

# 論 說 報 告

第 28 卷 第 3 號 昭和 17 年 3 月

## 河相論 主として河相と河川工法との關聯性に就ての研究 (其の三)

正會員 安 藝 皎 一\*

河相論中第三章以下は著者が富士川及び鬼怒川の改修工事に従事中取扱つた河川合流點の處理、捷水路の效果、護岸、水制の諸問題に就き之が處理方策を述べたものであつて、之等各種工法は其の河川の狀況に相應したところのものでなくてはならない。此の相應すると云ふことは古くから考へられたことであるが、著者は此の河狀に相應すると云ふことを多少共理論的に説明しやうと試みたのである。

本論の主旨は故中山秀三郎先生の御教示に俟つところが多く、富士川では特に眞田秀吉博士、福田次吉、鷺尾蟹龍兩技師の御指導を受けた。又松本政八氏を初め従業員各位の御助力を得たことは多大である。茲に深く感謝の意を表する次第である。

本文中捷水路に關する事項は土木學會 25 週年記念講演會に於て著者の講演するところに、更に其の後の資料を加へ新に解説したものである。説明の便宜上重複するところがあるが敢て附記した。

### 目 次

第三章 捷水路	1. 概 説
第一節 概 説	2. 捷水路の效果
第二節 Mississippi 河に於ける捷水路	第四章 河川合流點
1. 捷水路の開鑿	第一節 河川合流點の形態
2. 捷水路の成果	1. 概 説
第三節 鬼怒川筋鎌庭捷水路	2. 河川合流點の形態
1. 概 説	第二節 河川合流點の調整
2. 捷水路の河狀に及ぼせる影響に就て	1. 合流點の調整
3. 要 約	2. 實 例
第四節 捷水路の效果	3. 要 諦

### 第三章 捷水路

#### 第一節 概 説

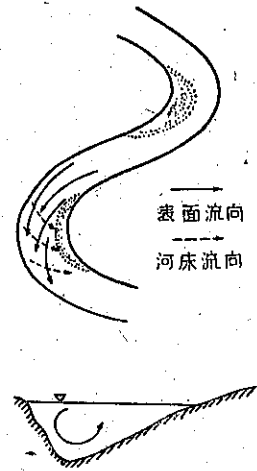
沖積層地帯を流下する河川は一般に蛇行する傾向がある。蛇行河川は直行河川に比して不行狀を呈するのが普

\* 工學士 内務技師 内務省國土局河川課

通であつて、著しく流水の疎通を害し、水位の上昇を來すと共に彎曲部凹岸では水面勾配が比較的緩になるにも關らず、河床の洗掘、河岸の決潰を來すと同時に其の反對側には砂洲を寄せる。又次の彎曲部に移る箇所、即ち主流が一方から他方に河を横斷する地點では流送土砂が堆積して滯筋を不安定ならしめ、勾配の急になる箇所をつくり、可航河川に於ては航行の大きな支障となつて居る。

一般に河川は其の掃流力に平衡する様な縦斷勾配を形造る様に常に進んでゐるものであるが、掃流力に餘裕があれば之に相應する距離を獲得する様に蛇行する。一度彎曲すれば表面に近い流水は遠心力のために著しく凹岸に向つて偏流し、河床附近では之に對抗するために河心線に沿つて略々同角度程度逆の方向に凸岸に向つて洗れる。此の結果凹岸部河床は洗掘せられ、凸岸部には土砂の堆積を見る。此の場合流水は水平軸を持つ螺旋運動を行ふものと考へられ、河床砂礫は其の水衝作用に依つて吹き上げられるもので、一般に掃流力に依るものとは異つた事情に在る。斯くして彎曲は更に助長せられる(圖-50 参照)。

圖-50. 彎曲部流向



之等の河川に於ては蛇行の程度が進むと自然に短縮せられ、直行するが、斯くすれば水面勾配は急となり、従つて流速は増加し、上流部の土砂は洗掘せられ、流道土にて其の下流に堆積せられる。又之に依る偏流の結果は缺込を生じ、更に新なる彎曲を來すのである。Mississippi 河に於ける例に依ると 1876 年に Vicksburg で捷水路を設けて流路を 11 km 短縮したが、1892 年に測量した所に依れば之を中心として 83 km に亙り 7 km の増加を見て居る。Mississippi 河下流地區に於ては此處 150 年の間に、精確な記録に依れば、20 個の捷水路が出来て、228 哩流送を短縮したのであるが、河は事實新しい屈曲を起して失つた延長を回復してゐる。

一般に捷水路は直ぐ其の上流側の水位を下げるのに役立つのみで、其の下流側では水位を上げる場合が多かつた。之等の事情の許される時にのみ捷水路は計畫されたのである。

Mississippi 河に於ては 1928 年迄は捷水路に關する問題は十分考究されてゐなかつた。1861 年の Humphrey 及び Abott の有名な報告に依る“捷水路に依つて流路を短縮すれば捷水路の上流では水位が低下し、下流では永久に水位の上昇を來すであらう。又捷水路に依つて勢力の平衡を破壊された河川は其の失つた延長と勾配の増加とを緩和するために新らしく蛇行を始めるに至る”と云ふ主旨に従つて計畫されてゐたものであつて、工費の如何に關らず、Mississippi 河では此の工法に依る改修は禁ぜられて居た。過去の經驗は此の意見を支持して居り現在でもそうである。G. W. Olivecrona の珠江改修計畫に於ても此の點を強調し、成るべく捷水路は設けぬがよいと述べてゐる。

1927 年の Mississippi 河の洪水に基き改訂された洪水調節計畫に關する Jadwin 報告に於ては“人爲的或ひは自然的に造られた捷水路は其の點の流路を短縮し、勾配及び流速を増加するから局部的には水位を下げる。併し乍ら流速の増加は直ちに河岸の侵蝕を起す原因となる。人爲的に拘るとすれば其の方法は確實性に乏しく、覺束ないから其の採用は保證出來ない。現在河岸は流路短縮に依り必要となる範圍の護岸を施設してゐないし、將來も仰々行はれないであらう。又堤防の高さは未だ不足してゐるが、河の現在の形に順應して現存してゐる。捷水路のためには耕作地を失ふことになり、沿岸の都市に於ては陸揚場が遮斷される。一般に現在の形で河を維持する方針を墨守するがよい”と主張されて捷水路は特に設けないことにしてゐたのである。一般に捷水路は斯く考へられてゐた。

## 第二節 Mississippi 河に於ける捷水路

### 1. 捷水路の開鑿

Mississippi 河では上述の如く捷水路は禁じられてゐたのである。然し改修工事の進展に伴つて 1930 年頃になり河道を矯正し、之を安定せしめやうと云ふ案が考へられる様になつた。捷水路は洪水の疏通を十分にし、高水位を下げるに役立つものであり、捷水路に依る工費の増加に對しても河岸を鋪覆する工費を節約することが出来るし、又延長の短縮は航行、水路維持にとつても好都合である。然し之に對して自信はなかつた。當時工兵隊の南大西洋管區の技術官であつた General H. B. Fargyson は Mississippi 河下流地區の洪水調節及び河道安定に關し熱心に研究した結果、捷水路を設けると同時に掘鑿を行ひ、河道の法線、幅員、水深の改良を合せ施工する時は所期の目的を達し得られるのではないかと考へから、1930 年此の事情を報告し、之が Board of Engineers for Rivers and Harbours と Chief of Engineers の承認する所となつて、1932 年から實施せられるに至つた。此の工法に關しては相當異論の多かつたものであるから注意深く施工後の水位、勾配の變化に就て調査研究を續けながら工事を進めて行つたのである。

尙之より先 1929 年には Vicksburg に水理試験所が設けられ、模型實驗に依つて水流に關する諸問題の解決に判斷を與へることが計畫せられたのであつて、1931 年には Mississippi 河 Greenville 彎曲部の模型を作つて捷水路の影響を調査した。

Greenville 彎曲部の模型は水平縮尺 1/4 800、垂直縮尺 1/360 のものであつて、之に取入れた 流路延長は 98 哩、河の兩端間の直線距離は 42.5 哩であり、此の模型に依つて捷水路が其の上下流に及ぼす影響を求め、之に依つて生ずる流量及び流速への影響に關する知識を得やうとするのである。土砂の流速並びに堆積の問題は斯る工事には關聯する所が多いので、之等を考慮に入れ慎重に取扱つた。此の實驗の結果に依ると、捷水路の河川に及ぼす影響は一般に捷水路上流側の水位は下がる傾向にあるが、下流側に對しては餘り變化を來さないと云ふことが判つたのである。各捷水路の下流には砂洲が出來たが、之は水位には永久的な影響を殆んど與へてゐない。捷水路を設けた場合には實際的な意味で如何なる場合にも河川の 高水期間には捷水路下流出口には引續いて砂洲の伸びるのが認められ、之は一時は捷水路中の水面勾配を緩にし、其の下流に暫時的に多少急な水面勾配を生ずる傾向が見受けられたが、併し何れの場合にも、減水時又は低水時には此の砂洲は取除かれてしまつてゐた。

引續き Vicksburg 水理試験所では Helena-Donaldsonville 間の河通に就て野外實驗を試みてゐる。此の模型は水平縮尺 1/2 000、垂直縮尺 1/100 であつて、模型の延長 1 063 呎、其の最大幅員 168 呎に達するもので、Mississippi 河本流 600 哩の他に更に Arkansas 河、Red 河、White 河、Yazoo 河流域、Atchafalaya 河流域から Mexico 灣に至る迄を含んでゐる。本實驗に於ても同様、捷水路に依つて洪水位の低下することを知つた。捷水路を開鑿する結果生ずる最大水位の低下は寧ろ低水の場合に起つてゐた。

斯くして 1932 年 6 月 Red 河合流點から Arkansas 河合流點に至る區間に互り水路安定計畫に従ひ、捷水路、其の他河道の法線、幅員及び水深の改良工事に着手したのである。

1929 年秋自然に出來た Yucatan 捷水路を合せ 1937 年 5 月迄には 13 個所の捷水路を作り、低水状態の場合に 115.8 哩の短縮となつた。此の間の迂回距離は 156.5 哩であつて、捷水路の延長は 40.7 哩である。河道總延長は 330.6 哩であるが、115.8 哩の短縮の上、更に河自身の直線化に依つて約 20 哩短縮したので、現在の延長は 194 哩となつてゐる (圖-51 參照)。

2. 捷水路の成果

捷水路開鑿に當つては常に施工後の狀況に就て調査を進めて行つたのであるが、1939年春の洪水に際し調査した結果に依ると、明らかに其の效果を見る事が出来たのであつて、Vicksburgでは1933年の洪水に比し10~15呎水位を低下せしめて居り、河道の通水能力は著しく増大された。圖-52は1929年から1939年に至る間のVicksburg橋量水標の水位-流量曲線であるが、之に依つて其の狀態を知ることが出来る。1939年の春の洪水は1500000 ft<sup>3</sup>/secを流して居るが、此の地點の最大高水量は2500000~3000000 ft<sup>3</sup>/secと云はれてゐるもので、水位の低下は此の場合は多少は異なるであらうが、併し非常な低下を見ることは確實である。之は換言すれば河道改良の結果同一水位に對して流量の増加を示してゐるのである。Vicksburg橋では1937年と1939年とでは約100000 ft<sup>3</sup>/sec増加してゐる。之は約10%の増加に相當する。Arkansas市では通水能力は514000 ft<sup>3</sup>/sec即ち71%を6年間に増加した(圖-52参照)。

之等の變化を詳細に調査するに河は水路断面を擴大し、其の大きさの均一化が行はれてゐるのであつて、水面勾配

に就ては特に注意したのであるが、河床の容易に洗却せられる様な場合にも河は其の以前の縦斷勾配を特長づけてゐる勾配を再び作ると云ふ著しい傾向のあることを知つたのである。或る地點では此の勾配の緩和は河床の固いために遲らされてゐる所もあるが、多少の掘鑿を行ふことに依つて河は容易に効果的な浸蝕を行ふことが出来た。

1937年の河積と捷水路開鑿前の1933年の河積とを比較するにGlasscock捷水路の始端からArkansas市迄の全區間に於ける河積の増加は平均15700平方呎で1933年の河積よりも平均7.6%増加して居り、低水路に就ては更に大きく同區間に於て平均増加は9600平方呎、即ち1933年の河積より16.3%増加して居る。

平均水深を比較するに同じく1937年と1933年ではGlasscock捷水路からArkansas市までの間で平均低水位で水深が0.7呎即ち3.2%増し、高水時には2.8呎即ち6.6%増してゐる。更に注意すべきことにはGlasscock捷水路からMarshall捷水路に至る區間とMarshall捷水路からArkansas市に至る區間と比較して見ると、下流區間では低水時平均水深は2.2呎即ち10.0%増加し、上流區間では却つて0.5呎即ち2.2%減じて居るが、高水時には平均水深はGlasscock-Marshall間で4.4呎即ち9.7%増し、Marshall-Arkansas市間では1.8呎即ち4.5%増加したのである。之を要するに過去數年間の經驗と河川の調査及び水路、水流に關する詳細な研究の結果は次の様なことが云ひ得られる。

- (1) 捷水路は効果的である。之に合せ、水路の擴大、以前の水面勾配への還元と云ふことに依つてMississippi河の水位を決定的に低下せしめることが出来た。

圖-51. Mississippi 河平面圖 (Arkansas 河合流點より Red 河合流點に至る區間)

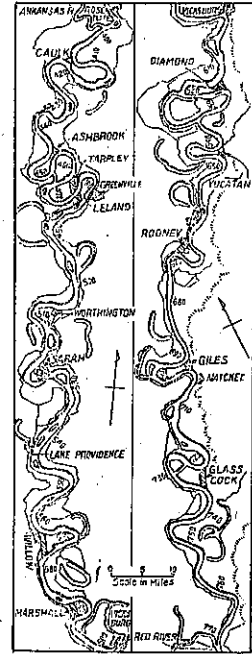
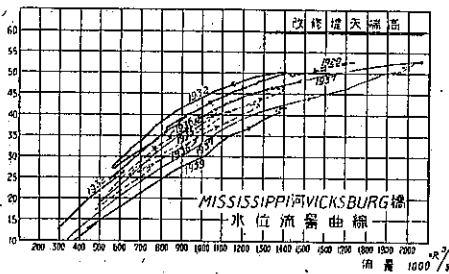


圖-52.



(2) 此の改良工事に平行して行はれた幅員と法線との調整に依つて主溝の横斷點の航路が改良せられ、水路の斷面積及び通水能力が増大し、河川は一層安定となつた。

(3) 之等の結果長い緩やかな曲線の流路となり、之は高水に際しても沖積層地帯の河川の性質に適合してゐる程度の安定さを示すであらう。

尙捷水路を設けた結果は嘗つての推定に反し、過去 2 年間に於ける水路の維持費がそれ以前に比して遙かに低減したことが報告されてゐる。

### 第三節 鬼怒川筋鎌庭捷水路

#### 1. 概 説

内務省直轄施工の鬼怒川改修工事では茨城県結城郡大形村鎌庭地先に捷水路を設けた。此の地點は利根川合流點から上流約 25 km から 30 km に亙る區間であつて、河道の屈曲甚しく洪水の疏通に著しい支障を來すと共に彎曲部凹岸は流水の激衝を受け、往時から其の護岸施設に苦しみ、明治初年には和蘭人技師により護岸が施工せられたが、粗梁沈床を用ひた水制は効果がなかつた。其の後茨城縣では種々な工法を考案實施して漸く維持して來たのである。

在來河道の本區間延長は 4 400 m であつて、河床勾配 1/3 500、常水路幅員は 100~250 m、堤防間隔は 300~600 m であつた。捷水路は延長 2 050 m、河床勾配 1/1 139 に開鑿したもので、夫れに敷幅 60 m、深さ 1.6~2.0 m の低水路を新河道の中央に設けた。掘鑿土量は 1 200 000 m<sup>3</sup> であつて、流頭部で舊河道は閉塞した。昭和 3 年 2 月に着手し、同 10 年 3 月新河道低水路に通水、同年の洪水は新水路に通したのである (圖-53 参照)。

捷水路に通水後其の状態を調べるために捷水路の上下流端及び夫れから約 3.5 km、上下流の上妻及び石下地先に量水標を設け、水位觀測を行ふと共に出来るだけ都合をつけて 1 ケ年に約 1 回當て横斷測量を試みた。

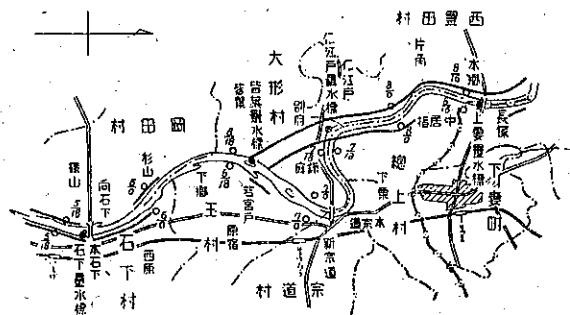
河床の状態は新河道流頭部附近より上流は約 4 km に亙り表面は砂であるが、少し掘れば徑 30 mm 内外の砂利が現はれる。流頭部より下流には砂利は殆んど見受けられない。新河道の河床は全部粘土である。

#### 2. 捷水路の河狀に及ぼせる影響に就て

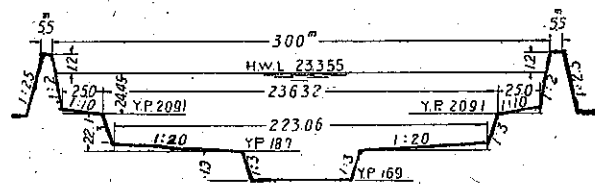
新河道に通水後は出来るだけの機會を得て調査を行つた。新河道は其の後毎年度々の洪水を経験したが、特に昭和 12 年 9 月及同 13 年 9 月には大出水に遭遇した。之は共に 20 數年來の洪水であつて、中でも昭和 13 年 9 月の出水は殆んど計畫高水位に達し、流量は計畫高水流量 2 900 m<sup>3</sup>/sec を超過して 3 400 m<sup>3</sup>/sec に達してゐた

圖-53.

鎌庭捷水路附近平面圖



鎌庭新河道標準断面圖



様に推定された。捷水路流末から舊河道に逆流した水位は 往年の難所屈曲部凹岸の宗道河岸に於て舊堤天端から約 35 cm に達して居り、若し捷水路が出来てゐなかつたならば、或は悲惨な災害を引起したのではないかと思はれた。

(I) 平水位の變化

捷水路を設けた結果平均水位が如何に變化したかを知るために 其の基準を捷水路の影響を受けて居ないと思はれる水海道量水標 (捷水路下流端より約 15.4 km 下流) にとり、之と捷水路上下流の量水標の捷水路通水前の水位相互間の關係を求め、之と通水後の觀測水位とを比較した。

捷水路通水前の水海道と中妻、石下、皆葉、仁江戸及び上妻各量水標との水位相互間の關係は圖-54 に示す如く殆んど直線であつて、次の如く表はし得られる。

$$\begin{array}{l}
 \text{水海道量水標水位} - \text{中妻量水標水位} \quad H_0 = 1.23 H' \\
 \text{''} \quad \quad \quad \text{石下} \quad \quad \quad \text{''} \quad \quad \quad \text{''} = 0.70 H' - 0.29 \\
 \text{''} \quad \quad \quad \text{皆葉} \quad \quad \quad \text{''} \quad \quad \quad \text{''} = 0.83 H' - 0.59 \\
 \text{''} \quad \quad \quad \text{仁江戸} \quad \quad \quad \text{''} \quad \quad \quad \text{''} = 1.09 H' - 0.92 \\
 \text{''} \quad \quad \quad \text{上妻} \quad \quad \quad \text{''} \quad \quad \quad \text{''} = 1.17 H' + 0.27
 \end{array} \quad \dots (79)$$

茲に單位は m を表はし、 $H'$  : 水海道量水標水位、 $H_0$  : 各量水標水位である。

水海道量水標の位置は捷水路下流端から約 15.4 km、中妻量水標は約 12.6 km、石下量水標は約 3.2 km 下流にあり、皆葉量水標は捷水路下流端に、仁江戸量水標は其の上流端に設けられたもので、上妻量水標の位置は捷水路上流端から約 3.5 km 上流に在る。

表-34. 年平均水位比較表 (單位 m)

量水標名	位 置	水 位	昭. 9.	昭. 10.	昭. 11.	昭. 12.	昭. 13.	昭. 14.	昭. 15.	備 考
中 妻	3/12 里 上 27 m	$H_0$	1.01	1.13	1.16	1.09	1.12	0.75	0.55	
		$H$	1.01	1.07	1.05	0.97	0.99	0.77	0.65	
		$H - H_0$	0	-0.06	-0.11	-0.12	-0.13	-0.02	-0.10	
石 下	5/24 里 上 95 m	$H_0$	0.36	0.44	0.45	0.41	0.43	0.19	0.07	
		$H$	0.36	0.44	0.50	0.50	0.62	0.49	0.38	
		$H - H_0$	0	0	+0.05	+0.09	+0.19	+0.30	+0.31	
皆 葉	捷水路 2 號 上 28 m	$H_0$	0.10	0.19	0.21	0.17	0.19			捷水路 流 末
		$H$	0.10	0.25	0.36	0.24	0.19			
		$H - H_0$	0	+0.08	+0.15	+0.07	0			
仁 江 戸	7/21 里	$H_0$	-0.02	0.08	0.10	0.05	0.05			捷水路 流 頭
		$H$	-0.02	-0.29	-0.50	-0.64	-0.67			
		$H - H_0$	0	-0.37	-0.60	-0.69	-0.74			
上 妻	8/21 里 上 80 m	$H_0$	1.23	1.35	1.37	1.31	1.32	0.98	0.80	
		$H$	1.23	1.26	1.12	1.03	0.89	0.43	0.29	
		$H - H_0$	0	-0.09	-0.25	-0.28	-0.44	-0.55	-0.51	

茲に  $H_0$  : 捷水路通水前の水海道量水標相當水位即ち (1) 式よりの計算水位、 $H$  : 観測水位

之から年平均水位を比較したのであるが、之は表-34 に示す通りであり、昭和 9 年を基準として其の昇降を圖示すれば圖-55 の如くになつた。

圖-54. 水海道及上妻、仁江戸、皆葉、石下、中妻量水標相當水位

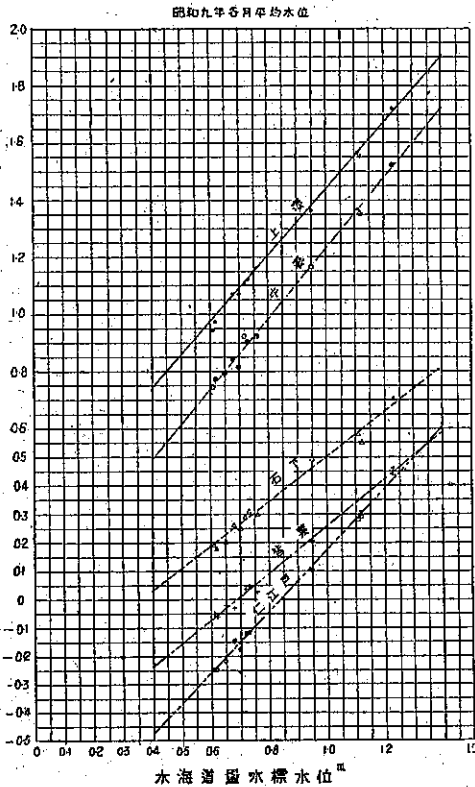
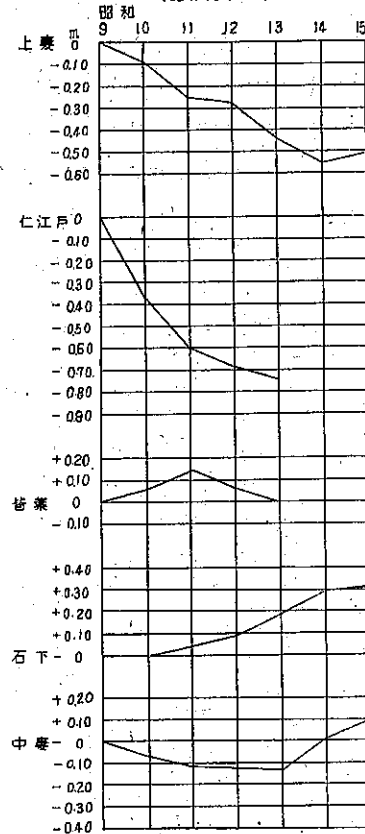


圖-55. 年平均水位變化圖表

(昭和九年ヲ零トス)



之に依れば年平均水位は捷水路の流頭では著しく低下した。最初の 1 ケ年には 0.37 m 低下し、次の 1 ケ年には 0.23 m の低下を見たが、其の後は尙低下の傾向は見受けられるが之は漸減して 4 年目には合計して 0.7 m の低下となつてゐる。夫れより約 3.5 m 上流の上妻では最初の年に 0.09 m の低下を見たに過ぎなかつたが、其の後は増加し、4 年目には合計 0.44 m の低下となつた。昭和 14 年には 0.55 m となり、同 15 年には 0.5 m となつたのである。捷水路の流末では通水後次第に高まり、2 年目には 0.15 m 上昇したのであるが、其の後は低下して 4 年目には通水前と殆んど同様になつたのである。夫れより約 3.2 km 下流の石下では 3 年目までは殆んど變動なく、0.09 m の上昇に過ぎなかつたが 4 年目には 0.19 m の上昇となり、5 年目の昭和 14 年には 0.30 m に増加したが、同 15 年には 0.31 m となり落着を示して來た。更に之から 9.4 km 下流の中妻では 4 年目の昭和 13 年迄は寧ろいくらか低下して直接捷水路の影響を受けぬものゝ如くであつたが、5 年目からは漸増し同 14 年には昭和 9 年に比し 0.02 m、翌 15 年には 0.10 m 嵩まり、増高の傾向を示して來た、中妻量水標には石下量水標より約 3 年遅れて捷水路の影響が現はれて來たものと考へられる。之に依ると昭和 15 年以後には水海道も多少嵩るものと想像せられる。一般に平均水位の低下は上流に向け進み、其の上昇は下流に向つて進

んであるが、次第に其の量は少なくなつてゐるので、其の影響は遠からず消滅するものと思はれ、在來の勾配に近い勾配をとる様になるであらう。上妻量水標では初めの4年間は一樣に低下して來たが昭和14、15年の2年間には殆んど變化なく寧ろ多少上昇の傾向さへ見へて來た。特に下流側の變動の少ないのは注意を要する。皆葉では通水後4年目の昭和13年には殆んど以前の狀態に還り、石下では通水後2年目より影響を見始めたが之も5年目以後は變動を見なくなつた。

(2) 高水位の變化

捷水路設置に依る高水位の變化に就ては其の影響を受けてゐないと思はれる。川島量水標(捷水路上流端より18.5 km 上流)を基準にとり、之と前記各量水標水位との相互關係を求めた。此の場合洪水に際しては下流側水海

圖-56 (1).

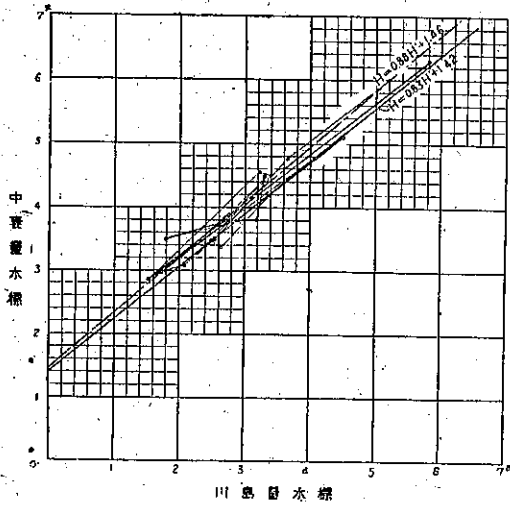


圖-56 (2).

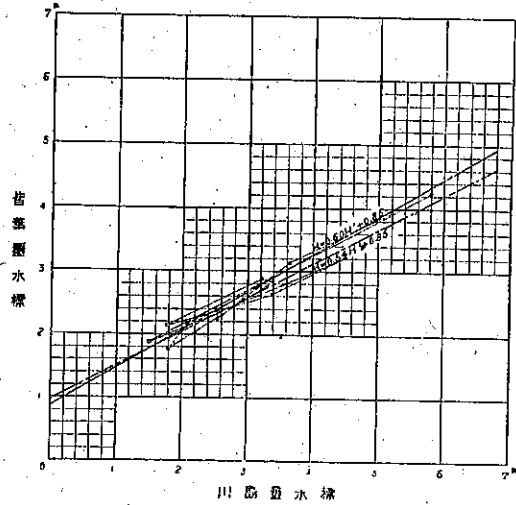


圖-56 (3).

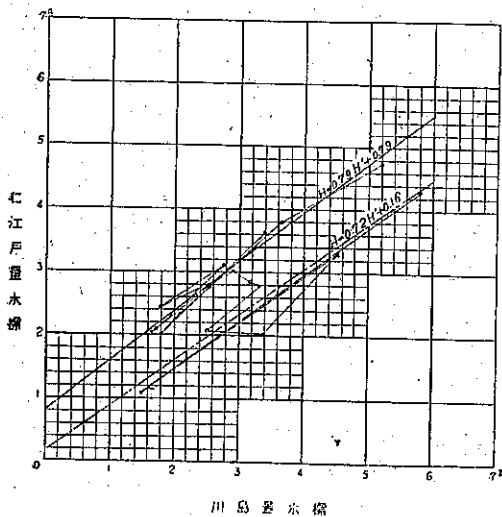
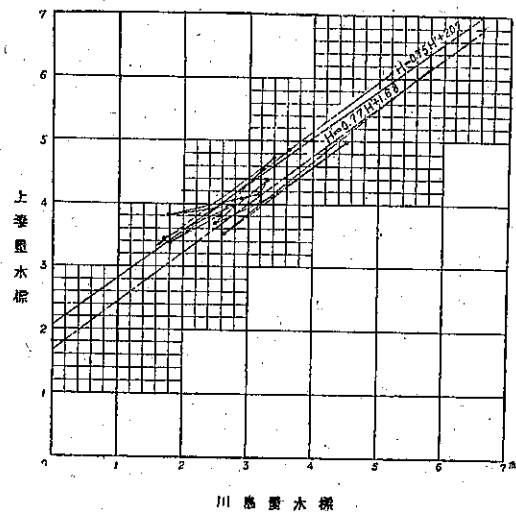


圖-56 (4).





道量水標も多少捷水路による影響を受けてゐる虞があるので、ずつと上流側に基準を置いたのである。之は圖-56 (1)~(4) に示す通りで、前の場合と同様に大體に於て直線で表はし得られる。

(a) 捷水路通水前

$$\begin{aligned}
 & \text{川島量水標水位} \text{---} \text{中 妻 量水標水位} & H = 0.88 H'' + 1.46 \\
 & \text{''} \text{---} \text{皆 葉} \text{''} & \text{''} = 0.60 H'' + 0.86 \\
 & \text{''} \text{---} \text{仁江戸} \text{''} & \text{''} = 0.79 H'' + 0.79 \\
 & \text{''} \text{---} \text{上 妻} \text{''} & \text{''} = 0.75 H'' + 2.07
 \end{aligned} \tag{80}$$

(b) 捷水路通水後

$$\begin{aligned}
 & \text{川島量水標水位} \text{---} \text{中 妻 量水標水位} & H = 0.83 H'' + 1.42 \\
 & \text{''} \text{---} \text{石 下} \text{''} & \text{''} = 0.57 H'' + 0.94 \\
 & \text{''} \text{---} \text{皆 葉} \text{''} & \text{''} = 0.54 H'' + 0.95 \\
 & \text{''} \text{---} \text{仁江戸} \text{''} & \text{''} = 0.72 H'' + 0.16 \\
 & \text{''} \text{---} \text{上 妻} \text{''} & \text{''} = 0.77 H'' + 1.68
 \end{aligned} \tag{81}$$

茲に單位は m にして、 $H''$  は川島量水標水位、 $H$  は各量水標水位である

之から川島量水標が計畫高水位 5.94 m に達した場合の各量水標の捷水路通水前及び後の相當水位を (80) 及び

(81) 式から求めると表-35 (イ) の通

りとなり、昭和 13 年 9 月の高水位、

之は川島量水標で 5.80 m に達したも

のであるが、此の場合の觀測水位と

(80) 式に依る相當水位との關係は表-

35 (ロ) の如くなる(圖-57 参照)。

昭和 13 年 9 月の洪水は殆んど計

畫高水位に相當するものであつたが、

之に依れば捷水路設置なき場合の豫

圖-57. 高水位比較表

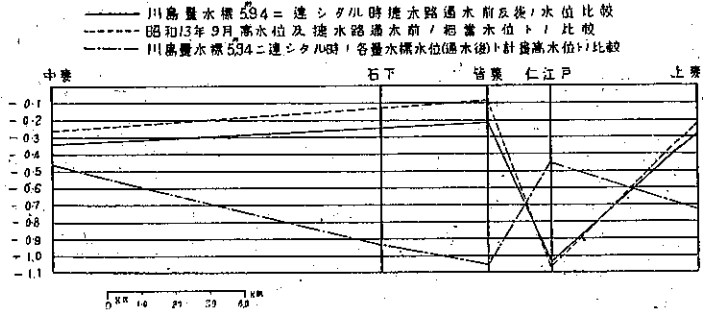


表-35 (イ). 高水位比較表

(川島量水標が計畫高水位 5.94 m に達した場合)

量水標名	水 位 (m)				
	$H_0$		$H$		$H - H_0$
	讀 數	Y. P.	讀 數	Y. P.	
中 妻	6.69	17.48	6.35	17.14	-0.34
石 下	—	—	4.33	20.33	—
皆 葉	4.42	22.06	4.16	21.80	-0.21
仁江戸	5.48	24.85	4.44	23.81	-1.04
上 妻	6.53	26.29	6.25	26.01	-0.28

表-35 (ロ). 高水位比較表

(昭和 13 年 9 月高水位川島量水標 5.80 m に達した場合)

量水標名	水 位 (m)				
	$H_0$		$H$		$H - H_0$
	讀 數	Y. P.	讀 數	Y. P.	
中 妻	6.56	17.35	6.30	17.09	-0.26
石 下	—	—	4.30	20.30	—
皆 葉	4.34	21.98	4.25	21.89	-0.09
仁江戸	5.37	24.74	4.30	23.67	-1.07
上 妻	6.42	26.18	6.20	25.96	-0.22

茲に  $H_0$ : 捷水路通水前の川島量水標相當水位  
 $H$ : 捷水路通水後の川島量水標相當水位

茲に  $H_0$ : 捷水路通水前の川島量水標擔當水位  
 $H$ : 觀測水位

表-36. 平

位置	遞加距離 (m)	平均河						
		昭. 8. 12.		昭. 10. 1.	昭. 10. 10.		昭. 11. 1.	
		Y. P.	昭. 10. 1. の 昇降	Y. P.	Y. P.	昭. 10. 1. の 昇降	Y. P.	昭. 10. 1. の 昇降
4/18	619.4	13.68	+0.19	13.49	—	—	13.55	+0.06
4/24	1220.2	13.74	+0.01	13.73	—	—	13.64	-0.09
4/30	1807.1	14.41	+0.04	14.37	—	—	14.17	-0.20
5/0	2447.1	14.61	+0.04	14.57	—	—	14.42	-0.15
5/6	3105.7	15.10	-0.17	15.27	—	—	15.21	-0.06
5/12	3781.0	15.72	+0.09	15.63	—	—	15.65	+0.02
5/18	4490.4	15.40	-0.09	15.49	—	—	15.69	+0.20
5/24	5211.7	16.10	+0.18	15.92	15.93	+0.01	15.85	-0.07
5/30	5888.1	16.35	+0.08	16.27	16.42	+0.15	16.59	+0.32
6/0	6516.8	16.51	-0.01	16.52	16.92	+0.40	16.60	+0.08
6/6	7141.7	16.80	-0.05	16.85	17.05	+0.20	17.26	+0.41
6/12	7759.5	17.03	+0.03	17.00	16.92	-0.08	17.00	—
6/18	8137.7	17.32	+0.06	17.26	17.23	-0.03	17.32	+0.06
2''	8410.9	—	—	17.43	17.16	-0.27	17.27	-0.16
3''	8683.3	—	—	17.05	16.60	-0.45	17.10	+0.05
5	8956.1	—	—	17.15	16.81	-0.34	17.20	+0.05
6'	9228.9	—	—	17.47	17.04	-0.43	17.42	-0.05
7''	9501.7	—	—	17.56	17.08	-0.48	17.58	+0.02
8''	9809.0	—	—	17.75	17.46	-0.29	17.86	+0.11
7/21	10091.9	19.58	+0.28	19.30	18.92	-0.38	18.76	-0.54
7/24	10704.6	19.00	-0.32	19.32	18.71	-0.61	18.64	-0.68
7/30	11413.7	19.13	-0.17	19.30	18.89	-0.41	19.19	-0.11
8/0	12050.1	19.57	-0.01	19.58	19.42	-0.16	19.38	-0.20
8/6	12633.3	20.16	+0.23	19.93	20.09	+0.16	19.92	-0.01
8/12	13285.5	20.12	+0.02	20.10	20.00	-0.10	19.85	-0.25
8/18	13636.4	—	—	20.42	20.01	-0.41	19.95	-0.47
8/21	14330.6	20.31	+0.10	20.21	19.92	-0.29	20.38	+0.17
8/27	15394.4	—	—	21.03	20.91	-0.12	20.98	-0.05
9/0	16265.5	—	—	21.38	21.56	+0.18	21.66	+0.28
9/9	17236.4	—	—	21.47	21.53	+0.06	21.05	-0.42
9/18	18221.0	—	—	22.46	—	—	22.27	-0.19
9/27	—	—	—	22.22	—	—	22.06	-0.16

備考——平均河床高とは常水路の部分の平均河床高を示す

## 均 河 床 高

床 高 (單 位 m)

昭. 11. 7.		昭. 12. 1.		昭. 13. 12.		昭. 16. 7.	
Y. P.	昭. 10. 1. の 昇 降	Y. P.	昭. 10. 1. の 昇 降	Y. P.	昭. 10. 1. の 昇 降	Y. P.	昭. 10. 1. の 昇 降
13.63	+0.14	13.63	+0.14	13.45	-0.04	13.65	+0.16
14.07	+0.34	14.05	+0.32	14.04	+0.31	14.49	+0.76
14.33	-0.04	14.43	+0.06	15.04	+0.67	14.31	-0.06
14.65	+0.08	14.94	+0.37	14.63	+0.06	14.56	-0.01
15.33	+0.06	15.11	-0.16	15.18	-0.09	15.20	-0.07
15.41	-0.22	15.78	+0.15	15.92	+0.29	15.67	+0.04
15.91	+0.42	15.79	+0.30	15.98	+0.49	15.73	+0.24
16.03	+0.11	16.03	+0.11	16.20	+0.28	16.19	+0.27
16.76	+0.49	16.56	+0.29	16.67	+0.40	16.40	+0.13
17.19	+0.67	16.81	+0.29	16.81	+0.29	16.69	+0.17
17.07	+0.22	17.38	+0.53	17.64	+0.79	17.43	+0.58
17.51	+0.51	17.35	+0.35	16.89	-0.11	17.00	+0.00
17.84	+0.58	17.52	+0.26	17.30	+0.04	17.48	+0.22
17.60	+0.17	17.52	+0.09	17.22	-0.21	17.39	-0.04
16.86	-0.19	17.04	-0.01	16.71	-0.34	16.68	-0.37
16.99	-0.16	17.34	+0.19	16.80	-0.35	16.80	-0.35
17.13	-0.34	17.39	-0.08	17.01	-0.46	16.96	-0.51
17.27	-0.29	17.54	-0.02	17.06	-0.50	16.99	-0.57
17.47	-0.28	17.63	-0.12	17.46	-0.29	17.12	-0.63
18.86	-0.44	18.87	-0.43	18.91	-0.39	18.87	+0.43
18.61	-0.71	18.80	-0.52	18.23	-1.09	18.37	-0.95
19.43	+0.13	18.77	-0.53	19.50	+0.20	18.77	-0.53
19.35	-0.23	19.36	-0.22	19.01	-0.57	19.14	-0.44
20.22	+0.29	20.02	+0.09	20.16	+0.23	19.81	-0.12
19.80	-0.30	19.90	-0.20	19.76	-0.34	19.56	-0.54
19.76	-0.63	19.86	-0.56	19.51	-0.91	19.75	-0.67
19.98	-0.23	20.21	0	20.09	-0.12	19.63	-0.57
20.70	-0.33	21.23	+0.20	21.16	+0.13	20.50	-0.53
21.18	-0.20	21.46	+0.08	21.24	-0.14	20.57	-0.81
21.92	+0.45	21.08	-0.39	20.78	-0.69	20.94	-0.53
22.15	-0.31	22.38	-0.08	22.24	-0.22	21.80	-0.66
21.09	-0.13	22.18	-0.04	21.92	-0.30	21.46	-0.76

想よりも全般に亘つて低く、捷水路の流頭では特に著しく 1.07 m に達し、上妻でも 0.22 m 低下した。捷水路流末に於ては 0.09 m 低いのであつて、一般に漸次低下の傾向のあることから考へれば、將來は尙低くなるものと推量せられる。兎に角河道の通水能力は全般を通じて良くなつてゐることが認められる。

### (3) 河床の變化

捷水路に通水の結果河床に變動を生ずることが豫想されたので、通水直前昭和 10 年 1 月に捷水路の前後 8 km に亘つて横斷測量を行ひ、通水後は同年 10 月、同 11 年 1 月、同 7 月、同 12 年 2 月、同 13 年 12 月及び同 16 年 7 月に引續き横斷測量を實施した。此の横斷圖から常水路の部分の平均河床高の變化を求めると表-36 の通りである。

表-37. 砂礫移動の狀態

區間	砂 礫 移 動 量 (單位幅當り m <sup>3</sup> )											
	昭. 10. 10.				昭. 11. 1.				昭. 11. 7.			
	+	-	差*	單位距離** 當り	+	-	差*	單位距離** 當り	+	-	差*	單位距離** 當り
1	480	44	+ 416	+0.13	538	5	+535	+0.16	1 071	0	+1 071	+0.33
2	0	707	- 707	-0.34	46	117	- 71	-0.03	155	409	- 254	-0.12
3	212	1 259	-1 046	-0.16	232	1 093	-861	-0.13	259	1 610	-1 351	-0.21
計	693	2 010	-1 317	-0.11	818	1 216	-398	-0.03	1 485	2 019	- 534	-0.05

區間	砂 礫 移 動 量 (單位幅當り m <sup>3</sup> )											
	昭. 12. 2.				昭. 13. 12.				昭. 16. 7.			
	+	-	差*	單位距離** 當り	+	-	差*	單位距離** 當り	+	-	差*	單位距離** 當り
1	1 065	0	+1 065	+0.33	1 044	32	+1 012	+0.31	734		+ 734	+0.22
2	125	122	+ 3	0	1	663	- 662	-0.32		748	- 748	-0.37
3	243	1 311	-1 068	-0.17	139	1 855	-1 716	-0.27		3 660	-3 660	-0.57
計	1 433	1 433	0	0	1 184	2 550	-1 366	-0.12	734	4 408	-3 674	-0.31

備考 砂礫移動量は昭和 10 年 1 月の状態との比較を示す

\* は單位幅當りの移動量にして \*\* は河床單位面積當りの移動土量を示す

又此の場合砂礫の移動量を知るために、調査區間を捷水路と夫々其の上下流との 3 區間に分つて單位面積上の砂礫の移動量を計算すると表-37, 38 の如くである。

之等の關係は圖-58, 59 及び 60 に示す通りであつて、先づ捷水路上流側の平均河床高を見れば、此の部分では一様に低下してゐる。捷水路通水以前の狀態から考へると此の影響は漸次下流から上流に向つて進んで居り、初め 3, 4 年の間は特に下流側 3.5 km 位の範圍の

表-38. 區間別距離表

區 間	丁 杭	距離 (m)
I	5/24~6/18	3 269
II	6/18~7/21	2 050
III	7/21~9/9	6 458
全		11 775

低下が著しかつたが、5～6年目に至つては4～8kmの區間の低下が判然と現はれて來て、此の影響は更に上流に及んで居ることが想像せられる。本區間は通水初年度以來殆んど同じ割合で低下してゐるものであつて、更に之が漸増を豫想することが出来るが、既に最初に著しい低下を來たした下流側3.5kmの間は漸く安定であることが認められる。圖-60にある様に此の區間中、丁杭番號7/30、8/6及び8/27の地點では昭和16年に於ては多少是正せられて來た様であるが、然し河床は却つて上昇して不規則となつてゐる。之は彎曲部に相當してゐる所であつて、流速が増大された結果、彎曲に依る影響が一層著しくなり、偏流を來して、砂洲の上昇を招いたもので

圖-58. 年平均河床高變動圖

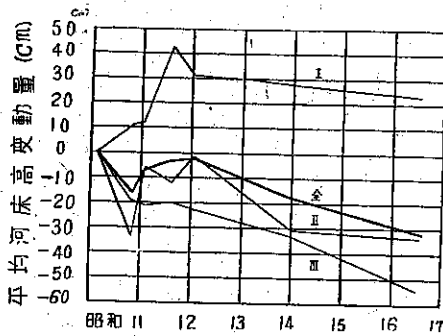
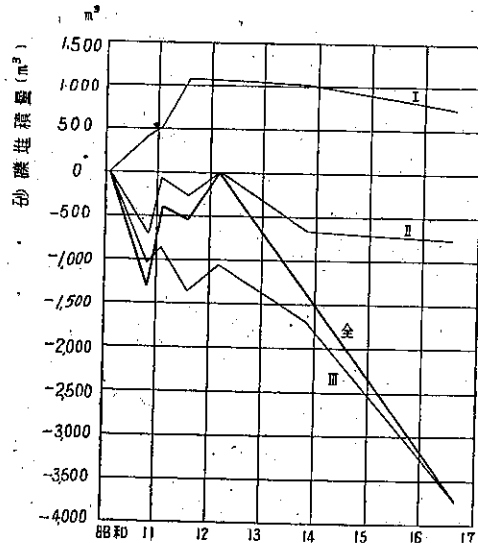


圖-59. 年平均砂礫堆積量變動圖

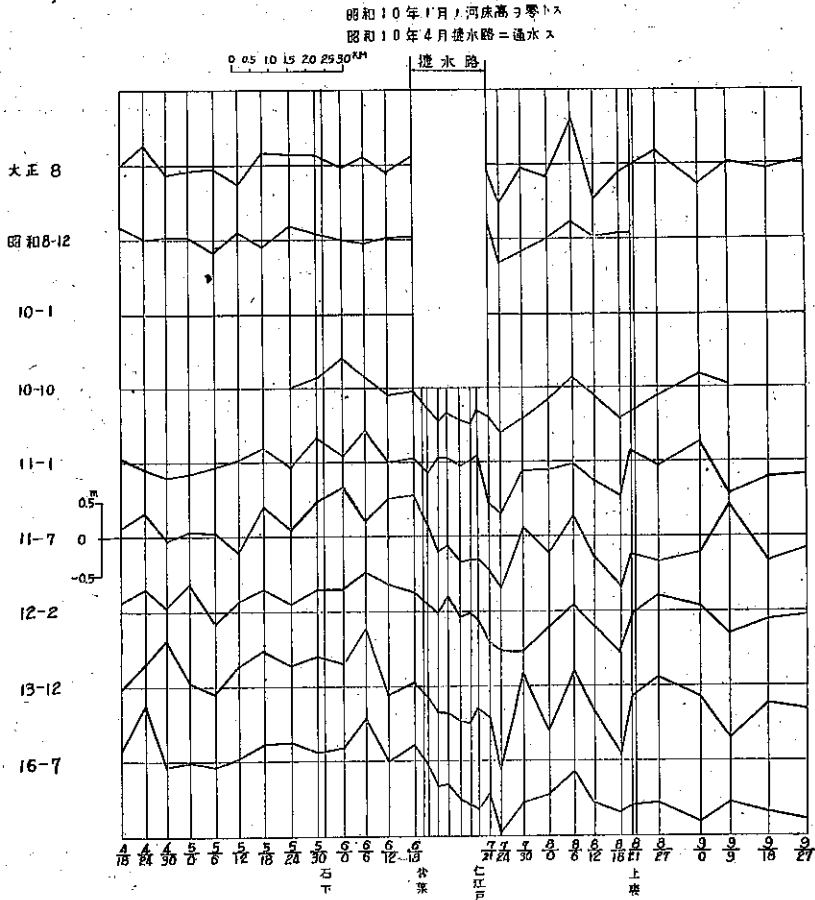


あり、又彎曲に依る洗掘の爲に其の終端附近に砂洲の堆積を來したもので、流路の調整を行へば取除き得られるものと考へる。

捷水路の區間も一般に低下してゐる。之は其の後上下流端に床固として沈床を敷設したので、此の影響が見受けられるが勾配は次第に緩になつてゐる。通水當初には捷水路断面2號と8號(全延長と10に區分してゐる)との河床高の差が33cmあつたのであるが、之が昭和13年12月には24cmとなつた。此の區間は低い水位の續く間は上流よりの流速土砂で幾分堆積せられる傾向があるが、高水後には之等の土砂は更に搬送せられるのが認められる。

此の場合の問題の重點は捷水路の下流側に在るのであるが、此の地區では初めの620mの區間は昭和11年7月の實測値が最も高く同10年1月の値に比して平均54.5cm上昇したが、其の後低下し、同13年12月の實測値に依れば却つて3.5cm低下してゐる。其の後又多少増加し昭和16年7月には11cmの上昇となつてゐるが漸次低下の状態に在る。之に續く約1300mの區間は次の彎曲に續く直線部に相當し、比較的幅員が廣いのであるが、此處でも矢張り昭和11年7月が最高で平均46.7cm上昇し、其の後は漸次減少して同12年2月には平均39cmとなり、同13年12月には32.3cm、同16年7月には25cmの上昇となつた。同11年1月には捷水路の影響の見受けられた區域は捷水路流末から2700mの區間であつたが、之が同年7月には3500mとなり、同12年2月には4000m、同13年12月には4500mとなつた。昭和16年7月に至つては全面的に低下を來してゐる様になり、此の影響範圍は漸次不明瞭となりつゝある。出水毎に搬送される土砂は其の下流地區に堆積せられるが、此の堆積せられた土砂は漸次下流に移動し、其の堆積高さを減ずるものゝ様に考へられる。

圖-60. 平均河床高變動圖



本區間に於ける土砂の變動狀態から見れば、捷水路下流地區 3269 m の區間では捷水路通水直後には急激に土砂の堆積を見、昭和 11 年の夏期には最高に達し、河床單位面積當りの堆積土砂は  $0.33 \text{ m}^3$  となつたが、夫れ以後は殆んど變化なく、同 13 年 12 月には多少減少して  $0.31 \text{ m}^3$  となり、同 16 年 7 月には  $0.23 \text{ m}^3$  となつた。捷水路の部分 2050 m の間は通水直後に河床土砂を流送せられて以來は常時は多少埋没することもあるが、出水時には流送せられ大體に於て初めの狀況を維持してゐる。捷水路上流地區の 6456 m の區間であるが、此の部分は通水直後以來大體に於て同一割合で尙洗掘流送せられてゐる。昭和 10 年 10 月には單位面積當り  $0.16 \text{ m}^3$ 、同 11 年 7 月には  $0.21 \text{ m}^3$ 、同 13 年 12 月には  $0.27 \text{ m}^3$  となり、同 16 年 7 月には  $0.57 \text{ m}^3$  となつた。併し乍ら此の内容を見ると、初めの内は下流側の洗掘が多く、漸時上流に向ひ、之に従つて下流側の變動は極めて少くなりつゝあるのは注意を要する。11775 m の全區間に就て見れば通水直後に相當量の流送を見て以來 2 年間は多少土砂堆積の傾向に在つたのであるが、昭和 12 年以後は漸時流送量を増加し、昭和 16 年 7 月には單位面積當り  $0.31 \text{ m}^3$  が本區域外に流送せられたのである。

3. 要 約

之を要するに鬼怒川では捷水路は效果的であつた。捷水路上流地區では最初に下流側が著しく洗掘せられたが、

其の後洗掘は漸次上流に向つて進み、下流側は稍々嵩つて來た。捷水路の下流側地區に於ては初め其の上流端に相當の土砂堆積を見たのであるが、之は漸次低下し、土砂の堆積はあたかも一個の砂丘をなして下流に移動するものゝ如く、而も次第に其の高さを減じ、廣く分散される傾向が判然と見受けられてゐる。水面勾配も河床勾配も共に漸次以前の狀態に復歸しつゝあることが了解せられる。圖-60に見らるゝ様に捷水路上下流共に昭和16年7月の河床勾配は通水以前の狀況に酷似してゐる。最も懸念せられた下流地區の河床上昇も一時的の現象であつて、殆んど舊に近い狀態に還りつゝあつたことが認められる。河道の通水能力は全般を通じて著しく良好になつた。

捷水路の上、下流地區に水路の調整工作を施せば現在見受けられる多少の河床の不整は容易に除却せられるであらう。斯くすれば捷水路を設けることに依り、上流部の改善は明瞭であると共に下流部には外に悪影響を及ぼさず洪水流通能力を増大せしめ、全般的に與へる効果には著しいものがある。

#### 第四節 捷水路の效果

##### 1. 概況

以上に述べて來た Mississippi 河並に鬼怒川の捷水路は現在の所他に支障を及ぼさず、相當効果を擧げて居り、將來の見通しも良好なる様に考へられるが、捷水路には不結果を來した例も多いのである。

普通捷水路を設ける結果は勾配が急になり、流水は加速され、捷水路の上流では水位は低下するが、下流側では其の河道の通水し得る能力以上の水が來るため却つて水位の上昇を來す。又急勾配となつたため上流部で洗掘された土砂は其の下流に沈殿し、河床を高め、引いては航行河川では舟航に支障を來した例が多いのである。他の部分を犠牲にしても或る特定の場所を救はねばならぬ場合、又は下流地區では假に水位の上昇を來しても特別に支障のない場合に限つて捷水路は設くべきものと云はれて來た。

一般に河川は其の河道の延長が河狀に相應する様適當に定められ、適切な流れの條件が具備せられた時に安定となり、洪水の快疏に資することが出来るのであつて、若し河川が比較的安定してゐるとすれば、一度之を破壊した場合には相當長期間に亘つて支障を來すことは當然であつて、捷水路の效果には功罪相俾するものがあり、其の採用に限度のあると云はれてゐることは注意しなければならない。

##### 2. 捷水路の效果

Mississippi 河では捷水路を設けると同時に河道の法線、幅員、水深に留意して之を適當に保導して行つた。Mississippi 河で捷水路の成功したのは此の補助的の役割が大きな原因の一つとなつてゐると著者は考へる。

之を要するに捷水路の效果を決定的ならしめる要素は捷水路設置後其の下流に流送された土砂を此の部分の河川の掃流力が十分其の抵抗に打ち勝つて、更に下流の廣範な區間に之を搬送し得るや否やと云ふに在る。此の場合重い土砂であるとするると此の堆積は永久的のものとなるかも知れない。斯くすれば水位は嵩上し、流水の疏通に支障を來すことになる。若しも現在の河道が安定してゐる——土砂の移動が比較的少ないと云ふ様な場合——河川では此の平衡狀態を破壊するが如き工事を施行すると、之が還元することは一般に困難であり、相當な期間を要するが、之が不安定な場合——土砂の移動、流路の變轉を見る様な場合——には河狀に幾何かの變化を與へても尙流水の力に餘裕があり、可及的に早く以前の狀態に、即ち以前の勾配に復歸し得るものである。捷水路を設ける場合に之のみでは十分でなく、其の場合の河道に適應する様に導く所の諸施設を合せ行ふ必要のあることを Mississippi 河で示唆してゐるのも之に基くものと考へられる。Mississippi 河は相當不安定な河川であつて、河床の移動は甚しいと云はれて居る。

鬼怒川も亦かなり不安定な河川であつて、鬼怒川下流地區では一度出水を見れば數米も洗掘せられるが、出水後には又殆んど元へ還つてゐることは屢々報告されてゐる。既に第二章第五節で記述した様に鬼怒川下流地區は掃流力に比し、河床構成の状態は不安定であつて、相當掃流力に餘裕あることが推量せられる。流水は更に洗送せられた土砂を下流に搬送し得るものと考へられる。事實は之に近い結果を與へてゐる。河川を處理する場合に河相が重大なる關聯を持つ事は此の場合に就いても考へられるのである。

捷水路は其の河狀を十分認識し、之が是正を促進する所の他の工法を適當に組合せ用ひることに依つて初めて全面的に河道を匡整し、水位を低下せしめ、河道の通水能力を増大せしめることが出来るのであつて、十分之等の事情を考慮に入れないと今迄考へられてゐた様に種々な不結果を招來する虞がある。

## 第四章 河川合流點

### 第一節 河川合流點の形態

#### 1. 概 説

河川合流點を如何に處置するかと云ふことは吾々が河川改修工事を實施するに當つて、屢々遭遇する重要な問題である。一般に合流する諸河川の内一河川が他の河川に比し規模が著しく小さい場合には比較的問題は簡單であるが、勢力の匹敵する場合には相當困難となる。緩流の航行河川では航路維持、急流の場合には偏流に依る河岸、堤防の保全に就て十分考慮する要があると共に、洪水の疏通に關しても考へねばならない。

第二章に於て詳論したところであるが、或る河川に於ても上流に於けるもの程粒徑の大きなものを含み、流下するに連れて粒徑の大きなものを減じ細流が増加して来る。河狀に影響を及ぼす程の支流のない場合には普通之は規則正しく變化して来るが、相當大きな支流の合流する場合には、此の砂礫の混和状態に變化を來し、夫れから下流の河狀に變動を與へる様になる。

一般に水源山地の崩壞の著しい場合、特に之等の地點からの距離の餘りに遠くない場合には、下流河川は著しく此の影響を受けて、粒徑の大きなものを含むと同時に又極めて細かい粒徑のものをも相當に含んでゐる。山地の崩壞は一般に大粒を流下せしめると共に、其の崩壞の際の摩擦、衝撃に依つて極めて細かい砂粒を作り、此の量は又相當に多いのである。

之等の砂礫は流下するに従つて、之は距離と共に時間をも考慮に入れるのであるが、新しい次の著しい崩壞の續かない限りは、水の掃流作用に依つて自然選擇が行はれ、河狀は其の流れに適應する様な形態を形造つて行く。總ての河川は此の段階の何れにか在るものと考へることが出来る。

斯く考へられることから、上流山地の荒廢の程度に依つて其の状態は異なるが、河川は一般に上流部に屬するもの程不安定な状態に在り、流下するに従つて夫れ自體の状態に適應する様になつて行くもので、假令同一水系に於て上流山地部の地形が場所により異なり、又合流する諸河川の流路延長の異なることから、之等諸河川の河狀に著しい差異の見受けられることがあつても、下流部に於ては其の差異は漸次に減ぜられて來るのが普通である。

河川合流點の處理に當つては斯の如く合流する諸河川の状態には相當差異があるものであるから其の場合に應じ、適切な處置を構じなければならない。

#### 2. 河川合流點の形態

河川合流點に於ける一般的形態は便宜上其の河床構成砂礫の移動の甚しい場合と然らざる場合とに區別して考へるのが適當である。勿論其の間には判然とした境界は見られないのであるが、之が改修上の對策から大體以上の



様に區分して考へる方が好都合である。

### (1) 河床砂礫の移動の甚だしい場合

上述の如く、之は主として急流河川に見受けられる所であつて、本川（河川の合流する場合に規模の大なる方、主として合流後の河状を支配する方の河川を本川と稱し、然らざる方を支川と稱す）は比較的安定してゐる場合にも、河状の甚しく悪い支川の合流する時等には其の本川に局部的に相當の影響を及ぼすことがある。

今或る河川に支川の合流する場合に就て考へる。一般に支川の砂礫輸送程度に依つて其の影響は異なるが、之に應ずる扇狀地を形成して本川を壓迫し、支川はその上流側を流れて本川に合流する傾向が認められる。一般に支川は圖-61の如く、或る角度  $\alpha$  を以て本川に合流する場合に、初めは其の儘流下しても、次第に  $\alpha$  は大きくなり、時には  $90^\circ$  近くになり、場合に依つては上流に向ひ（圖-62 参照）本川流水と真正面に向ひ合つてしまふ様になることがある。之は輸送される砂礫が急に流勢の緩和されることに依つて支川合流點直下に堆積せしめられるため扇狀地を形造るのであるが、此の砂礫の堆積は出水毎に増大する。出水の場合には其の最盛時に主流は眞直に下流に向つて流下するので、此の部分では砂礫の移動は最も甚だしいのであるが、減水すると共に砂礫の移動も急激に減少し、結局此の部分に著しい砂礫の堆積を見ると共に、流水は最小抵抗の線に沿ふて上手に廻る。此の場合には又河床は急勾配をとるために砂礫の移動が行はれ、扇狀地の發達を促すことになる。再び出水を見る場合には初めは上手の流向をとつて本川流水と激衝し、著しく其の疏通を阻害するが、漸次下手に向ひ、最大出水時を過ぎて又還元し、之を繰返す。本川及び支川の出水の程度に従つて、扇狀地の形状は多少變化するが、本川出水の比較的少い場合には、支川流水は對岸堤防に直射して之に脅威を與へ、本川出水の比較的多い時には普通扇狀地は浸蝕せられるもので、其の都度下流に及ぼす影響は異なり、其の流向は變轉を見るのが常である。

圖-61.

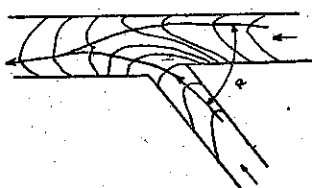
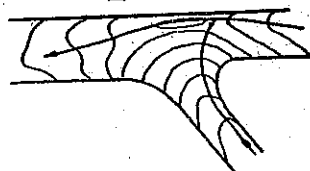


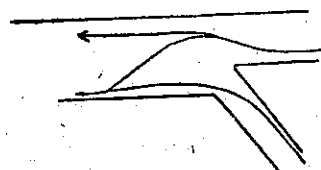
圖-62.



(2) 河床砂礫の移動の比較的少い場合

之は主として河川の下流部に見受けられるのであるが、合流點附近に多少の寄洲を生ずることは免れない。此のために流向は一般に偏倚し、流水の疏通に支障を來すことが多い。流向の偏倚する結果は局部的洗掘を來すと同時に、其の下流は一般に河床は上昇し、亂流して滯筋が連絡出來なくなり、

圖-63.



舟航の阻害されることが屢々起る。圖-63 に其の概況を示す。

之を要するに河川の合流する場合には河床の移動と流水の動きに關しては複雑な現象を見るものであり、夫々の河狀に従つて寄洲の發生、之に依る流向の偏倚を來して堤防に脅威を與へ、流水の疏通に支障を生ずると共に舟航河川では航路に障害を來すのである。

## 第二節 河川合流點の調整

### 1. 合流點の調整

河川が合流する場合に如何なる形態を採るか云ふことに就ては既に述べた通りである。合流する諸河川の河床に依つて其の程度は異なるが、相關聯して互に支障を來すもので、之を如何に調整するか云ふことは流線の動き、砂礫の移動等に就ての十分な知識を要すると共に、其の現状を形成する諸力を理解することに依つて初めて

可能なことであり、仲々困難な問題である。之は一度其の處置を誤ると將來に永い禍根を残すことになり之が對策に就ては其の現状に應じ、注意深く考へられた處置が極めて必要である。

合流點の調整に關しては原則として次の事項を擧げることが出来る。

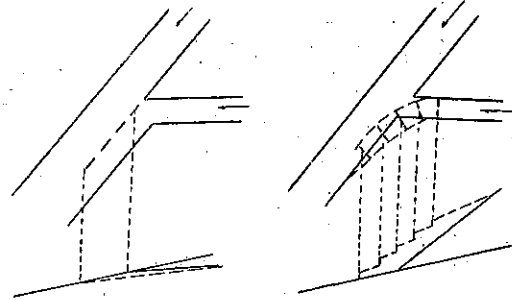
- (1) 河狀の異なる河川の合流に際しては可及的に之等諸河川の河狀をを一ならしめる様是正すること。
- (2) 各河川の河狀を同一ならしめると共に、合流點に於ては一河川は他河川に對し可及的に切線の方向に合流する様處置すること。
- (3) 一般に各河川の河狀が共に良好な場合には合流後の幅員は合流前の諸流川の幅員の和程度にするのが良いが、一方不良な場合には合流後の幅員は夫れより多少狭くすべきである。

一般に合流點では河狀が多少でも異なる時には一方の河川では急激に河狀に變化を來すことになるから、合流點附近に沈澱を招き、此の結果は流路の偏倚を來して洗掘を生ずるのであつて、合流點に悪影響を與へるのは主として之に原因する。此の障害を取除くためには可及的に河狀を類似せしめなければならない。

此の爲には兩河川の合流點に背割堤を設けて合流口を下流に導く(圖-64 參照)、之に依れば次第に兩河川の河狀を緩和せしめ得ると共に、常に被害のある一方の河川への影響を軽減することが出来る。或は又排出土砂の多量な河川では其の上流に堰堤を築設して(堰堤の位置は可及的に合流點に近い方がよく、土砂の抱容量は出来るだけ十分にとる)流下土砂を并止すると共に、合流點附近には床固を設けて、階段的に河床を緩和して合流せしめる方法も考

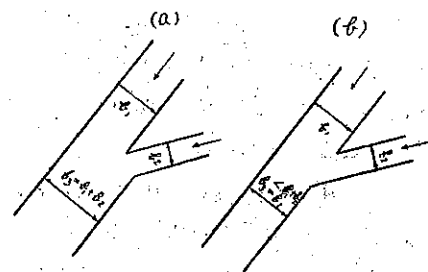
圖-64.

圖-65.



へられる(圖-65 參照)。同時に又合流點では兩川は切線の方向に合流せしめるのである。之は合流の結果が兩河川流水を出来るだけ混亂せしめぬ様注意しなければならないのであつて、渦は寄洲發生の原因となり、又深掘を生ずる基となる。斯る場合には砂礫の移動は普通掃流方に依り考へられる以上のもので、二次的に起る渦に依り捲き起される砂礫の量は相當に昇り、捲き起された砂礫は又直ちに堆積せられるであらう。砂礫の移動の餘り甚だしくない場合には注意深く合流せしめられた河川では合流後の幅員は合流前の2河川幅員の和程度とした方が流速の變化を生じないし、又流量を平滑に流下し得るから好ましいが、此の平滑に流量を流下せしめると云ふことは水の勢力を主として流下に消費せしめると云ふことで、河川としては如何なる場合にも最も好ましい事實である。然し排出土砂のある場合には多少幅員を狭く、2河川の和より小或は本川の夫れと同じ位にするか、或は又合流口に或る程度の角度を持たしめた方が土砂を流送し得るのに好都合である。之は而し洪水の程度の段階を十分考慮すべきで、處置を誤ると不結果を來す虞がある(圖-66 參照)。

圖-66.



之を要するに合流點の調整は合流する諸河川の形狀、大小、其の勢力を考へて、如何にして砂礫の堆積、局部的洗掘を防ぎ得るかを考究するにあるのであつて、此の結果は流水の疏通を容易ならしめ、堤防、河岸の保全を期し得るのである。

## 2. 實 例

内務省直轄施工の富士川改修工事で合流點の調整に關し施工し、又は計畫中の工法に就き其の主なるもの 3、4 を次に記述する。

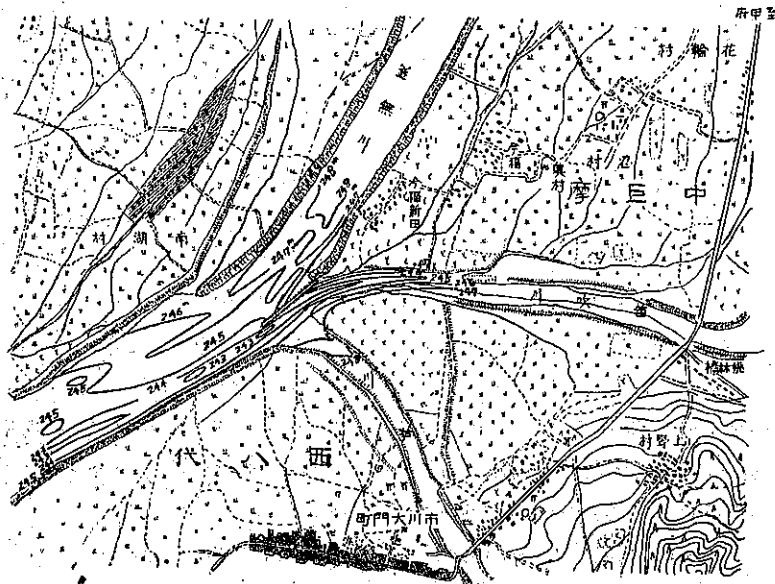
(1) 釜無川、笛吹川、蘆川合流點

之等 3 河川の合流點に於ける狀況は大體に於て次の通りである。

	流域面積 (km <sup>2</sup> )	河床勾配 (I)	計畫高水流量 (m <sup>3</sup> /sec)	昭. 10. 9. 25. 最大 洪水流量 (m <sup>3</sup> /sec)
釜無川	979.2	0.0033	3100	3100
笛吹川	921.9	0.00095	2500	1500
蘆川	85.4	0.0137	300	355

釜無川は富士川の幹川をなすもので、源を山梨縣北巨摩郡の駒ヶ岳に發し、甲信の國境を北上して鳳來村落合地先に至り東南に急變轉して八ヶ岳の山麓に沿ふて走り、北巨摩郡龍王村地先に於て甲府盆地に出る。其の間地勢極めて急峻で、花崗岩質の山層は崩壊著しく、河狀荒廢して古來水災に憊んだ所である。盆地に這入つてから其の西邊を南下すること 11 km、西八代郡市川大門町地先で笛吹川を合流する。水源よりの流路延長約 58 km である。笛吹川は富士川の一大支川であつて、甲武信の國境を水源として南下し、東八代郡加納岩町地先で盆地に出で、其の東邊を流れ、盆地の諸水を集めて釜無川に入る。笛吹川は甲府盆地の排水幹川をなしてゐるのである。水源山地の狀態は比較的良好であるが、其の中流部左支の流域は地相脆弱で殆んど總て所謂天井川を形成して流入する。特に左支日川、御手洗川、金川等の明治 40 年の水害は山地の大崩壊に依るのであつて、思つても戰慄を覺える程である。然し其の後は餘り大なる出水もなく、砂防其他の諸施設も設けられ、相俟つて現在は相當落付いてゐる様である。水源より流路延長は約 50 km である。蘆川は前記 2 河川に較べると甚だ小さく、流域面積

圖-67. 釜無川、笛吹川、蘆川 3 川合流點附近平面圖 (I)



は約 9% に過ぎないが、河床勾配急であり、流勢強く排出土砂も著しい。水源を河口湖畔の黒岳に發し、狭い山間を流れて市川大門町地先で盆地に出で直ちに笛吹川に入る。夫々の河川の狀況に就ては第二章第五節に述べた

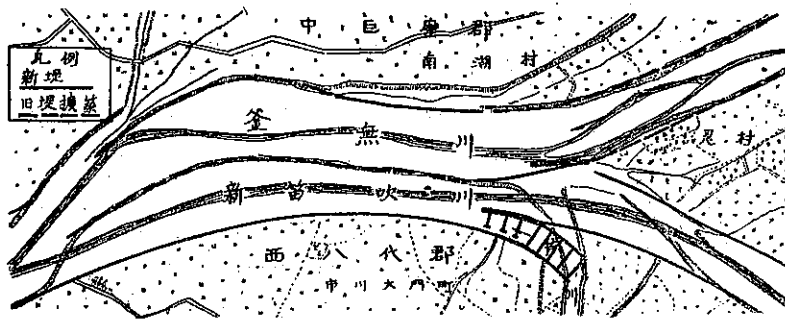
通りである。

本地點では釜無川と蘆川との合流口に挟まれて笛吹川が流入するのであつて、2個の急流に挟まれた笛吹川は常に其の合流口を閉塞せられ、甲府盆地の排水幹川である笛吹川は漸次河床の隆起を見た結果、著しく洪水の疏通を阻まれるのみならず、其の水位の上昇は上流地域に影響する所が極めて大きく、常に排水に困難して、沿岸は濕地多く、屢々多大の水害を受けたのであつた。釜無川に於ては假令急流であつても各種の施設に依つて洪水を防ぐことが出来たのであるが、笛吹川は之とは事情を異にし、全く手のつけられない状況にあつたのである。本地先の改修工事着手前の状況は圖-67に示す通りである。

今回の改修工事に於ては先づ釜無川と笛吹川との合流點を3km下流に導き、在來の富士川(笛吹川合流後の幹川を富士川と稱す)の左岸堤を笛吹川の右岸堤として新笛吹川を開鑿し、蘆川は合流點を多少下流に下げて、其の間に延長450mの導水堤を設け、蘆川には8個の床固を設置して河狀を調整せしめることにしたのである。

新笛吹川を開鑿し、蘆川を下流に移し、不取敢5個の床固を設けて、舊合流點を締切つたのは昭和5年5月であつて、其の後の状況に鑑み、蘆川の導水堤及び之に伴ふ3個の床固を設けることとし、昭和13年に竣成せ

圖-68. 釜無川、笛吹川、蘆川3川合流點附近平面圖(2)



しめた。更に蘆川の上流、山間を出る附近に土砂并止用の堰堤を築造する豫定である。圖-68は改修後の状況を示す。

合流點付換後は笛吹川は急激に河床の低下を來し、沿岸の排水極めて良好となり、大體に於て所期の効果を擧げることが出来た。昭和10年9月の洪水は稀に見る大洪水であつたが、此の場合の釜無川及び笛吹川の水位曲線は圖-69に示す通りであつて、著しく釜無川の笛吹川に及ぼす影響を緩和することが出来た。

最高水位時の兩川水位差は55cmに過ぎなかつたが、最高後24時間には165cmとなつてゐる。蘆川の合流點が尙多少不充分なため、流路は幾分偏倚して居り、合流點に生じた砂洲のため笛吹川は一應右岸に壓迫せられると共に急に左岸に向ひ、河岸の決潰を來してゐるが、今施工中の工事が完了すれば之も漸次除却し得るものと思はれる。此の洪水後の河床縦斷圖は圖-70に示す通りであるが、之に依つて改修前後の變遷を知ることが出来る。笛吹川の付換に依つて釜無川は舊合流點より上流は其の河床は低下して居るが、夫れより新合流點の間は餘り變化を見ない。寧ろ新合流點附近からは多少上昇を見てゐる。之は此の間は在來の富士川の河道に對し釜無川を通ずるのみであり、又新合流點以下は河幅を擴げてゐる。此の事は明らかに昭和10年9月の出水には現はれて居り、釜無川は舊合流點より2.6km上流の淺原橋附近より上流に互つては計畫高水位に達して居るに反し、舊合流點では計畫高水位より低きこと165cm、之より6.1km下流の鰐澤町地先に於ては同じく191cmとなつてをり、河幅を擴げた區間は多少不安定なることが認められる。此の場合鰐澤町下流の河道の疏通力の著しく

改善された上に、笛吹川の出水が多少少なかつたと云へ、豫定よりは相當低い水位で流下せしめて居るので、此の區間は既往に比しては河床に異常な影響を與へてゐるものと考へられ、上流區間とは異つた結果を招來してゐるものである。

(2) 富士川、大柳川合流點

本合流點に於ける兩川の河狀は次の通りである。

	流域 (km <sup>2</sup> )	河床勾配 (1)	計畫高水量 (m <sup>3</sup> /sec)	昭. 10. 9. 25. 最大 洪水量 (m <sup>3</sup> /sec)
富士川	2 121.3	0.0021	5 500	5 000
大柳川	36.7	0.023	—	130

大柳川は富士川が甲府盆地を出て、再び山間部に這入つた直後に合流するのであつて、其の水源地の状態は悪く、而も其の流路延長が短いため土砂の排出は著しく、直ちに合流點に及び河道は亂れ、又富士川に殆んど直角に合流するために、洪水に際しては本川を著しく堰き上げて、其の背水は平地部に迄及ぶことがあつて、甲府盆地内の排水に支障を來し、或は高水位を高める原因となつてゐる。本川流水に依つて流送される之等排出砂礫は其の直後に在る天神瀧と稱する急彎曲部に阻まれて、合流點下流に堆積し、萬年洲を形成して流路を偏倚せしめ、彎曲を助長してゐる。甲府地盆の排水不良は久しく此の點の改善を要求して來たのである。

改修工事着手前の河狀を示せば 圖-71 の通りで、其の等高線に依り本川壓迫の状態を知ることが出来る。今回の改修工事に於ては先づ大柳川筋に 3

個の土砂杆止用堰堤を設け、流下土砂を阻止すると共に其の合流口附近には其の直射を緩和する餘地がないので、合流點直上流本川右岸に延長 380 m の護岸を施設して導水堤たらしめ、本流を誘導して合流點に堆積せられる砂礫を流送せしめやうとするのである。既に堆積してゐる合流點直下の砂洲は之を掘鑿して、下流彎曲部の調整に利用する。圖-72 は本計畫を示すもので、現在堰堤工事は殆んど竣工し、護岸は施工中である。土砂杆止用堰堤の高さは下流から 5 m, 4 m, 7 m (基礎より水通し迄の高さ) のもので、昭和 10 年 9 月には下流堰堤は殆んど竣工してゐたが、1 回の出水で全部貯砂せられ、既に完成してゐた天神瀧の彎入の是正と共に好結果を來し、同年

圖-69. 釜無川、笛吹川合流點に於ける水位曲線 (昭. 10. 9. 洪水)  
昭和 10 年 9 月洪水

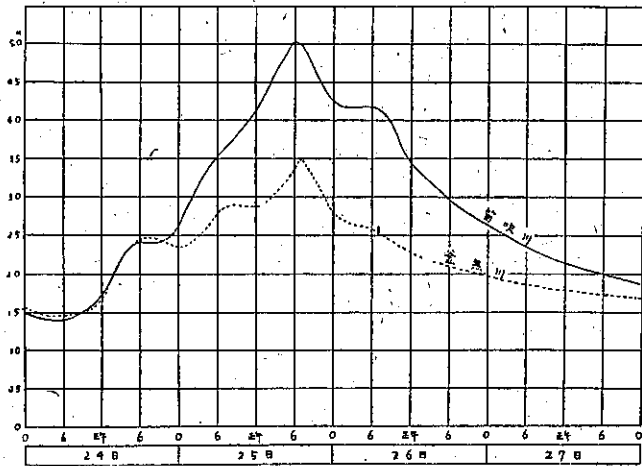
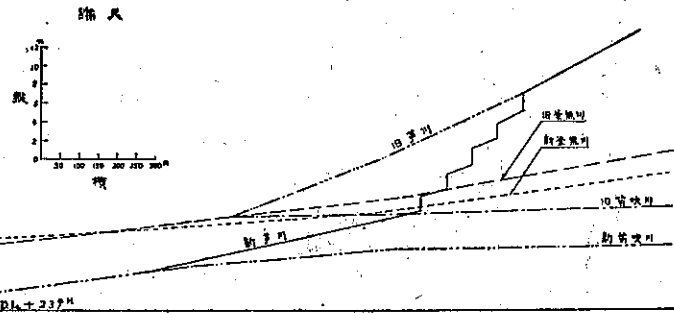


圖-70. 釜無川、笛吹川合流點附近縦斷圖 (河床高)



の出水には實測の結果に依ると鯉澤町地先の狹窄部に於ては當初推定の水位曲線から求めた水位より 191 cm 程低い水位で所定の流量を流してゐた。圖-73 は大柳川の縦断面圖であるが、現在殆んど竣工の 3 堰堤は共に全部貯砂せられ、下流堰堤以下は河床著しく低下し、今は堰堤の保全に努める様になつた。合流點近くでの河床の移

圖-71. 富士川、大柳川合流點附近平面圖 (1)

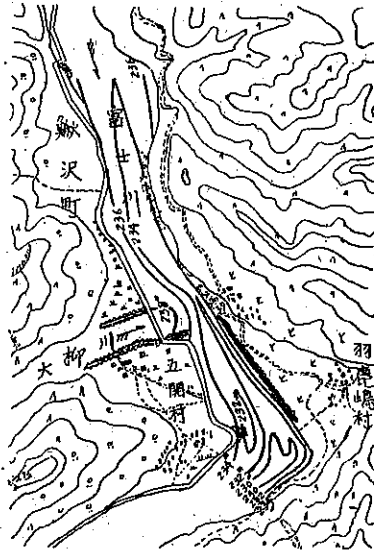
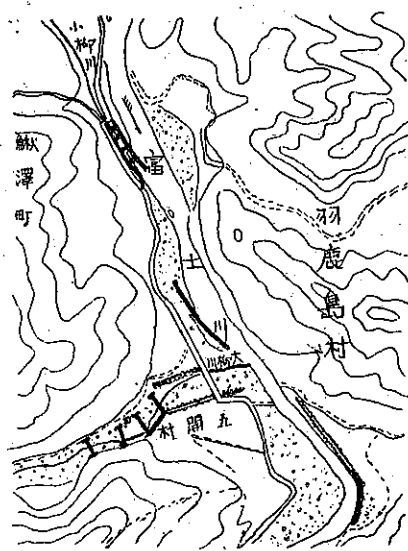
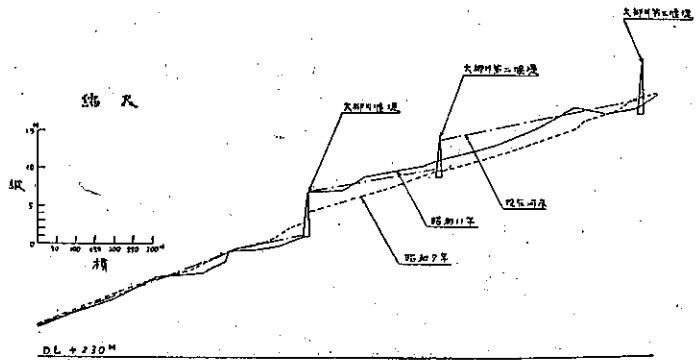


圖-72. 富士川、大柳川合流點附近平面圖 (2)



動は比較的僅かであるが、之は其の變化が本川の水位に左右せられるものであつて、本川の水位が著しく上昇するため、流送砂礫は相當區間に互つて堆積し、更に本川流水に依り搬送せられるもので、本川水位に餘り變化のない限りは其の状態にも著しい變動を見ないのである。大體に於て大柳川の河床は漸次安定に向ひつゝあることが認められるから、本川への障碍も次第に減ぜられるであらう。之からの流送砂礫はより細粒からなるものであると考へられるから、合流點直上の護岸の竣工に依り本川の流水を適當に導流することに依つて之等の障碍は尙一層取除き得られるものと思はれる。

圖-73. 大柳川縦断面圖



(3) 釜無川、御勅使川合流點

合流點に於ける之等諸河川の狀況を示せば次の通りである。

	流域 (km <sup>2</sup> )	河床勾配 (I)	計量高水量 (m <sup>3</sup> /sec)
釜無川	313.2	0.010	1300
御勅使川	72.0	0.022	400
鹽川	366.0	0.007	1400

本地點は釜無川に左岸から鹽川、右岸から御勅使川の合流する所であつて、之等の内御勅使川は流域面積に於て釜無川の約 1/9 に過ぎないが、河床勾配は急峻で 1/45 に達し、土砂の排出著しく、大きな扇狀地を形成して本川に流入するのであつて、對岸の堤防を急襲すると共に出水に應じ、常に合流點下流の水向を亂す原因となつてゐる。

本地點が古くから甲府盆地防衛の第一線であつたことは第五章第二節に後述する通りであつて、嘗て武田信玄の時代に適切な工法が實施せられてゐた。現在では大分其の趣を變へ、舊御勅使川は其の分派點で締切られて一河川となつて居り、合流點附近の諸施設は埋没されて見られない。

本合流點附近の現況は圖-74 に示す。之は昭和 10 年 9 月の出水後の狀況で、此の洪水では本流の方の洪水が比較的多かつたので、合流點の堆積砂礫を幾分浸蝕し、主流は右岸に寄つてゐるが、御勅使川の流量の多い場合には砂洲は著しく發達して、本流を左岸に壓迫し、以下下流の水向は前の場合と反對になる。圖-75 は此の附近の河床縱斷圖である。一度甲府盆地に入り御勅使川の河口に立てば其の扇狀地の偉大なのに一驚するであらう。往時に於ける狀態を思ひ、古人の努力を追想せしめるに十分である。現在は御勅使川は國直轄の砂防工事成り、略安定を見せてゐる(圖-76 參照)。

本地先の改修工事は未だ着手に至らないのであるが、大體に於て先づ御勅使川筋には床固堰堤を設けて河床を整へ、其の左岸堤を延長して、先端には透過式導水堤を築設し、適

圖-74. 釜無川, 御勅使川合流點附近平面圖 (1)

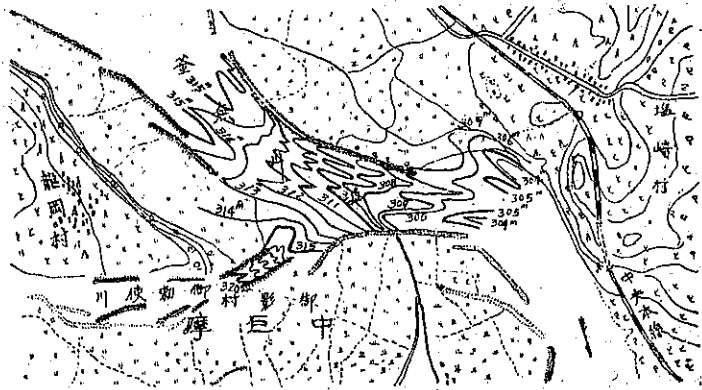


圖-75. 釜無川, 御勅使川縱斷圖

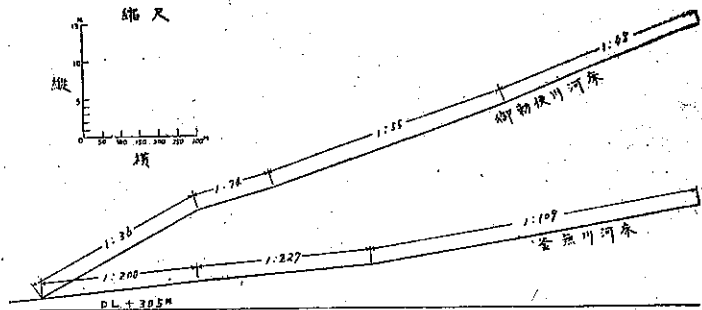
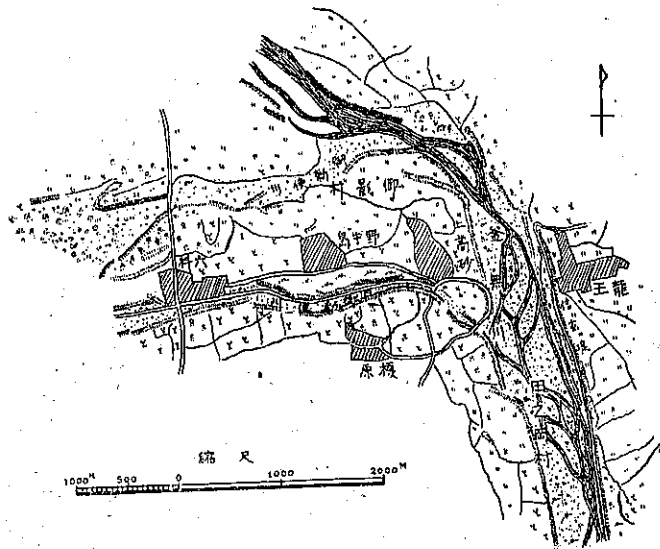


圖-76 御勅使川平面圖



當に兩川を導流しながら、其の激衝を緩和せしめ、流向を一定せしめ様とする豫定である。圖-77 に其の法線の概略を示す。

(4) 笛吹川、荒川合流點

合流點に於ける兩川の狀況は次の通りである。

流域 (km <sup>2</sup> )	河床勾配 (I)	計畫高水量 (m <sup>3</sup> /sec)	昭10.9.流量 (m <sup>3</sup> /sec)
笛吹川 661.1	1/750	2200	13820*
荒川 172.7	1/1200	680	600*

\* 昭. 10. 9. 笛吹川、荒川の流量は推算によるものとす。

荒川は笛吹川の右支、最も大きな支川である。笛吹川は既に述べた様に水源山地の狀況は比較的良好であるが、左支の水源は荒廢し、明治 40 年 8 月の如き一大災害を引起したことがあるが、其の後は砂防施設の進捗と共に近年は餘り豪雨もなく、山地の崩壊も見受けられず、河狀は漸次安定に向つてゐることが認められる。荒川の水源地は相當荒廢してゐる、之は特に昭和 10 年 9 月に大出水を見て居り、山間部を出た所で各所に破堤し、荒涼たる姿を呈した。斯くして盆地を貫流して笛吹川に合流するのであるが、此の合流點附近は地盤低く、嘗つては殆んど濕地をなして居り、合流點では此の兩川に挟まれて濁川、隱地川の合流するあり、此の 2 河川は笛吹川、荒川間の排水幹川であつて、結局合流點の狀況如何は之等の地域に影響する所が極めて大きいのである。

本地點の調整に就ては運轉改修に當り、既に實施せられて居たが尙不充分であるので、昭和 10 年 9 月の出水後に其の導水堤 282 m 延長した。上掲の各例は急流であるので其の施設には相當堅固なものを用ひたが、此の場合比較的流勢が緩であるので簡単な構造とした。導水堤の本體に長 3~4 m、15 cm 角の鐵筋コンクリート杭を間隔 1 m に 2 列に打込み、列の間隔は 3 m としたもので、之に鐵線を張り柳の立粗朶を施して土砂で埋め、根固として笛吹川側には松丸太長 3.6 m 末口 12 cm のものを 3 列に、荒川側は同様な杭を 2 列に打込んだも

圖-77. 御勅使川、釜無川合流點附近平面圖 (2)

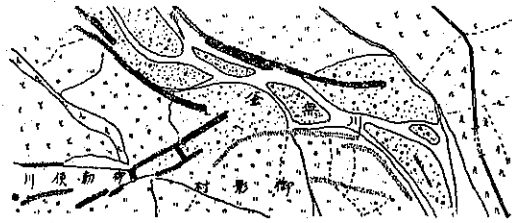


圖-78. 荒川導水堤と水向の變化

