

論 說 報 告

土木學會誌 第十四卷第五號 昭和三年十月

溪流下流部の砂防工事に就て

會員 林學士 赤木正雄

Sand Arrestation Work in Lower Reaches
of a Torrential Stream.

By Masao Akagi, F. E., Member.

内 容 梗 概

多年實際に就き研究せる荒廢溪流下流部の縦断、横断其の他の性状を記し尙徳島縣吉野川支流曾江谷川及日開谷川等の荒廢溪流下流部に床固堰堤を施設し之を修治せし結果を述べてこれ等荒廢溪流下流部の施工を如何にすべきかを論ぜしものにして第十三卷第四號所載の本著者論文水制工事の研究与關聯せるものなり。

Synopsis

The object of this paper is to present the results of a long study on the regimen of lower reaches of a torrential stream, left in its natural state, and the method of regulation derived therefrom.

Special reference is made to the tributaries of the Yoshino-Gawa (in Tokushima Prefecture) on which the bed-fixation work has been carried out. The paper is to be considered as a sequel to "Modellversuche über Strömungserscheinungen in Bühnenfeldern und Untersuchungen über die Grösse des Wirbels im Ecke einer isolierten Bühnen" given in No. 4, Vol. XIII of the Journal.

緒 論

溪流下流部の砂礫堆積地帯は其の兩側に大小の平地を有し、此に耕地の開拓部落の構成をなすが故に、何れの溪流に於ても山間部に於ける最も重要なる地域たることは恰も一般河川下流沿岸地帯が耕作地として、交通機關の發源地として又は都市の成立地として極めて樞要なると同様なり。

而して一般河川を見るに、其の沿岸に洪水汎濫せんか、生産を害し交通を絶ち、家屋を流失し人命を危くして多大の損害を與へ、世人を脅威すること甚しきが故に、古今諸國等しく治水の策を樹て、此に堤防を築き河流を改修して洪水の防禦に盡すと共に、一步進んで舟航の便灌溉の利を計るものとす。翻て我國溪流の治水状況を見るに往時より治水治山の説に

基き、幕政時代には天和年間河村瑞軒が淀、大和兩河を修治するに當り其の上流大阪府北河内郡星田村を初めとし流域内各所の崩壞山腹に植樹の必要を力説し其の後明治初年和蘭國よりフアンドールン、エツセル、リンドウ、ケツセン、デレーケ等の工師來朝して淀、木曾其の他諸河川の治水策を建議するや何れも流域内崩壞山腹並に溪間に砂防工事を施行の必要を説けり。之が爲我國の山腹砂防工事は比較的順當に發達せしものにして今之が進展の階梯を記せば舊幕時代には雜木植込、筋芝工、飛芝工、筋粗朶工、筋藻工、逆松止工、杭柵止工、搔上げ留工、築止工、石垣工等の諸工を施行し明治初年には連東藻網工、柵留連東藻工、土堰堤工、水筋柴工、水道石垣工、柵止堰堤工、柴工堰堤工、割石堰堤工、柴工洗床工、柴工床固工、俵留工、土俵留根圍工、根石垣工、積苗工等を採用し其の後多年間の經驗に基き之等各工種の長短良否を明にして現今にては専ら筋工、法切工、積苗工、積芝工、水路張芝工、粗朶伏工、苗木植付工、積石工、護岸工、緋柵工、土堰堤工、木堰堤工、石堰堤工、混凝土堰堤工、水路張石工等を施行するに至れり。斯く溪流上流地域は盛に施工さるゝに關らず其の下流部は何等顧慮せずして原始的狀態に放置し徒に荒廢に委せ其の結果洪水に遇へば堤内の汎濫、耕地の流失通信交通の杜絶を招くを普通とし茲に計畫的施設さるゝものなし。然れども元來砂防工事とは決して單に山腹工事の一部のみに止まらずして一溪流の上流より其れが本流に注入する間までを治めて其の目的を達せりと云ひ得可く、又其の効果も茲に始めて顯著なるものにして現今の如く僅に上流部のみに施行せる山腹及溪流工事を以て砂防工事を完了せりと云ひ得可きものにあらざれば、今後益々之等山間唯一の生産地域たる下流部に施行して砂防の効果を大にし始めて一溪流に對する砂防の目的を完結せしめざる可らざるものとす。著者多年徳島縣吉野川支流曾江谷川及日開谷川の下流部工事に従事し其の間經驗考究せし諸點を記載して以て溪流下流部工事に資せんとするものなり。

第一章 野溪下流部

第一節 野溪下流部の意義

溪流の水源地帯に於て之を被覆する地被物なからんか山腹を流るゝ降水は集中して小溝をなし、水力の一部は風化物質の流送に要すれども餘力は進んで地表の浸蝕力となりて溪溝を浸掘低下し、益々山脚の崩壞滑落を惹起し鋭三角形横断面の小溪をなす。之等の小溪溝は山腹に發達し常に地表を破壊して土砂石礫の生産に努め之を下流に流送するものなり。

此の土砂の生産地域に連續せる溪流は流向の變換衝激による山脚の洗掘、山腹の崩壞等により尙新たに砂礫を生産する場合ありと雖も多くは既往の浸蝕により抵抗力充分なる河床上に水流を導きて専ら上流生産地帯より流出する土砂石礫を下流に流送するに努め、從て河床

の浸掘隆起共に顯著ならざる流過溝をなす。而して之等の兩地帯は主として山間溪谷の地域に屬すれども溪流之より進んで廣袤なる地域に流出せんか、之所謂野溪下流部に屬し河幅は擴大し、従つて水深及河床勾配を減少し從來所有せし水の押轉力は著しく減退して引續き土砂石礫を下流に搬出するを得ずして之を河床に沈澱堆積し、上流より土砂石礫の流出止まざれば此の堆積は圓錐形に益々發達して下流に及び、河床を昇高し砂洲を形成して水流を障害し爲に左右に分流して一定の流路なく河床の所々に舊水流の痕跡を留め、且つ流過溝には常水あるも此の區間に於ては水は多くは地下水となり地表水なきを一般とす。例へば徳島縣吉野川左支會江谷川の如き峽谷を出でたる茶園嶽は下流部一里の間に於ては常に地表水なきも町杭27町附近にては土砂堆積地下を深さ數米に掘鑿し河を横斷して矢板を並立し容易に地下水を引用して左岸十數町歩の灌溉に利用するが如き之なり。

第二節 野溪下流部の位置及形狀

野溪下流部の位置は上述の如く野溪が山間より展開せる地域に流出するより始まりて其れより下流部本流に合する區間に發達するものにして、此の區間の長短流出土砂の多寡人爲的施設物の有無等に應じ其の位置及形狀を異にし、第一は流出土砂多量にして本流に達する區間短縮し且つ人爲的加工物なき場合は最も完全に流過溝より本流に合する區間に於て扇狀に發展せる砂礫圓錐體をなし現河流は其の中央に存在す。例へば岐阜縣養老山脈より發して揖斐川に注入する養老、小倉、羽根、山崎、盤若谷等の諸溪流の如し、殊に海津郡太田村盤若谷は其の優なるものにして溪間を出で揖斐川に至る一軒餘の間は往古に形成せる圓錐形砂礫堆積地にて、安江及新田の兩字は圓錐地帯の完成後この堆積地上に建設されたる部落にて今日存在する護岸水制の諸工事も其の後に設置されたるものなるが故に之等の工作物は此の砂礫堆積地域の發達に何等無關係なり。又愛媛縣中山川左支關屋川の如きも實に宏大にして同じく完全發達に近き砂礫堆積地帯にして中山村字關屋は此の上に存在す。然し同字は河床より遙に低地に位し時々溪流氾濫の危險に瀕するを以て人爲的施設物により水流を堆積地域の一部左方に制せるが爲に現在其の形狀を害する事甚しきも之れ河床を一方に偏せる好例なり。

第二は人爲的施設物により砂礫堆積地帯を限定せる場合に於て前者に比し砂礫生産地帯に於ける活動は比較的近世に近きもの多く且つ人類生棲後に於て盛に活動し人類の生存に脅威を與へしを以て人爲的施設工事に由つて一定の地域内に堆積地帯を限定するものにして、其の結果圓錐形狀堆積は著しく變形さるゝものにて彼の耕作地内に土砂の氾濫流出するを防止せんが爲に兩岸に築堤し一定の流路内に野溪下流部を誘導し、而も流出土砂は停止せざるを以て年々堤防を増築し堤外河床地の堤内地より遙に高き天井川の如きは最も顯著なるものなり。例へば六甲山脈より瀬戸内海に注ぐ諸溪流及滋賀縣野洲川左支草津川、京都府木津川右支

不動川等之に屬す。又人爲的築堤により土砂の氾濫堆積地域を限定せずと雖も溪谷の流過より下流部に於て往古の地殻大異變に際し形成せる第四紀層其の他の丘陵地存在し、第一次に之により自ら人爲的築堤と同様に下流部河積を限定し、第二次に人爲的築堤により河床を制限せるもの尠からず而も之等の溪流には野溪的河川とも稱す可き大溪流多し。例へば徳島縣吉野川左支會江谷川及日開谷川、山梨縣笛吹川左支日川、富士川右支大柳川等とす、素より此の種の下流部に在つては宅地耕作地等生産地域のみ人爲的に河積を限定し其れより下流部の本川合流地點に於ては又自然の儘に放置するを以て此の築堤間を恰も通過溝同様に作用し、其れより下流を第二の下流部となすが如き觀あれども、築堤間内の河床が常に流出土砂量の如何に由て昇降し若し之等人爲的施設物或は自然的障害物を除去せんか完全なる砂礫圓堆地を形成するものなり、例へば徳島縣吉野川左支高瀬谷の如し。

第三は土砂石礫の生産量比較的多量ならざる時或は流過溝より本流に合する下流區域の特に延長せるか、又は出水時に本流の逆流作用により土砂を遠く流送し難き場合等に起るものにて流過溝より搬出せる土砂は流過溝に接續する下流部の一部分のみに堆積して其の堆積地の下部より本流に合する區間は小溝を以て連絡するものとす。例へば徳島縣吉野川左支宮河内川の如く本溪流は板野郡御所村字上藤原下流は板野の平野を流るゝものにて、同郡榮村字高木の吉野川合流點にては河幅僅に 30 米にして、之より上流 8 軒の間は河幅狭小にして河底は兩岸より低き事 3.4 米、且河床は泥淤にて滿ち水草繁茂し一見沼澤の如く敢て荒廢溪流の觀なきも大山村字西分の雉子橋より上流は河幅擴大し土砂石礫漸次堆積して河床は兩岸より昇高し、尙進んで上藤原に至らば河幅 120 米に及びて土石の堆積益々亘多に且つ地表水なく全く荒廢溪流下流部たるを知る可し。此の原因は上記雉子橋より下流部は洪水の際吉野川本流の氾濫により溪流内に却て逆流し従つて砂礫を遠く溪流の下流部に流送し得ざるがためとす、又人爲的に砂礫堆積地を設くる場合も稍々之に類似の形態を取るものにして、例へば滋賀縣百瀬川の如き流過口以下々流部分は築堤によりて第二種の如く天井川となれども河積廣くして土砂の堆積力に富めると且つ曲流をなし流路長きが爲下流琵琶湖に注ぐ附近にては決して荒廢の狀況なき小溝に過ぎざれども、流過口より下溪部 3 軒の間に於ては多量の砂礫を堆積し河床は堤内より十數米高く、縣道は隧道によりて河底を通過する等實に驚く可き荒廢狀況を示す。又三重縣鈴鹿川左支御幣川支鍋川にて椿村字山本は土砂堆積地上にあれども堆積地の下部は小溪たり、然れども現今益々盛んに土砂を下流に流送して此の堆積地を延出しつゝあるものなり。

第三節 野溪下流部の方向

上流より流出する土砂石礫は沈下堆積して野溪下流部を形成するものなるが此の砂礫は水

流により流送さるゝを以て水流の方向は野溪下流部の方向を決定する主要素なり、然るに水流は其の地の最大勾配を撰びて通ずるものにて二點間の最大勾配は其の最短流路なり、故に一の本流に對し野溪が注入するに際して其の最短距離は流過口より本流に直角に交叉する直線上にあらざる可らず、従て野溪下流部の堆積土砂は流過口を中心とし圓錐形に分散堆積すと雖も其の主たる方向は本流と直角に交るを原則とし、本流に鋭角をなして合し或は本流と平行に流るゝが如きは本流河岸の自ら其の内部の土地より特に高きか或は丘陵岩角等其の土地に固有の障害物存在する場合、本流の氾濫により野溪の水流の著しく作用を受くる場合人為的に野溪の流れを透導する場合等特種の原因によるものなり、例へば徳島縣吉野川に注入する各野溪に就きて見るも野村谷は三好郡郡里村字芝坂蕨草の通過溝にては吉野川に殆ど平行なれども、之より出でゝ土砂堆積地たる野溪下流部にては本流に直角に進み美馬郡岩倉村の井口谷、美馬郡脇町の大谷、美馬郡江原村の曾江谷、阿波郡東林村の東條谷、阿波郡伊澤村の伊澤谷、阿波郡市場町の日開谷等何れも本流と直角の方向に野溪下流部砂礫圓錐體をなし殊に美馬郡脇町字新町の新町谷は日頃水流なき溪流なるが流過溝と本流との間隔約 15 町ありて流過溝を出でゝ堆積せし砂礫は約 9 町に及び尙殘部 6 町の間には土砂の流出せるものなく然も一定の流路なし、然るに大正 4 年以後出水毎に此の區間の砂礫圓錐發達の狀況を調査せしに流出の砂礫は平坦なる耕地を荒廢しつゝ常に本流と直角の方向に堆積して 9 年 3 月に至る間に實に 40 餘間を前進せり。只吉野川支溪中宮河内川は殆ど本流に平行に流るゝものにて其の原因は砂礫圓堆地の先端たる御所村字宮川内の右岸に堅固なる砂岩層の突起せる箇所あり、之がため同箇所に達するまでは吉野川に直角の方向を取れる下流部の流路も此處に衝激して急に流路を變更し遂に本流に平行に流るゝに至れるものなり。然れども昔時本溪流の荒廢甚しくして盛に土砂を流出し上述の岩層を土砂にて埋没せし當時には岩層の流路に及ぼす作用もなく、従つて御所村字山分吉田より一條村字柿原を通過して吉野川本流に直角に注入せし痕跡を今尙視察し得可きものなり。次に本流と合流點に於ける野溪下流部が如何に本流氾濫の影響を被むるかを見るに本流出水のため直角に注流せる溪流は合流點附近本流の作用區間に於て鋭角に注入する場合尠からず、尤も此の流向變位は本流及之に注ぐ溪流の出水狀況に左右さるゝものにして、本流の出水に比し溪流の出水量の著しき時は良く直角方向を支持すれども、之に反し溪流の出水に比し本流の出水量著しき時は溪流は下方に鋭角をなして本流に注ぐ。又本流、溪流共に著しく出水する場合と雖も其の最高水位時には自ら相違あるを一般とし概して溪流は出水減水共に本流より迅速なるが故に一出水に對し最初直角方向を以て合流せし溪流は最後に鋭角の流路にて終る場合多く此の現象は本支兩流の相違大なる程明瞭なり。例へば徳島縣吉野川は流域面積 240 方里之が幹川流路延長 60 里餘にして何れの出水時に對しても全流域内に於ける低氣壓の分布は決して一樣ならず、之がため流域

内の各地點に於て降水量を相違し殊に雷雨の如き局部的の降雨に對しては之が支流たる流路延長僅に 5 里 34 町の一溪流會江谷川の例に徴するも山間部と平地部の降雨量を異にするものにして、彼の大正 7 年 7 月 11 日午前 11 時の降雨量は會江谷川上流山間部たる江原村字清水地方にては 1 時間 20 耗に過ぎざりしも下流平地部にては 40.6 耗たりき。況や一層流域面積擴大せる本支兩流間の降雨量の差は一層著しきものなり、元來吉野川本流の洪水量は其の水源地帯劍山々脈の降雨量の如何に依る處多くして高知縣長岡郡本山町の森林測候所にて觀測の降雨量は常に本川出水の標準たるを以て、同所觀測の降雨量と會江谷川の出水を豫知す可き美馬郡脇町郡役所にて觀測の降雨量中大正 5 年以降 5 箇年間に兩流に大洪水を及ぼせしものゝみに就き其の降雨量及最高水位時を調ぶるに次の如し。

年月日	降雨量		最高水位		最高水位時間	
	本山 耗	脇町 耗	吉野川本流 脇町量水標	會江谷川 第一號堰堰同上	吉野川本流 脇町量水標	會江谷川 第一號堰堰同上
大正 6 年 10 月 9 日	13.8	15.3				
" " 10	161.8	95.6				
計	175.6	110.9	尺 22.50	尺 3.36	日 前時 分 11 4 30	日 前時 分 11 0 30
7, 7, 10	123.4	50.0				
" " 11	186.8	123.5				
" " 12	54.7	23.5				
計	364.9	197.0	尺 34.00	尺 3.50	日 後時 分 12 5 0	日 前時 分 12 9 10
7, 8, 8	225.0	20.0				
" " 9	44.1	0.0				
計	269.1	20.0	尺 19.50	尺 0.0	日 前時 分 9 10 30	—
7, 8, 28	2.1	1.4				
" " 29	142.5	250.0				
計	144.6	251.4	尺 26.00	尺 3.50	日 前時 分 30 9 0	日 前時 分 30 1 0
7, 9, 13	32.5	27.9				
" " 14	80.1	140.0				
計	112.6	167.0	尺 22.00	尺 3.55	日 後時 分 14 9 0	日 後時 分 14 7 0
8, 9, 12	5.6	17.0				
" " 13	162.6	174.8				
" " 14	84.5	87.7				
計	252.7	279.5	尺 17.00	尺 3.50	日 後時 分 14 12 0	日 後時 分 14 10 30

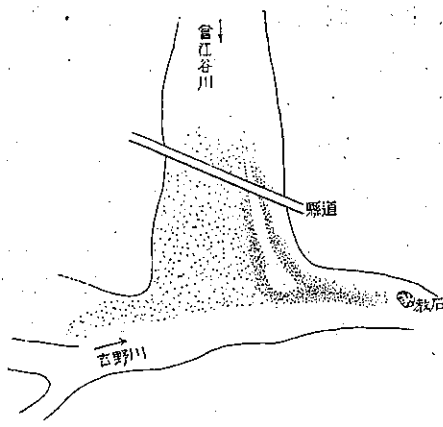
注 意

吉野川本流脇町量水標は會江谷川合流點より約 33 町の上流に設置さるゝものにして合流點に於ける本流の最高水位時は上記時間より通常 30 分乃至 1 時間を遅延するものなり。

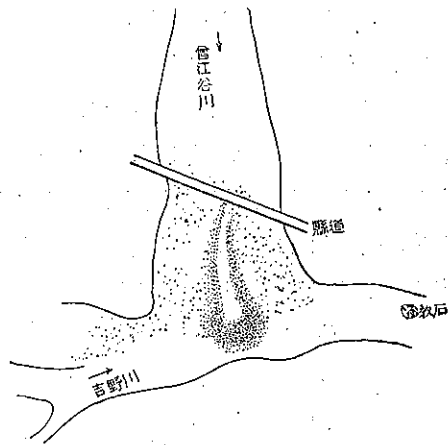
之にて明なるが如く溪流會江谷川の最高水位時は本流の最高水時に比して 2 時間及 8 時間早く而も本流の水位高き場合程其の差は著しきものなり、又斯る現象は日開谷川、大谷川

等何れの溪流に對しても同じく認識せる處なり。以上の如く本、支、兩流の出水時を異にする結果、大正 7 年 7 月 12 日の出水に就きて見るも本流の出水未だ甚しからざる頃には曾江谷川は直流をなして本流に合し午前 9 時頃の曾江谷川最高水位時に於ては合流點にて實に丈餘の激浪を起して本流に直角注流せり。然れども其れより曾江谷川の減水と之に反し本流の増水により波浪は漸次緩和すると共に曾江谷川の合流點は遂に下流に傾きて鋭角合流をなせり、之がため出水と共に流送する砂礫の堆積狀況も絶えず變化し、大正 8 年 9 月 14 日の出水の如き曾江谷川に比し本流の出水量少かりしがため第一圖に示すが如く

第一圖



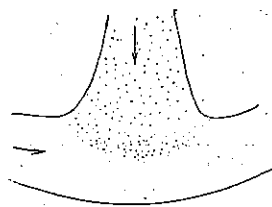
第二圖



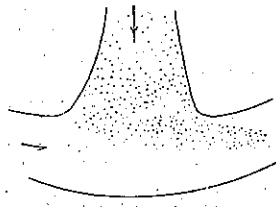
溪流合流點の中央部に流下せし砂礫堆積せしが次回の出水は其の狀況相反せしが爲第二圖の如き形態に移れり。

尙野溪下流部と本流の合流點に關し上述の曾江谷川、吉野川支流美馬郡協町大谷川、淀川支流滋賀縣栗太郡大戸川、野洲川支流滋賀縣甲賀郡大砂川、木津川支流京都府相樂郡不動川及兵庫縣武庫郡夙川等の溪流に就き出水の際調査せし處によれば溪流が本流の外曲部にて合流する場合は一般に土砂の堆積量多くして砂礫圓錐體の發達良好なり、然し曲流半徑大

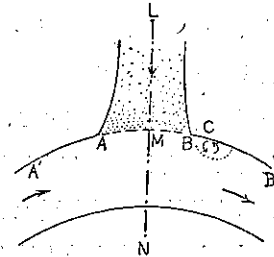
第三圖



第四圖

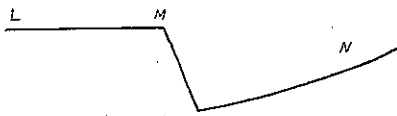


第五圖

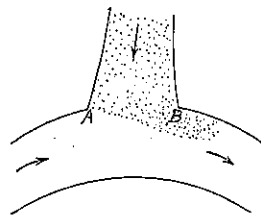


なれば出水時に於ける本流は著しく直流に傾き従て堆積形状は第三圖より第四圖となり、又其の減水に及び砂礫の押轉流送力を失ふため本流中に第四圖の如き舌形の砂礫堆積地をなす。次に本流の内曲部に合流する場合に於て本流の水勢が之に合流する溪流の水勢に比し遙に優れる時は、第五圖に於て溪流 A-B 線まで溪床を轉流し來れる砂礫は A-B 線に於て果然本流の押轉力に會ひ本流中に飛躍流送さるゝものなり。而も溪流より絶えず土砂を流出する限りは A-B 線は A-A' 及 B-B' と同一半徑の曲線をなして本流の水流は特に A-B 線を浸蝕して河幅を擴大し或は溪流により A-B 線外に進んで土砂堆積し以て河積を縮少することなく平衡状態を示すものとす、且つ B 點の下流部 C 點には合流の結果渦流を起し L-M-N 断面は溪流の堆積砂礫と本流曲流の浸蝕作用により第六圖の如く合流點に顯著なる段階をなす、以上の如き場合に於て本流の水勢衰ふるか或は野溪流の水勢増大せば溪流より流出する砂礫の堆積は本流の河床上に第七圖の如く進出し此の堆積は第五圖の渦流を中心として發達す。然し本流中の土砂堆積も A 點より上流に形成さるゝこと稀なり、次に本流内曲及直流部に直角に注ぐ溪流下流部の兩岸を護岸其の他の施設にて一様の河幅に限定して合流せしむること第八圖の如きに於て本流の出水大なる時には溪流より本流内に土砂の流出作用を甚しく阻害するが故に上流より流出する砂礫は容易に溪流下流部に堆積して河床を高むること著し

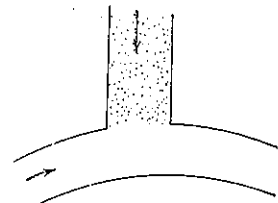
第六圖



第七圖



第八圖



きものなり。然し此の堆積土砂も本流の減水により又は溪流の大出水により本流中に流出す、之が最も適例は吉野川支大谷川にして本溪流は美馬郡脇町を貫通し附圖第一に示すが如く吉野川内曲部に注ぎ北橋上流部は河幅擴大し河床中土砂の堆積するもの多く亂流をなして砂洲を形成すれども其れより下流部は一様に張石護岸工を以て河幅を14間に定め河床を整理し土砂の堆積するもの尠く殆ど一定の横断面をなす、此の區間を通じて吉野川に流下する土砂は合流點より約2町餘下流の本流内に長楕圓形をなして堆積するを普通とす。大正7年7月12日の出水は本流は脇町量水標にて34尺に及ぶ大洪水なりしも、大谷川の出水は中水に留まると其の下流部が一様河幅にて、而も合流點は直角なるがために本流の出水は溪流の流下を阻害し上流より流下する土砂を容易に本流内に流出せしめ得ずして其の結果附圖第一縦断面に示すが如く多量の土砂を溪流下流部内に堆積し堰堤を埋没し出水前 1/26 内外の河床勾配は 1/35 に緩和し、又出水前本流中に存在せし砂洲は溪流より土砂の流出を絶ちしが爲悉く流失

し却て甚しく此の間の河底を浸掘せり。又大正7年1月30日の出水は本流に比し大谷川の出水甚しかりしが爲上述溪流下流部の堆積土砂は全部本流内に流去し7月の出水前同様に河床勾配 $1/26$ を示し土砂の堆積なく整理されたるが如き下流部となれり。尙本流中には之亦7月出水前の如く溪流の流出土砂により砂洲を形成せり、彼の大正元年大谷川の出水は脇町北橋下流部兩岸に汎濫して多數の人家を流失し未曾有の慘狀を呈せしが此の汎濫の原因に關して上流部山地に崩壞多數起り多量の土砂を下流部河床上に堆積せしによると云ふも、北橋上流部には既設堰堤により適當に流出土砂を調節するものなれば、其の主因は當時吉野川本流は古來稀有の大洪水たりしを以て上述の如く全く大谷川の土砂流出を阻止し、以て河床中に著しく土砂の堆積を來せしによるものにて、今尙河口附近に $1/40$ 勾配にて當時堆積せし土砂の痕跡あるに見るも明なり、以上の事實は溪流下流部に何等人爲的施設なく自然に放恣せる場合には本支出水の狀況に順應し溪流は自ら合流點に於ける流心方向を轉位し、以て容易に土砂を流出し得るものなれども人爲的設備により此の微妙なる自然的流出作用を緘止せしに起因する不自然狀態にして之流出土砂甚しき溪流下流部の方向決定に關し大に考慮すべき點とす。

第四節 溪流下流部の縦断面

水の押轉力は破壊崩壞により砂礫生産地に存在する土砂石礫の流送の爲に其のエネルギーを分ちて流速を減少し河床に及ぼす浸蝕作用を緩和するものにして、若し土砂石礫の流送の爲に全押轉力を必要とすれば最早河床の浸掘を起さず、又流送土砂量が其の押轉力により流送さるゝより過量に存在すれば其の一部の土砂は堆積して河床を高むるものなり、其の結果一點を起點とし其れより下流は勾配の増大を示すべく此の勾配増大は、増大に起因して水の押轉力を増し再び土砂を下流に流送し得るまで進展するものなり。尙勾配形成は其の箇所に於ける水量及土砂量に重大なる關係を有するが故に支溪の合流により水流中に於ける土砂及水量比を變化すれば自ら合流後の勾配に變化を示すものなり。又一水路上の流量及土砂量の關係は異ならずと雖も土砂の流下に伴ふ砂礫形態の減少により河床の土砂を流送して勾配を減少し再び押轉力と流出土砂間に平衡を保ち其の移動を止むるものなり。之等の作用により溪流下流部の河床勾配を形成し勾配線は漸次緩和するか或は直線形をなすか又は再び急勾配を現出するかの三者の中にあり。

然らば實際につき之を見るに徳島縣吉野川支流曾江谷川は其の下流區間町杭 33 町附近にては河床の處々に直径 3 尺餘の大なる流石轉在し流身は主として徑 1.5 尺の石よりなれども之より下流に行くに従ひ河床は小なる石よりなり町杭 6 町附近にては流身中の石と雖も徑 1 尺以上のもの稀なり、又吉野川支流日開谷川にても町杭 33 町附近にては徑 2 尺餘の轉石あ

れども町杭 6 町附近にては徑 5,6 寸に過ぎず。即ち野溪下流部にては河床形成の一般原則により上流より下流に進むに従ひ石礫の形狀を小さくするものなるが、今兩溪流につき下流部に於ける水量を見るに曾江谷川にては町杭 28 町に左支溪宇多谷の合流あれども、其の水量は本流に比し微々たるものにて且本流同様土砂の流出をなし之が合流後の河床勾配に影響する處殆ど見ず。即之等の溪流下流區間に於ては洪水時に上下同一の流量を通ずるものと認め得可し、而して水の押轉力は流量及勾配の相乗積なれば流量一定せる際流出土石の形狀よりして上流部は下流部より水の押轉力大なりと断定し得可きを以て、當然河床勾配も亦上流部に於て下流部より急ならざる可らず、溪流下流部區間に於ても河口に近づくに従ひ勾配緩和せる一定の拋物線狀河床をなす可きものなり。然るに兩溪流の勾配を検するに曾江谷川は 1/83.6 日開谷川は 1/110 の何れも一直線形を示す。尙此の外吉野川支流大谷川は 1/47, 1/27, 1/26, 1/21 (附圖第一參照) と下流程急勾配を示し滋賀縣野洲川右支大砂川は大砂川橋下流野洲川に至る 180 間の區間に花崗岩質砂礫の堆積よりなる同川下流部をなすものなるが、其の勾配は 1/81.3, 1/58.4, 1/30 (附圖第二參照) となり滋賀縣大戸川支宮川は 1/89.7, 1/79.4, 1/37.4 を示し (附圖第三參照) 此の小支溪松原谷、堂ヶ谷も亦何れも下流に急なり。

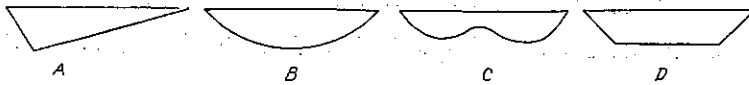
此の外京都府木津川右支不動川は明治初年より砂礫生産地帯及流過溝に對し砂防設備を施し往時流出土砂著しき天井川たりしが當時の下流部を現存する堆積土砂の痕跡より調査すれば 1/13.2, 1/83.7, 1/74.1, 1/64.7, 1/61.4 の河床勾配にして (附圖第四參照) 之等の例によれば荒廢せる溪流下流部の勾配は何れも河川一般の原則に準ぜずして直線狀或は下流に従ひ急勾配を示すものなり。之全く野溪下流部にては其の上下に於て洪水量の増減なきも下流に進めば四圍の地に自由に氾濫し河幅は益々擴大するを以て水深の減ずる事著しく、以て押轉力即ち砂礫の流送力を減じ此の結果河床に堆積する砂礫層は下流に進む程大面積に及ぶと雖も、其の層厚は減少するものにして此の現象は出水毎に反覆され遂に上記の如き下流區間に於ては下流に進む程急勾配をなすものなり。然れども砂礫生産地を治めて流出土砂の供給を斷たんか水力により土砂堆積の溪流下流部上を浸蝕して一定の流路をなし斯る逆勾配を變化して一般河川固有の下流に進みて漸次緩なる河床に改まるものなり。尙上述諸例に於ける其の最下端に於て最急勾配をなすは之本流出水の影響によるものにて野溪の土砂含有量に比し優に水量比大なる本流の作用により土砂を沈下堆積せしめずして容易に流送せるによるがために吉野川及曾江谷川に於ても本流の直接濫流區域は曾江谷川町杭 12 町以下なれども、之が間接の作用により町杭 3 町以下は 1/83.6 より 1/69.8 の急勾配となれり、又水量及流出土砂量の比が縱斷勾配に作用する點を例示せんに彼の大砂川の大砂川橋上流部に注入する左支溪は嘗て大砂川本流同様に多量の土砂を流出し其の河床勾配は本流と殆ど等しく 1/62 にて此の合流後の大砂川は 1/74.2 の勾配たりしが、其の後同支溪は砂防設備を施行し目下は降雨に

逢ふも水流濁らずして其の河床は下流にて 1/64.4 となり合流後の本流勾配は 1/81.3 となり、此の作用は出水毎に下流に及ぼせり。

第五節 野溪下流部の横断面

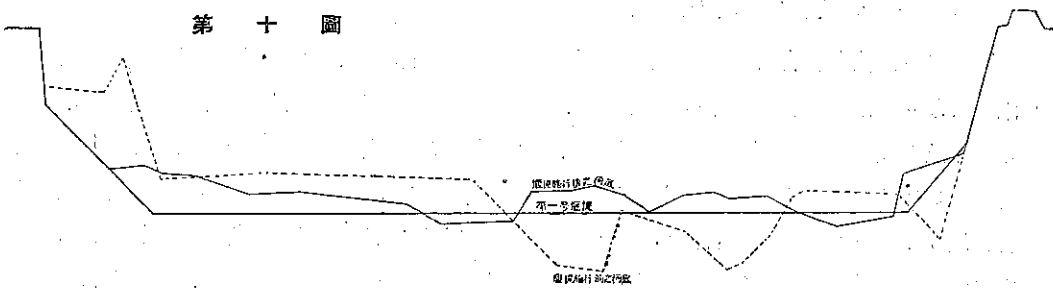
野溪下流部は砂洲の移動、流身の變化により殆ど一定の横断面なきが如きも尙一般河川の如く 第九圖 に見るが如き四種の断面形に区分し得可く、例へば吉野川支會江谷川にて町杭

第九圖



35 町以下本流合流點に至る區間各断面につき精査の結果は町杭 31.5 町の横断面は A に近似の形狀を示し、曲流の頂點たる町杭 31 町にては益々 A 形となり之より河身が右岸に衝突し變向して河の中央部に移るや町杭 28 町の横断面の如く B 断面形となり、町杭 22.5 町にて河身左岸に移りて又 A 断面形をなす。只之を前述町杭 31 町の横断面と比較せば前者は河幅狭小にして水深々く従て流路の形成一層明瞭なれども後者は過大の河積に亂流甚しきが爲河床の形狀稍明瞭を缺くものあり、之より下流は益々砂洲擴大し其の結果分流して町杭 18 町の如く C 断面形を取れり。然れども兩岸の護岸により河積を狭小せるため進んで亂流を許さざるを以て町杭 16 町にては D 断面形をなす、町杭 14.5 町は左岸曲流の頂點にて再度 A 断面形をなし而も町杭 22.5 町より断面積小なるが故一層形狀明瞭なり。之より流身の轉向により町杭 13.5 町にては再度町杭 18 町の如く C 断面形を取らんとすれども河積小なるが故に自由に河床の中央に砂洲の形成を許さず、其の下流町杭 12 町にては又 D 断面形に移り町杭 10.5 町にては A 断面形に近づけども以下河幅急に擴大し河床中砂洲の形成を恣にし亂流甚しきが故従前の如き判然せる断面形狀なしと雖も、町杭 7.5 町の如く A 断面形に又町杭 5.5 町の如く B 断面形に近似するものなり（附圖第五参照）。以上の如き横断面形は吉野川支日開谷川にては同じく認むる處なり、而して荒廢溪流にては出水の際上流より流出す

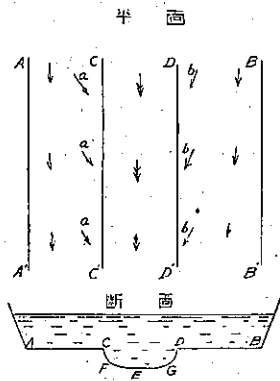
第十圖



る土砂は何れの断面形にても主として各断面の流心によりて流出さるゝが故減水に及び水の押轉力の減少すると共に土砂の流送力亦減じて断面中の最深箇所に形状小なる砂礫を堆積残留するを一般とす。又出水中流心により如何に土砂の流送さるゝかは曾江谷川の町杭32町の箇所に大正4年度に第一號堰堤を設置せしが堰堤設置前の河床横断面は第十圖に見るが如く河の中央部に最も深き二つの河身を作り其の河底は何れも徑1尺以上の石よりなり出水中大部分の流量は之より流去せしが、大正5年中位の出水に依り河狀變化して断面圖に示すが如く従前の流心は全く流出土砂の堆積埋没せるのみならず、却て他の河床より升高して出水中大部分の土砂が専ら此の流心より流出せる事により證せらるゝものなり。此の現象は何れの堰堤にても實驗する處にして即ち流心は荒廢溪流下流部に於ける出水中唯一の土石流出口たり。

又兵庫縣夙川にて大正9, 10年に亘り出水に際し調査せし處によれば同溪流河床は花崗岩質砂礫よりなるものなるが、不規則なる河床中偶々第十一圖の如き稍規則正しき複断面形を呈する箇所あり。此の箇所に於ける砂礫流送状況を見るに上流より流下する砂礫は主として

第十圖



$C F E G D$ なる断面の河床上を流れ而も $A A'$, $C C'$ 及 $B B'$, $D D'$ の河床上を流るゝ小形の土砂は $C C'$ 及 $D D'$ 等の複断面の縁に沿ひて a 及 b にて示すが如く $C C'$, $D D'$ の流心に向ふ水流の爲に浅き河床上を轉流して流心中に流入するや茲に大なる押轉力のため直ちに流送さるゝものにして、此の流出土砂の爲 $C F D G$ なる河岸の浸蝕を防止するのみならず $F E G$ なる河床を自ら押轉力に抵抗し得可き砂礫にて固定し、河床に於ける浸蝕竝に土砂堆積なき平衡状態を持続せる断面形を保つものにて之流出土砂多き溪流に複断面形採用適否の一理ともなるものなり。

第二章 徳島縣吉野川支流曾江谷川下流部溪流工事

第一節 曾江谷川の河狀

曾江谷川は徳島縣吉野川の北方阿讃山脈に屬する香川縣大川郡奥山村に發し東俣、西俣の兩流となりて南に流れ徳島縣美馬郡江原村宇落合にて合流し江原村宇拜原にて吉野川に入る。流路の延長5里34町流域面積4.7平方里にして流域界の西北東の連山は高さ1500尺乃至3000餘尺にて3114尺の大瀧山を以て最高峰とす。地勢一般に急峻にして地質は香川縣に屬する上流部僅の花崗岩質を除くの外多くは和泉砂岩層の砂岩、泥岩及變岩等よりなり之に洪積層及沖積層を以てす、變岩は最下位に位し砂岩は此の上位にありて風化深層に達し

龜裂多し、泥岩は各層間に介在し極めて容易に風化し例へば秋期出水の際下流部に徑5寸内外のもの多く流出轉在すれども冬季間に悉く風化分碎して翌春に至りては其の形態を留むるものなし。斯る泥岩の風化崩壊により一層砂岩層の崩壊を誘導す、且つ之を覆ふ洪積層に多量の粘土質を含み強雨により其の滑落を來すもの多し。以上の如く崩壊容易なるに加之由來徳島の地は山岳多く耕地は吉野、那賀、勝浦、鮎食諸川の沿岸及各溪流下流部の小區域に限らるるが爲溪流の兩岸に田を拓き山腹急斜の地に切畑焼畑をなすの風あり。曾江谷川流域に於ても各支流の兩岸に石積工を施して河積を狭小にし水田を階段狀に設け又山腹山頂には緩斜地を利用して畑を拓き甘藷、蕎麥、煙草を耕作するが故降雨の際一層崩壊を助成するものなり。然れども地球一般に肥沃にして赤松、樺其の他の雜木よく生育し彼の山腹山脚の崩壊箇所も草木容易に繁茂するを以て崩壊後數年ならずして何處に崩壊地の存在するやを疑ふが如きも精細に調査すれば何れの小溪にも拋物線形の山腹崩壊の跡を示さざるものなし。最近に於ても江原村大字曾江山宇西赤谷、水谷は流域内樹木よく生育すれども不透水の粘土層の爲大正元年9月の大雨の爲山腹面積1900坪の大崩壊をなし其の下部は僅に1間餘の溪口より多量の土砂を曾江谷本流に流出して溪口に堆積する土砂は10數尺の高きに及び。又大正7年には江原村大字曾江山宇夏子谷の山腹崩壊し流出土砂の爲一時曾江谷の流れを絶てり、尙大正8年には江原村大字曾江山宇西赤谷及宇多谷等の崩壊を見たり、斯く大小の山腹山脚崩壊は年々續出し何れも多量の土砂石礫を曾江谷川に流出すれども小溪本流共に水勢烈しきがため巨岩の外は溪床に留まらずして悉く下流に流出し此の流出土石は江原村大字曾江山宇落合下流に堆積し殊に江原村大字曾江山宇西赤谷茶園下流は山開けて山間部の平地に走る所謂溪流下流部たるを以て、之が本流に至る延長1里河幅60間乃至300間の區域には巨量の土砂を堆積し出水毎に吉野川に流出する土砂量亦著しく今日曾江谷の河口遠く砂礫内に露出する六ツ石は今より30年前には吉野川本流中にありて吉野川航行船舶の繫留所たりしと云ふ。而して此の溪流下流部は常に地表水なきも一朝強雨に遭はゞ忽ち大洪水を惹起し激流は兩岸堤防を破損し家屋を流失し耕地を荒廢し實に吉野川溪流中最も悪性の最大支流にして之に次ぐを日開谷川とす。日開谷川は香川縣大川郡福榮村に起り徳島縣阿波郡市場町にて吉野川に入り流路延長4里22町流域面積3.7平方里其の地質流域内の林況及河狀は曾江谷川に彷彿たるものにて下流部は阿波郡大俣村宇日開以下本川合流點に至る1里の區間に於て此の河幅50間乃至250間とす。

而して之等の溪流の下流部は第一章に述べたる一般荒廢溪流下流部の性質を完備するものにして河床の凹凸極りなく河床の中央に雜草生育する砂洲或は堤脚を浸掘する河流あり、而も之等の砂洲及河流は出水毎に變化して一定せず、故に河床を固定して現在堆積せる多量の土砂を保持し之が本川に流出するを防ぎ一定の流路を設定して兩岸を保護し以て破堤に基く

堤内氾濫を除かんがため大正 4 年度以降 5 箇年間の繼續事業として曾江谷川、日開谷川共に 9 箇の床固堰堤を施設し大正 9 年度に工を了せしものなり。

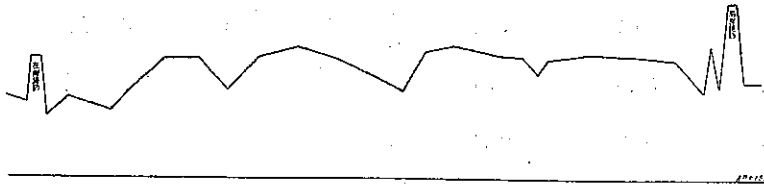
第二節 従來施設の工法

一般に野溪下流部の砂防設備は其の兩岸の人家及耕作の保護交通の安全等より起るものにして、住民稀に洪水の氾濫土砂の堆積を自由たらしめし時代には水深淺く流勢亦烈しからざるを以て直接危害を被むる地域の外廓に河床の石礫を積み上げて簡易に其の地を保護するに過ぎざれば其の施設物に一定の計畫なく統一なきも、人口の増殖につれ下流部沿岸に生産地積の擴大、通信、交通機關の安全を計るに及びて河床を限定して荒地を開墾せんとし堤防を設け水剝を施し而も其れ等の工事は各溪流多年の經驗に基きて其の溪流に適當の工法を施設するに至るものなり。曾江谷川下流部の在來の工法も又此の範を逸せず最初右岸に於ては町杭 20 町附近に現在の堤防より 100 間餘の内地に高さ 4 尺餘りの單に砂礫を以て築き上げたる堤防を設け之により耕地の局部的保護をなせしに過ぎざりしも其の後町杭 18 町附近には前述同様の堤防に 10 貫内外の玉石を以て前法に簡易なる張石をなし町杭 14 町附近のものは單に前法のみならず天端及裏法も同様に張石して多少越水するとも容易に破損し難き工を施せり。斯く工法の進歩と共に常に耕地を開墾し河積を狭小し河床の昇高に基く氾濫を防がんが爲には現今の如く高さ 10 尺内外、天端 3 間、前法 2 割乃至 3 割にて之に張石をなし裏法又高さ 1 間の腰石張を施せる一定の堤防を設くるに至りしも尙出水に際し堤脚の浸掘による破堤の經驗に基き堤防の基礎を河床以下 1 間以上の深さとし胴木、梯子胴木を並用し洗掘甚しき河岸に對しては堤脚前面に沈枠を設置せしも沈枠張石の流失多きが故に之を柵枠に改め且水流の激衝甚しき箇所には長さ 10 間内外にして巨石にて張石せる下向越水々制を設けたり。左岸亦大要此の工法によるものにて斯る工法は獨り曾江谷川のみならず日開谷川亦同様なり。

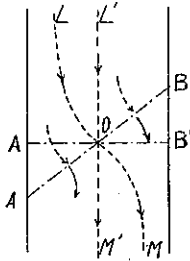
第三節 流 量

溪流下流部に施設する工法の如何を問はず其の溪流の流量を豫知する事は最も必要にして而も至難の業なり。彼の長期間の水位の觀測、直接流量の測定又は降雨量に基く算定方法の如き何れも荒廢溪流にては正確なる數字を得難し。例へば河床の横断面に關しても第一章に述べたるが如く出水中は河身の浸掘さるゝ事著しく減水と共に土砂堆積するが故に出水後の横断面を以て算定の基礎となし難く、又出水後兩岸に附着する塵芥により最高水位を測定せんとするも之稍もすれば甚しき誤差を招くものにして、例へば曾江谷川の流量測定に關しても兩岸固定し河床最も整理されたる町杭 35 町附近兩岸に附着の塵芥を最初參考に供せしが其の後數度の出水に徴するに砂洲の移動流身の轉位により實際兩岸の水位は非常に異り時と

第十二圖 曾江谷川町杭 9 丁断面圖



第十三圖



しては中央のみ特に高き水位を示し、或は流勢の趣く處却て高き砂洲上に水走り低き河床には殆ど水流なき場合のあることを知れり。又流量測定の横断面の撰定に關しても之を圖上より豫定する時には出水時の流心方向不明の爲誤謬に陥るものにて、例へば曾江谷川町杭 9 丁の横断面は第十二圖に見る如く左岸堤防は河床より低くして出水時には當然左岸堤内に氾濫す可きも事實此の憂なきは之第十三圖に示すが如く一般直流たる河床に於ても出水時砂洲の移動の爲局部的曲流をなし、其の結果水は $A'O'B'$ の断面によらず AOB の断面にて流下するが故にして、従て町杭 9 丁の断面にても左岸は其れより上流の高き堤防を以て事實上の横断面を形成するがためなり。

此の外不明なる流出土砂量或は上流に於ける崩壊のため一時水流を中絶せしものが急激に多量の土石流を起し到底豫定し難き不規則の流量を來すものなり。

翻つて曾江谷川下流部の流量を見るに日頃は地表水なきも特に枯渴せる時期、或は降雨頻繁に起る季節の外連続に 43 耗内外の降雨あれば初めて町杭 32 丁の溪流下流部の上端まで僅に地表水を見、之より下流は地下水となりて流去し 70 耗内外の降雨により水流は吉野川本流に達するものとす。又之等の水流は一般に降雨後 5 時間内外にて町杭 32 丁に達するものなり、次に強雨にては其の最強雨後 5 時間内外にて下流部の最高水位を示すを普通とすれども連日の降雨により充分流域内に水分飽和せる場合には漸次此の時間を短縮し最強降雨後 3 時間内外にて最高水位を示す。尙曾江谷川にて大洪水の降雨量及其の降雨状況、洪水時間等の關係は附圖第六及第七、第八に明なるが如く大正 7 年 7 月 10 日午前 11 時より 12 日午前 11 時に至る 48 時間に 354.05 耗、大正 7 年 8 月 29 日午前 11 時より同月 30 日午前 6 時に至る 19 時間に 265.7 耗、大正 7 年 9 月 14 日午前 5 時より午後 12 時に至る 19 時間に 269.9 耗、大正 8 年 9 月 12 日午後 4 時より同月 14 日午後 10 時に至る 54 時間に 299.4 耗は何れも工事施行年度中の大洪水にして之等の降雨の 1 時間乃至 6 時間の最大降雨量及 1 時間の平均降雨量は次表の如し。

自大正 7 年 7 月 10 日 至大正 7 年 7 月 12 日 降雨 (354.05 耗)

連続降雨時間	總降雨量(耗)	1時間平均降雨量(耗)	日	時	摘	要	
1	40.6	40.6	自 10	日午前 11 時	自 10	日午前 12 時	最高水位は 12 日
2	57.0	28.5	自 10	日午前 11 時	自 10	日午後 1 時	午前 9 時 10 分
3	61.3	20.4	自 10	日午前 11 時	自 10	日午後 2 時	
4	67.8	16.9	自 11	日午前 6 時	自 11	日午前 10 時	
5	76.4	15.2	自 11	日午前 5 時	自 11	日午前 10 時	
6	82.7	13.7	自 11	日午前 6 時	自 11	日午前 10 時	

自大正 7 年 8 月 29 日 至大正 7 年 8 月 30 日 降雨 (265.7 耗)

連続降雨時間	總降雨量(耗)	1時間平均降雨量(耗)	日	時	摘	要	
1	31.0	31.0	自 29	日午後 7 時	自 29	日午後 8 時	最高水位は 30 日
2	59.5	29.7	自 29	日午後 7 時	自 29	日午後 9 時	午前 1 時
3	84.0	28.0	自 29	日午後 5 時	自 29	日午後 8 時	
4	112.5	23.1	自 29	日午後 5 時	自 29	日午後 9 時	
5	136.5	27.3	自 29	日午後 5 時	自 29	日午後 10 時	
6	162.9	27.1	自 29	日午後 5 時	自 29	日午後 11 時	

大正 7 年 9 月 14 日 降雨 (269.9 耗)

連続降雨時間	總降雨量(耗)	1時間平均降雨量(耗)	日	時	摘	要	
1	33.0	33.0	自 14	日午後 3 時	自 14	日午後 4 時	最高水位は 14 日
2	63.5	31.5	自 14	日午後 3 時	自 14	日午後 5 時	午後 7 時
3	85.0	28.5	自 14	日午後 2 時	自 14	日午後 5 時	
4	105.3	26.3	自 14	日午後 2 時	自 14	日午後 6 時	
5	122.8	24.5	自 14	日午後 1 時	自 14	日午後 6 時	
6	152.4	25.4	自 14	日午前 11 時	自 14	日午後 5 時	

自大正 8 年 9 月 12 日		至大正 8 年 9 月 14 日		(降雨 299.4 耗)
連続降雨時間	総降雨量(耗)	1 時間平均 降雨量(耗)	日 時	摘 要
1	59.2	59.2	自 14 日午後 7 時 30 分 至 14 日午後 8 時 30 分	最高水位 14 日
2	78.1	39.0	自 14 日午後 6 時 30 分 至 14 日午後 8 時 30 分	午後 10 時 30 分
3	95.5	31.8	自 14 日午後 5 時 40 分 至 14 日午後 8 時 40 分	
4	107.7	26.9	自 14 日午後 5 時 30 分 至 14 日午後 9 時 30 分	
5	116.3	23.2	自 14 日午後 4 時 30 分 至 14 日午後 9 時 30 分	
6	119.5	19.9	自 14 日午後 4 時 30 分 至 14 日午後 10 時 30 分	

以上により大體降雨の狀況を知り得可く、此の 4 回の大水中大正 7 年 8 月 30 日の出水は町杭 32 町の第一號堰堤上流部に設置せる量水標にて最高水位 3.7 尺、其の流量毎秒 13 000 立方尺餘、大正 7 年 9 月 14 日は最高水位 3.65 尺、流量前者に伯仲し降雨狀況亦類似して強雨後 3 時間にて最高水位に達し急に減水せり。大正 8 年 9 月 14 日の出水は 13 日午後 7 時より同 11 時の間に 1 時間平均 13 耗の降雨の爲強雨後 4 時間には水位 1.7 尺に及びしも 11 時以後翌 14 日午前 8 時までの間 1 時間平均 4 耗の微雨たりし爲漸次減水し 8 時以後午後 5 時までは殆ど降雨なく従つて水深 5 寸に減水せしも、午後 5 時より午後 8 時 30 分に至る 3.5 時間に 100.7 耗の強雨にて降雨 2 時間後の午後 7 時頃より急速に増水し、午後 10 時 30 分には水深 3.5 尺、此の流量 12 000 立方尺に及びり。大正 7 年 7 月の出水は 10 日午前 11 時に 1 時間 40 耗の強雨後急に雨量を減じ、11 日午前 5 時より同 10 時に 1 時間平均 15 耗の降雨のため同日午後 1 時には水深 2.1 尺を示せしも降雨の減ずると共に流量を減じ午後 10 時には水深 1.8 尺となる。然し午後 12 時の強雨にて再び水深 3.4 尺に増水し此の流量 10 000 立方尺に達せり此の後者兩回は降雨及出水狀態共によく類似す。

而して上述の流量は第一號堰堤上流部に於て兩岸に石張護岸を有し河床に砂洲なく比較的河流の整理せる箇所を撰定して此に浮標を流し表面流速を測定し係數を用ひ横斷面積を乗じて計算せしものとす。以上により曾江谷川の流量は毎秒 13 000 立方尺の大洪水を明にすれども、尙大正元年 9 月 21 日の洪水は未曾有の大洪水にして其の降雨量 34 時間に 37.2 耗にして水位上記のものより 5 寸高きが故今バザンの算式によれば

$$V = \frac{87\sqrt{RJ}}{1+n\sqrt{R}} \quad R = 134.769/134.82 (\approx 1.0)$$

$$n = 1.75$$

$$V = 3.536 \text{ m/s} = 17.67 \text{ s/s}$$

$$Q = FV = 1467.6 \times 11.67 = 17126 = 17000 \text{ s}^3/\text{s}$$

毎秒 17000 立方尺を得可し、尙大正 7 年 8 月の出水を此の算式より求むるに

$$F = 99.507 \text{ m}^2 (= 1083.6 \text{ s}^2)$$

$$R = 105.85 \text{ m} \quad J = 1/80$$

$$V = \frac{87\sqrt{RJ}}{1 + n\sqrt{R}} = 3.362 \text{ m/s} = 17.09 \text{ s/s}$$

$$Q = FV = 1083.6 \times 11.09 = 12017 \text{ s}^3/\text{s}$$

即之により算出せしものも實測のものと同大差なきを以て本溪流下流部にては毎秒 17000 立方尺を以て最大洪水量とす。

第四節 床固堰堤計畫

本工事の目的は既に述べたるが如く現在溪流下流部の河床上に流出堆積せる多量の土砂石礫の移動流出を防ぐを主たる目的とするものにして、溪流下流部河床は 1/83.6 の直線勾配を示せども河口に近づくに従ひ河幅擴大し水深を減じて流出石礫の形狀を減少せる等を参考に供して水の押轉力及之に對する土石の抵抗より次表の如き計畫を樹てたり。

堰堤 番號	静止する 石の大きさ	河床勾配	水 深	平均流速	堰堤の 實施高	堰 堤 水通部	堰 堤 兩袖部	上下堰堤 間 隔
	尺		尺		尺	間	間	間
1	1.35		3.3	8.98	9.0	77	5.0	
		1/123						120
2	1.28		3.3	8.81	9.0	78	5.0	
		1/127						120
3	1.22		3.3	8.62	9.0	80	5.0	
		1/133						165
4	1.15		3.3	8.39	7.0	82	5.0	
		1/141						150
5	1.08		3.3	8.14	7.0	84	5.0	
		1/149						150
6	1.02		3.3	7.89	5.0	87	5.0	
		1/159						150
7	0.95		3.3	7.62	5.0	90	5.0	
		1/170						90
8	0.92		3.3	7.47	5.0	92	5.0	
		1/177						90
9	0.89		3.3	7.29	4.0	94	5.0	
		1/186						90
10	0.82		3.3	7.13		96	5.0	

堰堤 番號	靜止する 石の大きさ 尺	河床勾配	水深 尺	平均流速	堰堤の 實施高 尺	堰堤 水通部 冊	堰堤 兩袖部 冊	上下堰堤 間隔 冊
		1/194						
11	0.79		3.3	6.96		98	5.0	
		1/204						90
12	0.75		3.3	6.78		100	5.0	
		1/215						90
13	0.72		3.3	6.61		103	5.0	
		1/227						90
14	0.68		3.3	6.42		107	5.0	
		1/240						90
15	0.64		3.3	6.23		110	5.0	

而して若し 1 號堰堤附近に於て直徑 5 寸大の石を流動し得ざるものとせんには 200 間の河幅を要し、之到底地形の許さざる處なれば全區間を通じて現今流動せる大なる石の約 1/2 大の石は流動不可能たる如く河床勾配、河幅、水深等を改めんと計畫せるものなり。尙此の算定に用ひし洪水量は毎秒 14 000 立方尺にして 17 000 立方尺其の他土砂流の如き稀有のものに對しては兩袖を充分高く築造して氾濫を防ぐものとせり。此の計畫に基き大正 4 年度に堰堤第一號、第二號、第三號を設置せしも大正 5 年 7 月 31 日及 8 月 1 日の出水にて流出土砂の爲堰堤一部埋没せしかば大正 5 年度に之等堰堤を階段狀に 3 尺増設すると共に第四號、第五號堰堤を設け大正 6 年度には第六號、第七號大正 7 年度には第八號大正 8 年度には第九號堰堤を築造せしも、工費の都合上本堰堤を以て工事竣功とし當分其の成績を調査することとせり。此の間大正 6 年 10 月 10 日、大正 7 年 7 月 12 日、同年 8 月 29 日、同年 9 月 14 日、大正 8 年 9 月 14 日の出水により數度各堰堤の破損を招きしが、之等破損の原因は水叩棒の破損張石の流失等あれども特に注意す可きは河狀不整にて砂洲により水流を阻害さるゝ爲堰堤後部に横流を作り、此の横流に依て堰堤背面の河床を深く浸掘するが故に堰堤空積なるときには容易に堰堤背部より全體の破損を招くものとす。又會江谷川設置の床圍は其の通水部の高さは大體施行地の河床の高さと大差なきが故に、堰堤に接續する長き堰堤袖部は全く水制の作用をなすものにして之に及ぼす水流の作用及上下兩堰堤河岸に沿ひ土砂堆積の狀況は斯る溪流下流部整理上最も重要なる事項たるを以て之が爲特に本誌第十三卷第四號所載の拙著論文に研究記載せし處とす。

第五節 床固堰堤築造の位置

溪流下流部に於て床固堰堤築造の位置は兩岸及河床に岩盤露出し、横斷面は特に狭小なる而も土砂抱容力の格別大なるが如き優秀なる箇處なきを以て一般溪間堰堤築設の位置と其の趣を異にし、特種の考慮を拂はざる可らず。即ち床固堰堤により既に設置されたる他工事の保護を目的とする場合には其の施設物の位置により、自ら堰堤の位置も決定するものなれど

も床固堰堤を河床亂流の整理、一定水路の形成、固定を目的とする場合には其の効果の充分と経費の小額なる可き點よりして曾江谷川及日開谷川に施設せし經驗に基けば溪流下流部の河床横断面は一般不定なりと雖も、第一章横断面に就き述べたるが如く横断面形は大體四種に區別し得べきが故、此の中B形の横断面上に堰堤を設け堰堤の通水部と自然に現存する流心を一致せしむる時は出水の際河身の變位を來す憂ひ少く從て河床の整理は最も迅速に行はれ、且つ河床の砂洲を掘鑿除去して豫め水路を新設する要もなく洪水時に水位は堰堤中央部に高く左右に低減するが故に兩岸堤防と堰堤の接合點を危くすることなく寧ろ兩岸に沿ひ土砂の堆積を促す。又工費は河床の横断面は大體堰堤の通水部の断面と近似するを以て堰堤の床掘費並に兩袖部築設費を節約すること尠からず、故に斯る河床の横断面箇所は上下堰堤の關係上多少堰堤間の間隔及堰堤高を左右にすと雖も第一に撰定す可きものなり。次にD断面形も亦良好なる堤堰設置箇處なれども河底廣きに過ぎ動もすれば洪水中流心を變更するの恐れあり、曾江谷川にて第三號堰堤、第八號堰堤は前者に屬す。A及Cの如き断面形を有する河床にては床固堰堤の性質よりして堰堤通水部を現河床より餘り高くなし難き場合に於ては河床の中央に存在する砂洲の爲堰堤通水部の流水を阻止して通水面積を狭小にし其の結果兩袖部を特に高く築設し、或は兩岸の嵩置を施して洪水の越水を防止し又は河身の掘鑿を行はざる可らず。而も斯る砂洲は決して漫然成立せしものにあらずして遠き上流の河狀に原因する場合多きが故に之を變更して不良の分子を絶つにあらざれば姑息に一部堰堤水通部障害の砂洲を除去すと雖も次回の出水に會へば再度斯る砂洲の成立を來し何等効果なきものなり。曾江谷川にて第五號堰堤は之の好例にして即ち此の箇所にては曲流の結果其の外曲たる右岸に沿ひ多量の土砂堆積し内曲部の左岸は著しく浸掘せるものなるが此に堰堤を設けし結果を徴するに出水毎に堰堤の左岸の水位は右岸の水位より遙に高く左岸袖部を危くするを以て之を除かんがため上流第四號堰堤より本堰堤に至る間、幅5間深さ3尺の水路を掘鑿せしも中位の出水にては水路により其の目的を達せしと雖も大水にては何等の効果なくして此の掘鑿水路を忽ち埋没して矢張從前の如く第五號堰堤の左岸を威嚇せり。又曾江谷川第六號堰堤にては其の上流河の中央部に大なる砂洲の存在せるため堰堤通水面積は約1/3に減縮し其の結果左岸袖部を越水破損せしめたり。之等の例によるも溪流部の床固堰堤設置箇處は特種の外現存する河床の形態に準じて決定すべきものとす、然れども上下兩堰堤間隔及各堰堤高さを考慮すべきは當然なり。

第六節 堰堤通水部の形狀

砂防堰堤通水部の形狀に關しては一は之を水平にし幅員を廣め、水の分散に努め以て水の局部的集中流下による通水部及水叩の破損を防ぐ可しと稱へ、他は却て水流を一部分に集中

せしめて其の部分のみ特に堅固なる材料を使用加工し以て通水部及水叩全般に及ぼす被害を除外す可しとなし、兩者全く反對の意見を採り共に一利一害の存在する處なるが翻て溪流下流部に施設する堰堤通水部の形狀に就ては自ら其の目的及河狀に適應せる形狀を撰擇せざる可らず。今曾江谷川及日開谷川下流部の出水狀況を見るに之等大なる溪流下流部は殆ど直線形たるに關せず、其の上に存在する水路は自ら曲流をなし大洪水に會ひては河積全體に氾濫して水流を阻害する砂洲の形影を認め難しと雖も尙曲流の性質を失せず、例へば曾江谷川にては町杭1里附近の左岸、町杭30町附近の右岸、町杭24町附近の左岸、町杭16町附近の右岸、町杭10町附近の左岸には何れも曲流頂點を有し而も之等溪流は一般河川に比し勾配急にして屈曲半徑小さく流速大にして且つ水中砂洲の移動により一部水流を阻害するが故に曲流断面兩岸に於ける水位の差は何れの出水にても豫想以外に甚しく、曾江谷川の大正8年9月の出水を記せば流心は第一號堰堤の右岸より第三號の稍左岸に其れより第四號及第五號の左岸に移り第八號堰堤の右岸に向ふ曲流をなし、其の結果は各堰堤にて夫々兩岸の水位を異にし、即ち第一號堰堤右岸 3.5 尺左岸 2.5 尺、第二號右岸 3.2 尺左岸 2.3 尺、第四號右岸 1.5 尺左岸 4 尺、第五號右岸 1.4 尺左岸 4.2 尺、第七號右岸 1.7 尺左岸 1.6 尺、第八號右岸 3.2 尺左岸 1 尺を示し（附圖第八參照）又第七號堰堤の流心は河の中央に存在するがため中央部の水位は兩岸より約1尺高きことを測定せり。斯く荒廢溪流下流部にては曲流の爲一横断面内に於て流心の位置如何により水位の相異甚しく、之がため第一號乃至第五號堰堤の如く假令通水部を水平になし可成河幅を大にして堰堤通水部全般の保安と同時に水叩前部の浸掘を防止せんと欲するも、其の効果なくして流心に直面する堰堤の一部を破り水叩を害し其の下流を浸掘して不良の曲流を直流に矯正する作用も尠く、而も堰堤に接續して護岸の存在する場合に於ては堰堤施設前には適宜に河床を浸掘して曲流頂點の水位を低め以て堤防を越流氾濫することなしと雖も、堰堤設置後は河床固定の結果曲流頂點の水位を上流の如く升高せしめ單に堰堤に危害を加ふるのみに止まらず、之に接續する堤防の越流により堤内の氾濫を來す。例へば彼の大正7年8月の出水は第六號堰堤下流部左岸堤防の越水に基因し堤防の缺壞耕地人家の流失等甚しき損害を招けり。故に河幅大なる溪流下流部の堰堤通水部は水平形狀を改めて弧形梯形或は複断面形等何れにしても豫定の河身に相當する部分を特に低下せしめて自ら此の部分に於ける水の集中作用を諍るを可とするものにして、曾江谷川堰堤第六號、第七號、第八號は上述堰堤の經驗に基き何れも通水部の中央に於て其の兩端より2尺低き弧形断面を採用せしが、出水の結果第六號堰堤上流部に存在せし大なる砂洲は漸次流去し從來左岸に偏せし流心は中央に移らんとする傾向を示し、第七號堰堤は全く河の中央に水路を固定し第八號堰堤の右岸に去れる河身も大正8年9月の出水には約20間左方河の中央に向ひ大正10年秋の出水には全く中央に河身を移せり。尙第八號堰堤下流部に位する第九號堰

堤は堰堤通水部を再び水平となし折角第八號堰堤にて河の中央に定まれる流身の變移狀況を調査することゝせしが、大正 10 年 9 月及大正 11 年 7 月の出水により第八號堰堤下流部河床の中央に當り著しき浸掘に基く流出土砂及上流部より流送せる土砂は第九號堰堤に接近するに従ひ通水部の水平なるが爲に河床の中央に堆積して砂洲を形成し、爲に第九號堰堤の流身を右岸に導き再度河狀を攪亂することを明にせり。以上の事實に徴するも大なる溪流下流部に在て殆ど同質なる砂礫の堆積よりなりて特に堰堤水叩として堅固なる地區存在せず、而も廣き河床上に一定の流路を制定せしめんと欲する場合に於ては堰堤通水部の形狀は水平斷面を廢して曲線形を用ひ其れがため起る缺點に對しては特に局部的堅固に施設して之を補ふ可きものなり。

第七節 溪流下流部河身の方向

溪流下流部砂礫堆積地帯の一般方向は既に第一章に述べたるが如く本流に直角に直線に進むを原則とするものなるが此の堆積地上に現存する水路は多く曲流をなすものにて、之を改修するに當り如何なる方向に準據す可きや之一般河川の自然形態に基きて研究せる Fargue は河川が永續的に固定する爲には反對曲率を有する二曲線を直線にて連結せしめ、曲率の過大過小を避けて相當の水深を維持せしめ曲流は直線の終りに始つて其の曲率半徑を漸次最大値に増加せしめ、次で又之を減少せしめて直線に及ぼし以て河の整規を保ち兩堤間の河幅は其の位置及曲率半徑によりて變化せしめ、彎曲の頂點に最大河幅を與へて曲流の下流部轉向點に再び狹小の河幅を採用すれども其の河幅は上流部轉向點の河幅より大ならしむ可きを説きたれども、之航行の可能及航路の維持を主眼とせるものにて即ち曲流によれば流路を延長し勾配を減少し以て流速を緩和制限し一定水深を保持して渇水期と雖も航路の維持に盡すものなり。之に反して直流によれば自然の狀態に比し流路の短縮勾配の増大をなし河床の平衡狀態を支持するためには水深の減少をなす可きも寧ろ水の押轉力を増加して上流より流出する土砂を下流に流送し以て河床に著しき土砂の堆積沈滯を許さず洪水時に快流して比較的小斷面にて多量の水量を流出するに適す可く、又 Girardon の説くが如く假令曲流と雖も出水中の水流は河の彎曲と事實一致せざるが爲に豫め直流による時は何れの水位に對しても河床低水路の攪亂を見ざるものにて溪流下流部の如く其の改修に當て取て舟航を考慮する必要なく、常に土砂の堆積を防ぎ場合に於ては河床の浸掘を促進せしめ一定流路の整定速進を目的とし而も過大なる荒廢砂礫圓錐地帯上に可成小さき河積を制限して餘地を生産に供せんと欲するが如き共に直流を有利とする處とす。且つ溪流平地河川の如く曲流を採用して僅に内曲部に加工し外曲は土砂の堆積による自然保護に放任して河狀を支持することは激烈なる溪流の流勢に對しては非常に困難にして到底望み得べからず。例へば曾江谷川に於ても

町杭 30 町の右岸, 24 町の左岸, 16 町の右岸, 10 町の左岸等は何れも内曲に相當するを以て護岸石張工は基礎を深め枠を施設し其の保護に努むれども常に之が維持困難とし, 往々一部分の破堤のため驚く可き慘害を招致せり。又山梨縣笛吹支流日川の混凝土水制工事も曲流の存在する結果内曲箇所に施設さるゝものは甚しく頭部の浸掘によりて破損を來し且つ既述の如く曲流の爲左右兩岸の水位の差著しくして内曲部に於ては水制幹部の越流による被害を來せり, 之に反し徳島縣吉野川支大谷川は北橋上流は兩岸に石張護岸を設け擴大せる河床上に曲流をなし常に兩岸の被害あれども北橋下流部は河幅狭少にして直流をなすが故に殆ど出水の災害なし(附圖第一參照)。之等の諸點よりして溪流下流部には直流を採用す可く只其の河口に於てのみ多量に土砂を流出する溪流に對し第一章に述べたる現象に基き幾分の曲流を採用す可きものとす, 従て曾江谷川及日開谷川に於ても直流により只地形上止むを得ざる部分に對してのみ可成大なる曲率半徑の曲流とせり。

第八節 施工の順序

溪流下流部に既に水制工, 導水工等の設置により一定の流路存在し只河床浸掘の爲之等既設工作物に危害を及ぼすとき或は固定せる河床の低下を防止せんとするときには下位の堰堤より施行して上流に及ぼすを有利とすれども, 曾江谷, 日開谷の如く上流より流出する土砂少からずして河床の昇高堤防の増高を必要とするが如き溪流に對しては先づ上流部より施設して, 流出土砂の扞止をなすと共に其の下流部の河床を出水時に浸掘低下せしむるときは流路の形成を促進せしめ且つ下位堰堤設置に對し其の床掘費を節約する事大なりとす。只此の場合各年度最終の堰堤は常に獨立堰堤として出水に際し水叩前面の浸蝕に伴ふ危険に遭遇する事屢々たるの不利ありとす, 又堰堤使用材料を堰堤設置附近の河床より得んとする場合に下流より施行すれば其の上流部一般に土砂堆積して使用石材を砂礫にて埋没し盡すものなれども, 上流より施行の際は之に反し堰堤下流部に河床浸掘の爲新しく多量の石材を河床上に露出する利ありとす。之が爲曾江谷川, 日開谷川共に上流部より施行して下流に及ぼせり, 只道路, 橋梁, 電信, 電話の如く交通々信の保護の爲には日開谷川に於て第三號堰堤は其の上流部縣道の保護の爲上流の第二號堰堤に先んじて施行せしが如く一般の順序によらざるものありとす。

第九節 床固堰堤設置の結果

曾江谷川及日開谷川溪流下流部修治の目的を以て床固堰堤施設により兩川共に類似の結果を呈せるを以て此に曾江谷川につきて述べんに, 堰堤施行前は亂流甚しく河底の凹凸極りなく多數の砂洲を散在形成して一定の流路なく内曲河岸は堤脚の洗掘に起因し大洪水には容易

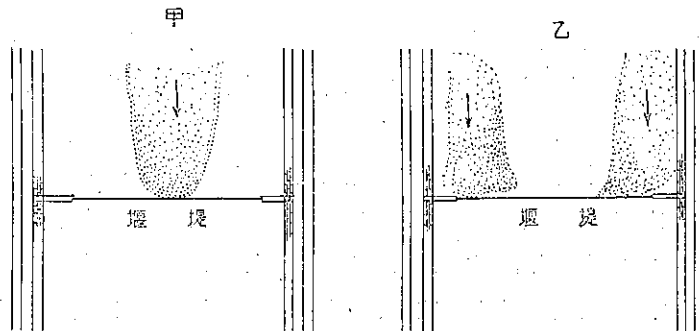
に破堤せしが、堰堤設置の爲河床の中央に存在する障害の砂洲は其の側方より浸蝕洗掘して流失し新しき河身を河の中央に作成せんとし、又在來の水路を辿りて著しく河岸に偏せる曲流をなさんとするものは之亦其の下位堰堤に近づくに及びて河床の一方に存在せる深き水路を流送土砂にて埋没すると共に河の中央に向つて水路を改めんとする傾向あり、斯く下位堰堤の流路矯正作用は溪流の洪水量、水深、河床勾配、堰堤の高さ並に上下堰堤間の距離に左右さるゝものにして曾江谷川にては何れの堰堤にても其の上流 90 間乃至 100 間の區間は大正 7 年、8 年の各出水に徴するも常に水流を整へて亂流曲流を防ぎ之より距離遠大なるに従て漸次下位堰堤の作用を減じて亂流分流を恣にせり而して此の間隔 90 間は Ruchlmann の算式による Back water の長さと同一致す。

以上の如く堰堤の作用により亂流は洪水毎に整理して廣大なる河床上に一定の流路を形成せんとし曲流は漸次豫定の直流に改まりて、堰堤實施前大正 4 年秋には第一號堰堤より第九號堰堤に至る河身距離延長 1 117 間たりしが、大正 10 年 9 月の洪水後には 1 050 間となりて實に 67 間を短縮し、以て豫定の河身距離 1 035 間に接近せり。又各堰堤間の兩岸に沿ひて土砂を堆積し從來の如き破堤の原因を除去せり。尙一般河床固定の狀況に就ては河床上に散在せし大なる轉石は流速減少の結果下流に轉流し得ずして河床の砂礫中に埋没して恰も河床全體に鋪石工事を施して之を固定すると同様な結果を來すものにして、例へば大正 7 年 7 月 1 日の出水の爲第一號堰堤及第二號堰堤の一部分破損せしため之が修繕に當り以前使用せし石材を下流の河床上に搜索するに及びて、同時の出水の爲第三號堰堤を起點とし其の上流部に幅 30 間深約 5 尺延長約 70 間に渡り直徑 2,3 寸の礫にて極めて完全に固定せる新しき流路成立し、其の流路の河床面に偶々搜索中の數個の石材が僅に露出せるを發見せしため引續き河床上を精査して約 500 個の使用石材は砂礫と混じて斯く河床を固定せるを知れり。其の後第七號堰堤及第八號堰堤の新しく整理されたる河床上及第八號堰堤下流の堰堤未施行の河身中に本溪流固有の砂岩と區分する爲、青色片麻岩の重量 20 貫内外の石を各 50 個宛散在せしめしが、同年 8 月の出水により之等堰堤上流部に存在せし石は形狀重量及各箇所の流速に應じて夫々流下距離を異にすれども、何れも堰堤上流の河床上にて砂礫中に靜止し河床の固定作用をなせども第八號下流の石は河床上に轉流せるを知れり。之素より堰堤を施設せば流速を緩和するがため上流より轉下せし石材は引續き流下するを得ずして河床上に停止せんか、之に衝激する水流により其の上流側の河床を洗掘し孔を穿ち石は之に轉下して砂礫と置換し以て河床の固定に務むるは當然の理にして、河床の砂礫も洪水の大小による水の押轉力の強弱に準じて小形の砂礫を流下して形狀大なる安定の砂礫を以て之に代へ遂に如何なる洪水に遇ふも攪亂され難き堅固なる一定河床を組織するに至るものなり。

然れども之等床固堰堤は最早上流より流出土砂量の相當に減少せる場合に施設して初めて

其の効果を顯すものにて多量に土砂流出する溪流に於ては却て有害なり、即ち堰堤施行前に於ては第一章に述べたるが如く不規則なる河床上に特に浸掘せる水路を形成し此の流路は常に上流より流下する土砂石礫を良く下流に流送して唯一の土砂流送路となり、出水の前後を通じて著しき河床の昇降なきも堰堤設置せば、此の自然の土砂放水路を遮断し一般流速を減少する結果流出土砂を河床上に堆積して漸次河床を昇高するものにて曾江谷川第一號堰堤、第二號堰堤等にては之が爲右岸堤防の嵩置を要するに至れり、且つ流出土砂多量の爲堰堤埋没して凹狀の整理充分ならず。最後に多量の土砂が上流より流出して堰堤通水部を埋没する狀況は第十四圖甲に示すが如く流心河の中央に存在すれば洪水時に土砂は主として此の流心

第十四圖



によりて流出すれども、減水による流速の減小と共に多量の土砂は此處に堆積して堰堤通水部の中央を埋没し其の結果通水部の中央は兩側より非常に高まり、次回の出水には乙に示すが如く通水部の兩側を流れて此處に土砂を堆積すると共に中央部の以前の堆積土砂は漸次流去し、再び水路を中央に取るものにして此の作用は出水毎に反覆し常に土砂を流出するものなり。

結 論

前述の如く尙上流より土砂流出する溪流下流部に於ては直ちに床固堰堤を施設して之を治めんと欲するも決して好結果を納め得可きものにあらざれば先づ土砂生産地域に砂防設備を施さざる可らず、又假令上流地域に先ちて下流部に施すの要ありと雖も斯る固定的の工法は第二次工事に屬するものと云はざる可らず、故に溪流下流部の施工に關しては施工時期及之が工法の兩面より考究す可きものにして一般施工の時期は別て三とす。

一 上流土砂生産地域に砂防施設をなし最早下流に流出する土砂なきに及んで施行するものにして之最も安全にして効果著しきものなり。例へば岐阜縣海津郡盤岩谷の如き古來多量の土砂を揖斐川に流出せるを以て明治 20 年以來各支溪に堰堤を築設し其の結果今日にては大なる下流部も其の上端より漸次河底浸掘して一部基岩を露し、洪水毎に自ら一定の河身を

形成せんとする状況なるを以て、此處に下流工事を施行して着々効果を顯すものなり。

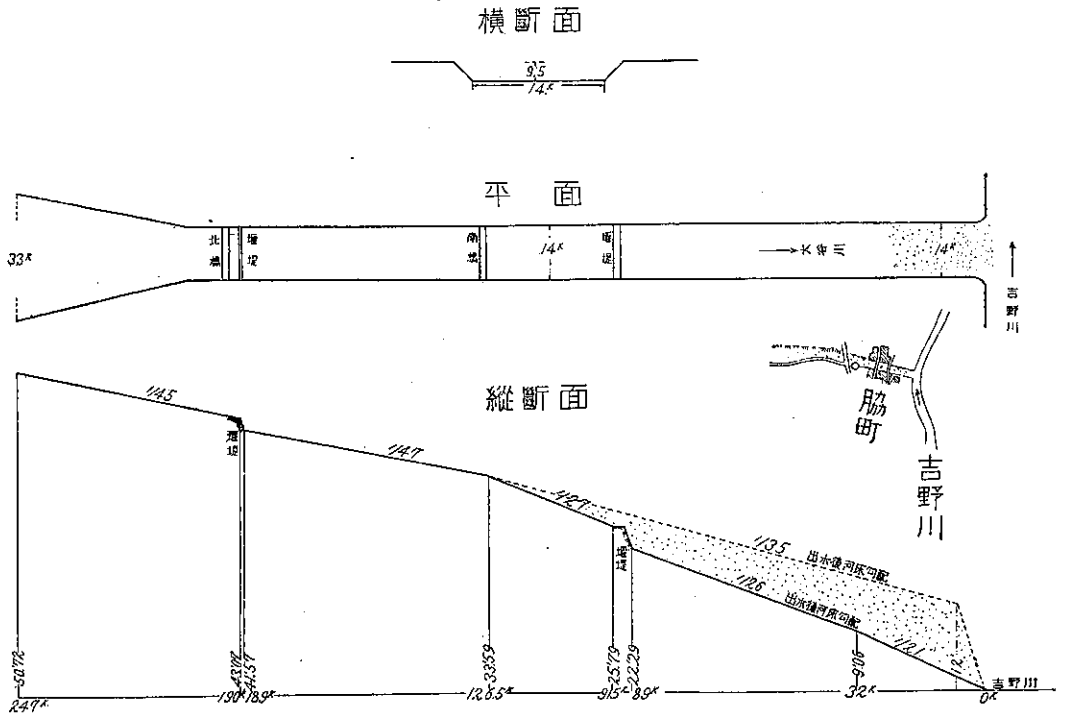
二 然れども砂礫生産地帯に施行する工事は短期間に完了するを得ず而も我國砂防工事の如く植栽樹草の相當生育を待て始めて土砂の流出を防止するものに在ては其の奏效の期間極めて長くして此の間其の下流部に何等着手せず、從來我國一般に見るが如く只荒廢するが儘に放捨するときは後日之が改修に當つて多額の工費と長時日を要するものとす。又一溪流に於て其の上流地は氣候及勞働時間の關係上單に夏季のみ施行に適し冬季は施行困難なれども下流部は冬季と雖も尙施行に差支なきを普通とするものなれば、夏季は上流の地に冬季は下流部に施行の計畫を立て、全年を通じ上下流に施行する時は勞力不足なる山間の溪流工事に對し經濟上利する處大なり。

三 最後に上流地の砂防設置を待たずして直接下流部に施行するは其の地的關係よりして止むを得ざる場合に起るものと雖も之既述の如く最も不合理とする處なれば可成避けざる可らず、次に溪流下流部に施行する二法に關しては之を豫備工事と本工事の二つに區分するを要し豫備工事の施行時期を決定し本工事の効果を完からしむるものにして、溪流下流部の如く假令水量は決定し得べしと雖も流出土砂量は測定困難なるが故に最初より一定の計畫に基き本工事を施行して所要の斷面豫定の流路を定めんと欲するは極めて危險にして且困難を伴ふが故に、河積の伸縮を自在になし流路の形成を助成する豫備工事は最も必要とする處にして而も此の工事たるや假令上流地域の砂防完了せざる下流部に施行すと雖も荒廢せる河床に將來計畫せんと欲する河身の形成に努むるの外本工事の如き却て河狀を惡化すべき性質のものにあらざれば施工時期第二第三に屬する溪流に對しては必要缺く可らざる工事にして、施工時期第一の溪流と雖も尙豫備工事施工の有効なる場合尠からず。只下流部改修の一方法たる土砂堆積地帯を設けて改修の目的を達せんと欲する場合には豫備工事の必要なし、然れども土砂堆積地帯下端より本流に達する區間には尙往々豫備工事により流路を決定するの有利なる場合あり、而して此の豫備工事としては嘗て徳島縣板野郡宮河内川支流盜人谷に施行せしが如く同支溪は宮河内川の支流中最も荒廢せるものにて大山村宇神宅の縣道附近にては河幅は僅に 3 間に過ぎざれども河床は兩堤内の耕地より約 2 間高くして出水毎に縣道及耕地を危くし其れより上流數町に至らば河幅 20 餘間に擴大し亂流甚しくして兩岸堤防を破壊し堤内に災害を來せしこと度々にして、往時より大山村民は之が修治に苦むこと久しく各種の工法により護岸を施せども何れも好結果を得ざりしが斯く亂流は出水時河床上に散在する巨石に起因するものとして其の後村費を以て出水毎に之等河床に存在する障害の轉石を除去して之を堤防脚部に疊積することゝせしが、其の結果今日にては廣き河床上に河幅約 5 間餘の一定の深き河身を水力により自ら形成して最早護岸の必要もなく災害の憂なきのみならず廣き河床上の一部は耕地に適するに至れり。此の方法たるや最も簡單なれども何れの溪流下流

部に採用するも可ならざるはなく故に大なる溪流に在ては單に有害の巨石を除去するのみに止まらず、豫め障害砂洲の一部を掘鑿除去し出水に際し水力により直流の河身を制定するに努めざる可らざるものなり。又奥國 Kärnten の Möderndorfbach 及 Vorarberg の Bellsbach に於けるが如く鐵線蛇籠或は一部混凝土の水制を兩岸に設置して河岸の保護と共に河底の一部浸掘を助成し河身の規定を計る可きものにて、曾江谷川に於ても大正 7 年 7 月及同年 8 月の洪水の爲第一號堰堤 35 間、第二號堰堤 35 間、第三號堰堤 45 間に渡り何れも其の中央部を破損せしが爲破損せる堰堤殘餘の築石部數十間は廣き河床に對し恰も越水々制の作用をなせり。其の結果第一號堰堤上流 80 間以下第三號堰堤に至る約 400 間の間河幅一様に 30 間餘深 1 間餘の固定せる直流河身を形成せしが、其の後同年 9 月の洪水に會ひても第三號堰堤下流部は全河幅に亂流せるに關らず此の區間は大部分の流量を上流の河身にて流去して亂流なく、且つ退水後の河狀は河の中央河身の兩側各 20 間乃至 40 間の兩岸に達する區間は水制の高さは同一の高さにより整理して砂洲なく、亂流なく又河身は堰堤の破損せる部分に於ける水叩杵の殘留せるが爲著しく浸掘せずして大なる石礫にて極めて良好に整理せるを認めたり。之如何に斯る溪流下流部に水制工を施して河身制定河床の整理に有效なるかを自然に示すものとす。又假令河幅小なるものに於ても奥國 Salzburg の Kallbach に於けるが如く河幅 10 米に過ぎざれども河中の大石を築設して長 4 米の水制を 5 米毎に設け以て荒廢せる河床に水路の速成河岸の保護を計るが如き、實に水制工事は溪流下流に重要な任務を帶ぶ。又常時水流あるものに對しては鐵線蛇籠或は粗朶工により河の上流より Leitwerk 並に Traversen を設け之が爲河床浸掘して一定勾配に達するに及び漸次其の工を下流に延長して河口に達せしめ以て下流部全般に一定水路を設定するが如きは奥國 Kärnten の Riegelbach 或は Salzburg の Saalfeldern に施す處にして之亦斯る溪流に對する唯一の良法と云はざる可らず。

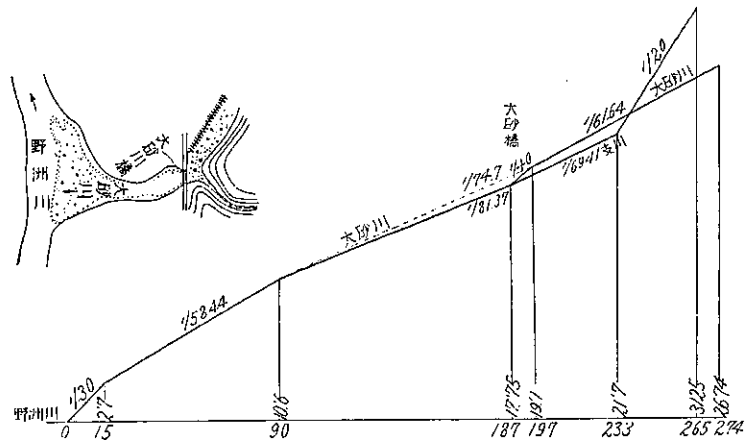
斯く豫備工事に依て一定河身の決定するや茲に初めて之等河身を固定せんが爲將來工事を施行す可きものにして、河幅小なるものに在ては Kunetten を用ひ河幅大なるものにありては Grundschwelen を用ふ可きものなり。而して茲に注意すべきは溪流下流部の整理と相關聯して施行すべき溪流通過口に於ける堰堤工事にして通過口たるや第一章に述べたるが如く山開けて平野に向はんと欲する局處にて多くは断面小なり、而も岩盤を露出して堰堤施設に好適地たるを失はざるが故に此の箇所可成大堰堤を築造し、一は上流より流出する土砂を保有せしむるのみならず假令土石流の起るとも此の堰堤の爲阻止して下流部施設工事の被害を防ぎ且流出土砂に對し唯一の土砂調節作用をなし一時多量の土砂流出を防ぎ以て下流工作物の目的を完全たらしむべきものにして例へば伊國 Felsina 堰堤の如き充分此の目的を達すべきものと云はざる可らず。 (完)

附圖第一



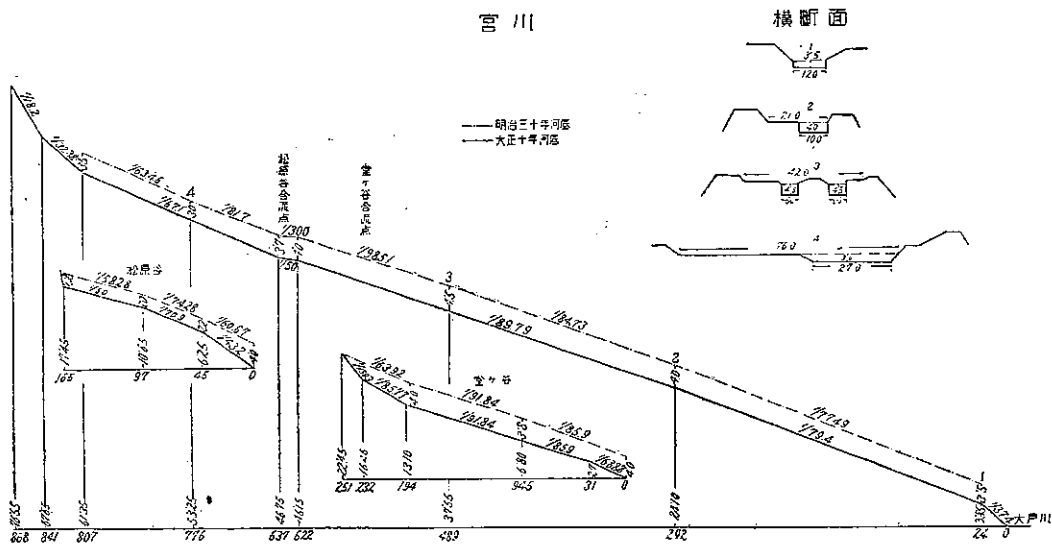
附圖第二

大砂川断面

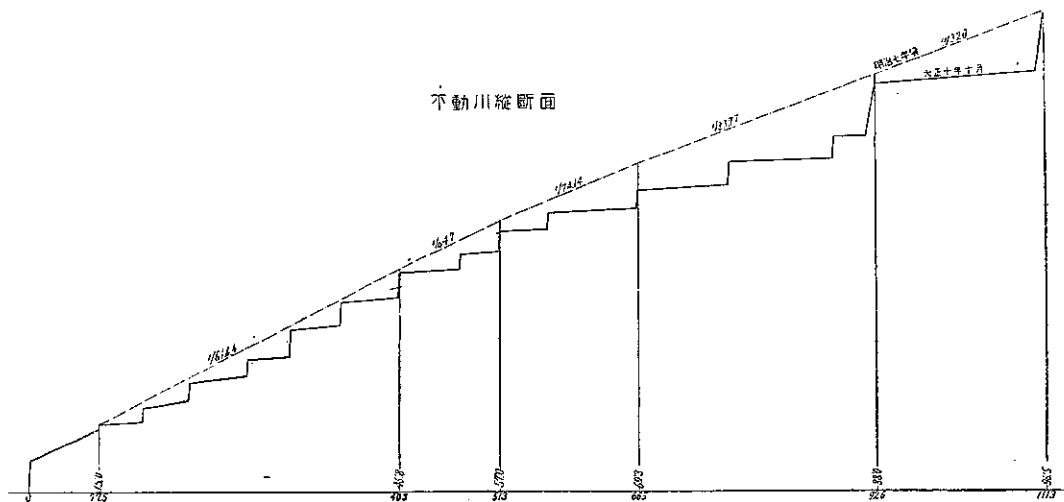


(土木学会誌第十四卷第五號附圖)

附圖第三



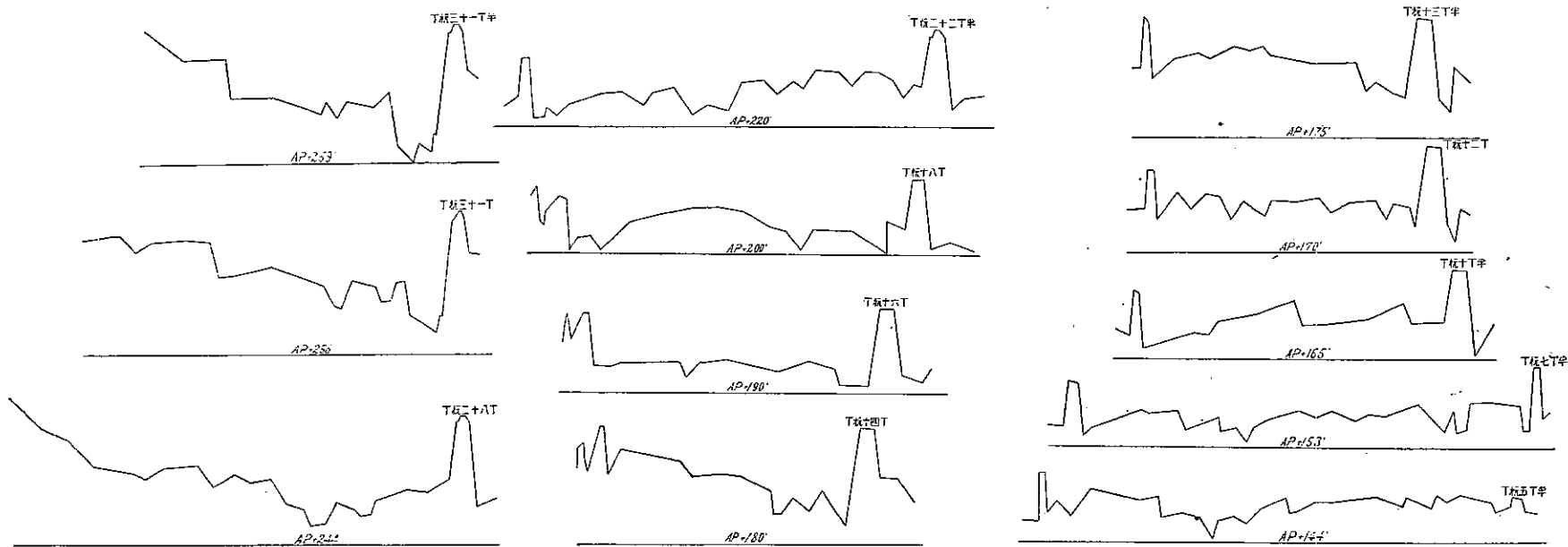
附圖第四



(土木學會誌第十四卷第五號附圖)

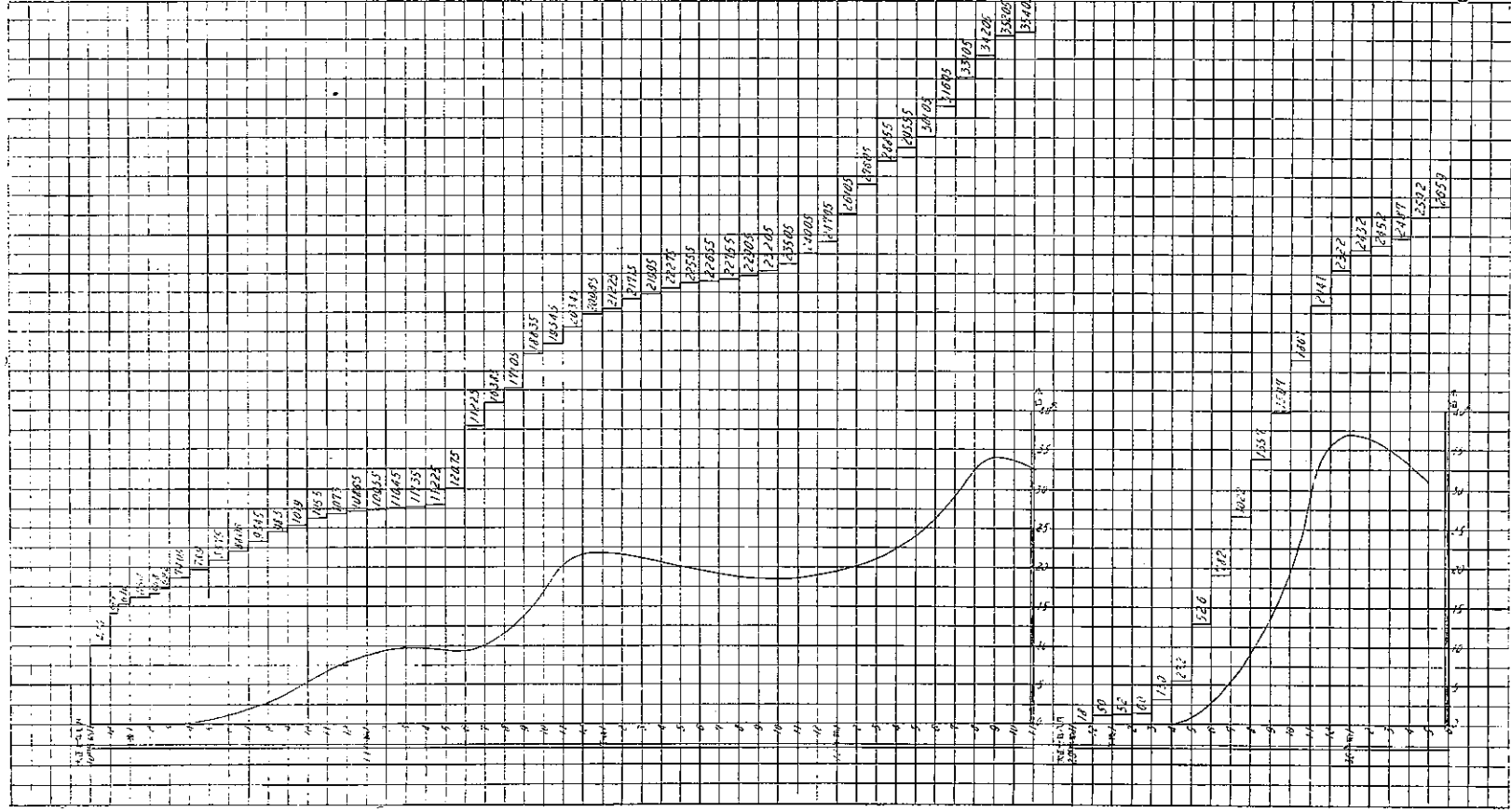
附圖第五

曾江谷川横断面

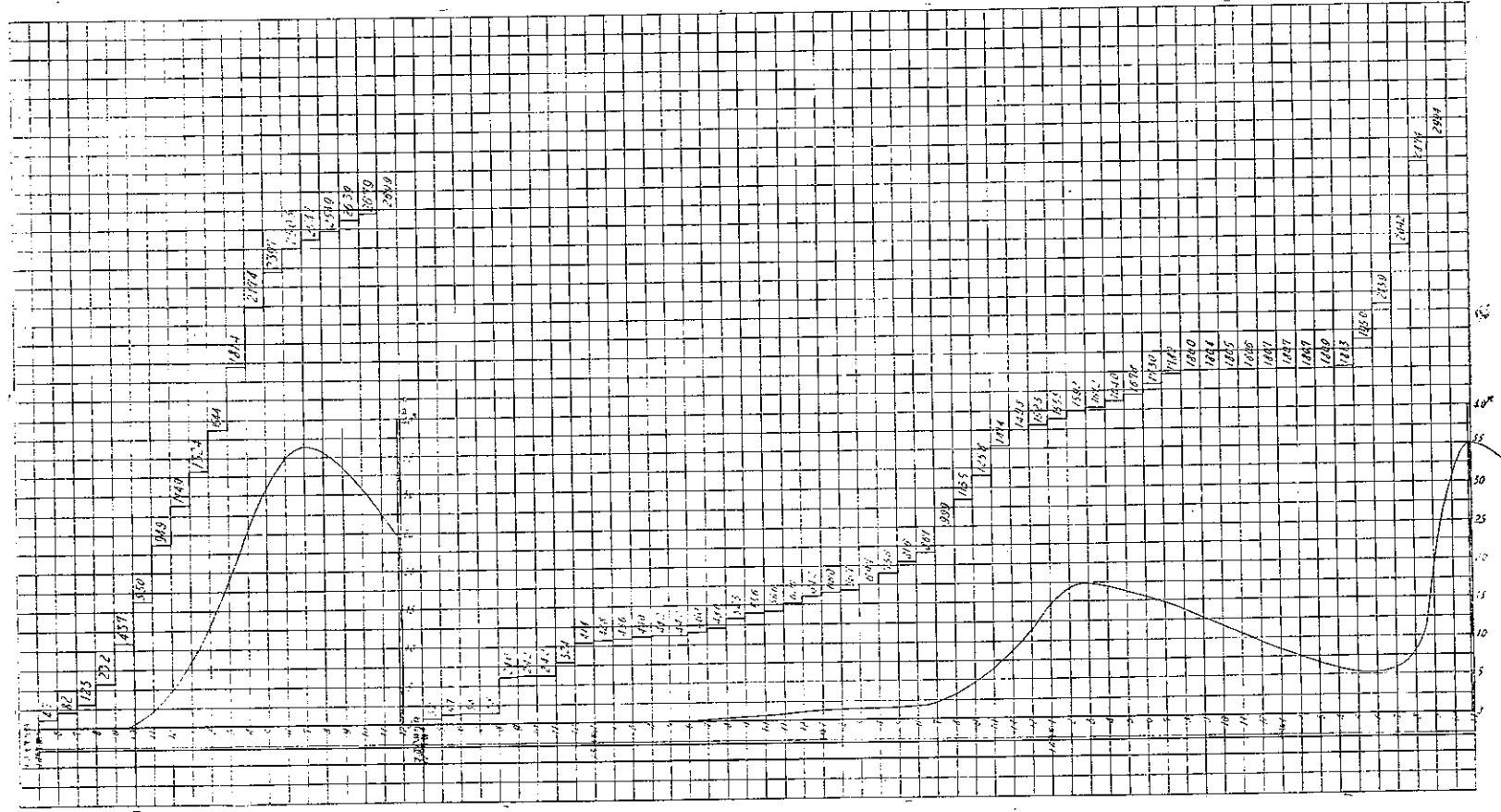


(日本橋の形跡の調査報告書)

附圖第六

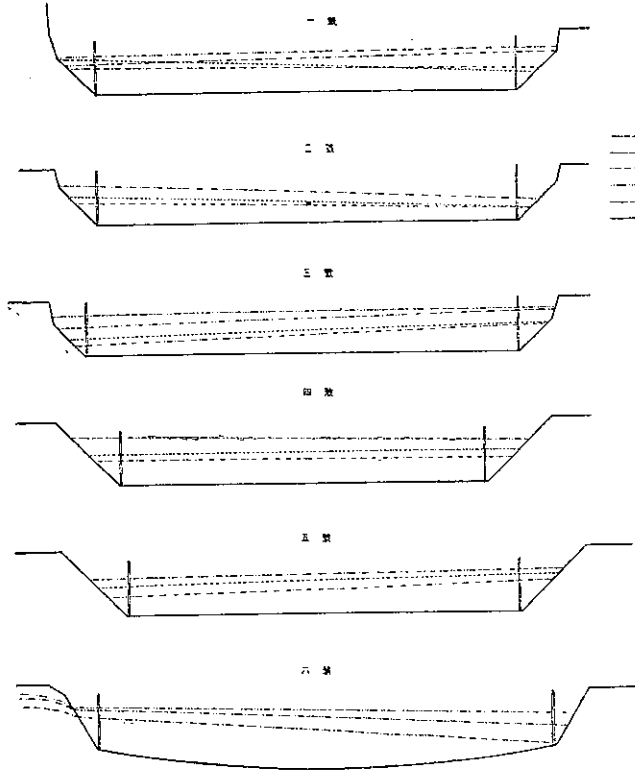


第七圖附



附圖第八

白岡谷川横断



表示法

- 河床平均高
- 河床最低高
- 河床最高高
- 河床平均高
- 河床最低高
- 河床最高高

新江谷川横断

