波が多くあらわれ、それ以外の、秋・冬・春季には、北側からの波がよく出現すると云える。

鹿島港については、同期間の波向き観測記録がなく、直接相関をみることが出来なかった。昭和37年4月から42年3月の5年間の記録を参考にして比べてみることにした。図-2.2.21はその結果であるが、南側からの波が非常に少ない。この原因は、鹿島港の海岸線がNNW~SSEの方向であり、久慈浜の海岸線に対し 45° 西側に傾いているため、南側からの波は大吠崎の影響を受けて入射しにくいことが考えられる。したがって久慈浜の波の推算に用いたFetch-limeのうち、F・4、F・5は鹿島の場合使えないことになる。久慈浜の場合は海岸線の向きからもこのような影響が少ないので、南側からの入射波が多くなると考えられる。汀線に対する波の入射角から考えると、双方の海岸の波向きの相関はよいようである。

波向別波高の出現率は図-2.2.16a~eに示したが、2m以上の波の向きはE方向が

图2.2.13a 月别波高出现率
久慈港

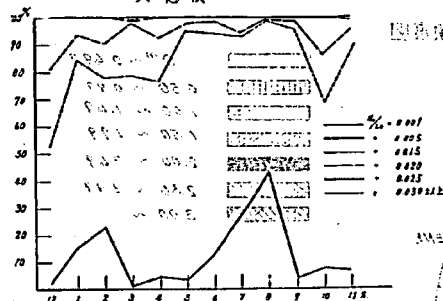


图2.2.13b 鹿島港

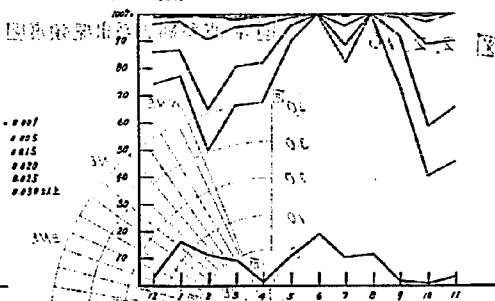


图2.2.14. 季節別波高出現率
久慈港

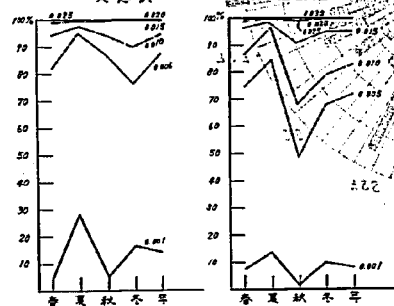


图2.2.15. 季節別波高出現率
春期(3.4.5月)

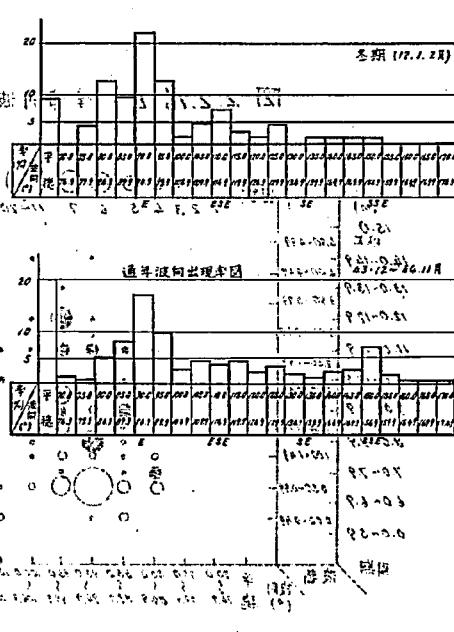
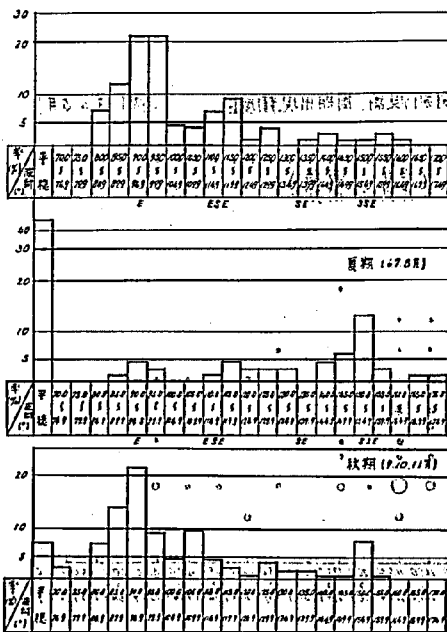


图 2.2.16. a 通年波向别波高出现频度图

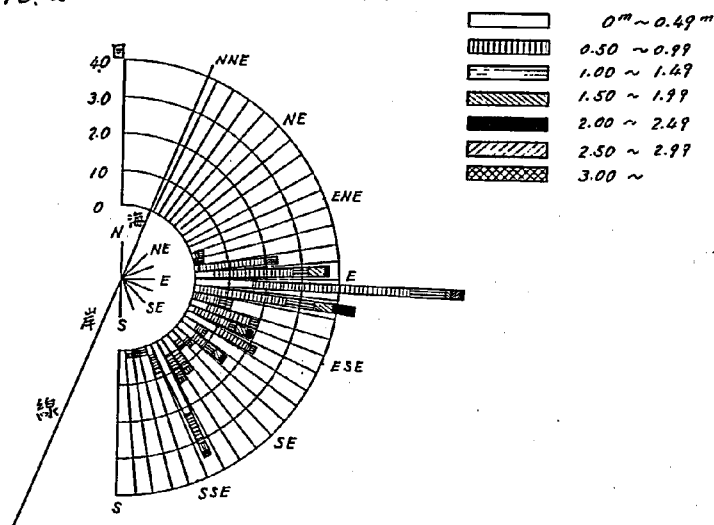


图 2.2.16 b 季节别波向别波高出现频度图 春期 (3.4.5月)

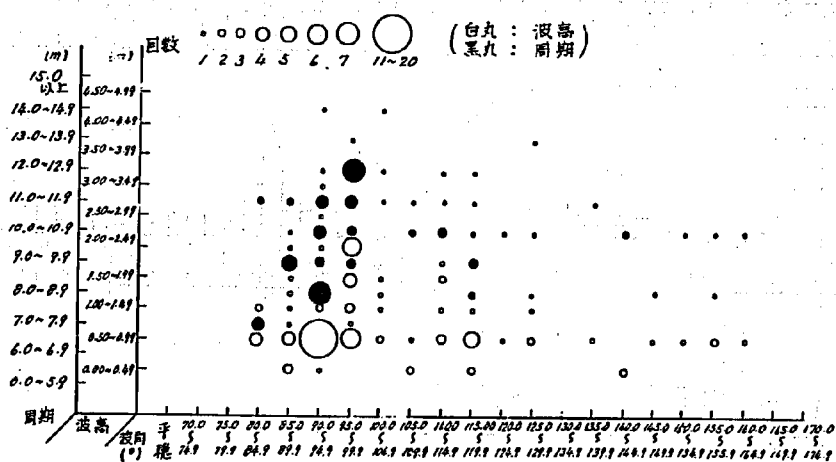


图 2.2.16 c 季節別波向別波高、周期出現頻度図

夏期 (6.7.8月)

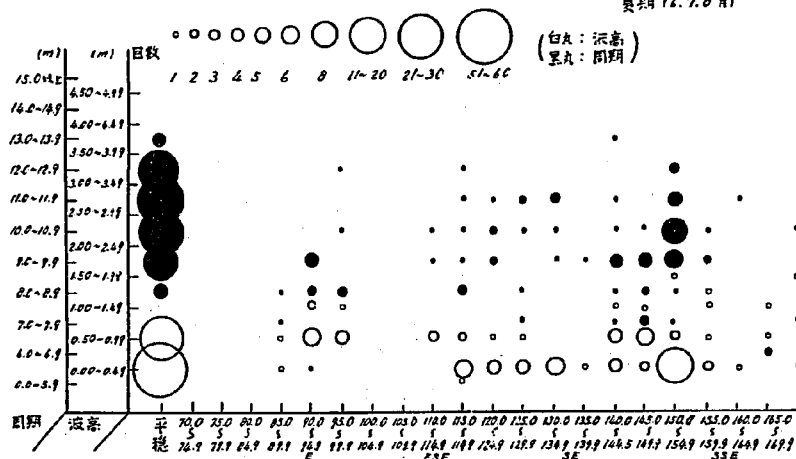


图 2.2.16. d

秋期 (9.10.11月)

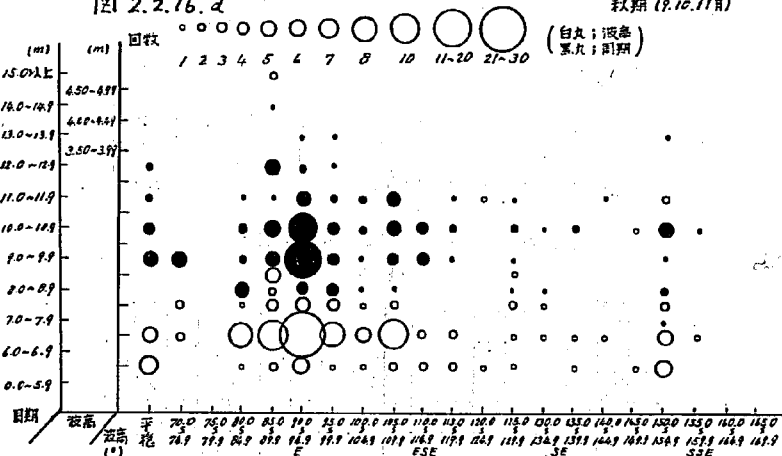


图 2.2.16. e

冬期 (12.1.2月)

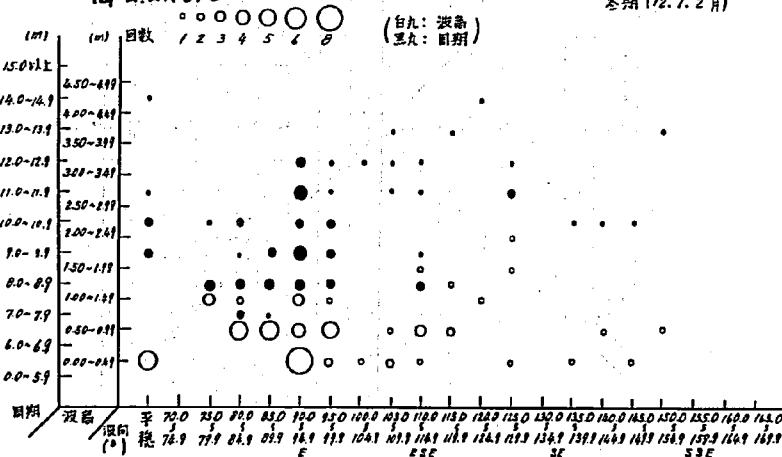


図 2.2.17 隣接海岸との波高相関

(鹿島港～久慈浜)

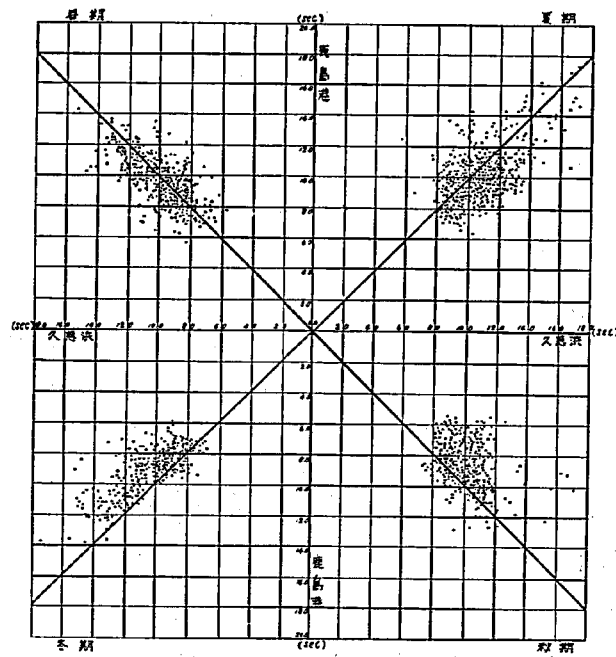


図 2.2.18 隣接海岸との周期相関

(鹿島港～久慈浜)

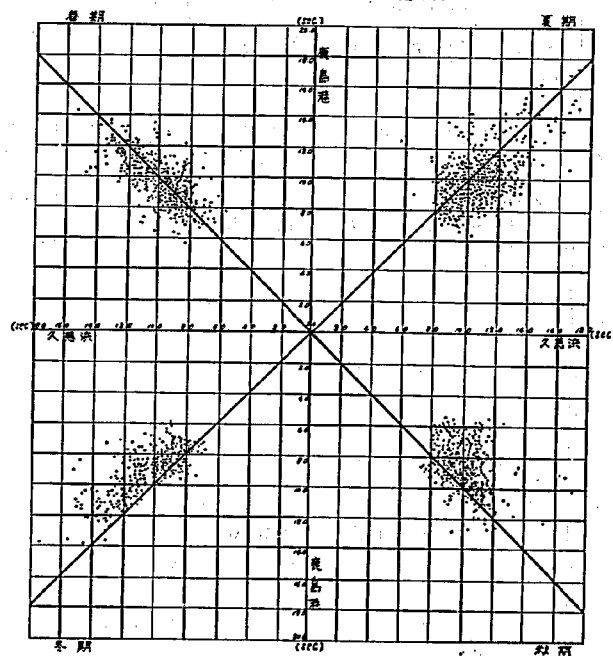


図 2.2.19. a 隣接海岸との波高相関

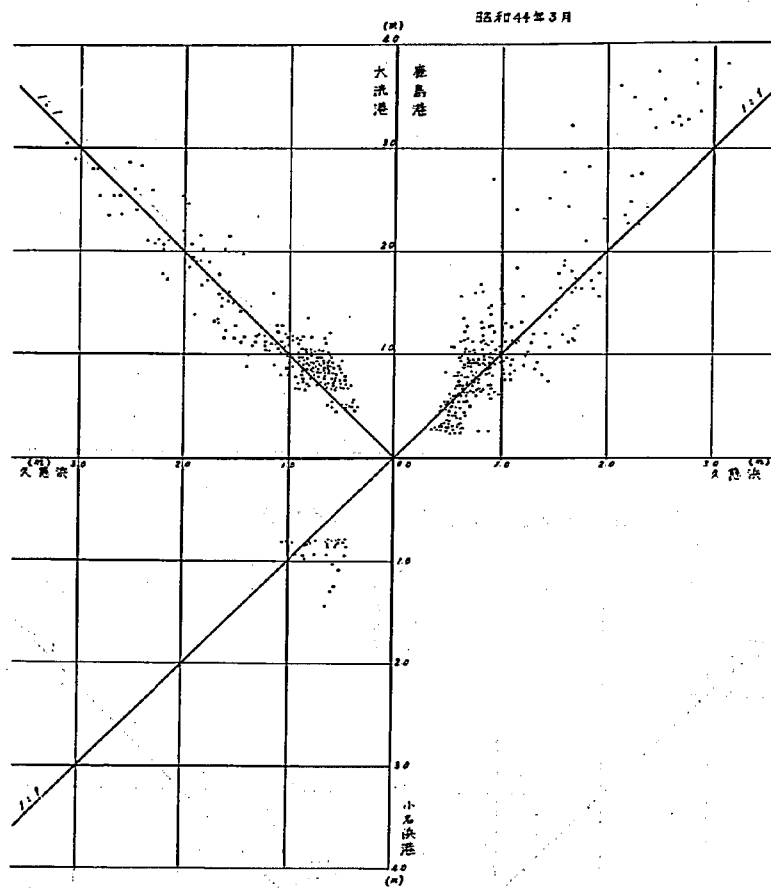


図 2.2.19. b 隣接海岸との波高相関

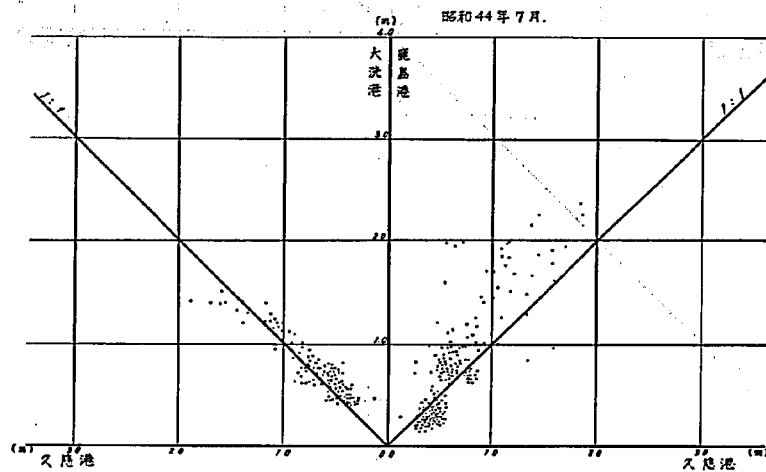


図 2.2.19.c 隣接海岸との波高相関

昭和44年9月

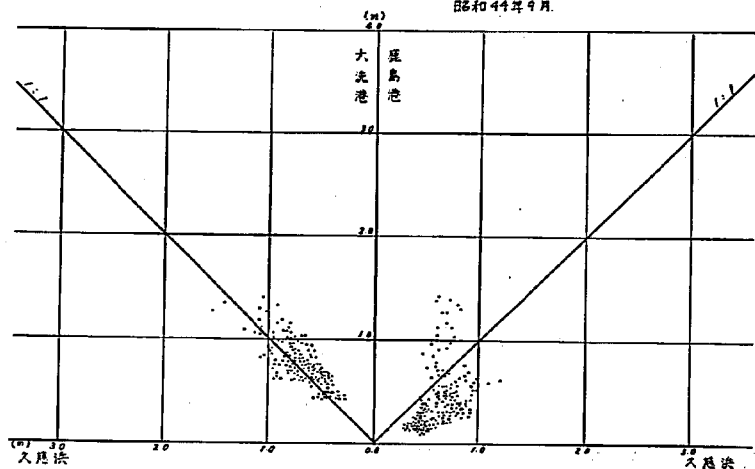


図 2.2.19.d 隣接海岸との波高相関

昭和44年1月

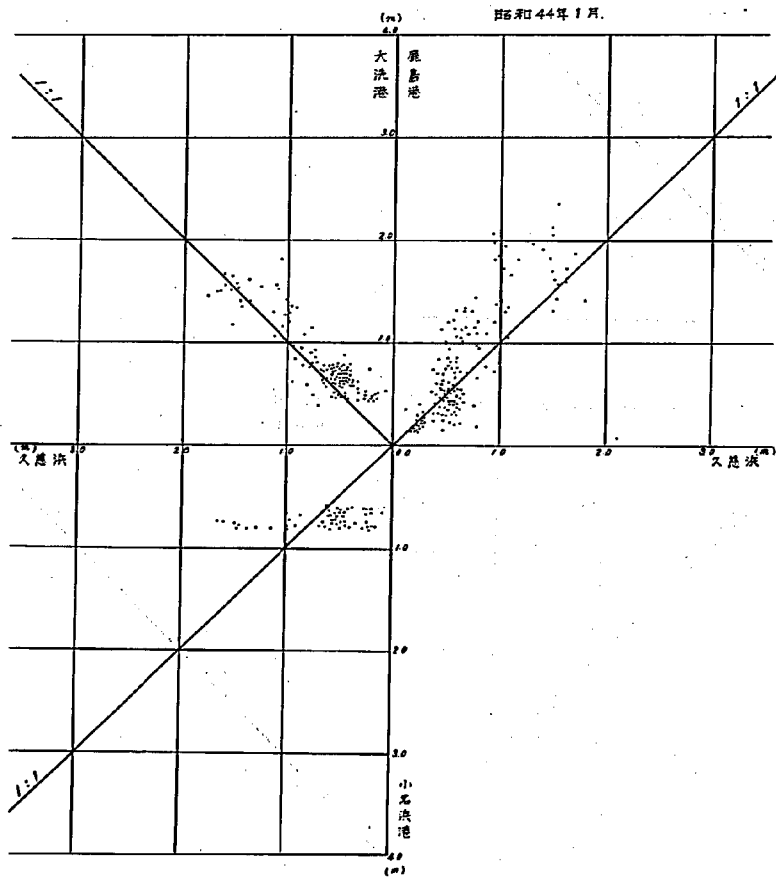


図 2.2.20.a 隣接海岸との同期相関

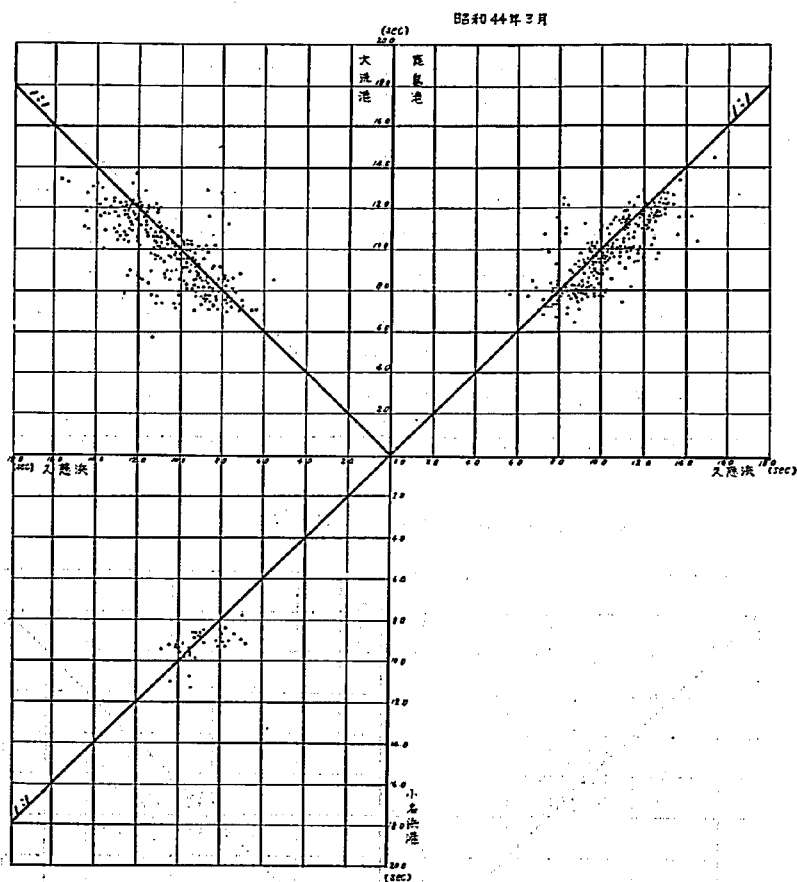


図 2.2.20.b 隣接海岸との同期相関

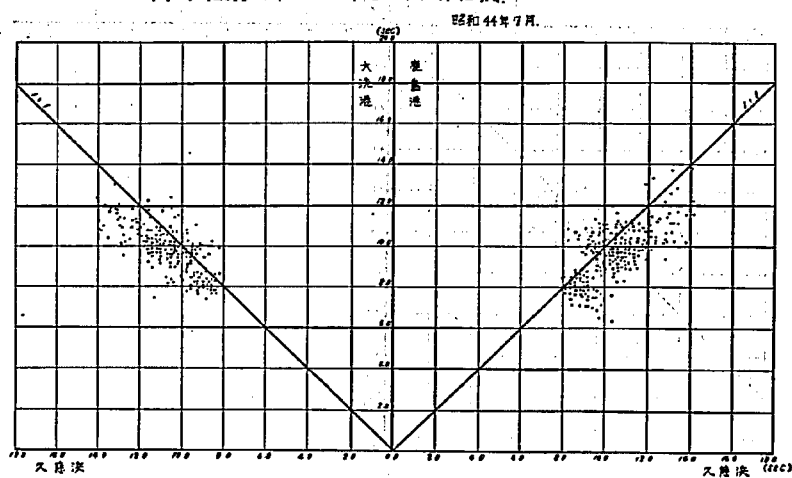


図2.2.20.C 隣接海岸との周期相関

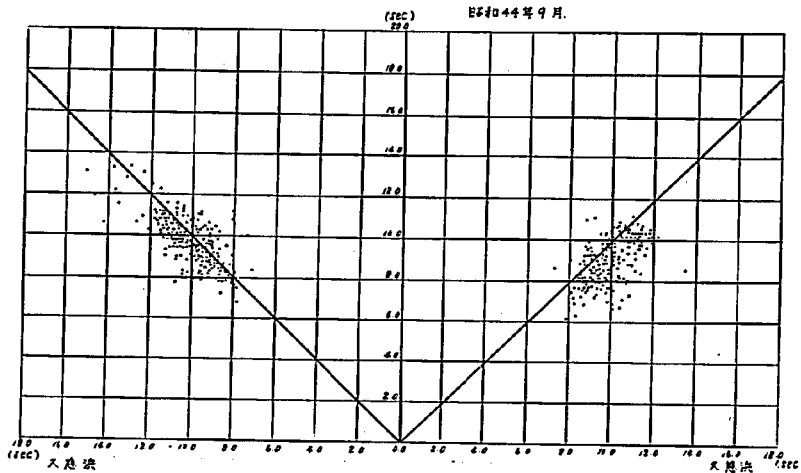
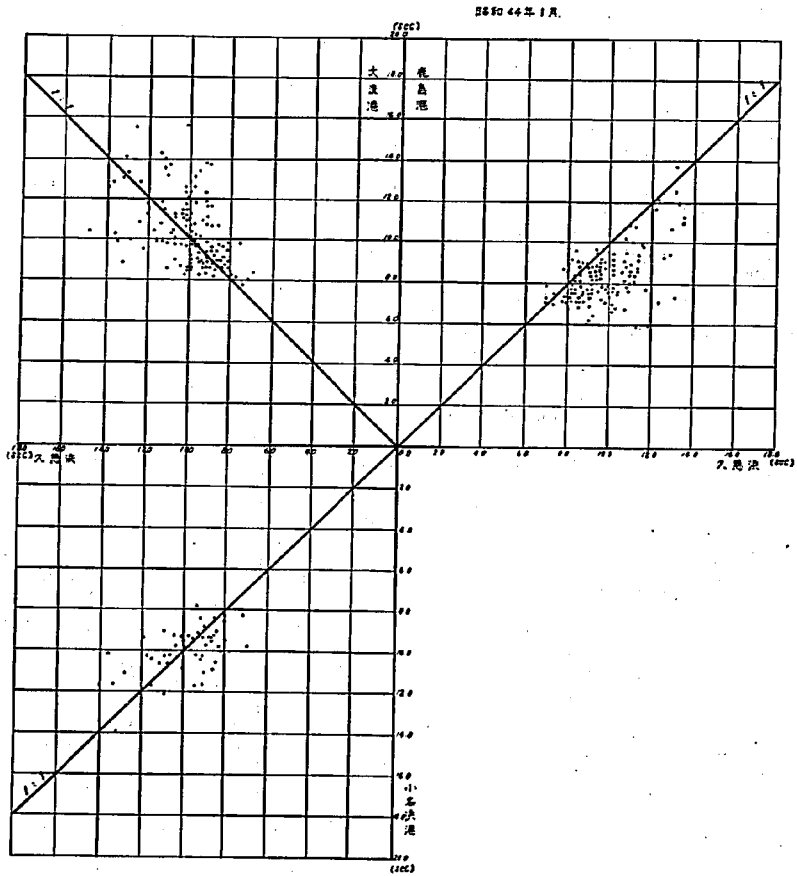


図 2.2.20 d 隣接海岸との周期相関.



最も多く、大半がこの付近に集中している。久慈浜の海岸線はNNE~SSW方向に走っている、この海岸における直角方向はESEに当る。したがって、この海岸では、年間を通じて、汀線に直角方向よりも北側から多くの波が入射すると云ってもよい。

しかし、夏季には、南側からも比較的大きな波が入射している。

周期については、9秒以下の短周期の波は北側からは冬から春にかけて多く出現するが、南側からは夏季のみ多く出現するようである。また夏には南側からの波が多いが、その中でも比較的長周期の波が多い。

隣接海岸との相関については、図-2.2.17~2.2.20に示した。比較に使用した海岸は北から小名浜・大洗・鹿島の3ヶ所であるが、年間を通じて欠測がなかったのは鹿島港だけである。あとの大洗・小名浜は欠測が多く記録が少ないため、年間を通じての相関は調べることが出来なかった。したがって月別の記録のうち各季節を代表するものとして、春季については3月の記録を、夏季については7月を、秋季については9月を、冬季については1月をそれぞれ代表させた。

この相関図は異なった2地点の同時刻の波の比較を行なったものである。しかしそれぞれの海岸に来襲する波は地点が異なれば、風域の位置も異なるし、たとえ風域が同じ場所にあったとしても、Fetch-timeの長さ・方向が異なり、波の到達時間は異なってくる。したがって、このような相関のとり方は、それぞれの実測記録を当日の気象条件や地形等により補正しなければ、正しいとは云えない。しかし、今回のように、2地点の記録を同時に比べたとしても、およそその見当はつくものと思われるので、今回の報告では、同じ時刻の記録の相関をみた。

図-2.2.17は季節別で鹿島との波高相関をみたものである。この図をみると各季毎、年間を通じてやゝ鹿島港の方が大きめの値を示しているが、はゞ同じ値を示しているようである。

図-2.2.19a~dおよび20でみると、大洗港との相関はかなりよくなっている。これは、久慈浜~大洗港間の距離が、直線にして22Km程度で、久慈浜と鹿島港との距離65Kmの1/3程度しかないため、当然鹿島港との相関よりも、大洗港とのそれの方がよく合うことになる。小名浜との関係では、相関はあまりよくないが、これは小名浜港が南方向に開口しており、地形的に久慈浜と異なるからであろうと考えられる。したがって小名浜港の記録で久慈浜の波について推定するのは正しくないと考えらる。

周期については、波高同様相関はかなりよいようである。大洗港、鹿島港に比べて久慈浜の方がやゝ長めの周期になっている。

台風波浪の推算および実測記録の解析から、久慈浜における波の特性は、次のとおりである。

1) 推算の結果では、久慈浜に影響を与えられとされる台風のコースのうち、久慈浜の最も近くを通るコース2が最も危険なコースとなり、狩野川台風で計算した結果では南側からの波で7.35 mになる。この場合コース1, 2を通る台風の波はどのFetch上でも風波となり、コース3・4・5の場合は、南側のF・3・4・5上ではうねりとなる。

Fetch別でみると、一般に南側のFetch上の波が大きいようである。

2) 波高・周期・波向き等の実測記録について、久慈浜と小名浜・大洗・鹿島の3個所とを比較してみたが、小名浜港を除く他の2個所との相関はかなりよく、過去に実測記録の少ない久慈浜での波浪特性を知るために資料の多い近隣海岸での結果を参考にしてもよいことが判った。

3) 久慈浜での波高は、1年間の記録でみると、冬および春には移動性低気圧による波浪が多く表われるため、大きな波高が集中しているのに対し、夏・秋には比較的静穏な状態が続いている。卓越周期は4季を通じて8~12秒で、出現率はほぼ2項分布の形をなしている。波向きについては、冬・春は北側から入射するものが多く、夏・秋には南側からの波も多くなって来ている。

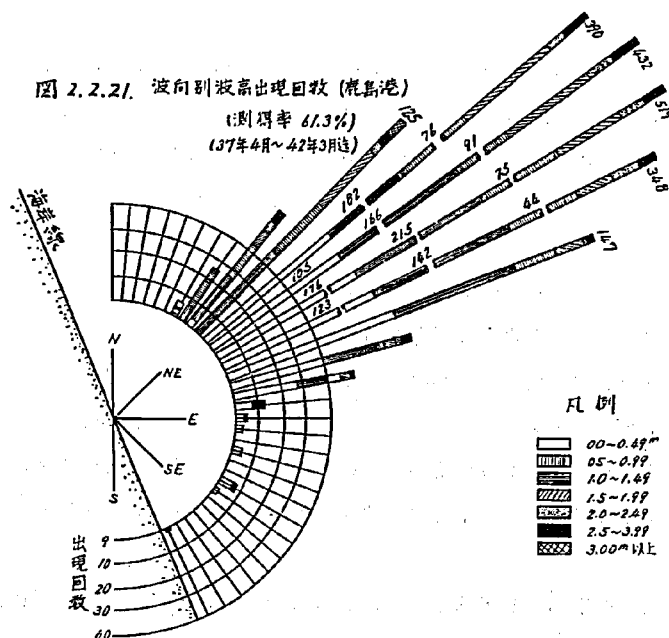
以上の結果から最大の台風波浪は波高約7.0 m、周期1.5 secとなるが、台風波浪の場合のWilson法の推算結果は十分に吟味されていないので、計画波高については、鹿島港の実測記録を統計処理して得られた結果を用いることにする。

図-2.2.2は鹿島港における波浪発生確率を示したものである。対象期間は昭和37年3月から昭和40年3月までの3年間のもので、2時間毎20分間観測した資料のうち有義波のみを対象にしている。欠測を除いた対象期間は2.1年である。

図-2.2.2を用いて、ある波高の出現に対して再現期間を求めたのが、表-2.2.9である。表でみると、6 mの波については10.8年に1度、日立港計画波高の5.8 mについては4.6年に1度、また5 mの波については、2.7年に1度となっている。以上の計算は「鹿島工業港の自然条件について」の報文²⁾によるものであるが、2.1年間の観測結果から得た資料をもとにしたもので、非常に観測期間が少ない。したがって長期の再現期間を求めることは非常に無理があると考えられる。しかし、今まで述べて来た波浪の計算結果および実測記録の観測解析結果等を考慮し、また鹿島港での長期に亘る波浪の結果から考えて、久慈浜での計画波高は6 m程度と考える。

図 2.2.21. 波向別波高出現回数 (鹿島港)

(観測率 61.3%)
(137年4月~42年3月迄)



凡例

- 0.0~0.49m
- 0.5~0.99m
- 1.0~1.49m
- 1.5~1.99m
- 2.0~2.49m
- 2.5~2.99m
- 3.00m以上

図 2.2.22 鹿島港波浪超過発生確率

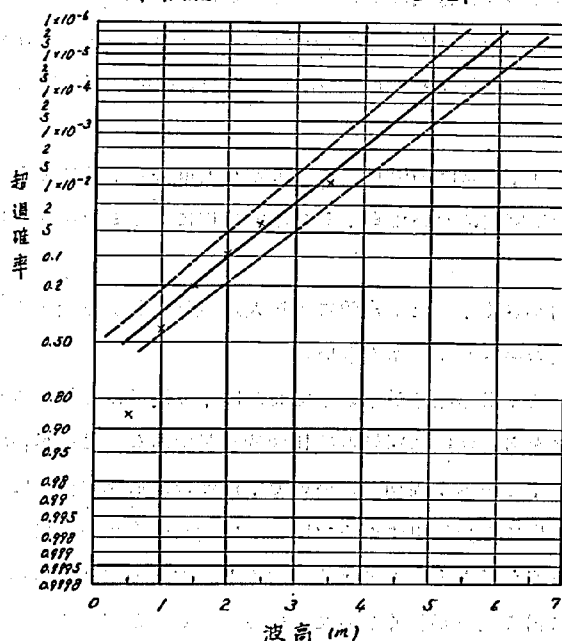


表 2.2.9 5 m 以上の
波の再現期間

H	Y
5.0 m	27 年
5.5	183
5.8	457
6.0	1082

3. 河口処理上の問題点

導流堤により河口の維持をはかる工法はもっとも広く用いられてきたが、場所毎に自然条件が異なり、また、これまでの工事の経験も十分に整備されていないので実際に設計する場合、その長さ、高さなどをどのように決めるべきか判断できないことが多い。導流堤に対する基本的な考え方は、その工事目的により異なると考えられるので、つぎのように導流堤の目的をわけて考える。

河口処理は治水効果（内水排除も含める）をねらって実施する場合と舟運のために必要な水深を維持する目的で実施する場合とが考えられる。

ここでは、前者の目的で実施するわけであるが、この場合、導流堤の第一のねらいは、砂州の発生をおさえ、かつ、フラッシュ効果を強めて、出水時における河口水位を適当な限界値以下に下げることである。したがってその計画に当っては、まず第一に導流堤内がどの程度に維持されていれば、ある出水に対し、河口水位をある限界値以下におさえ得るかを知らなければならない。

したがって、調査の手順としては、まえがきにも若干ふれたがつぎのようになる。

- (1) 現況で洪水時にどの程度の水位上昇があるかを調べる。
- (2) 開口部がどの程度に維持されれば必要な条件が満たされるかを検討する。
- (3) 導流堤方式による必要な開口部の維持方式について検討する。

河口砂州をフラッシュしながら洪水が流れる場合は、一般にフラッシュがあまり進まない洪水の初期段階で河口内の水位がピークに達する。したがって、河口砂州の底質と流量の増加率がとくに重要な要素となる。

導流堤による河口維持については、平常時の流量、潮汐による入退潮量、波による漂砂量などが複雑にからみ合っていて、模型実験においても、それらを適切にシュミレートすることは困難である。

久慈川の場合、潟水量は比較的小さく、また、潮汐による入退潮量もあまり大きくない。一方、太平洋に面しているため、波のエネルギーは大きい。

もし、卓越波向がかたよっていて、沿岸漂砂が卓越しておれば、導流堤による波浪減殺効果は大きく、海岸線全体のバランスを考えなければ処理は比較的容易である。この場合は、海岸線に対する波のかたよりが小さく、しかも、周期が長いので、波はほぼ海岸に直角に入射する。このような条件では、導流堤を海岸に直角に出すのみでは遮へい効果が小さいので、導流堤を曲げて河口を覆うような形にする必要がある。このようにすると、洪水の疎通の面から問題がでるであろうし、また、導流堤に沿う流れが強くなって洗掘されることと考えられる。

これらの点を考えると、波の入射方向が海岸に直角な場合に、左右岸の導流堤方式をとると

相当規模の大きいものになってくる。したがって、経済性の面から、つぎの順序で検討を進めることが必要であろう。

(1) 建設が予定されている左岸防波堤のみの場合

(2) 必要な開口幅を確保するために、低水路導流堤を設置する方式

(3) 右側に大規模な導流堤を設け、左岸防波堤と合せて河口を大きく囲う方式

(1)については、台風波浪が南側から来襲する可能性が強いので、開口部の維持は困難であると推定される。

(2)の場合は経済的であるが、側方侵食がうまく進むか否か、また、主流が堤内に集中するので構造物の維持などの問題がある。

(3)はもっとも確実な方法であるが、費用がかかること、川幅を最大洪水量に対してとるため、頻度の大きい出水時に堤内が埋ってゆくことが考えられた。これに対し、波がどのような作用をなすのか十分に検討する必要がある。

以上の順序で実験的な検討を進めることになるが、河口部における水理現象を完全に再現することは困難なので、洪水のフラッシュ効果を調べるときは波の影響を無視し、平常時の砂州の発生を調べるときは、河川流、入退潮量を考慮しないで検討することにした。前者の場合は比較的問題は少ないが、後者の場合は、実際に洪水の影響が大きいので、相似性の面で相当に問題がある。しかし、安全側の結果であることは間違いないので、いくつかのケースについてのみ、流れと波とを同時に与えて検討し、流れの影響を最終結論の中に多少でも取り入れるように努めることにする。

4. 流れによる河口砂州のフラッシュに関する模型実験

4.1 模型実験の方法

4.1.1 実験検討の順序

河川の河口閉塞と、その処理工法について模型実験によって検討を行う場合、まず基礎的な実験によって、流砂および河床変動の法則性を把握し、しかるのちに河口部の模型実験を行なうことが順序であり、また、より妥当な結論を見いだす方法であると考えられる。このような見地から、鹿島試験所においては、次のような順序により検討が進められた。

1) 二次元的な流砂実験

幸にして、鹿島試験所において、河口砂州の崩壊に関する二次元の基礎実験（主に射流時の流砂法則について）を行っており、施設も完備しているので、久慈川河口部の模型実験の基礎となる流砂法則の検討が行われた。

2) 側方侵食および全断面侵食を考慮した流砂実験

1)において縦方向侵食の法則を把握するとともに、これに側方侵食を加えた流砂法則の検討が行われた。

3) 河口砂州崩壊に関する河口部移動床模型実験

日立港の計画実施によって、現在の河道が遮断され、新河口部における現在の砂洲またはこれと同等の砂州が再度発生した場合、洪水流による砂州フラッシュの可能性と、あわせて上流河道内における水位の上昇について検討した。

4) 河口処理工に関する移動床模型実験

新河口における砂州の再現防止について、海岸研究室において実験検討を行った結果、左岸防波堤とともに右岸の導流堤が必要であると判断されたため、その工法について河の見地から実験検討を行った。

4.1.2 模型実験の相似律の一般的考察

通常の模型実験の相似律は、運動方程式と連続式が現地と模型とで相似でなければならないとする。

まず連続の式を例にとり、現地の量に p 、模型の量に m のサフィックスを付けて

$$\frac{\partial A_p}{\partial t_p} + \frac{\partial Q_p}{\partial x_p} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial A_m}{\partial t_m} + \frac{\partial Q_m}{\partial x_m} = 0 \quad (2)$$

①, ②式より

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \frac{A_p}{A_m} \cdot \frac{x_p}{x_m} \cdot \frac{t_m}{t_p} \quad (3)$$

である。

$\frac{Q_p}{Q_m} = Q_r$ とおき、他と同ようにすると③式は

$$Q_r = A_r \cdot x_r \cdot t_r^{-1} \quad (4)$$

となる。

これと同様に運動方程式について各項の比較を行うと

$$U_r = h_r^{1/2} \quad (5)$$

$$t_r = x_r h_r^{-1/2} \quad (6)$$

$$i_r = h_r \cdot x_r^{-1} \quad (7)$$

$$\tau_r = h_r^2 \cdot x_r^{-1} \quad (8)$$

$$n_r = h_r^{2/3} \cdot x_r^{-1/2} \quad (9)$$

$$A_r = x_r h_r \quad (10)$$

$$Q_r = x_r h_r^{3/2} \quad (11)$$

などを得る。ここに x_r : 水平縮尺, h_r : 垂直縮尺, U : 流速, t : 時間, τ : 河床剪断力, n : マニングの粗度係数を示す。

移動床模型の場合

移動床模型実験の場合には、このほかに流砂関数と流砂の連続式が成り立てばよく、

①式と同よう

$$B \frac{\partial Z}{\partial t_s} + \frac{1}{(1-\lambda)} \cdot \frac{\partial Q_s}{\partial x} = 0 \quad (12)$$

ここに λ : 空隙率, Q_s : 流砂量, t_s : 流砂に対応する時間である。 Q_s は流砂量公式より求められるから, $Q_s = Q_s B$ とおき, ⑫式は

$$t_{sr} = (1-\lambda)_r \cdot x_r \cdot h_r \cdot q_{sr}^{-1} \quad (13)$$

となる。これは実験 1 時間分が現地の何時間分であることを示す式である。

4.1.3 久慈川河口部移動床模型実験の相似律の検討

(1) 流砂量公式を用いての検討

その 1

数多くある流砂量公式から、佐藤、吉川、芦田公式（通称土研式）を適用して⑬式を求めると

$$q_s = K \frac{4(n)}{\sigma - \rho} f(\tau/\tau_c) U_*^3 \quad (14)$$

故に

$$q_r = \frac{K_r \cdot l_r}{(\sigma - \rho)_r} f_r U_{*r}^3 \quad (15)$$

ここに $(\sigma - \rho)_r$ は砂を使うとすれば 1, $K_r = 1$, n も求めようもないから $\phi_1 = 1$ とすると $U_{*r} = hr \cdot x_r^{-1/2}$ であることから,

$$q_{sr} = f_r \cdot hr^3 \cdot x_r^{-3/2} \quad (16)$$

となり, これを⑬式に代入すると

$$t_{sr} = \frac{(1-\lambda)_r}{f_r} \cdot hr^{-2} x_r^{5/2} \quad (17)$$

を得る。⑥式, ⑪式で $hr = n_r$, また $(1-\lambda)_r = 1$ とすると

$$\left. \begin{aligned} t_r &= x_r^{1/2} \\ t_{sr} &= x_r^{1/2} \cdot f_r^{-1} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

となり $f_r = 1$ であればよいことになる。

$f(\tau/\tau_c)$ は, 限界掃流力, すなわち粒径の函数であり, 限界掃流力の相似からすると, ほぼ粒径比 d_r を x_r と一致させれば, $f_r = 1$ にできる。

また, $f(\tau/\tau_c)$ は $\tau/\tau_c > 3$ 程度で $f=1$ となり, 粒径によらない函数となる。久慈川の場合, 河口で比較的大きな掃流力が期待できるから, $f_r = 1$ も期待出来る。これらのことから久慈川の場合は, 土研公式から判断すれば, 歪みなしでなるべく細かい砂を用いての実験が望ましいことがわかる。(粒径はあまり関係しない。)

(2) 限界掃流力の相似について

移動床模型実験の一手法である限界掃流力の相似の問題がある。これを久慈川について検討してみよう。

すなわち,

$$\tau_{cr} = \tau_r \quad (19)$$

⑬の式は書きなおすと

$$\frac{\tau_p}{\tau_{cp}} = \frac{\tau_m}{\tau_{cm}} \quad (20)$$

となり, 河床剪断力と限界掃流力の比が現地と模型でいつも同じになる条件式をうる。

土研式では $f_r = 1$ となり,

$$\tau_c = \phi(\sigma - \rho)gd \quad (21)$$

であるから

$$\tau_{cr} = \phi_r(\sigma - \rho)_r d_r \quad (22)$$

となる。②式および⑧式を⑬式に代入すると $\phi_r = 1$ として,

$$hr^2/x_r = (\sigma - \rho)_r d_r \quad (23)$$

を得る。故に

$$d_r = x_r \quad (24)$$

となるので、久慈川の場合水平縮尺の取り方によっては相当細かい砂を河床材料に使用しなければならなくなる。

その2

その1において、河床材料の粒径の支配する点についてふれたが、この問題について鹿島試験所において2~3の実験を行ない、簡単な実験式を求めているのでこれを用いてみる。実験式は

$$q_s = \frac{K}{(\sigma - \rho) d^{1/2}} V^n \quad (25)$$

である。(式中nは3.5~4といった常数)また、この式の形の裏付けとしては、土研式が

$$q_s = \frac{K}{(\sigma - \rho)} f V^3 = \frac{K}{\sigma - \rho} f q I \quad (26)$$

と書けること、また藤芳氏等が多くの流砂量公式を実測値とから提案した

$$q_s = \frac{K}{d^{1/2}} q I \quad (27)$$

から判断して十分妥当なものであろう。

ここで②式から

$$q_{s,r} = \frac{K_r}{(\sigma - \rho)_r d_r^{1/2}} V_r^n \quad (28)$$

$K_r = 1$ として

$$q_{s,r} = (\sigma - \rho)_r^{-1} \cdot d_r^{-1/2} \cdot V_r^n \quad (28')$$

②8' 式を⑬式に代入すると

$$t_{s,r} = x_r (\sigma - \rho)_r \cdot d_r^{1/2} h r^{1-n/2} \quad (29)$$

②9式の $t_{s,r} =$ ⑥式の t_r とおいて

$$d_r = \frac{1}{(\sigma - \rho)_r^2} h r^{n-3} \quad (30)$$

となり、砂を使うとすれば

$$n = 4 \text{ の場合} \rightarrow d_r = h_r$$

$$n = 3.5 \text{ の場合} \rightarrow d_r = h_r^{1/2}$$

が得られ、模型の垂直縮尺から現地に相似な d_r が決まる。

また、 $d_m = 0.25$ mm の石炭粉による実験から

$$q_s = \frac{V^4}{S^{1/2} d^{0.5} g^{1.5}} \quad (31)$$

の実験式が求められた。

これより

$$q_{s,r} = V_r^4 \cdot S_r^{-1.5} \cdot d_r^{-0.5} \quad (32)$$

となり

$$t_{s,r} = x_r h_r^{-1} \cdot S_r^{1.5} d_r^{0.5} \quad (33)$$

$$d_r = h_r \cdot S_r^{-3} \quad (34)$$

が得られる。ここに $s = \frac{\sigma}{\rho} - 1$ で砂の水中密度を示す。

- (3) 以上2～3の方法を示したが、これらの方法に従って実数値を入れて補足検討してみよう。

佐藤、吉田、芦田公式を用いた場合については、前にのべた通り $f_r = 1$ であれば $t_r = t_{s,r}$ も成り立ち歪なしの模型であれば問題がない。

しかし限界掃流力の相似について考えた場合③式の $d_r = x_r$ となることから模型製作の比較的可能な $1/40 \sim 1/60$ 程度を考へて、まず $h_r = x_r = 40$ とすると、現地の粒径が $0.5 \text{ mm} \sim 0.8 \text{ mm}$ であるから、 $d_m = 0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ の砂を河床材料としなければならない。

いま簡単に入手可能な砂は、 $0.1 \sim 1.5 \text{ mm}$ 程度であるので、砂を用いた実験では、河口砂洲の崩壊に関連した水位上昇の問題では安全側、防波堤などの洗堀の問題では多少危険側の結果をもたらすことになるであろう。

また、石炭粉を用いれば $(\sigma - \rho)_r = 3.3$ であり、 $d_r = h_r^2 / 3.3 x_r$ であることから、 $x_r = h_r = 40$ の場合に $d_r = 12$ 、 $x_r = 40$ 、 $h_r = 30$ の場合に $d_r = 6.8$ となることから、それぞれ $d_m = 0.04 \sim 0.07 \text{ mm}$ 、 $d_m = 0.07 \sim 0.11 \text{ mm}$ が得られる。

なお、⑤式に関連して、さらに基礎実験の結果から④式が妥当であると考えられることから③式より

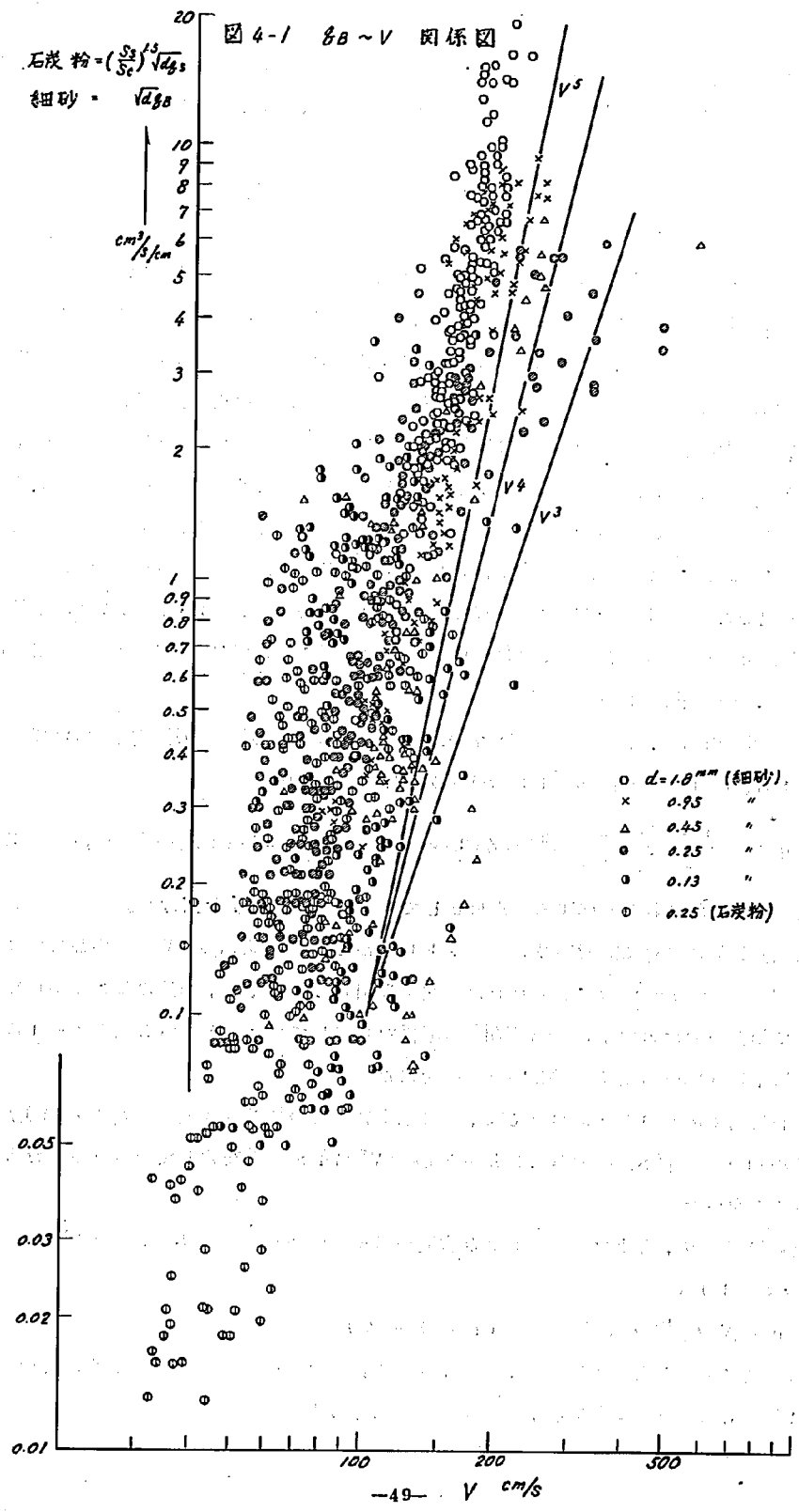
たとえば、 $x_r = h_r = 40$ 、 $S_r = 3.3$ 、 $d_r = 0.65 / 0.36 = 1.8$ （現地平均粒径 $d_p = 0.65 \text{ mm}$ 、石炭粉平均粒径 $d_m = 0.36 \text{ mm}$ ）を用いると、③式より $t_{s,r} = 6 \times 1.342 = 8.05$ 、一方 t_r は $t_r = 40^{1/2} = 6.32$ となり、フルード則による時間縮尺と流砂の時間縮尺がほぼ似たような値になる。そこで、 $t_r \neq t_r (\neq 8.05)$ として実験を行っても大きな間違いではないと判断される。ただし、 d_r が大きいと、河口砂洲の崩壊に関連した河口水位上昇の実験では、あくまでも安全側であり、これに従って $t_{s,r} = t_r = 8.05$ も、これより縮尺が小さくなり d_r のしわよせが $t_{s,r}$ と t_r に及ぶ。

以上の実験結果から河口砂洲の崩壊実験では、最も相似律の成立に近いものと考えられる、⑤式を用いて実験が進められた。

なお、防波堤や導流堤に関する定流実験では、洗堀深などについては多少危険側になる

$\text{石炭粉} = \left(\frac{S_2}{S_0}\right)^{1/3} \sqrt{d_{95}}$
 $\text{細砂} = \sqrt{d_{95}}$

圖 4-1 $\delta B \sim V$ 關係圖



が、掃流力が十分大きいときには、多少大きい模型河床材料による実験もやむをえないところであり、また実験結果にも十分の信頼をおくことができると考えられる。

4.2 予備実験とその検討

4.2.1 流砂の二次元的実験

河口部砂州における射流時の流砂法則について、まず二次元的な実験（縦方向浸食）が行なわれた。これは、流れによる砂州の浸食機構を把握し、河口部模型実験の基礎資料にするものである。実験施設およびその方法は、鹿島試験所に設置されている片面ガラス張り二次元水路（高さ 0.8 m、巾 0.6 m、長さ約 3.0 m）のほぼ中央に長さ約 7 m、高さ約 0.5 m の砂州を設定し（すなわち河口砂州を河川縦断方向に切った形を想定）、これに上流より定流量を流下、砂州を崩壊させ、その過程をガラス面より測定する。測定は、等間隔に設置された測線（ $\Delta x = 0.25$ m、または 0.33 m）にて水位と河床高を定時間間隔（ $\Delta t = 15$ sec または 20 sec）に測定し、断面通過流量は上流水位を用いて貯溜計算により算出した。使用した河床材料粒径は、 $d_m = 1.8, 0.95, 0.45, 0.25$ mm の 4 種および石炭粉 $d_m = 0.25$ mm であり、砂については偶然ながらほぼ順に倍ずつに増加している（ $Q = 20 \sim 100$ l/s）。

資料の整理方法は、流砂量は上流よりの補給がないことから流砂の連続式を用いて

$$\Delta Z(n\Delta t) = Z\{(n+1)\Delta t\} - Z\{(n-1)\Delta t\}$$

$$q_s = \frac{(1-\lambda)}{2} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \sum_1^k \{\Delta Z(k\Delta x \cdot n\Delta t)\} + \Delta Z\{(k-1)\Delta x, n\Delta t\}$$

を算出した。またこれと対応する水量としては、 $V (= q/h)$ を採んだ。

上記 q_s と V について両対数紙にプロットしたところ、まず、 q_s と V の関係としてはほぼ $q_s \propto V^n$ ($n = 3.5 \sim 4.5$) が認められた。次に砂相互については、当然のことながら粒径によって相異がでたので、 $q_s \propto V^n / \sqrt{d}$ の関係を想定してプロットすると図-4-1に示すように、ほぼ同一線上に並ぶという結果を得た。

次に石炭粉（ $\rho_c = 1.5$ ）については、砂の水中密度との比が 3.3（ $= (\rho_s / \rho - 1) / (\rho_0 / \rho - 1) = S_s / S_0$ ）であることから $q_s \propto V^n / \sqrt{d} S^m$ を想定してプロットしたところ $m = 1.5$ を得た。

以上の結果より、河床材料粒径および密度の効果を含めた流砂量実験式形として（ $F_r = 1 \sim 3$ ）。

$$q_s = V^n / d^{1/2} \cdot S^{3/2} \quad (n = 3.5 \sim 4.0)$$

を得た。なお q_s の内容としては、掃流、浮遊を含めた全流砂量である。とくに石炭粉の場合などは、水深方向に上から下までまっくろであった。

ここで、上式の d および S の指数について考察してみよう。浮遊砂はほぼ掃流砂に支配されるという考え方から、掃流砂機構について考えればよいであろう。掃流砂についてはアインシュタイン的に考えれば

河床面からとび上る砂量 $\propto$ 移動距離
であり、他は一般に

粒子密度 $\propto$ 移動速度

の形をとっている。いづれも第一項は、揚圧力またはそれに類したものに比例するとしているから、まず $q_s \propto S^{-1}$ が予想された。

次に移動距離を考えると、沈降速度が小さいほど大きいことが予想される ($q_s \propto W_o^{-1}$)。 $W_o \propto S^{1/2} \cdot d^{1/2}$ であるから、これらをあわせると、 $q_s \propto S^{-3/2} \cdot d^{-1/2}$ となり、これは上記の実験結果と一致する。

以上の結果から前節にのべたように、②式が妥当と考えられ、なおかつ d_r のしわよせを t_{sr} と t_r にもって行けば、河床材料に入手可能な粒径で、砂州の崩壊実験では、安全側の結果が得られると判断される。

4.2.2 側方浸食についての基礎検討

一方、1) とほぼ平行して側方浸食に関する基礎的資料を得るために、図-4-2に示す水路(長さ50m、巾10m、深さ0.6mこのうち下流15mは海部とするため0.8mの深さになっている)で実験が行なわれた。実験方法は、水路内に細砂を用いて砂州(巾5m、高さ0.3m、0.4m)を作製し、側方浸食の形態を知るのが目的であるから、通水路は砂州の中央または側壁沿いに設け、河床はモルタル面(水路床盤)を露出させた形(縦方向浸食を束縛した形)にして実験が行なわれた。与えた流量波形は直線的に増加させた。

実験 case および、その条件は下表に示す。

実験 case.	砂 州 高	開水路位置	下 流 水 位	実 験 時 間
1.	+ 30 cm	中 央 部	+ 10 cm	66分
2.	+ 40 cm	中 央 部	+ 10 cm	63分
3.	+ 40 cm	左岸沿い	+ 10 cm	66分

(表の中での数値はすべて現地の値とは無関係である)

実験 case 1, 2

流量が不定流であるから、実験当初の断面通過流量が少ないため、各断面の変化もさして顕著に現われなかった。しかし、実験時間の経過とともに流量が増して、河床の変動状況、側壁の崩落に伴う水面巾の増大などが観察された。

実験観察の結果から、まず流況であるが、貯溜池から開水路に流入する場合、その流

图 4.2.1 实验水路平面图

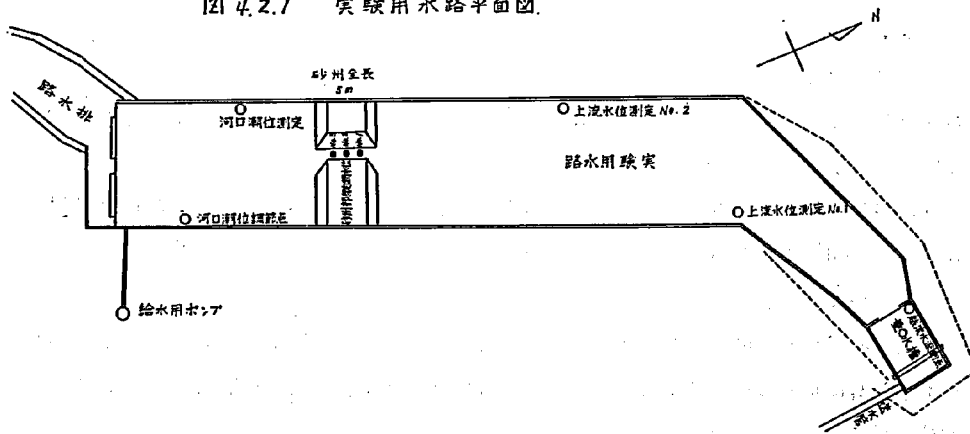
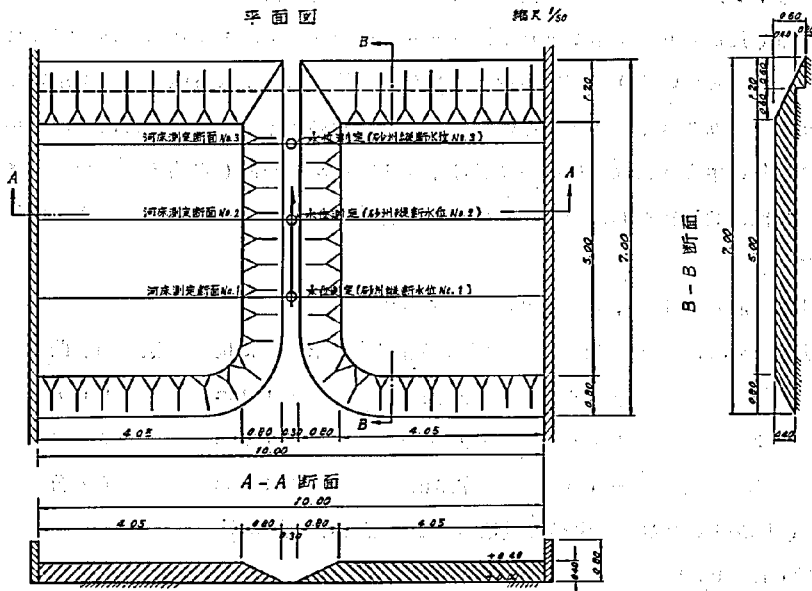


图 4.2.2 砂州形状
平面图



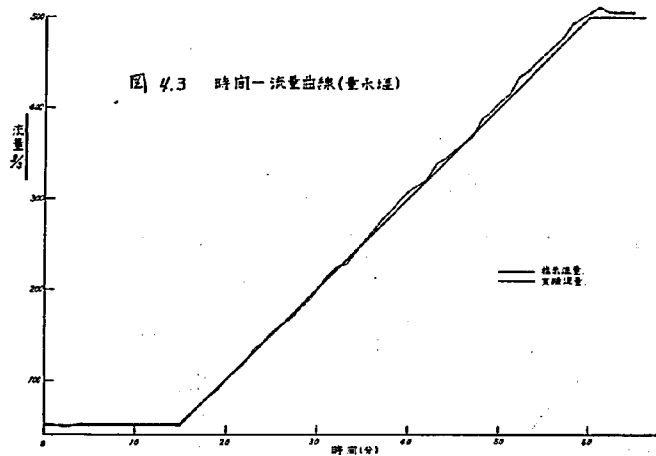


图 4.4.1 河床变动图

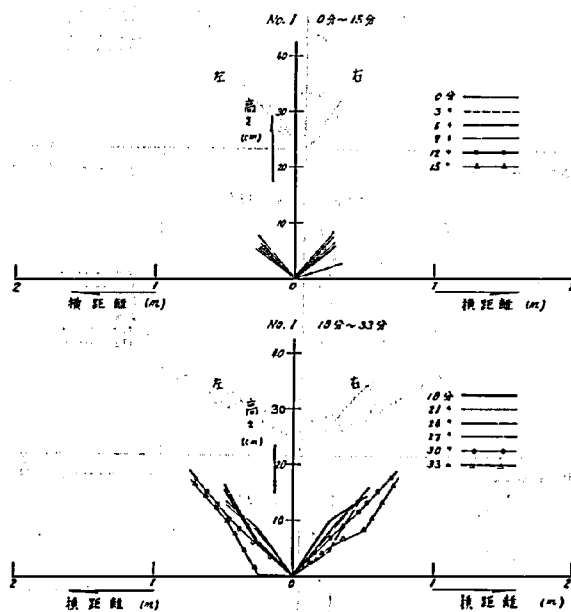
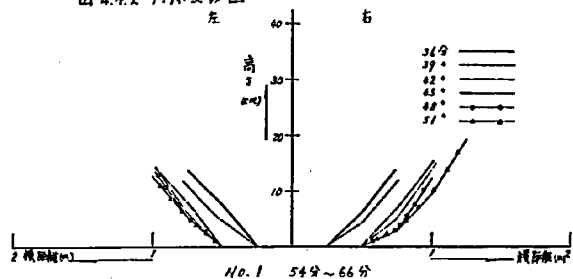
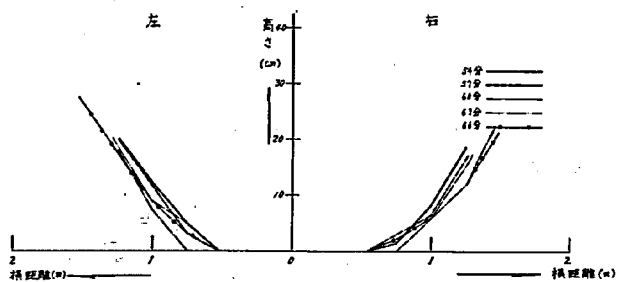


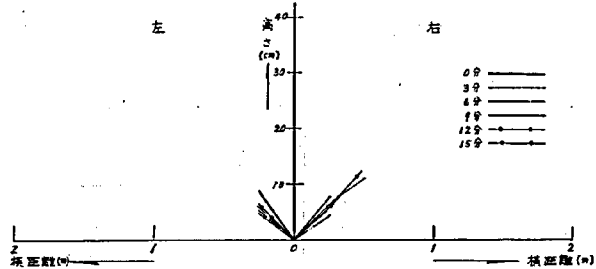
图 4.4.2 河床变形图 No.1 34分~51分



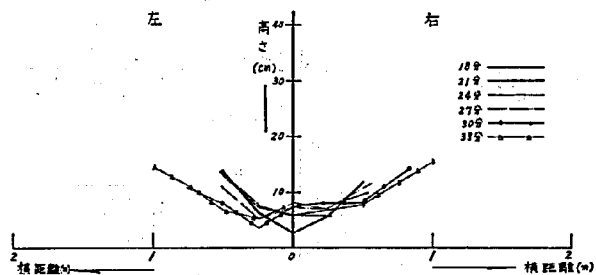
No. 1 54分~66分



No. 2 0分~15分



No. 2 18分~33分



No. 2 36分~51分

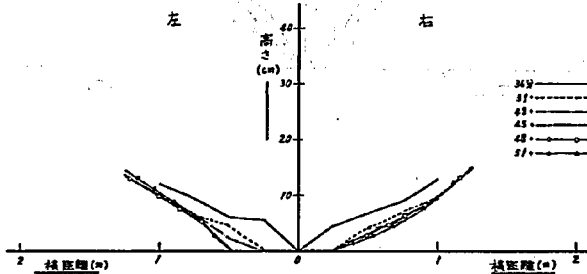
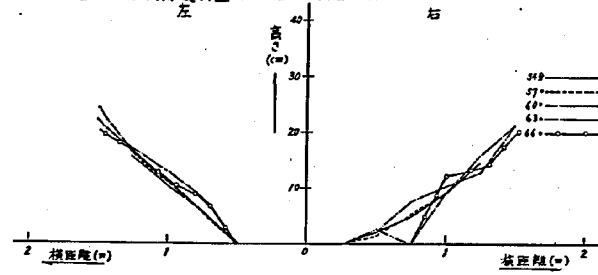
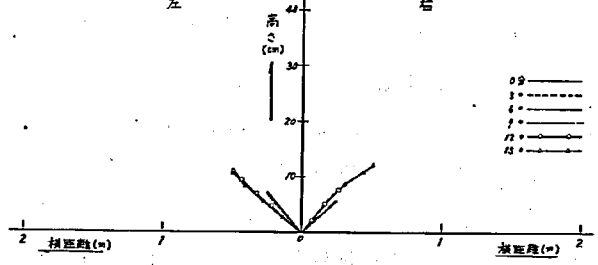


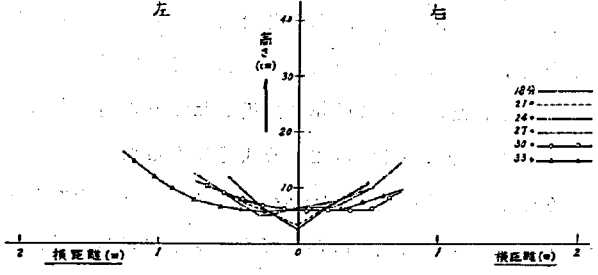
图 4.4.3. 河床变形图 No. 2 54分~66分



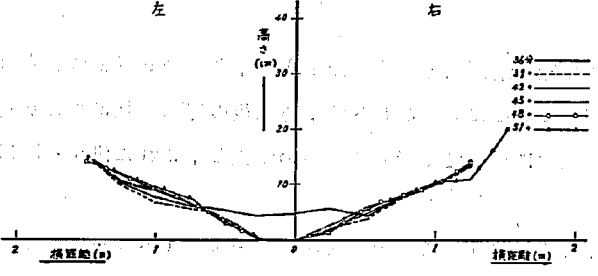
No. 3 0分~15分



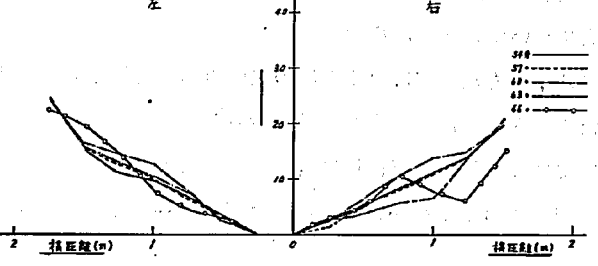
No. 3 18分~33分



No. 3 36分~51分



No. 3 54分~66分



線が 180° 全面から収斂している。開水路内の水面勾配は、時間的に変化するようにもみられるが、約0.013程度を示していた。

次に、河床変動と崩壊の状況であるが、この現象のもっとも早く現われ、そしてもっとも大きく進行するのは、開水路を縦断的にみて下流側に行くほど顕著である。つまり下流側ほど河床変化が大きいために、これに伴った側壁の崩落もおこり、当然のことながら、水面巾も狭小されている。

一方、砂州の上流端では、貯溜池全面から流線のうちとくに砂州に接近した流れによって、開水路への砂の補給があるために、ベルマウス附近の河床変化が少ないため、側壁の崩落量も下流側より少ないようである。

このような状況であるから、開水路巾を縦断的にみた場合に、上流端がもっとも狭く、下流側へ向って次第に広がっている。また、case 2においても、case 1と変った傾向は示さないで、結果については省略する。

実験 case 3

case 1, 2 の場合は、開水路を砂州の中央部に設けたが case 3 では、実験用水路の側壁を利用して、浸食を片がわだけに進行させた場合について実験を行なった。

流況としては、当然、まえの case の 1/2 の範囲で流線が収斂し、その流勢が case 1, 2 より強く現われていた。とくに砂州に接近した流れの範囲が広くなり、これに伴って開水路方向への補給砂も多くなっているようであった。

河床変動に伴う砂州の崩落状況は、case 1, 2 における両方向への浸食の場合とあまり変わらないようであり、水面巾においてやはり下流に移るに従って大きくなっている。開水路内における水面勾配は、0.023 となって前の case よりは少し大きくなっている。

また、実験前の整形断面積（通水断面積）が、まえの case の 2 分の 1 にしたうえ、流量はまえと同様であるにもかかわらず、通水後の河床形状にあまり差が出ていない。これは開水路上流端において、横方向からの流入と、これに伴なる流砂量が意外に多いためであろう。

参考までに、側方浸食実験の概要図を図-4-2-1~4-2-2に、流量を図-4-3に、そして実験中の河床変化と通水後の河床形状を図-4-1~4-4-6に示す。

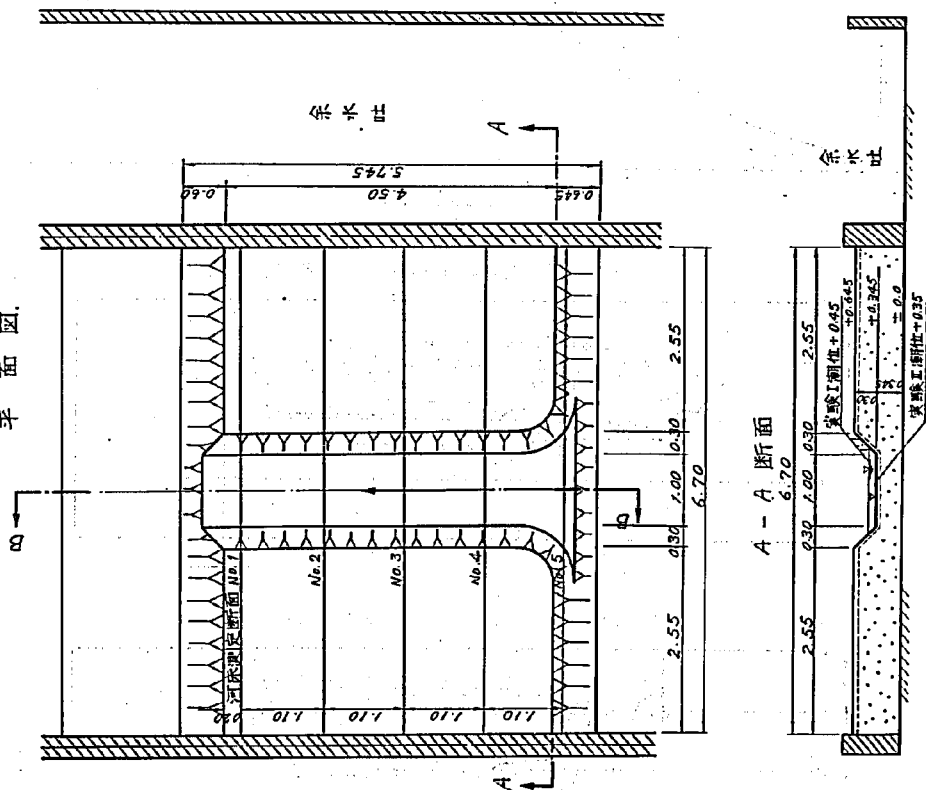
4.2.3 全断面浸食についての基礎的検討

4.2.2 においては、側方浸食時における崖の崩壊の連続を観察し、多少の資料を求めただけにとどまったので次に全断面浸食の実験を行った。

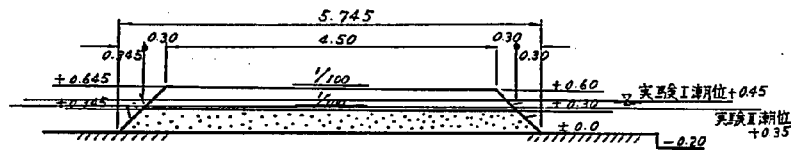
実験方法については、2) とほぼ同様にし、実験観察と共にそのデータを求めた。

実験は 2 case 行っており、砂州の整形概要は図-4-5、与えた流量は図-4-6に

图 4.5 砂州形状图
平面图



B-B 断面



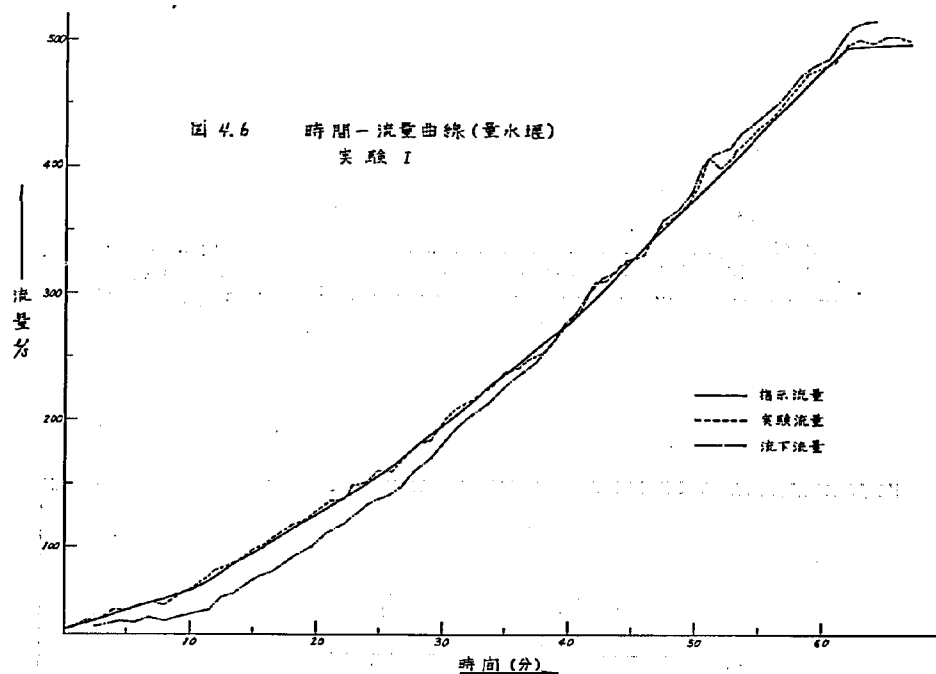


図 4.7.1. 全断面浸食における横断時間変化図 測機 1.

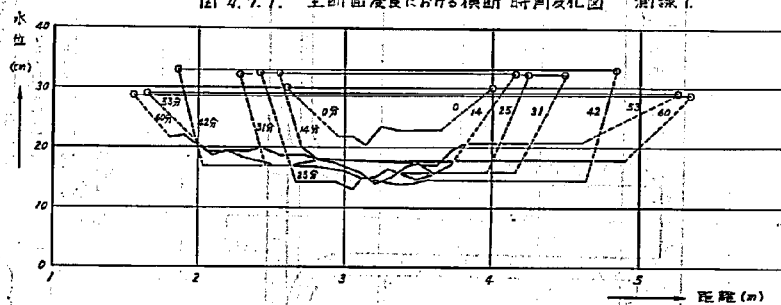


図 4.7.1. 全断面浸食における横断時間変化図 測機 2.

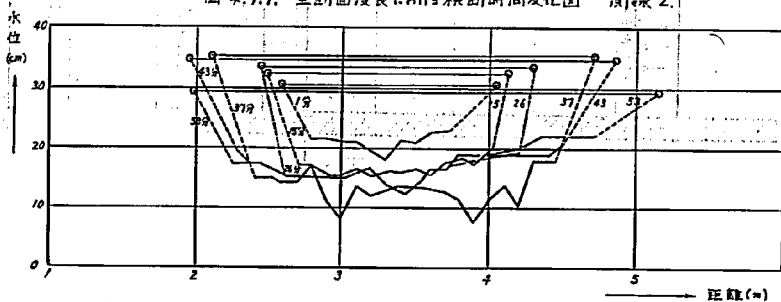


図 4.7.3 全断面浸食における横断時間変化図 測線 3

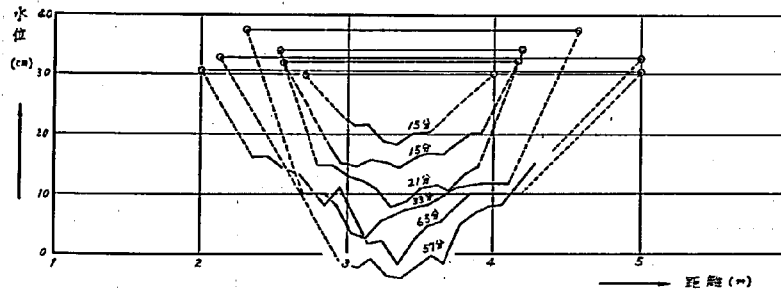
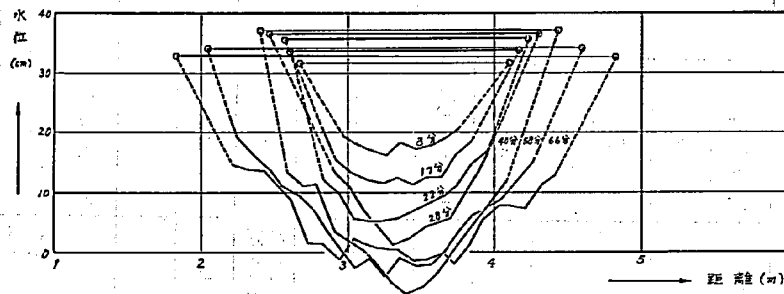


図 4.7.4 全断面浸食における横断時間変化図 測線 4



全断面浸食における横断時間変化図 測線 5

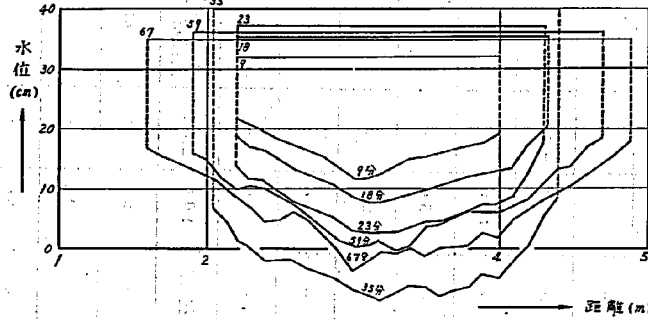


図 4.8. $q_a \sim V$ の関係図

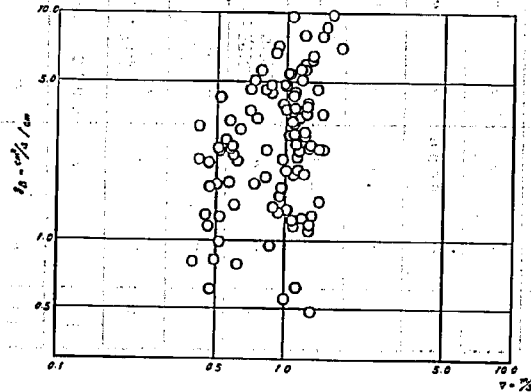


表 - 4 - 1 実 験 - 覧 表

実験 番号	流 量 (m^3/s)	潮 位 (T.P.m)	砂 州 条 件			導 流 堤 の 条 件	模 型 縮 尺	河 床 材 料	そ の 他
			開 削 位 置	開削巾 (m)	開削部 河床高				
1	不定流 4000	+0.72 const	左 岸	20	(T.P.m) +2.78	な し	$h_r=1/36, x_r=1/40$	細砂 $d_m 0.13$	
2	" "	" "	"	"	"	"	"	"	
3	" "	" "	"	50	+1.00	"	"	"	
4	" 6000	" "	"	100	"	"	"	"	
5	" 4000	" "	"	50	"	"	$h_r=1/30, x_r=1/40$	"	
6	" 6000	" "	"	100	"	"	$h_r= x_r=1/40$	石炭粉 $d_m 0.36$	
7	" "	潮位変化 水位：潮位	—	0	—	"	"	"	水位のピークと潮位のピークをほぼ同一時刻に発生するようにした。
8	" "	" " 流量：潮位	—	0	—	"	"	"	流量のピークと潮位のピークをほぼ同一時刻に発生するようにした。
9	" "	" " 水位：潮位	左 岸	100	±0.00	低水路導流堤，左岸 防波堤に平行250m案	"	"	水位のピークと潮位のピークをほぼ同一時刻に発生するようにした。
10	" "	+0.72 const	"	50	"	な し	"	"	
11	" "	" "	"	25	"	"	"	"	
12	" "	" "	"	50	"	"	$h_r= x_r=1/53.73$	"	
13	" "	" "	"	100	"	低水路導流堤，先端 狭窄案，250m案	"	"	
14	" "	" "	"	"	"	低水路導流堤，先端 狭窄案，150m案	"	"	
15	" "	" "	"	35	"	な し	"	"	

16	"	"	"	"	50	"	"	"	"	
17	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
18	"	"	"	右岸	"	"	"	"	"	
19	定流 2000	+0.34 const	左岸	100	-2.00	左岸防波堤および右岸導流堤彎曲案	"	"	"	通水時間は4時間(導流堤2条)
20	"	"	右岸	"	-1.00	"	"	"	"	8 "
21	"	"	左岸	"	"	右岸導流堤15°案 左岸防波堤 港案	$h_r = x_r = 1/56.27$	"	"	4 " (導流堤3条)
22	"	"	右岸	"	"	"	"	"	"	8 "
23	"	3000	"	"	"	"	"	"	"	8 "
24	"	2000	"	"	"	"	"	"	"	20 "
25	"	"	"	"	-1.00	右岸導流堤15°案 堤長160m	"	"	"	8 "
26	"	"	"	"	"	左岸導流堤25°案 堤長320m	"	"	"	1.5 " (導流堤4条)
27	"	"	"	"	"	右岸導流堤25°案 堤長176m	"	"	"	1.5 "
28	"	"	"	"	"	右岸導流堤25°案 堤長176m, 消波 ブロック	"	"	"	1.5 "
29	"	4000 6000	"	"	"	"	"	"	"	実験28の河床に対して4000 $m^3/s = 2時間$ さらに6000 m^3/s を2時間通水
30	"	2000	"	"	"	右岸導流堤15°案 堤長320m, 消波 ブロック	"	"	"	通水時間8時間
31	"	4000 6000	"	"	"	"	"	"	"	4000 m^3/s を2時間, その後の 河床に5000 m^3/s を1時間通水
32	不定流	6000	"	"	"	"	"	"	"	
33	定流	2000 4000 6000	"	"	"	"	"	"	"	2000 $m^3/s = 6時間$, その河床 形に4000 m^3/s と3時間, さらに 6000 m^3/s を1時間通水

示す。

これらの実験から得られた河床の時間変化を図-4-7, 流砂の連続式より求めた q_b を流速 V で整理してみたものを図-4-8 に示す。

図-4-8 から, その流砂量の傾向と前に行っている二次元実験の結果 (図-4-1) とを比較した場合, 全断面浸食における流砂量はバラツキは大きい, ほぼ似ているものと判断される。

このような結果が得られたことは, 当初心配された「側方浸食における流砂機構と, 縦方向浸食による流砂機構の違いについて」は一応解決の糸口が見出されたと云えよう。

4.3 河口砂州の崩壊に関する模型実験

洪水時に, 河口砂州による河道内の水位上昇と, その砂州の崩壊現象を測定および観察により求めた。また, この実験は, 砂を河床材料とした場合と, 石灰粉を河床材料とした場合の2つに大別される。

4.3.1 細砂による模型実験

相似律の検討の結果, d_r のしわよせを t_{sr} および t_r にもたせた実験を行う手法を取ったのであるが, あくまで安全側であろうことは, ほぼ予想して実験を進めた。

実験は5 case (表-4-1参照) 行っており, 模型縮尺は, 平面縮尺 $1/40$, 垂直縮尺 $1/30, 1/36, 1/40$ を使用した。

模型の範囲は河口, 海に向って $600m$, 上流は $2.3Km$ までが模型として作っており, その他 $0.64Km^2$ 程度の貯溜面積がとってある。水路巾は $360m$ で, 海についても導流堤を想定して, このままにしてある。実験用の砂は $d_m = 0.13mm$ を採用した。

模型砂州部縦断形状は図-4-9の通りにした。これはこれまでの現地縦断資料を参考にして決定したものである。実験潮位は $0.72m$, 実験流量の hydro graph は, 常陸工事々務所において, 実測洪水資料がないことから Rziha の式で到達時間を計算して, $4000m^3/s$ の計画波形を作製しているので, これを参考にして, $6000m^3/s$ の波形を作製した (図-4-10)。

実験とその結果

実験はすべての case とも, 通水前に下流の海の部分に所定の潮位に達するまでポンプで注水し, しかる後に実験流量を上流量水槽より流下させた。

case 1, case 2

これは, もし現状程度まで砂州が発生した場合, 洪水時河道内水位の上昇高について実験したものである。

附図-4-1の水位曲線をみると, 砂州オーバーフロー時の $2Km$ 地点の水位は T.P.

4.8 m, 流量ピーク時の水位は 3.4 m ~ 3.5 m を示しており, これは計画高水位 4.09 m を上まわるものである。また, 通水後の河床形状は, 低水路の開削位置を左岸にしている関係から, 最深部は, やや左岸よりに, その深さは T. P. - 4 m 程度を示しており, この状況は case 1, 2 と同様であった。

case 3, case 4

砂州の一部をブルドーザで開削した場合の効果について実験した。開削敷高は現地で実際に行なった結果 T. P. + 0.8 ~ 1.0 m が限度とのことなので, これを T. P. + 1.0 m とし, 開削巾を case 3 では 50 m, case 4 では 100 m とした。

流量については, 前者が $4000 \text{ m}^3/\text{s}$, 後者が $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。結果は附図-4-2 にみられるように, 初期最高水位はそれぞれ 4.4 m および 3.8 m, 流量ピーク時の水位はそれぞれ 3.4 m および 3.9 m になっている。なお, 本実験では, 潮位調節に一部難点があり, 0.72 m を越えていることは残念である。

実験中の流況は, 両者とも左岸に低水路を開削しているため, 左岸側に流線が集まる傾向にあり, 砂州の崩壊も左岸低水路から進行している。通水後の河床形状においても, 河道左岸ぞいに最深部が生じており, その量については, 流量の大きい case 4 の方が多少大きいようであった。

case 5

case 1 ~ 4 までの実験において安全側とは云え, あまり上流水位が高いので縦縮尺を大きくして模型の掃流能力を大きくする方法で実験した。また, 比較のため case 3 と同様の条件にした。

これによれば, case 3 より初期最高水位および流量ピーク時の水位とも 40 cm の低下をみた (附図-4-3)。

流況および砂州の崩壊状況においては, case 3 とほぼ同様であり, 通水後の河床形状もとくに変わった傾向はみられなかった。

4.3.2 石炭粉による模型実験

case 5 の結果, および細砂 $d_m = 0.13 \text{ mm}$ と石炭粉による相似律のための実験結果から判断して, これまでの実験が多少安全側に過ぎることが判明したので, 次の case 6 からは, 河床材料を砂から石炭粉 ($d_m = 0.36 \text{ mm}$) に変更して, 主に河道内の水位, および砂州の崩壊現象について実験を行った。

case 6

比較のため case 3 と同一条件で実験した結果, 初期最高水位は, T. P. 3.3 m で, 後半は少し潮位の影響が出ているようであるが, T. P. 3.4 m 程度を示している。また, 実験開始当初の砂州崩壊状況は, これと云って特別な傾向は示さない。側方浸食状態に

图 4-9 模型平面与30°侧断面

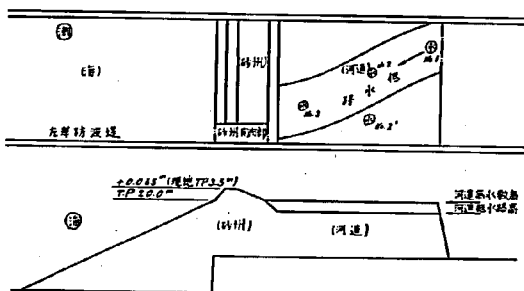


图 4.10 实验流量过程

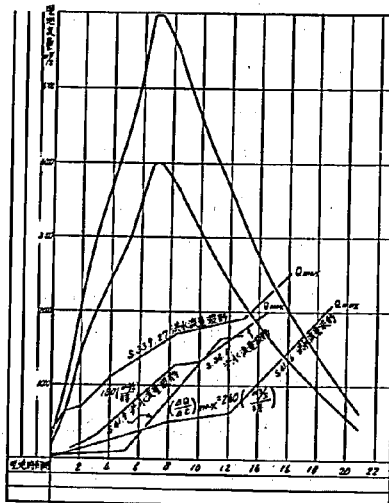


图 4.11 时间-水位及化比较图

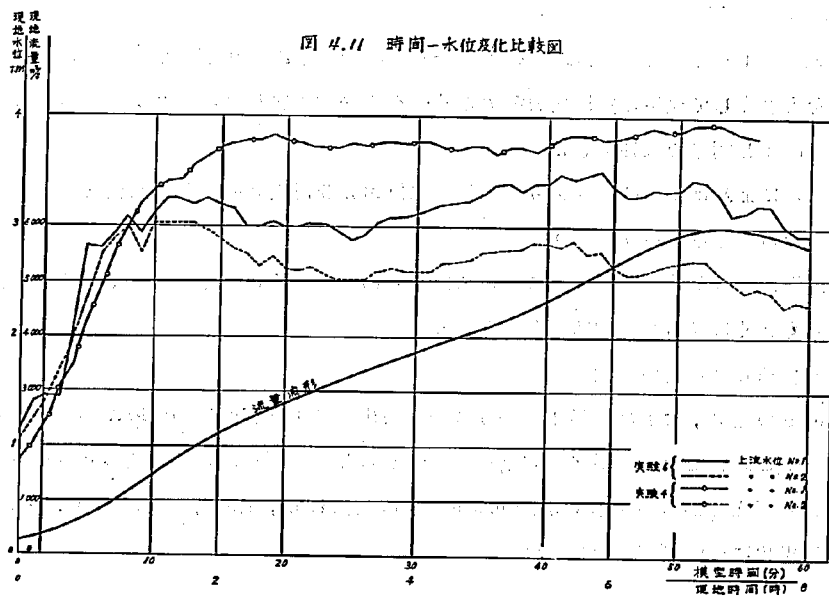


図 4.12 実験潮位波形

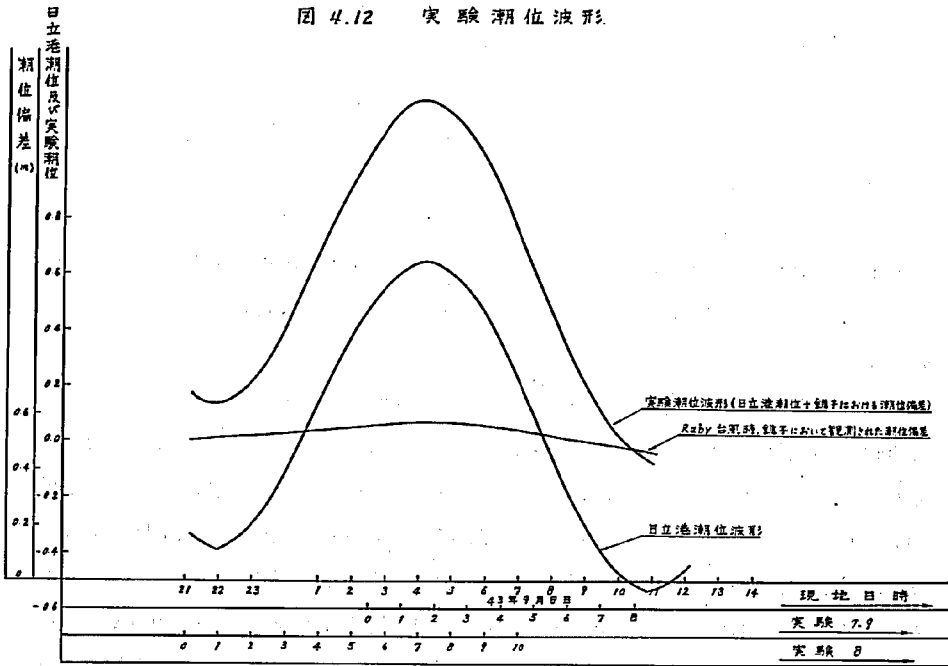
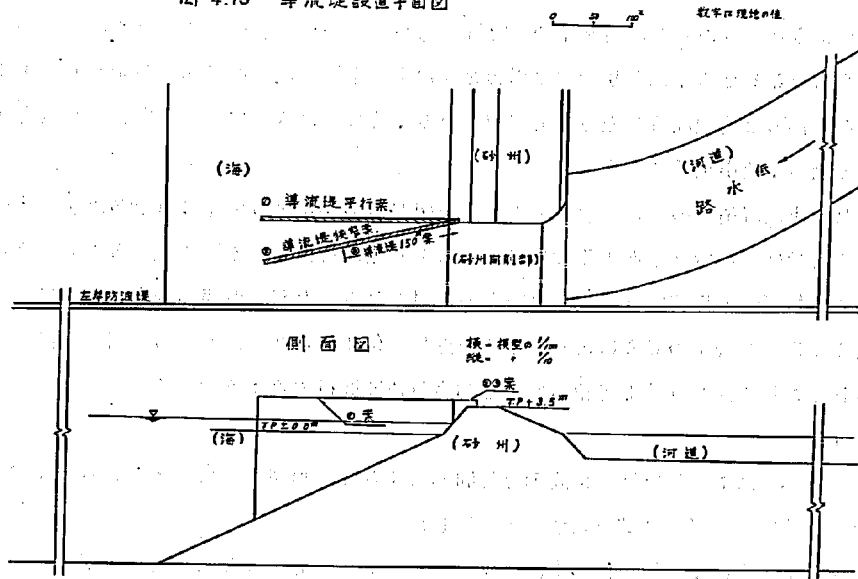


図 4.13 導流堤設置平面図



については、砂州下流部、つまり汀線側の浸食が上流側よりやや早い傾向を示す。これは、開削部河道への流入流況が大きく支配するものである。その流況としては開削河道の入口に流線が収斂しており、これに伴う流砂量が多いため、側方浸食が進めないものと判断された。

しかしながらこの状態も実験開始当初に限られ、上下流の水位差が大きくなるに従って側方浸食が進み、崩落形状も河道に平行した形となる。

水位結果について case 4 と比較したものを図-4-11 に示す。比較図に見られるように高水位を示す時間が短くなり水位ピークの値が 0.5 m 程低い値を示した。これは細砂による実験が安全側過ぎたことを示しているものと判断された。

case 7

これまでに行ってきた実験は、河口部における潮位がすべて時間的に一定であったが、今回はその潮位に時間-潮位変化を与え、これが砂州の崩壊状況、ひいては上流河道内水位に及ぼす影響を把握しようとしたものである。実験に用いた潮位波形は、利根川河口において昭和25年10月、Ruby 台風の際に観測された潮位偏差を、日立港における推算潮位に加えた波形とした(図-4-12)。その他の実験条件は表-1にも明らかであるが、砂州は現状(T.P. + 3.5 m)で完全閉塞、流量は $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ である。また先にのべた潮位波形の与え方は、これまでの実験での経験から、上流水位のピークが現われる時間近くに、潮位のピークが一致するようにした。

このような条件のもとに実験、観測を行ったが、砂州の崩壊状況については砂州が完全閉塞形をとるため、あまり潮位の影響を受けず、全面越流の形で崩壊が始まり、後にはその一部の縦方向浸食が先行して河道となり、その後は人工的な開削を行った場合と同様の崩壊、流出現象を示す。

また、上流河道内の水位においても、完全閉塞の砂州によって、これを越流する水位になるまでは単に貯溜するのみであり、いったん越流を始めても下流潮位との差が大きいため直接潮位の影響はうけていないものと見られる。ただ、時間の経過とともに崩壊が進み、潮位も降下の傾向になると、この潮位変化に従った上流水位の平行的な降下が見られ、これに伴う流水河積の増加も割合急速に進行するようである。

case 8

この case は 7 に用いた潮位波形を時間的にずらし、模型実験で与えられる流量ピークの到達時に潮位ピークが合致するようにした。

case 7 と同様、下流潮位の上流へ及ぼす影響を把握しようとしたものであるから、上流水位について case 7 との比較を行ってみると、やはり貯溜時及び水位ピーク時までは同様の上昇勾配を示しながら最高水位 4.4 m 近くに達する。これがいったん降下範

圃に入ると急速に低下している。この現象は、明らかに下流潮位の影響をうけていると見られる（附図-4-1~4-4-2）。つまり、砂州越流時、および、水位の最高に達する時間に、下流潮位は最低位に近づいており、砂州上、下流での水位差が最大を示している。また、砂州の崩壊速度も促進されるため上流水位の降下勾配も急なものとなる。これ以後の状態は case 7 と同様、下流潮位波形の支配するところにより、これと平行した水位変化を示すものと判断される。以上の結果から、下流潮位の変化が上流の水位および砂州の崩壊に及ぼす影響としては、洪水前半にはあまり支配的なものではなく、顕著な影響の現れるのはむしろ後半になってからのようであり、この地点では上流水位も低下しているのでさして問題はないのであろう。

case 9

鹿島試験所における実験と平行して赤羽支所海岸研究室において河口部低水路維持の問題について実験検討を行い、低水河道維持に関して、導流堤の必要性が提案された。

この問題については、海岸研究室と打合せの上、導流堤は左岸防波堤より 100 m（低水河道巾 100 m）、左岸防波堤に平行、高さ T. P. 4.0 m、堤長 250 m とし、砂州部への取付け位置は、T. P. 0.72 m（汀線付近）が導流堤の上流端となるよう設置した（図-4-13）。

また、導流堤内河道の状態は巾 100 m 部分を河床高 T. P. ± 0.0 m まで切下げることとした。下流潮位においては、case 7 と case 8 の比較の結果、わずかではあるが case 7 の上流水位が case 8 より上まわるので最悪の条件を考えて、case 7 に用いた潮位条件を採用した。

結果について、やはり上流水位の上昇に対しては、砂州開削巾 100 m、河床高 T. P. ± 0.0 m という低水河道は大きな影響を与え、下流潮位の最高時にもかかわらず上流における最高水位が T. P. + 3.3 m となり、case 7、8 などに比べ大巾な低下量を示している。また、第一波目の水位波形が過ぎた後の水位降下現象も、前に行った case 7 と同様潮位波形の降下とはほぼ平行している（附図-4-5）砂州の崩壊状況については、低水河道の開削が大きなものであるから、実験開始当初はあまり顕著な全断面浸食は観察されなかったが、時間の経過と共に、流量が多くなり、河道巾も大きくなると、低水路導流堤の前面の洗堀が極度に進行するようである。本実験は河床材料の不足から十分模型を高くすることが出来なかったために、水路の河床面モルタルが露出するまでに及んだ（河床モルタル面 = T. P. - 8.60 m）。このような過程を経て崩壊が進むのであるが、河道巾 150 m ~ 200 m 以上に広がった頃に、その流心が導流堤外側への水街部となり、河床に局所洗堀が起るようである。したがって、導流堤の内側（当初の低水路）は、逆に一部堆砂の傾向となる（附図-4-6）。

case 10

これまでに行なって来た各実験の結果から、潮位変化の上流水位に対する影響は予想したほど大きなものではなく、合せて case 6, case 9 の水位を見比べてみると開削河床高が 1 m 異なるにもかかわらずその最高水位においてはあまり大きな差がみられないことなどから、case 10 においては、開削河道巾 50 m, 河床高 T. P. ± 0.0 m (開削巾と河床高を置きかえた形) として、潮位 T. P. + 0.72 m constant で実験を行なうことにした。

上記のような開削条件として実験を行なった結果、最高水位においては 3.4 m となり、case 6 の最高水位 3.25 m と比べた場合わずかに 0.15 m の上昇にとどまっている。砂州の崩壊状況については、導流堤を設置した場合よりは多少側方浸食の進行が早いようであり、また河道巾が 150 m 近くになった時点での流況が、導流堤がないために極く自然の流れ方をしている。

case 11

case 10 の条件を更にきびしくした実験である。これは、case 10 において得られた最高水位 3.4 m は、2.0 Km における計画高水位に対して少し余裕のあることから開削巾を 25 m に狭めてみた。

結果は、最高水位 3.70 m 程度となり、砂州の崩壊現象は case 10 の場合とほぼ変わりはない。また通水後の河床形状などを見ても左岸防波堤附近に多少の洗掘のあること等、前の実験と大差はないと判断される。

case 12

これまで実験を行ってきた水路内には、久慈川模型実験に対する基礎実験に用いた高さ 0.8 m, 巾 0.3 m, 長さ 30 m の壁があったが模型縮尺をあまり小さくしなかったことからこの壁を模型内においたまま模型縮尺 1/40 で、水路巾 10 m をフルに利用して実験したのであるが、やはり、このような構造物があることは流況に、ひいては砂州の崩壊現象に支障があるものと判断されたので、模型縮尺を変えて、単一水路で実験を行なうことにした (縮尺 1/53.73)。

したがって、検証の意味も含めて、case 10 の実験条件と同一にして実験を行なった結果、水位波形が異なっており、水位の高い時間が長くなっていることがわかった。

ここで、相似律の検討でのべたが、時間縮尺の問題についてみると、 $x_r = h_r$ として

$$t_r = h_r^{1/2} = \sqrt{5.373} = 7.330$$

となり、一方 q_B の相似を考えて

$$q_B = \frac{V^4}{S^{1.5} d^{0.5} g^{1.5}}$$

とすれば

$$\frac{x_r \cdot h_r}{t_{sr}} = \frac{h_r^2}{S_r^{1.5} d_r^{0.5}}$$

となり、

$$t_{sr} = \frac{x_r \cdot S_r^{1.5} d_r^{0.5}}{h_r}$$

となる。ゆえに、 $t_{sr} = S_r^{1.5} \cdot d_r^{0.5} = 3.3^{1.5} \times 1.8^{0.5} = 8.05$ が得られた。これは、前の実験と同様の時間縮尺と云える。

case 13

赤羽支所海岸研究室において、海からの波による砂州の発生、およびその発達と、これに対する防止対策について、模型実験による検討をへいこうして実施している。

一方、鹿島試験所においては、洪水流による砂州フラッシュの可能性と、洪水初期に必要な低水路河道巾、これらの条件下における砂州上流部河道内の水位上昇について検討を行なった。

この結果について両者で打合せを行ない、低水路河道維持のための導流堤の効果、およびその他の問題点について検討することになり、case 13を計画したものである。

(図-4-13参照)

実験結果から、砂州開削巾 10.0 m 、その河床高 T. P. $\pm 0.0\text{ m}$ の河積の効果は大きく、導流堤の設置と、その狭窄形状の影響も、実験開始当初における上流水位にはほとんど現われていないようである。しかし、時間の経過に従い、側方浸食の最も急速に進行すべき時において、導流堤上流端がこの妨げとなり、側方へ進むべきものが、縦方向に浸食が進行していくようにみられる。さらに、時間が経過し、上流々量も増加してくると、低水路河積の不足と導流堤下流端の狭窄形状の効果が現われ、上流河道内水位も上昇の一途をたどり、 4.5 m 程度の最高値を示すことになる。

導流堤の狭窄形状が、このように洪水流疎通の障害となるため、当然砂州の崩壊状況

も全面越流の形態となり、完全閉塞と同様の崩壊現象と似てくる。さらにこの全面越流が進行して、導流堤右側の砂州部に新たな水路が出来る、前とは逆に導流堤左側の河道内の流速は急速に衰え、堆砂の傾向が強くなる。

case 14

case 13における導流堤下流端狭窄の形状が、洪水流疎通に大きな障害となったものと判断されたので、今回は、この狭窄形状を少し緩和するため、導流堤下流端を100m切断して、有効河道巾を70mとした。その他の実験条件においてはcase13と同一にした。

実験観察およびその結果から上流水位の上昇のカーブが、非常にゆるやかで、しかも、最高水位がこの地点での計画高水位以下である。砂州の崩壊現象も導流堤上流端の障害による側方浸食の遅れは多少あっても、case 13にみられた様な全面越流はなく、極く自然と思われる浸食状況を示した。

また、case 13にみられた時間の経過と側方浸食の進行に従って、導流堤内の流速の低下も極端には現われないが、それだけに、河道内における縦方向浸食の程度と、導流堤上流端の前面洗掘の度合および導流堤外側に対する水衝部の局所洗掘等が心配される。

case 15

case 12以降、模型縮尺も変わり、水路の状態も変わったので、模型実験の再現性に一部不安を残していたため、この問題の解決をかねて、ふたたび、開削河道巾と上流水位の検討を行なうことにした。case 11において開削河道巾25mの場合には、上流河道内の水位が最高3.70mとこの地点の計画高水位を少々上回るが、case 12において開削河道巾50mの場合には、3.55mと計画高水位以下であるので、これらから判断してこの中間の開削巾35m程度の場合について実験を行なった。結果は、3.90mと大巾な上昇を見た。砂州の崩壊現象も側方浸食による崩落のみで、砂州を越流することはない状況であった。

case 16, 17, 18

この3 caseを行なった理由はcase 15と同様の再現性の問題と、もう一つは、

case 15の開削巾35mの水位結果が、意外と高く出ていることもあったため、開削巾を50mとしてその他開削位置を変えた(case 18)条件で実験を行なった。

3 caseの水位結果をみると最高水位が3.95m, 3.80m, 3.90mと3 caseの間で0.10mから0.15m程度の間をもって変化している。もし、開削位置の影響があるとすれば、case 16とcase 17の値がほぼ似て、case 18の値が特異なものとなるはずである。しかし、このような傾向はみられず、しかも、case 16とcase 17の差が最も大きいことから開削水路の位置はあまり関係ないものといえそうである(附図-4-7-1から附図-4-7-10まで)。

4.3.3 河口砂州の崩壊に関する模型実験のまとめ

以上、これまでの一連の不定流模型実験において、砂州の崩壊現象および、これに伴う上流河道内の水位上昇傾向などを求め、それに対処すべく洪水時の初期低水路の必要河積を、具体的な数値とすべく努力して来た。またこの途中に、河口部への砂州発生を防止し、かつ平常時の低水路を保護すべく、低水路導流堤の検討も加えて行なった。ここで、これまでの結果から定性的なものではあるが、明らかにされたことを列記すると、次のようである。

- (1) 砂州完全越流の場合、河口砂州の崩壊流失は望めるが、上流河道内の水位上昇は大きく、計画高水位を上廻るものであろう。
- (2) 洪水期に、低水河道を人工的に開削して洪水に備える場合、その開削量としては、河道巾 $40\text{ m} \sim 50\text{ m}$ 、この河床高 $\text{T.P.} \pm 0.0\text{ m}$ は必要であらう。

もし、河床高 $\text{T.P.} 0.0\text{ m}$ までの開削が不可能であれば、開削巾 $50\text{ m} \sim 75\text{ m}$ 、その河床高 $\text{T.P.} + 1.0\text{ m}$ の河道にしたい。

- (3) (2)の河積を維持する目的で低水路導流堤を設置するならば、設置方法(例へば case 14)によっては洪水流の疎通と、側方浸食および縦方向浸食による河積の増加などにもさして支障はないように見られる。

しかし、低水路導流堤の両側と、防波堤近くに河道に平行した深堀と、低水路導流堤の前面洗堀ができる。その洗堀深は汀線附近の防波堤近くで $\text{T.P.} - 1.0\text{ m}$ 、低水路導流堤両側で $\text{T.P.} - 1.2\text{ m}$ までに至っている。また低水路導流堤前面洗堀においても水路河床モルタル面が出るほどなので、 $\text{T.P.} - 1.3\text{ m}$ 以上になるであらう。このような状況からして、低水路導流堤自体の維持に相当の困難をきたすものと判断される。

- (4) (2)における人力(ブルドーザ)による低水路の管理のほか、常設の機械力(たとえば、タワーエキスカベーターなど)による場合、または砂州の発生する場所に河道に平行して大型の balloon を埋設しておき、洪水時はこの空気を抜き去り、その体積を河積におきかえる方法なども考えられる。しかし、人力、常設の機械力では常時この管理態勢をとらなければならない、また balloon 方式も洪水ごとの消耗品となるであらう。

これらを考えあわせると、平常時はもとより、洪水ごとにも労力を必要とせず、しかも洪水の疎通に必要な河積を常に維持出来得る右岸の導流堤が必要であらう。

4.4 防波堤および右岸導流堤案の検討

不定流による現状河道の砂州フラッシュの可能性と、これに伴う上流河道内の水位上昇、および低水路導流堤の可否などについて、ほぼ結果が得られた。

この時点で、これまでの実験結果と今後の検討方針について、海岸研究室と鹿島試験所の

打合せの結果、右岸導流堤の設置案が提案され、これについて海岸研究室と鹿島試験所で細かく実験検討を行なうことにした。鹿島試験所の担当としては、これまでと同じように、河川からみた場合の河口導流堤（計画河道）各案について実験を行なった。測定内容は計画河道内の流況と、これに伴う洗堀、堆積の現象などを主とした。以下各計画案の実験観察結果を記す。

4.4.1 計画導流堤案（その1）

赤羽支所海岸研究室で立案したところの右岸防波堤および左岸防波堤の形状について、河川側からみた場合の洪水時の疎通能力、これに伴う水位変化、および河床変動の実験を行なった。なお、整理の都合上実験番号（case, No）は、これまでの通し番号とする。

case 19

河口が右岸側に大きく彎曲した防波堤および導流堤形状とし、砂州は0.34 mまで低くした形をとった。低水路は左岸に巾10.0 m、その敷高-2.0 mに維持されたものとしている。外浜勾配は現地深淺測量結果から判断して1/50としており現状河道の実験の場合と同様である。

以上の条件で実験を行なった結果、水位は、実験開始当初は不安定であるが、間もなく時間的な変化がなくなり、2.0 Km地点で1.40 m～1.60 mの値を示している。（附表4-1）次に河道内の流況であるが、低水路河道が左岸で、その敷高T.P. - 2.0 mということも加わってか、左岸に流線が片よる傾向にあり、さらには、左岸防波堤沿いに、その主流を現わすようになる。このため、実験中に左岸防波堤の中央部附近に洗堀がみられるが、これは、実験時間が経過してあまり大きな発達はみられないようである。また、これより下流の水深の大きい所では、堆砂の傾向にあり、それも河道中央部に大きく出ている。堤体平面（図4-14-1）、通水後の河床形状（附図-4-8～1から、附図-4-8～2）。

case 20

case 19と比較のため、低水路を右岸導流堤側に開削した場合について実験を行なったものであるから、低水路の位置を変えたほか全く同一の条件とした。

観測の結果、水位には大巾な変化はみられない（附表4-2）しかし、低水路河道が右岸に移っただけにその流況は主流が右岸に移動し、右岸導流堤沿いに流下したものがそのまますぐに左岸防波堤先端をかすめて外海に流出している。つまり河道を多少斜めに横切るような流れ方をしている。このためか左岸側の流速はかなり小さくなり、堆砂傾向も大きい。河床の洗堀も右岸側に大きいようにみられ、下流（外海も含む）における堆砂傾向も多少変って、滞筋の感じを受ける帯状の深堀の両側に多く砂の堆積がある。また、河道外へ流送される土砂も相当あると判断される（附図-4-8～3、附図-4-8～4）。

4.4.2 計画導流堤案(その2)

河口部防波堤および右岸導流堤形状は、常陸工事事務所との打合せの結果、その計画案として打出されたものである。(図-4-14)。

ここで、左岸防波堤については、港湾計画との関連で計画案通りとし、右岸導流堤の法線について検討された。問題は、右岸の導流堤を設置することにより、現在の汀線近くに砂州の発生を防止、または軽減することが出来得ても、洪水時にその疎通能力が減少しないようにすることである。そして、流れのへん流がわずかであって、大きな砂州の堆積や大きい深堀ができないものが理想とされる。かりに、導流堤によって、砂州の発生を完全に防げなくとも、先に行った現状河道の実験結果から判断して、水路巾100mその敷高T.P. ± 0.0 m程度の水路が維持されれば、洪水時に流れによる砂州浸食の可能性は望めるであろう。そこで、左岸または右岸のいずれかに、上に記した程度の河積を保ち、しかも、洪水時の堤体維持の可能な法線形を見い出すべく、波と流れの両者の検討を、海岸研究室、鹿島試験所で分担した。

この問題について、8 caseの実験を行っているので、これら各caseごとに簡単にその結果をのべ、最後に全体の総括を試みる。

case 21

まず、低水路が左岸に維持された場合の実験であるが、左岸防波堤を河口前面で右側へ1ヶ所で折曲げているうえに、左岸に低水路を設置したので、実験中はその流況に次いで河床の洗堀状態に注意した。実験に採用した流量は $2000\text{ m}^3/\text{s}$ 定流である。

この結果、現在の汀線附近における河道内の流線は、先に行った現状河道で、低水路右岸の条件とはほぼ似たようなようすであるが、左岸防波堤の折れ曲る部分から少し下流で流線が収斂する。これが防波堤側壁に沿って河床方向に巻き込む流れを発生させ螺旋流の形で河床を洗う。このために防波堤附近には特異な河床洗堀が起きている。また、流線が左岸側に収斂するとは云へ、流速こそ小さいが河道中央附近から右岸側にかけても相当の流れがあり、これが、右岸導流堤形状からみても推定出来るように、右岸導流堤先端近くに流速を増し、さらに流下して、左岸側の主流と一体となって左岸防波堤先端をかすめて外海に流出する。このような流況からして、河道から外海に出る附近の流れは非常に複雑であるが河床の洗堀状態は表面流にはほぼ似た形をしており、特に流れの集まる左岸防波堤先端附近はこの洗堀傾向が強い。(附図4-9)

水位においては、2.2 Kmの地点で1.30~1.40 mの値を示し、大きな変動はない。流速は、右岸導流堤先端部分で、実験当初の平均流速2.2 m程度のものが、時間の経過とともに大きくなる傾向にある。また、左岸防波堤先端部と、これより200 mほど上流の防波堤附近では実験時間全体を通じて変動が多いように見られる。これは下流部の河床に

洗堀，堆積の変化が多く，また，上流から移動してくる大きな砂帯（砂れん）の影響でもあろう。（附表4-3附表4-4）。

case 22

ここで，case 21の流況，河床洗堀，堆砂等の傾向から判断して，低水路の位置を左岸から右岸に移動して実験を行なってみることにした。

実験の観察結果によると，その流況としてはまず主流がcase 21の左岸主流から右岸の低水路に移行している。つまり，汀線附近の流況は低水路の位置に支配されているようである。これに伴って，河床の洗堀位置もその主なものは左岸から右岸に移行した傾向を示す。また，洗堀の時間的な進行状態も全体的に見て大巾に進行するようなこともなく，局所洗堀の発達も右岸の一部（導流堤先端）にあるがあまり大きなものではない。堆砂については，低水路左岸の場合に比して多少変っている点もあるが，全体的にみて，その大巾な移行はみられず，河道中央附近と右岸導流堤の法線延長線より外側に砂帯が出来る傾向にある。また，河道中央附近の堆砂（横断形状）は，これまでの実験での現象と同じように，上流汀線または，砂州部附近からの砂帯が時間の経過とともに下流へ移動したものと判断される。これらの河床形状から滞筋としては，ほぼ右岸導流堤法線と平行状態になり，これが更に左岸防波堤先端部附近にまで達している。滞筋の最大深は，左岸防波堤先端でT.P.-1.1m～1.2mにおよんでいる。また，滞筋の両側にはT.P.-2.5m程度の堆砂が起きている（附図4-10-11）。上流水位においては，2.0 Km附近で1.4m～1.5m程度の値を示し，時間の経過および河床形状の変化があるにもかかわらず，水位の時間変化はないようである（附表-4-5）。また，流速について左岸防波堤先端と，右岸導流堤先端部の2点で測定した結果，右岸導流堤先端で $3m/s$ ，左側防波堤先端で同じく $2.0m/s \sim 2.2m/s$ の値を示し，両点ともに実験中において，その数値変動が最大1m程度である。

これは河床形状の変化，つまり上流から移動してくる砂堆の動きに支配されて，堤体附近の流れが複雑な現象を示すものと見られた。また，右岸導流堤と左岸防波堤の両先端の2点における流速値の差は，右岸導流堤の先端部の流速が左岸のそれより約 $1m/s$ 程度大きい。（附表-4-6）。

ここで，この法線形状にした場合の疎通能力と河床変動について水利計算を行なった。まず，疎通能力の検討では，左岸防波堤下流端（河床横断測線のNo 9）を始点として現在の汀線（河床横断測線No 1）まで不等流計算によりその水面形を求めた。河道断面特性は，case 22の実験で8時間通水した後の河道形状から求め，潮位（始点の水位）は洪水流の流出に対して悪条件であるところのT.P.+1.5mとT.P.+2.10mを採用した。この計算結果によれば，河道内の粗度係数が相当大きくなっても，まず疎通能力は充分あるもの

图 4.14 防波堤及导流堤断面图

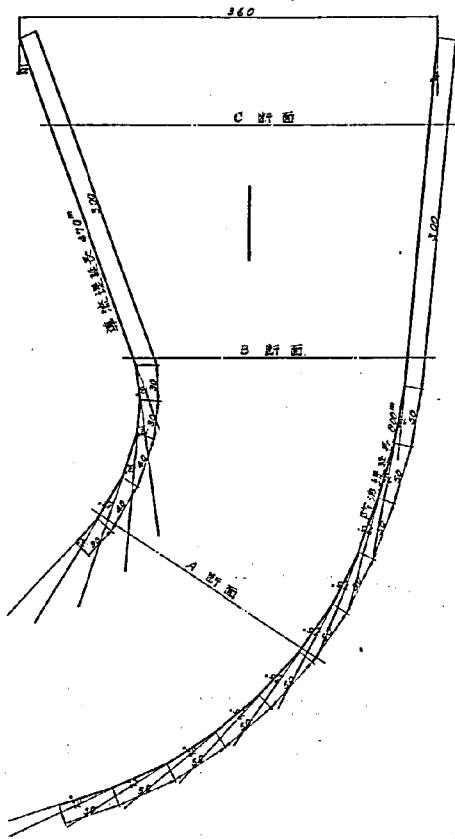


图 4.15 防波堤及导流堤断面图

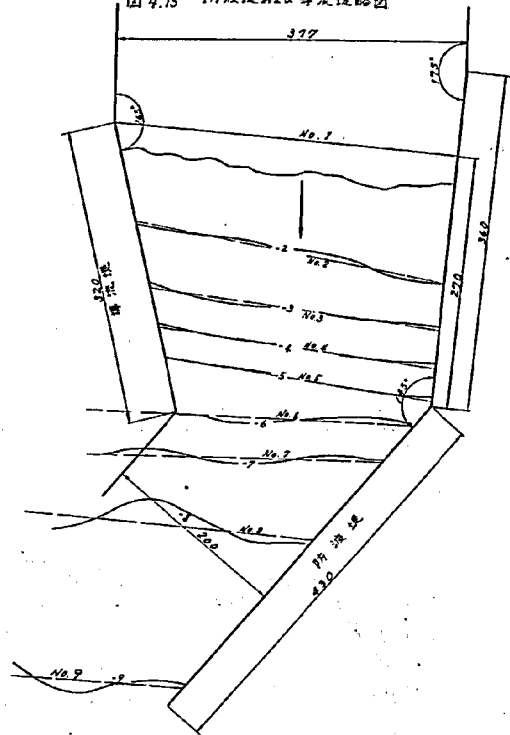
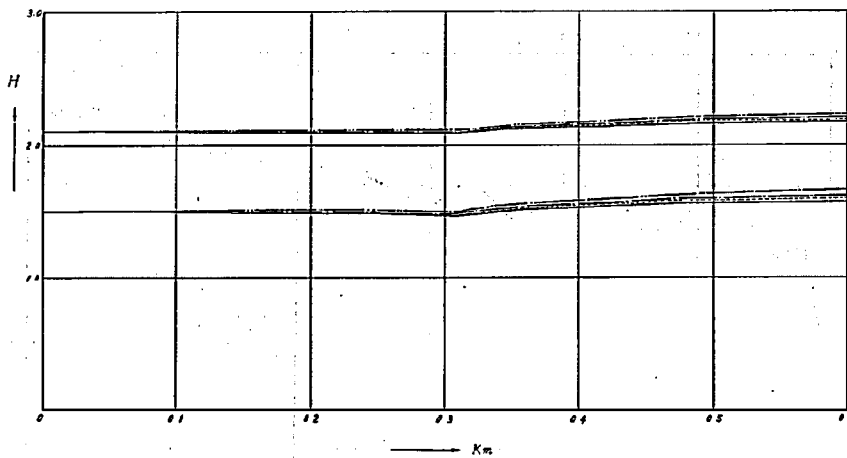
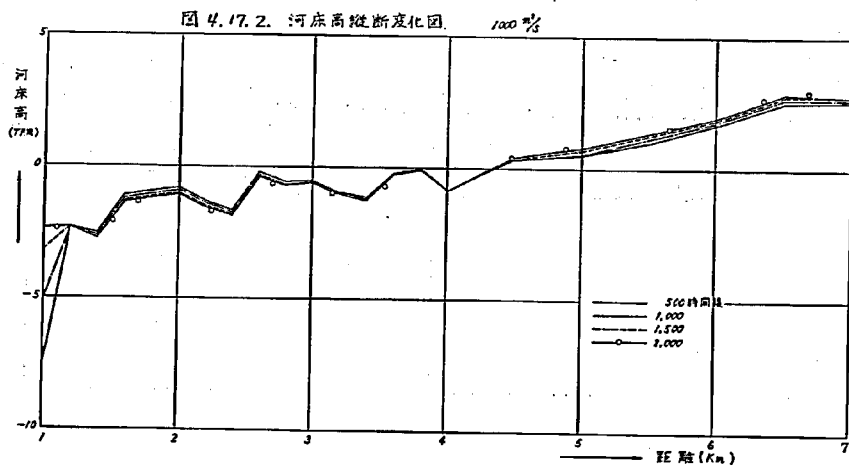
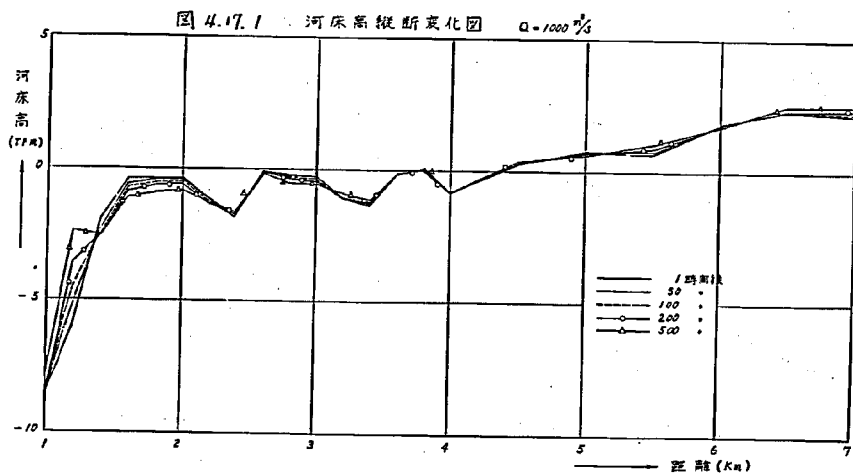
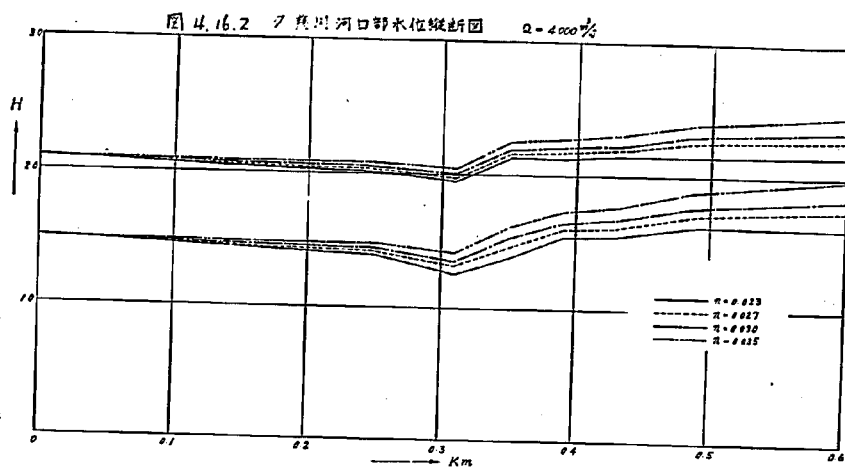
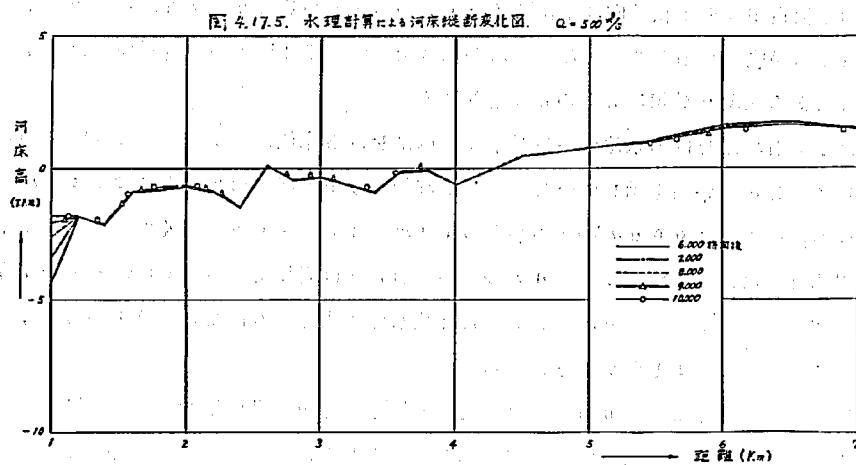
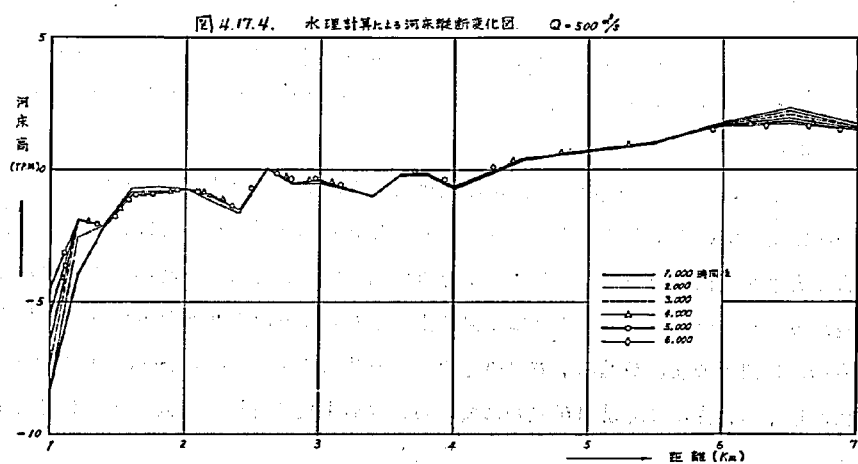
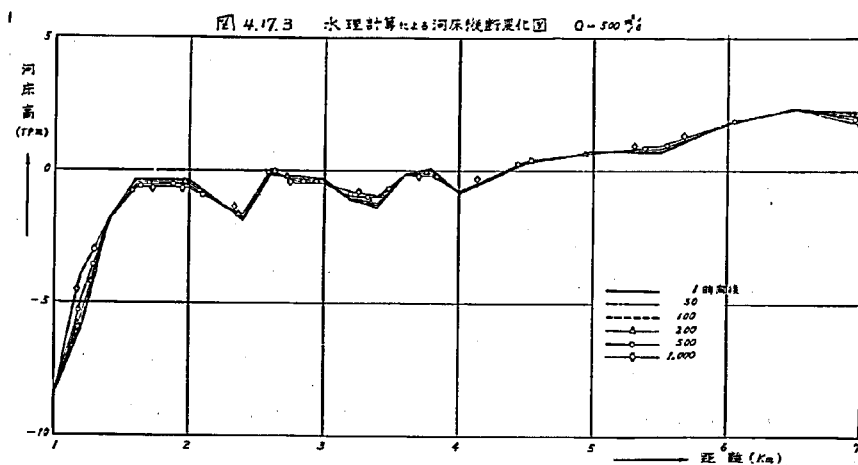


图 4.16.1 久慈川河口部水槛断面图
 $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$



$\pi = 0.022$
 $\pi = 0.027$
 $\pi = 0.030$
 $\pi = 0.033$





と判断される。(図-4-15)。

一方、河床変動状況については、土研式によって流砂計算を行ない、主として河口部における河床変化を知ろうとした。計算対象範囲は、上流7.0 Kmから下流へ2.0 Kmと、さらにこれより新河口へ1.0 Km下流に至るまで0.2 Km間隔に、各区間の河床変動状況を求めたが、その計算条件は、流砂に対して最も支配的であろうと判断される1000 m^3/s と、低水路いっばいに流下する程度の流量として500 m^3/s を用い、河床の条件は現状河道と現状外浜勾配を用いた(砂州は除去されたものとした)。この結果、2.0 Kmより上流部では相当に長時間一定流量が続いても河床高に大きな変化は示さないが、2.0 Kmより下流部で、とくに1.6 Km~1.8 Km(現在の砂州部分)では、当初の切除量の不足もあって、低下する傾向が強く、これより下流の外浜に至っては堆積(河床上昇)の傾向にある。(図4-17)。

case 23

case 22の左岸防波堤および右岸導流堤法線(第3案)でその流量を3000 m^3/s (定流)にした場合の河床洗掘、堆砂および流況とそれに伴う流速などについて検討したものである。

まず、通水中および通水後の河床形状の変化であるが、やはり流量の大きいことにより、その傾向は変っているようである。各点の堆積量とその形状等においては2000 m^3/s の場合と大きな変化はないと思われるが、その洗掘量においては同一時間を比較すると大巾な差が現われている。細かくみれば、河道上流部(Na1~Na5)あたりでは前の場合と同様右岸堤体附近の洗掘が進み、右岸の導流堤より外海の下流部(Na6~Na9)に至っては、両岸に洗掘、特に左岸にも洗掘が現われている。河道中央に堆積の傾向がある(附図4-12)

なお、河道中央の堆積傾向は、附図4-12からもわかるように上流から流下して来る大きな砂帯が成長することによる。これが原因で両岸の堤体附近の流量が多くなり、流速の増大による深掘れが起こるものと判断される。

次に、河道内における水位であるが、堤防内における水位縦断は2000 m^3/s の場合とさして変わらない値を示している。また、汀線より上流部における水位は、1.8 m~1.9 mの附近で、2000 m^3/s の場合の1.4 m~1.5 mより少し高くなっているが、その時間的な変化については2000 m^3/s の場合とほぼ同様である。(附表-4-7)

流況においては、2000 m^3/s の場合と比して大巾な変りはないようであるが、堤体に対する水あたりが少し強いようにみられた。

流速については、2000 m^3/s の場合と同様、右岸導流堤先端および左岸防波堤先端の2点で測定した結果、右岸に低水路が存在することと流量が3000 m^3/s の条件によ

り、実験前半はやはり右岸側に主流があることから、導流堤先端部の値は $4.5 \text{ m/s} \sim 5.0 \text{ m/s}$ (左岸防波堤先端で $2.5 \text{ m/s} \sim 3.0 \text{ m/s}$) と大きい。

しかし、時間の経過とともに低下の傾向を示し、後半に至っては $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の流速をわずかに上回る程度にとどまる。(附表-4-8)。

case 24

通水時間の経過に伴って河床洗堀の進行程度と、実験結果の再現性について検討すべく、case 22 と同様条件 (低水路右岸, $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$) で実験を行なった。水位、流速の測定は前と同様とし、河床の横断形状測定の時刻を case 22 の測定時刻と交互になるよう考えた。具体的に、case 22 では実験開始より1時間、3時間、5時間、8時間経過の各時刻に河床測定を行なったのに対し、case 24 では、0.5時間、1.5時間、4.5時間、12時間、20時間経過の河床測定を行なった。この比較を附図-4-13に行なった。

結果を細かくみた場合は、異状な深堀など発生し、また、この状態が時間的に早くなったりして、実験の再現性については信頼出来ないような向きもあるが、河道全体の洗堀、堆積の傾向をみた場合には、その量こそ異なるが、case 22 の場合と平面的な位置がほぼ似ているものと判断される。

このような河床形状からして、その流況もほぼ似ており、強いて云えば、右岸導流堤に対する流線の収斂が多少前のそれより強調されているようにみられた。

これに伴う流速においても、ある時刻には 1 m に近い差は出ているが実験時間の経過とともにこの差がせばまり、 $0.4 \text{ m} \sim 0.6 \text{ m}$ 程度の差となっている。

一方、汀線より上流の水位は、実験前半は後者の方が $0.4 \text{ m} \sim 0.5 \text{ m}$ 高い値を示しているが、河床形状変化の少なくなる実験後半に至っては、この差も小さくなっている。堤内河道における水位縦断およびこの時間的な変化もほぼ一致していると見られる。(附表-4-9)。

case 25

第3案、つまり右岸導流堤 15° 、堤長 320 m の案について、鹿島試験所での実験で得られた河床形状 (case 22) を赤羽支所海岸研究室の平面水槽に再現して、海の方の見地から波による河床の変化状況が実験検討されたが、総合的に見て、妥当な導流堤法線形状であるものと判断された。

ただ、流れによる実験結果の堤体附近の洗堀の問題が残されているので、二、三の対策を考え、これによって洗堀の防止、または碁筋を河道中央附近に移行させて、堤体を保護しようとの試みを行なった。

まず、その一方法として右岸導流堤の堤長を 160 m として、河道の狭窄効果を緩和し

(これは、上記の目的とは多少その内容を異にするが、もし、この方法が流れの側から見た場合と、波の側から見た場合と両者の検討結果が妥当な傾向にあれば、右岸導流堤の工法的にもまた経費の節減につながるものと考え、この case について実験することにした。)

結果については、まず河床の変化状況であるが、河道全体からその傾向を判別すると、洗掘よりむしろ堆積の傾向が強いようである。部分的にみると、堤防内河道の上流部分 (T.P. -1m ~ T.P. -3m) では洗掘傾向があり、これより下流の河道では堆積が多いように思われる。これは、狭窄効果が緩和され河中および河積の増大による流れの拡散、これらに伴う流速値の低下によるものと思われる。

また、上流部における一部の洗掘は下流の狭窄効果が緩和されたとは云え、右岸導流堤左岸防波堤の法線形状の基点は変わっていないので、汀線附近での流れが兩岸堤防に与える影響は、堤長 320m の場合と同じ程度のため、この附近における河床状態においても前者と同じような結果となつてしていると判断される (附図-4-15)。汀線附近より下流の河道内における水位は、下流の河積の拡大効果が現われて、堤長 320m の場合より少し低下の傾向を示している。また、汀線附近より上流河道における水位には、その影響がほとんどなく、前者の場合とはほぼ同様の値を示している。(表-4-10)。

次に、左右岸堤防先端の流速であるが、Na 1 の点、つまり右岸導流堤先端においては、実験初期は $3.2\text{ m/s} \sim 3.3\text{ m/s}$ の値を示しており、そのうえ測定水深によって大きな差が出ているようであるが、これも時間の経過とともに 2.8 m/s 程度になり、鉛直方向の差も 0.2 m/s 程度まで小さくなり、安定しているようにみられる。測定 Na 2 の左岸防波堤先端においても当初 2.0 m/s 前後の値を示していたものが間もなく 0.8 m/s 近くになり、この値が実験終了の 8 時間近くまで平衡状態を示している。また、この値と右岸導流堤 320m の場合の値を比較しても Na 1 の点で $0.1\text{ m/s} \sim 0.2\text{ m/s}$ 、Na 2 の点では 1.3 m/s 近くの低下を見ている。これから見ても、河中の拡張およびこれに伴う河積の増大の効果により、流勢の緩和、ひいては河床形状の複雑な変化が少なくなった事に大きな原因があると判断される (附表-4-11)。

case 26

右岸導流堤設置の主たる目的は、現状汀線附近に対して外海からの波浪の浸入による砂州の発生を防止、または軽減し、現状の砂州部右岸に常時、巾 100m 程度の低水路を維持しようとするものである。この目的を満足し得る右岸導流堤の法線形状の検討について、赤羽支所海岸研究室において模型実験を行なった。これによると、右岸導流堤形状は堤長 320m と考えた場合、河口 2.0 Km 附近の右岸法線に対して河道側に 15° より 20° 、 20° より 25° と云うように河道側に大きく曲った方が波浪の浸入ひいては汀線附近への砂州発生は少くない結果を得た。しかし、角度をあまり大きくすると河口部狭窄によ

る洪水流疎通難と、流れの堤体に対する水衝現象の拡大、ひいては堤体附近の河床洗堀などの問題が考えられる。そこで、これらの諸問題の極くおおざっぱな傾向を把握するため右岸導流堤法線の角度 25° 案について実験検討することにした。(導流堤第4案)。

実験結果からまず、流況は低水路が右岸であることから、その主流はやはり右岸側にあり、右岸導流堤法線とはほぼ平行に流下している。

この主流が、右岸導流堤先端を過ぎても、その流向を変えることなく、そのまま左岸防波堤に対して強い水衝りとなっている。これに加えて、汀線附近の河道中央より左岸側に、主流よりやや流速の小さい一様の流れがあり、これが左岸防波堤に当って防波堤法線と平行に流向を変えて流下し、次第にその量を増し、流速も下流に行くに従って増大し、これが主流と合成されて、河床方向に巻き込む流れや、表面に盛り上がる流水が起きて非常に複雑な現象を呈している。

このように、上流汀線附近では、導流堤第3案つまり 15° の場合の流況と大きな変わりはないが、中流部および下流部で複雑な流況を示した場合の河床形状について、通水0.5時間と1.5時間の2回を測定して見た。(附図4-15)

図からも明らかなように、流況の複雑さは判然と河床の変化に表われており、流線の収斂を強める右岸導流堤の基部(汀線附近)附近からこの堤体近くに洗堀傾向が現われ、水深T.P.-2.0mあたりでT.P.-1.8mに至る大きな局所洗堀が出現している。これより下流においても概して洗堀の傾向ではあるが、T.P.-2.0m地点での洗堀に伴って、下流への流砂が多いため、流速が大きい割に河床は低下しないようである。

しかし、左岸防波堤側の水深がT.P.-8m近くの点では、上にも記したように右岸からの流出と左岸の流れが合成された、いわゆる複雑な流れが原因であろうと思われる大きな洗堀が起り、その値はT.P.-2.0mとなっている。また、左右岸の堤壁沿いに流速の大きな区域がある。それは測点7附近で水深T.P.-7mまで掘られている。

一方、流速においては、右岸導流堤先端で4m/s近く、左岸防波堤先端で3m/sとなっており、右岸導流堤第3案、つまり 15° 案に比べて1m/s前後大きくくなっている。(附表-4-12)

水位においても、堤内河道水位は、前者よりもその縦断勾配を急にし、汀線より上流部2.0Km附近でもT.P.2.0mとなり0.6mの上昇を見ている。(附表-4-13)

このように、実験観察中および、その測定結果に予想以上の値が示されたため、これ以上実験を進めても河床洗堀量などが大きくなるばかりと判断し、短時間で実験を中止した。

case 27

第3案について、河口部の狭窄効果を緩和する目的で導流堤堤長を16.0mにした実験を行なっているため、この結果等を参考にして図-4-18に示す形とした。

具体的には、左岸防波堤先端から、右岸導流堤第3案の先端に接線を引き、この延長線と第4案つまり、導流堤25°案法線の交点まで（汀線から交点まで176m）右岸導流堤を設置した場合について検討を行なうことにした。

この主な目的は、洪水疎通を計った上に、176mの導流堤によって汀線附近右側に、常時、巾100m程度の低水路を維持しようとしたものである。この実験から得られた河床形状について総合的に判断すると、第4案の堤長320mの場合とほぼ同様の傾向を示している（附図-4-16）また、個々の測線についてみても、Na1～Na4にかけて右岸に大きな洗掘域が現われ、それ以降はむしろ堆積傾向を示している。

Na1～Na4の区間の右岸の深掘は、汀線附近の流況が堤長320mの場合とほぼ似ていること、具体的には、堤長320mの場合と同様な流線の収斂により、河床方向への巻き込みが起こるため、河床においても前者と同じような深掘れを起すものと判断される。また下流Na5～Na9区間では、堤防の狭窄効果の緩和により、流線の拡散現象が起き、これに伴って流速も低下し、ひいては左岸防波堤に対する水衝りも弱くなって、河床は堆積の傾向にあるものと思われる。

次に、右岸導流堤および左岸導流堤の先端で測定した流速値を附表-4-14に示す。これによると、左岸防波堤先端における流速値が大巾に低下していることなどからこの附近に対しての水衝りが緩和されていることが明らかである。

これらの諸現象に伴って、河道内水位も一般に低下の傾向を示している（附表4-15）。

case 28

これまでの導流堤法線形状の各案について、実験検討を行なったが、いずれの案も外海からの波浪の浸入を考慮して、汀線附近でその法線を屈折しているために流線の収斂・流速の増加、ひいては水衝部の出現、これらに伴う洗掘が免がれなかった。そこで、堤体附近の河床洗掘の防止、具体的に堤体保護の目的から、兩岸の堤体河道沿いに、中空三角ブロックを1:2の勾配で設置して、この附近の流速を低下させるとともに、河床洗掘の原因である。複雑な流れを出来得る限り河道中央に移行させようとした。

実験結果からまず、河床形状をみると、洗掘堆積位置の全体的な傾向は、ブロックのない場合と似ているようであるが、細かく観察すると、例えば、左岸防波堤近くに洗掘が起きたこと、測線を縦断的に見た場合に碁筋が非常にはっきり分かれこれが下流まで続いていることなどであろう。前者の左岸防波堤附近に洗掘の起きている原因は、右岸導流堤沿いの流心が、中空ブロックの設置によって河道中央方向に多少移動したことにより、開口部において拡散傾向があるにしても左岸防波堤への水衝りがおきたことであろう。

後者については、上流測線Na2～Na3附近の右岸における局所洗掘がブロックのない場

合より小さくなり、したがってこの地点からの流砂が少くなり、一様な河床の低下を示しているものと判断される。(附図-4-17)

流況については、ブロックなしの場合とほぼ変わらないが、強いて云えば主流が多少河道中央に移行している。水位においては、堤内河道で、その水面勾配がやや大きくなり、汀線より上流部では、あまり顕著な変化は見られない。(附表-4-16)

一方、流速においても、 5m/s 前後の大きな値も見られるが、これも、平均的に見た場合にはさして問題にする差ではないと判断される。

case 29

今まで行なって来た実験では、流量 $2000\text{m}^3/\text{s}$ ($3000\text{m}^3/\text{s}/\text{case}$)であり、これより大きな流量についての検討は行っていない。

そこで、 $4000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6000\text{m}^3/\text{s}$ の流量を与えた場合の概略の状況を知るため、case 28の実験終了後の河床に対して流量 $4000\text{m}^3/\text{s}$ を模型上で2時間、 $6000\text{m}^3/\text{s}$ を同じく2時間通水して、その河道内の流況観察と、通水後の河床測定を行なった。

流況については、流量が大きくなっただけに流線については少し直線性となり、各点の流速を増して全体としても、 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6000\text{m}^3/\text{s}$ の順に洗掘量が大きく進むだけで、その平面的な位置については、あまり移動しないようである。

(附図-4-18)。

なお、流速、水位等については観察実験としたため測定しなかった。

4.5 推奨案に対する検討

これまで、海岸および河川のそれぞれの分野について右岸導流堤の法線の水理検討を行なった結果、法線第3案が海と河の両者の水理現象に対して最も妥当なものであろうと判断された。そこで、第3案について堤体の保護対策と検証の意味をあわせて実験を行なった。

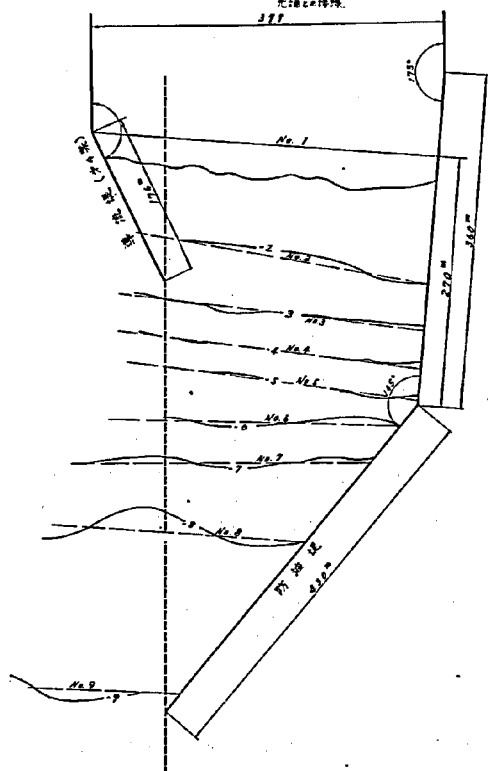
まず、左岸防波堤および右岸導流堤の堤体保護対策として、それぞれの堤体の河道側に、約2割勾配に中空三角ブロック(簡単に入手できるものを採用したので、形状、縮尺などは考慮していない)をおいて、堤体附近の深堀の防止を計った。

ブロック設置位置については、主としてcase 22、24の実験中の流況と河床の変化状況などを参考にして決定した(図-4-19)。

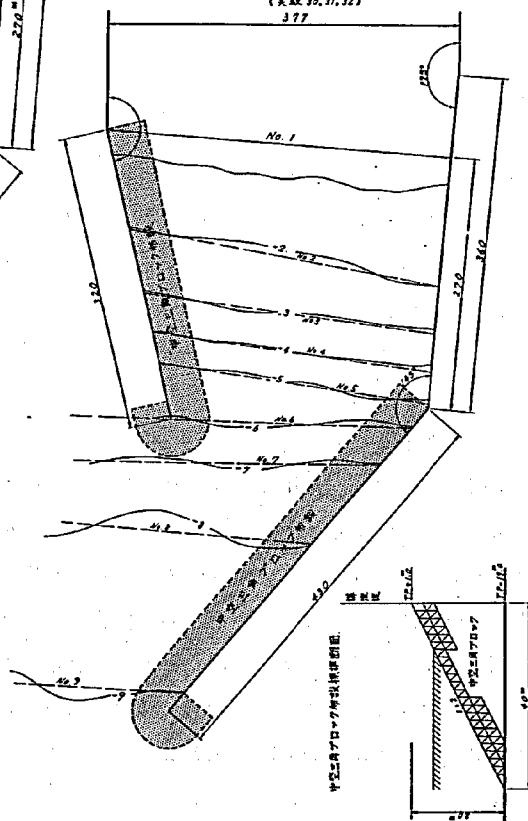
case 30

実験中における流況などについて、case 24と比較すると、堤体前面にブロックを設置したことによって、左岸防波堤および右岸導流堤沿いの主流は明らかに河道の中央側に移行し、この現象によって河道中央附近の流速が多少大きくなり、全体的にみると表面流速の横断分布が一様になる傾向を示した。ただ、流速の一様化の傾向はあっても両岸の堤防法線に

——— 右學部は、先づ「家田先論」と、左學部は、
先づ「田中先論」。



(實驗 30, 31, 32)
377



従った主流の流勢が弱くなったわけではないので、右岸導流堤沿いの流れが左岸防波堤先端部分に対して水衝部となっている。

このように、流況に多少の変化がみられたことにより、河床面の砂の流下状況も変っている。まず、河道中央附近の流速がまえの case よりも多少大きくなったことによつて、この附近を流下する大きな砂堆（砂れんともみられるもの）の移動も早くなり、また、砂堆の上に発生する小さな砂れんの発達が少なくなつて河床面の平滑度を増したようであつた。

河道内における洗掘状況をみると、その位置関係についてはやはり右岸側に深掘れ部分が発生すること、この左岸側は堆積の傾向など、まえのそれとほぼ似ている。また、河床横断形状の時間的な変化と洗掘傾向について測定した結果、汀線附近ではブロックのない場合とあまり差は現われていないが、水深が T.P. - 2 m から T.P. - 6 m までの各測線とも、堤体に接近して、しかも縦方向への洗掘傾向を示していたものが、河道中央方向、つまり側方への浸食傾向にかわつて、しかもその洗掘深が大巾に少なくなつてゐることが認められる。

これより下流の T.P. - 8 m から T.P. - 9 m にかけては、上にも記したように、主流が左岸に収斂することから、この地点の左岸堤前面に洗掘が起きて、これが量的にもブロックのない場合より大きく、防波堤先端の水深が T.P. - 9 m 附近で 5.0 m から 5.5 m の洗掘深がある（附図 - 4 - 19）。水位資料は附表 - 4 - 17 に示す。

case 31

現地におけるこれまでの洪水が、 $1500\text{ m}^3/\text{s}$ から $2000\text{ m}^3/\text{s}$ 程度のものが多いことから、防波堤および右岸導流堤案の検討では流量 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ を採用して定流実験を行なつてきた。しかし、現在の計画高水流量が $4000\text{ m}^3/\text{s}$ であり、また今後の治水計画等の検討によつて、計画高水流量の改訂がなされた場合は、おそらく $5000\text{ m}^3/\text{s}$ ~ $6000\text{ m}^3/\text{s}$ 程度にならうと云われていることから、 $4000\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $6000\text{ m}^3/\text{s}$ の 2 case についてその疎通能力および流況と、これに伴う河床変動の状況を把握した。

実験方法は、case 30 と同じに模型の整形を行ない、これに対して流量 $4000\text{ m}^3/\text{s}$ （定流）を 2 時間通水して河床変動を起こさせ、さらにその河床形状に対して流量 $6000\text{ m}^3/\text{s}$ （定流）を 1 時間通水した。なお、水理諸量の測定方法は、これまでの定流実験の場合と同じに行なつた。

実験中の流況観察では、流量の大きいことから河道内の流速が全体として大きくなり、しかも、河床横断方向の流速分布がかなり一様になった傾向を示す。水面における流線の収斂および水衝部の状況は、 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ の場合と比較して、その位置がやや下流に移つてゐるようであつた。また通水中、河床面の砂れんの発生も少なく、その移動速度も早いようである。実験中の河床形状の測定結果から、横断形状については、流量 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ の場合とはほぼ似た傾向にあるものといえよう。ただ、 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ の場合に堆積傾向にあった河床の部分が、

全体的に低下しているようである。(附図-4-20)。

流量 $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ による実験も、 $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合の諸現象を拡大した状況を示し、河床変動の状態も、先に行なった流量 $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ の河床変化の傾向がそのまま続いているようである。水位資料については附表-4-18に示す。

case 32

右岸導流堤第3案は、現在の汀線附近に対して最悪の海象時でも直接波浪の影響しない部分が $70 \text{ m} \sim 100 \text{ m}$ 確保されている(低水路部分)。

かりに、この最悪の海象時間が長く続き、現在の汀線附近に $2.0 \text{ m} \sim 2.5 \text{ m}$ の砂州(海岸研究室の実験結果では T.P.+0.95 $\sim$ 1.0 m)がふたたび発生した場合、洪水時における上流部の水位上昇と、砂州の崩壊現象に伴う下流部の河床変化の状況を把握するために、この実験を行なった。

河口部の条件は、右岸導流堤第3案に消波ブロックを case 30 と同じに設置し、汀線附近の砂州高を 2.5 m 、低水路は右岸に設けて、巾を 100 m 、その河床高を T.P.-1.0 m 設定した。流量は、 $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ の不定流を採用し、その波形は 4-3 で使用したものと同一である。

実験中の水位変化は砂州の上流および下流のそれぞれの点において、同時測定とし、その時間々隔は1分とした。このほか、流況、砂州の崩壊状況・河床変動について観察したうえ、通水後の河床横断形状を測定した。

まず、流況であるが、流量が不定流のために実験開始当初(実験開始より5分 $\sim$ 6分まで)は右岸の低水路にだけ流れが集中するため、砂州より下流部でも右岸導流堤に沿った流れだけである。また、この時間での砂州の浸食および崩落現象はまったくみられなかった。

これが実験時間の経過とともに上流々量が増し、これに伴って砂州の上流部分 2.0 Km 地点の貯溜水位が 2.0 m を上まわる頃になると、低水路に対する流線の収斂も顕著であるが、これよりも低水路に対して直線的に浸入する流勢のほうが支配力が強くなるため、側方浸食の現象も進み始める。このような過程をたどって上流 2.0 Km 地点の水位が T.P.+2.5 m を上まわる時点(実験開始より12分経過)になると T.P.2.5 m の高さの砂州全体から越流が始まり、これに伴って砂州下流部の死水域も消えて、河道全体に流勢を増して、定流実験の場合と同じような流況を示す。

一方、砂州を越流し始める頃には、低水路部分における流量も相当大きく、その流速も大きいままに右岸導流堤に沿って流下するため、この右岸導流堤沿いの河床に局所洗掘が現われる。これも実験当初は汀線附近に発生するが、時間の経過とともに導流堤に沿って下流へ移動しているようであった。河道中央部および左岸側の河床高が T.P.-1 m (測線 No 1) から T.P.-7 m (測線 No 7) の区間における河床変化は、上流の砂州部分から流出する土砂が

多いために、やや堆積の傾向にある。これより下流の左岸防波堤先端部では、まへの定流実験の場合と同様に水衝現象による河床洗堀が起きていた。しかも流量波形は不定流であるが、ピークが $6000\text{ m}^3/\text{s}$ であることから実験後半にいたっての流況、河床変化等の諸現象も、case 31のときとはほぼ同じ傾向を示していた。

この実験によって得られた資料をみると、水位においては2.0 Km地点の最高値がT.P. + 3.0 m程度にとどまり、この地点の計画高水位のT.P. 4.09 mに対して約1.0 mの余裕を残している。また、通水後の河床形状をみると、水深がT.P. - 5.0 m附近からT.P. - 6 m附近までは、やはり右岸導流堤に沿った洗堀があり、この値も下流に行くに従って大きくなっている。水深がT.P. - 6 mから- 9 m附近までの左岸防波堤沿いにおいても、右岸側からの溝の延長の形で洗堀され、その値もcase 31の場合と同じ程度を示している。(附図4-21)。時間-水位変化については附図4-22に示す。

case 33

堤体保護対策の一つの手法として、導流堤および防波堤の堤体前面に消波ブロックを設置して、堤体に接近した複雑な巻き込む流れの緩和を試みたところ、右岸導流堤側においては、その目的をほぼ満足されているものと思われるが、右岸側の主流が多少河道中央に移行したことから、左岸防波堤先端部の消波ブロックより河道中央側ではあるが、河床洗堀を促進する結果となった。

そこで、この河床洗堀の防止対策と、右岸導流堤沿いの消波ブロック前面における洗堀傾向の緩和をも含めて、具体的な河床保護方法について検討することにした。

堤体前面の消波ブロックは、これまでのcaseと同様に設置して、さらにこの消波ブロックの前面に巾4.0 m、河道方向への範囲は左岸側で防波堤に平行して4.30 m(防波堤先端部)と、右岸導流堤に平行して、その基点(汀線)から3.20 mの区間とした(図4-20)。

流量は $2000\text{ m}^3/\text{s}$ の定流を6時間通水し、実験の主な目的が河床の深堀防止にあることから、河床変化の状況を主体に観測して、水位などについては参考までに測定した。

まず、実験中の流況については、敷石による河床面の保護効果が大きく現われ、特に水深の小さい右岸導流堤側の敷石部の上流半分(水深T.P. - 1 m ~ 3 m)では流速も小さくなり、主流も河道中央に大きく移行している。これが、さらに下流の導流堤先端部に至って主流がやや堤体に接近する傾向はあるが、case 30ほど強いものではない。このように右岸の主流が河道中央に移行して流下するので、左岸防波堤に対する水衝現象は多少きびしさを増したようである。

一方、左岸側での流況は敷石のない場合と比較して顕著な変化はみられなかったが、防波堤の屈折部附近から多少流線の収斂する傾向にあり、さらに流下するに従って、その流速を増している。これは河道上流部(汀線近く)での右岸の主流が河道中央側へ移行したこと

图 4.20.1 模型概念图

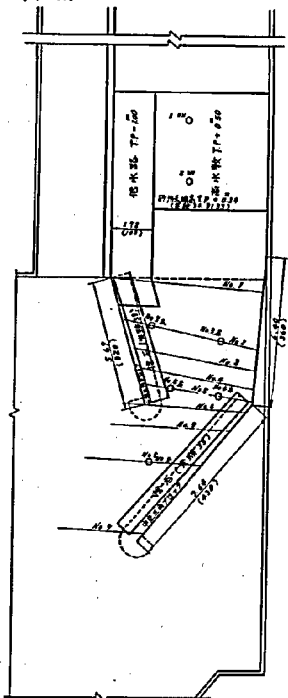
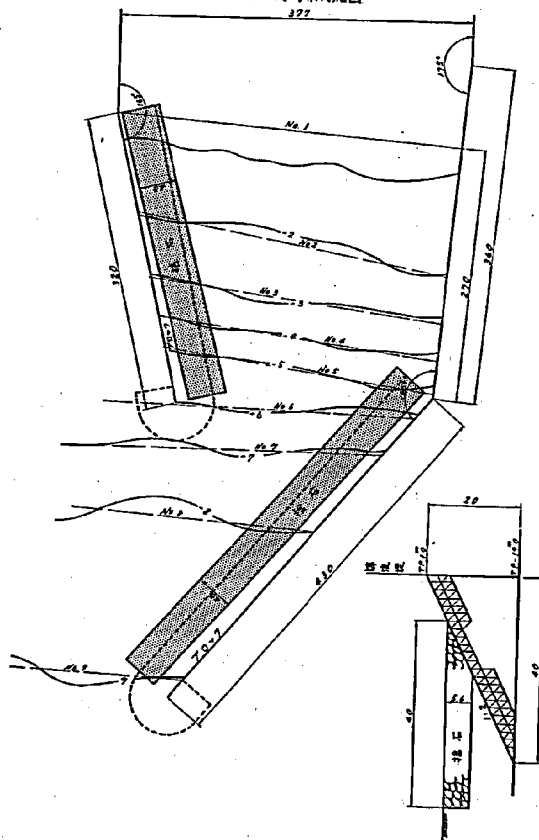


图 4.20.2 河床保护层实施图



により、この附近で河道横断方向の流速分布（流量分布）が一様化されたことが一つの原因であろう。また、兩岸堤にはほぼ平行した二つの流れは、左岸防波堤側の水深T.P.-8m地点で合流して一体となって外海に流出している。

このような流況を示すために河床変化の状況においても、右岸導流堤の上流半分（Na1～Na3）と左岸防波堤の下流端（Na8～Na9）の区間の敷石前面に、しかも敷石に平行した溝状の洗堀が少しあるのみで、このほかは局所的な深堀もまったくなかった。むしろ右岸導流堤先端附近（水深T.P.-6m）の敷石の上には堆砂の傾向が現われていた。2000m³/sにおける河床の時間的な変化状況を附図-4-23に示す。

上に記した流量2000m³/sの実験結果によれば、河床面に敷石を設置することによって、左岸防波堤先端部に対する水衝現象を促進する形になるにもかかわらず、これまでの実験に現われていた堤体前面の消波ブロックに沿った河床の洗堀は大巾に緩和されることが判明した。

そこで、流量の増大に対する河床保護効果について検討することにして、その実験方法は2000m³/sの流量を6時間通水して変化した河床形状に対して、現在の計画高水流量である4000m³/sを3時間通水した。この4000m³/s通水後の河床に対してさらに6000m³/sを1時間通水して、それぞれの流況と河床の変化状況を観察した。

まず、4000m³/sにおける流況では、2000m³/sに比較して水位の上昇のあることから、右岸導流堤側の敷石の上でも水深が大きくなり、その流速も多少大きくなっているようである。また、流速の横断方向への一様化の傾向もあることから、左岸側での流勢も割合強く、しかもこれらの流れが合成される地点、つまり複雑な巻き込む流れの発生する地点は河道縦断方向には2000m³/sの時とあまり変わらないが、横断方向に大きく移動して、ほぼ河道の中央附近に至っている。

このように、水理量の変化に伴う実験中の河床変化の状況、とくに横断形状は2000m³/sの場合とはほぼ似ている。つまり2000m³/sの流量で形づくられた河床形がそのままに洗堀または堆積を進行されているようであった。ただし、流量が大きいだけに、その進行速度は早いようである。また、各測線における最大洗堀深の発生位置であるが、これまでの敷石のない場合は消波ブロックのすぐ前面にあったものが、敷石を設置することによってその巾だけ河道中央方向に移動している。そして敷石沿いに溝状の洗堀が現われているが、その最もはげしいところは右岸導流堤の中央附近（測線Na2～Na3）と、左岸防波堤の下流端（測線Na8～Na9）の2区間であった。このほかの敷石部分の右岸導流堤側上流端と、下流端、および左岸防波堤側の河床測線Na5からNa8の区間ではあまり大きな洗堀はなく、左岸防波堤側においてはむしろ敷石の上に堆砂が起きていた。また、左右岸の堤体に沿った主流の合成（合流）される地点（Na8の河道中央）では、流れが螺旋状に巻き込んでいたために、

河床に局所的な深堀現象を起しているが、これは河道中央部にあたるために堤体へ直接影響をおよぼすものではないと判断される（附図-4-23 参照）。

次に、 $4000\text{ m}^3/\text{s}$ 通水後の河床形状に対してさらに $6000\text{ m}^3/\text{s}$ の流量を1時間通水して、その流況と河床変化を観察した。

まず、流況においては、 $4000\text{ m}^3/\text{s}$ の流況そのままにその流勢を増したようにされ、洪水流が、河道横断方向へ全市均一に流下しているようである。したがって敷石の上での流速も相当早いものであった。

このようにして右岸導流堤先端部、つまり測線Na 6附近を通過した流れは左岸防波堤先端沿いに流下するほか、右岸導流堤の狭窄効果も消えることから、大きく右側に拡散している。尚、河道横断方向の全域にわたって流勢の強いことから、螺旋流の発生状況は、はっきりとしなかった。

また、河道内の水面勾配は相当大きいようではあったが、汀線附近から約 400 m 上流の水位測定結果によると T.P. + 2.9 m 程度にとどまっており、この地点の計画高水位の T.P. + 4.09 m に対して 1 m 以上の余裕を示すことから、水位上昇については問題ないものと判断される（附表-4-19）。

一方、河床変化の状況については、その洗堀および堆積傾向が $2000\text{ m}^3/\text{s}$ から $4000\text{ m}^3/\text{s}$ に移った場合と同様に、 $4000\text{ m}^3/\text{s}$ の流れて形成された河床形状がそのまま進行しているようである。

なお、流量が $6000\text{ m}^3/\text{s}$ となって大巾に増加したこと、 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ 実験から $6000\text{ m}^3/\text{s}$ の実験までの全体の通水時間が長くなったことから、河床の最大洗堀深も多少大きくなり、さらに洗堀傾向が河道の中央側に移動している。とくに敷石の前面から河道中央附近にかけて巾の広い低水路状の洗堀（落筋）があらわれており、これが測線Na 2附近から下流へ、そして外海に至るまで続いている。また、右岸導流堤先端より下流側の外海においては、この低水路状の溝の右側に大きな堆砂現象がみられた。（附図-4-23参照）

4.6 結論

久慈川の河口付けかえ計画は、日立港の建設計画との関係もさることながら、治水上の見地からみても妥当性がみられる。しかし、単に 2.0 Km 附近の砂州を突破して、海へまっすぐに新河口を開設しても、現在のこの附近における砂州の発生状況などから判断して新河口がふたたび砂州によって閉塞される公算が大きい。

そこで、海岸研究室と鹿島試験所において海と河の立場から水理模型実験による検討を行った。

鹿島試験所では、河の立場において水理模型実験を行なうに先立ち、模型実験の相似律に

についての基礎検討を行ない、しかるのちに新河口の水理模型実験を行なった。

相似律についての基礎検討の結果は、河口砂州の崩壊に関連した水位上昇の問題では安全側（防波堤などの洗堀の問題では多少危険側）であると判断されたことから、まず、上流河道内の水位上昇を考慮した河口砂州のフラッシュの可能性について水理模型実験による検討を行なった。

河口砂州のフラッシュの可能性については、河口の砂州部分において洪水の初期から所定の低水路（巾＝7.5m、河床高＝T.P.＋1.0m、または巾5.0m、河床高＝T.P.±0.0m）が維持されなければ、砂州の上流部における水位の上昇を計画高水位以下にとどめることは不可能であることがわかった。

そこで、海岸研究室と打合せを行なった結果、河口部に所定の低水路を維持し、あわせて砂州の発達を最少限にとどめ、洪水時に砂州上流部の水位上昇を緩和し得る河口処理工法（主として右岸導流堤の設置）と、これに伴う洪水の疎通能力、および河口部の河床変動の問題について検討を行なうことになった。

なお、河口処理工法で、右岸導流堤の設置計画として第1案から第4案まで立案して、このうち河川の立場からは第2案（実験case 19, 20）、第3案（実験case 22～24, 30）、第4案（実験case 26～28）について実験検討が行なわれている。

この結果を要約すると次のようである。

- (1) 低水路を維持する位置は砂州の右岸側が望ましく、また右岸側の方が維持し易いであろう。
- (2) 右岸導流堤を設置するにあたり、法線を河道側へ屈折させることは河川の立場からみれば当然望ましいことではなく、上流河道に平行に設置することが理想であろう。しかし波の浸入を考慮すればこれもやむを得ないことであり、堤体附近の河床洗堀状況から判断して河道側に15°屈折させることがその限界であろう。
- (3) 右岸導流堤の屈折角度を内側に15°にした場合の疎通能力は、現在の計画高水流量 $4000\text{ m}^3/\text{s}$ （構橋）に対して充分余裕がある。
かりに河口部に最悪の海象が続く、河道内に砂州がT.P.＋2.0mから2.5m近くにまで発達して、さらに洪水流量が $5000\text{ m}^3/\text{s} \sim 6000\text{ m}^3/\text{s}$ が加わった場合でも、その洪水初期に所定の低水路が維持されていれば、砂州上流部の2.0km附近の水位上昇はT.P.＋3.0mを多少上まわる程度にとどまり、この地点での現計画高水位のT.P.＋4.09mに対して1.0mの余裕を残している。
- (4) 河道側に屈折した堤体に対して水衝現象を起こすことと、流れの収斂することによって、その部分に河床洗堀がかなり進んでいるが、堤体前面に消波ブロック（テトラポッド、六脚ブロック等）を投入して、堤体に接近した流速を緩和し、その流心を河道中

中央側に移行させることによって河床洗掘の防止対策と、ひいては堤体の保護対策は解決するであろう。しかし出水毎にチェックしてその維持には極力留意する必要がある。

- (5) 右岸導流堤先端附近から左岸防波堤先端にかけての区間では、兩岸堤体に平行したそれぞれの流心が合成されるところであり、また、拡散現象もあることから非常に複雑な下潜流が発生して、右岸側外海へ巻き上げる流況を示している。この現象によって、右岸導流堤先端付近から外海方向に、左岸防波堤にほぼ平行した大きな砂堆の発生がみられる。

この問題について海岸研究室における波浪実験の結果によれば、実験開始後30分程度の、割合に早い時間に砂帯は消滅され、洗掘部は埋戻される。またS方向の河道に最も波の侵入の多い波向の場合でも砂が多少河道内に浸入する程度であるから、外海波浪による砂帯の河口外への拡散も相当期待出来よう。

- (6) 現在の汀線より下流導流堤内には、河川からの排出土砂が堆積し、洪水の継続とともにある程度延長される。しかし洪水中には2m程度の水深は維持されるであろう。

5 導流堤による波の遮蔽効果に関する模型実験

5.1 うちあげ高に関する実験

5.1.1 固定床模型による実験の結果

波のうちあげ高は、砂州高を決める重要な要素の一つと考えられるので、導流堤の有無がうちあげ高に与える影響を調べることで、導流堤の効果がある程度知ることが出来る。このような考え方をもとに、うちあげ高についての実験を、固定床模型を使用して行なった。

この実験の結果については、土研資料第440号で詳しく報告したので、今回の報告ではこの実験の結論のみを要約して述べる。

- ① うちあげ高をT.P.になおすと、通常2.5m程度であるが、最大うちあげ高と考えると砂州高(T.P.3.50 m程度)と一致するので、うちあげ高が砂州高を決定する上で重要な要因であると考えられ、実験当初に仮定したものと一致する。
- ② 防波堤を設置することで、北側からの波はかなり遮蔽出来るようである。
- ③ 導流堤を設置すると、うちあげ高はかなり減少するが、特に河口を囲うように導流堤・防波堤を配置したり、河道幅を狭くしたりすると、うちあげ高は非常に減少する。
- ④ 消波ブロックのうちあげ高減少に対する効果は非常に大きい。
- ⑤ 河道内での波高は、うちあげ高や砂の持ち込みに大きな影響をもつと考えられるが、河道幅を狭くしたり、河道を屈曲させたりすることで、かなり波高を減衰させることが出来る。
- ⑥ 右岸に導流堤を置き、左岸防波堤を屈曲させないで南側から波を入射させた場合、防波堤に沿って向岸流が生じ、導流堤に沿って離岸流が生じる。この場合、流速は向岸流の方が速い。

5.1.2 現地実験結果によるうちあげ高の修正

前項で述べたうちあげ高の実験では、使用した波が、波高が2~8cm、周期0.8~1.2secのもので、 H_o/L_o の値も、0.01より大きくなっている。しかし実際の海岸では、 H_o/L_o の値も0.01以下になることが多いと考えられるので、前に報告したうちあげ高と波形勾配との関係を示すグラフ(土研資料第440号P15, 図14)も修正する必要がある。しかし、模型実験では、波形勾配の小さなものについては実験が出来なかったもので、以下に示すような現地実験の結果から波形勾配の小さな部分のうちあげ高を求めた。

現地実験は、44年7月28, 29日の両日久慈川河口の切り替え地点付近の砂州を開削して行なったもので、波高・周期・波向・潮位：うちあげ高・砂州復元高を同時に観測している。この実験結果については、常陸工事々務所から詳細に報告されると考えるので、

図 5.1 現地実験によるうちあげ高と砂州高の関係

S.44.7 才3回現地観測による。

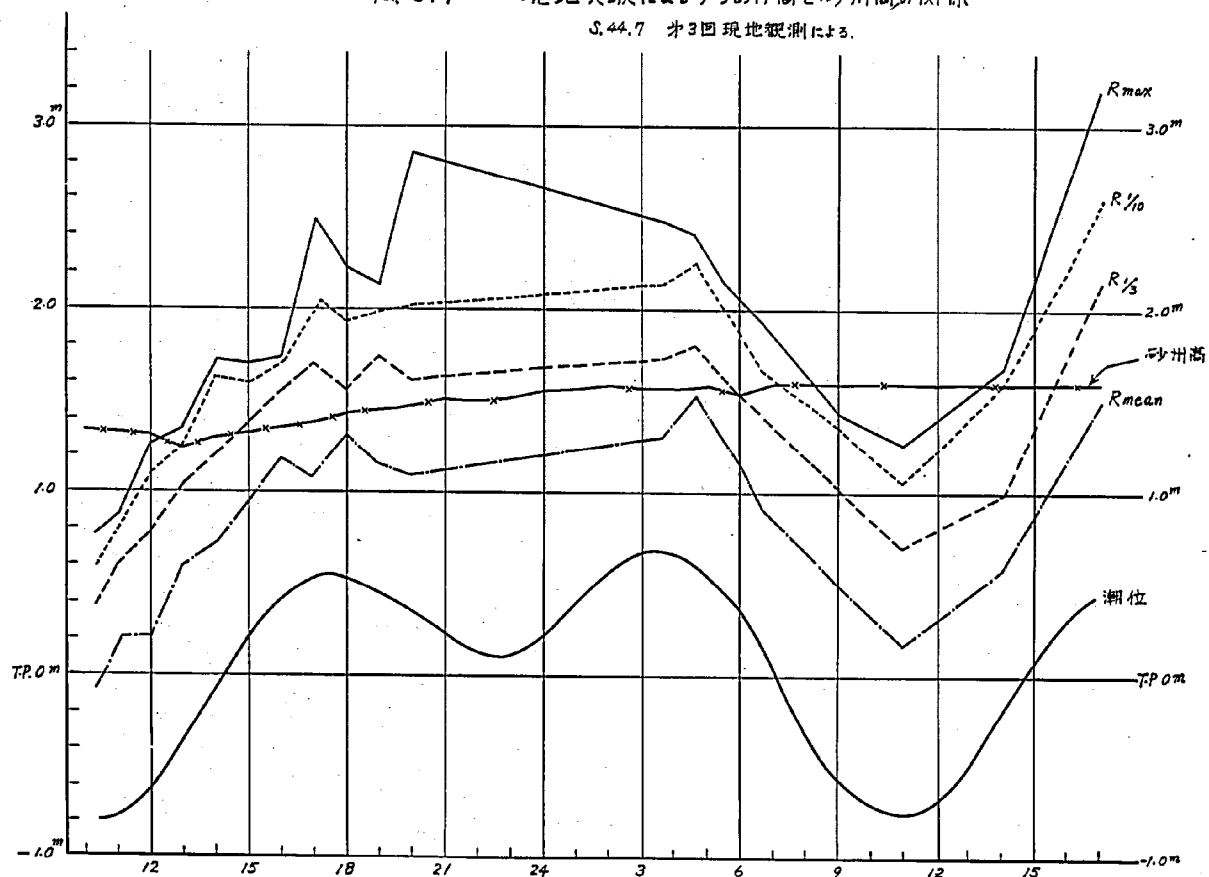
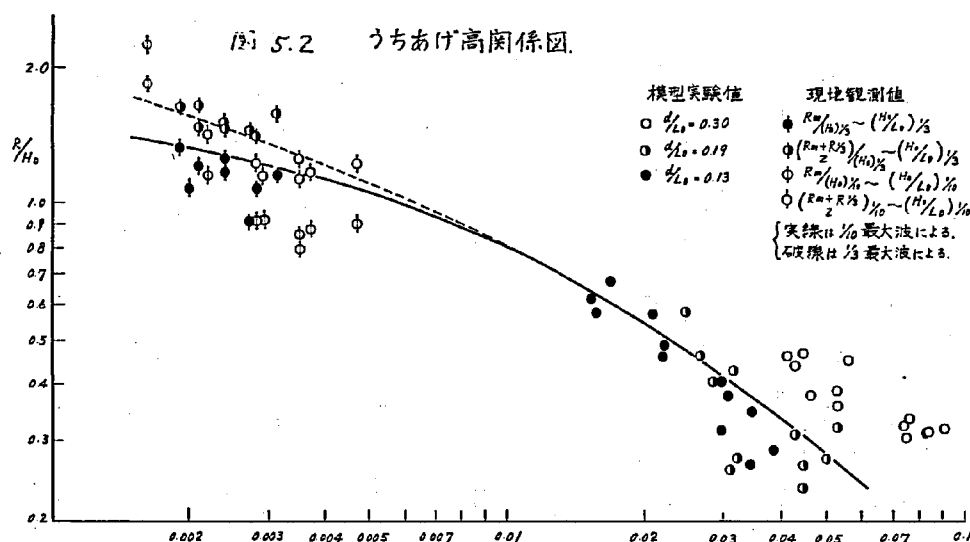


表 5.1 第3回現地観測によるうちあげ高

時刻 時	潮位 T.P.m	うちあげ高		1/3 最 大 波						1/10 最 大 波					
		R m	$\frac{Rm+R^2}{2}$	H 1/3	T 1/3	H ₀	$\frac{H_0}{L_0}$	$\frac{Rm}{H_0}$	$\frac{(Rm+R^2)}{2 H_0}$	H1/10	L1/10	H ₀	$\frac{H_0}{L_0}$	$\frac{Rm}{H_0}$	$\frac{(Rm+R^2)}{2 H_0}$
10:20	-0.79	0.71	0.95	0.74	14.6	0.65	0.0020	1.09	1.46	0.87	13.4	0.78	0.0028	0.91	1.21
11:00	-0.78	0.96													
12:00	-0.62	0.83	1.12	0.77	12.2	0.72	0.0031	1.15	1.56	0.95	11.2	0.92	0.0047	0.90	1.21
13:00	-0.37	0.98													
14:00	-0.09	0.80	1.05	0.83	13.1	0.75	0.0028	1.07	1.40	1.02	13.0	0.93	0.0035	0.85	1.13
15:00	-0.19	0.76													
16:00	0.41	0.78	0.96	0.67	14.2	0.59	0.0019	1.32	1.63	0.77	14.0	0.68	0.0022	1.15	1.41
17:00	0.54	0.54													
18:00	0.54	0.77	0.95	0.71	13.1	0.65	0.0024	1.19	1.46	0.92	13.5	0.83	0.0029	0.92	1.15
19:00	0.46	0.60													
20:00	0.36	0.74	1.00	0.68	13.5	0.61	0.0021	1.24	1.64	0.91	12.2	0.85	0.0037	0.87	1.17
3:40	0.68	0.64	1.01	0.77	12.9	0.70	0.0027	0.91	1.44	0.87	12.2	0.81	0.0035	0.79	1.25
4:40	0.61	0.93													
5:40	0.45	0.81	0.98	0.73	13.3	0.66	0.0024	1.23	1.49	0.48	13.2	0.44	0.0016	1.84	2.22
6:40	0.19	0.73													

図 5.1 は潮位・うちあげ高・砂州高の観測結果を示したものである。これによると、砂州高は平均うちあげ高と $1/3$ 最大うちあげ高の中間にある。表 5.1 は静水面上のうちあげ高 R と沖波の比を計算したもので、平均うちあげ高と $1/10$ 最大波高との比、平均うちあげ高と $1/3$ 最大うちあげ高の平均値と $1/10$ 最大波との比、平均うちあげ高と $1/3$ 最大うちあげ高の平均と $1/3$ 最大波高との比を計算している。図 5.2 は、これらの計算結果と $1/3$ 最大波高および $1/10$ 最大波高による H_0/L_0 との関係を示す。固定床実験でのうちあげ高関係図の上にプロットしたものである。この図の左側、つまり $0.0015 < H_0/L_0 < 0.005$ の範囲が現地実験の結果であるが、 $1/3$ 最大波による計算結果の方が $1/10$ 最大波による計算結果よりも H_0/L_0 が大きい。



-96-

表 5.2 $1/3$ および $1/10$ 最大波によるうちあげ高計算値と砂州高の関係

波	日 時	潮位 (T.P.m)	砂州高 (T.P.m)	H_m	T	L_o m	h/L_o	H/H_o	H_o m	H_o/L_o	R/H_o	R_m	$R_{T.P.m}$
$1/3$ 最大波	7日14時	0.79		117	123	236	0.042	1.055	1.11	0.0047	1.13	125	204
	" 16 "	0.96	250	1.10	12.9	260	0.038	1.075	1.02	0.0039	1.22	1.24	219
	8日14 "	0.72		0.95	12.3	236	0.042	1.055	0.90	0.0038	1.25	1.12	184
	" 16 "	0.94		0.99	12.7	252	0.040	1.064	0.93	0.0037	1.28	1.19	213
	" 18 "	0.82		0.86	12.1	228	0.044	1.046	0.82	0.0036	1.29	1.06	188
	18日14 "	0.42	3.20	2.48	1.65	2.25	0.024	1.178	2.10	0.0049	1.12	2.35	277
$1/10$ 最大波	7日14時	0.79		1.32	12.9	459	0.039	1.069	1.23	0.0048	1.06	1.30	209
	" 16 "	0.96	250	1.28	13.2	271	0.037	1.080	1.18	0.0043	1.10	1.30	226
	8日14 "	0.72		1.14	12.0	224	0.045	1.040	1.10	0.0049	1.06	1.17	189
	" 16 "	0.94		1.24	11.0	189	0.053	1.013	1.22	0.0063	0.96	1.17	211
	" 18 "	0.82		1.05	11.3	199	0.050	1.023	1.03	0.0052	1.03	1.06	188
	18日14 "	0.42	3.20	3.46	1.61	4.05	0.025	1.168	2.96	0.0073	0.92	2.72	3.14

S 4 3 年 1 1 月 第 2 回現地観測結果による。

実験の値と、模型実験による値とを外挿して描いた実線の方を今後うちあげ高の計算に用いることにする。

5.2 低水路導流堤の効果と問題点

低水路を左岸防波堤沿いに設け、低水路導流堤を低水路右岸側に設置して、水路の維持について検討を行なった結果については、「土研資料第 440 号」の P22, 「砂州消長に関する実験結果」の項で報告した。結論のみ要約すると

- ① 低水路内の砂州は、低水路の左岸側の砂州上にうちあげた波が、低水路内に流れ込む時に持ち込む砂によって出来るものが大きな割合を占めている。したがって、低水路の閉塞を防止するためには、低水路導流堤を設置することは効果があるが、この場合、陸側端を汀線で止めることは不適當で、砂州の頂部付近まで延長しなければならない。
- ② 砂州発生速度は波形勾配が大きい程遅く、小さい程早く、その時は砂州も大きくなる。

以上のような結論と河川流を与えた場合の現象とを考慮に入れて、低水路導流堤の陸側端を砂州内に延長した場合、波による砂州の発生防止には効果があるが、構造物を設置し

たために、洪水時に砂洲の側方侵食が起こりにくくなって、上流水位が計画の4.09 m以上に上昇したり、流れが低水路付近に集中するために防波堤および低水路導流堤等の構造物の維持が困難になるなどの弊害が起きる。(第4章参照)したがってこの場合、低水路導流堤により河口閉塞を防止することは適当でないと考えられる。

したがって、低水路導流堤設置に代る案として、導流堤等の構造物を効果的に配置することで、河口に入る波を減衰させる方法を考えてみることにした。そのために、右岸側に導流堤を設置して南側から入射すると考えられる大きな波を遮蔽する目的で、右岸導流堤案を採用した。この右岸導流堤は南側からの波だけでなく北側からの波や、汀線に直角方向の波も防ぐ必要があり、河川流の実験によって適当であると認められた右岸低水路の閉塞を防止しなければならない。このため左岸防波堤・右岸導流堤の法線を河中央に向って屈曲させ、河口をおおうような形に配置して種々の検討を行なったので結果を次節に示す。

5.3 導流堤による砂洲高の変化

5.3.1 自然海浜における砂州高

久慈川河口部における砂州高はT.P. 3.5 m程度である。このような砂州高を形成する波について調べるため、周期と波高を種々に変化させて波のうちあげ高を計算したのでその結果を表5.3に示す。

表5.3 周期・波高を種々変えた場合の推定うちあげ高

T及びL ₀ 項目		H ₀	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m	4.0 m	5.0 m	6.0 m	7.0 m
T=15sec L ₀ =35.1m	H ₀ /L ₀		0.0057	0.0071	0.0086	0.0100	0.0114			
	R/H ₀		1.04	0.95	0.87	0.81	0.75			
	R (m)		2.08	2.37	2.65	2.84	3.00			
	R+潮位 (T.P.m)		2.73	3.02	3.30	3.49	3.65			
T=12sec L ₀ =24.4m	H ₀ /L ₀		0.0082	0.0102	0.0123		0.016	0.0200		
	R/H ₀		0.99	0.80	0.72		0.62	0.54		
	R (m)		1.98	2.00	2.16		2.48	2.70		
	R+潮位 (T.P.m)		2.63	2.65	2.81		3.13	3.35		
T=10sec L ₀ =15.6m	H ₀ /L ₀		0.0128		0.0190		0.0256	0.0320	0.0385	0.0450
	R/H ₀		0.71		0.56		0.46	0.40	0.35	0.31
	R (m)		1.42		1.68		1.84	2.00	2.10	2.17
	R+潮位 (T.P.m)		2.07		2.33		2.49	2.65	2.75	2.82

この表によると、周期が10secの場合、波高が7mになってもうちあげ高はT.P3m以下である。

周期12.5secの場合は波高5m、周期15secの場合は波高4mでうちあげ高はほぼT.P3.5mになる。

うちあげ高を推定する場合の波高は第2回の現地観測結果から、少くとも1/10最大波をとる必要があるので、有義波で考えると、周期12.5secの場合の波高4m、周期15secの場合は3m程度となる。43年11月から44年12月の1年間の波高記録をしらべると、3.5m以上の波高は記録されておらず、また15sec以上の周期の波は波高1.5m以下である。したがって、久慈川河口で砂州高を規定する主な波は、周期12~13sec、波高3~3.5mのものであると推定される。ただし、このような波は、いわゆる台風波浪ではなく、台風の場合は別に考えなければならない。

波高3.5m、周期13秒として、1/10最大波のうちあげ高を計算すると、(潮位をT.P+0.65mとする)T.P3.35mとなり、ほぼ砂州の最高値に近くなる。

上述のように自然砂州高を規定する波は、風波よりうねりであることが明らかとなったが、実験の段階ではこの点が明瞭ではなかったため、うねりを代表するものとして波高2.4m、周期15sec、風波を代表するものとして、波高5.2m、周期10secの波を用いることにした。

5.3.2 導流堤による波の遮蔽効果

ケース19からケース41までは、導流堤の配置・波形勾配・潮位・海床形状等の条件を変えながら、導流堤の効果について検討した実験である。個々の実験ケース毎の内容については、表5.4に示している。

このうちケース19とケース39は、導流堤を配置しない、いわゆる自然海浜で行なった実験である。ケース20からケース27までは導流堤の最も効果的な配置を検討するために行なった実験であり、ケース28以降はケース27までの結果から得た効果的な配置を使用して実験条件を変えて詳しく検討したものである。

模型および使用した機器については土研資料第440号に述べたものと同一のものを使用しているためここでは省略する。導流堤の配置は図5.3に示すとおりである。

5.4 実験条件

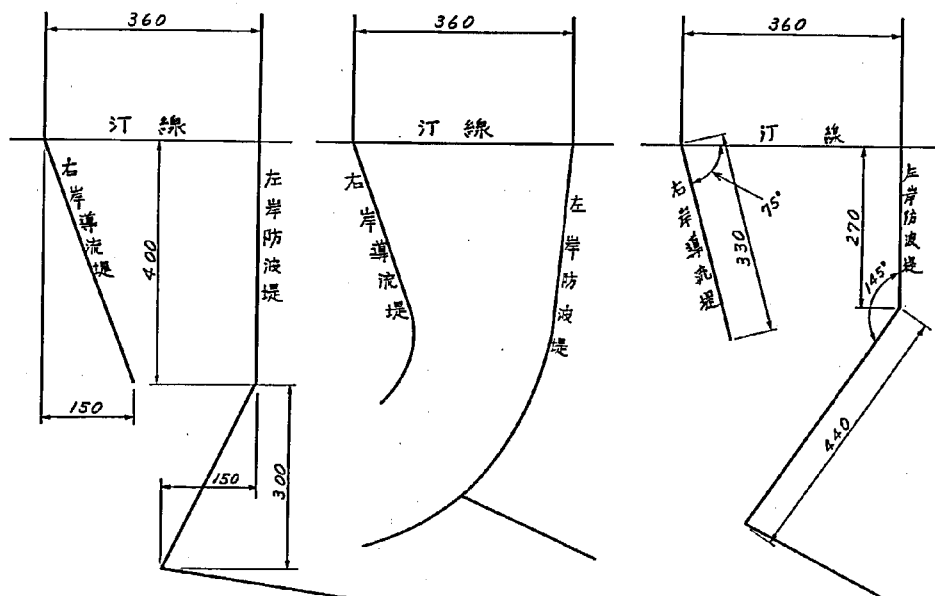
ケース No	海床 形状	波向	周期 sce	波高 $\frac{cm}{m}$	H/L	潮位 I.P.m	法線案	ブロック	流量	実験 時間	その他
19	原海床	90°	2.0 15.5	4.0 2.4	0.064	0.42	堤なし 自然	なし		30分	
20	"	"	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	第1案	"		"	
21	"	67.5°N	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	"	"		"	
22	"	90°	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	第2案	六脚 乱積		"	
23	"	78.5°S	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	"	"		"	
24	"	64.5°S	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	"	"		"	
25	"	67.5°S	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	第3案	"		1時間	
26	"	90°	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	"	"		30分	
27	"	67.5°N	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	"	"		"	
28	中洪水後 断面 A	"	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	"	"		"	
29	"	90°	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	"	"		"	
30	"	67.5°S	2.0 15.5	4.0 2.4	"	"	"	"		"	
31	"	90°	1.2 9.3	4.0 2.4	0.018	"	"	"		"	
32	原海床	"	2.0 15.5	4.0 2.4	0.064	"	"	"		"	
33	"	"	1.2 9.3	8.3 5.0	0.037	1.20	"	"		3時間	
34	"	67.5°S	1.2 9.3	8.3 5.0	"	"	"	"		"	
35	"	"	1.2 9.3	8.3 5.0	"	0.42	"	"	$1.71/s$ $4.8m^3/s$	8時間	
36	"	"	1.2 9.3	8.3 5.0	"	"	"	"	$1.01/s$ $2.8m^3/s$	"	
37	中洪水後 断面 A	90°	2.0 15.5	4.0 2.4	0.064	-0.80	"	"		"	
38	中洪水後 断面 B	"	2.0 15.5	4.0 2.4	"	-0.42	第3案 改良	"		"	
39	原海床	"	1.2 9.3	8.3 5.0	0.037	1.20	堤なし 自然	なし		"	
40	中洪水後 断面 A	67.5°S	1.2 9.3	8.3 5.0	"	"	第3案	六脚 乱積		3時間	
41	原海床	"	1.2 9.3	8.3 5.0	"	"	"	"	$1.71/s$ $4.8m^3/s$	"	

図 5.3 導流堤配置図

才 1 案

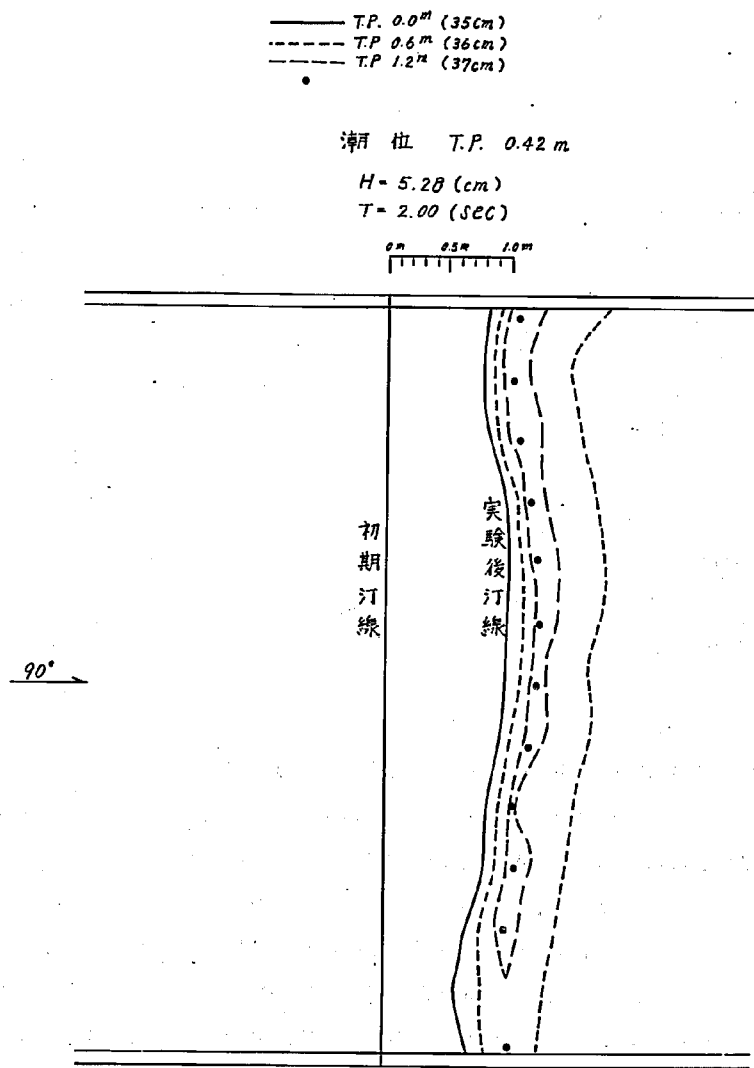
才 2 案

才 3 案



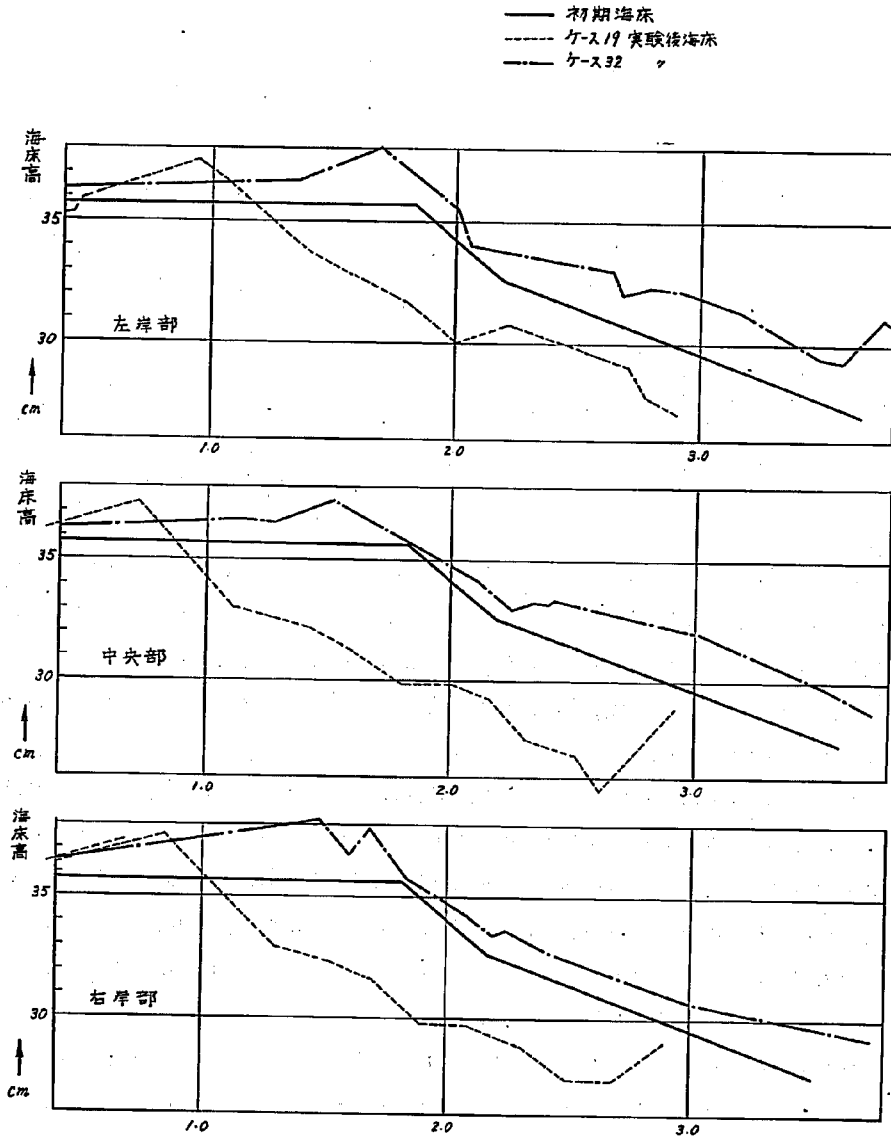
ケース 19 は自然状態における砂州の発生状況を調べたものであるが、砂州の上り高は最大 1.38 m 、平均 1.1 m になっている。固定床の実験結果からうちあげ高を推定すると、約 2.5 m となり、これと比較すると、発生砂州高はかなり低い。この原因としては図 5.4 に示すように汀線後退が大きく、海浜勾配が現地よりゆるやかになることが考えられる。現地観測時の観察によると、この程度の波では汀線の変動はほとんどみられず、この点でも現地との相似性は十分でない。図 5.5 は汀線付近の海床縦断についてケース 19 と導流堤で遮蔽したケース 32 とを比較したものである。導流堤で遮蔽した場合は、波が小さくなるため汀線変動が少なくなる。このため砂州高も高くなり、比較的よい結果が得られるようである。このように、この実験では、遮蔽された場合と遮蔽されない場合とで相似性が異なっているので、定量的な比較は困難であるが、砂州高の低下率は相当安全側の数字であると推定される。

図 5.4 Case 19 汀線変化



ケース 20 ~ 27 は導流堤配置の各案に対し、波を汀線に直角方向と、南または北側からや
 斜め方向の 3 方向から入射させ、導流堤各案の効果をしらべたものである。表 5.5 はそ
 の結果を示したものである。各ケース毎の砂州の静水面上の上り高と、ケース 19 の上り
 高に対する割合が計算してある。砂州高が位置により異なるので、右岸・中央・左岸と全
 体の平均を示してある。

図 5.5 汀線付近の海床縦断
(ケース19とケース32の比較)



これによると、第Ⅰ案のケース20、21の低下率がやや少なく、Ⅱ・Ⅲ案では同じような効果を示していると推定される。ただ、Ⅱ案では波の入射方向により砂州の低下率はあまり変化していないが、Ⅲ案の場合は変化が大きい。

表 5. 5 導流堤各案の効果

砂州高と砂州上昇率の比較

比較 条件	ケース No	右 岸		中 央		左 岸		平 均	
		砂州高	比 (%)	砂州高	比	砂州高	比	砂州高	比
自然海浜に 対する導流堤 各案の効果	19	1.16		1.07		1.06		1.10	
	20	1.15	99.2	0.62	58.0	0.73	68.9	0.83	75.5
	21	0.70	60.4	0.59	55.1	0.50	47.1	0.60	54.5
	22	0.46	39.7	0.62	58.0	0.33	31.1	0.47	42.7
	23	0.47	40.5	0.65	60.7	0.29	27.4	0.47	42.7
	24	0.38	32.8	0.40	37.4	0.39	36.8	0.39	35.5
	25	-0.04		0.52	48.5	0.49	46.2	0.32	39.1
	26	0.36	31.0	0.70	65.5	0.66	62.2	0.54	49.1
	27	0.48	41.4	0.50	46.7	0.43	40.5	0.47	42.7

単位 T.P.

特に、南側から入射する場合は波があまり遮蔽されずに入るので、その効果も小さくなっている。しかし、この場合は表からわかるように、右岸側の砂州はかなり低くなっている。

以上の結果からみると、第Ⅱ案の方が遮蔽効果はあるように考えられるが、河川流に対する障害が大きいため、また、港湾計画からも望ましくないため、第Ⅰ案または第Ⅲ案の形式をとることになった。

第Ⅰ案と第Ⅲ案を比較してみると、Ⅰ案では防波堤により河口前面が完全に遮蔽されていないので、直角方向の入射波に対する効果が小さい。また、河川流の面からみると、右岸導流堤の傾斜角度が大きすぎる点で問題がある。一方、第Ⅲ案は先に述べたように南方向からの入射波に対してやや不満があるが、この場合も右岸側の砂州は低く、河川流の面からも、低水路を右岸側に設ければほぼ満足し得ると推定されるので、一応Ⅲ案を採用することにし、この案について詳細な検討を行なうことにした。

第Ⅲ案については、ケース 25・26・27 でまず遮蔽効果を検討したが、図 5.6 は砂州高について、図 5.7 は汀線の形状について、図 5.8 a～c は波の減衰状況を示したものである。

ケース 25 については、当然のことではあるが、左岸側で高く右岸側で低い。波の分布状況にも一応そのような傾向が認められる。ケース 26 では、中央部と左岸よりの波が大きい。砂州高・汀線の後退度もこれに伴って、中央よりやや左岸側にピークがでている

のがわかる。

ケース 27 は北側から波が入射しているので遮蔽効果は大きい。堤内の波も小さく、砂州高も低い。また、汀線の後退もほとんどみられない。

第Ⅲ案については、以上の結果から一応相当な効果があることが判ったが、実験で得られた波の減衰状況を参照して、久慈川河口部の砂州を形成すると考えられる波についての効果を推定してみる。

実験に使用した波のうち、波高 4 cm、周期 2.0 sec のものをうねりと考え、波高 8.3 cm、周期 1.2 sec のものを風波として考えた。それぞれの波について、実験中堤内および堤外で観測した波高について比較して、堤内での波高減衰率を調べた。その結果を表 5.6 に示す。

計算の方法は、周期と堤内平均水深から相対水深 h/L_0 を求め、その値と堤内波高から相当沖波波高 H_0' を求め、堤外波高で割ったものである。堤内波高の測定は、先に汀線を左岸・中央・右岸に分けて砂州高を調べたが、そのうち右岸の部分に影響すると思われる範囲を右とし、中央および左岸部分に影響すると思われる範囲を左として分けて、それぞれの堤内波高を平均した。ケース 25 ~ 27 はうねりについて、ケース 33, 34 を風波について代表出来る実験ケースとして選んだ。それぞれの堤内波高分布図は前出の図 5.8 a ~ c と図 5.9 a ~ c に示す。

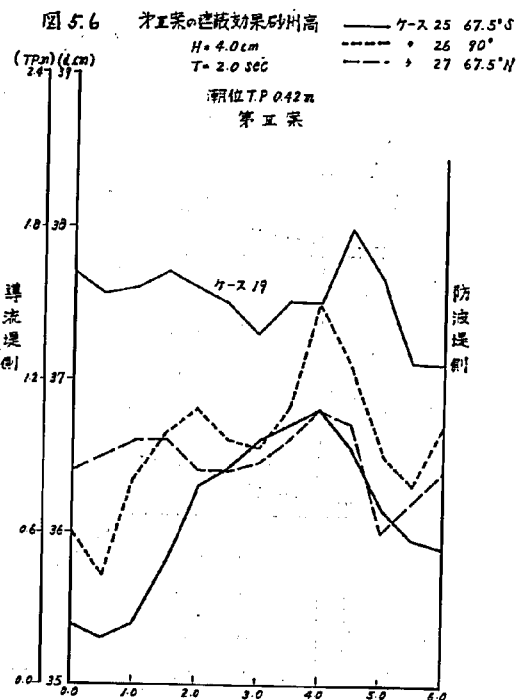
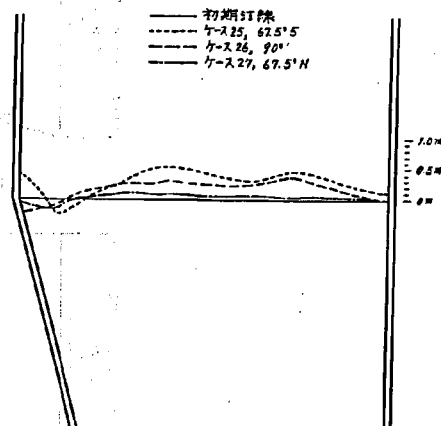


図 5.7 オ工案の遮蔽効果(汀線の形状)



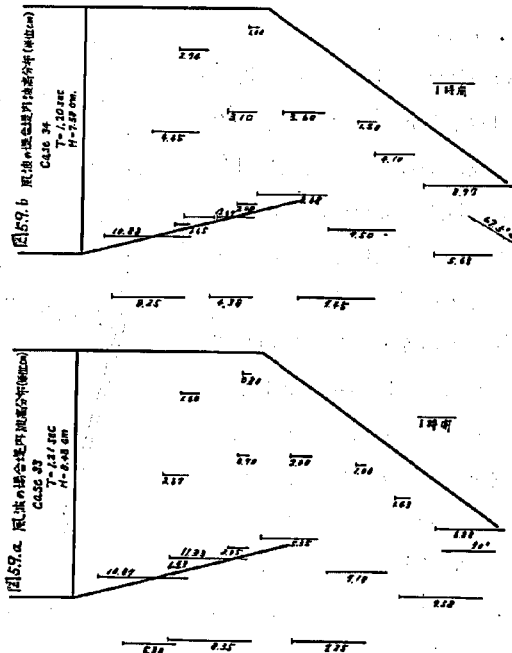
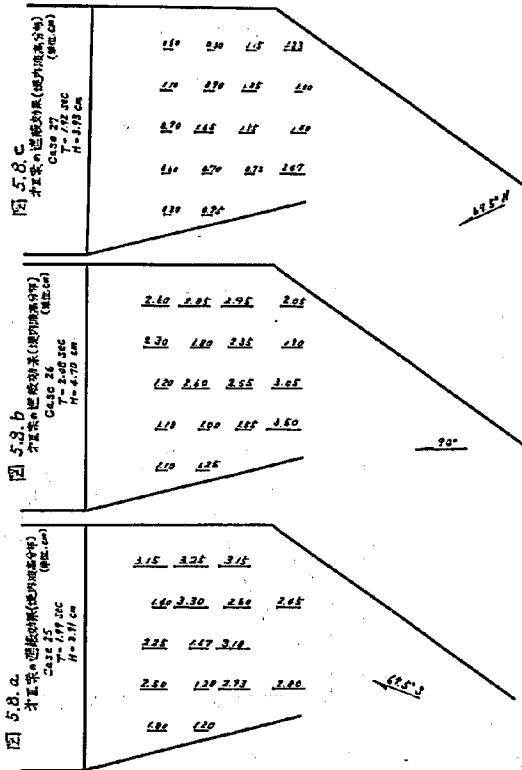


表 5. 6 波 高 減 衰 率

波 向	波	ケースNo	位 置	T(sec)	h/L_0	H/H_0	H (m)	H_0' (m)	H_0 (m)	H_0'/H_0
67.5°S	うねり	2 5	右 岸	1.99	0.0097	1.445	150	1.84	3.8	0.274
			左 岸	1.99	0.0097	1.445	234	1.62	3.8	0.426
	風 波	3 4	右 岸	1.20	0.0268	1.152	187	1.62	8.3	0.195
			左 岸	1.20	0.0268	1.152	228	1.98	8.3	0.248
90°	うねり	2 6	右 岸	2.08	0.0089	1.474	118	0.80	4.5	0.178
			左 岸	2.08	0.0089	1.474	194	1.32	4.5	0.293
	風 波	3 3	右 岸	1.21	0.0263	1.156	174	1.51	9.3	0.162
			左 岸	1.21	0.0263	1.156	210	1.82	9.3	0.196
67.5°N	うねり	2 7	右 岸	1.92	0.0104	1.422	0.63	0.44	3.9	0.113
			左 岸	1.92	0.0104	1.422	0.79	0.56	3.9	0.144

表 5. 6 をみると、ある沖波に対しては、うねりの方が風波よりも減衰効果は小さく、堤内波高の減衰する割合も小さいようである。左岸側と右岸側と比べてみると、右岸側は右岸導流堤の遮蔽によりかなり波高を減衰させることが出来る。また、当然のことではあるが、波向きは南側からのものより北側から入射したものの方が左岸防波堤の遮蔽効果により、減衰しやすくなっている。いずれにしても、減衰率は 50% 以下となり、かなり遮蔽効果はあるようである。

久慈浜に襲撃する波は、第 II 章で述べたことから有義波で、うねりの場合は、波高 6.0 m、周期 15 sec、風波の場合は波高 6.0 m、周期 10 sec とすると $1/10$ 最大波は $H_{1/10} = 1.29 \cdot H_1/3$ であるから、沖波々高は 7.6 m となる。この様な波が南側および北側から汀線に斜に 45° の角度で入射する場合、屈折率は久慈浜の場合、約 0.86 になる。沖波々高にこの屈折率を掛けると、浅水波高は約 6.5 m となる。これらの波高と周期を使用して、波入射方向、波種類別にうちあげ高を計算した結果が表 5.7 である。表中で $R_{T.P}$ と云うのは、減衰後の波高による静水面上のうちあげ高 R_n に、潮位を加えたもので、うねりの場合は、満潮位の $T.P + 0.65 m$ 、風波の場合は計画潮位の $T.P + 1.60 m$ をそれぞれ加えている。この値を減衰した波による推定うちあげ高とした。また R_n は減衰しない波、つまり自然海浜におけるうちあげ高である。 R_n に対する $R_{T.P}$ の割合も同時に計算してある。一般に、風波の方がうねりに比べて波高はよく減衰するが、うちあげ高は 70~80% 程度しか減少しない。これは、同じ高さの沖波に対して、風波の方がよく減少し、堤内の波高は非常に小さくなるため、波形勾配も小さくなり、うちあげ高がやゝ大きめに出て来

表 5.7 推 定 う ち あ げ 高

波 向	波	位 置	H_0	T	H'_0/H_0	H'	H_0/L_0	R/H'_0	$R_{2.44}$	$R_{T.P}$	R_n	$R_{T.P}/R_n$
67.5° S	うねり	右岸 ^{1~} _{100m}	6.5	15	0.274	1.78	0.0051	1.04	1.85	2.50	4.35	0.575
		左岸 ^{120~} _{360m}	6.5	15	0.426	2.77	0.0079	0.88	2.44	3.09	4.35	0.710
	風 波	右岸	6.6	10	0.195	1.29	0.0083	0.87	1.12	2.72	3.71	0.733
		左岸	6.6	10	0.248	1.64	0.0105	0.78	1.28	2.88	3.71	0.776
90°	うねり	右岸	7.6	15	0.178	1.35	0.0038	1.13	1.52	2.17	4.60	0.471
		左岸	7.6	15	0.293	2.23	0.0063	0.96	2.14	2.79	4.60	0.606
	風 波	右岸	7.6	10	0.162	1.23	0.0079	0.89	1.09	2.69	3.77	0.714
		左岸	7.6	10	0.196	1.49	0.0095	0.82	1.22	2.82	3.77	0.749
67.5° N	うねり	右岸	6.5	15	0.113	0.73	0.0026	1.30	0.95	2.20	4.35	0.505
		左岸	6.5	15	0.144	0.94	0.0027	1.23	1.16	1.81	4.35	0.416

るためであろう。

表 5.8 実験時堤内外の砂移動量

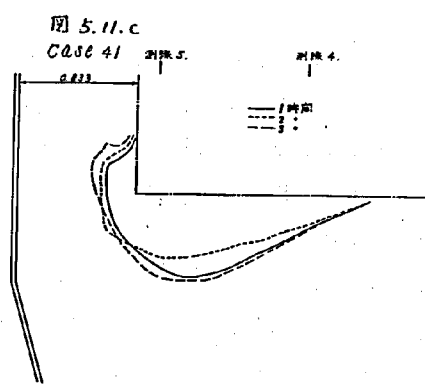
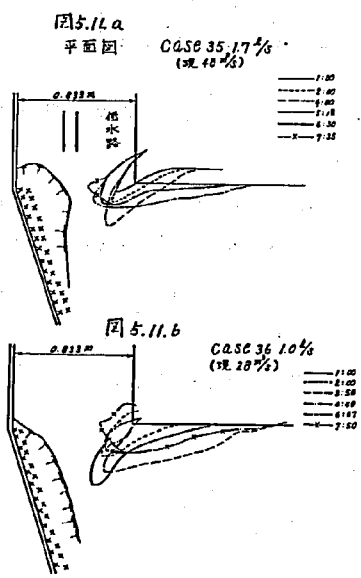
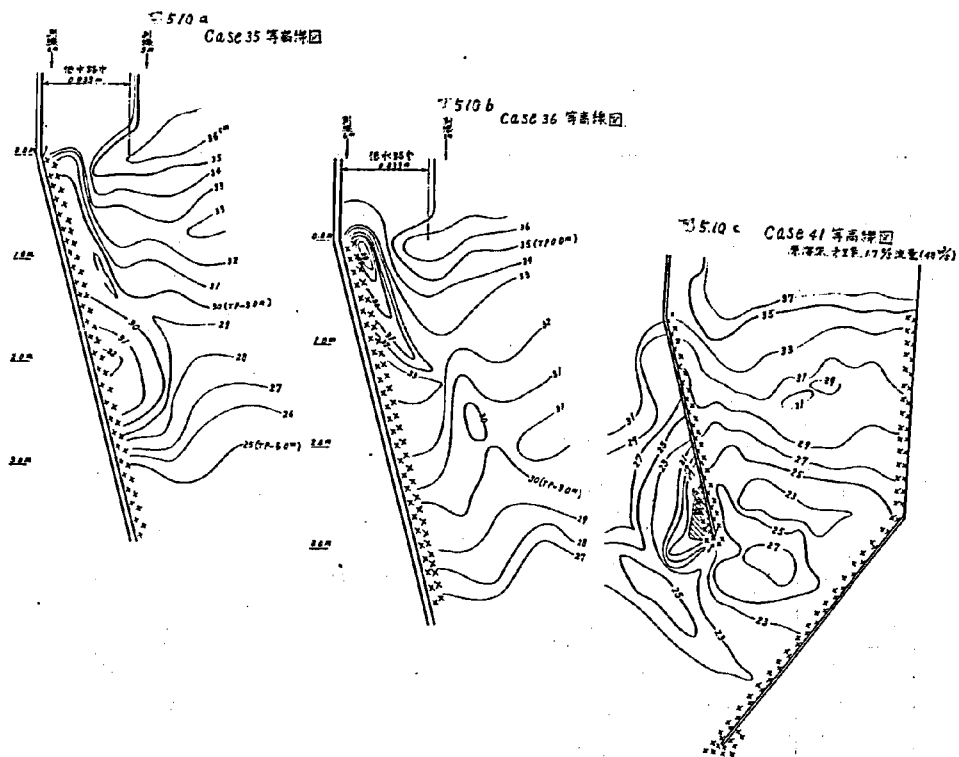
ケースNo	砂移動量 (t)		実験条件			
	堤内	堤外	波向	潮位	波	海床
28	140.9	-349.8	67.5°N	T.P. 0.42m	うねり	中洪水後A
29	343.0	-624.0	90°	"	"	"
30	-237.3	-238	67.5°S	"	"	"
31	192.8	246.8	90°	"	風波	"
32	153.5	437.5	"	"	うねり	原
33	-91.2	-167.6	"	T.P. 1.20m	風波	"
34	85.2	77.9	67.5°S	"	"	"
35	537.7	-865.5	"	T.P. 0.42m	"	"
36	355.3	-241.5	90°	"	"	"
37	7.6	-268.6	"	T.P. 0.80m	うねり	中洪水後A
38	-575.8	-544.8	"	T.P. 0.42m	"	" B
40	301.1	-212.6	67.5°S	T.P. 1.20m	風波	" A
41	627.5	175.1	"	"	"	原

うねりの場合は、50~70%に減少する。また波向きについては、北側からの波がやはりよく減衰し、うちあげ高も減少するようである。

うちあげ高が砂州高を規定するのであるから、導流堤を配置しない自然海浜のうちあげ高 R_n に対する $R_{T.P.}$ の割合は、そのまま砂州高を減少させるための導流堤の効果と考えてよい。したがって、導流堤を第Ⅲ案のように配置することで、砂州高は5~7割程度におさえることが出来る。その場合、砂州高は高くても3.0m程度であるが、第Ⅲ案では、右岸側の砂州高は左岸側よりも低いと云う実験結果から、河川流のない場合は、右岸側では約2.5m程度以下におさえることが出来る。

5.3.3 河川流と波を同時に与えた場合の堤内海床の変化

汀線付近での砂州高は第Ⅲ案では右岸側で低く、左岸側で高いので右岸側に低水路を設置するならば、閉塞する心配はないと考えてもよい。実際の河口においては、河口における流れが全くなくなることはなく、湧き流量と、入退潮に伴う流れはある筈である。今までに行なった実験においては、河川流を無視してきたので、砂州の発生については、安



全側の実験であつたと云えよう。右岸に低水路を設けて水を流した場合には、かなりの開口部が確保されと考えられるので、この点を検討するため河川流を与えた実験を実施してみた。

久慈川での入退潮により生じる流れを上流における貯留を考慮して一応 $38 \text{ m}^3/\text{s}$ と仮定し、潟水流量 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ を加えた合計 $48 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量を考えたものを 1 ケース、この流量で計画潮位にしたものを 1 ケース、さらに流量 $28 \text{ m}^3/\text{s}$ としたものを 1 ケース、都合 3 ケースを行なった。

図 5.10 a ~ c は実験の結果得た堤内深浅図であり、図 5.11 a ~ c は汀線付近の詳細な深浅図である。図中 35 cm の等高線が $T.P \pm 0 \text{ m}$ となり、縦方向の縮尺 $1/60$ であるから、図中等高線の数字に 60 をかけたものが現地河床高となる。

これらの結果から、非常に少ない流量であつても、河口に流れがあれば、河口で閉塞現象は絶対に起きないと云つてもよい。したがつて、導流堤を第Ⅲ案のように配置することで、右岸側の低水路は閉塞しないし、流量が大きくなつた場合は、この部分から側方侵食を起して、洪水等の疎通をよくすると考えてよいであらう。

これらの実験は相似則の問題でまだ解決していない問題が多いので、定量的に判断出来ないが、よその傾向はつかめるものと考ええる。

右岸側の低水路付近の開口巾はおよそ 25 m 程度であり、最低の流量でもこの程度の低水路は確保出来ると思われる。

5.4 導流堤内外の海床変化

5.4.1 概 要

第Ⅲ案のように導流堤を配置した場合、堤内外の海床はいろんな形に変化する。その変化の状態は大別して、河川流による堤内の堆砂、波による汀線に直角方向の砂移動、堤内の浅い部分における砂州の消長等が考えられる。このような変化は、初期海床形状・波向き・波の大きさ、水深によって異なつて来る。

ケース 28 以後の実験で、海床の縦横断を測定して、堤内の堆積、導流堤先端部の海床変化等について調べた。ケース 28 ~ 31 およびケース 37・38、40 は、中洪水後の断面を使用して行なつた実験である。この実験では中洪水後、堤内外に堆積した部分に波が当ることと堤内河道が埋り、河口閉塞が起きないかどうかを調べることを目的とした。また砂堆前面の勾配や、砂堆部の水深が変化することが、砂州の発生にどう影響するかを調べるため、二次元模型で補足実験を行なった。

5.4.2 導流堤内の堆積

表 5.8 で堤内外の砂移動量を測定した結果を示した。この表で堤外でマイナスになつて

いるのは、砂が汀線の方向に移動せず模型範囲よりも沖の方に移動した場合である。このような傾向は全ケース共にみられたものである。ケース39を除いた13ケースのうち、堤内で総堆積量がプラスになっているのはケース31, 32, 34, 41, の4ケースのみで、他は皆マイナスである。この表からは、砂の移動・堆積についての一般的な傾向は不明であるが、自然海床（原海床）の場合は、汀線方向への移動量よりも、沖の方への移動量の方が多い。中洪水後の堤内水深は、原海床に比べて浅くなっているが、ケース29とケース37を比較してもわかるように、初期水深が浅くなることで堤内の堆積量も多くなってくる。波の大きさでは、うねりの場合と風波の場合とでは、うねりの方が堆積型なの比べ、風波では侵食され、沖の方への移動量が多い。

中洪水後の断面を使用した実験のうち、ケース37の干潮位を与えた実験で、堤内の浅い部分では、長時間波をあてると次第に砂州に発達してくる。この砂州は水面に少し顔を出す程度であるが、大きさはかなりあり、時間の経過と共に汀線の方へ移動した。このような砂州の発生現象は、満潮位で 67.5° S方向の波の場合（ケース30）でもみられたが、砂州の規模はケース37に比べて小さかった。

堤内の水深変化の状態については、図5.12にケース29を、図5.13にケース32をそれぞれ示している。また波の大きさによる汀線付近の縦断形状の変化については、ケース32とケース33の比較を図5.14で行なった。

これらの図から前にのべたように、堤内水深が浅いと堆積量が多くなり、又波形勾配の大きな波では汀線の後退が激しくなることが明らかである。

ケース29は中洪水後の断面を使用したもののうち、波向きが 90° の実験であり、ケース32は断面が原海床を使用した実験である。図で潮線のnumberは図5.10に示した河道内横断面のnumberである。

ケース29では、右岸導流堤先端付近の左岸側には、 -1.0 m 程度の砂堆があるが、この砂堆は時間の経過により崩れて低くなる。一方右岸側の礫筋はやゝ埋められて浅くなるようである。堤内の汀線付近では、水深に大きな変化はみられない。ケース32では、ケース29に比べて導流堤先端のNo 6断面が堆積し、水深が浅くなる。これよりもやゝ岸側のNo 5断面では海床変動は殆んどみられないが、No 2断面でやゝ堆積し、最も岸側のNo 1断面ではやゝ洗掘されて深くなっている。

波形勾配の大きなケース33とうねりと目されるケース32の汀線付近の縦断を比較した図5.15によると、波形勾配の小さい方が汀線の後退も少なく、また海床の堆積も大きい。

以上の実験はすべて三次元模型を使用したものであるが、二次元模型を使用して水深の浅い部分が砂州に発達する状態について調べた結果を図5.15 a, b に示す。

図 5.12 中洪水 2,000% 通水後の堤内等高線

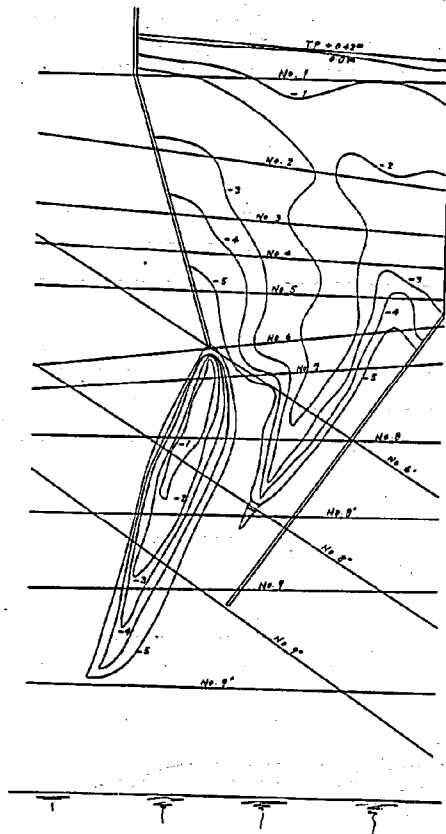


図 5.13 a Case 29 横断面図

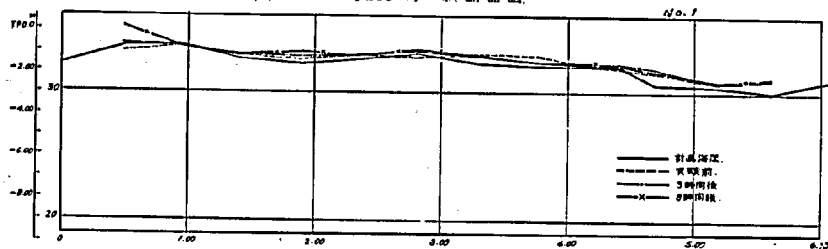


図 5.13 b

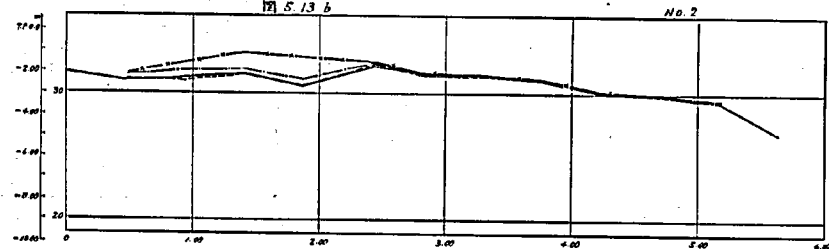


図 5.13 c

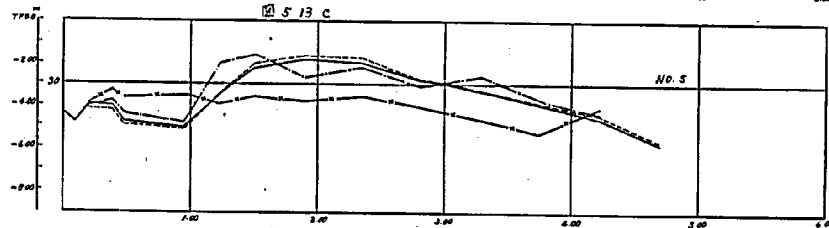


図 5.13 d

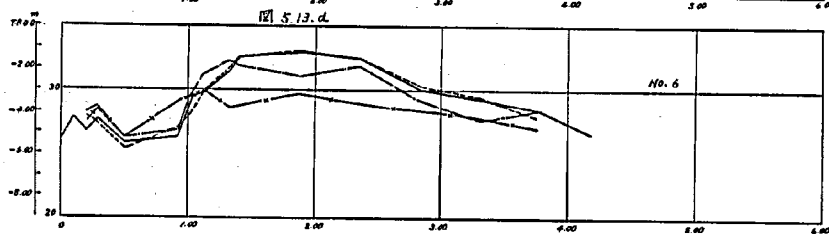


図 5.14.a Case 32 横断面図

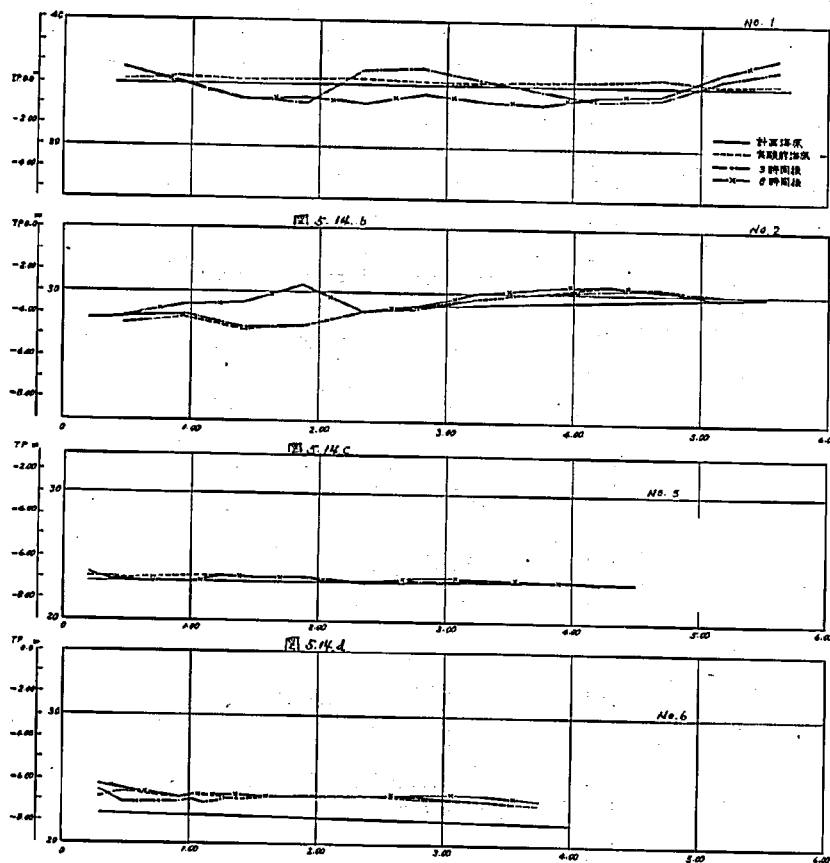
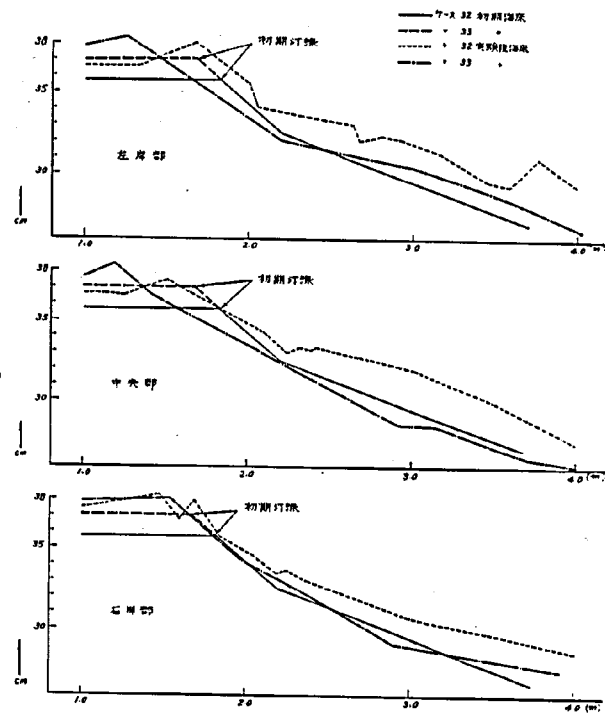


図 5.15 ケース 32, 33 の汀線付近水深縦断の比較



この実験の波は波高 3.5 cm, 周期 2.0 秒のものを使用している。模型水深は満潮位を使用し, 海床勾配は三次元模型と同様のものである。汀線に近くなつて, 水深 h_r の水平部を設け, h_r を 2 cm, 6 cm と 2 種類に変化させて水平部が砂州に変化するかどうかを調べた。結果としては, 水平部の水深 h_r が 2 cm と浅いときには砂州に発達するが, $h_r = 6$ cm と深くなると砂州は発生せず全体に侵食される形をみせ, 三次元実験の結果を裏付けている。

流れと波を同時に与えた場合は, 図 5.10 に示すように, 左岸防波堤の屈曲部付近に大きな堆積部分が生じる。しかし, この場合でも右岸導流堤に沿ってはかなり深い溜が出来る。

5.4.3 導流堤先端部の海床変化

$2.000 \text{ m}^3/\text{s}$ の中洪水を流した後の海床は, 図 5.16 に示すような形になり, 右岸導流堤の先端にかなり大きな砂堆が発生する。図 5.17 はこの砂堆の変化を横断図によって示したものである。砂堆は比較的短時間で崩れて, 深い部分を埋める。実験時間が 8 時間を経過すると, この砂堆は完全に消滅する。

砂堆の形は沖側の勾配が約 $1/50$, 横断方向の勾配が約 $1/10$ になっていて, 最も浅い所では -1.0 m の山よりの形をしている。そこで砂堆前面(沖側)の勾配が変わると砂堆がどのように変化するかを二次元模型を使って調べた結果を図 5.18 a~b に示す。

砂堆前面の勾配が $1/50$ とゆるい場合は, 砂堆上に砂州が発生する。勾配 $1/10$ では砂州は発生せず砂堆そのものも崩れてしまう。

三次元実験では, 沖側の勾配が $1/50$ であり, この二次元実験結果をそのまま適用するならば, 砂堆上に砂州が発生することになるが, 実際には発生しない。これは, 砂堆付近の波向きが, 防波堤による回折・水深の変化による屈折等の影響でいろいろに変化することと, 砂堆の中が小さいこと等のためであろうと考えられる。堤内の砂堆については, 前面の勾配がゆるやかなので, 砂州が発生しやすくなるものと思われる。

河川流を同時に与えた場合の実験結果のうち, 潮位を T.P. + 1.20 m にして行なった実験の結果は, 図 5.10 c に示すように右岸導流堤の外側の深淺図も測定したが, これによると導流堤外側では, 導流堤の先端部で洗掘が激しい。この傾向は, 風波による実験のうち, 南側から波が入射した場合にみられるが, 台風波浪に対しては, 導流堤先端の外側では, 根固めを充分にしなければならない。また, 波による堤防前面の洗掘は, 防波堤先端部でも顕著であり, 根固めによる洗掘対策は, 特に必要であると考えられる。

5.5 波の遮蔽効果に関する模型実験の結論

以上述べて来た実験の結果から得た結論を以下に述べる。うちあげ高に関する検討のうち固定床実験の結果と低水路導流堤の効果については土研資料第 440 号で述べているので,

図5.16.1 二次元模型実験の結果 I

(水深による砂州変化)
Case 1

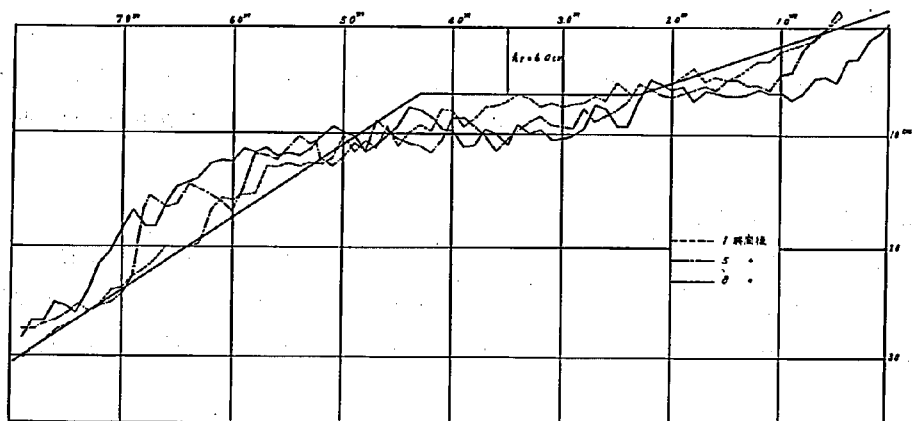
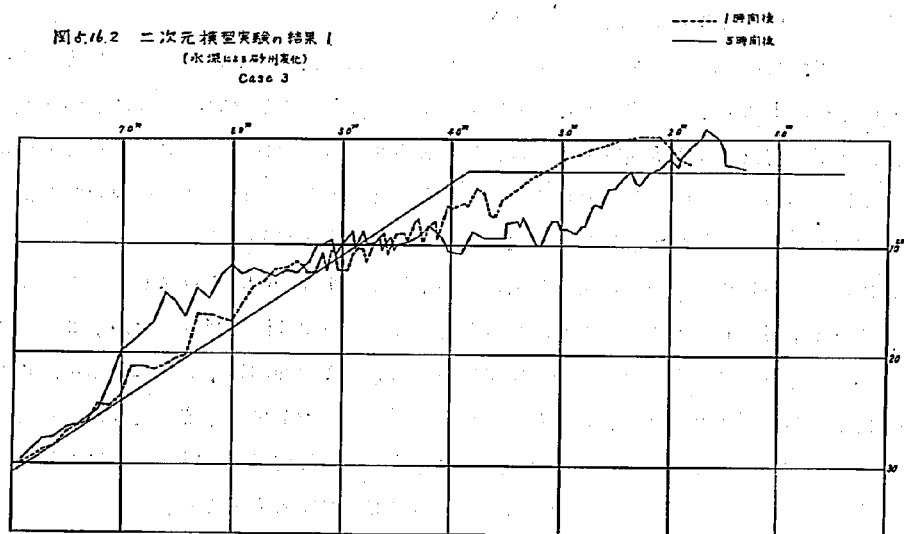


図5.16.2 二次元模型実験の結果 I

(水深による砂州変化)
Case 3



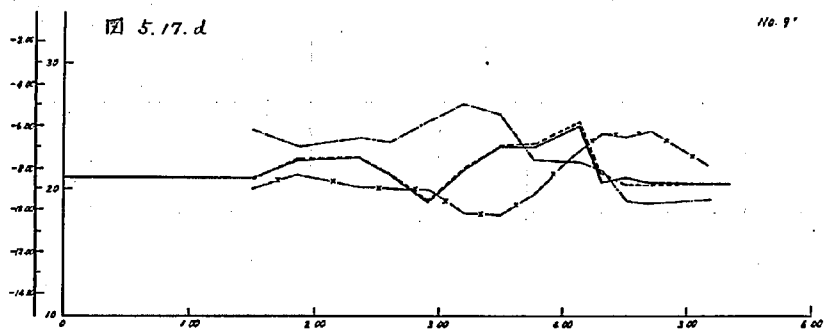
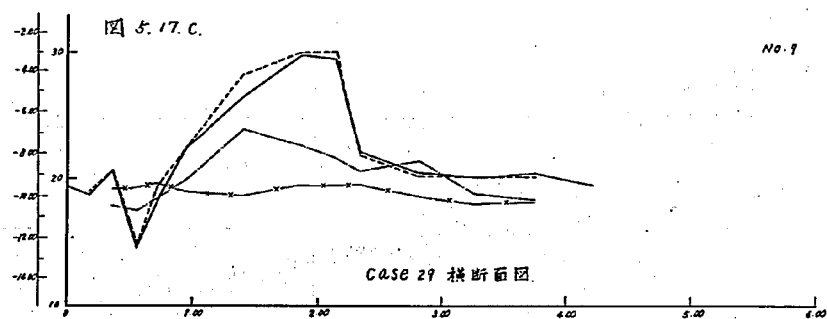
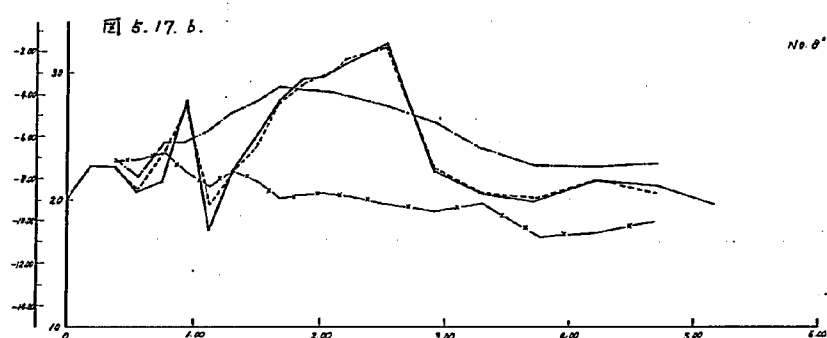
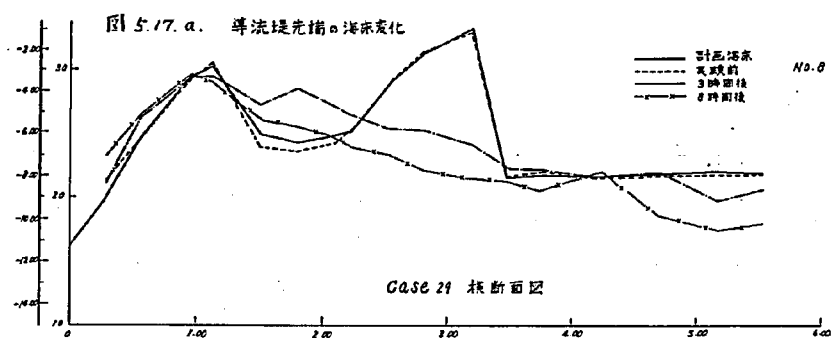


图 5.18. a.

二次元模型实验的结果 2
(砂堆与配土比例消表)

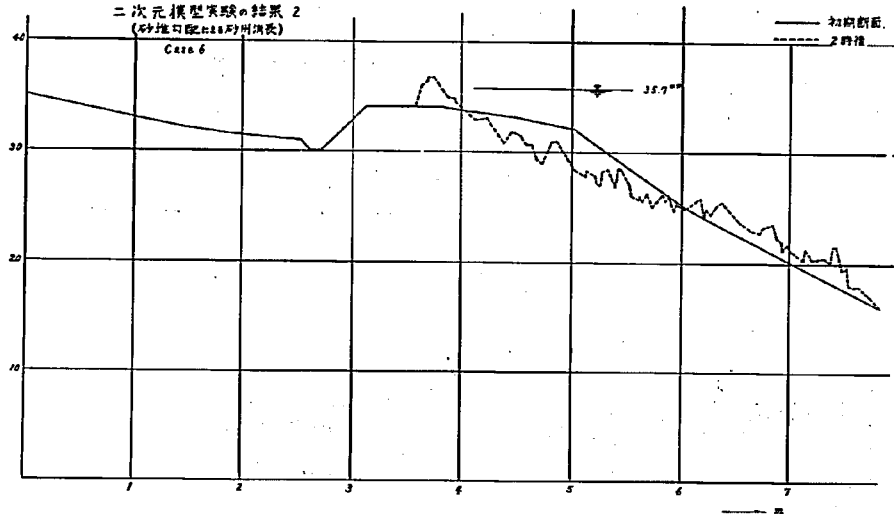
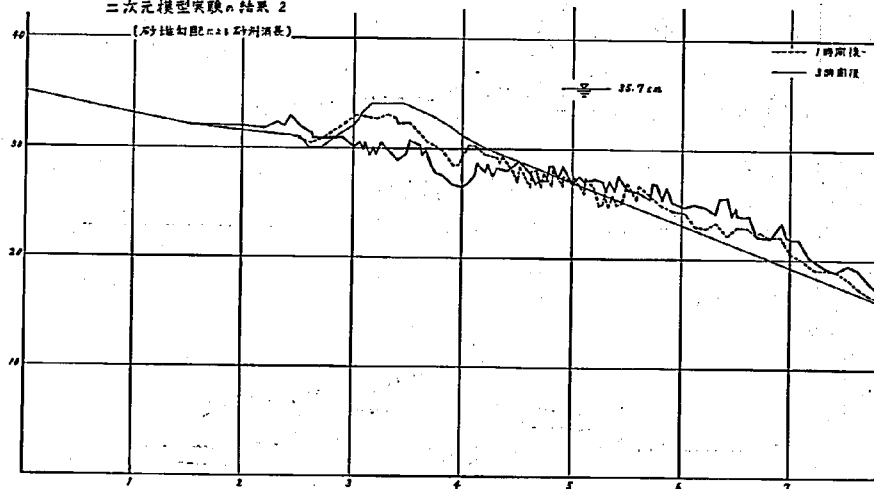


图 5.18. b.

二次元模型实验的结果 2
(砂堆与配土比例消表)



ここでは省略し、その後の実験結果で得た結論を以下に述べる

- 1) 砂州高を規定すると考えられるうちあげ高を推定するために、図 5.2 を用いる場合は、現地実験結果より $1/10$ 最大波をとることが必要と考えられる。この場合うちあげ高は、風波よりもうねりの方が大きくなる。
- 2) 導流堤を第Ⅲ案のように配置すると、堤内波高は、 50% 以下に減少する。有義波高 6 m の波が直角方向から入射する場合、 $1/10$ 最大波高になおすと 7.6 m となり、これに減衰率を掛けた値は風波で 1.5 m 、うねりで 2.2 m となり大巾に減衰し、導流堤による波の遮蔽効果がよいことを物語っている。
- 3) 波高減衰率を用いて、うちあげ高を計算すると、沖波で 6.0 m を考えた場合、うちあげ高は最大で 3.1 m 程度となり、同じ波を使用した場合の自然海浜（導流堤がない場合）に比べて約 71% になる。この場合右岸側では 2.5 m となって自然海浜の約 58% である。
- 4) 導流堤の配置は第Ⅰ案から第Ⅲ案まで 3 案考えたが、第Ⅱ案が一番よい結果になった。しかし河川流に対する障害や、港湾計画から考えて適当と思われない。また第Ⅰ案は左岸防波堤の遮蔽効果が十分でないので、結局第Ⅲ案を採用することにした。
- 5) 洪水流下後の海床断面では左岸防波堤の内側と、右岸導流堤の先端に砂堆を生じるが、この砂堆のうち右岸堤先端の砂堆は、波が当たると崩れて消滅し、深い所を埋める。左岸堤内側の砂堆は、水が深いときは右岸堤先端砂堆と同様の傾向をみせるが、水深が浅いときは砂堆が砂州に発達することがある。この場合右岸側の滞筋に大きな変化はない。また堤内の奥の方では、海床変化は顕著でない。
- 6) 河川流を同時に与えると最低の流量でも右岸側に 2.5 m 程度の開口が期待出来る。この開口巾で砂州高を最悪状態の 3.1 m と考えると、河川実験ケース 11, 15 の結果から、上流水位は少なくとも計画を下回る 3.90 m 以下になるものと判断される。
- 7) 堤内外の海床形状の変化については、5) で述べた他に右岸堤外側および左岸堤先端付近の洗掘が大きいこと以外には現在予測は困難であるので、今後さらに検討しなければならないであろう。

6 結 論

河口部の水理現象は非常に複雑なので、未解決な点も残されたが、以上の検討によつて得られた結論をのべるとつぎのとおりである。

- (1) 久慈川河口においては、年間を通じてE方向からの来襲波がもつとも卓越している。この方向は海岸線の直角の方向に対してやや北側に傾いているので、漂砂は北から南に流れている。

なお、夏期には台風波浪が来襲するため、ESEまたはSSE方向の波の頻度が高くなっている。

- (2) 現在の河口部の砂州は、主としてE方向から来襲する周期の長い波により形成されると考えられるが、河口閉塞については、ESE~SSE方向の台風波浪も考慮しなければならない。

- (3) 河口が完全に閉塞した場合は、河口より2 kmの地点の洪水時の水位がT.P. 4.5 mに達し、計画水位を上回る。この水位上昇は、洪水の初期におこるので、洪水のピーク流量には無関係で流量の増加率、底質の粒径などにより推定される。また、潮位の影響も無視し得る。

- (4) 開口幅が25 m以上ある場合は、洪水時の最高水位は計画水位以下となる。

- (5) 低水路導流堤方式は、必要な開口幅に確保し得るが、流れが集中するため、導流堤に沿う洗堀が著しく、導流堤の維持が困難なので、この場合は不適当である。

- (6) 最終的には、左岸防波堤と右岸導流堤を図のように配置し、低水路を右岸側に設けることにより、必要な諸条件が満足されることが見出された。

この場合、最悪の条件（潮位T.P. 0.65 m, 相当沖波波高6.5 m, 周期15 sec）でも、砂州高はT.P. 3 m程度、開口幅は25 m程度が推されるので、6000 m³/secの洪水の際にも、洪水位は約T.P. 3.9 mで計画水位以下である。

- (7) 右岸導流堤および、左岸防波堤の水衝部は洪水時にかなり洗堀されるが、適当な根固工により堆積が可能であると考えられる。

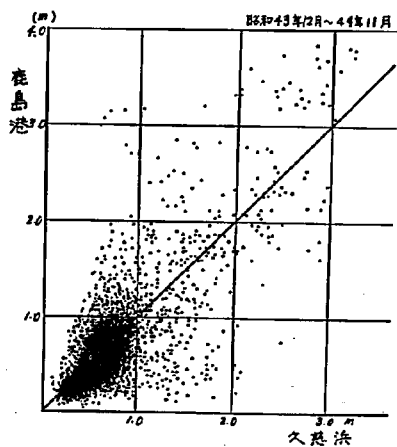
- (8) 導流堤内外の河海床は、洪水後に相当に堆積する。とくに左岸防波堤沿いの堆積と右岸導流堤先端部は、堆積が著しい。

後者の堆積は波によりしだいにフラツシユされる傾向にあるが、前者の堤内の堆積は、波によるフラツシユは期待されず、水深の浅い場合は静水面に達する砂州となる。しかし、実験によると、この砂州はしだいに汀線の方に寄せられるので、現在の砂州が海側に著しく出る恐れはないと考えられる。

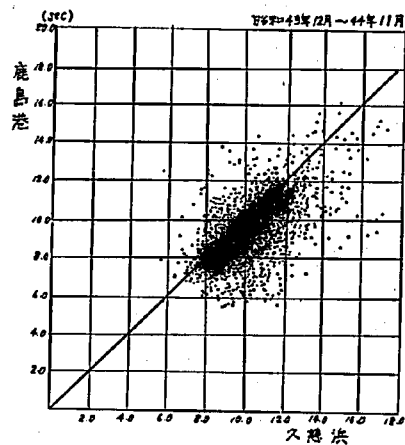
- (9) 導流堤内外の河海床変化については不確実な要素が多いので、今後十分に検討してゆく必要がある。

以上の調査・試験においては、常陸工事事務所の小坂前所長を始め、多数の所員の熱心な御協力を得るとともに、土木研究所の土屋河川研究室長の適切な御指導があつたことを付記し、ここに深く感謝の意を表する。

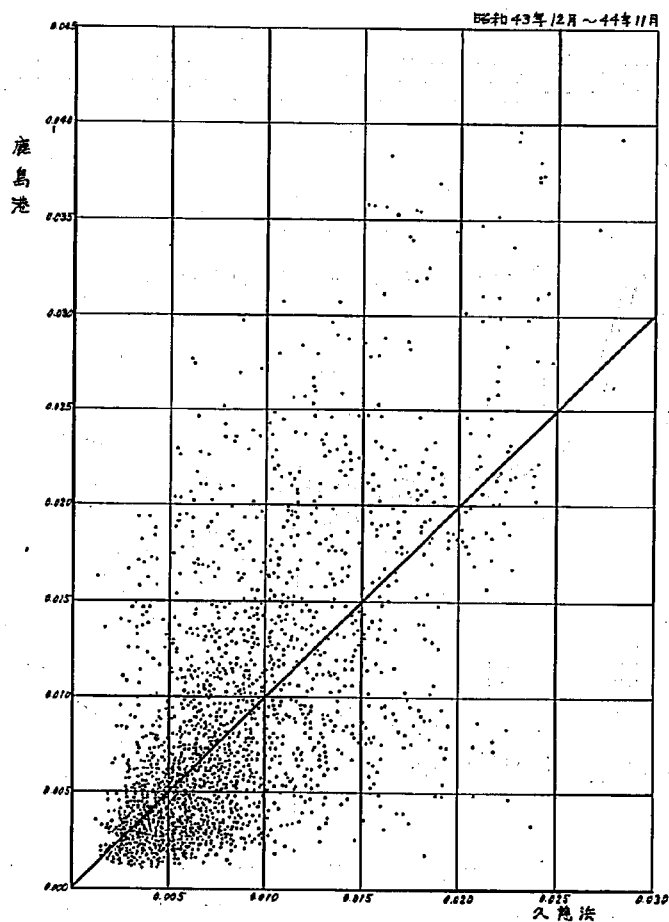
付図 2.2.1 a 通年波高相関図



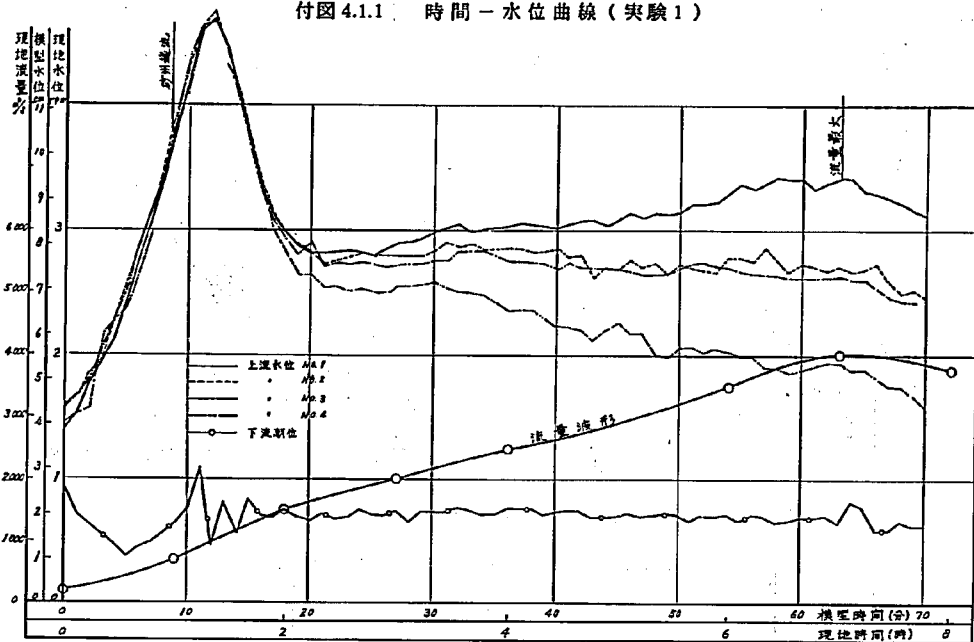
付図 2.2.1.b 通年周期相関図



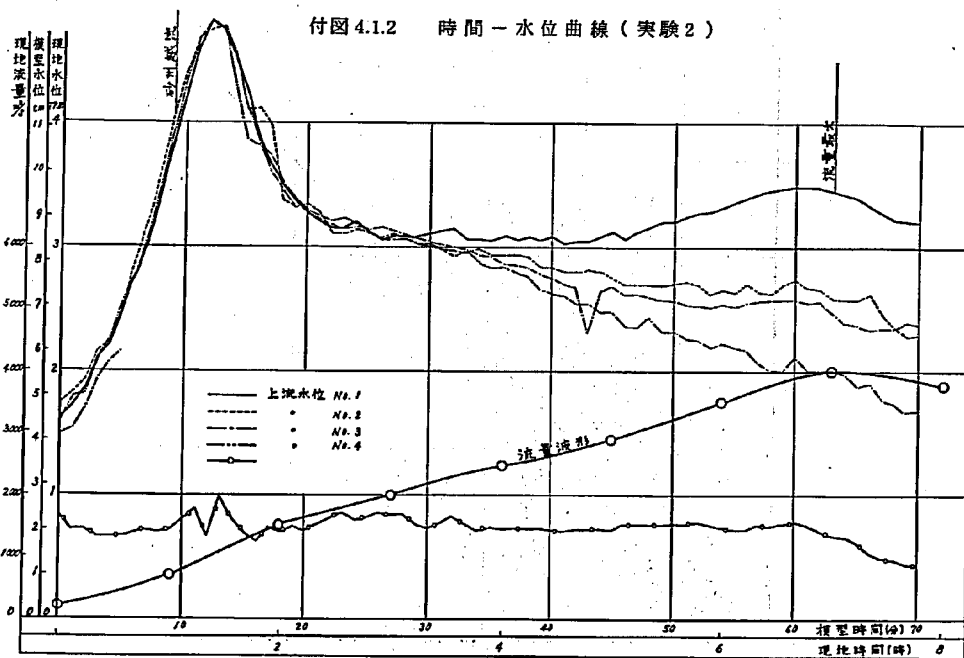
付図 2.2.1.c 通年波形勾配相関図



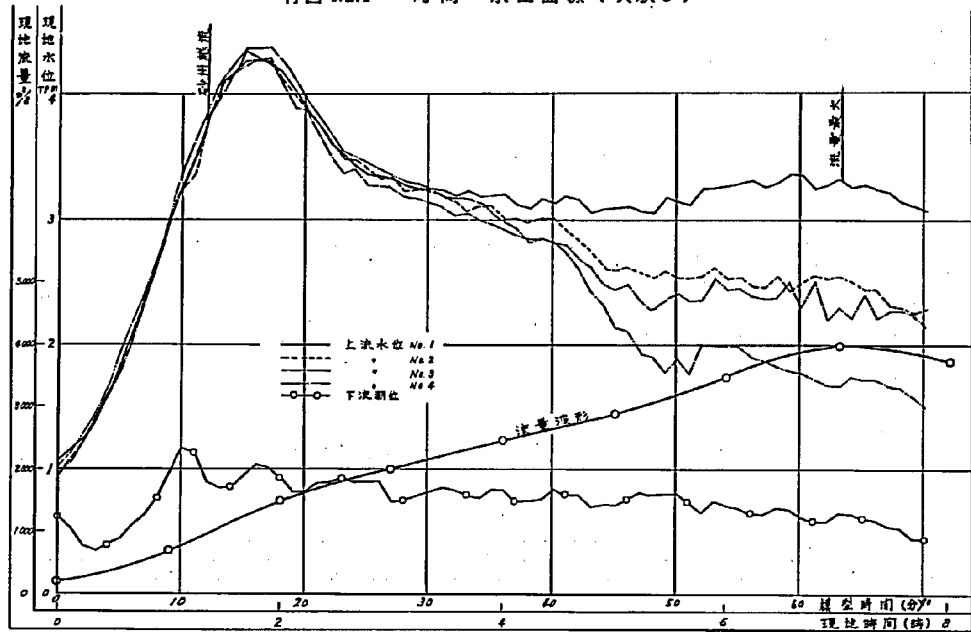
付圖 4.1.1 時間－水位曲線（實驗 1）



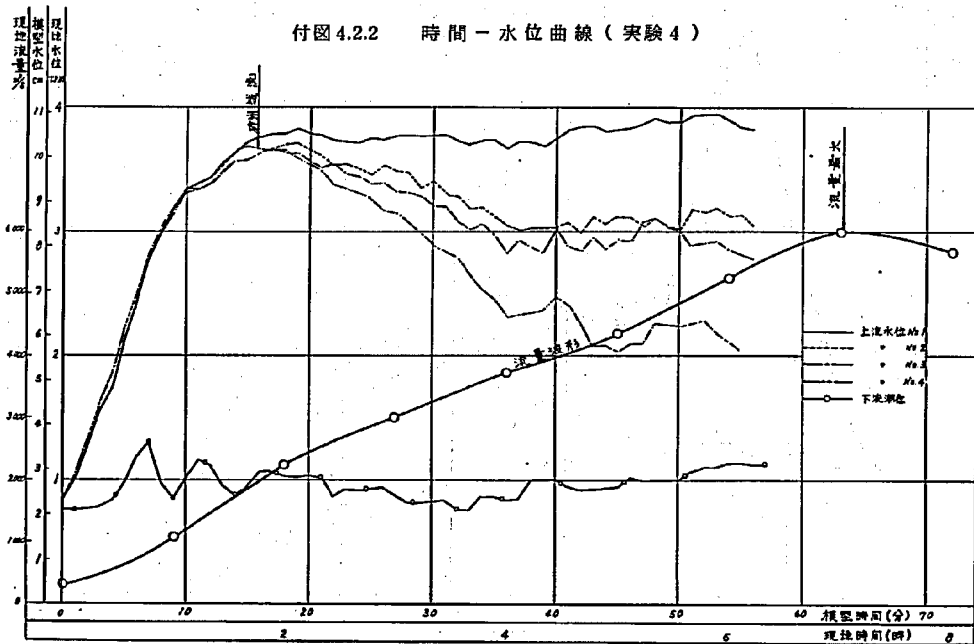
付圖 4.1.2 時間－水位曲線（實驗 2）



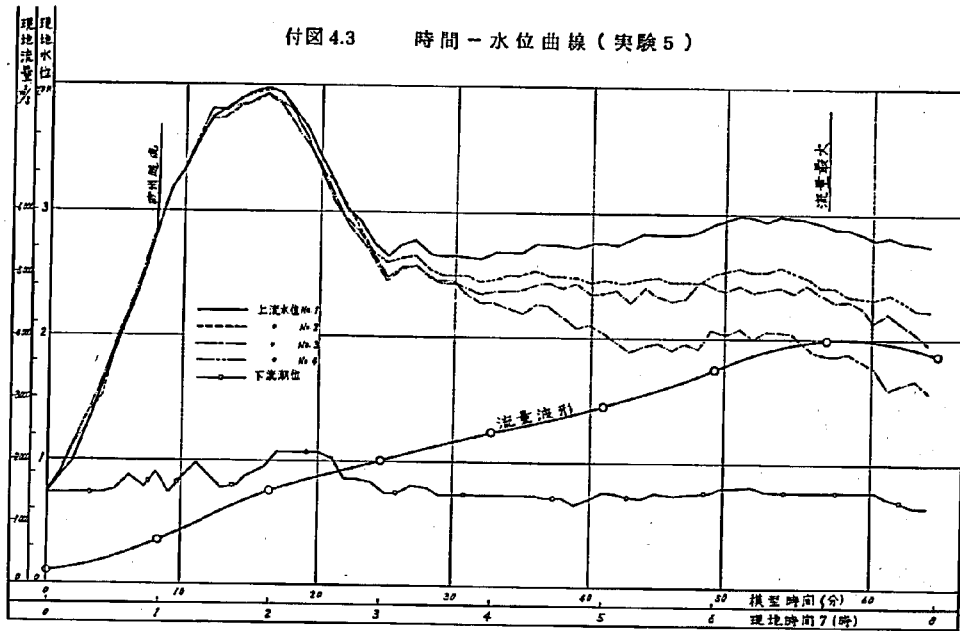
付圖4.2.1 時間-水位曲線(實驗3)



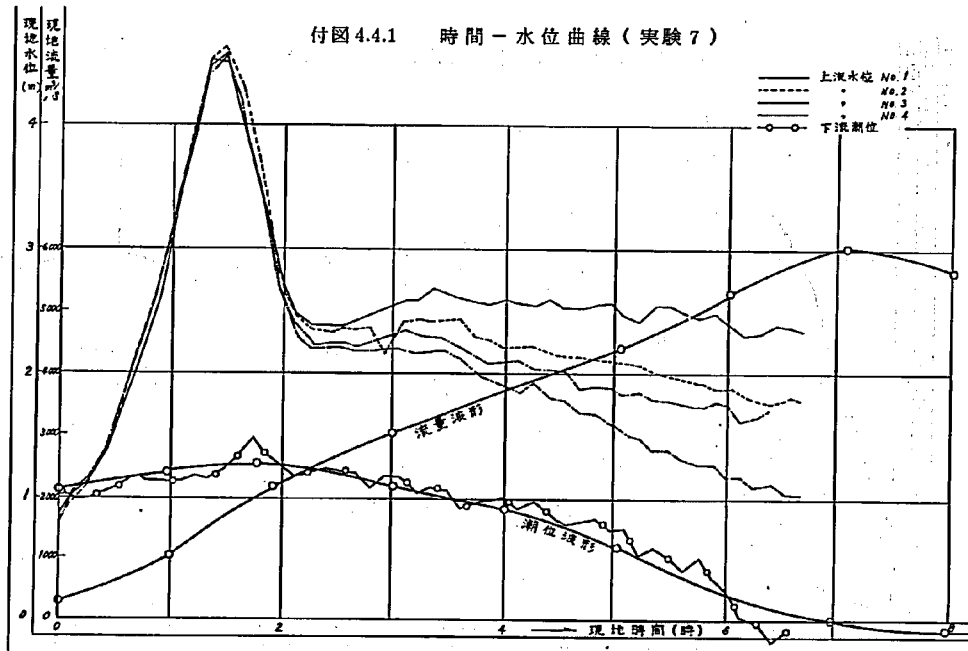
付圖4.2.2 時間-水位曲線(實驗4)



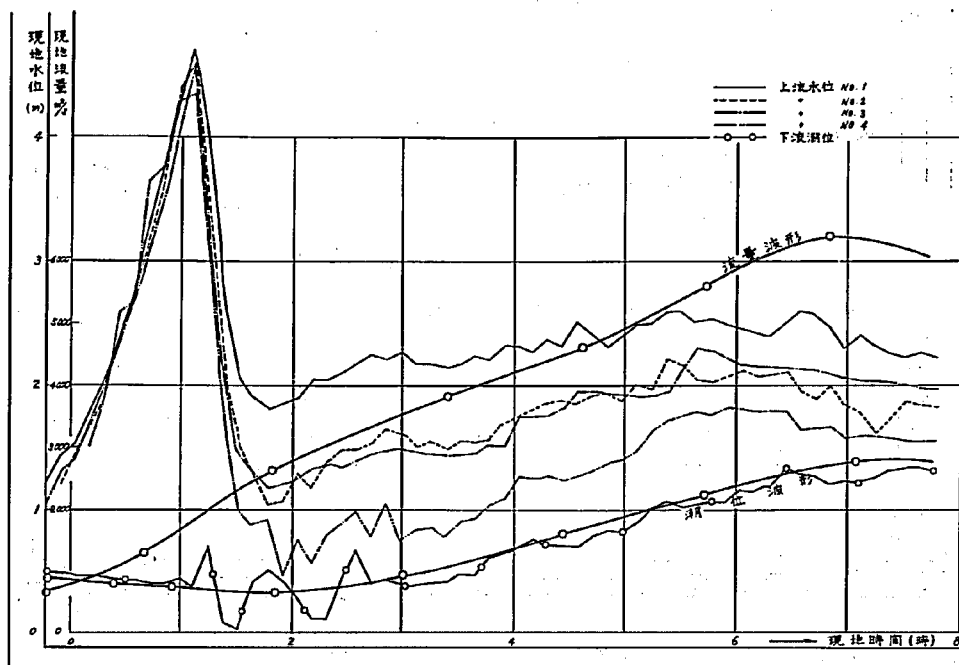
付圖 4.3 時間 - 水位曲線 (實驗 5)



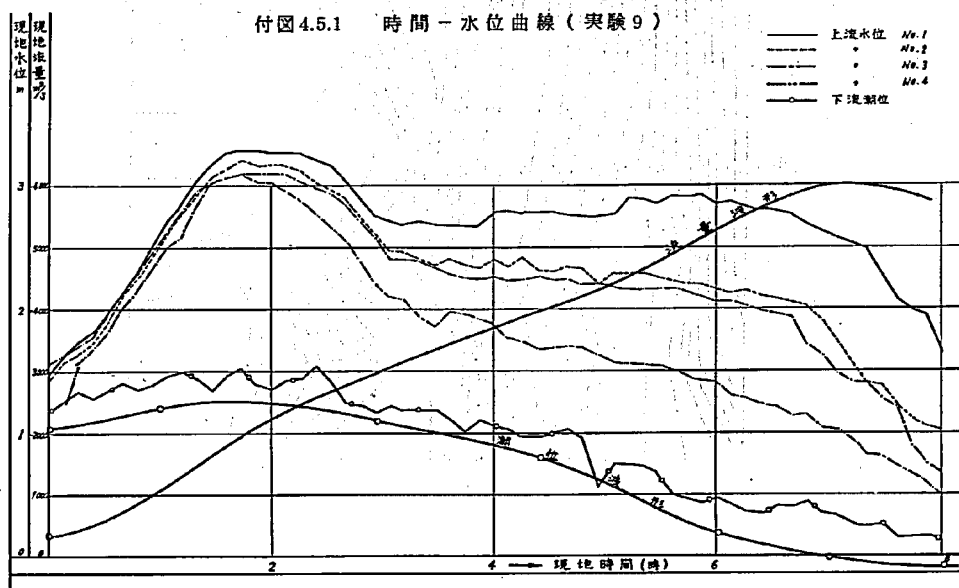
付圖 4.4.1 時間 - 水位曲線 (實驗 7)

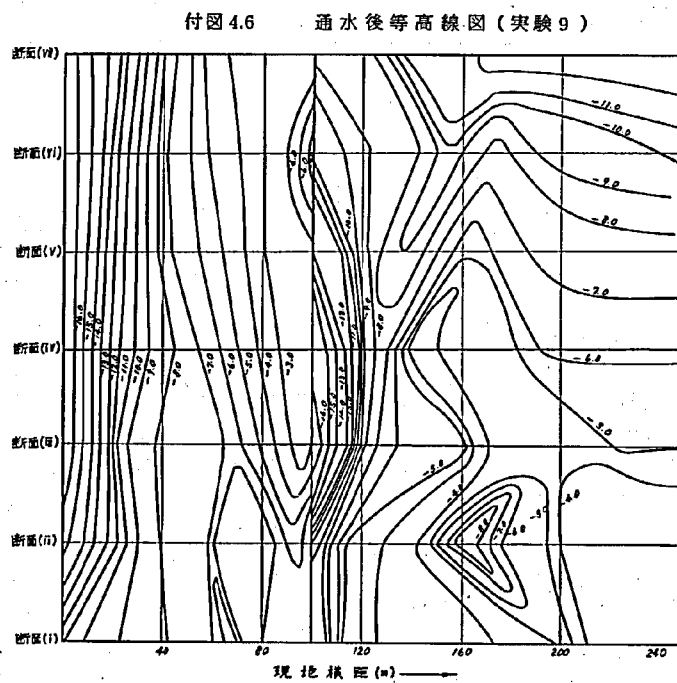
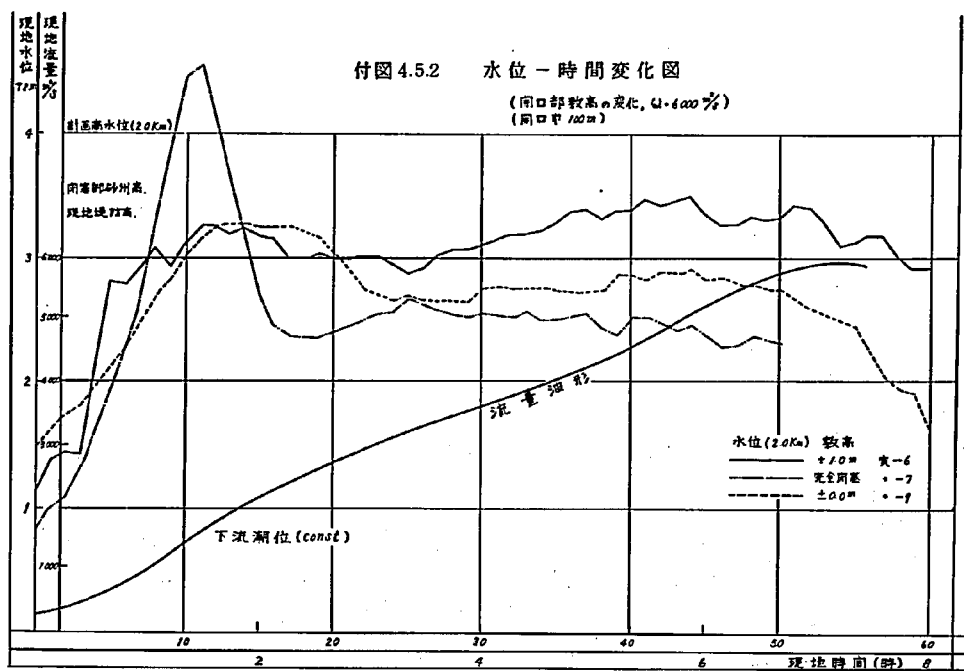


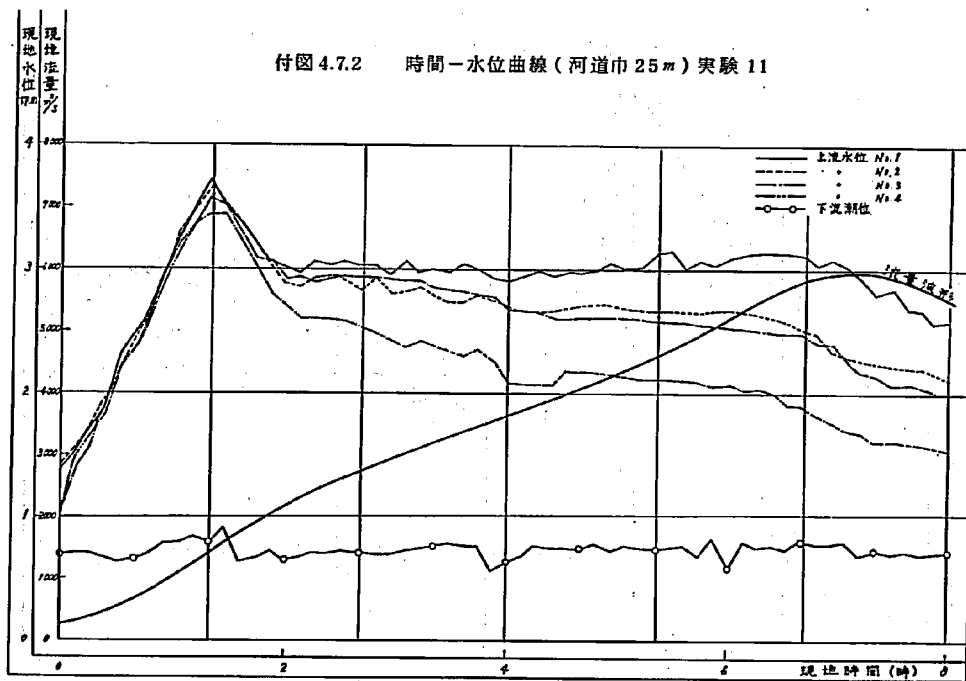
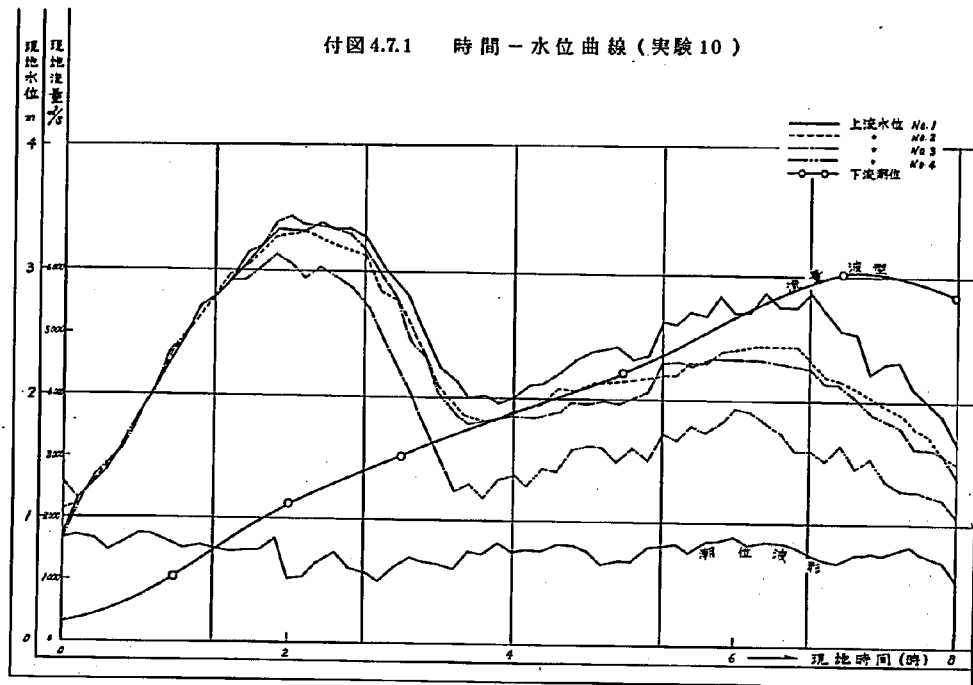
付図4.4.2 時間-水位曲線 (実験8)



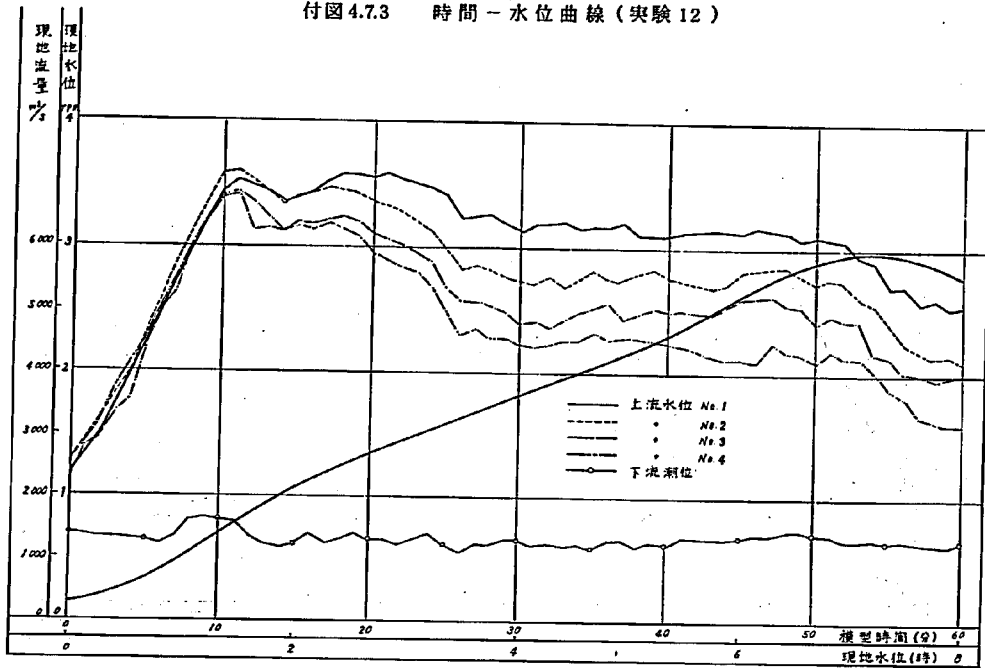
付図4.5.1 時間-水位曲線 (実験9)



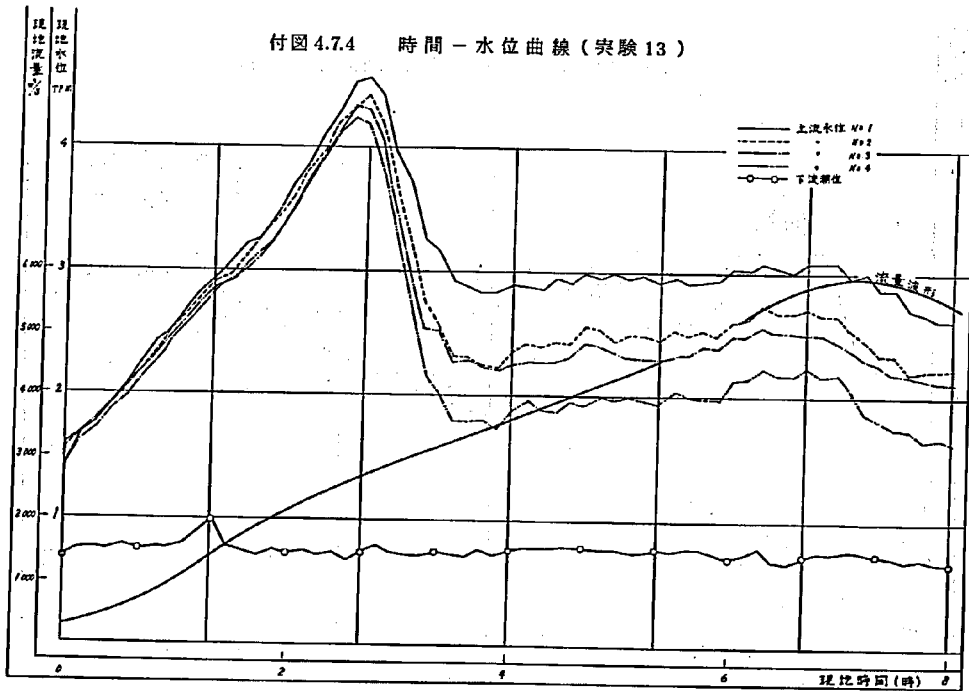




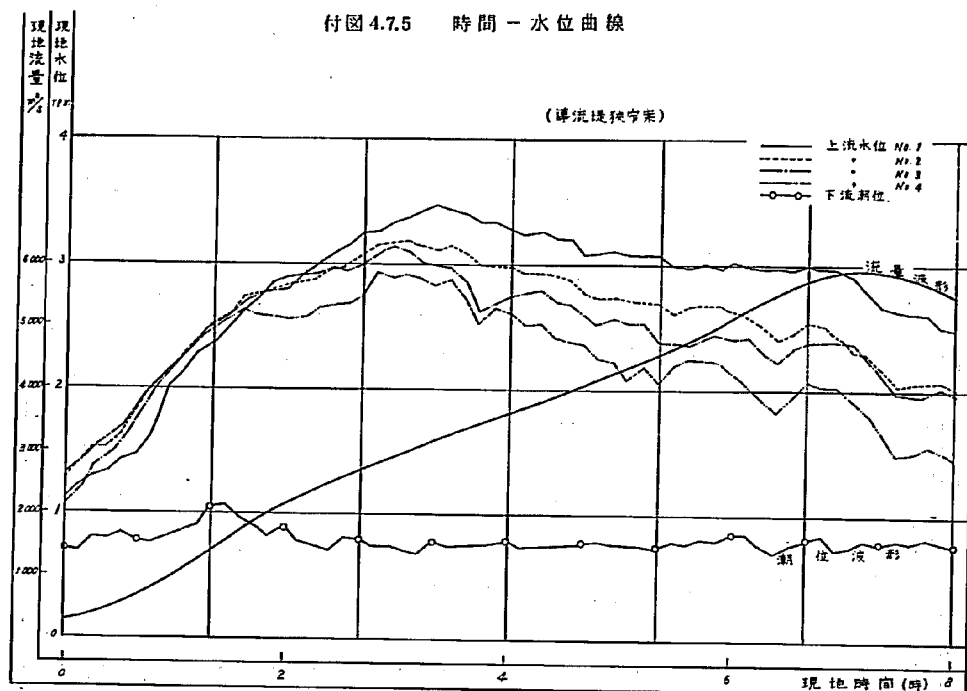
付圖 4.7.3 時間 - 水位曲線 (實驗 12)



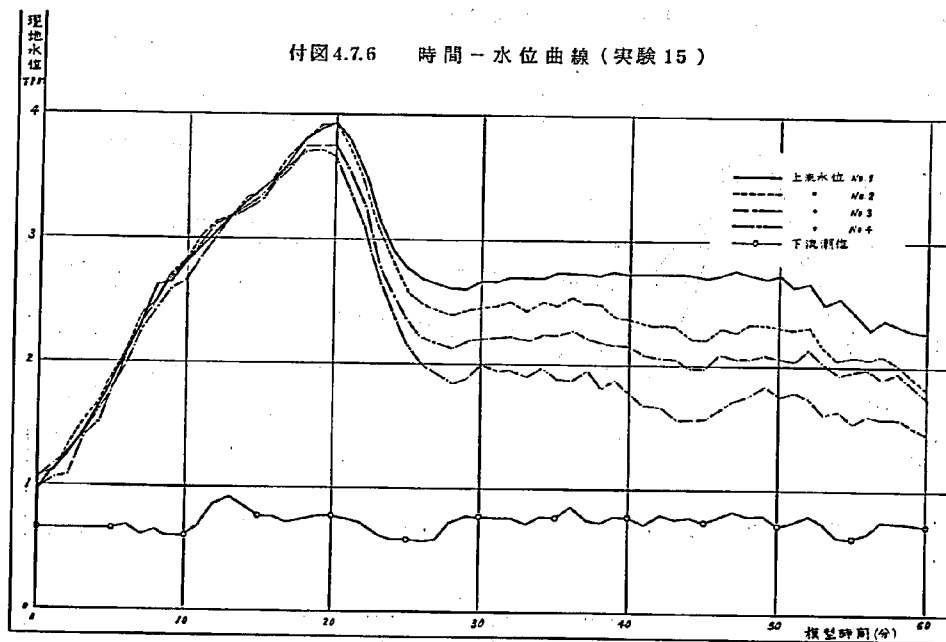
付圖 4.7.4 時間 - 水位曲線 (實驗 13)



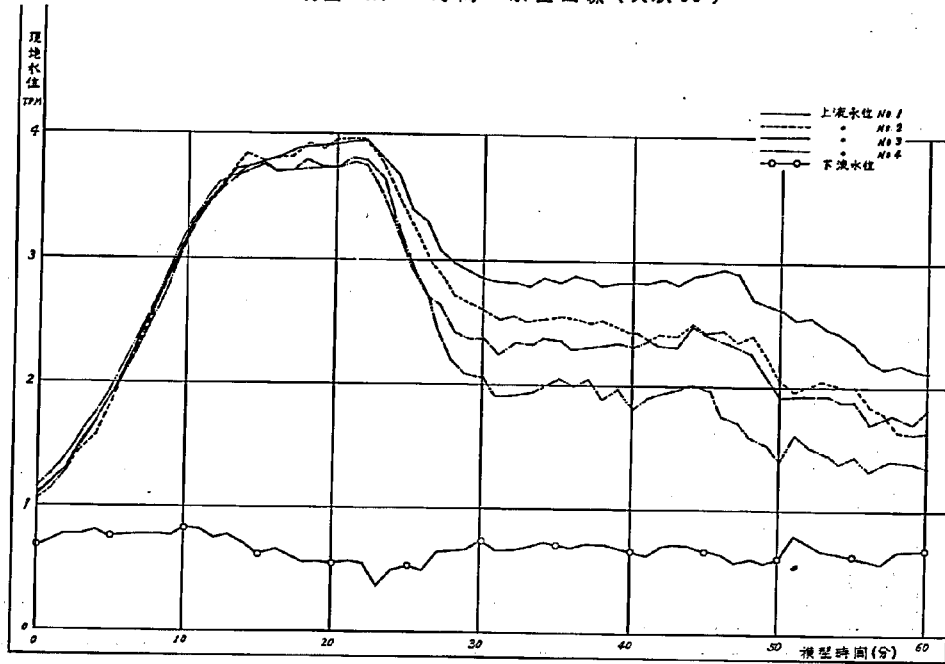
付圖 4.7.5 時間 - 水位曲線



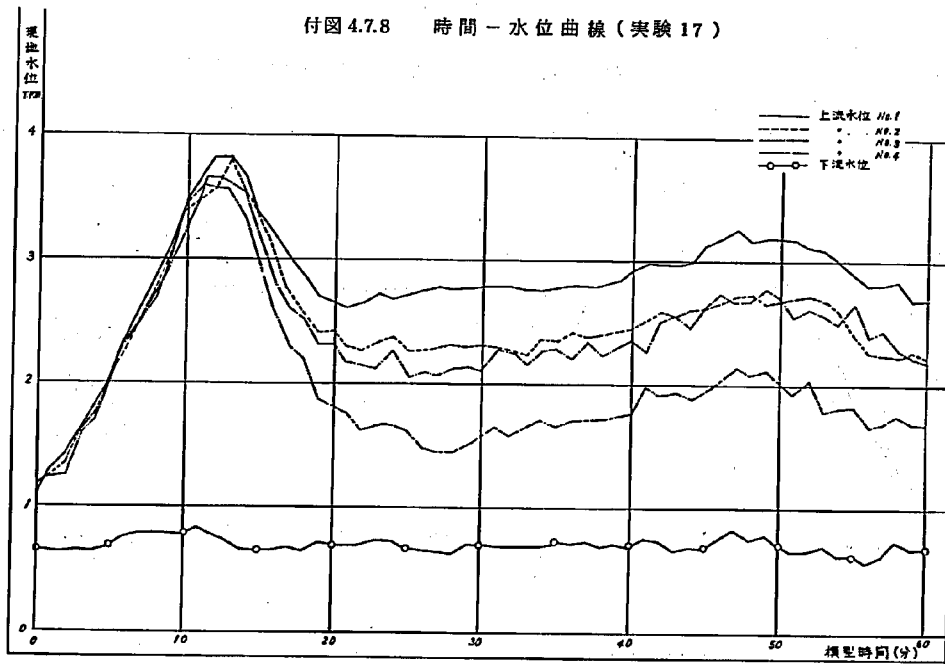
付圖 4.7.6 時間 - 水位曲線 (実験 15)



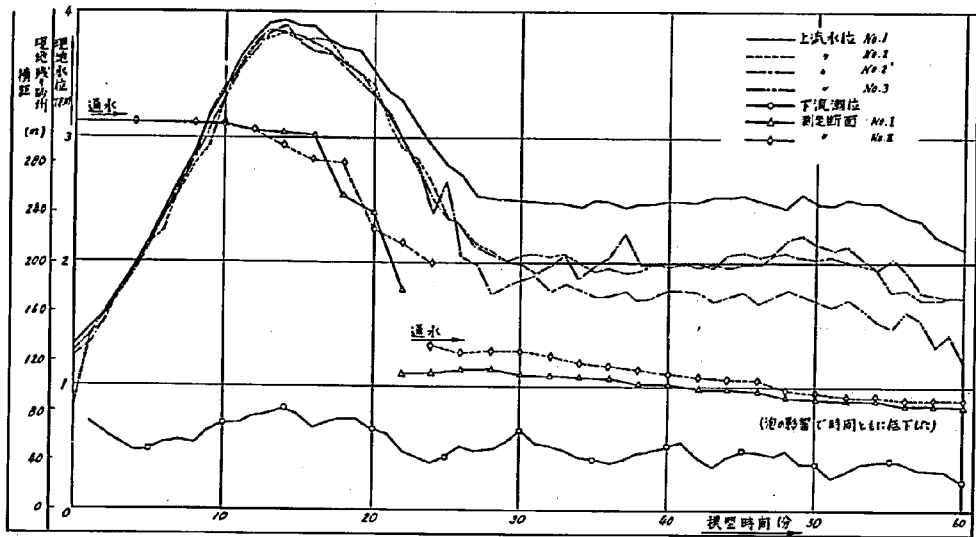
付圖 4.7.7 時間－水位曲線（實驗 16）



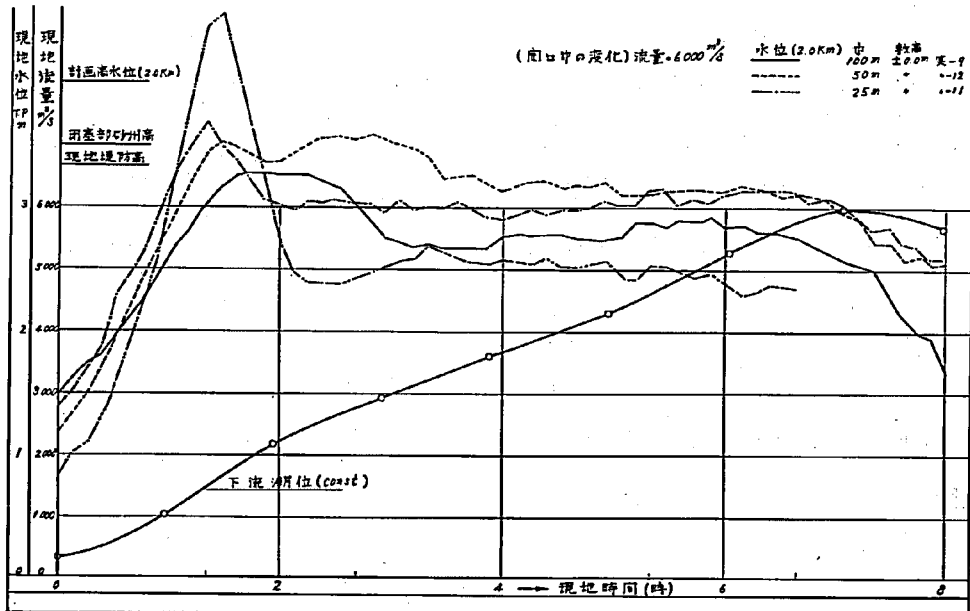
付圖 4.7.8 時間－水位曲線（實驗 17）



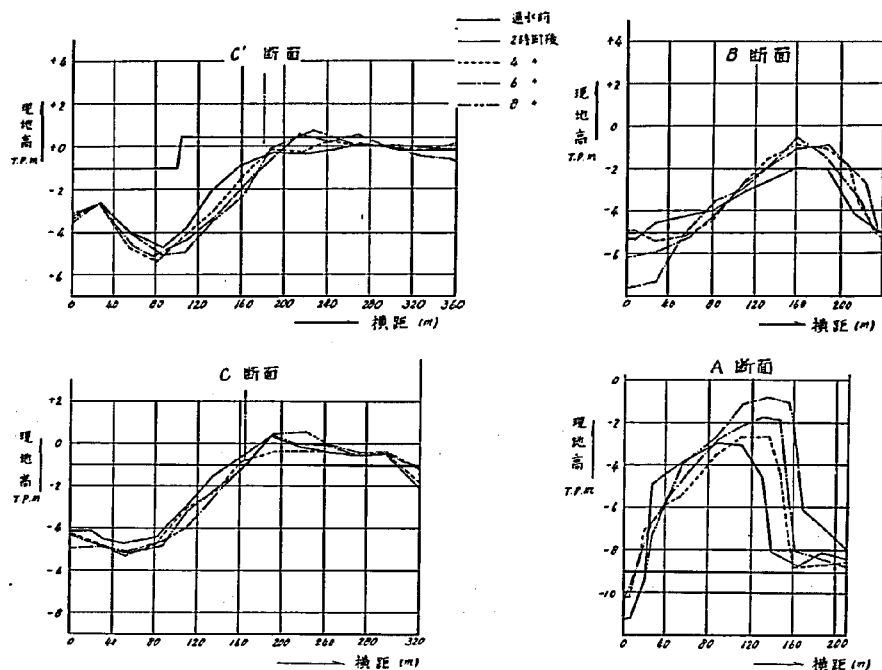
付図4.7.9 時間－水位曲線（実験18）



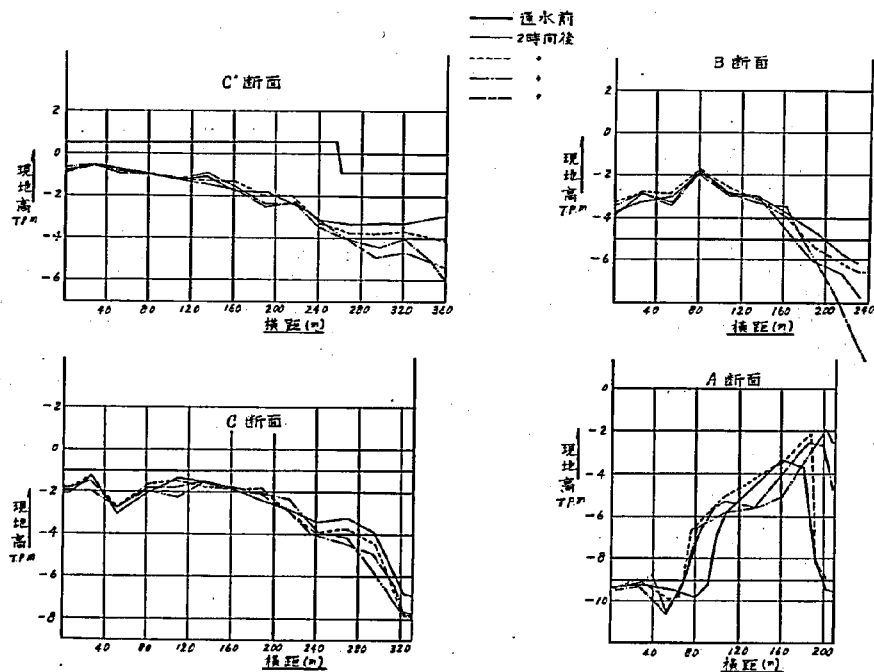
付図4.7.10 時間－水位曲線比較



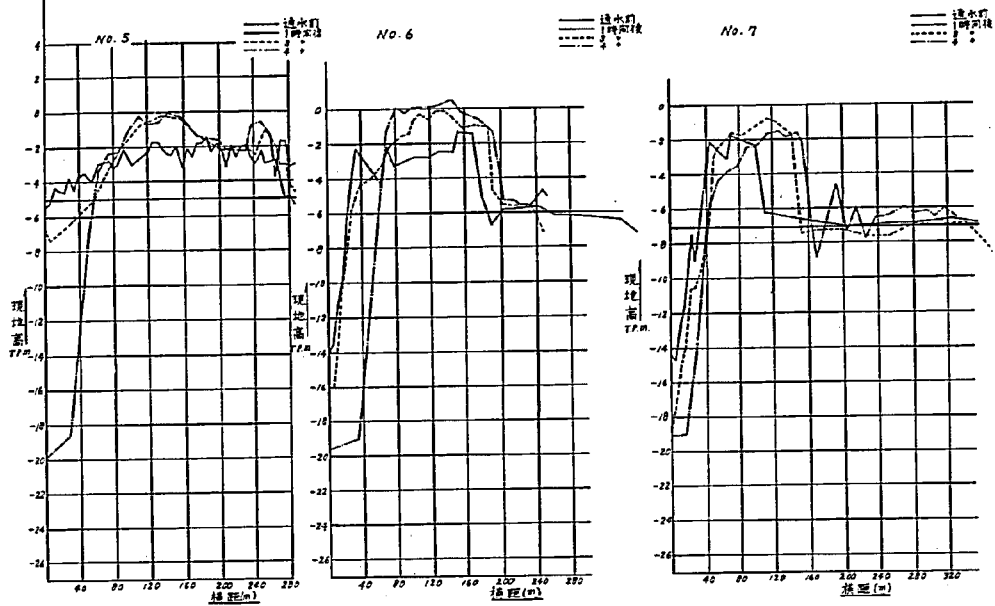
付図4.8.1 通水後河床横断面図(実験19)



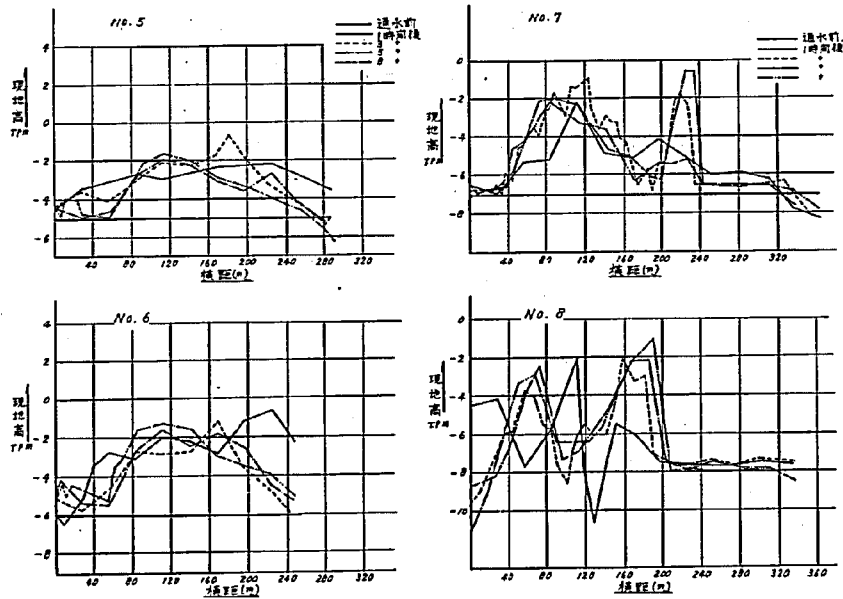
付図4.8.2 河床変動図(実験20)



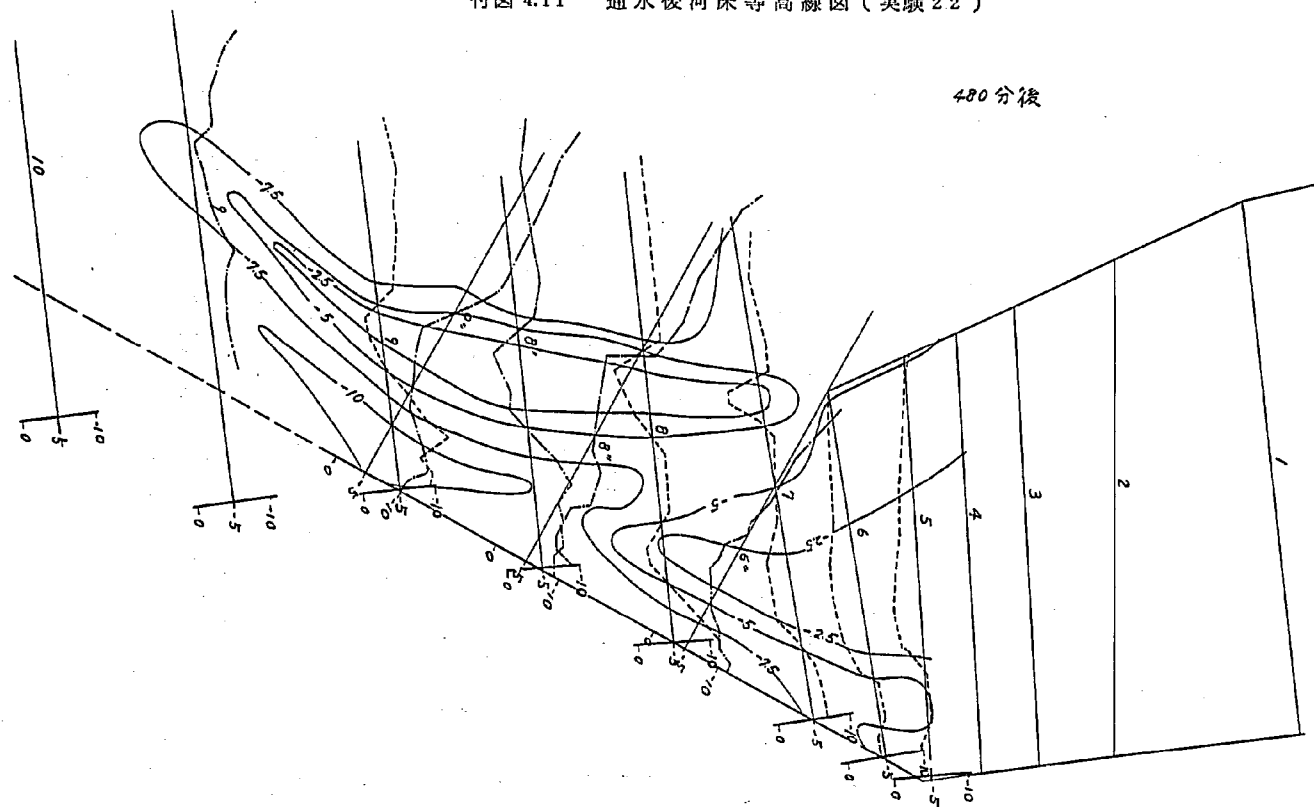
付圖 4.9 通水後河床橫斷圖 (實驗 21)



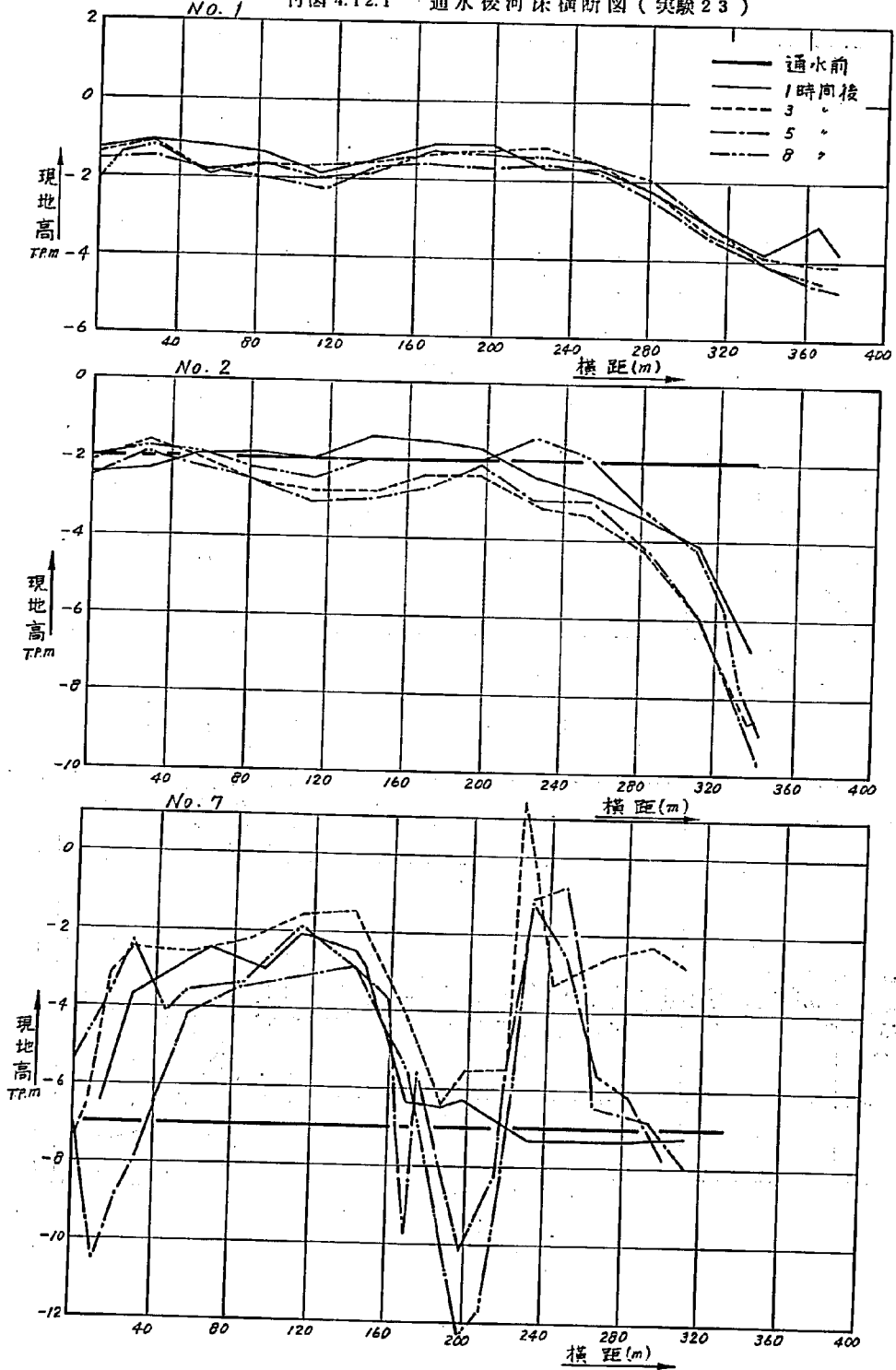
付圖 4.10 通水後河床橫斷圖 (實驗 22)



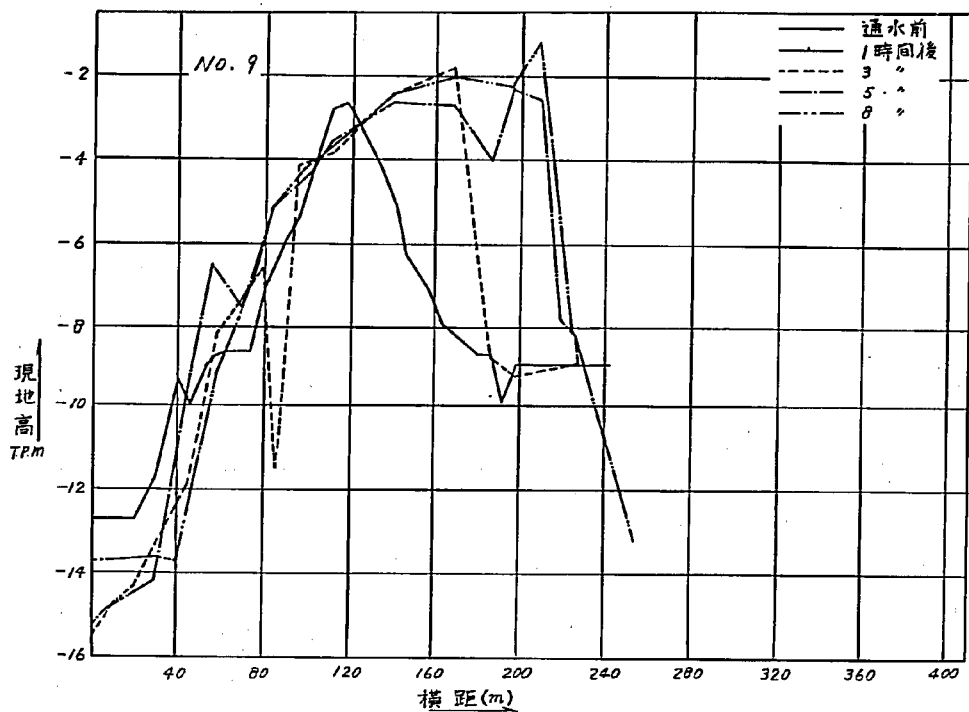
付図 4.11 通水後河床等高线图 (実験 22)



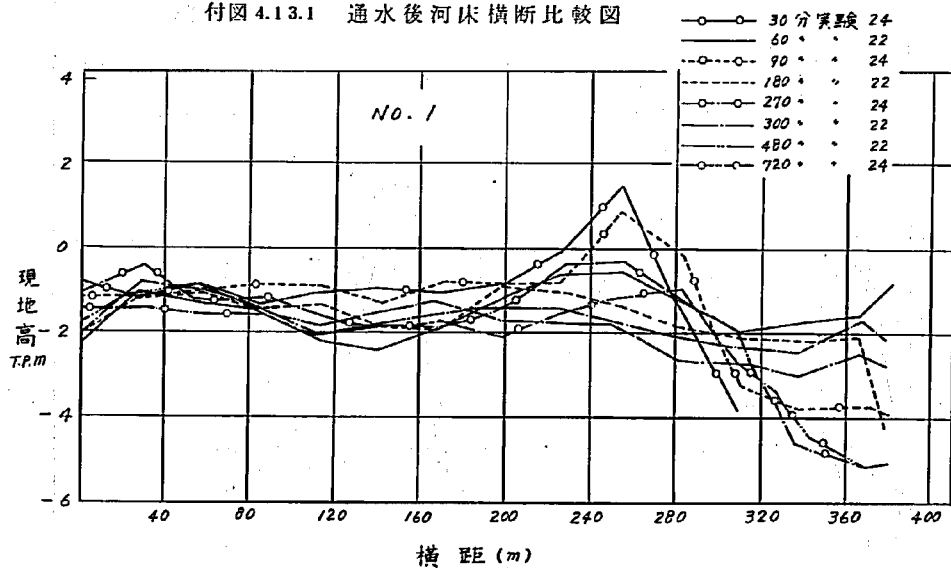
付図 4.12.1 通水後河床横断面図 (実験 23)



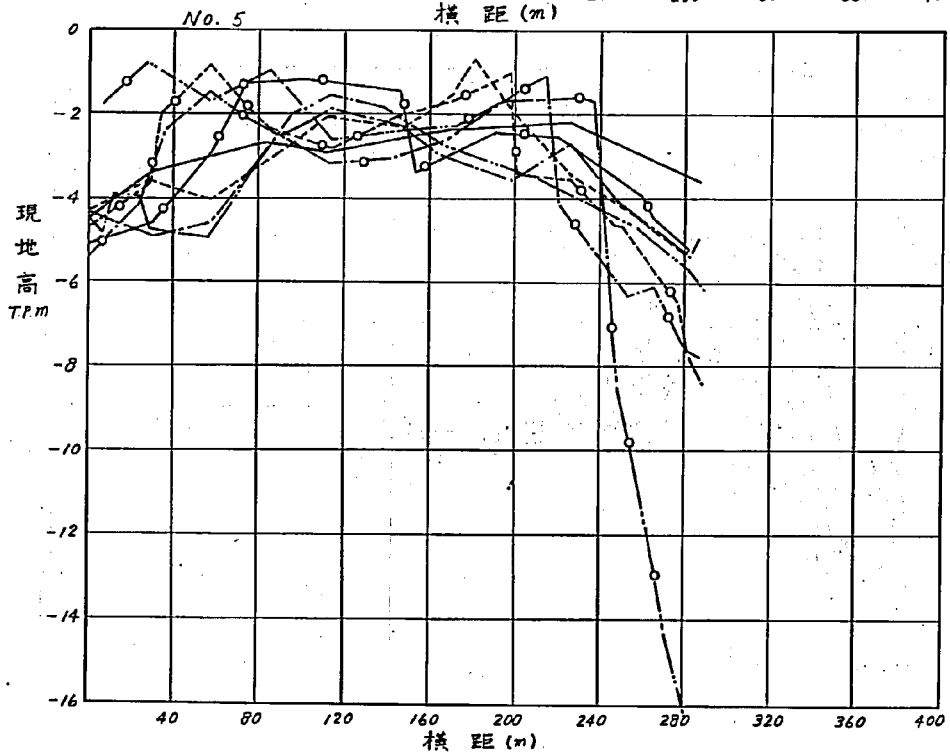
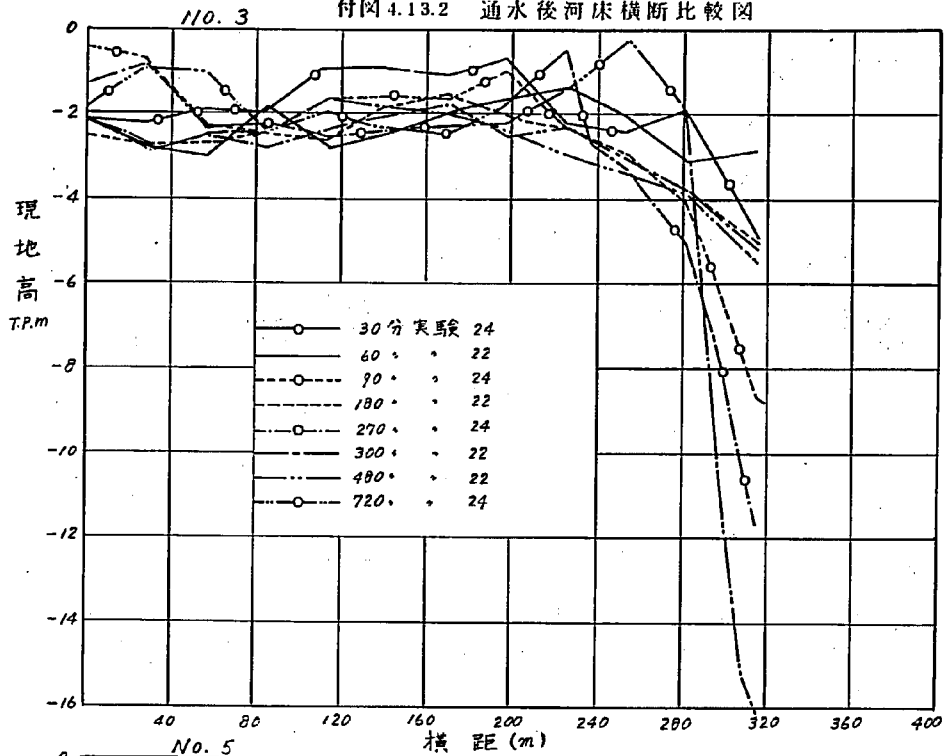
付図 4.12.2 通水後河床横断面図 (実験 23)



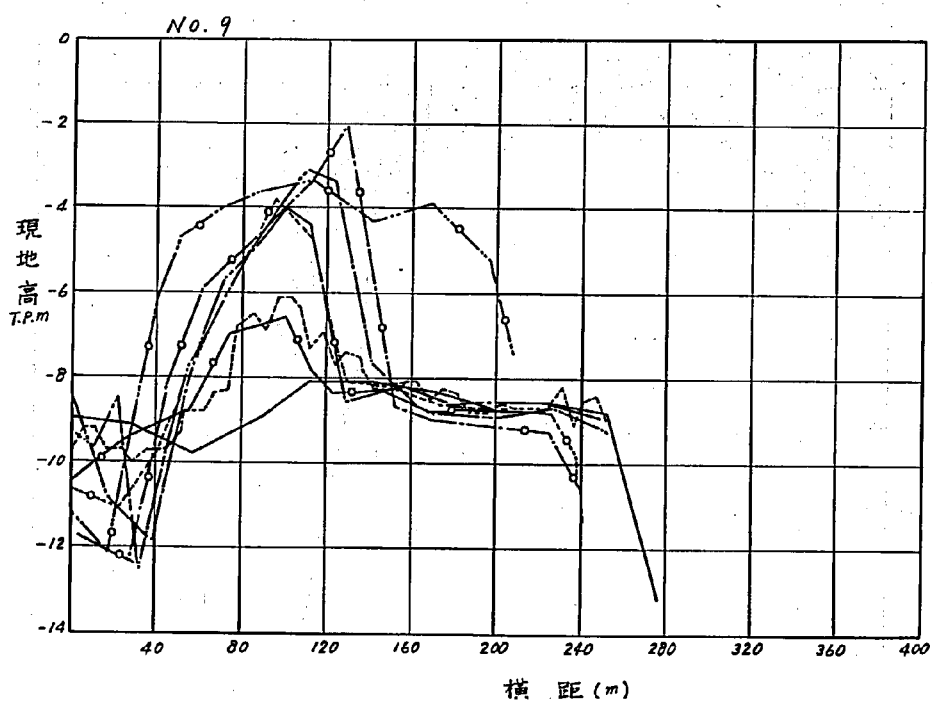
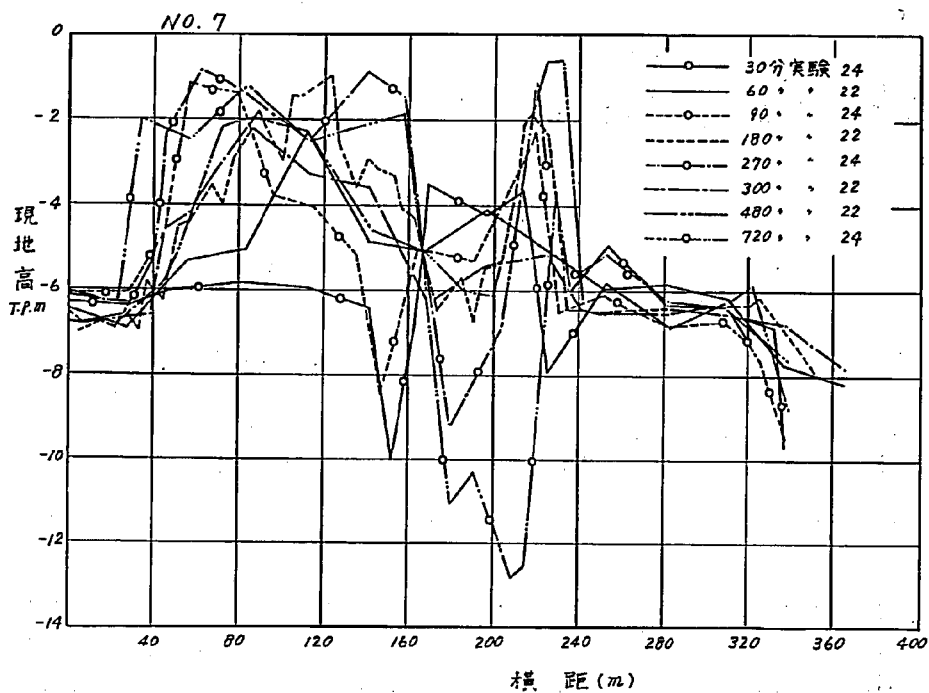
付図 4.13.1 通水後河床横断面比較図



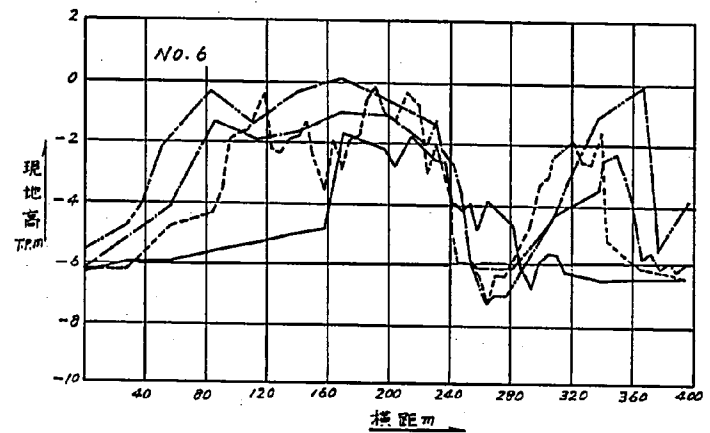
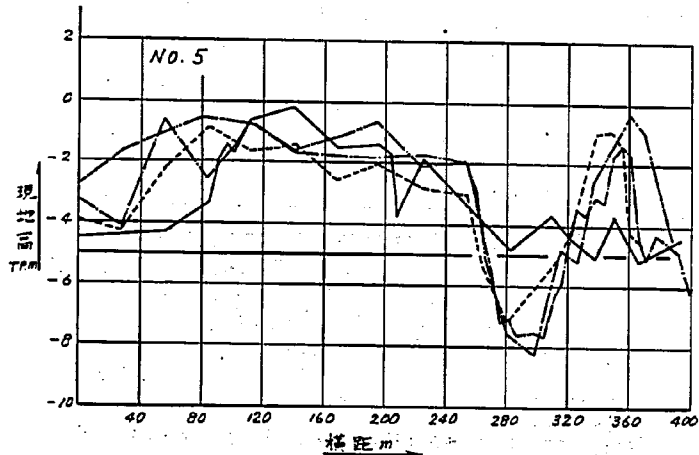
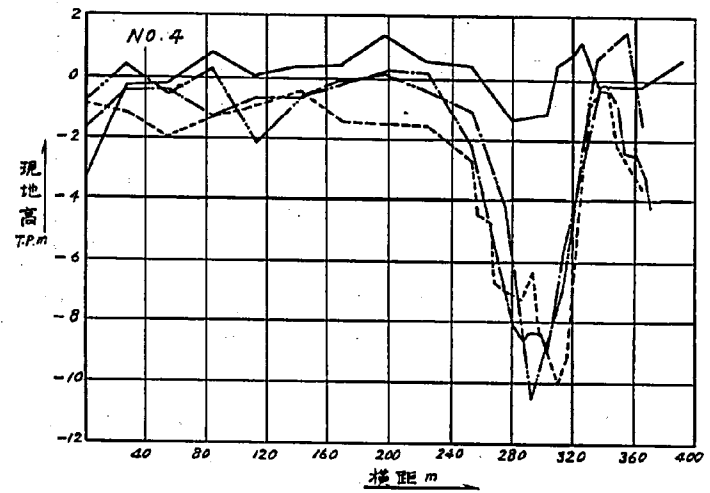
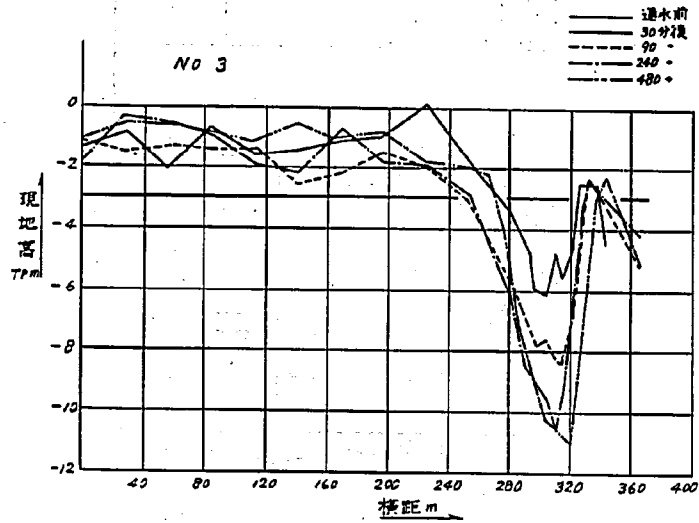
付図4.13.2 通水後河床横断比較図



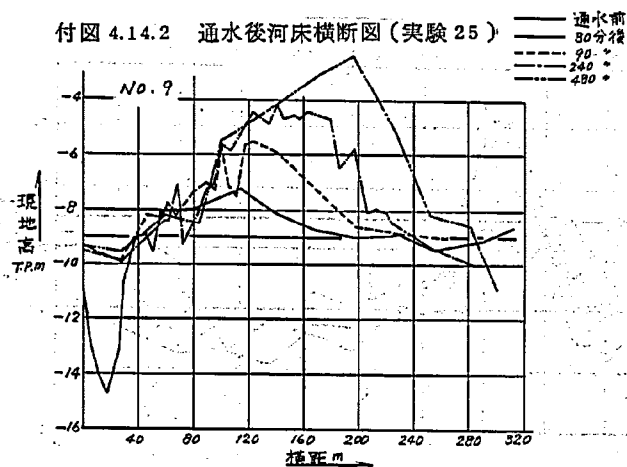
付図 4.13.3 通水後河床横断比較図



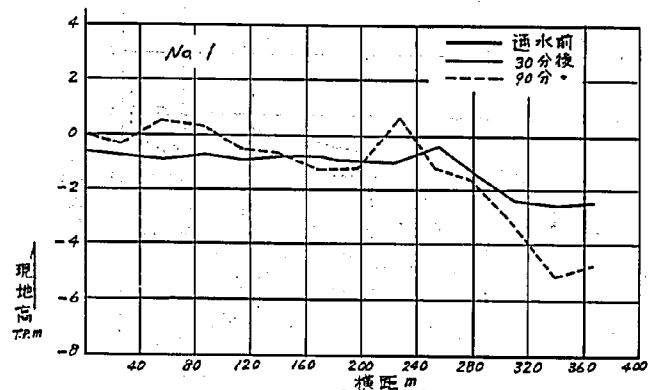
付図 4.14.1 通水後河床横断図 (実験 25)



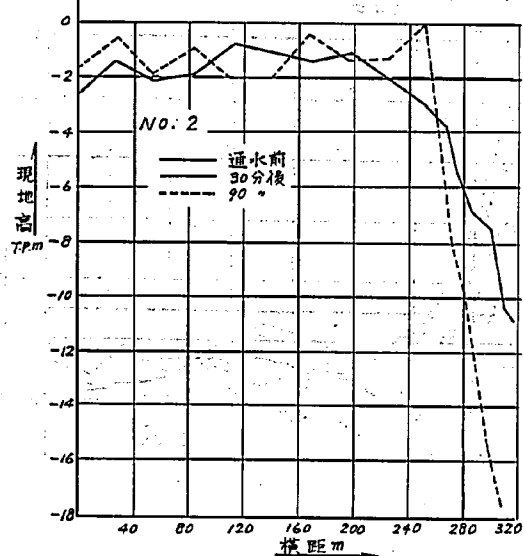
付図 4.14.2 通水後河床横断面図 (実験 25)



付図 4.15.1 通水後河床横断面図 (実験 26)

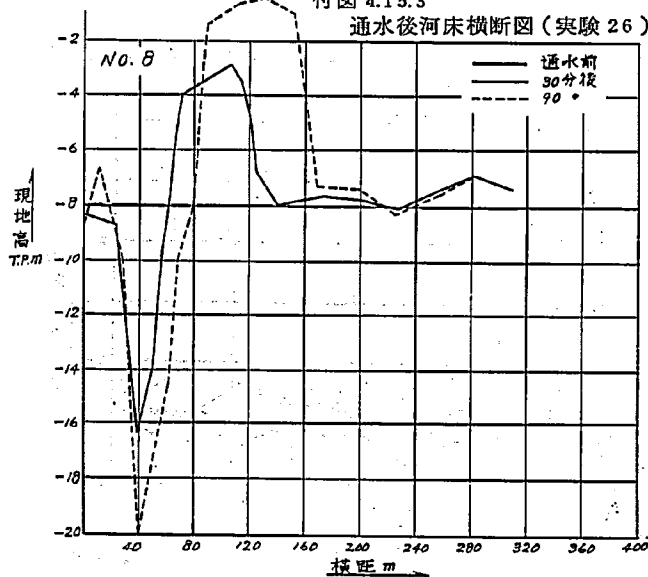


付図 4.15.2 通水後河床横断面図 (実験 26)

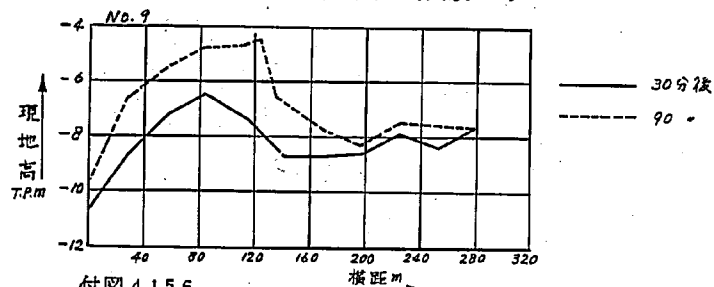


付図 4.15.3

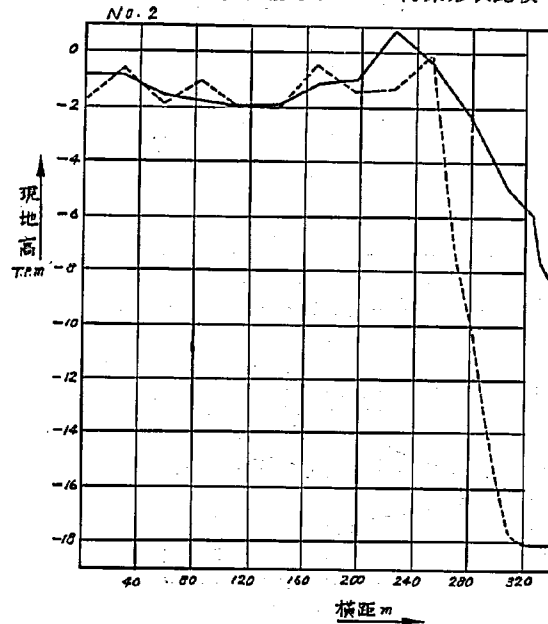
通水後河床横断面図 (実験 26)



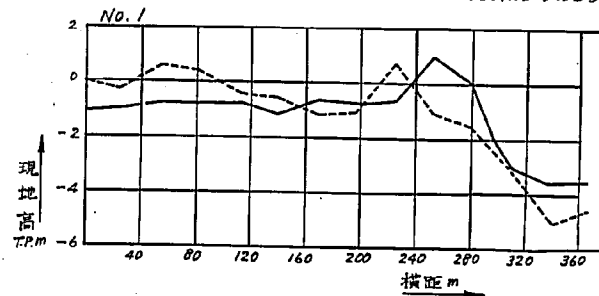
付図 4.15.4 通水後河床横断面図 (実験 26)



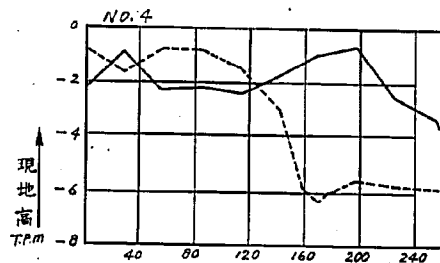
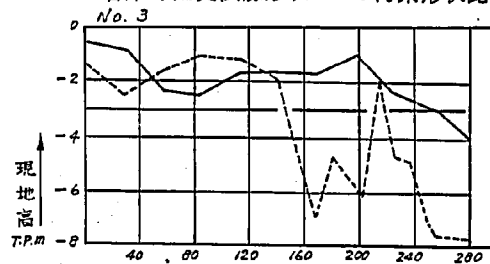
付図 4.15.6 右岸導流堤法線形状による河床形状比較
No. 2



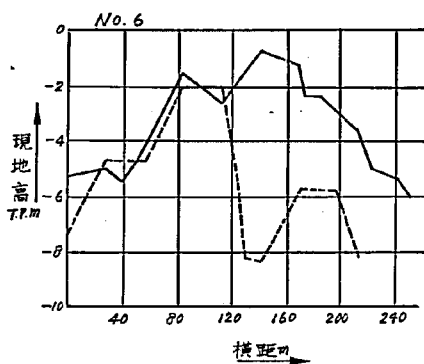
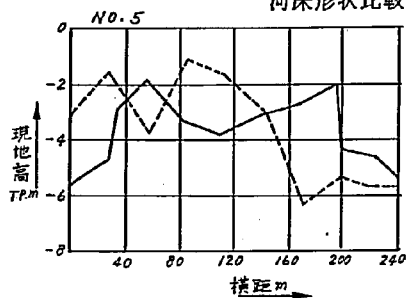
付図 4.15.5 右岸導流堤法線形状による河床形状比較
No. 1



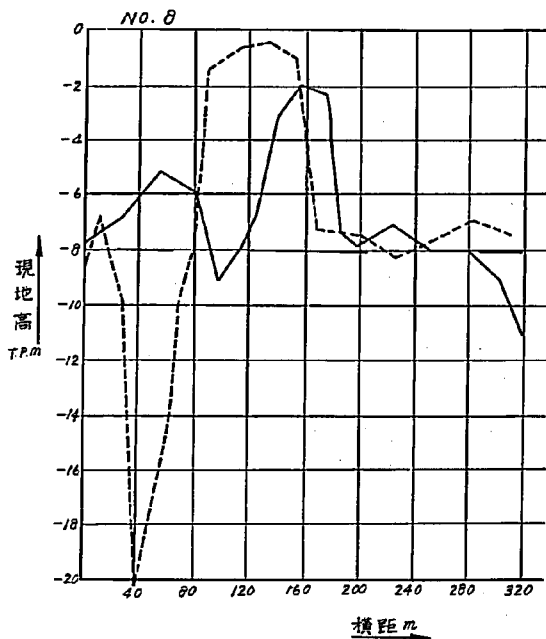
付図 4.15.7 右岸導流堤法線形状による河床形状比較
No. 3



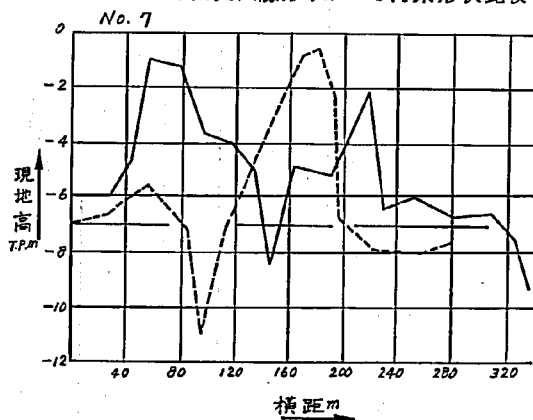
付図 4.15.8
右岸導流堤法線形状による
河床形状比較



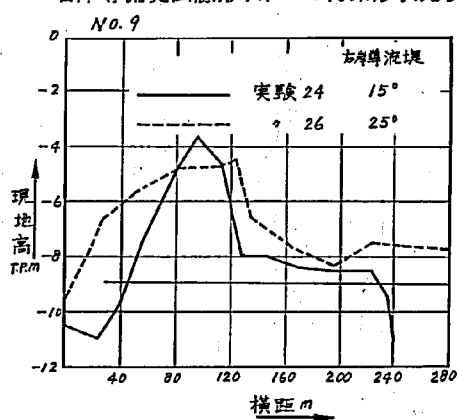
付図 4.15.10
右岸導流堤法線形状による河床形状比較



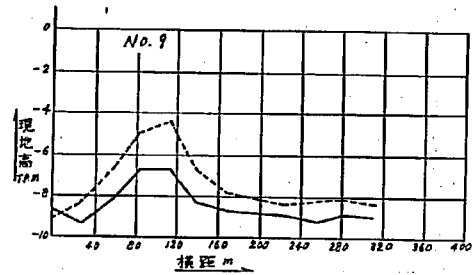
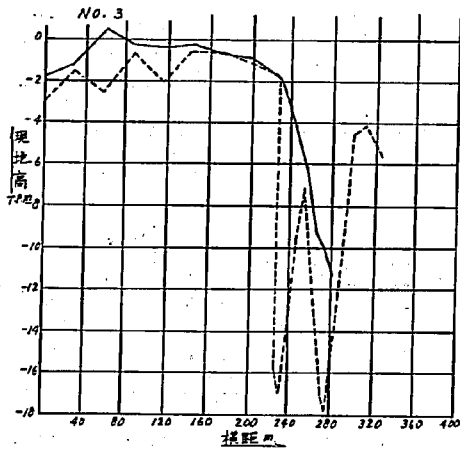
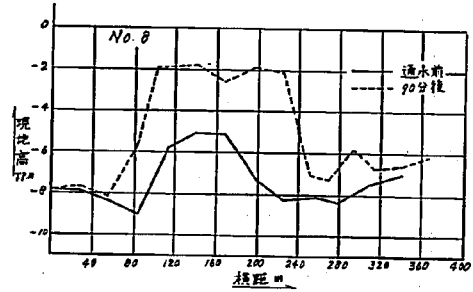
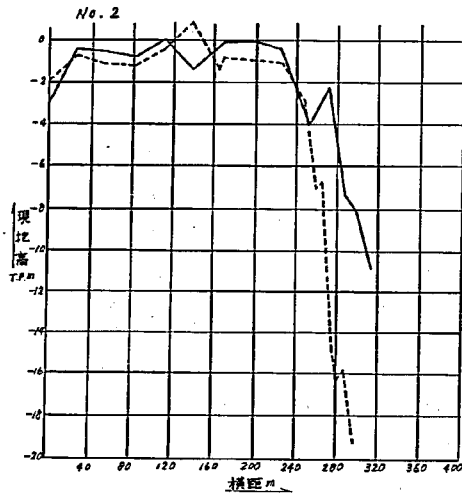
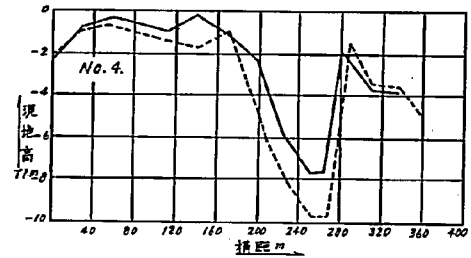
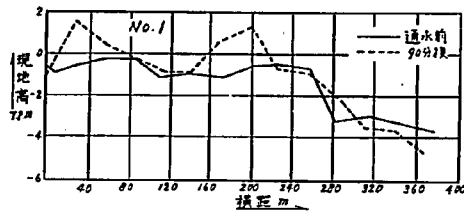
付図 4.15.9
右岸導流堤法線形状による河床形状比較



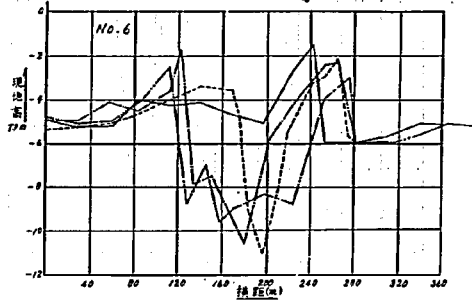
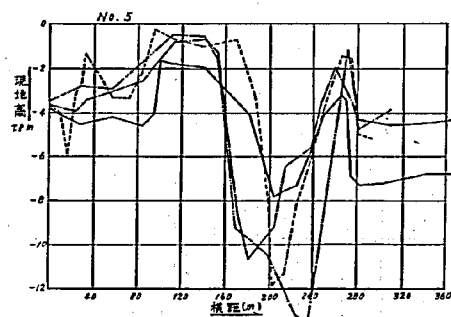
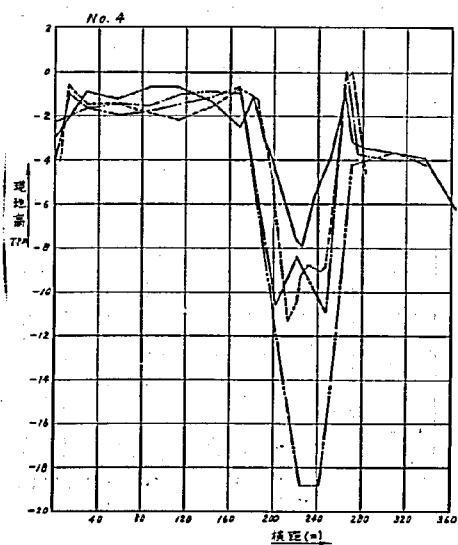
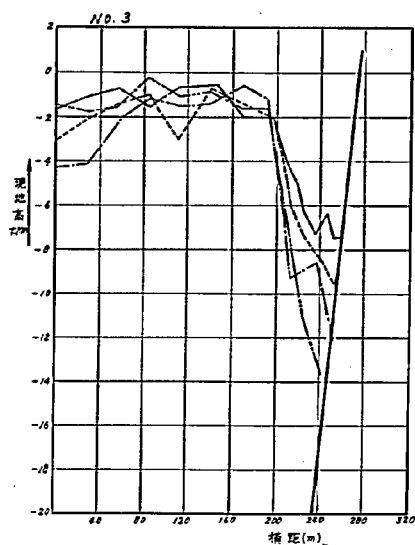
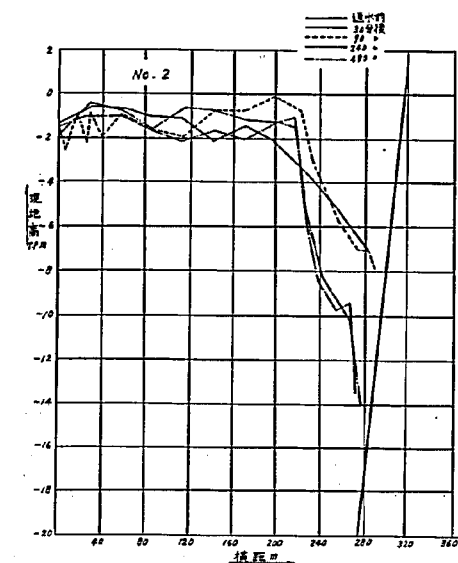
付図 4.15.11
右岸導流堤法線形状による河床形状比較



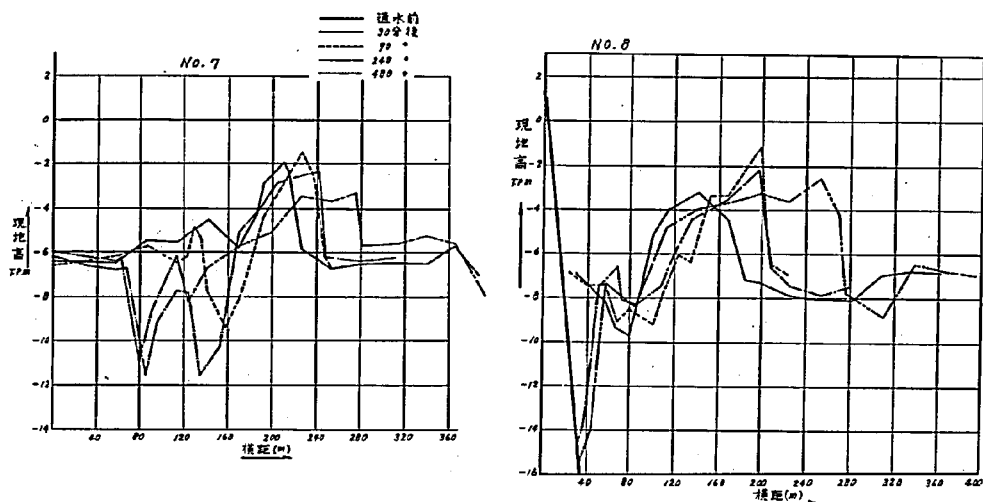
付図4.16 通水後河床横断面図(実験27)



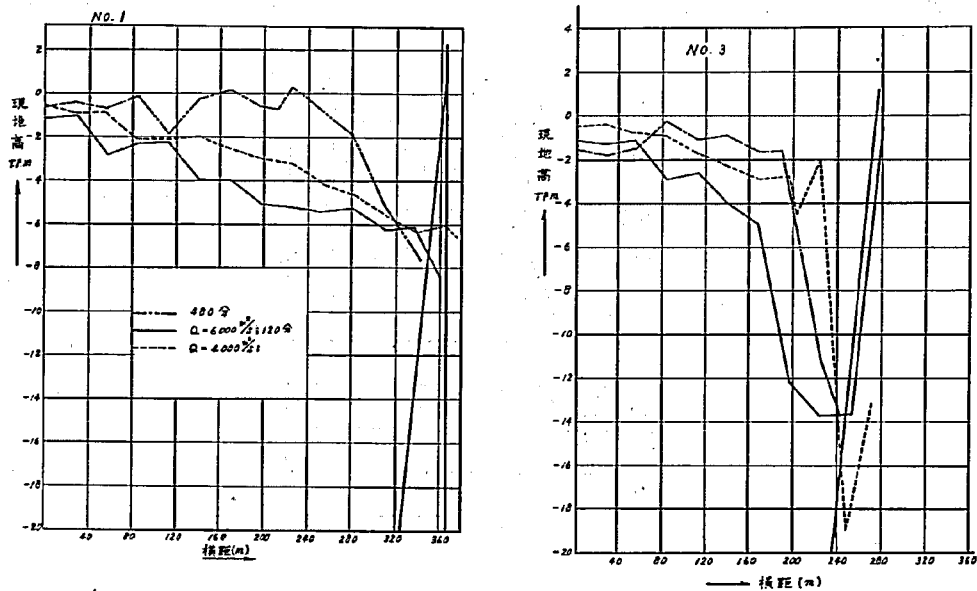
付図4.17.1 通水後河床横断面図(実験28)



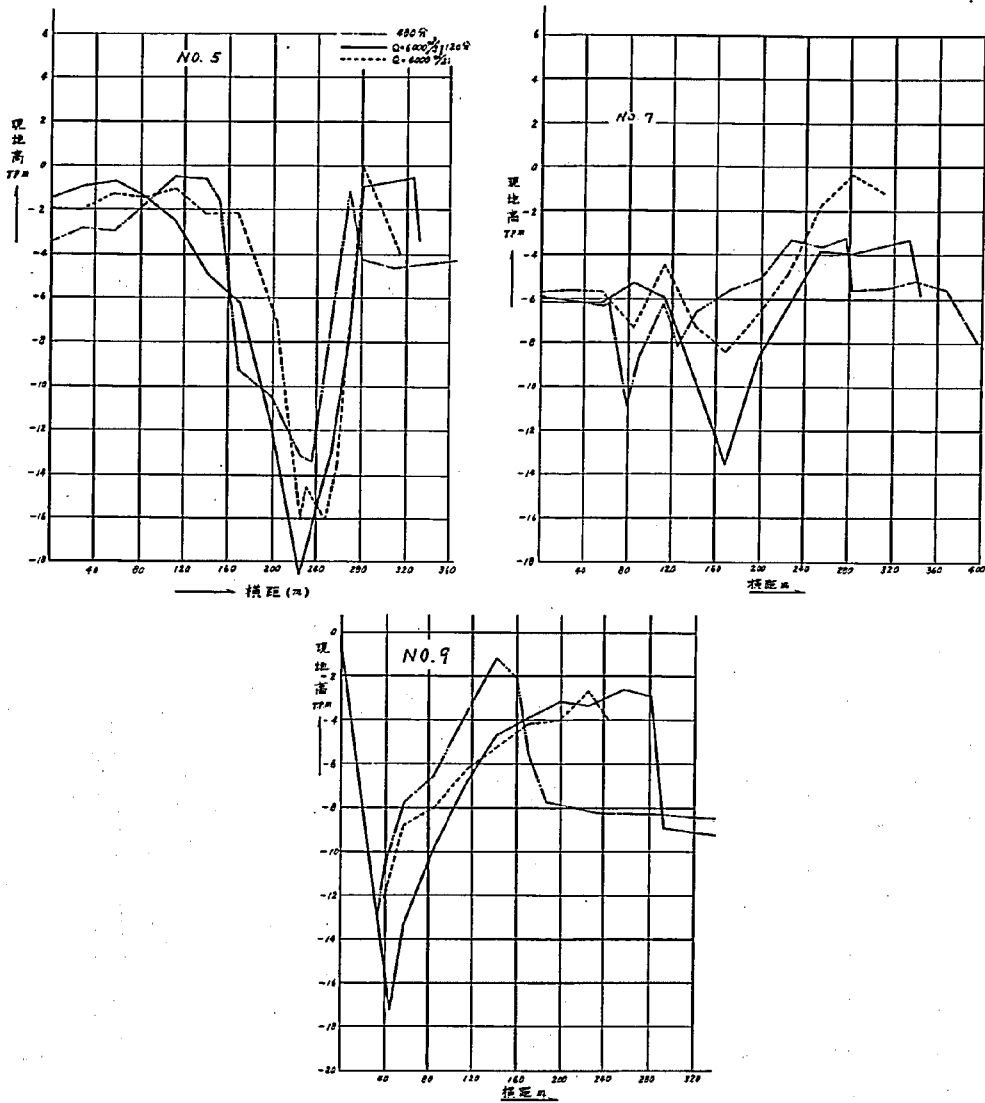
付図4.17.2 通水後河床横断面図(実験28)



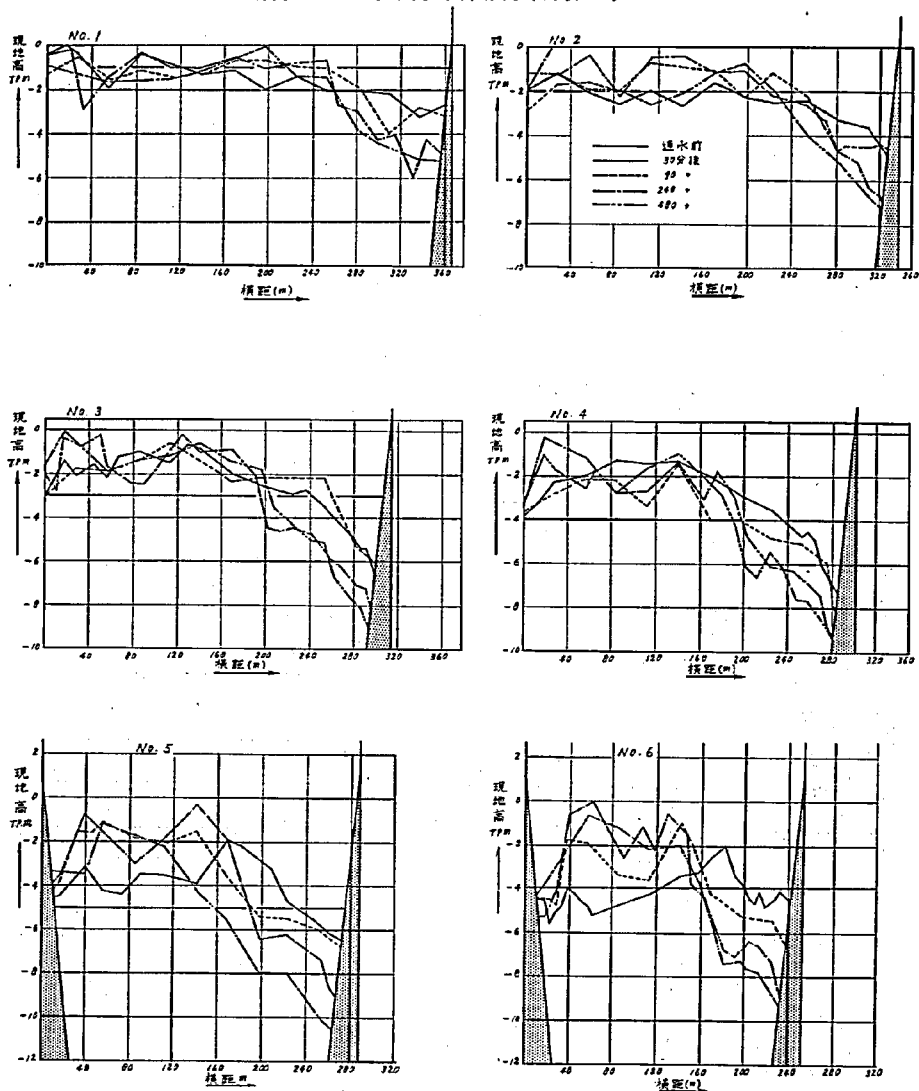
付図4.18.1 通水後河床横断面図(実験29)



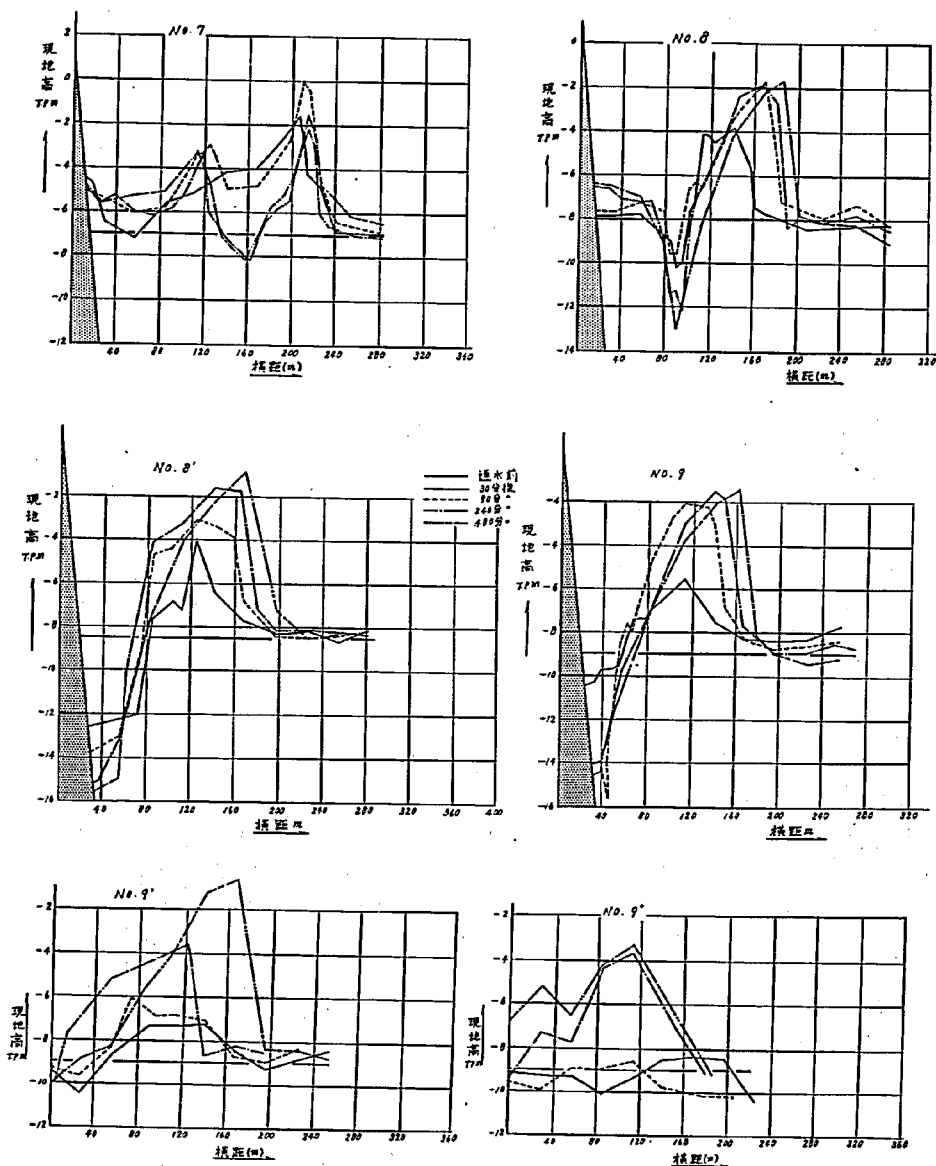
付図4.18.2 通水後河床横断面図(実験29)



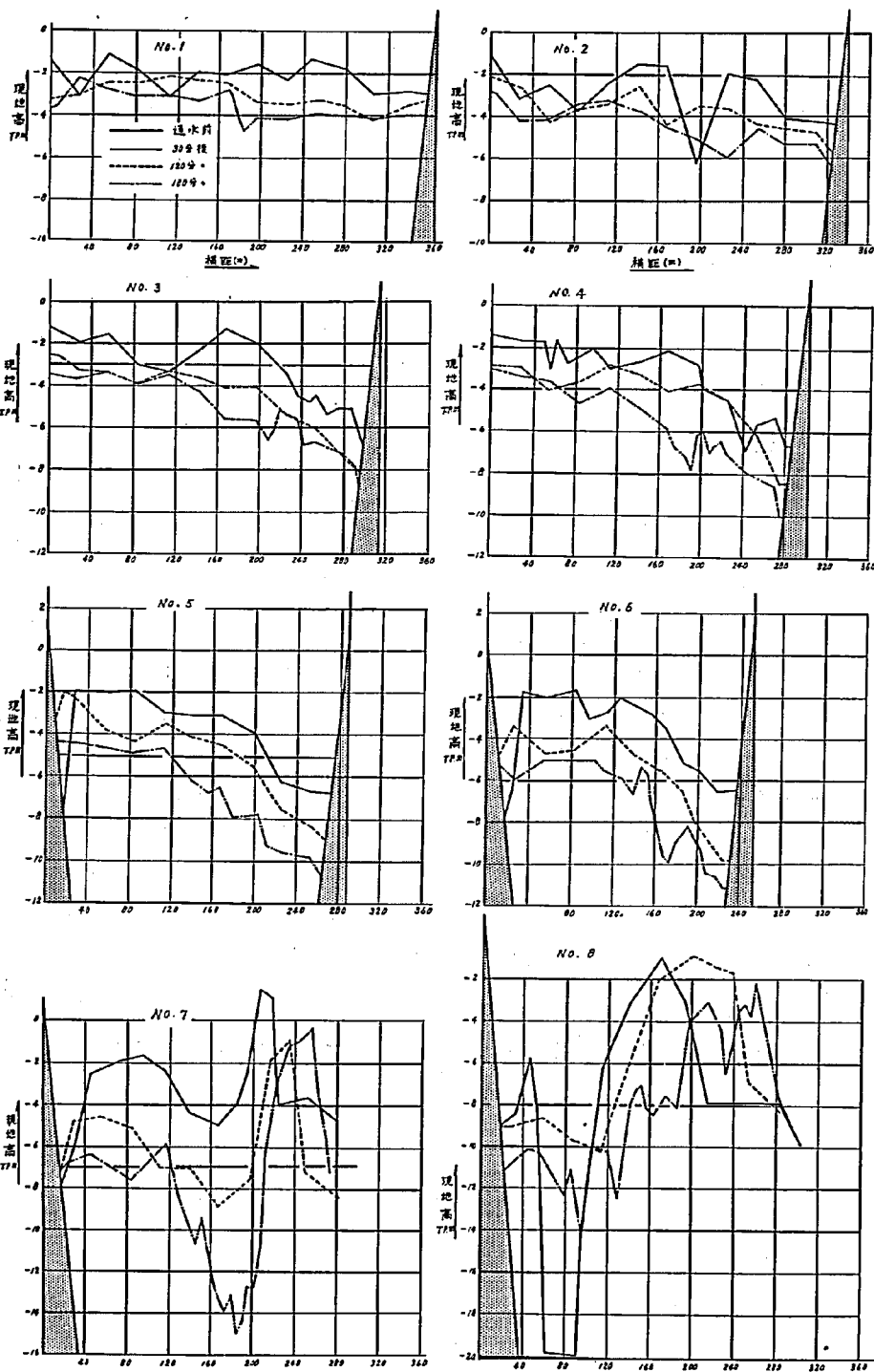
付圖 4.19.1 河床變動橫斷圖 (實驗 30)



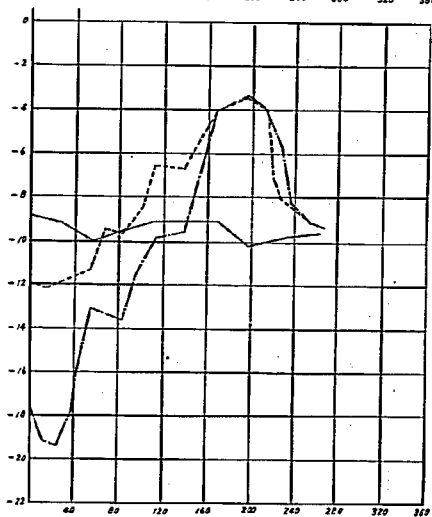
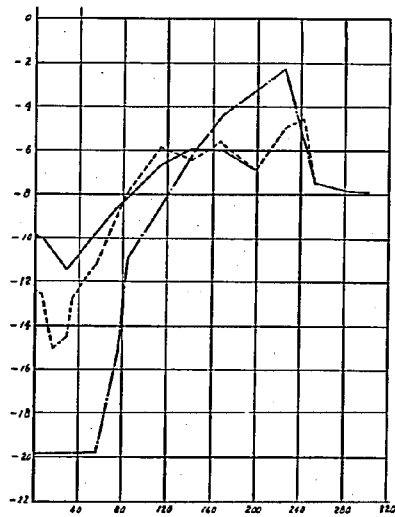
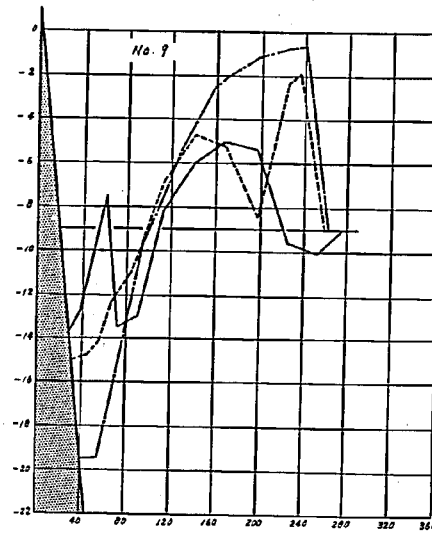
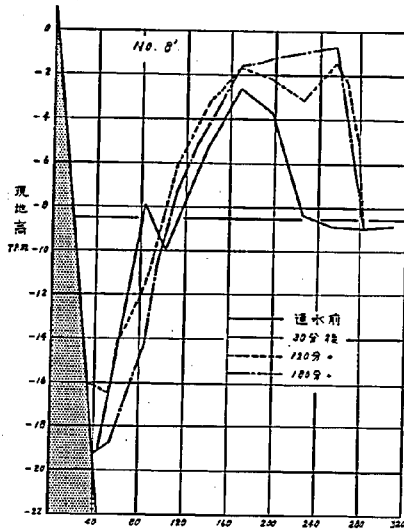
付図4.19.2 河床変動横断面図(実験30)



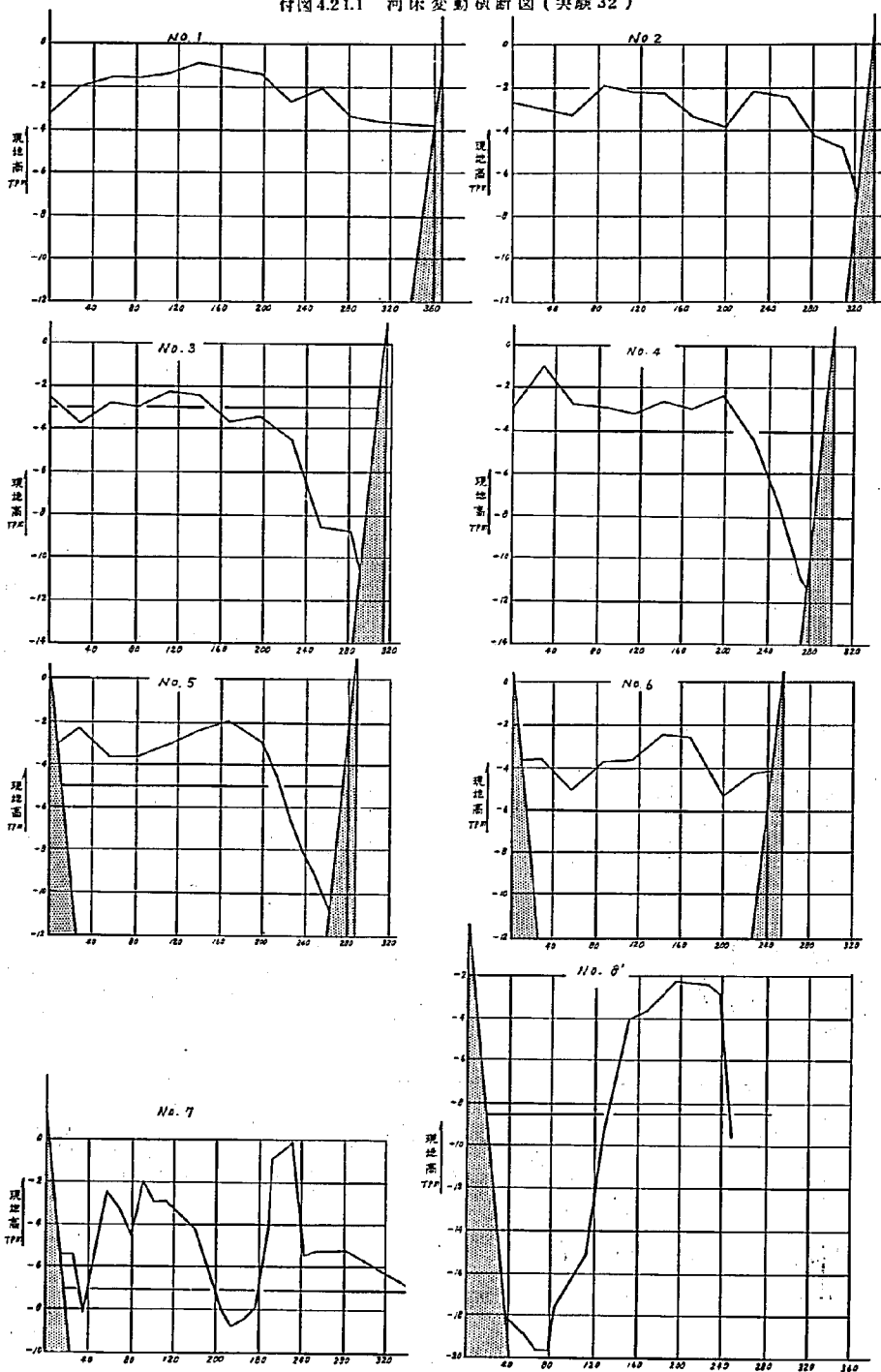
付図4.20.1 河床変動横断面図(実験31)



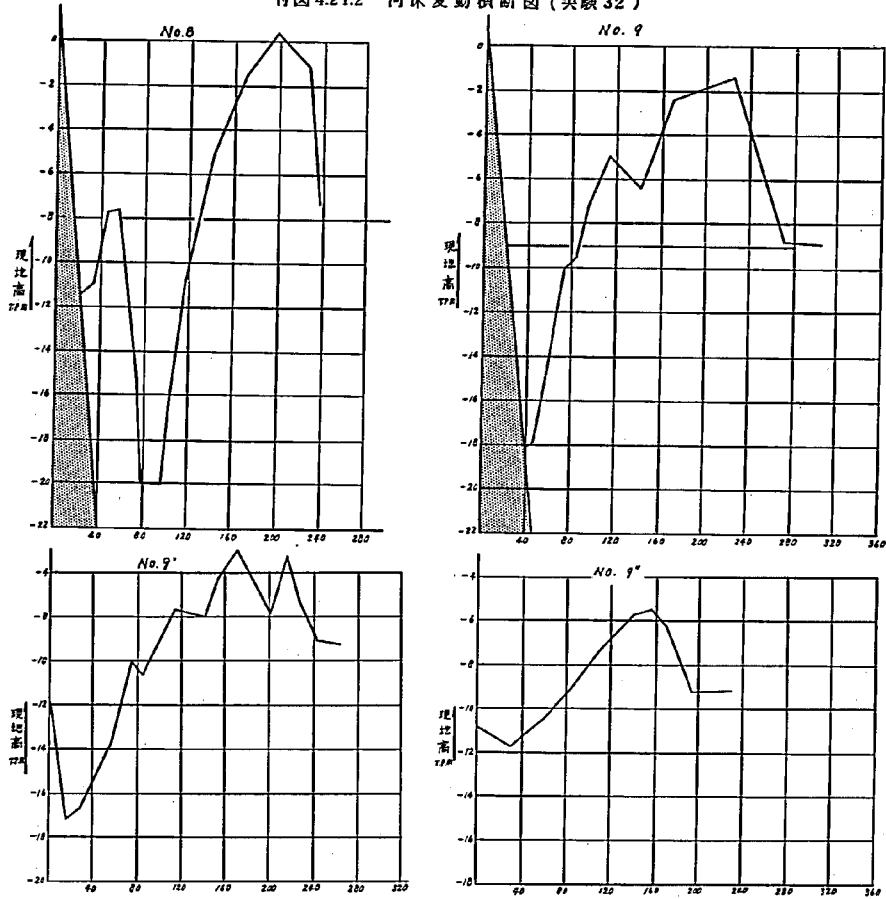
付圖 4.20.2 河床變動橫斷圖 (實驗 31)



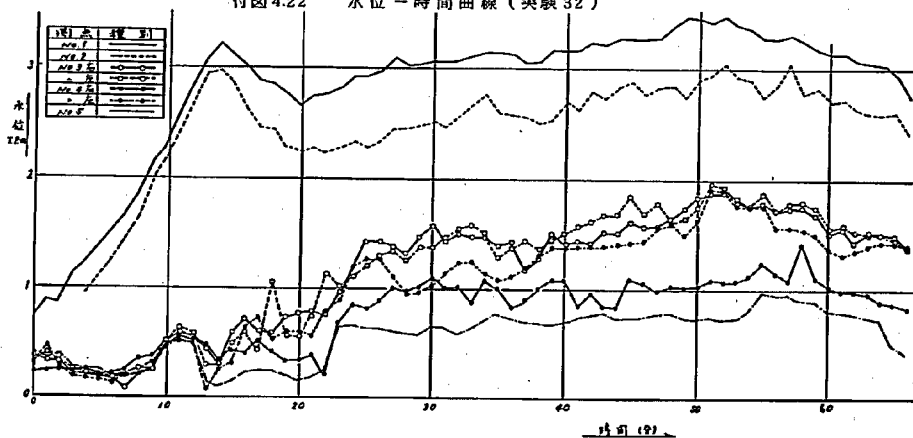
付図4.21.1 河床変動横断面図(実験32)



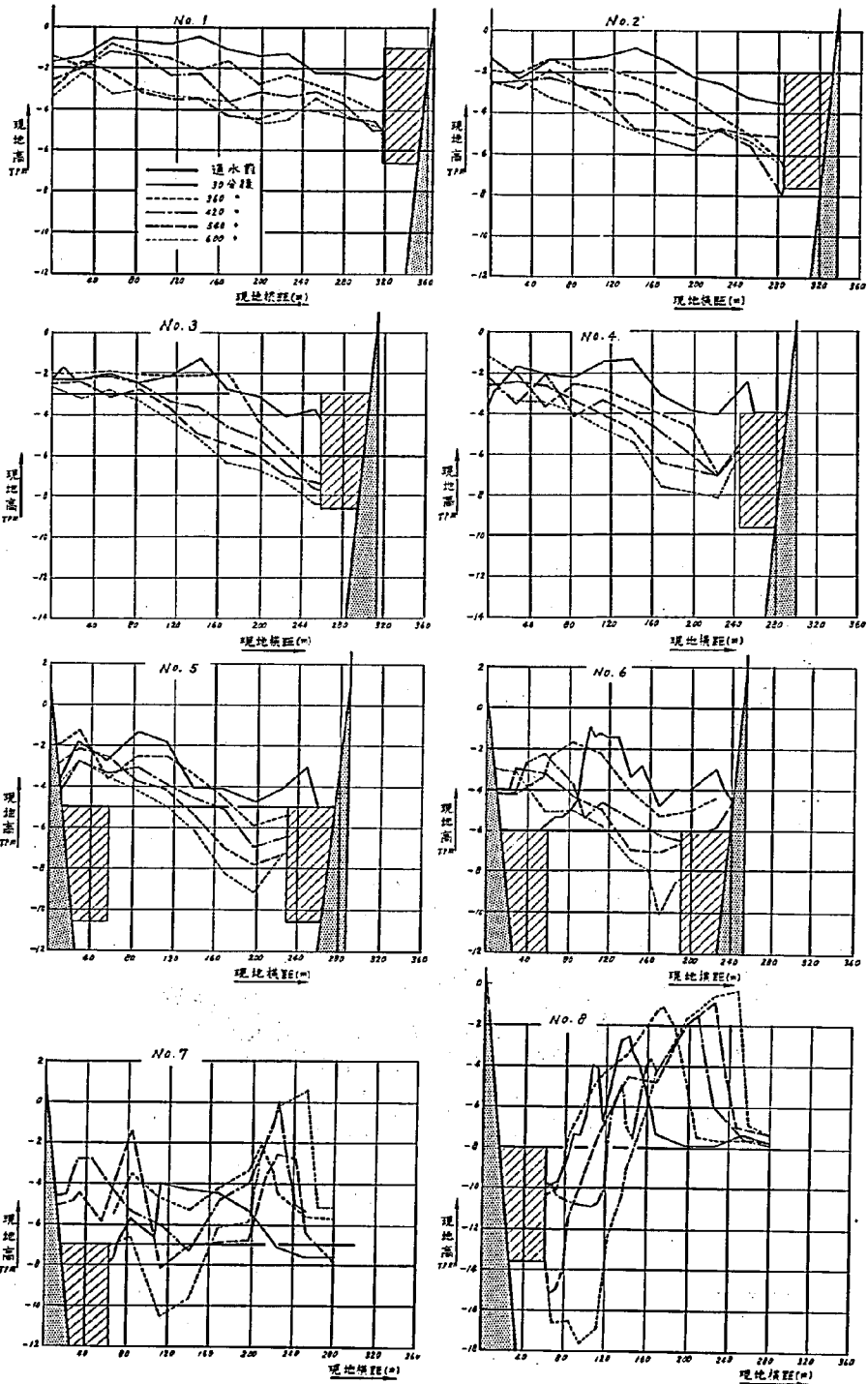
付圖 4.21.2 河床變動橫斷圖 (實驗 32)



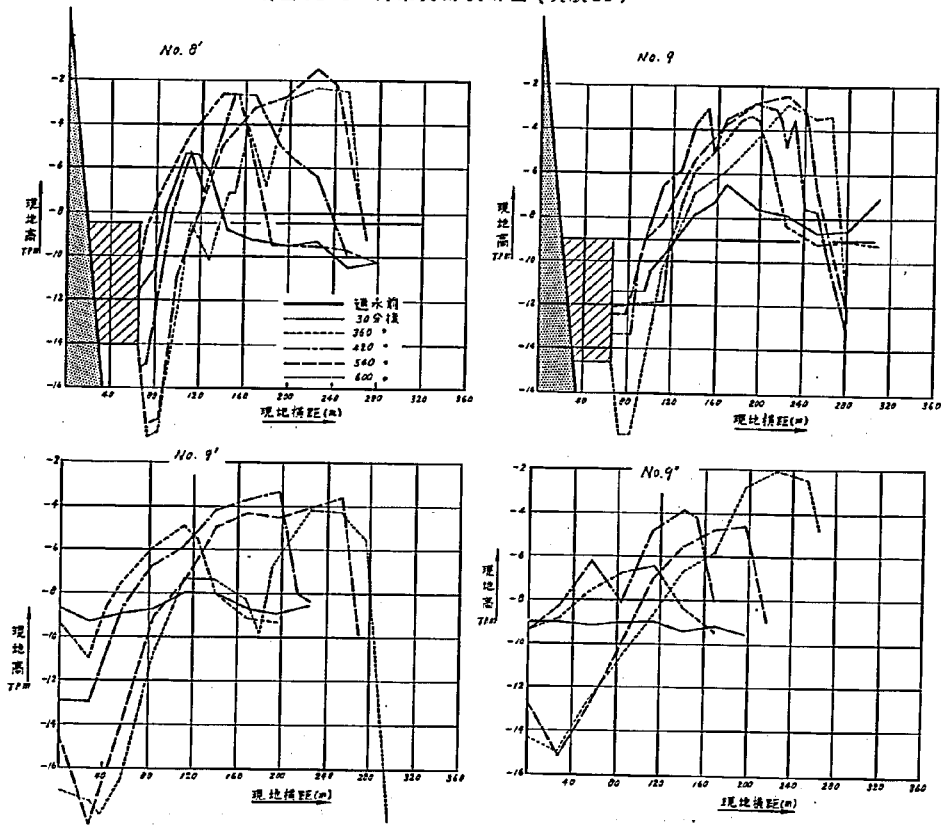
付圖 4.22 水位—時間曲線 (實驗 32)



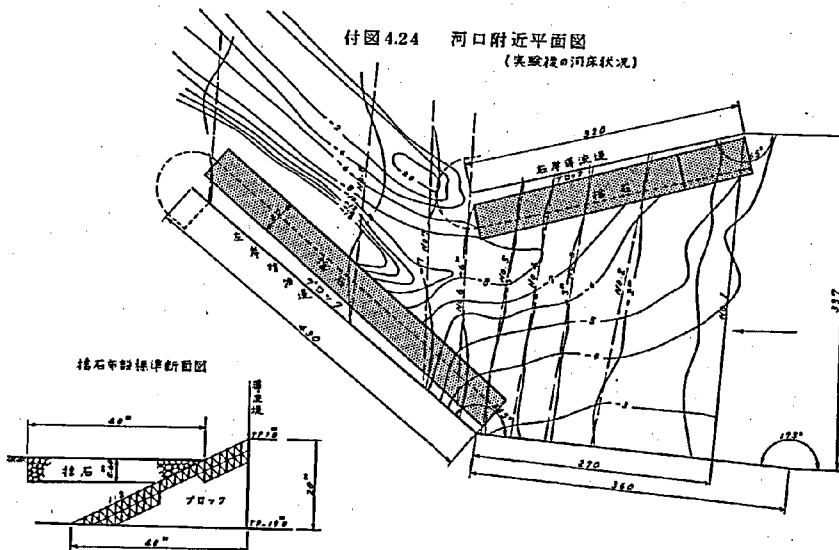
付図4.23.1 河床変動横断面図(実験33)



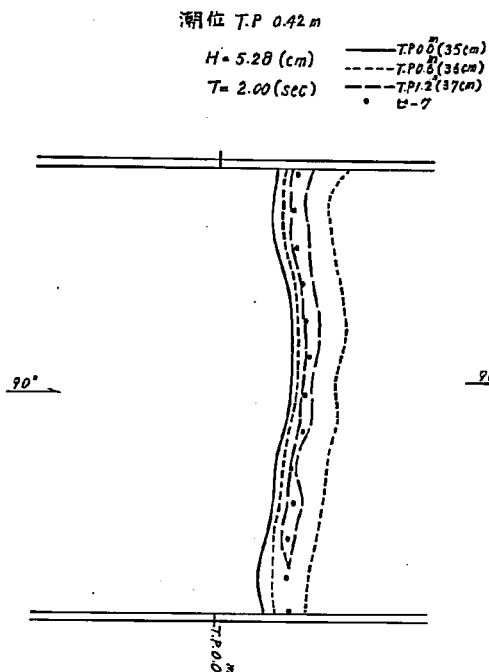
付図 4.2.3.2 河床変動横断面図 (実験 33)



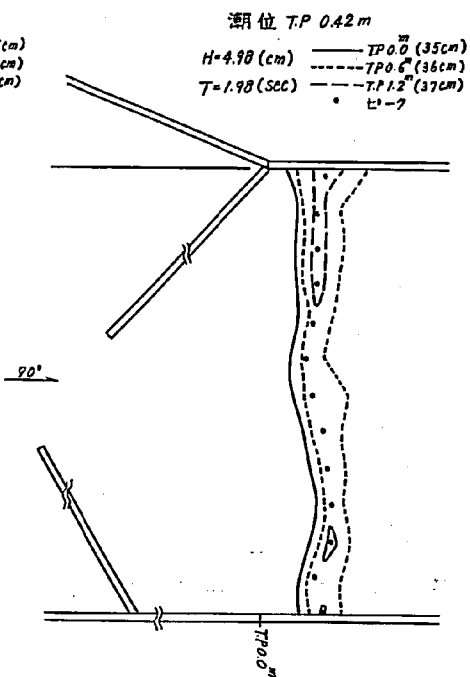
付図 4.2.4 河口附近平面図
(実験後河床状況)



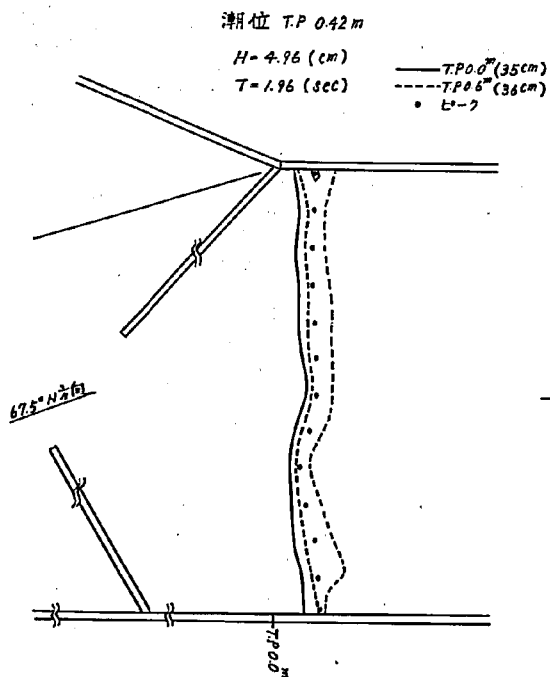
付図 5.1.1 Case 19 砂州等高線図



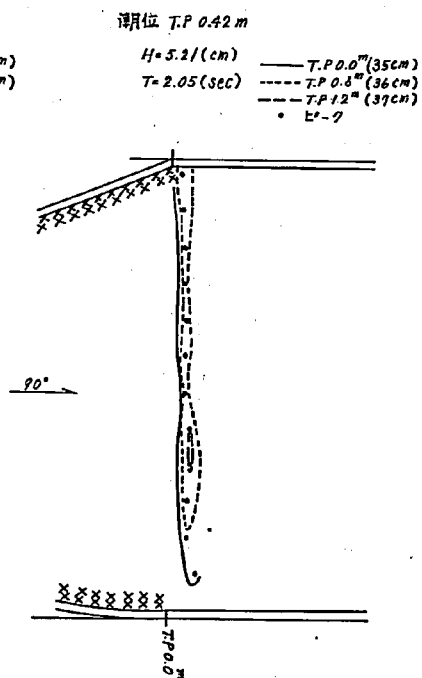
付図 5.1.2 Case 20 砂州等高線図



付図 5.1.3 Case 21 砂州等高線図

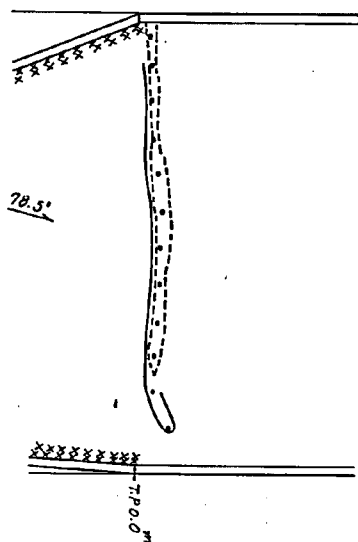


付図 5.1.4 Case 22 砂州等高線図



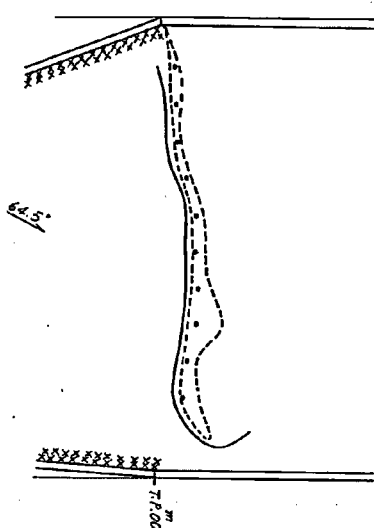
付図 5.1.5 Case 23 砂州等高线图

潮位 $TP\ 0.42m$ ——— $TP\ 0.0''(35cm)$
 $H = 5.68 (cm)$ $TP\ 0.6''(36cm)$
 $T = 1.97 (sec)$ $TP\ 1.2$



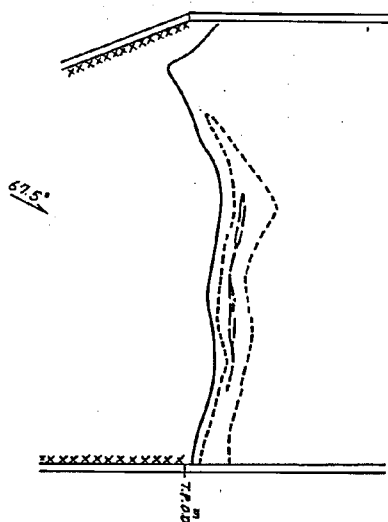
付図 5.1.6 Case 24 砂州等高线图

潮位 $TP\ 0.42m$ ——— $TP\ 0.0''(35cm)$
 $H = 6.28 (cm)$ $TP\ 0.6''(36cm)$
 $T = 2.0 (sec)$ $TP\ 1.2$



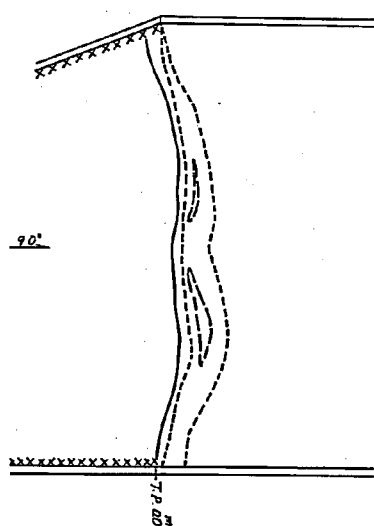
付図 5.1.7 Case 25 砂州等高线图

潮位 $TP\ 0.42$ ——— $TP\ 0.0''(35cm)$
 $H = 3.91 (cm)$ $TP\ 0.6''(36cm)$
 $T = 1.99 (sec)$ $TP\ 1.2 (37cm)$



付図 5.1.8 Case 26 砂州等高线图

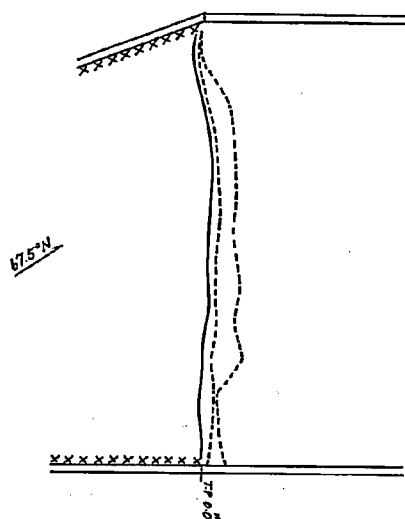
潮位 $TP\ 0.42m$ ——— $TP\ 0.0''(35cm)$
 $H = 4.70 (cm)$ $TP\ 0.6''(36cm)$
 $T = 2.08 (sec)$ $TP\ 1.2 (37cm)$



付図 5.1.9 Case 27 砂州等高线图

潮位 $T.P. 0.42m$

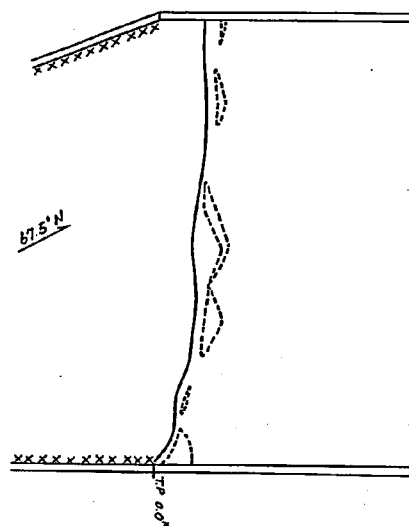
$H = 3.93(cm)$ ——— $TP0.0^m(35cm)$
 $T = 1.92(sec)$ - - - - $TP0.6^m(36cm)$



付図 5.1.10 Case 28 砂州等高线图

潮位 $T.P. 0.42m$

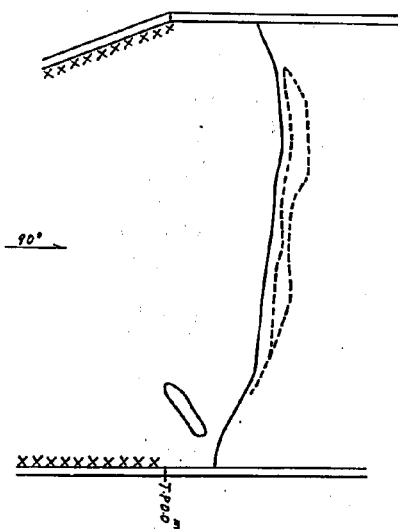
$H = 4.11(cm)$ ——— $TP0.0^m(35cm)$
 $T = 1.97(sec)$ - - - - $TP0.6^m(36cm)$



付図 5.1.11 Case 29 砂州等高线图

潮位 $T.P. 0.42m$

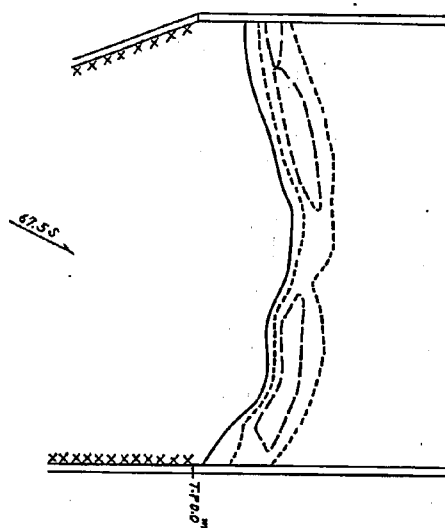
$H = 4.16(cm)$
 $T = 2.01(sec)$ ——— $TP0.0^m(35cm)$
- - - - $TP0.6^m(36cm)$



付図 5.1.12 Case 30 砂州等高线图

潮位 $T.P. 0.42m$

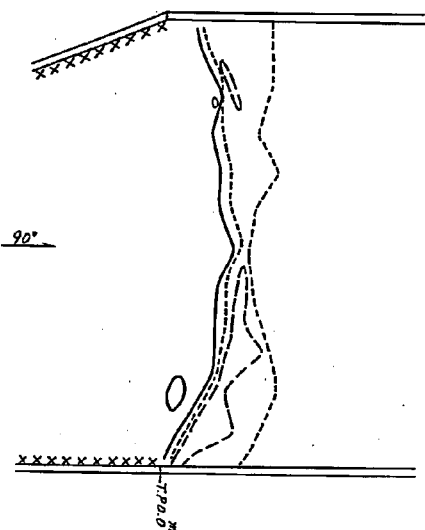
$H = 4.29(cm)$
 $T = 2.01(sec)$ ——— $TP0.0^m(35cm)$
- - - - $TP0.4^m(36cm)$
- - - - $TP1.2^m(37cm)$



付図 5.1.13 Case 31 砂州等高线图

潮位 $TP\ 0.42\ m$
 $H = 5.19\ (cm)$
 $T = 1.34\ (sec)$

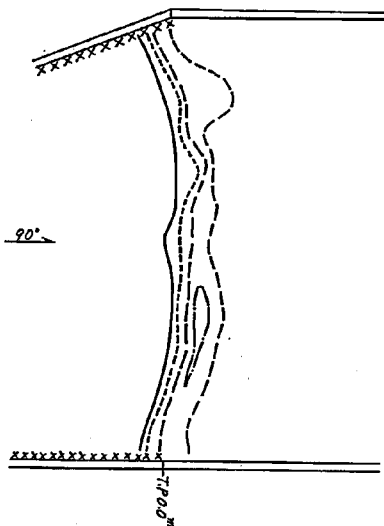
— $TP0.0''\ (35cm)$
 - - - $TP0.6\ (36cm)$
 - - - $TP1.2\ (37cm)$



付図 5.1.14 Case 32 砂州等高线图

潮位 $0.42\ m$
 $H = 3.37\ (cm)$
 $T = 1.96\ (sec)$

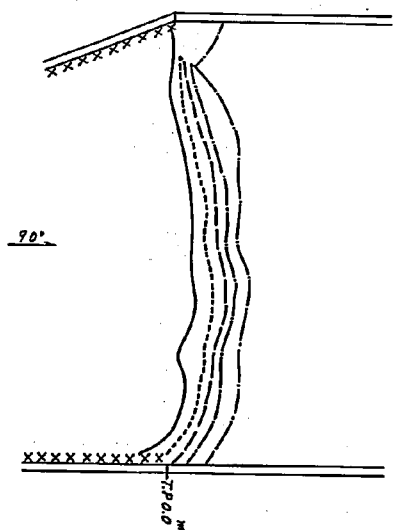
— $TP0.0''\ (35cm)$
 - - - $TP0.6\ (36cm)$
 - - - $TP1.2\ (37cm)$
 - - - $TP1.8\ (38cm)$



付図 5.1.15 Case 33 砂州等高线图

潮位 $TP1.20\ m$
 $H = 8.48\ (cm)$
 $T = 1.21\ (sec)$

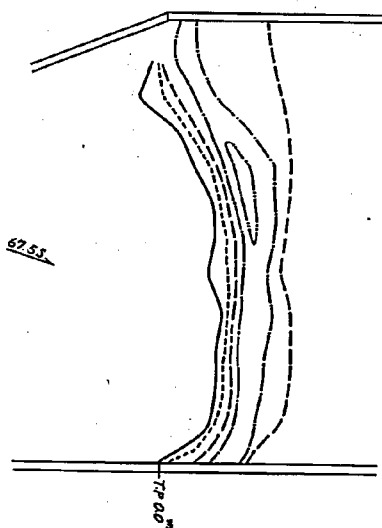
— $TP0.0''\ (35cm)$
 - - - $TP0.6\ (36cm)$
 - - - $TP1.2\ (37cm)$
 - - - $TP1.8\ (38cm)$



付図 5.1.16 Case 34 砂州等高线图

潮位 $TP\ 1.2\ m$
 $H = 7.58\ (cm)$
 $T = 1.2\ (sec)$

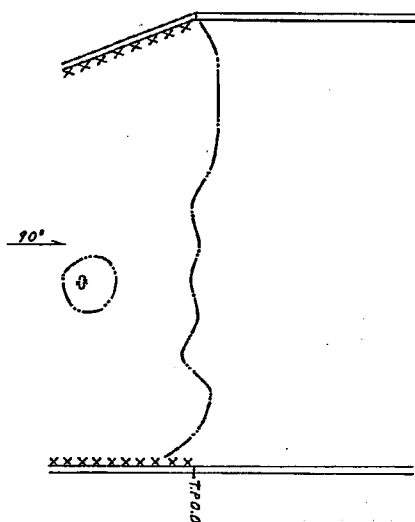
— $TP0.0''\ (35cm)$
 - - - $TP0.6\ (36cm)$
 - - - $TP1.2\ (37cm)$
 - - - $TP1.8\ (38cm)$
 - - - $TP2.4\ (39cm)$



付図 5.1.17 Case 37 砂州等高线图

潮位 $TP - 0.80m$
 $H = 4.11 (cm)$
 $T = 1.98 (sec)$

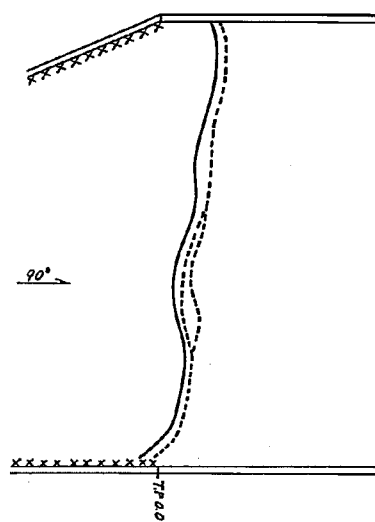
—— $TP-12 (33cm)$
 —X— $TP-06 (34cm)$



付図 5.1.18 Case 38 砂州等高线图

潮位 $0.42m$
 $H = 4.30 (cm)$
 $T = 1.99 (sec)$

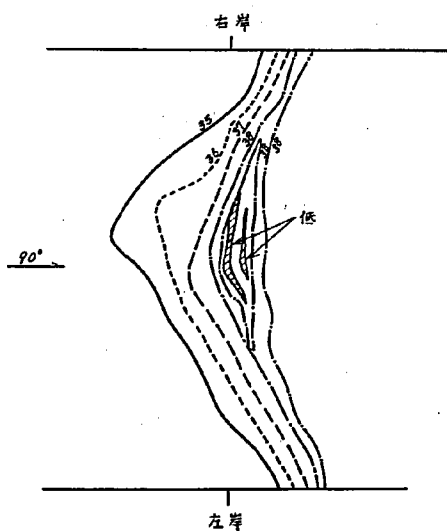
—— $TP0.0^m (35cm)$
 - - - $TP0.6^m (36cm)$



付図 5.1.19 Case 39 自然海岸

$H = 0.3 cm$
 $T = 1.2 sec$

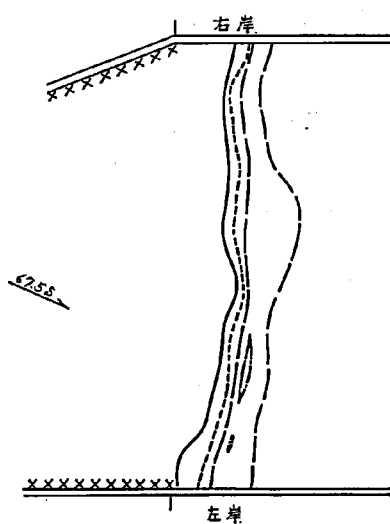
—— 35
 - - - 36
 - - - 37
 - - - 38



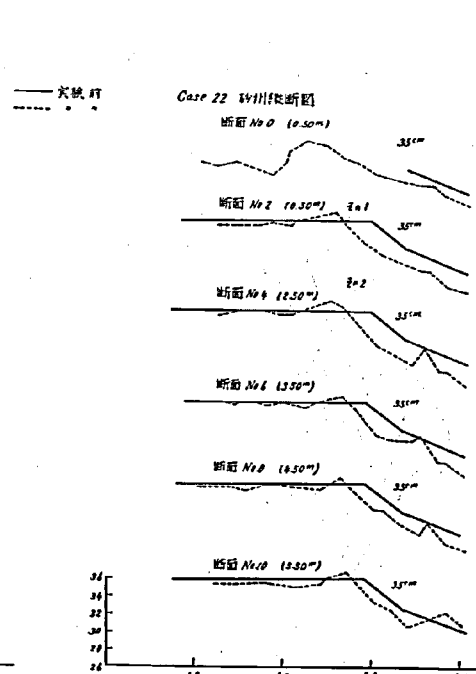
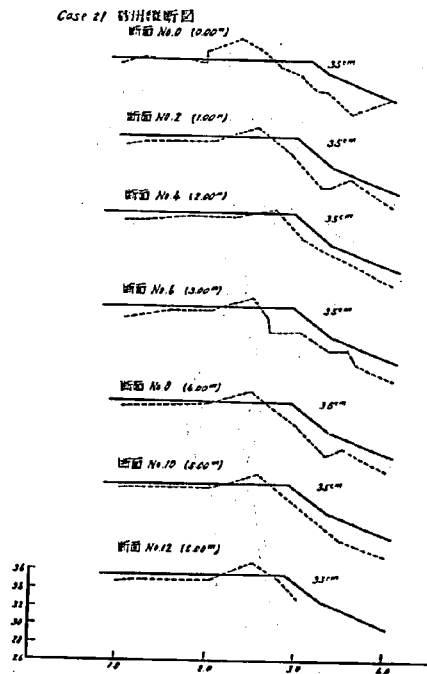
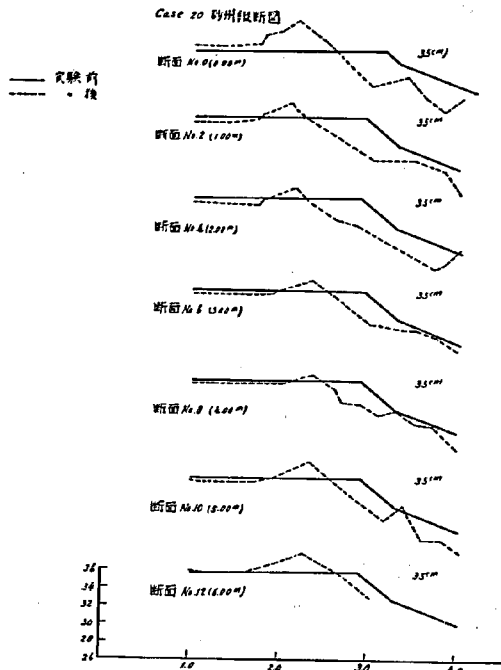
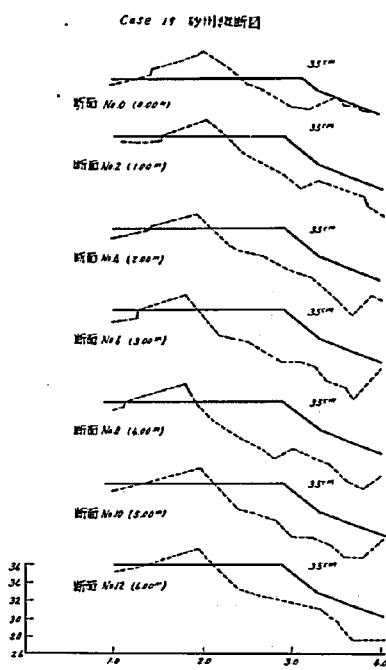
付図 5.1.20 Case 40 (A海床, 第Ⅰ案)

$H = 0.3 cm$
 $T = 1.2 sec$

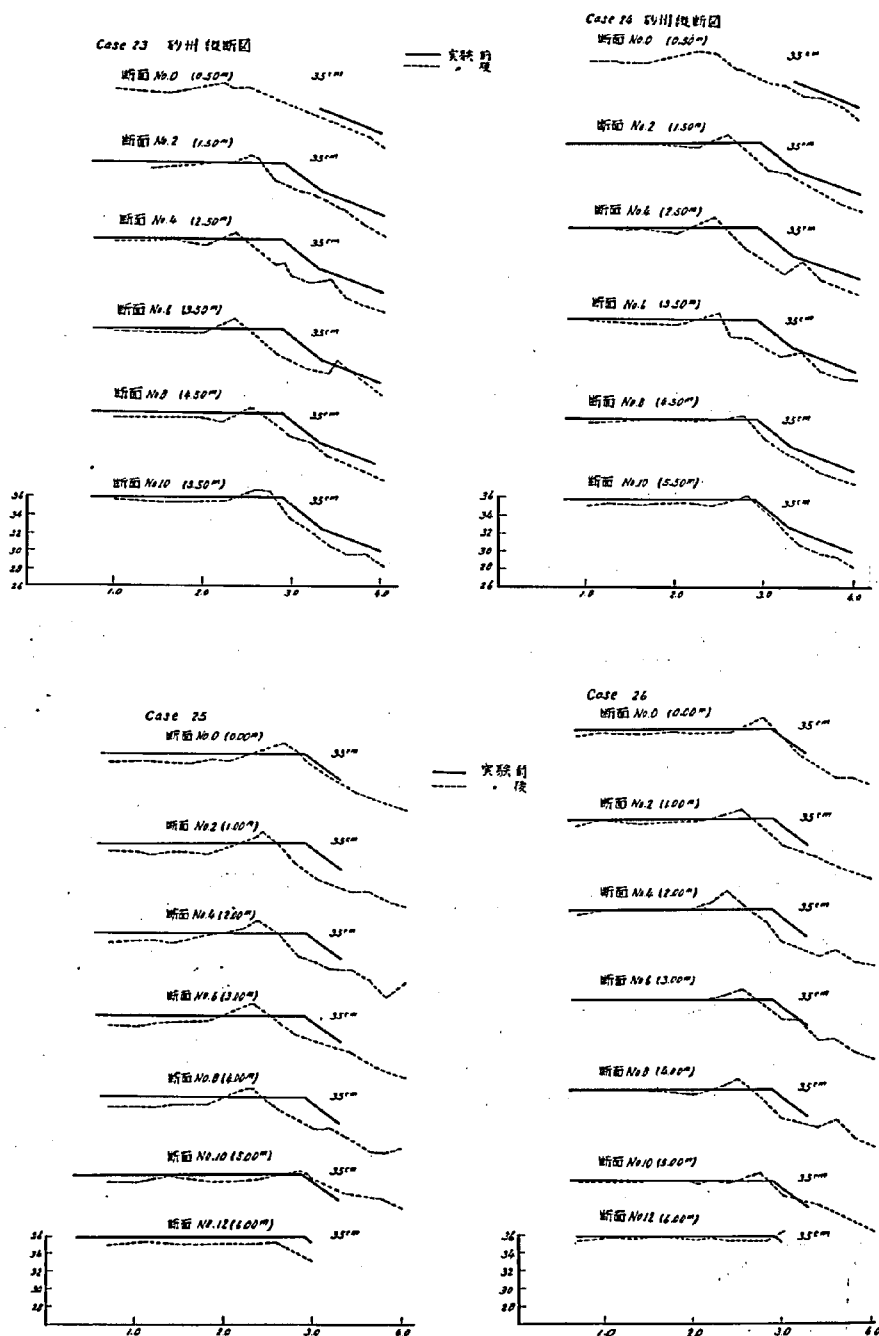
—— 35
 - - - 36
 - - - 37
 - - - 38



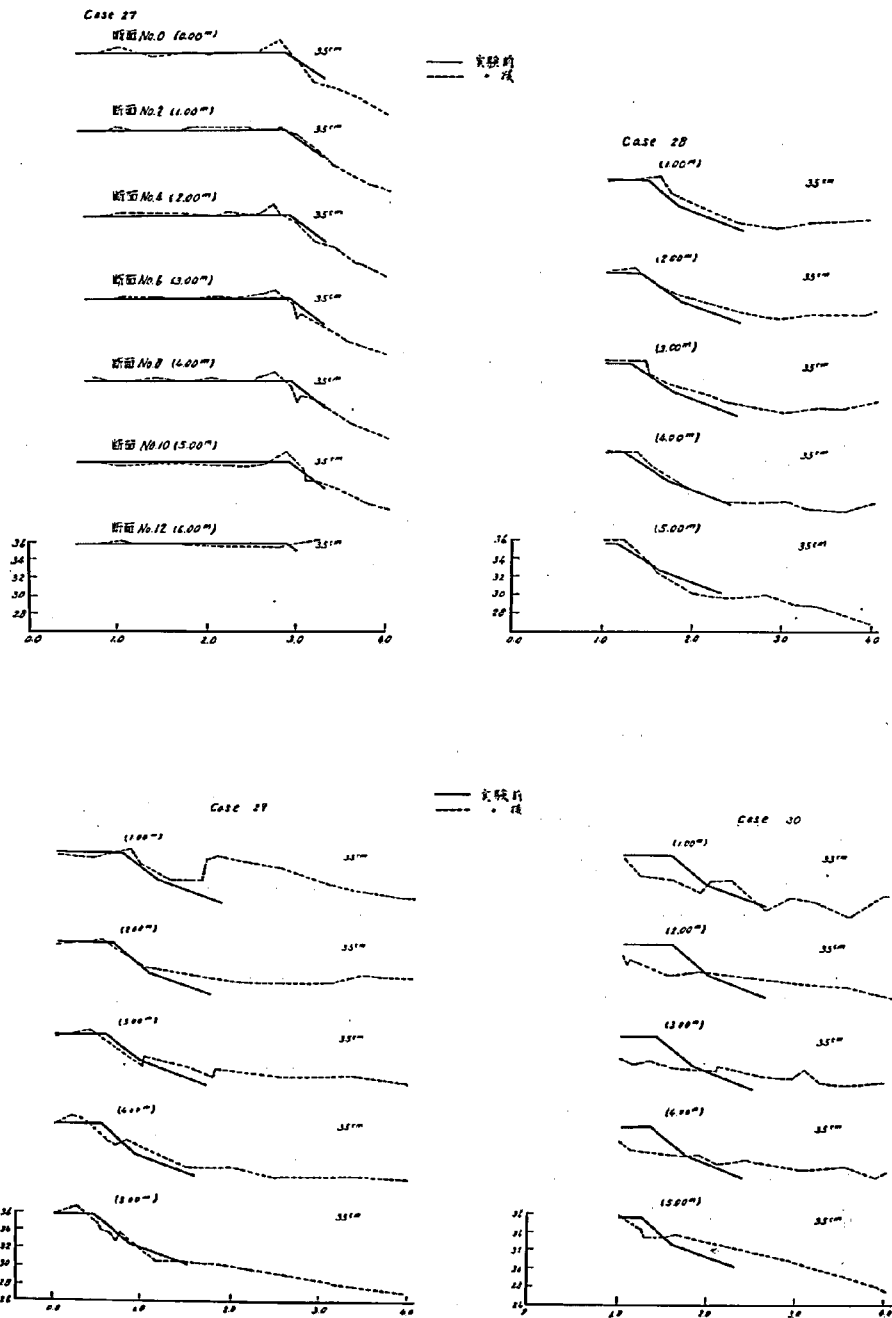
付图 5.2.1 砂 州 断 面 图



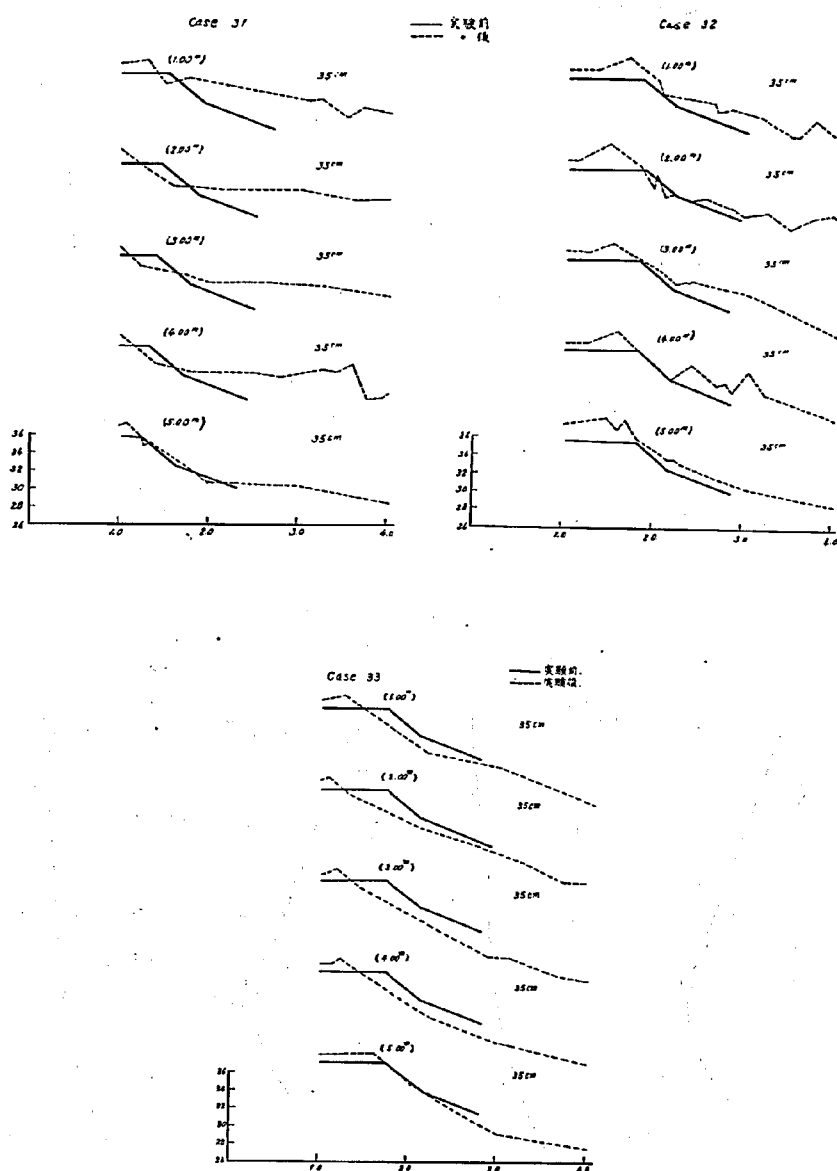
付图 5.2.2 砂 州 断 面 图



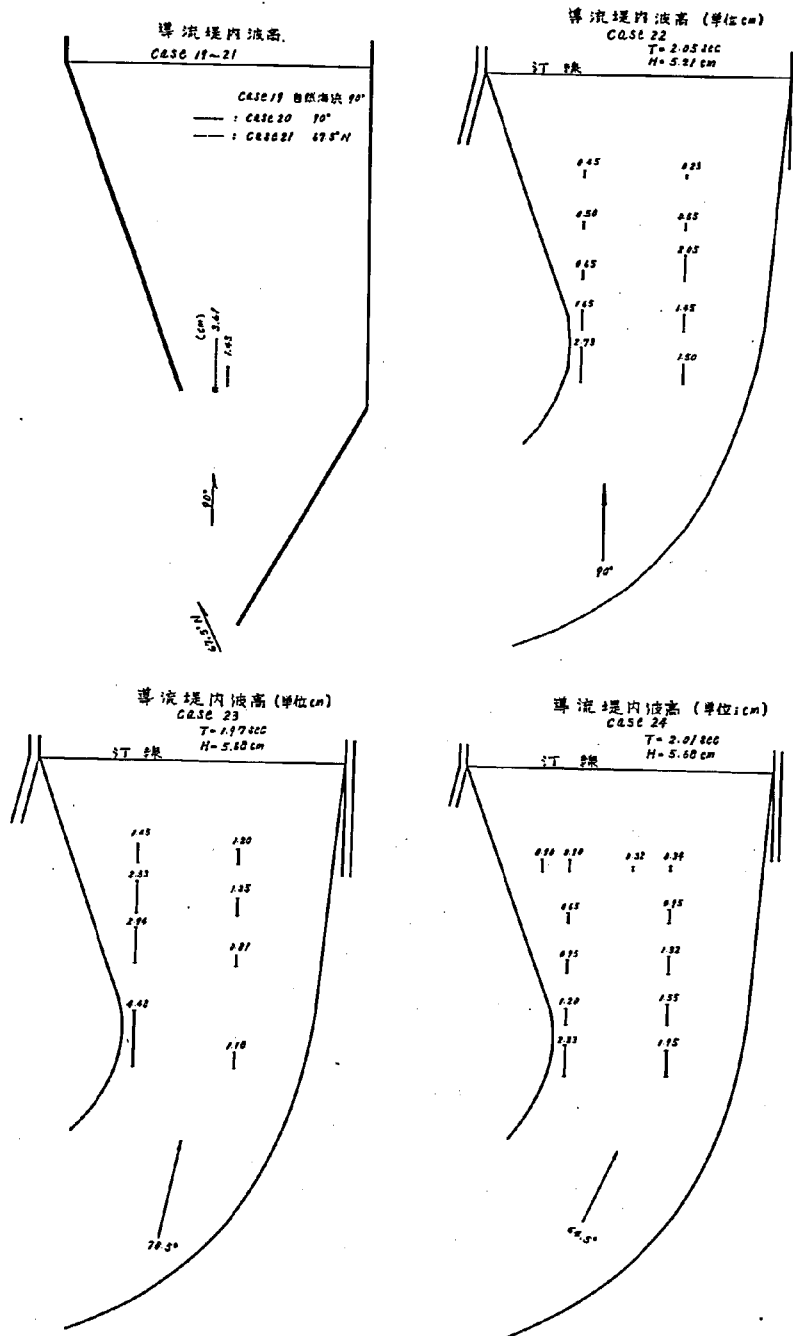
付图 5.2.3 砂 州 断 面 图



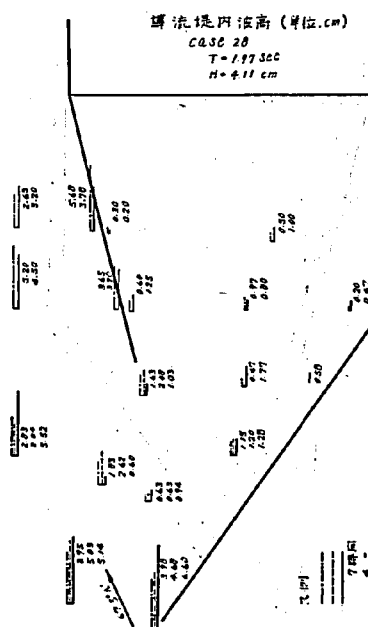
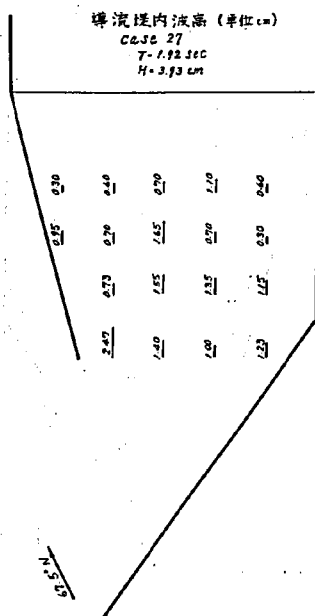
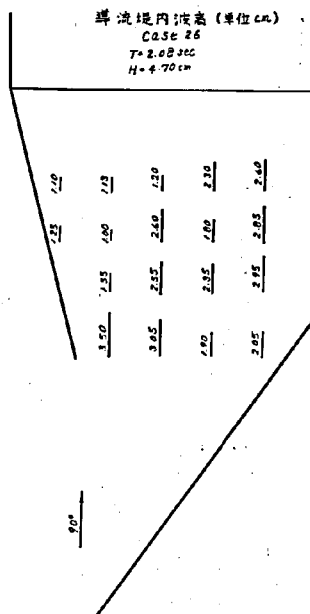
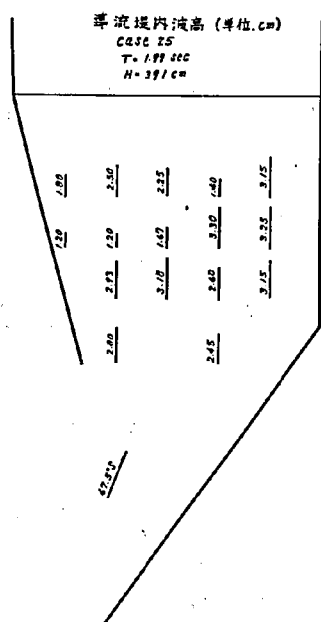
付图 5.2.4 砂 州 断 面 图



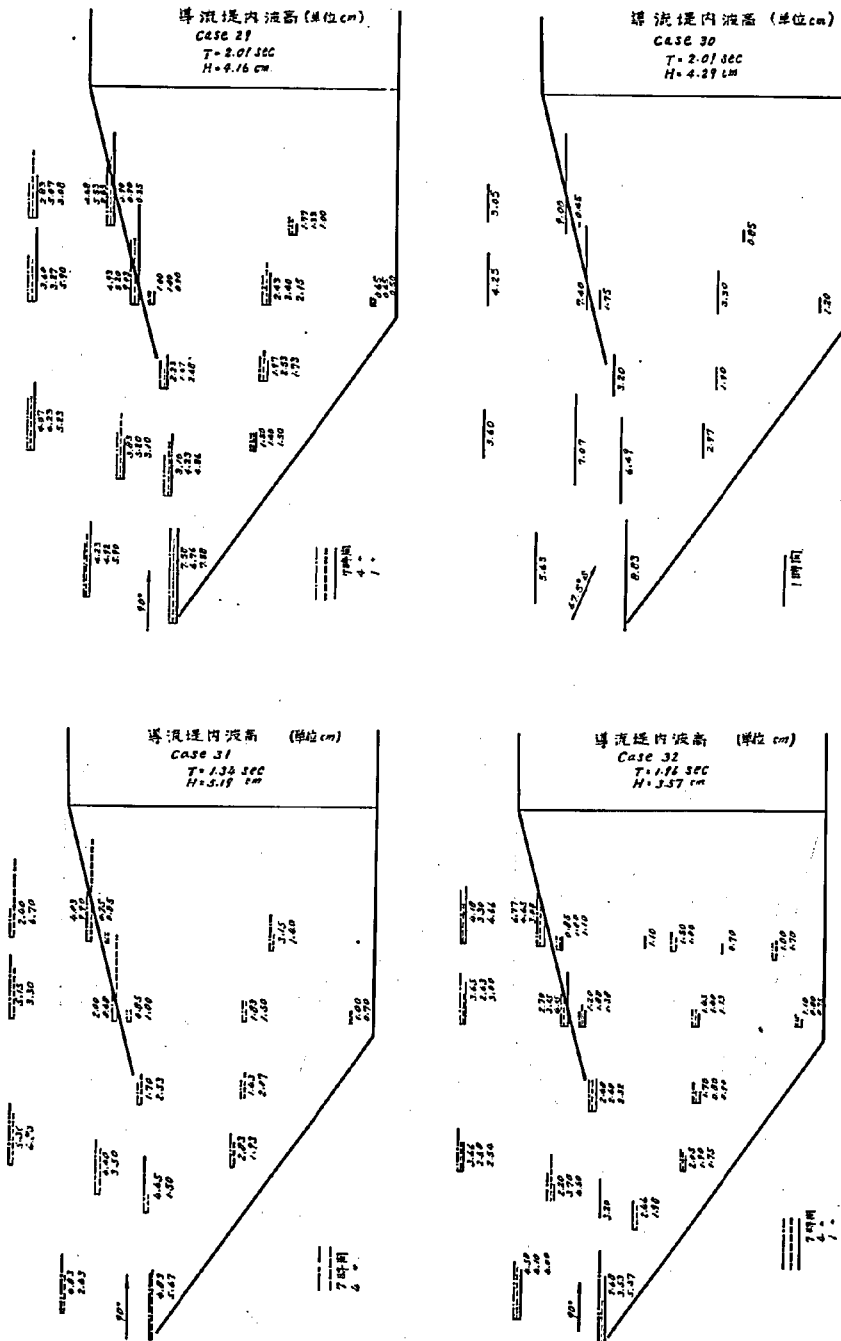
付图 5.3.1 導流堤内波高 (單位 cm)



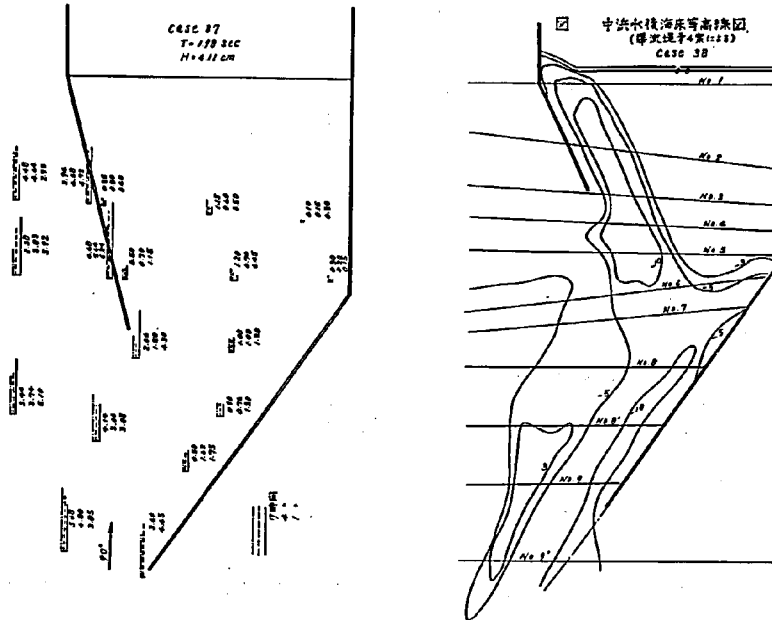
付図 5.3.2 導流堤内波高 (単位 cm)



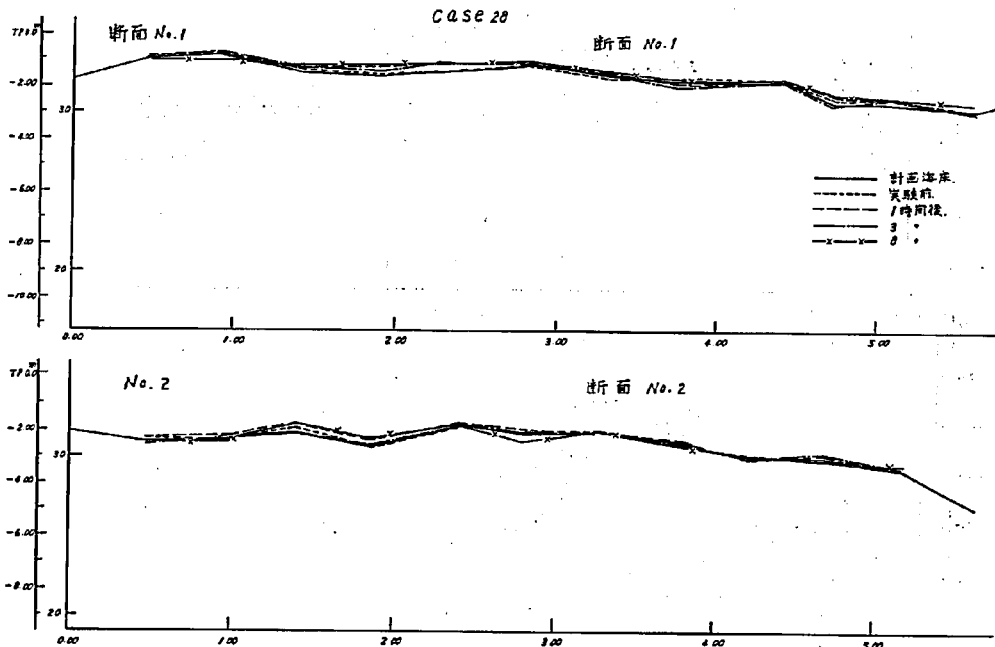
付图 5.3.3 导流堤内波高 (单位: cm)



付图 5.4 中洪水後海床等高线图

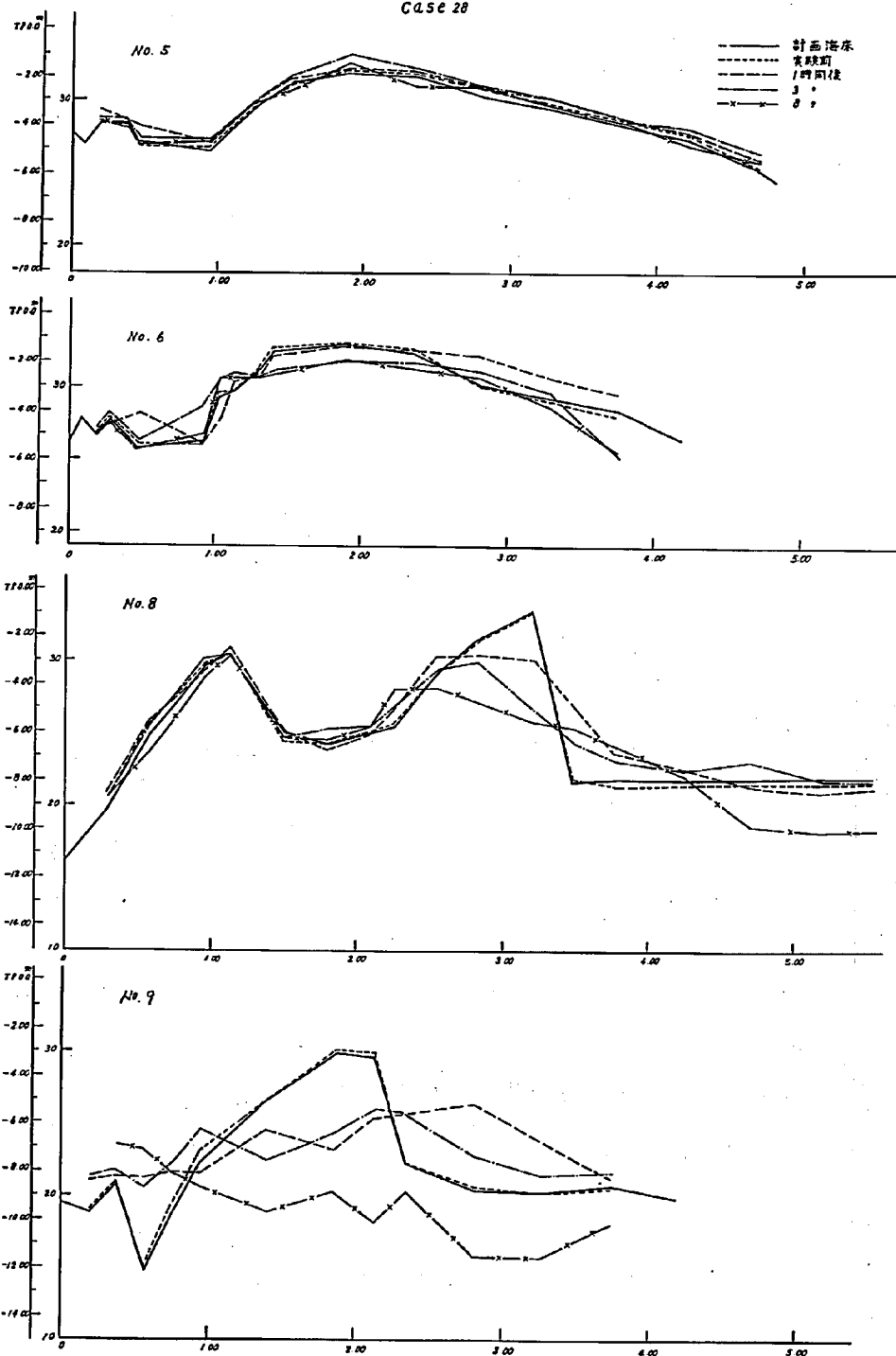


付图 5.5.1 横断面图



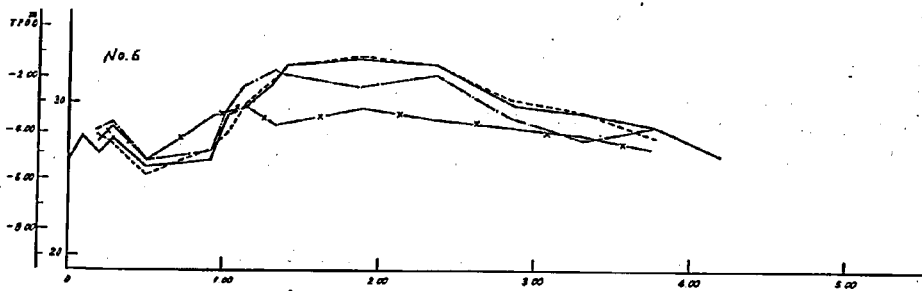
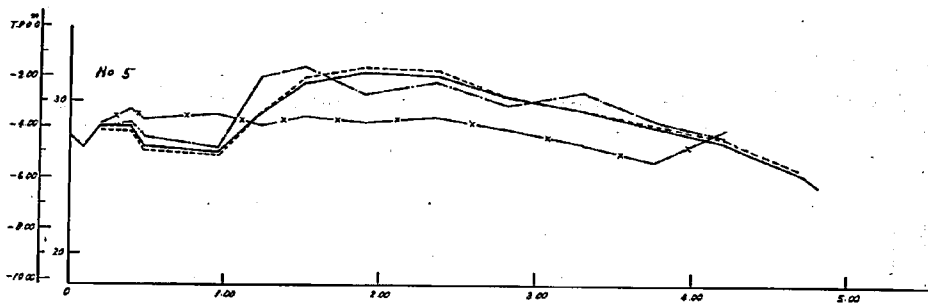
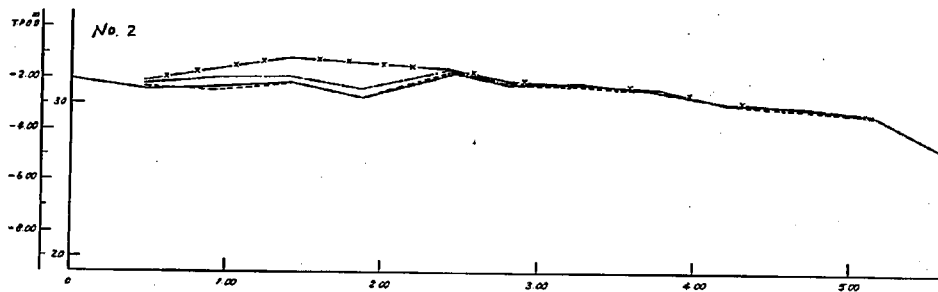
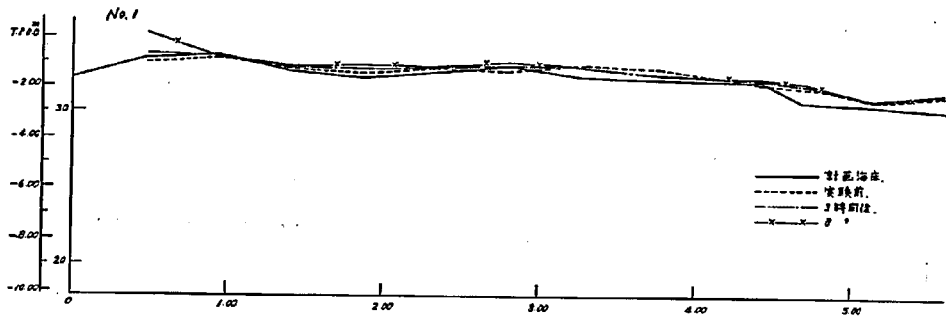
付図5.5.2 横断面図

CASE 28

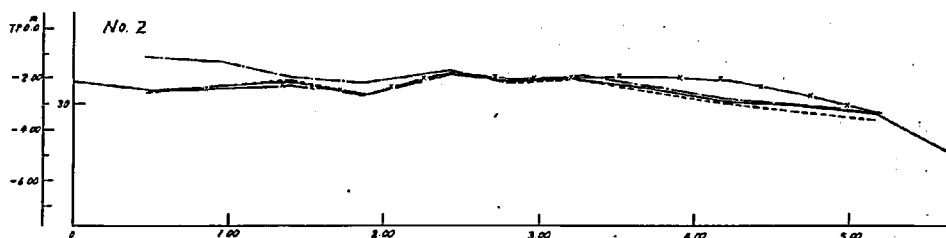
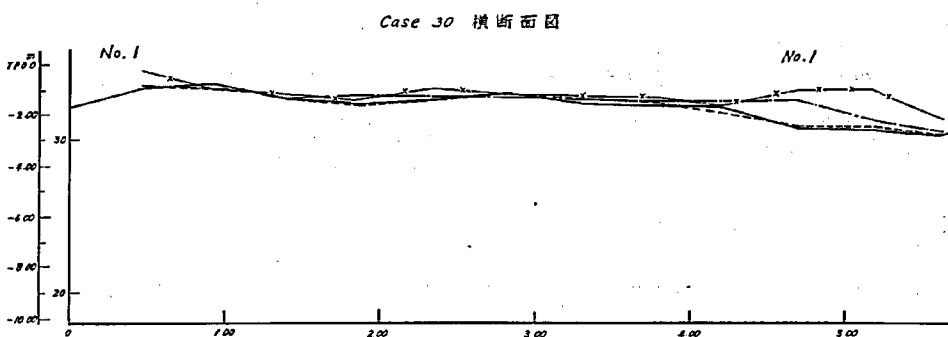
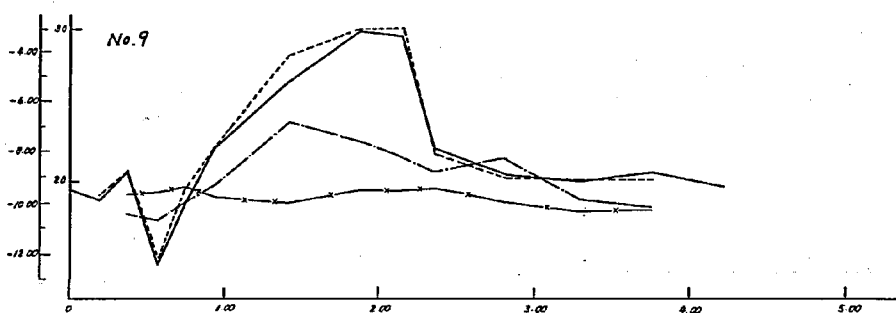
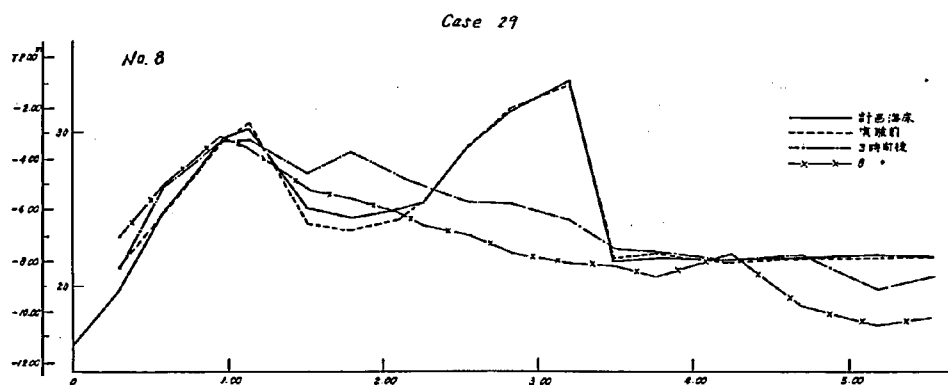


付図 5.5.3 横断面図

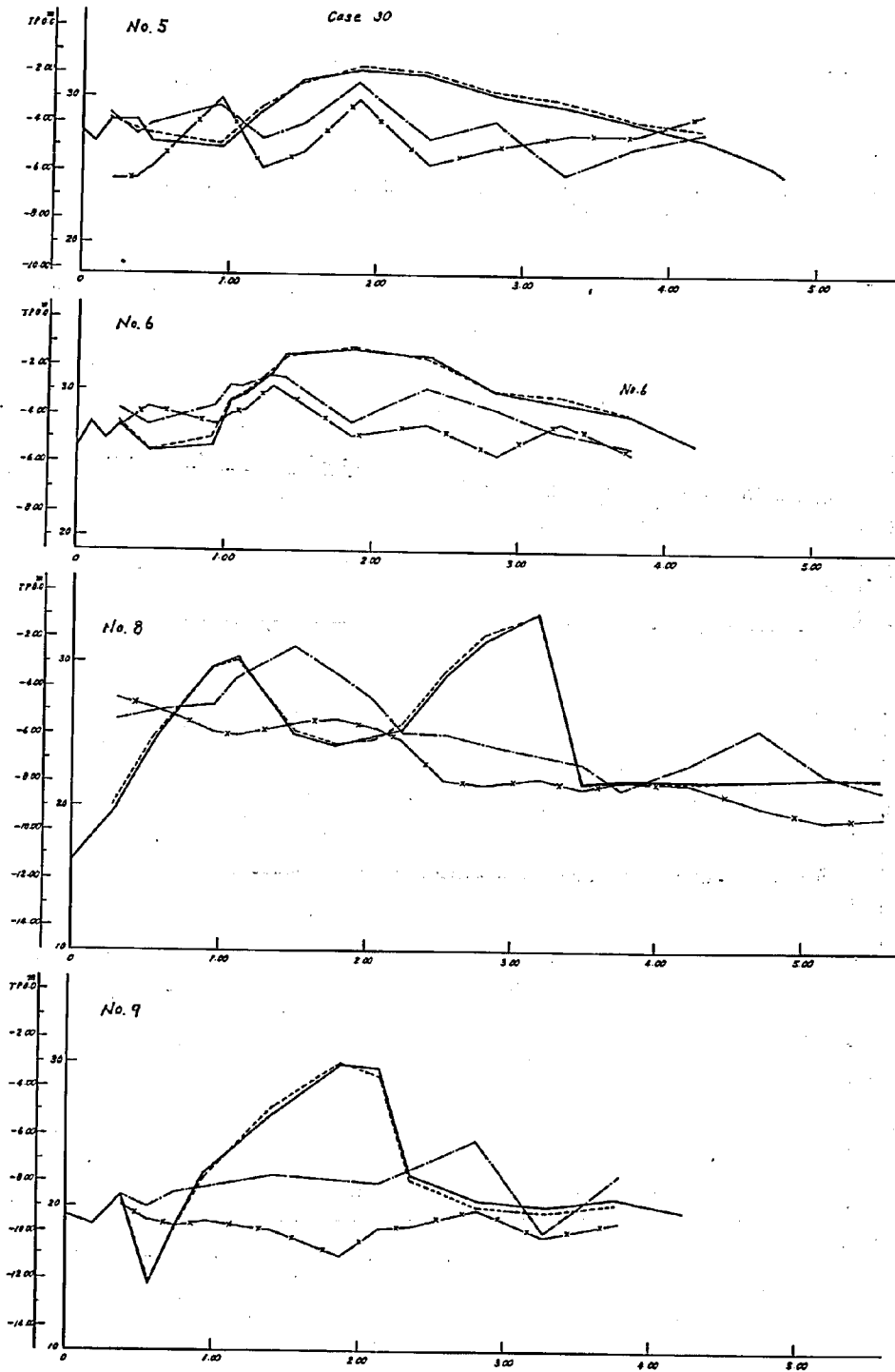
Case 29



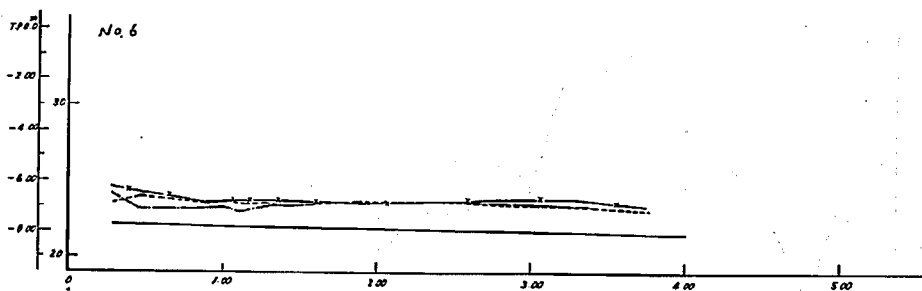
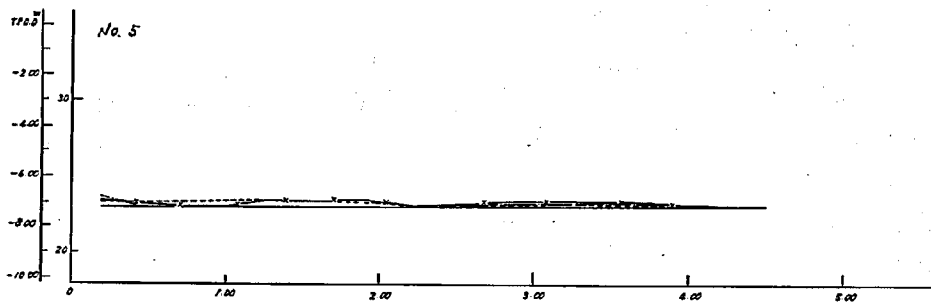
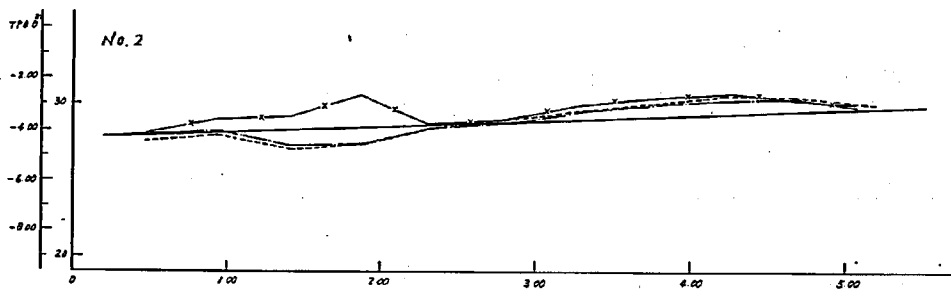
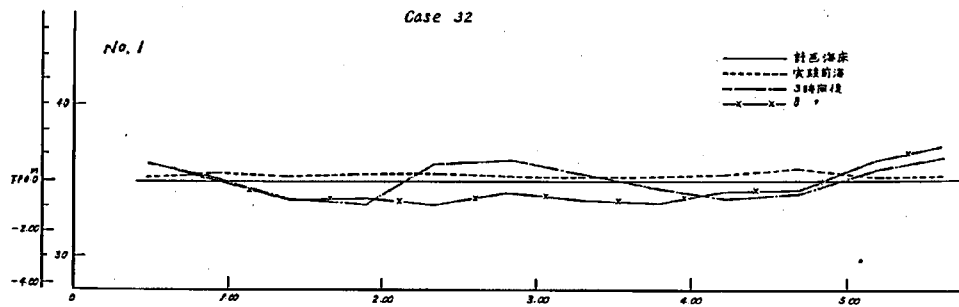
付图 5.5.4 横断面图



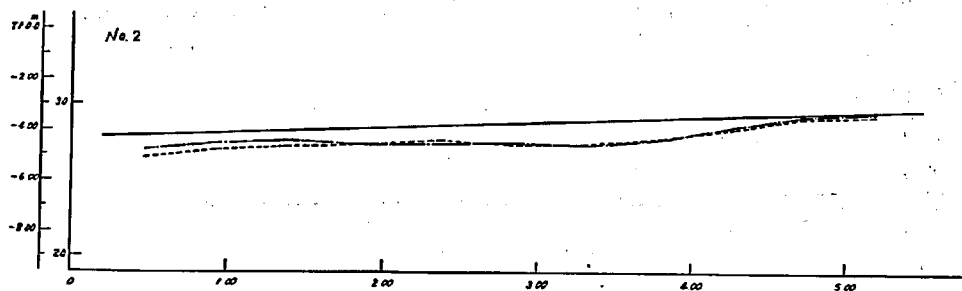
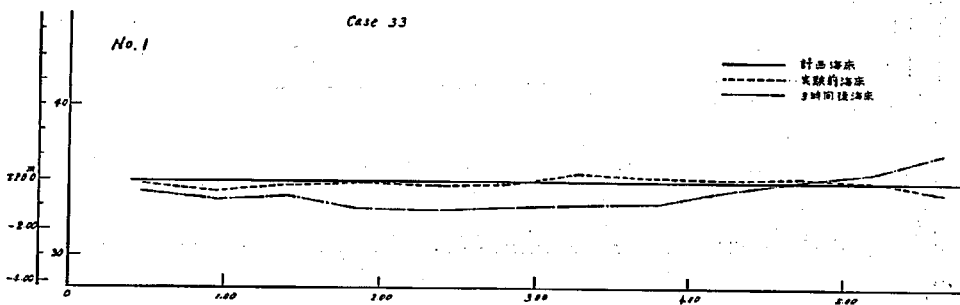
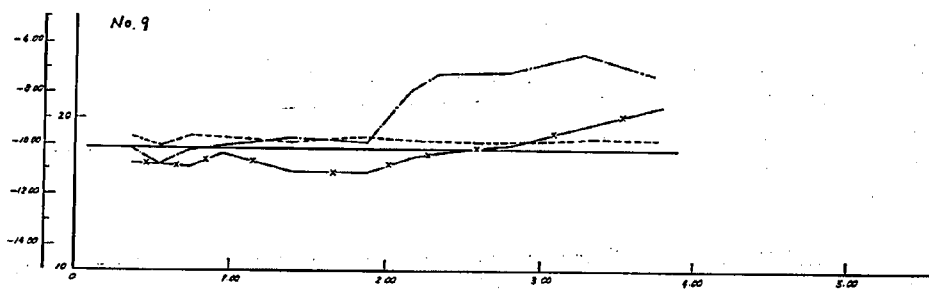
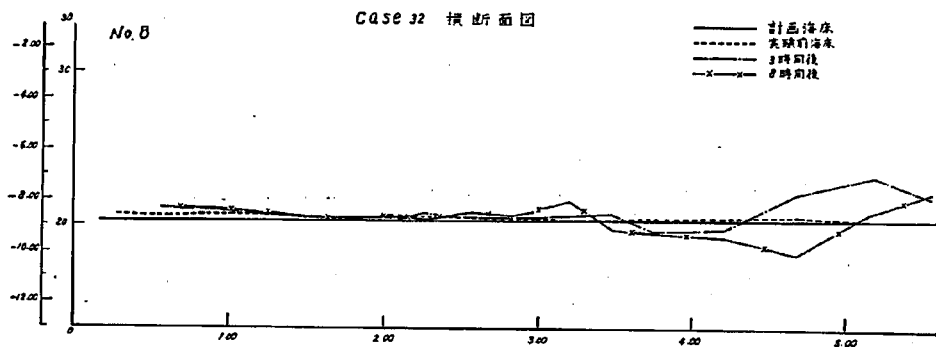
付図5.5.5 横断面図



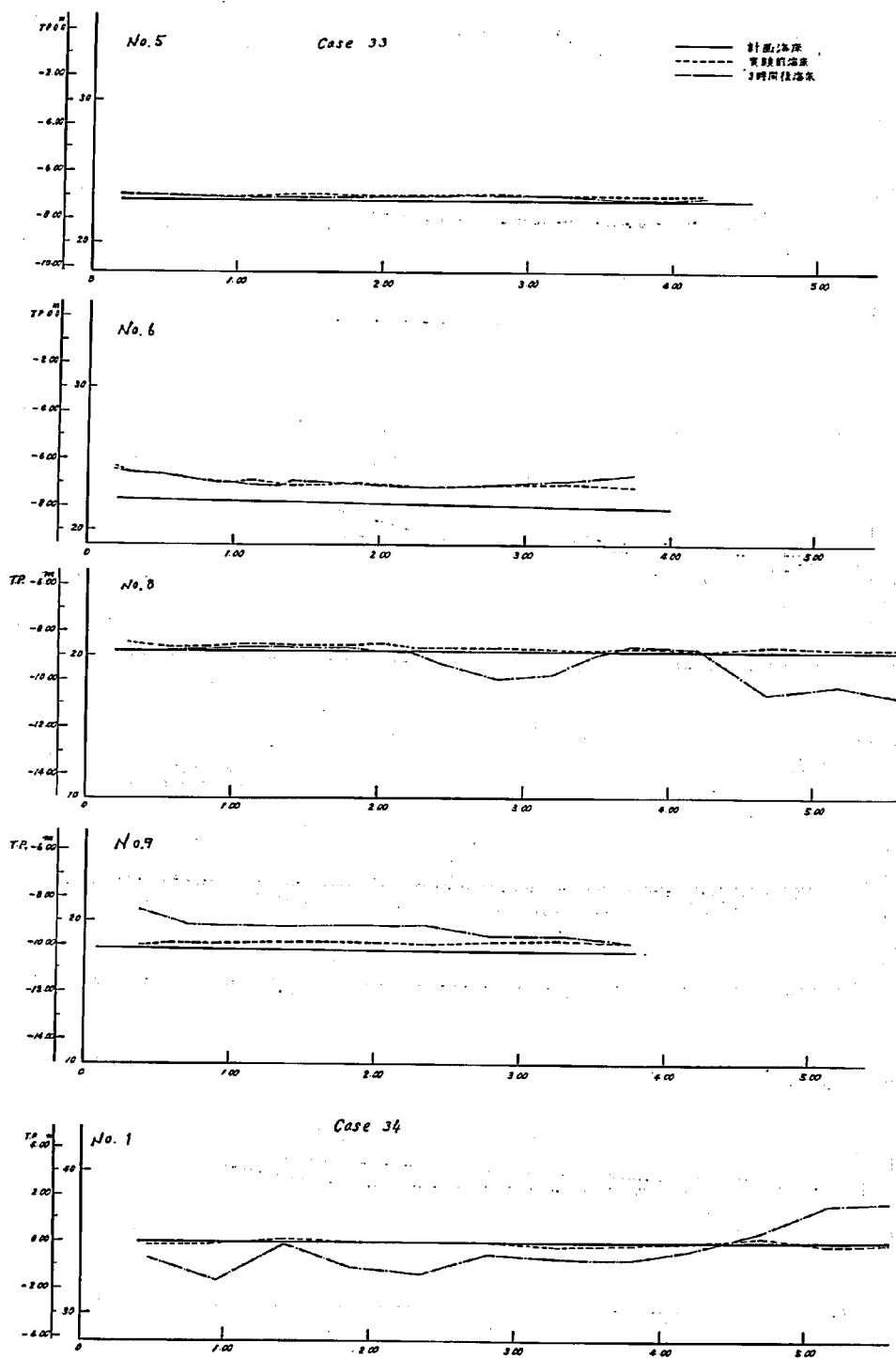
付図 5.5.6 横断面図



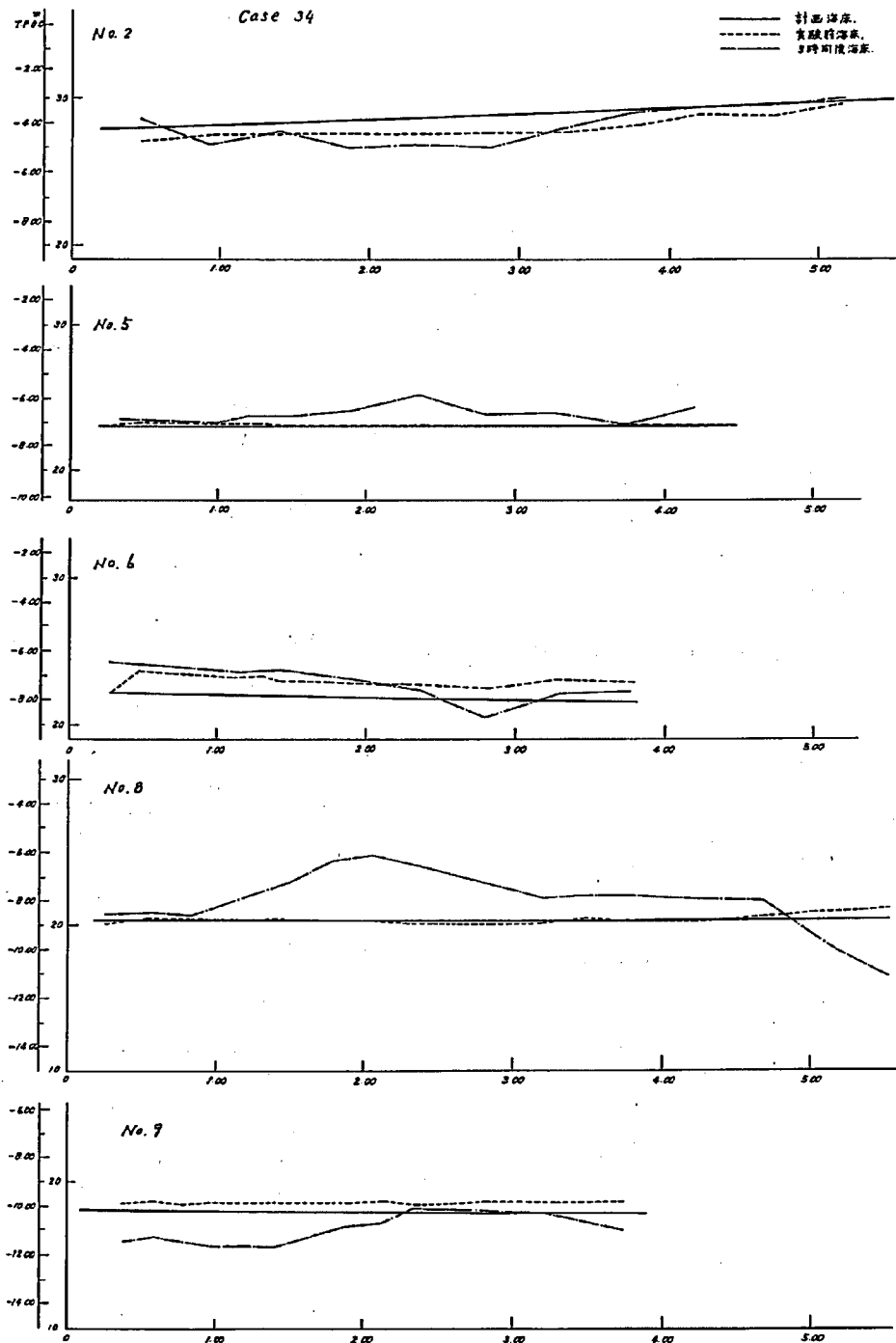
付図 5.5.7 横断面図



付圖 5.5.8 橫 斷 面 圖



付图 5.5.9 横 断 面 图



付表 2.2.1.1 鹿島港における季別周期別波高出現回数 (43.12~44.11)

冬 期 12月~2月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	2	3	21	63	111	98	59	26	5	0	0	388	38.15
0.50~0.99	1	5	52	67	58	44	32	27	9	2	0	297	29.20
1.00~1.49	1	5	37	48	22	33	26	2	1	0	0	175	17.21
1.50~1.99	0	1	26	28	17	15	11	3	0	0	0	101	9.93
2.00~2.49	0	0	1	9	2	2	8	3	0	0	0	25	2.46
2.50~2.99	0	0	0	0	2	0	3	2	1	0	0	8	0.79
3.00~3.49	0	0	0	1	2	2	1	8	5	0	0	19	1.87
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	4	0.39
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	4	14	137	216	214	194	142	73	21	2	0	1017	
率 (%)	0.39	1.38	13.47	21.24	21.04	19.08	13.96	7.18	2.06	0.20	0		100

付表 2.2.1.2

春 期 3月~5月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	3	0	3	57	145	117	55	18	2	0	0	400	36.50
0.50~0.99	3	2	50	116	98	71	34	8	4	1	0	387	35.31
1.00~1.49	1	4	30	40	17	18	26	23	5	0	0	164	14.95
1.50~1.99	0	3	8	4	7	7	22	12	4	0	0	67	6.11
2.00~2.49	0	0	1	1	2	7	17	7	0	0	0	35	3.19
2.50~2.99	0	0	1	2	3	6	7	3	0	0	0	16	1.46
3.00~3.49	0	0	1	2	1	2	6	4	0	0	0	19	1.74
3.50~3.99	0	0	0	2	1	0	2	2	0	0	0	8	0.74
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
合 計	7	9	94	224	274	226	169	77	15	1	0	1096	
率 (%)	0.64	0.82	8.57	20.42	24.98	20.60	15.40	7.02	1.37	0.09	0		100

付表 2.2.1.3

秋

周期 波高	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	25	112	164	150	89	28	13	4	0	0	0	585	5650
0.50~0.99	53	129	59	21	19	7	17	10	2	0	0	317	3008
1.00~1.49	11	54	33	9	3	2	0	0	1	0	0	112	1062
1.50~1.99	0	0	22	11	0	0	0	0	0	2	1	36	342
2.00~2.49	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	038
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	89	295	280	193	111	37	30	14	3	2	1	1054	
率(%)	8.44	27.98	26.56	18.30	10.52	3.51	2.85	1.53	0.28	0.19	0.09		100

付表 2.2.1.4.

夏

周期 波高	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	0	0	25	149	317	202	80	19	19	9	2	822	7988
0.50~0.99	1	1	17	36	54	27	11	8	8	4	2	169	1643
1.00~1.49	0	1	8	9	1	1	0	0	0	0	0	20	194
1.50~1.99	0	1	9	5	0	0	0	0	0	0	0	15	146
2.00~2.49	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	029
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	1	3	61	200	372	230	91	27	27	13	4	1029	0
率(%)	0.10	0.29	5.93	19.44	36.15	22.35	8.85	2.62	2.62	1.26	0.39		100

付表 2.2.2.1. 鹿島港における月別周期別波高出現回数 (43.12 ~ 44.11)

43年12月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	1	0	1	17	37	34	8	1	0	0	0	99	2829
0.50~0.99	0	0	7	25	36	37	21	0	0	0	0	126	3600
1.00~1.49	0	1	3	3	2	20	18	1	0	0	0	48	1371
1.50~1.99	0	1	4	5	6	6	7	3	0	0	0	32	914
2.00~2.49	0	0	0	0	2	2	8	3	0	0	0	15	429
2.50~2.99	0	0	0	0	2	0	3	2	1	0	0	8	229
3.00~3.49	0	0	0	0	2	2	1	8	5	0	0	18	514
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	4	114
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	1	2	15	50	87	101	68	20	6	0	0	350	
率(%)	0.28	0.57	4.29	14.29	24.86	28.86	19.43	5.71	1.71	0	0		100

付表 2.2.2.2.

44年1月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	1	3	20	35	58	36	31	15	3	0	0	202	5771
0.50~0.99	1	5	28	16	7	5	7	23	7	0	0	99	2829
1.00~1.49	1	3	13	5	2	1	3	1	1	0	0	30	857
1.50~1.99	0	0	2	8	6	0	0	0	0	0	0	16	457
2.00~2.49	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	086
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	3	11	64	66	73	42	41	39	11	0	0	350	
率(%)	0.86	3.14	18.29	18.86	20.86	12.00	11.71	11.14	3.14	0	0		100

付表 2.2.2.3.

2 月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	0	0	0	11	16	28	20	10	2	0	0	87	27.44
0.50~0.99	0	0	17	26	15	2	4	4	2	2	0	72	227.1
1.00~1.49	0	1	21	40	18	12	5	0	0	0	0	97	30.60
1.50~1.99	0	0	20	15	5	9	4	0	0	0	0	53	167.2
2.00~2.49	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7	2.21
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.32
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	0	1	58	100	54	51	33	14	4	2	0	317	
率 (%)	0	0.32	18.30	31.54	17.03	16.09	10.41	4.42	1.26	0.63	0		100

付表 2.2.2.4.

3 月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	1	0	1	7	19	22	21	10	0	0	0	81	21.32
0.50~0.99	2	1	29	46	37	26	18	4	3	1	0	167	43.95
1.00~1.49	0	1	14	14	2	7	13	8	0	0	0	59	15.53
1.50~1.99	0	3	3	3	5	1	8	9	1	0	0	33	8.68
2.00~2.49	0	0	1	1	2	1	5	3	0	0	0	13	3.42
2.50~2.99	0	0	1	1	0	0	2	3	0	0	0	7	1.84
3.00~3.49	0	0	0	0	0	3	6	4	0	0	0	13	3.42
3.50~3.99	0	0	0	2	1	1	1	2	0	0	0	7	1.84
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	3	5	49	74	66	61	61	4	4	1	0	380	
率 (%)	0.79	1.32	12.90	19.47	17.37	16.05	16.05	1.132	1.05	0.26	0		100

付表 2.2.2.5.

4 月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	0	0	1	6	32	42	5	0	0	0	0	86	24.64
0.50~0.99	0	1	12	26	25	36	15	4	1	0	0	120	34.38
1.00~1.49	0	3	13	22	13	8	8	15	5	0	0	87	24.93
1.50~1.99	0	0	5	0	1	6	6	3	3	0	0	24	6.88
2.00~2.49	0	0	0	0	0	5	10	4	0	0	0	19	5.44
2.50~2.99	0	0	0	1	1	0	5	0	0	0	0	7	2.01
3.00~3.49	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	5	1.43
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.29
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	0	4	32	56	73	99	50	26	9	0	0	349	
率 (%)	0	1.15	9.17	16.04	20.92	28.37	14.32	7.45	2.58	0	0		100

付表 2.2.2.6.

5 月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	3	0	1	44	94	53	29	8	2	0	0	234	63.59
0.50~0.99	1	0	9	44	36	9	1	0	0	0	0	100	27.17
1.00~1.49	1	0	3	4	2	3	5	0	0	0	0	18	4.89
1.50~1.99	0	0	0	1	1	0	8	0	0	0	0	10	2.72
2.00~2.49	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	0.82
2.50~2.99	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0.54
3.00~3.49	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.27
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	5	0	13	94	135	66	45	8	2	0	0	368	
率 (%)	1.36	0	3.53	25.54	36.69	17.94	12.23	2.17	0.54	0	0		100

付表 2.2.2.7.

6月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	0	0	15	62	101	57	21	7	15	9	2	289	80.95
0.50~0.99	0	0	0	11	7	17	11	8	8	4	2	68	19.05
1.00~1.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.50~1.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.00~2.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	15	73	108	74	32	15	23	13	4	357	
率(%)	0	0	4.20	20.45	30.25	20.73	8.97	4.20	6.44	3.64	1.12		100

付表 2.2.2.8.

7月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	0	0	1	7	79	77	23	7	4	0	0	198	60.37
0.50~0.99	1	1	17	25	38	10	0	0	0	0	0	92	28.05
1.00~1.49	0	1	8	9	1	1	0	0	0	0	0	20	6.10
1.50~1.99	0	1	9	5	0	0	0	0	0	0	0	15	4.57
2.00~2.49	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0.91
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	1	3	37	47	118	88	23	7	4	0	0	328	
率(%)	0.31	0.91	11.28	14.33	35.98	26.83	7.01	2.13	2.22	0	0		100

付表 2.2.2.9.

8月

周期 波高	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	0	0	9	80	143	68	36	5	0	0	0	341	97.43
0.50~0.99	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	9	2.57
1.00~1.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.50~1.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.00~2.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	0	0	9	80	152	68	36	5	0	0	0	350	
率 (%)	0	0	2.57	22.86	43.43	19.43	10.28	1.43	0	0	0		100

付表 2.2.2.10.

9月

周期 波高	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	3	23	62	46	28	8	1	1	0	0	0	172	74.78
0.50~0.99	1	10	16	3	8	4	1	1	1	0	0	45	19.57
1.00~1.49	0	3	2	1	0	2	0	0	1	0	0	9	3.91
1.50~1.99	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	4	1.74
2.00~2.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	4	36	81	50	36	14	2	2	2	2	1	230	
率 (%)	1.74	15.65	35.22	21.74	15.65	6.09	0.87	0.87	0.87	0.87	0.43		100

付表 2.2.2.11.

10月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	10	48	48	57	29	6	1	2	0	0	0	201	45.48
0.50~0.99	39	60	22	11	10	3	7	4	1	0	0	157	35.52
1.00~1.49	11	32	21	7	2	0	0	0	0	0	0	73	16.51
1.50~1.99	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	9	2.04
2.00~2.49	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.45
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	60	140	99	78	41	9	8	6	1	0	0	442	
率(%)	13.57	31.67	22.40	17.65	9.28	2.04	1.81	1.36	0.22	0	0		100

付表 2.2.2.12.

11月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
~0.49	12	41	54	47	32	14	11	1	0	0	0	212	55.35
0.50~0.99	13	59	21	7	1	0	9	5	0	0	0	115	30.03
1.00~1.49	0	19	10	1	1	0	0	0	0	0	0	31	8.09
1.50~1.99	0	0	15	8	0	0	0	0	0	0	0	23	6.01
2.00~2.49	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.52
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	25	119	100	65	34	14	20	6	0	0	0	383	
率(%)	6.53	31.07	26.11	16.97	8.88	3.65	5.22	1.57	0	0	0		100

付表 2.2.3.1. 久慈浜における月別周期別波高出現回数と出現率 (43.12~44.11)

12月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49	0	0	0	2	5	3	1	0	0	0	0	11	16.4
0.50~0.99	0	0	0	3	7	4	6	1	0	0	0	21	31.4
1.00~1.49	0	0	1	3	0	0	3	0	0	0	0	7	10.4
1.50~1.99	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0	0	6	9.0
2.00~2.49	0	0	0	0	2	0	4	4	0	0	0	10	14.9
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	2	4	4	0	0	10	14.9
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	3.0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.50~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	0	0	1	11	14	8	19	10	4	0	0	67	
率 (%)	0	0	1.5	16.4	20.9	11.9	28.4	14.9	6.0	0	0		100

付表 2.2.3.2.

1月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49	0	0	1	7	21	25	16	5	3	0	0	78	41.5
0.50~0.99	0	0	11	28	15	21	2	2	4	1	0	84	44.7
1.00~1.49	0	0	1	4	6	7	0	0	0	0	0	18	9.6
1.50~1.99	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	8	4.2
2.00~2.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.50~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	0	0	13	41	48	53	18	7	7	1	0	188	
率 (%)	0	0	6.9	21.8	25.5	28.2	9.6	3.7	3.7	0.6	0		100

付表 2.2.3.3.

2月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49	0	0	0	5	7	6	0	0	0	0	0	18	6.3
0.50~0.99	0	1	22	36	43	28	26	17	1	3	0	167	57.9
1.00~1.49	0	1	2	0	3	2	18	10	3	3	2	44	15.3
1.50~1.99	0	0	0	0	1	2	4	6	5	0	0	28	9.7
2.00~2.49	0	0	1	0	0	1	3	8	6	0	0	19	6.6
2.50~2.99	0	0	0	1	1	1	3	3	1	0	0	10	3.5
3.00~3.49	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0.7
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.50~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	2	25	43	56	40	54	44	16	6	2	28	
率(%)	0	0.7	8.7	14.9	19.4	13.9	18.7	15.3	5.6	2.1	0.7		100

付表 2.2.3.4.

3月

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49	0	0	0	5	7	6	0	0	0	0	0	18	6.3
0.50~0.99	0	1	22	36	43	28	26	7	1	3	0	167	57.9
1.00~1.49	0	1	2	0	3	2	18	10	3	3	2	44	15.3
1.50~1.99	0	0	0	0	1	2	4	16	5	0	0	28	9.7
2.00~2.49	0	0	1	0	0	1	3	8	6	0	0	19	6.6
2.50~2.99	0	0	0	1	1	1	3	3	1	0	0	10	3.5
3.00~3.49	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0.7
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.50~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	2	25	43	56	40	54	44	16	6	2	288	
率	0	0.7	8.7	14.9	19.4	13.9	18.7	15.3	5.6	2.1	0.7		100

付表 2.2.3.5.

4月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49	0	0	0	6	15	23	7	2	0	0	0	53	21.6
0.50~0.99	0	3	10	14	36	38	8	3	2	0	0	114	46.5
1.00~1.49	0	0	4	1	3	11	3	5	5	0	1	33	13.5
1.50~1.99	0	0	0	1	0	4	5	7	0	1	0	18	7.3
2.00~2.49	0	0	0	0	2	0	3	7	0	0	0	12	4.9
2.50~2.99	0	0	0	0	1	1	5	7	0	0	0	14	5.7
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.4
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.50~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	0	3	14	22	57	77	32	31	7	1	1	245	
率 (%)	0	1.2	5.7	9.0	23.3	31.4	13.1	12.6	2.9	0.4	0.4		100

付表 2.2.3.6.

5月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49	0	0	1	5	21	13	6	0	0	0	0	46	27.9
0.50~0.99	0	1	4	36	48	17	4	0	0	0	0	110	66.7
1.00~1.49	0	0	1	2	1	1	3	0	0	0	0	8	4.8
1.50~1.99	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.6
2.00~2.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.50~2.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00~3.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.50~3.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00~4.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.50~4.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	0	1	6	43	70	31	13	1	0	0	0	165	
率 (%)	0	0.6	3.6	26.1	42.4	18.8	7.9	0.6	0	0	0		100

付表 2.2.3.7.

6 月

周期 波高	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49	2		17	35	55	44	11	7	2	2	1	176	59.7
0.50~0.99			10	19	31	24	12	4	3	4	6	113	38.3
1.00~1.49			2	3	1							6	20.0
1.50~1.99													
2.00~2.49													
2.50~2.99													
3.00~3.49													
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計	2		29	57	87	68	23	11	5	6	7	295	
率 (%)	0.7		9.8	19.3	29.5	23.1	7.8	3.7	1.7	2.0	2.4		100

付表 2.2.3.8.

7 月

周期 波高	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49				1	34	80	56	20	14	2		207	60.5
0.50~0.99				25	29	35	18	3				110	32.2
1.00~1.49				13	5			1				19	5.5
1.50~1.99				5	1							6	1.8
2.00~2.49													
2.50~2.99													
3.00~3.49													
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計				44	69	115	74	24	14	2		342	
率 (%)				12.8	21.2	33.4	21.4	6.8	3.9	0.5			

付表 2.2.3.9.

8 月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合 計	率(%)
0.00~0.49				4	30	105	92	40	19	2		292	81.3
0.50~0.99		1	1	15	32	11	4					64	17.8
1.00~1.49		1	1									2	0.6
1.50~1.99			1									1	0.3
2.00~2.49													
2.50~2.99													
3.00~3.49													
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計		2	3	19	62	116	96	40	19	2		359	
率 (%)		0.6	0.8	5.3	17.3	32.3	26.7	11.1	5.3	0.6			100

付表 2.2.3.10

9 月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合 計	率(%)
0.00~0.49				9	49	42	11					111	33.6
0.50~0.99			8	43	34	61	44	3	2	1	1	197	59.5
1.00~1.49				5	1	6	5	1	2	1	1	22	6.6
1.50~1.99									1			1	0.3
2.00~2.49													
2.50~2.99													
3.00~3.49													
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計			8	57	84	109	60	4	5	2	2	331	
率 (%)			2.4	17.2	25.4	33.0	18.1	1.2	1.5	0.6	0.6		100

付表 2.2.3.11.

10月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49						3	1	1			4	9	5.1
0.50~0.99			1	16	24	21	16		2		5	85	47.5
1.00~1.49			3	12	20	15	5	3	1	1		60	33.5
1.50~1.99					6	4	4	4	1			19	10.6
2.00~2.49					2	1	2	1				6	3.3
2.50~2.99													
3.00~3.49													
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計			4	28	52	44	28	9	4	1	9	179	
率 (%)			2.3	15.7	28.5	24.6	15.7	5.1	2.3	0.7	5.1		100

付表 2.2.3.12.

11月

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合計	率(%)
0.00~0.49				1	13	40	14	5				73	20.4
0.50~0.99			1	15	55	78	47	8	3			207	58.0
1.00~1.49			3	8	23	13	13	7	1			68	19.1
1.50~1.99			1	2	3	3						9	2.5
2.00~2.49													
2.50~2.99													
3.00~3.49													
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計			5	26	94	134	74	20	4			357	
率 (%)			1.4	7.3	26.3	37.5	20.7	5.7	1.1				100

付表 2.2.4.1. 季節別周期別波高出現回数と出現率

春 期 (3 , 4 , 5 月)

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合 計	率 (%)
0.00~0.49			1	16	43	42	13	2				117	16.8
0.50~0.99		5	36	86	127	83	38	10	3	3		391	56.0
1.00~1.49		1	7	3	7	14	24	15	8	3	3	85	12.2
1.50~1.99				1	1	6	9	24	5	1		47	6.7
2.00~2.49			1		2	1	6	15	6			31	4.4
2.50~2.99				1	2	2	8	10	1			24	3.4
3.00~3.49				1	1		1					3	0.5
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計		6	45	108	183	148	99	76	23	7	3	698	
率 (%)		0.9	6.4	15.5	26.2	21.2	14.2	10.9	3.3	1.0	0.4		100

付表 2.2.4.2.

夏 期 (6 , 7 , 8 月)

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合 計	率 (%)
0.00~0.49	2		17	40	119	229	159	67	35	6	1	675	67.8
0.50~0.99		1	11	59	92	70	34	7	3	4	6	287	28.8
1.00~1.49		1	3	16	6			1				27	2.7
1.50~1.99			1	5	1							7	0.7
2.00~2.49													
2.50~2.99													
3.00~3.49													
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計	2	2	32	120	218	299	193	75	38	10	7	996	
率 (%)	0.2	0.2	3.3	12.0	21.9	30.0	19.4	7.5	3.8	1.1	0.7		100

付表 2.2.4.3.

秋 季 (9 , 10 , 11 月)

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合 計	率 (%)
0.00~0.49				10	62	85	26	6			4	193	22.3
0.50~0.99			10	74	113	160	107	11	7	1	6	489	56.4
1.00~1.49			6	25	44	34	23	11	4	2	1	150	17.3
1.50~1.99			1	2	9	7	4	4	2			29	3.3
2.00~2.49					2	1	2	1				6	0.7
2.50~2.99													
3.00~3.49													
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計			17	111	230	287	162	33	13	3	11	867	
率 (%)			2.0	12.8	26.5	33.1	18.7	3.8	1.5	0.4	1.2		100

付表 2.2.4.4.

冬 季 (12 , 1 , 2 月)

波高 \ 周期	0.0 } 5.9	6.0 } 6.9	7.0 } 7.9	8.0 } 8.9	9.0 } 9.9	10.0 } 10.9	11.0 } 11.9	12.0 } 12.9	13.0 } 13.9	14.0 } 14.9	15.0 以上	合 計	率 (%)
0.00~0.49			1	11	34	35	22	10	10	2	2	127	30.0
0.50~0.99			11	40	32	46	13	11	12	5	5	175	41.4
1.00~1.49			12	12	13	13	10	6		1		67	15.8
1.50~1.99				5	6	1	6	2	1			21	5.0
2.00~2.49					2		8	9				19	4.5
2.50~2.99							3	5	4			12	2.8
3.00~3.49							1	1				2	0.5
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計			24	68	87	95	63	44	27	8	7	423	
率 (%)			5.7	16.1	20.6	22.5	14.9	10.4	6.4	1.9			100

付表 2.2.4.5.

通 年 (43.12~44.11)

波高 \ 周期	0.0 5.9	6.0 6.9	7.0 7.9	8.0 8.9	9.0 9.9	10.0 10.9	11.0 11.9	12.0 12.9	13.0 13.9	14.0 14.9	15.0 以上	合 計	率(%)
0.00~0.49	2		19	77	258	391	220	85	45	8	7	1112	37.3
0.50~0.99		6	68	259	364	359	192	39	25	13	17	1342	45.0
1.00~1.49		2	28	56	70	61	57	33	12	6	4	329	11.0
1.50~1.99			2	13	17	14	19	30	8	1		104	3.5
2.00~2.49			1		6	2	16	25	6			56	1.8
2.50~2.99				1	2	2	11	15	5			36	1.2
3.00~3.49				1	1		2	1				5	0.2
3.50~3.99													
4.00~4.49													
4.50~4.99													
合 計	2	8	118	407	718	829	517	228	101	28	28	2984	
率 (%)	0.1	0.3	4.0	13.6	24.1	27.8	17.3	7.6	3.4	0.9	0.9		100

付表 2.2.5. 月別, 波高 1.50 m 以上の出現回数と出現率

久 慈 浜

波高 \ 年月	43/12	44/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	計	率(%)
1.50~1.99	6	8	7	28	18	1		6	1	1	19	9	104	5.1
2.00~2.49	10		12	19	12						6		59	28.9
2.50~2.99	10		2	10	14								36	17.7
3.00~3.49	2			2	1								5	2.4
3.50~3.99														
合 計	28	8	21	59	45	1		6	1	1	25	9	204	
率 (%)	13.7	3.95	10.3	28.9	22.0	0.49		2.95	0.49	0.49	12.3	4.43		100

付表 4.1.1 水位数值表 (実験 19)

単位: T.P.m (現地)

模型時間(分)	Na 1	Na 2	Na 3	Na 4	Na 5	Na 6
0	2.69	2.53	2.42	1.17	0.86	0.66
5	2.36	0.21	1.99	0.82	0.54	0.40
10	2.15	1.89	1.76	0.69	0.55	0.49
15	2.01	1.76	1.56	0.86	0.61	0.48
20	1.96	1.72	1.48	0.78	0.55	0.48
25	1.93	1.74	1.41	0.78	0.41	0.49
30	1.90	1.72	1.39	0.81	0.48	0.49
35	1.84	1.64	1.35	0.78	0.49	0.49
40	1.84	1.67	1.34	0.84	0.55	0.49
45	1.83	1.57	1.30	0.83	0.61	0.48
50	1.81	1.61	1.32	0.81	0.56	0.48
55	1.72	1.56	1.26	0.81	0.58	0.49
60	1.70	1.53	1.26	0.83	0.59	0.48
65	1.67	1.56	1.29	0.82	0.59	0.48
70	1.70	1.59	1.28	0.83	0.62	0.48
75	1.71	1.51	1.25	0.80	0.45	0.45
80	1.69	1.50	1.24	0.82	0.48	0.43
85	1.67	1.50	1.25	0.84	0.48	0.43
90	1.64	1.50	1.24	0.87	0.61	0.43
95	1.68	1.56	1.27	0.91	0.64	0.48
100	1.67	1.61	1.29	0.92	0.54	0.48
105	1.67	1.60	1.32	0.96	0.64	0.48
110	1.70	1.60	1.32	0.92	0.64	0.48
115	1.70	1.61	1.29	0.94	0.59	0.49
120	1.69	1.56	1.29	0.94	0.59	0.48
125	1.63	1.45	1.21	0.86	0.60	0.48
130	1.64	1.42	1.26	0.86	0.60	0.48
135	1.64	1.46	1.21	0.86	0.60	0.48
140	1.62	1.50	1.22	0.98	0.60	0.53
145	1.61	1.48	1.24	0.91	0.56	0.54
150	1.62	1.48	1.24	0.81	0.57	0.54
155	1.62	1.48	1.24	0.94	0.57	0.49
160	1.62	1.49	1.25	0.93	0.57	0.49
165	1.62	1.49	1.24	0.93	0.57	0.51
170	1.60	1.48	1.23	0.90	0.57	0.53
175	1.62	1.51	1.24	0.91	0.57	0.53
180	1.62	1.50	1.25	0.96	0.58	0.54
185	1.61	1.48	1.24	0.94	0.64	0.54
190	1.57	1.50	1.25	0.93	0.64	0.54
195	1.59	1.47	1.24	0.96	0.59	0.52
200	1.59	1.49	1.25	0.95	0.59	0.52
205						
210	1.56	1.48	1.23	0.97	0.56	0.53
215						
220	1.56	1.47	1.25	0.93	0.59	0.52
225						
230	1.56	1.45	1.24	0.96	0.61	0.54
235						
240	1.56	1.45	1.24	0.92	0.61	0.53

付表 4.1.2 水位数值表 (实验 19)

单位: T.P.m(现地)

模型時間(分)	Na 1	Na 2	Na 3	Na 4	Na 5	Na 6
240	1.61	1.42	1.10	0.79	0.49	0.32
245	1.64	1.40	1.11	0.81	0.49	0.34
250	1.67	1.42	1.13	0.83	0.50	0.38
255	1.64	1.45	1.17	0.86	0.52	0.43
260	1.68	1.45	1.24	0.93	0.54	0.50
265	1.70	1.50	1.26	0.96	0.54	0.50
270	1.71	1.53	1.24	0.99	0.49	0.49
275	1.72	1.54	1.27	1.01	0.50	0.51
280	1.73	1.56	1.27	1.05	0.50	0.54
285	1.72	1.57	1.29	1.02	0.56	0.53
290	1.74	1.59	1.34	1.02	0.56	0.51
295	1.73	1.58	1.26	1.03	0.63	0.53
300	1.74	1.57	1.29	1.03	0.55	0.53
305	1.72	1.60	1.30	1.07	0.55	0.53
310	1.72	1.56	1.29	1.07	0.55	0.54
315	1.67	1.54	1.30	1.09	0.54	0.55
320	1.65	1.52	1.26	1.07	0.54	0.53
325	1.65	1.51	1.27	1.07	0.54	0.51
330	1.64	1.50	1.28	1.07	0.54	0.53
335	1.61	1.44	1.28	1.09	0.60	0.54
340	1.64	1.48	1.27	1.07	0.60	0.55
345	1.65	1.46	1.28	1.07	0.55	0.55
350	1.61	1.47	1.26	1.08	0.56	0.55
355	1.62	1.50	1.28	1.09	0.60	0.54
360	1.56	1.47	1.26	1.07	0.60	0.53
365	1.57	1.37	1.17	0.96	0.49	0.43
370	1.59	1.35	1.16	0.98	0.48	0.44
375	1.61	1.35	1.16	0.98	0.64	0.47
380	1.57	1.37	1.18	1.01	0.67	0.46
385	1.60	1.38	1.19	1.01	0.67	0.46
390	1.56	1.40	1.21	1.02	0.67	0.47
395	1.56	1.40	1.19	1.04	0.69	0.47
400	1.57	1.39	1.16	1.03	0.72	0.47
405	1.57	1.30	1.17	1.03	0.64	0.44
410	1.57	1.36	1.14	1.05	0.74	0.44
415	1.55	1.35	1.21	1.02	0.70	0.47
420	1.54	1.35	1.19	1.02	0.70	0.47
425	1.56	1.38	1.18	0.98	0.70	0.47
430	1.59	1.43	1.21	1.03	0.70	0.47
435	1.55	1.45	1.22	1.03	0.71	0.44
440	1.55	1.41	1.23	1.04	0.68	0.44
445	1.60	1.42	1.23	1.04	0.67	0.46
450	1.59	1.42	1.23	1.09	0.71	0.43
455	1.61	1.43	1.23	1.06	0.70	0.44
460	1.56	1.44	1.19	1.04	0.70	0.47
465	1.57	1.45	1.21	1.07	0.70	0.48
470	1.56	1.43	1.24	1.07	0.71	0.48
475	1.56	1.43	1.24	1.09	0.71	0.48
480	1.62	1.41	1.26	1.09	0.70	0.49

付表 4.2.1 水位数值表 (実験 20-1, 2)

単位: T.P.m(現地)

模型時間(分)	Na 1	Na 2	Na 3	Na 4	Na 5	Na 6
0	2.51	2.62	2.36	1.32	1.00	0.81
5	1.95	1.99	1.74	1.08	0.63	0.46
10	1.82	1.77	1.74	1.10	0.64	0.47
15	1.74	1.81	1.70	1.08	0.66	0.48
20	1.74	1.83	1.66	1.09	0.60	0.52
25	1.74	1.83	1.64	1.08	0.63	0.53
30	1.70	1.81	1.60	1.17	0.64	0.54
35	1.69	1.79	1.58	1.08	0.64	0.54
40	1.65	1.77	1.54	1.14	0.66	0.51
45	1.64	1.70	1.53	1.09	0.59	0.50
50	1.63	1.69	1.48	1.13	0.59	0.53
55	1.56	1.68	1.45	1.08	0.54	0.51
60	1.54	1.68	1.44	1.08	0.64	0.48
65	1.53	1.67	1.39	1.08	0.62	0.49
70	1.49	1.61	1.39	1.03	0.54	0.48
75	1.43	1.61	1.39	1.03	0.58	0.49
80	1.42	1.56	1.34	1.05	0.56	0.48
85	1.40	1.53	1.33	1.06	0.56	0.48
90	1.38	1.54	1.22	1.06	0.58	0.48
95	1.41	1.54	1.32	1.07	0.58	0.48
00	1.41	1.56	1.34	1.03	0.56	0.46
105	1.40	1.52	1.28	1.05	0.57	0.48
110	1.41	1.50	1.28	1.06	0.60	0.49
115	1.39	1.50	1.30	1.07	0.62	0.49
120	1.38	1.48	1.30	1.07	0.63	0.48
125	1.38	1.47	1.29	1.06	0.62	0.46
130	1.38	1.47	1.28	1.05	0.62	0.48
135	1.36	1.50	1.29	1.07	0.66	0.54
140	1.37	1.49	1.28	1.09	0.66	0.54
145	1.37	1.50	1.28	1.07	0.69	0.54
150	1.34	1.50	1.29	1.07	0.69	0.58
155	1.34	1.46	1.31	1.12	0.67	0.56
160	1.34	1.47	1.31	1.07	0.69	0.55
165	1.34	1.45	1.27	1.07	0.64	0.54
170	1.32	1.45	1.27	1.09	0.66	0.54
175	1.36	1.47	1.29	1.07	0.67	0.54
180	1.32	1.47	1.27	1.07	0.67	0.54
185	1.34	1.47	1.29	1.10	0.70	0.58
190	1.32	1.47	1.29	1.08	0.70	0.51
195	1.34	1.48	1.31	1.10	0.71	0.51
200	1.29	1.47	1.30	1.07	0.70	0.53
205	1.37	1.47	1.30	1.09	0.71	0.53
210	1.37	1.47	1.30	1.08	0.71	0.53
215	1.33	1.47	1.30	1.08	0.71	0.53
220	1.32	1.46	1.28	1.08	0.71	0.53
225	1.32	1.46	1.28	1.07	0.72	0.54
230	1.32	1.45	1.28	1.07	0.70	0.54
235	1.29	1.44	1.28	1.07	0.70	0.54
240	1.29	1.47	1.26	1.02	0.70	0.56

付表 4.2.2 水位数值表 (実験 20-3,4)

単位: T.P.m(現地)

模型時間(分)	Na 1	Na 2	Na 3	Na 4	Na 5	Na 6
0	1.37	1.52	1.21	1.02	0.63	0.54
5	1.36	1.48	1.20	0.99	0.56	0.51
10	1.36	1.50	1.18	1.02	0.68	0.54
15	1.38	1.49	1.18	1.04	0.70	0.56
20	1.37	1.45	1.17	1.04	0.67	0.51
25	1.34	1.46	1.19	1.06	0.68	0.54
30	1.37	1.48	1.19	1.05	0.67	0.54
35	1.35	1.48	1.17	1.05	0.67	0.52
40	1.34	1.49	1.17	1.07	0.67	0.51
45	1.32	1.49	1.18	1.07	0.66	0.51
50	1.38	1.48	1.19	1.05	0.67	0.48
55	1.37	1.50	1.17	1.06	0.62	0.46
60	1.38	1.50	1.18	1.07	0.64	0.48
65	1.37	1.51	1.18	1.07	0.62	0.48
70	1.39	1.49	1.17	1.05	0.64	0.52
75	1.38	1.47	1.16	1.06	0.67	0.51
80	1.34	1.48	1.18	1.05	0.66	0.50
85	1.34	1.46	1.17	1.07	0.66	0.48
90	1.36	1.50	1.19	1.09	0.66	0.48
95	1.35	1.51	1.18	1.10	0.64	0.51
100	1.40	1.50	1.23	1.07	0.67	0.52
105	1.37	1.51	1.21	1.07	0.66	0.52
110	1.34	1.51	1.20	1.11	0.67	0.54
115	1.37	1.49	1.21	1.11	0.67	0.54
120	1.35	1.49	1.18	1.11	0.64	0.55
125	1.37	1.45	1.13	1.13	0.62	0.51
130	1.29	1.41	1.12	1.11	0.61	0.48
135	1.32	1.43	1.14	1.13	0.64	0.52
140	1.34	1.41	1.15	1.10	0.64	0.51
145	1.29	1.40	1.17	1.13	0.62	0.48
150	1.28	1.40	1.16	1.11	0.62	0.48
155	1.29	1.40	1.17	1.07	0.61	0.49
160	1.26	1.41	1.15	1.06	0.60	0.51
165	1.28	1.42	1.14	1.04	0.61	0.52
170	1.28	1.42	1.14	1.06	0.61	0.51
175	1.29	1.41	1.13	1.05	0.61	0.50
180	1.27	1.40	1.13	1.05	0.61	0.48
185	1.27	1.41	1.15	1.11	0.64	0.52
190	1.29	1.41	1.18	1.13	0.70	0.54
195	1.29	1.41	1.19	1.13	0.70	0.57
200	1.31	1.41	1.19	1.15	0.64	0.57
205	1.31	1.42	1.19	1.13	0.68	0.57
210	1.29	1.41	1.19	1.14	0.70	0.56
215	1.28	1.41	1.19	1.15	0.67	0.55
220	1.29	1.42	1.19	1.16	0.70	0.57
225	1.29	1.42	1.20	1.17	0.70	0.57
230	1.29	1.43	1.19	1.16	0.67	0.59
235	1.28	1.43	1.19	1.17	0.68	0.57
240	1.29	1.43	1.19	1.16	0.69	0.57

付表 4.3 流速数值表 (実験 21)

单位: m/s (現地)

測点 時刻	測点 No. 1 (右岸導流堤先端部)			測点 No. 2 (左岸防波堤中央部)			測点 No. 3 (左岸防波堤先端部)		
模型時間	水面附近	中 央	河床附近	水面附近	中 央	河床附近	水面附近	中 央	河床附近
10分									
20	2.27	2.42	1.94				1.80	1.82	1.50
30	2.40	2.37	1.89				1.87	1.32	1.85
40	2.16	2.09	1.77				2.18	2.25	1.85
50	2.16	2.74	2.37				2.16	1.77	1.43
60	2.90	2.92	2.20	2.71	2.10	2.84	3.06	2.95	2.73
70	2.36	2.27	1.89	2.79	1.74	2.24	3.19	3.31	3.42
80	2.62	2.32	1.86	2.89	1.74	2.00	3.34	3.34	3.32
90	2.49	2.18	1.91	2.31	1.58	1.80	3.24	3.34	3.32
100	2.62	2.29	2.29	2.57	1.37	1.65	3.17	3.19	3.19
110	2.73	2.64	2.33	3.04	1.98	2.53	3.04	3.04	3.06
120	2.95	2.79	2.20	3.26	2.42	2.31	2.93	2.75	2.90
130	2.99	2.98	2.60	3.39	2.46	3.02	3.11	2.95	2.49
140	3.08	2.93	2.51	3.31	2.62	3.04	3.08	2.99	2.82
150	2.95	2.95	1.96	3.15	2.70	3.06	3.37	3.61	3.16
160	2.91	2.75	2.35	3.12	2.68	2.93	3.27	3.06	2.62
170	3.26	3.18	2.62	3.23	2.79	2.90	3.20	3.06	2.29
180	3.34	3.50	2.90	3.03	2.70	3.21	3.02	2.60	2.39
190	3.46	3.56	3.08	2.85	1.23	2.35	2.71	2.46	2.03
200	3.52	3.70	3.47	2.11	1.10	2.26	2.53	2.62	
210	3.41	3.32	2.42	2.76	2.16	3.61	2.90	2.55	2.71
220	3.67	3.75	1.28	3.08	2.07	3.69	2.85	2.40	2.26
230	2.71	2.29	0.81	2.52	2.16	3.38	2.46	1.91	1.51
240									
250									
260									
270									
280									
290									
300									
310									
320									
330									
340									
350									
360									
370									
380									
390									
400									
410									
420									
430									
440									
450									
460									
470									
480									
490									
500									

付表 4.4 水位数值表 (実験 21)

単位 : T.P.m (現地)

模型時間 (分)	水位						
	Na 1	Na 2	Na 3 - 右	Na 3 - 左	Na 4 - 右	Na 4 - 左	Na 5
0	2.59	1.91	0.45	0.56	0.53	0.68	0.69
10	2.10	1.38	0.55	0.55	0.62	0.59	0.52
20	2.05	1.26	0.56	0.63	0.54	0.57	0.52
30	1.73	1.34	0.67	0.73	0.51	0.55	0.52
40	1.72	1.31	0.67	0.59	0.59	0.62	0.52
50	1.94	1.58	0.61	0.56	0.57	0.56	0.51
60	1.97	1.59	0.63	0.61	0.54	0.77	0.51
70	1.89	1.78	0.55	0.61	0.47	0.55	0.57
80	1.92	1.29	0.55	0.61	0.51	0.56	0.59
90	1.89	1.34	0.55	0.61	0.52	0.69	0.59
100	1.89	1.34	0.55	0.61	0.52	0.67	0.57
110	1.86	1.34	0.46	0.58	0.44	0.52	0.52
120	1.77	1.35	0.48	0.57	0.44	0.53	0.56
130	1.83	1.38	0.55	0.60	0.42	0.57	0.57
140	1.84	1.41	0.58	0.62	0.57	0.57	0.55
150	1.81	1.41	0.56	0.60	0.51	0.57	0.56
160	1.83	1.41	0.55	0.64	0.42	0.64	0.52
170	1.81	1.42	0.61	0.72	0.52	0.62	0.55
180	1.83	1.43	0.62	0.74	0.57	0.62	0.56
190	1.79	1.28	0.42	0.52	0.38	0.41	0.37
200	1.70	1.32	0.57	0.59	0.51	0.53	0.50
210	1.74	1.23	0.59	0.60	0.54	0.60	0.50
220	1.73	1.25	0.59	0.64	0.53	0.58	0.52
230	1.67	1.25	0.62	0.69	0.54	0.57	0.53
240	1.67	1.24	0.69	0.69	0.55	0.58	0.55
250							
260							
270							
280							
290							
300							
310							
320							
330							
340							
350							
360							
370							
380							
390							
400							
410							
420							
430							
440							
450							
460							
470							
480							

付表 4.5 水位数值表 (実験 22)

単位: T.P.m(現地)

模型時間 (分)	水位						
	Na 1	Na 2	Na 3 一右	Na 3 一左	Na 4 一右	Na 4 一左	Na 5
0	1.77	1.58	0.78	0.76	0.48	0.54	0.43
10	1.42	1.32	0.73	0.75	0.44	0.49	0.44
20	1.45	1.35	0.86	0.84	0.56	0.48	0.45
30	1.46	1.38	0.84	0.83	0.61	0.65	0.46
40	1.45	1.38	0.87	0.82	0.61	0.63	0.48
50	1.46	1.35	0.87	0.82	0.59	0.67	0.49
60	1.43	1.37	0.90	0.83	0.61	0.78	0.51
70	1.67	1.13	0.72	0.73	0.73	0.78	0.45
80	1.63	1.18	0.84	0.83	0.71	0.82	0.44
90	1.67	1.24	0.95	0.90	0.82	0.91	0.50
100	1.69	1.34	0.98	0.95	0.83	0.95	0.51
110	1.69	1.38	1.01	0.98	0.87	1.00	0.53
120	1.67	1.37	1.01	0.97	0.82	0.96	0.55
130	1.65	1.33	1.00	0.96	0.79	0.93	0.53
140	1.65	1.32	1.01	0.96	0.83	0.96	0.53
150	1.63	1.34	1.00	1.02	0.80	0.97	0.55
160	1.52	1.29	1.04	0.96	0.79	0.98	0.47
170	1.58	1.29	1.02	0.98	0.78	1.00	0.53
180	1.58	1.31	1.05	1.00	0.85	1.04	0.58
190	1.49	1.32	0.76	0.92	0.78	0.90	0.46
200	1.45	1.32	0.82	0.97	0.83	1.00	0.48
210	1.48	1.29	0.86	1.14	0.85	0.94	0.50
220	1.45	1.27	0.80	1.10	0.82	0.94	0.46
230	1.45	1.32	0.80	1.11	0.81	0.93	0.46
240	1.47	1.28	0.85	0.98	0.81	0.96	0.48
250	1.43	1.29	0.91	1.00	0.88	1.02	0.54
260	1.38	1.32	0.93	1.06	0.93	1.05	0.58
270	1.42	1.33	0.94	1.05	0.96	1.08	0.61
280	1.43	1.34	0.94	1.07	0.98	1.10	0.63
290	1.41	1.33	1.01	1.05	0.95	1.09	0.64
300	1.40	1.34	1.00	1.05	0.96	1.08	0.70
310	1.44	1.24	0.86	0.93	0.71	0.79	0.54
320	1.48	1.26	0.91	0.94	0.75	0.85	0.61
330	1.44	1.27	0.95	0.95	0.73	0.80	0.69
340	1.44	1.28	1.02	1.01	0.75	0.86	0.64
350	1.45	1.26	0.94	0.96	0.75	0.85	0.66
360	1.44	1.29	0.94	0.94	0.79	0.86	0.68
370	1.49	1.27	0.94	0.98	0.77	0.84	0.61
380	1.51	1.27	0.94	0.99	0.77	0.86	0.64
390	1.47	1.23	0.94	0.99	0.79	0.87	0.64
400	1.48	1.25	0.95	0.98	0.77	0.87	0.62
410	1.49	1.27	0.92	0.98	0.80	0.89	0.63
420	1.48	1.24	0.94	0.95	0.80	0.89	0.61
430							
440							
450	1.49	1.25	0.99	0.99	0.80	0.88	0.58
460							
470							
480	1.44	1.25	0.90	0.94	0.29	0.86	0.57

付表 4.6 流速数值表 (実験 22)

単位: m/s (現地)

測点 時間	測点 No. 1 (右岸導流堤先端部)			測点 No. 2 (左岸防波堤中央部)			測点 No. 3 (左岸防波堤先端部)		
	水面附近	中	河床附近	水面附近	中	河床附近	水面附近	中	河床附近
0分	3.41	3.19	2.18				1.20	1.73	1.46
10	3.08	2.89	2.21				1.46	1.89	1.61
20	2.93	3.15	2.85				2.03	1.89	1.61
30	2.85	2.93	2.93				2.10	1.97	1.76
40	2.81	2.78	2.51				2.14	2.03	1.61
50	2.78	2.93	2.51				2.29	2.14	1.69
60	3.41	3.26	2.74				1.97	1.89	1.80
70	2.68	2.85	2.51				2.06	2.06	1.76
80	2.78	2.93	2.74				2.55	2.18	2.34
90	2.63	2.81	2.51				2.34	2.55	2.34
100	2.63	2.48	2.25				2.38	2.55	2.38
110	2.78	2.89	2.68				2.38	2.38	2.20
120	2.81	3.41	3.38				2.42	2.38	2.16
130	3.19	3.19	2.74				2.34	2.38	1.44
140	3.26	3.41	2.96				1.76	1.80	1.52
150	3.26	3.51	3.15				1.61	1.56	1.31
160	3.34	3.41	2.81				1.69	1.61	1.28
170	2.93	2.89	2.68				1.69	1.61	1.31
180	3.41	3.23	2.96				2.55	2.42	1.69
190	3.19	3.34	3.45				2.51	2.25	1.44
200	3.26	3.26	2.85				2.46	2.21	1.48
210	3.34	2.96	2.21				2.55	2.10	1.61
220	2.89	2.85	2.25				2.46	2.03	1.56
230	2.89	3.02	2.29				2.42	2.03	1.52
240	2.85	2.93	2.48				2.38	1.97	1.48
250	2.81	2.85	2.78				2.34	2.03	1.52
260	2.81	2.89	2.63				2.34	2.03	1.65
270	2.85	2.78	2.55				2.25	2.06	1.65
280	2.81	2.85	2.55				2.34	2.06	1.69
290	2.78	2.89	2.51				2.25	2.43	0.99
300	3.30	3.38	2.78				2.42	2.42	1.89
310	3.15	3.19	2.66				2.25	2.25	1.89
320	3.04	3.15	2.78				2.21	2.21	1.80
330	3.19	3.34	2.81				2.25	2.21	1.73
340	3.19	3.34	3.04				2.25	2.34	1.80
350	3.04	3.15	2.78				2.18	2.29	1.80
360	2.96	3.04	2.66				2.14	2.18	1.80
370	3.15	3.38	2.78				2.10	2.21	1.69
380	3.19	3.34	2.63				2.03	2.18	1.61
390	3.23	3.30	2.85				2.10	2.29	1.89
400	3.19	3.38	2.40				2.18	2.29	2.03
410	3.19	3.30	2.93				2.21	2.29	1.93
420	3.04	3.23	2.66				2.36	2.29	1.93
430	3.13	3.19	2.74				2.31	2.21	1.89
440	3.06	3.13	2.78				2.31	2.49	1.93
450	2.96	3.13	2.63				2.49	2.63	2.03
460	3.19	3.34	2.63				2.38	2.38	1.97
470	3.19	3.30	2.81				2.49	2.38	1.93

付表 4.7 水位数值表 (実験 23)

単位: T.P.m(現地)

模型時間 (分)	水位						
	Na 1	Na 2	Na 3 - 右	Na 3 - 左	Na 4 - 右	Na 4 - 左	Na 5
0	2.23	1.97	0.93	0.84	0.80	0.75	0.68
10	2.10	1.70	0.89	0.80	0.55	0.53	0.45
20	2.08	1.69	0.93	0.82	0.64	0.56	0.59
30	2.05	1.79	1.03	0.95	0.64	0.62	0.51
40	2.04	1.80	1.11	0.86	0.74	0.72	0.74
50	2.03	1.70	1.18	1.10	0.78	0.73	0.69
60	1.87	1.73	1.15	1.07	0.90	1.00	0.70
70	1.91	1.74	1.08	0.99	0.73	0.79	0.50
80	1.95	1.77	1.15	1.01	0.87	0.83	0.79
90	2.06	1.86	1.15	1.04	0.88	1.00	0.87
100	2.01	1.90	1.10	0.96	0.84	0.93	0.84
110	2.03	1.96	1.08	0.93	0.84	0.87	0.73
120	2.03	1.97	1.11	1.04	0.86	0.91	0.75
130	2.04	1.91	1.15	1.09	0.92	0.95	0.74
140	1.93	1.86	1.18	1.11	0.88	1.00	0.72
150	1.82	1.71	1.18	1.10	0.88	1.01	0.75
160	1.85	1.70	1.10	1.05	0.88	0.93	0.75
170	1.82	1.74	1.07	1.05	0.87	0.93	0.76
180	1.83	1.73	1.05	0.95	0.84	0.91	0.75
190	1.86	1.69	0.93	0.84	0.60	0.73	0.56
200	1.91	1.69	0.91	0.82	0.68	0.73	0.64
210	1.97	1.71	0.93	0.84	0.66	0.77	0.73
220	2.01	1.74	1.00	0.92	0.74	0.86	0.78
230	2.03	1.77	1.07	0.95	0.81	0.90	0.78
240	2.03	1.79	1.10	0.99	0.91	0.88	0.80
250	1.97	1.78	1.09	0.98	0.82	0.90	0.79
260	2.00	1.78	1.07	0.98	0.84	0.88	0.77
270	1.97	1.73	1.05	0.96	0.83	0.88	0.78
280	1.95	1.70	1.04	0.95	0.79	0.84	0.75
290	1.89	1.70	1.04	0.95	0.79	0.83	0.70
300	1.94	1.69	1.01	0.93	0.79	0.84	0.68
310	1.97	1.72	1.06	1.03	0.82	0.93	0.70
320	1.86	1.74	1.00	0.96	0.82	0.90	0.73
330	1.85	1.69	0.99	0.93	0.79	0.89	0.68
340	1.80	1.61	0.96	0.92	0.82	0.88	0.73
350	1.85	1.60	1.04	0.90	0.87	0.98	0.71
360	2.00	1.68	1.01	0.95	0.82	0.96	0.67
370							
380							
390	2.01	1.74	0.98	0.89	0.82	0.94	0.74
400							
410							
420	2.00	1.76	0.96	0.89	0.80	0.93	0.69
430							
440							
450	1.71	1.74	0.94	0.87	0.81	0.91	0.73
460							
470							
480	1.80	1.62	0.89	0.88	0.83	0.88	0.69

付表 4.8 流速数值表 (実験 23)

単位: m/s (現地)

測点 時刻 模型時間	測点 No 1 (右岸導流堤先端部)			測点 No 2 (左岸防波堤中央部)			測点 No 3 (左岸防波堤先端部)		
	水面附近	中	河床附近	水面附近	中	河床附近	水面附近	中	河床附近
0	5.04	5.08	4.19				2.75	2.90	2.21
10	5.04	4.74	4.40				2.99	3.08	2.06
20	4.65	4.49	4.49				2.90	3.11	2.14
30	4.78	4.65	4.43				2.96	3.11	2.78
40	4.58	4.49	4.23				2.87	2.96	2.63
50	4.49	4.61	3.98				2.96	2.96	2.55
60	4.74	4.35	3.54				2.90	2.99	2.70
70	4.61	4.52	3.85				2.83	2.99	2.96
80	4.28	4.43	3.64				2.87	2.66	2.66
90	4.31	4.40	3.29				2.78	2.96	2.34
100	4.35	4.28	3.85				2.75	2.75	2.39
110	4.49	4.61	4.43				2.66	2.63	2.34
120	4.23	4.49	3.80				2.96	2.75	2.46
130	4.23	4.31	3.80				2.78	3.08	2.42
140	3.98	4.19	3.71				2.57	2.63	2.39
150	3.98	4.01	3.59				2.90	2.78	2.30
160	4.43	4.23	3.85				2.70	2.42	2.14
170	3.90	3.90	3.59				2.66	2.42	1.85
180	4.28	4.35	3.68				2.96	2.51	1.53
190	4.01	4.01	3.49				2.30	2.18	1.58
200	4.28	4.40	3.75				2.51	2.18	1.69
210	4.14	4.52	3.64				2.47	2.30	1.89
220	3.85	4.35	4.10				2.54	2.39	1.98
230	4.19	4.49	4.43				2.47	2.30	1.89
240	4.10	4.31	4.43				2.34	2.14	2.02
250	3.98	4.23	4.19				2.47	2.27	1.82
260	3.90	4.19	4.23				2.30	2.38	2.06
270	3.85	4.14	4.23				2.30	2.27	2.06
280	3.49	3.28	3.02				2.34	2.06	1.80
290	3.49	3.54	3.80				2.47	2.18	1.80
300	2.90	3.54	3.11				2.34	2.06	1.77
310	3.41	3.59	2.81				2.27	1.77	1.41
320	3.54	3.80	3.08				1.69	1.45	1.46
330	3.65	3.19	2.85				2.06	1.65	1.53
340	3.33	3.64	3.45				1.97	1.89	1.65
350	3.54	3.80	3.71				2.51	2.14	1.65
360	3.68	3.89	3.59				2.63	2.46	1.77
370	3.71	3.89	3.71				2.59	2.51	1.69
380	3.64	3.89	3.34				2.51	2.30	1.73
390	3.80	4.10	3.34				2.78	2.18	1.65
400	3.80	3.94	3.28				2.42	2.06	1.69
410	3.54	3.98	3.54				2.46	2.18	1.61
420	3.41	3.50	2.99				2.59	2.30	1.40
430	3.19	3.50	2.94				2.59	2.10	1.58
440	3.34	3.75	3.15				2.63	2.34	1.65
450	3.41	3.75	3.08				2.10	2.18	1.77
460	3.34	3.71	3.19				2.59	2.34	1.77
470	3.54	3.59	3.19				2.59	2.30	1.58

付表 4.9 水位数值表 (実験 24)

単位: T.P.m(現地)

模型時間 (分)	水位						
	No. 1	No. 2	No. 3-右	No. 3-左	No. 4-右	No. 4-左	No. 5
0	2.19	1.95	1.08	1.14	0.99	0.96	0.30
10	2.13	1.84	1.10	1.17	0.99	0.92	0.44
20	2.08	1.83	1.16	1.24	0.96	0.90	0.42
30	2.13	1.95	1.10	1.26	0.97	0.93	0.45
40	2.34	1.85	1.11	1.27	1.01	1.02	0.73
50	2.28	1.74	1.08	1.26	0.97	1.03	0.30
60	2.18	1.73	1.11	1.29	1.04	1.07	0.64
70	2.14	1.72	1.10	1.28	1.01	1.06	0.74
80	2.14	1.71	1.13	1.28	1.03	1.10	0.68
90	2.13	1.68	1.11	1.24	1.04	1.10	0.78
100	2.04	1.60	1.20	1.00	0.97	1.05	0.66
110	2.15	1.72	1.19	1.33	1.09	1.17	0.71
120	2.18	1.77	1.15	1.33	1.11	1.18	0.76
130	2.10	1.74	1.16	1.32	1.08	1.19	0.77
140	2.13	1.71	1.13	1.29	1.11	1.18	0.74
150	2.15	1.69	1.11	1.34	1.07	1.16	0.73
160	2.15	1.69	1.14	1.31	1.05	1.14	0.66
170	2.10	1.69	1.10	1.28	1.04	1.13	0.69
180	2.10	1.69	1.08	1.25	1.04	1.11	0.70
190	2.08	1.65	1.09	1.28	1.03	1.14	0.65
200	2.08	1.65	1.07	1.28	1.04	1.15	0.64
210	2.08	1.65	1.13	1.30	1.05	1.19	0.73
220	2.08	1.65	1.14	1.33	1.09	1.21	0.70
230	2.08	1.65	1.12	1.35	1.08	1.18	0.70
240	2.04	1.65	1.16	1.35	1.10	1.20	0.72
250	2.03	1.61	1.13	1.33	1.08	1.19	0.70
260	2.00	1.58	1.10	1.32	1.07	1.17	0.69
270	1.98	1.58	1.10	1.29	1.08	1.15	0.68
300	1.85	1.46	1.17	1.31	1.07	1.24	0.64
330	1.90	1.47	1.16	1.35	1.08	1.25	0.63
360	1.91	1.47	1.14	1.35	1.10	1.25	0.65
390	1.91	1.47	1.08	1.34	1.11	1.26	0.65
450	1.89	1.43	1.08	1.32	1.10	1.25	0.67
510	1.87	1.42	1.08	1.29	1.10	1.24	0.65
570	1.87	1.41	1.10	1.30	1.11	1.24	0.65
630	1.87	1.40	1.09	1.30	1.11	1.27	0.65
690	1.87	1.40	1.10	1.29	1.13	1.27	0.67
720	1.86	1.35	1.06	1.29	1.13	1.28	0.66
750	1.87	1.36	1.05	1.23	1.04	1.19	0.69
780	1.78	1.43	1.07	1.17	1.06	1.21	0.61
810	1.71	1.43	1.10	1.17	1.06	1.13	0.61
840	1.72	1.43	1.12	1.17	1.06	1.14	0.62
900	1.66	1.43	1.12	1.18	1.00	1.16	0.62
960	1.64	1.49	1.10	1.15	0.98	1.04	0.56
1020	1.61	1.48	1.16	1.14	0.93	1.03	0.56
1080	1.61	1.46	1.12	1.14	0.93	1.10	0.57
1140	1.62	1.42	1.07	1.13	0.93	1.02	0.57
1200	1.61	1.43	1.03	1.13	0.95	1.03	0.57

附表 4.10 水位数值表 (实验 25)

单位: T.P.m (現地)

模型時間 (分)	水位						
	Na 1	Na 2	Na 3-右	Na 3-左	Na 4-右	Na 4-左	Na 5
0	1.98	1.55	0.62	0.40	0.56	0.39	
10	1.64	1.41	0.56	0.48	0.79	0.43	
20	1.83	1.72	0.70	0.68	0.90	0.42	0.35
30	1.82	1.69	0.73	0.73	0.79	0.44	0.43
40	1.65	1.59	0.76	0.84	0.70	0.62	0.68
50	1.67	1.48	0.56	0.76	0.52	0.52	0.47
60	1.61	1.42	0.59	0.77	0.52	0.53	0.45
70	1.54	1.42	0.59	0.78	0.52	0.50	0.45
80	1.51	1.39	0.60	0.73	0.51	0.50	0.43
90	1.47	1.32	0.60	0.73	0.51	0.50	0.47
100							
110	1.52	1.49	0.68	0.70	0.45	0.45	0.37
120							
130	1.50	1.40	0.70	0.73	0.47	0.47	0.39
140							
150	1.46	1.42	0.69	0.73	0.46	0.45	0.36
160							
170	1.44	1.35	0.67	0.71	0.45	0.42	0.34
180							
190	1.41	1.38	0.68	0.71	0.45	0.45	0.35
200							
210	1.36	1.32	0.62	0.70	0.45	0.45	0.34
220							
230							
240	1.40	1.36	0.66	0.70	0.0.46	0.43	0.36
250							
260							
270	1.42	1.37	0.68	0.73	0.47	0.44	0.35
280							
290							
300	1.44	1.34	0.67	0.70	0.45	0.46	0.36
310							
320							
330	1.42	1.36	0.66	0.67	0.46	0.43	0.34
340							
350							
360	1.38	1.32	0.63	0.66	0.43	0.44	0.37
370							
380							
390	1.40	1.30	0.62	0.66	0.46	0.46	0.37
400							
410							
420	1.44	1.30	0.64	0.68	0.43	0.43	0.36
430							
440							
450	1.42	1.32	0.63	0.70	0.45	0.42	0.37
460							
470							
480	1.40	1.32	0.64	0.70	0.45	0.44	0.36

付表 4.11 流速数值表 (実験 25)

单位: m/s (現地)

模型時間	測 点 No 1 (右岸導流堤先端部)			測 点 No 2 (左岸防波堤中央部)			測 点 No 3 (左岸防波堤先端部)		
	水面附近	中	河床附近	水面附近	中	河床附近	水面附近	中	河床附近
0 分	3.9 8	3.6 8	3.2 3				2.1 8	1.6 9	
10	2.7 8	3.2 8							
20	3.1 5	3.1 3					1.8 4	1.2 0	
30	3.4 1	3.3 2	3.2 3				1.3 5	1.2 0	
40	3.2 8	3.2 8	3.0 2				1.0 5	1.1 3	0.9 9
50	3.0 8	3.4 9	3.1 1				0.9 2	0.9 0	0.8 3
60	3.4 5	3.1 5	2.5 9				0.7 5	0.7 5	0.6 8
70	3.3 2	3.7 9	3.0 8				0.7 9	0.7 9	0.7 5
80	3.0 8	3.4 1	3.2 3				0.7 5	0.7 5	0.7 1
90	3.8 8	3.2 4	3.2 7				0.7 9	0.7 1	0.6 8
100									
110									
120	3.2 4	3.1 9	3.2 6				0.7 9	0.7 9	0.7 5
130									
140									
150	3.1 9	2.8 9	2.5 5				0.7 9	0.7 5	0.6 8
160									
170									
180	2.8 9	3.2 6	2.4 6				0.7 9	0.7 9	0.6 8
190									
200									
210	2.9 3	2.9 3	2.3 8				0.7 5	0.6 8	0.6 8
220									
230									
240	2.9 3	3.2 6	2.0 3				0.6 4	0.6 4	0.6 4
250									
260									
270									
280									
290									
300	2.8 1	2.7 8	2.5 1				0.9 6	0.9 2	0.7 9
310									
320									
330									
340									
350									
360	2.8 9	2.8 9	2.7 4				0.8 6	0.8 4	0.7 1
370									
380									
390									
400									
410									
420	2.6 8	2.8 9	2.8 1				0.7 5	0.7 5	0.6 8

付表 4.12 流速数值表 (実験 26)

单位: m/s (現地)

測点 時刻	測点 No 1 (右岸導流堤先端部)			測点 No 2 (左岸防波堤中央部)			測点 No 3 (左岸防波堤先端部)		
	水面附近	中 央	河床附近	水面附近	中 央	河床附近	水面附近	中 央	河床附近
模型時間 0分	3.84	3.94					2.63	2.94	2.59
10	3.98	4.46	4.24				2.85	3.15	2.94
20	4.20	4.46	3.94				2.85	3.08	2.70
30	4.01	4.21	3.26				2.63	2.78	3.08
40	4.35	4.41	3.68				3.02	3.19	2.85
50	4.37	3.77	3.19				3.02	3.45	2.78
60	4.13	3.84	3.53				3.08	3.49	3.23
70	3.60	3.96	3.88				2.96	3.11	2.81
80	3.53	3.77	3.36				2.68	2.81	2.40
90									
100									

付表 4.13 水位数值表 (実験 26)

单位: T.P.m(現地)

模型時間 (分)	水 位						
	No 1	No 2	No 3—右	No 3—左	No 4—右	No 4—左	No 5
0	2.83	2.18	0.75	0.79	0.48	0.48	0.41
10	2.71	2.04	1.07	1.09	0.79	0.48	0.40
20	2.78	2.39	1.14	1.07	0.73	0.68	0.49
30	2.80	2.45	1.15	1.01	0.78	0.70	0.52
40	2.80	2.22	1.31	1.14	0.93	0.78	0.65
50	2.76	2.17	1.33	1.10	0.91	0.79	0.62
60	2.73	2.08	1.32	1.13	0.87	0.72	0.63
70	2.65	2.03	1.25	1.09	0.82	0.68	0.60
80	2.63	2.05	1.24	1.15	0.85	0.68	0.64
90	2.59	2.00	1.18	1.10	0.87	0.73	0.62

付表 4.14 流速数值表 (実験 27)

単位: m/s (現地)

測点 時刻	測点 No. 1 (右岸導流堤先端部)			測点 No. 2 (左岸防波堤中央部)			測点 No. 3 (左岸防波堤先端部)		
	水面附近	中 央	河床附近	水面附近	中 央	河床附近	水面附近	中 央	河床附近
模型時間 0分	3.45	3.54	3.08				2.29	2.21	1.73
10	4.31	4.13	3.94				1.88	1.84	1.58
20	3.75	3.71	3.64				1.31	1.31	1.13
30	3.28	3.08	3.54				1.58	1.58	1.35
40	3.23	3.54	2.98				1.39	1.31	1.09
50	3.15	3.79	2.38				1.48	1.61	1.44
60	3.08	3.79	3.23				1.61	1.69	1.31
70	2.85	3.08	4.31				1.84	1.76	1.65
80	2.21	2.63	3.23				2.10	2.10	1.80
90									
100									

付表 4.15 水位数值表 (実験 27)

単位: T.P.m(現地)

模型時間 (分)	水 位						
	No. 1	No. 2	No. 3 - 右	No. 3 - 左	No. 4 - 右	No. 4 - 左	No. 5
0	2.36	2.23	1.19	1.15			0.79
10	2.37	2.01	1.14	0.96	0.70	0.51	
20	2.37	2.12	1.15	1.15	0.75	0.65	0.56
30	2.34	2.04	1.14	1.06	0.74	0.65	0.64
40	2.18	2.01	1.01	0.96	0.63	0.72	0.47
50	2.16	1.98	1.02	0.91	0.62	0.59	0.45
60	2.12	1.97	1.05	0.90	0.69	0.72	0.51
70	2.16	1.91	1.04	0.93	0.69	0.80	0.49
80	2.14	1.93	1.06	1.01	0.71	0.77	0.51
90	2.14	1.91	1.01	0.95	0.76	0.72	0.53

付表 4.16 水位数值表 (実験 28)

単位: T.P.m(現地)

模型時間 (分)	水				位		
	Na 1	Na 2	Na 3 - 右	Na 3 - 左	Na 4 - 右	Na 4 - 左	Na 5
0	2.17	1.99	1.33	1.43	0.73	0.81	0.41
10	2.26	1.90	1.27	1.24	0.69	0.73	0.43
20	2.18	1.88	1.46	1.36	"	0.80	0.52
30	2.18	1.94	1.33	1.33	"	0.65	"
40	2.19	2.03	1.37	1.27	0.70	"	0.50
50	2.21	1.97	"	1.28	0.68	"	0.43
60	2.20	"	1.31	1.25	0.69	"	0.42
70	"	"	"	"	0.71	"	"
80	"	1.95	1.27	1.20	0.67	0.64	"
90	2.14	"	1.24	1.18	0.66	0.62	0.41
100							
110							
120	2.21	1.98	1.17	1.09	0.59	0.64	0.41
130							
140							
150	2.17	1.93	1.21	1.15	0.68	0.68	0.42
160							
170							
180	"	"	1.22	1.14	0.70	0.69	0.44
190							
200							
210	"	"	"	1.10	"	"	"
220							
230							
240	2.14	1.85	1.18	"	"	"	0.42
250							
260							
270	2.08	1.81	1.13	1.07	0.62	0.64	0.39
280							
290							
300	"	"	1.14	1.06	0.65	"	"
310							
320							
330	"	"	"	"	"	"	"
340							
350							
360	2.14	1.86	1.13	1.07	0.62	0.69	"
370							
380							
390	"	"	"	"	0.75	0.72	0.40
400							
410							
420	"	1.85	"	1.13	0.77	0.71	0.41
430							
440							
450	"	"	"	"	"	"	"
460							
470							
480	"	1.83	1.10	1.09	0.79	0.70	0.48

付表 4.17 水 位 数 值 表 (実 験 30)

時 間 (分)	水 位 (T.P.m)							
	No. 1	No. 2 - 右	No. 2 - 左	No. 3 - 右	No. 3 - 左	No. 4 - 右	No. 4 - 左	No. 5
0	2.17	2.02	1.92	0.39	0.33	0.34	0.12	0.48
10	2.03	1.80	1.75	0.55	0.31	0.43	0.39	0.28
20	2.20	1.82	1.78	0.68	0.35	0.40	0.56	0.29
30	1.69	1.82	2.38	0.77	0.58	0.48	0.59	0.34
40	1.72	1.94	2.43	0.79	0.66	0.50	0.60	0.32
50	1.75	1.94	2.43	0.82	0.69	0.49	0.58	0.33
60	1.69	1.94	2.43	0.67	0.66	0.51	0.59	0.32
70	2.11	1.78	1.75	0.68	0.65	0.38	0.56	0.25
80	2.09	1.77	1.75	0.69	0.64	0.41	0.55	0.29
90	2.09	1.80	1.76	0.71	0.65	0.40	0.53	0.29
100	1.95	1.57	1.65	0.57	0.54	0.14	0.41	0.33
110	1.98	1.68	1.72	0.72	0.65	0.47	0.51	0.40
120	1.98	1.73	1.75	0.72	0.70	0.51	0.52	0.44
130	1.97	1.68	1.72	0.68	0.69	0.52	0.55	0.47
140	2.00	1.69	1.74	0.72	0.72	0.50	0.57	0.47
150	1.99	1.69	1.75	0.71	0.71	0.51	0.57	0.44
160								
170								
180	1.99	1.69	1.74	0.67	0.68	0.48	0.56	0.47
190								
200								
210	1.99	1.69	1.69	0.67	0.65	0.47	0.55	0.45
220								
230								
240	1.97	1.67	1.68	0.66	0.62	0.45	0.54	0.45
300								
360								
420								
480								

付表 4.18 水位数值表 (実験 31)

時 間 (分)	水 位 (T.P.m)						
	Na 1	Na 2	Na 3 - 右	Na 3 - 左	Na 4 - 右	Na 4 - 左	Na 5
0							
10	2.42	2.42	1.55	1.37	0.75	0.89	0.51
20	2.48	2.43	1.47	1.38	0.81	0.95	0.43
30	2.45	2.45	1.49	1.44	0.87	0.97	0.45
40							
50							
60	2.62	2.10	1.38	1.41	0.97	1.08	0.51
70							
80							
90	2.53	2.13	1.40	1.45	0.97	1.09	0.49
100							
110							
120	2.50	2.11	1.42	1.41	0.98	1.10	0.50
130	2.80	2.60	1.85	2.01	1.09	1.80	0.41
140	2.84	2.61	1.88	1.97	1.10	1.78	0.46
150	2.87	2.60	1.80	1.90	1.01	1.84	0.54
160	2.86	2.52	1.89	1.76	1.18	1.53	0.56
170	2.85	2.59	1.89	1.86	1.23	1.52	0.54
180	2.84	2.58	1.83	1.87	1.16	1.40	0.70
190							
200							
210							
220							
230							
240							
300							
360							
420							
480							

付表 4.19 水位数值表 (実験 33)

時間 (分)	水位 (T.P.m)						
	No. 1	No. 2	No. 3 - 右	No. 3 - 左	No. 4 - 右	No. 4 - 左	No. 5
0	2.33	1.83	0.89	0.65	0.49	0.48	
10	2.18	1.58	0.86	0.73	0.34	0.46	0.40
20	2.21	1.66	0.89	0.71	0.47	0.47	0.38
30	2.10	1.50	0.84	0.83	0.43	0.45	0.41
40							
50							
60							
70							
80							
90	1.98	1.83	0.91	0.88	0.63	0.60	0.34
100							
150							
180	1.96	1.78	0.89	0.80	0.53	0.57	0.33
200							
240	1.93	1.74	0.91	0.84	0.58	0.56	0.30
390	2.64	2.25	1.25	1.40	0.97	0.83	0.50
420	2.53	2.19	1.33	1.28	0.92	0.91	0.53
450	2.61	2.14	1.25	1.28	0.81	0.89	0.49
480	2.50	2.13	1.15	1.24	0.80	0.89	0.47
510	2.50	2.12	1.27	1.25	0.80	0.88	0.48
540	2.50	2.10	1.31	1.19	0.81	0.93	0.50
570	2.87	2.68	1.49	1.56	1.02	1.05	0.70
600	2.87	2.68	1.51	1.61	1.04	1.04	0.47

付表-5.1 実験波の諸元

case	時間	T (sec)	H (cm)	L ₀ (m)	d/L ₀	d/L	L (m)	H/H ₀	H ₀ (cm)	H/L	H ₀ /L ₀	d (cm)
19	30分間	2.00	5.38	6.240	0.057	0.101	3.535	1.001	53.75	0.0152	0.0086	35.7
20	30分間	1.98	4.98	6.116	0.058	0.102	3.500	0.999	49.85	0.0142	0.0082	35.7
21	30分間	1.96	4.96	5.993	0.060	0.104	3.433	0.993	49.95	0.0144	0.0083	35.7
22	30分間	2.05	5.21	6.556	0.046	0.096	3.333	1.038	50.19	0.0156	0.0077	30.0
23	30分間	1.97	5.68	5.993	0.050	0.094	3.191	1.023	55.52	0.0178	0.0093	30.0
24	30分間	2.01	6.28	6.303	0.048	0.092	3.261	1.030	60.97	0.0193	0.0097	30.0
25	1時間	1.99	3.91	6.178	0.049	0.093	3.226	1.026	38.11	0.0121	0.0062	30.0
26	30分間	2.08	4.70	6.749	0.044	0.088	3.409	1.046	44.93	0.0138	0.0067	30.0
27	30分間	1.92	3.93	5.751	0.052	0.096	3.125	1.016	38.68	0.0126	0.0067	30.0
28	8時間	1.97	4.11	6.054	0.050	0.094	3.191	1.023	40.18	0.0129	0.0066	30.0
29	8時間	2.01	4.16	6.303	0.052	0.096	3.438	1.016	40.94	0.0121	0.0065	33.0
30	8時間	2.01	4.29	6.303	0.052	0.096	3.438	1.016	42.22	0.0125	0.0067	33.0
31	8時間	1.34	5.19	2.801	0.120	0.158	2.120	0.920	56.41	0.0245	0.0201	33.5
32	8時間	1.96	3.57	5.993	0.057	0.101	3.366	1.001	35.66	0.0106	0.0060	34.0
33	3時間	1.21	8.48	2.283	0.153	0.186	1.882	0.913	92.88	0.0451	0.0407	35.0
34	3時間	1.20	7.58	2.246	0.151	0.184	1.848	0.913	83.02	0.0410	0.0370	34.0
35	8時間	1.19	7.88	2.209	0.145	0.179	1.788	0.914	86.21	0.0441	0.0390	32.0
36	8時間	1.17	8.43	2.135	0.136	0.172	1.686	0.915	92.13	0.0500	0.0432	29.0
37	8時間	1.98	4.11	6.116	0.049	0.093	3.226	1.026	40.06	0.0127	0.0066	30.0
38	8時間	1.99	4.30	6.178	0.049	0.093	3.226	1.026	41.91	0.0133	0.0068	30.0
39	8時間	1.20	8.31	2.25	0.156	0.188	1.86	0.913	91.0	0.045	0.040	35
40	3時間	1.20	7.90	2.25	0.142	0.177	1.81	0.914	86.4	0.044	0.038	32
41	3時間	1.20	8.10	2.25	0.142	0.177	1.81	0.914	88.6	0.045	0.039	32