

卓上水理模型を用いた釜無川信玄堤の流水コントロール技術検証の試み*

A trial to verify flow control technology using a table-top hydraulic model
at the Shingen Embankment on the Kamanashi River

和田 一範 **
岡安 徹也 ***
市山 誠 ****
浜口 憲一郎*****

By Kazunori WADA

The Shingen Embankment built about 450 years ago by Takeda Shingen on the Fuji River and the Kamanashi River was designed to control flood flows in the Midai River (tributary) and the Kamanashi River by means of a series of flood control structures including Ishitsumidashi (stone masonry groins), Shougi-gashira (Japanese chess piece-shaped flow splitters), Hokkiri (dug channel), Juroku-ishi (sixteen large rocks used as energy dissipation works), Takaiwa (natural rock wall) and Kasumi-tei (discontinuous levees). The functions of these flood control structures have been subject to various interpretations, and some of those structures and their functions, such as the functions of a number of Shougi-gashira flow splitters and details on Juroku-ishi, which can only be guessed at today, are mysterious in many ways. This paper introduces an attempt at verifying the flow control technology made possible with these flood control structures by using a table-top hydraulic model developed with the aim of explaining the hydraulic phenomena involved.

はじめに

1560年(永録3年)、武田信玄によって整備された「信玄堤」は、我が国では最も古い大規模治水施設群である。450年の歳月を経て、今も暴れ川の釜無川を治め、甲府盆地を守っている。

信玄堤は、支川、御勅使川と釜無川に展開する総合的な流水コントロール施設であり、石積出し、将棋頭、堀切、十六石、高岩、霞堤といった一連の施設群から構成される。これらの施設については古文書の類をはじめ既往文献などにより歴史的な経緯などが示されているが、設置された順序、理由、根拠などについては明確な資料が無く、様々な考察がなされている。そこで、各施設の機能についての歴史的な検証にあたって、対象区域を卓上水理模型を用いて再現し、各施設の河道の安定化に及ぼす影響について検討を行い、各施設群の持つ機能について検証を行った。

1. 信玄堤が築かれた甲府盆地の概要

甲府盆地を形成し流下する現在の釜無川は、八田村、白根町、若草町を右岸に、竜王町、昭和町、玉穂町、田富町を左岸にして、市川大門町の北側で、笛吹川を合流している。しかし、この流路は戦国時代から江戸時代以降の改修によって、甲府盆地をできるだけ広くを活用するための「作られた地形」

である。

「甲斐国志」の古跡の部「忘川」という項目に、もともとの流路は、かなり盆地中央を流れていたことが「釜無川は竜王の出崎から東に向かい志麻荘の南で荒川と出会い、さらに稲積と一条のふたつの荘の間に入り、山梨中郡落合という所で笛吹川に合流する」と記されている。

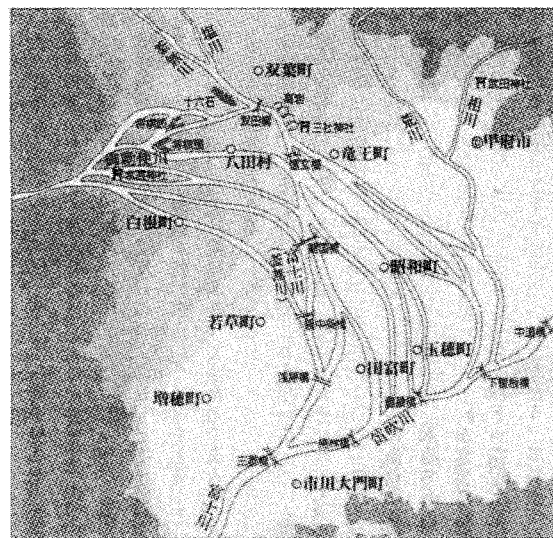


図-1 検討対象地域と釜無川、御勅使川の昔の流れ⁸⁾

* keyword : 河川構造物、信玄堤、卓上水理模型

** 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 流域管理研究官 (前甲府工事事務所長)

*** 正会員 財団法人国土技術研究センター 調査一部 上席主任研究員

**** 正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 流域計画部 実験グループ グループリーダー

***** 正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 流域計画部 部長

「竜王の出崎」という地名を現在では特定できないが、現在の竜王町赤坂台地南端付近と考えられる。日本三大急流の一つである富士川・釜無川は、長野県と山梨県境を源流に、八ヶ岳と南アルプス連邦にはさまれた峡北地方を流れ下って、韭崎市の南で開けた甲府盆地へ流れ出る。その場所が地名に即した「竜王の出崎」と考えられる。出崎までは、八ヶ岳溶岩流が産んだ七里岩台地によって、釜無川の流路は狭い谷あいを通り流れてくるが、ここから先の甲府盆地では流水は暴れ放題となる。甲府盆地に出た流れは、「志麻荘＝敷島町南部」に向かい、右岸に「稻積荘＝竜王町の篠原から甲府市の石田、国母、小瀬」を、左岸に「一条荘＝甲府市南郊の中道橋付近」で笛吹川会合。甲斐の国を形づくった釜無川、笛吹川の二大川は、ここで富士川となって、駿河湾へと流れ下っていく。

「甲斐国志」は江戸時代に編纂された地誌だが、この記述から、江戸時代末期には釜無川の流路改修が大方終わっていたこともうかがえる。

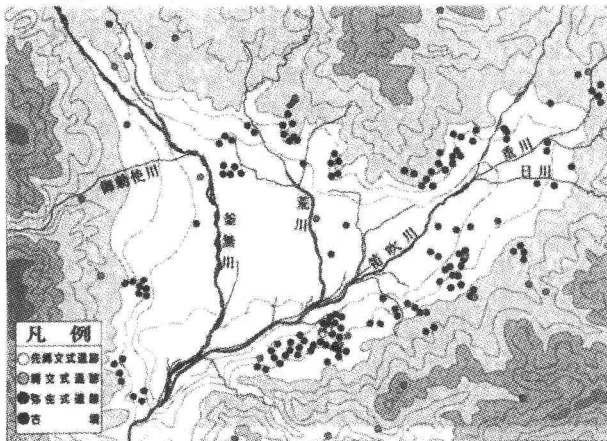


図-2 甲府盆地の地形コンターと遺跡の分布図⁸⁾

図-2において、標高線に対して素直な水の流れを想像すると、釜無川や御勅使川の流路は、昔の流路を描く。同時に遺跡分布地図によって見えるのは、縄文から弥生を経て古墳時代にかけての昔の住居跡が、ちょうど盆地の平坦部を湖に見立てたならば、その岸边にあたるような部分に点在していることがわかる。

甲府盆地は、昔から釜無川や御勅使川、笛吹川などの洪水が溢れてきた氾濫原であり、鉄砲水や洪水を制御する技術を有しない大昔の人々は、盆地の縁に暮らしていたと考えられる。

図-3 は信玄堤の箇所では堤防が切れた場合の、氾濫シミュレーションである。信玄堤がまさに甲府盆地の治水の要であることがわかる。

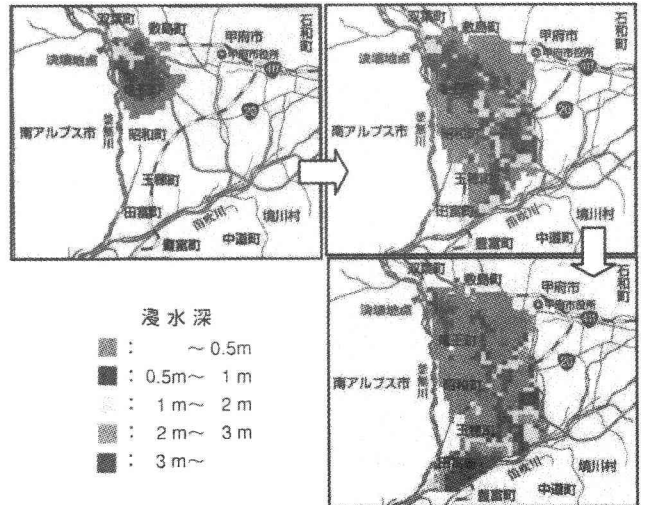


図-3 釜無川の信玄堤付近が決壊した場合の浸水被害想定シミュレーション⁹⁾

3. 信玄堤の流水コントロールシステム

信玄堤をはじめとする歴史的治水施設群は、御勅使川の流路と釜無川本川の流路を制御するための総合的な流水制御施設群と考えることができる。

信玄堤の特徴は、総合的な流水コントロールシステムにある。元来、扇状地を自由に流れていた御勅使川の流路を二つに分けて、その主流を竜王の高岩にぶつけ水勢を削ぐ方法をとった。竜王の高岩は釜無川左岸、赤坂台地の西端にあり、国道20号竜王バイパス、竜王町と双葉町の境に位置する、釜無川の河岸崖である。

前御勅使川の流下ルートではまっすぐに釜無川の堤防を突き破ってしまう洪水流を、途中で流路を変え、水勢を削ぐ施設を設けることにより、高岩という天然の水制にぶつけて制御するのが、信玄堤の流水コントロールプランである。

通説として理解されている各施設の機能を図-4 で説明する。

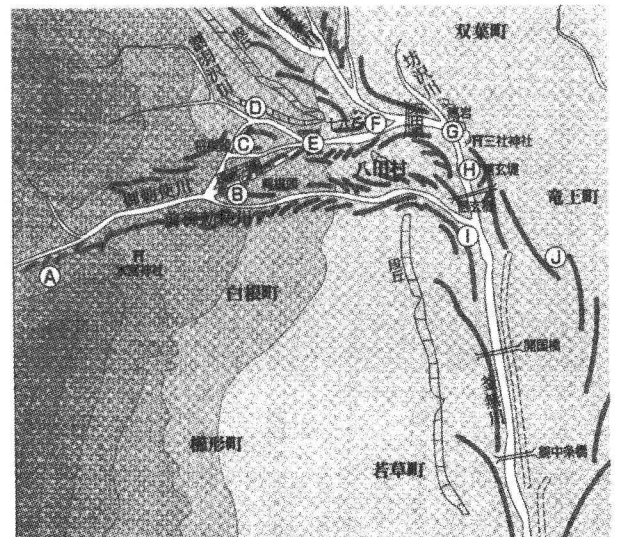


図-4 信玄堤と歴史的治水施設群⁸⁾

- ① 山間から流れ出した御勅使川の流路を、扇状地の出口に「石積出し(A)」を並べて安定させ、北側に向ける。
- ② 「白根将棋頭 (B)」で流路を二分してエネルギーを

減じ、御勅使川本流を二つの流れに分ける。

- ③ 北側の流れをさらに下流の「竜岡将棋頭(C)」で再び分流し、支川の割羽沢川を合流させる(D)。
- ④ 竜岡台地の溶岩岩盤を掘り下げて「堀切(E)」という流路を作り、流れをここに誘導する。
- ⑤ 釜無川との合流点に十六個の巨石「十六石(F)」を並べ、水流を高岩へ向ける。
- ⑥ 御勅使川と釜無川の合流した水を高岩(G)へとぶつけ、水勢を弱める。
- ⑦ 高岩の断崖延長線上に、信玄堤(H)と「付け出し」堤を設け、さらに流水のエネルギーを減ずる。
- ⑧ 高岩から跳ね返ってくる釜無川の水勢を、下流で合流する前御勅使川の水勢とぶつけ相殺する(I)。
- ⑨ 信玄堤より下流の釜無川堤防は、霞堤(J)構造として、洪水に流量が増したときに、一時的に氾濫させ、甲府盆地への壊滅的な洪水氾濫を防止する。

個々の施設と機能について、詳細に以下に述べる。

(1) 扇頂部

御勅使川扇状地、扇頂部の白根町駒場先、この山間部が暴れ川である御勅使川が流れ出る部分である。昔から水との闘いは、暴れ川の「みでえ」を如何になだめて、なおかつその恵みをしっかり手元に留め置くことができるかどうかにかかっていた。

「みでえ」は「御勅使」と記述するが、実際にこの字が充てられたのは、1600年代から1700年代以後である。1600年代より以前の古文書では「みていり川」とあり、語源は「水出=みでい」という意味が込められていた。「みだい」と読むようになったのは昭和初期からと言われている。

(2) 石積出し

狭い谷あいを通して流れてきた水流は、白根町駒場を扇頂として、東西7.5km、南北10kmにも及ぶ日本屈指の大扇状地を形成



写真-1 御勅使川の3つの石積み出し

を「はねる」仕組みが石積み出しである。最下流で天然の大護岸である高岩にぶつけるための最初の仕組みである。この石積み出しが八番堤まであったと言われている。

している。この御勅使川は水量が少ない平常時には、従来からある水路をおとなしく流れるが、洪水の際には制御を失う。

暴れる恐れがある急な流れを北へ寄せ、水流



写真-2 石積み出し一番堤

現在保存されている石積み出しの基底部から頂上までの高さは15mほどもある。これはある一定の高さで造っていたものが、上流から運ばれてきた土砂で少しずつ埋められ、上部に石を積み出していき、幾多の世代を経て二階建ての家ほどの高さになったと思われる。実際、現存している三番堤の石積み出しは三層になっていて、それぞれ基石や組み方が時代によって異なっているように見える。

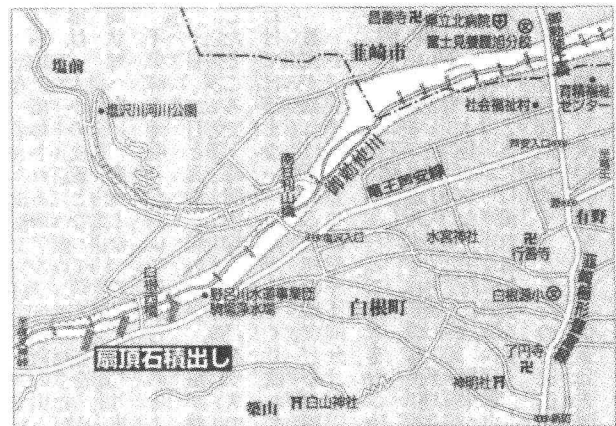


図-5 石積み出し周辺位置図

(3) 白根の将棋頭

石積み出しによって北側に流路を傾けながら山沿いを北東に進路をとった水流は、山梨県御勅使南公園付近でさらなる流水制御の仕組みによって流路を二分される。

この制水施設が白根将棋頭である。将棋の駒の尖った頭の部分で流れを二分することから「将棋頭」と呼ばれている。

この白根将棋頭は、長い間の河川の礫で埋積されたうえに、地表面も破壊されてしまい、わずかにその平面形を知るのみであったが、昭和62年発掘され、石積みの原型が見られるに至った。東南走する分留堤は120mほど、ほぼ原型をとどめていたが、近年砂利採取のため失われてしまった。

残された石積み遺構を見る限り、将棋の駒の頭といっても右辺左辺が同じ角度で、流れを受け止めているようではない。

「レ」の字をひっくり返したような感じで、御勅使川の流路は真っ直ぐに流しておいて、御勅使川本川への流路は大きく北へ振るような仕組みとなっている。

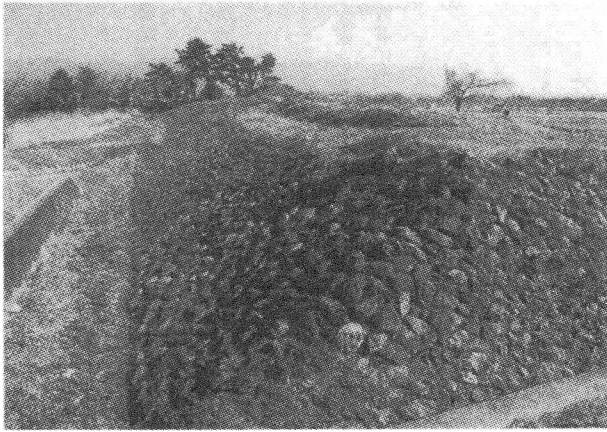


写真-3 白根将棋頭



図-6 白根将棋頭周辺位置図

(4) 竜岡の将棋頭

竜岡将棋頭は御勅使工業団地の裏手に位置している。竜岡将棋頭は白根将棋頭とは違って、両辺が同じ角度で上流に向いている。(写真-4)

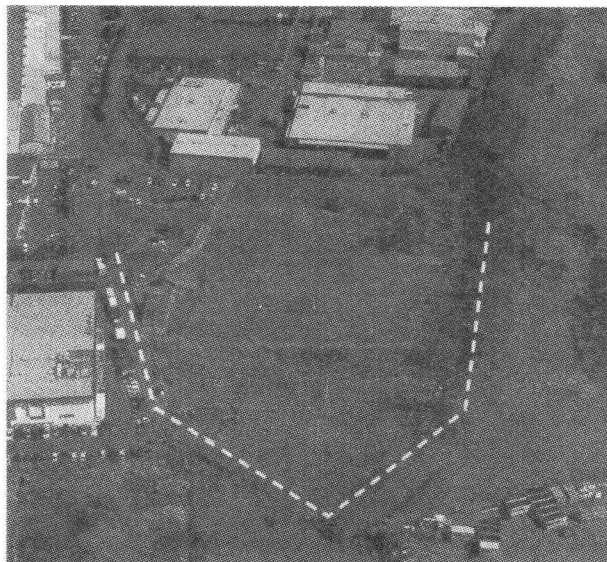


写真-4 文字どおり将棋の駒の形をした竜岡将棋頭

白根将棋頭で二分され新たにメインの流路となった扇状地北部分には、割羽沢川という別の山腹から流れ出した急流があり、このままでは、白根将棋頭で水流の勢いを削いでも、別の川によって水流が加勢されてしまい、流路を新しくした

意味を失ってしまう。そこで第二の備えである竜岡将棋頭が設置されたものと考えられる。



図-7 竜岡将棋頭周辺位置図

即ち、割羽沢川に合流する流れを予め竜岡将棋頭により二分して流れの勢いを弱めてから合流させ、合流後、流れが安定した下流において、竜岡将棋頭により南側に分けておいた御勅使川本川の流れに合流させるものである。

こうした複合的な流水コントロールシステムによって、御勅使川の洪水エネルギーは巧みに殺されていったものと考えられる。

(5) 堀切

堀切は、御勅使川下流にある狭くなった部分の古い地名で、竜岡町請越道の南端と八田村野牛島の北端に挟まれた所である。「ほっきり」と読む。

信玄は、一連の御勅使川改修工事の前提として、竜岡と野牛島の間にあった釜無川右岸の段丘岩盤を、長さ 33m (十八間) にわたって掘り切り深い人工谷を築き、この流路から流れを釜無川へと導いた。

「堀切」という地名は、その故事に由来するのだが、段丘崖のラインは、ここで約 1km ほどきれいに削り取られており、扇頂部から「高岩へ、高岩へ」と流路をコントロールされてきた扇状地内の水流は、ここで本流(釜無川)と出会う最終の関門を抜ける仕組みである。



写真-5 堀切



図-8 壺切周辺位置図

(6) 十六石

「信玄の十六石」は、合流点に2m以上ある石を十六個並べ、水勢を弱めるのと同時に安定した水の流れを確保しようとした施設であると伝えられるが、まぼろしの十六石とも称され、その仔細は不明である。

『甲斐国志』には「突流して釜無川に会する所に大石をならべて置きて水勢をそぐ」「釜無川の水とともに順流して南方におもかしむ」とある。武田二十四将のひとりである原隼人佑昌胤が、信玄に命じられた工事をした。上流につくった「壺切」とセットになった重要な治水制御施設である。

これまで石がどんな風に配置され、どのような効果をもたらしているのか、不明であったが、1997年4月末、韮崎市竜岡町下条南割の釜無川河川敷付近の農業用水工事で地下1.6mほど掘進したところで巨大な花崗岩を掘り当てた。また、その後の地中探査レーダー調査により、「地中に十数m間隔で西北西に走る大きな岩石とみられるかたまりが並んでいる」とうことも分かった。今後、しっかりとした遺構調査が行われ、十六石の規模や機能が解明されることが期待される。

また、筆者の調査の結果⁸⁾、図9に示す下条南割村周辺堤防絵図面に、十六石の記述があることが判明している。これをみると甲斐国志に述べられる、大石をならべて置きて、のイメージよりも大石を積み上げた、一種の出し、水制であることがわかる。



図-9 十六石周辺図

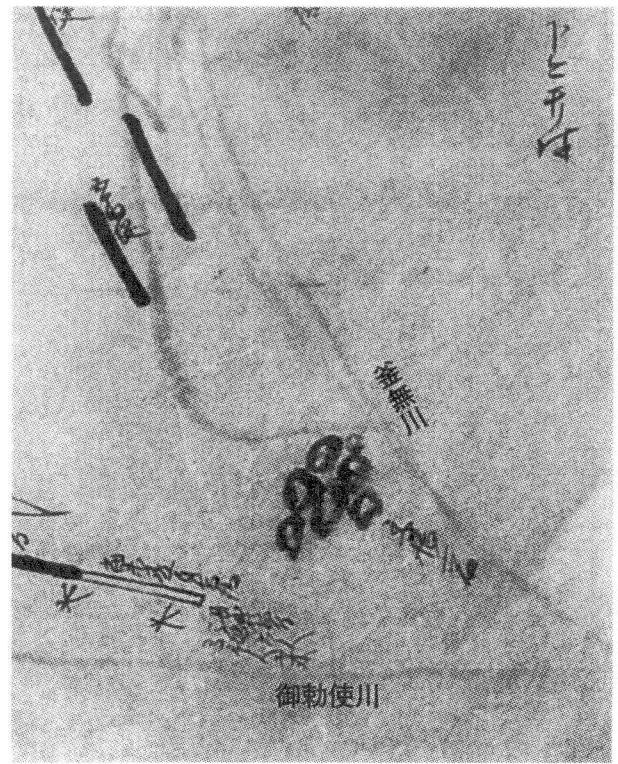


図-10 十六石の描かれた古地図

(下条南割村周辺堤防絵図面／山梨県立博物館図書館蔵)

(7) 高岩

竜王の高岩は、釜無川左岸の赤坂台地上にある。現在の竜王バイパスのところで、竜王町と双葉町の境に位置する丘の釜無川河岸崖である。前御勅使川のルートでは、まっすぐに釜無川の堤防を突き破ってしまう洪水流を、途中で流路を変えたり、水勢を削ぐ施設を設けることにより、高岩という天然の大堤防にぶつけて制御するものである。(写真-6)

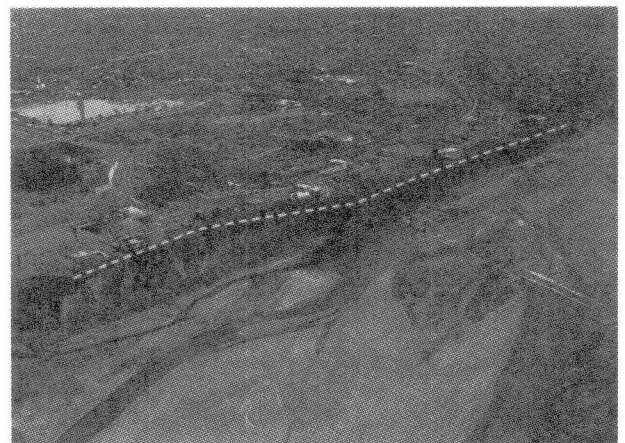


写真-6 高岩

4. 第三の将棋頭

1863年(文久3年)の古図には、3つの将棋頭が描かれている。位置的な関係とその形からして、右の2つが現在残っている白根将棋頭と竜岡将棋頭と推察できる。(図-12)

この3目の将棋頭はどこにあるのか。

明治43年の地図を見ると、竹ノ内の表示のあるあたりがそ

んな形をしている。現在の地名では韮崎市竹内にあたる。特徴的な長い石垣も図の中に確認できる。(図-12)

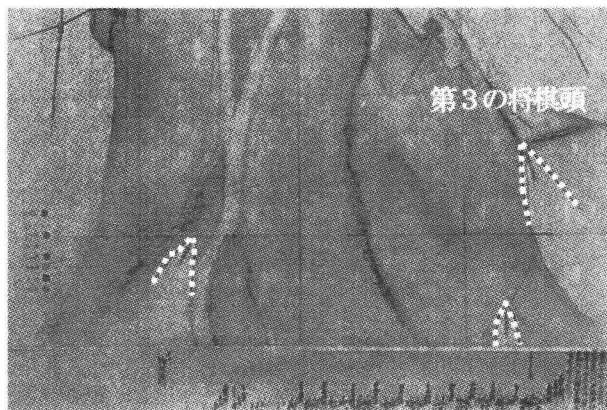


図-11 1863年の古地図に示されている第3の将棋頭



図-12 明治年間の地図(大日本帝国陸地測量部、韮崎・塩山・鰐沢 1910年測量、甲府 1888年測量より和田作成)⁷⁾

さらに、そのほかにも同じような石垣の記述がいくつか(韮崎市大草など)散見される。

この3つ目の将棋頭は、地図を眺めると位置的にはかなり山に寄った位置にある。すなわち、御勅使川の流れが最も北側に寄っていた時に、流れを二分していたものと考えられる。3つの将棋頭は同時に機能していたのではなく、御勅使川の流れが洪水のたびに暴れ回って、その流路を変えていたのにつれて、その都度、整備され、治水機能を果たしていたと考えられる。

3つ目の将棋頭も、他の2つの将棋頭と同様に、自然に出来た砂州を石積みで補強をして、徐々に築いたものである。

このことから、御勅使川の流れが洪水の度に変化することにより、将棋頭の位置も変化してきたものと推定される。

5. 徳島堰の小将棋頭

山梨では「堰」と言うと、河川を塞ぎ止めたあの堰だけではなく、用水路を含めた灌漑施設全体を示す。なかでも徳島堰は 1666 年、江戸深川の徳島兵左衛門によって造られた由緒ある施設であり、現在でも徳島堰土地改良区がこれを管理している。

この徳島堰(用水)の取水地点は、韮崎市円野町上円井の

釜無川右岸で、ここから山沿いをずっと沿うように流れ、白根町曲輪田新田に至る。釜無川右岸の灌漑は、ほとんどがこの徳島堰の恩恵を受けている。

この用水の建設で最も苦勞をした箇所が御勅使川の渡河である。現在はサイフォンによって御勅使川北側の水路から南側の水路に用水が流れている。

江戸時代初期、徳島兵左衛門がこの徳島堰を建設した時、御勅使川の河床はもっと低かったと思われる。一方、用水路は高い所から低い所へと流れるので今の水路の高さは江戸時代から変わっていないと考えて良い。

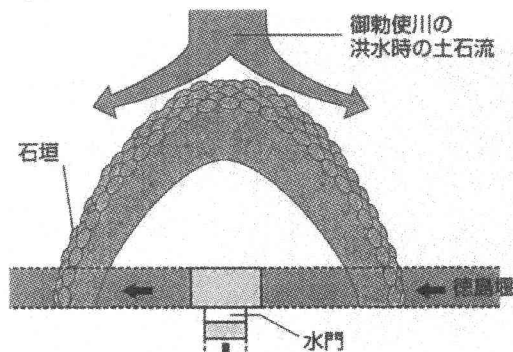


図-13 徳島堰の小将棋頭のイメージ平面図

従って、最初は御勅使川を板堰という簡単な施設で川の上を渡っていた⁴⁾。この板堰は洪水で簡単に壊れる構造であり、洪水の度に補修する必要がある。そのためには、壊れる場所を決めておくと補修がしやすい。また、水路が分派する重要なところが、しょっちゅう壊れるようでは困る。そこで、板堰の重要な部分を2つないし3つの小将棋頭で守る構造となったと考えられる。(図-13)

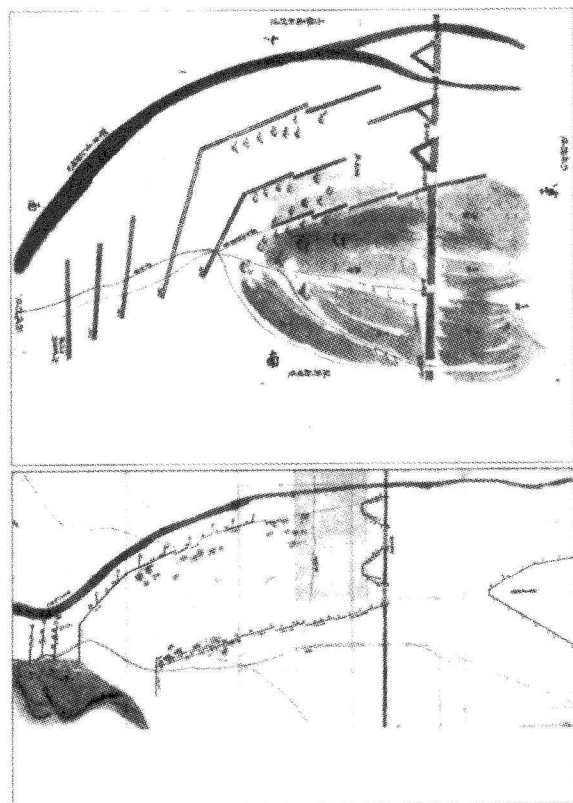


図-14 小将棋頭の配置図(矢崎真理家古図)

小将棋頭の間を、御勅使川が流れる。洪水で増水すると、その部分の板堰は簡単に壊れる。徳島堰の建設は江戸初期であり、白根将棋頭と竜岡将棋頭は厳然とその機能を発揮していた。この先例を見た徳島兵左衛門以下の技術者は、御勅使川の用水渡河に、将棋頭による分流の技術を応用したと考えられる。徳島堰の小将棋頭は、『山梨県堤防・河岸遺跡分布調査報告書（御勅使川流域の堤防遺跡分布状況）』や白根町矢崎真理家蔵の絵図（図・14）において、その存在が示されている。これらのうちひとつは完全な形で残されていることが発見され⁷⁾、現在保存の手続きが進められている。



図-15 小将棋頭の周辺位置図

6. 信玄堤歴史的治水施設群の卓上水理模型による再現

前節までに述べてきた信玄堤歴史的治水施設群の流水コントロール技術を、卓上水理模型によって再現し、通説として述べられている各施設の機能を検証する。

検討対象域の川幅が約 200~500m であることから、製作した卓上水理模型（以下、御勅使川扇状地モデル）の河道幅が模型レベルで 10cm 程度になること、製作された卓上水理模型の取り扱いが容易な規模であることと、筆者等が釜無川本川を対象に卓上水理模型による河床形状の再現性を検討した時の水平縮尺が 1/4,000 であること等から、模型縮尺は $S=1/4,000$ とした。

表-1 御勅使川扇状地モデル

範囲	釜無本川	K150~215、L=6000m
	御勅使川	M0~M17、L=500m
給水	釜無川本川、御勅使川、割羽沢川	
水位調節	開国橋下流 (K150)	
構造物	四ヶ村堰 (K200)、高岩堰 (K190) 第三集水堰 (180) 上堰頭首工及び右岸の堰 (k175)	
縮尺	水平縮尺 1/4,000	
模型規模	3.0m×2.5m	

模型対象範囲は、釜無川本川および御勅使川扇状地をカバーする南北約 10km、東西約 12km とし、模型寸法は 3.0m×2.5m とした。

御勅使川扇状地モデルは模型内部に水中ポンプ、水槽を有し単独で水を循環させることが可能なシンプルな構造とし、流量は小型電磁流量計とバルブ操作によって制御した。河床

材料については粒径分布を変化させ、再現性について感度分析により粒径分布を設定した。

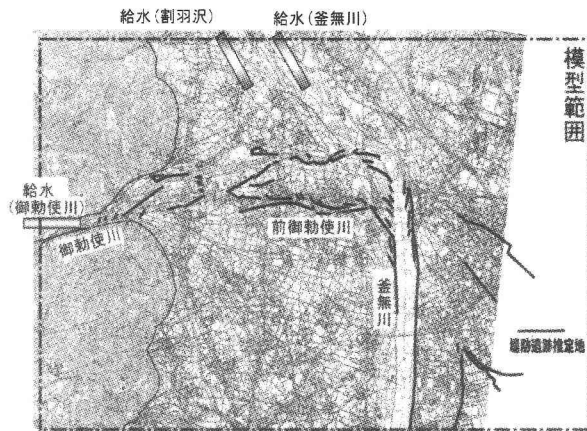


図-16 御勂使川扇状地モデルの対象範囲

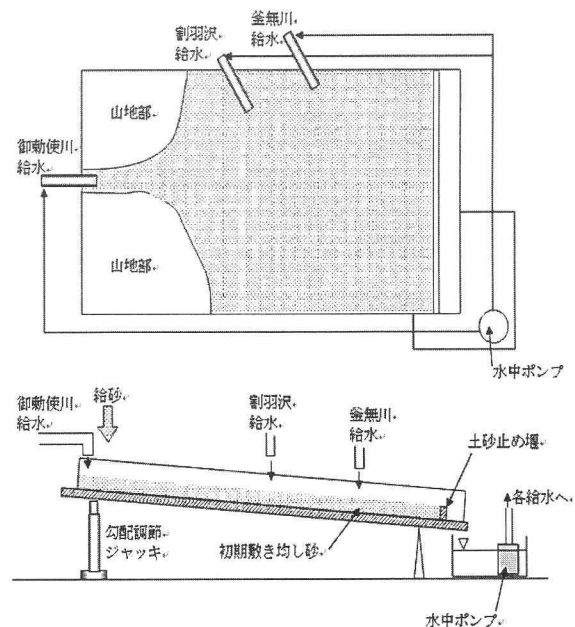


図-17 御勂使川扇状地モデル縦横断面図

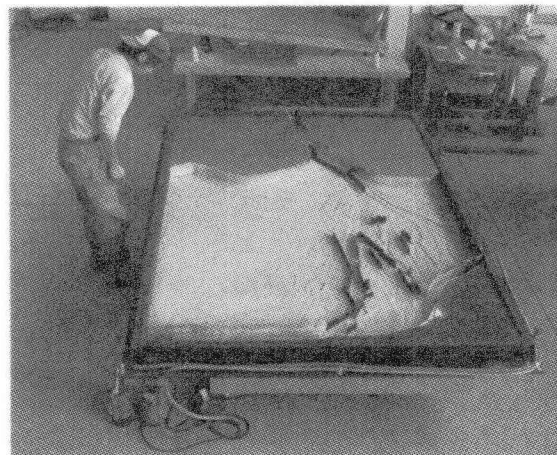


写真-7 御勂使川扇状地モデル

7. 御勂使川扇状地モデルの実験条件と模型の同定

(1) 実験条件設定と模型の同定の考え方

御勂使川扇状地モデルを用いて信玄堤の治水機能を検討す

るにあたり、実験条件の設定の考え方と設定値の同定作業は下記に示すフロー図に従い実施した。

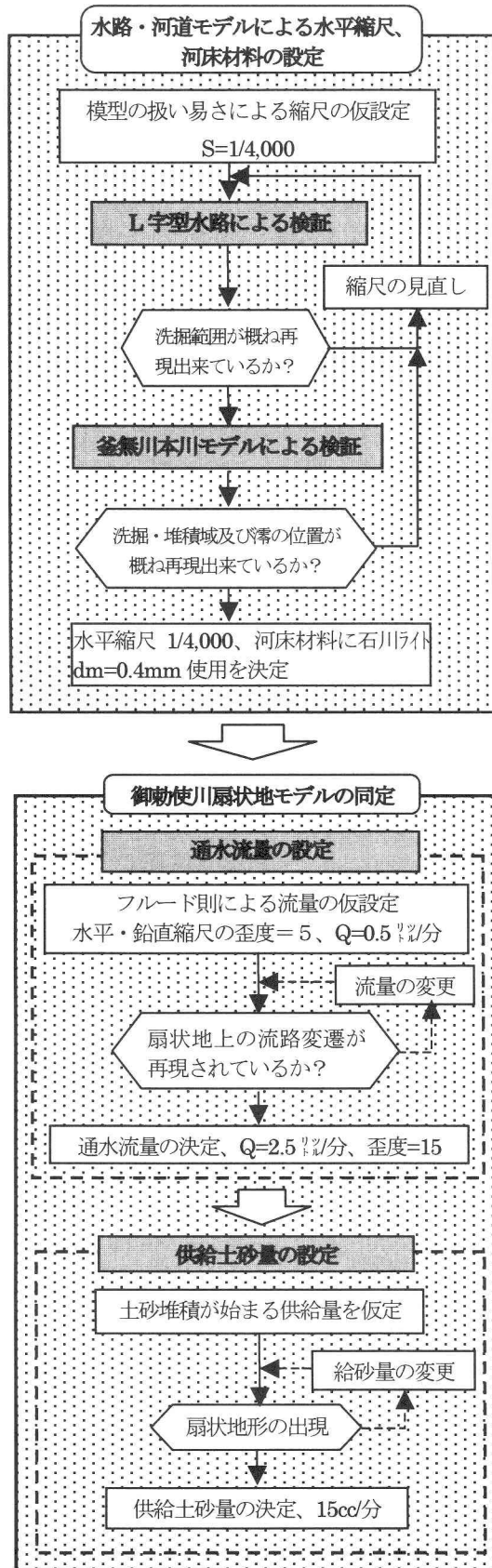


図-18 実験条件設定のフロー図

扇状地モデルの同定手順は以下の通りである。

- ① 平面縮尺の仮設定

- ② 基礎水路による再現性の確認
- ③ 河道モデルによる検証
- ④ 平面縮尺の決定
- ⑤ 扇状地モデルの通水流量の同定
- ⑥ 扇状地モデルの土砂供給量の同定

(2) 水路・河道モデルによる水平縮尺と河床材料の設定

L字型水路および釜無川本川モデルによって、河床の移動に対する河床形態について、概ね再現ができていることが確認されたことから、1/4,000の縮尺で扇状地地形の検証は可能であると判断した。

御勅使川扇状地の外縁を流れる釜無川を対象とした卓上水理模型において、石川ライト(比重 1.6、平均粒径 0.4mm)を用いることにより河床洗掘や堆積位置を概ね再現可能であることを確認できたため、同様の河床材料を扇状地模型において使用するものとした。写真8、図-19に再現の状況を示す。

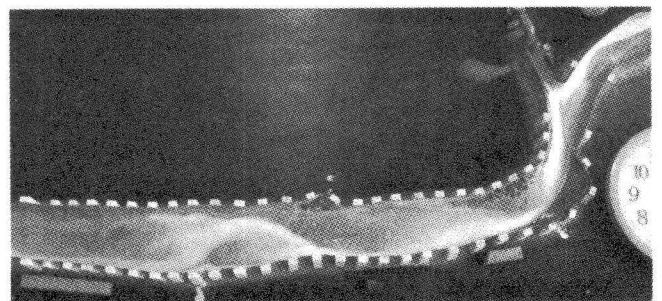


写真-8 卓上水理模型通水結果

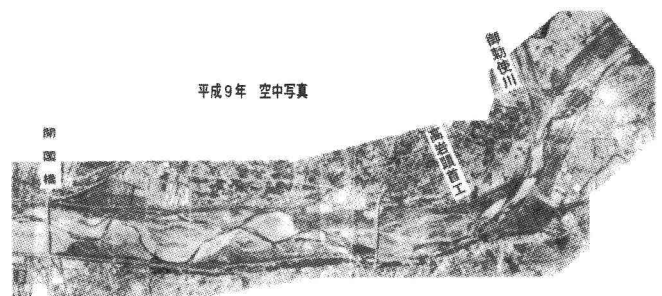


図-19 平成9年度地形写真

(3) 御勅使川扇状地モデルの同定

扇状地モデルの通水流量は、一次設定値としてフルードの歪み相似に基づく流量を用いるものとし、その後段階的に通水流量を変化させて流路の状況を観察し、扇状地地形の形成状況から設定した。

御勅使川の計画高水流量 700m³/s に対する、フルードの歪み相似に基づく歪度 5 の流量約 0.5 ℓ/分の通水では、扇状地上流付近で流路が浸透によって消失した(図-20)。

0.5 ℓ/分の割合で流量を変化させた実験を行い、扇状地の外縁にあたる釜無川まで流路が維持される通水流量を検討した。その結果、2.5 ℓ/分の通水ケースにおいて扇状地外縁で流路幅が細くなるものの、釜無川本川まで流路が到達する結果が得られたので、2.5 ℓ/分を検討流量の採用値とした。(図-21)

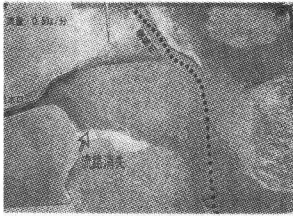


図-20 0.5 cc/分の通水時の扇状地流路

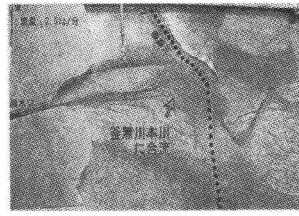


図-21 2.5 cc/分の通水時の扇状地

供給土砂量の設定は、一定量の土砂供給によって自然に扇状地形を形成させるものとし、現地の扇状地形をよく再現している土砂供給量を実験的に決定した。

扇状地上流から供給土砂量として、7.5cc/分～75cc/分の4ケースについて扇状地の形成状況を観察する実験を行った。その結果、一定勾配の扇状地形が形成され、流路が時間と共に移動する状態が継続する状況が得られた15cc/分の土砂量を供給土砂量とした。

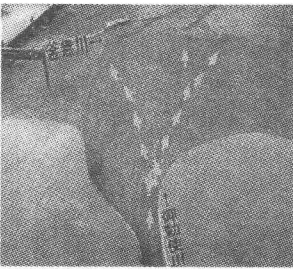


図-22 土砂供給を15cc/分とした時の流路形成

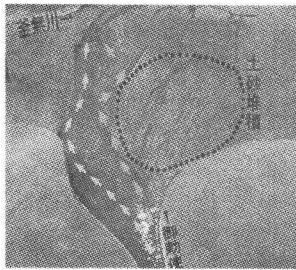


図-23 土砂供給を45cc/分とした時の堆積状況

8. 御勅使川扇状地モデルを用いた信玄堤の機能検討

御勅使川扇状地および釜無川に展開される歴史的治水施設群の機能を卓上水理模型によって検討した。

実験方法において特に次のことに留意し実験ケースを設定した。扇状地河道の形成などの現象は、洪水発生など確率論的な要素があるため、実験では同一条件で5回通水を行い、安定的に繰り返し発生する現象について、定性的な把握を行うものとした。また、将棋頭の機能検討では、実際の将棋頭が全ての規模の出水に対応できたのではなく、被災や補修の履歴を経ているという考えに基づき、卓上水理模型の土砂供給量を増やすこと（1倍(15cc/分)～3倍）で施設の安定性や機能を考察した。以下に、信玄堤の各施設の機能検討結果を示す。

(1) 石積み出しの機能

石積み出しは、山間から流れ出した御勅使川の流路を安定化させ北側に向ける機能を有していたと考えられる施設である。

卓上模型による機能検討は、次の手順で行った。上流から1倍（15cc/分）の土砂を供給し扇状地を自然に形成させる。このとき、石積み出しは設置せず、扇状地を形成しながら流路が南北に移動する様子を確認した。次に石積み出しを設置し、給砂を継続する。このとき、北側に流路が向かい安定す

ることを確認する。北側に流路が向かうことが確認された場合、土砂量を増やすことによって流路の安定と土砂量の関係を検討する。

図-24 は、石積み出しを設置する前の扇状地状況であり、写真の上が北方向になる。実験中は、供給土砂によって扇状地形を形成しながら流路が南北に移動する減少が確認できた。写真中の矢印は主な流路であり、同時に全ての流路を流水が流下しているのではなく、ある時は南よりに流れ、その後流路が北上し北側を流れるなどの現象を呈しながら常に流路が移動している。その後、図-25 は、扇頂部にモデル化した石積み出しを設置した実験結果である。

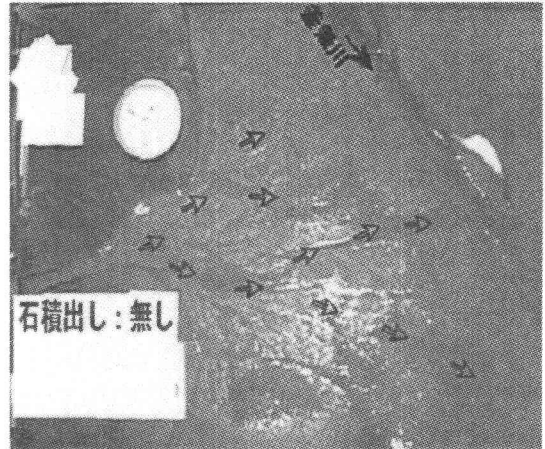


図-24 石積み出しを設置しない場合の流路の変遷状況

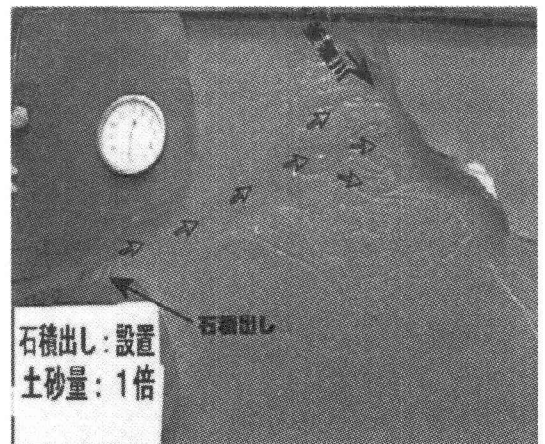


図-25 石積み出しによる流路の安定化

石積み出し設置によって、流路が北側に固定され、土砂量が2倍までは北側に流路が向かい、3倍を超えると流路が不安定となり、扇状地全体で流路が移動するようになる。

実験の結果、中規模（ある一定規模）の土砂量までは、石積み出しは、扇状地の流路を北に向ける役割を果たすが、大規模出水においては十分機能出来なかったと推察した。

(2) 将棋頭の形成過程

白根将棋頭は石積み出しにより北側に向けられた流れを二分してエネルギーを減じ、御勅使川本流を大きく二つの流れに分ける機能を有していたと考えられている。卓上水理模型に将棋頭を設置した実験を行った結果、図-26 に示すように土砂量が基準供給土砂量の2倍までは、流路が安定していたが、

図-28 の土砂量が基準供給土砂量の3倍になると流路が不安定になり、1倍の土砂量に戻しても初期の流路に戻る事がなかった。

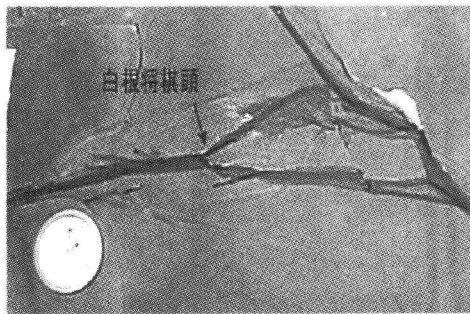


図-26 供給土砂量1倍時に将棋頭で二分した流路

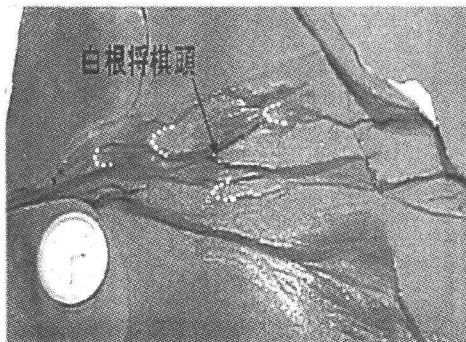


図-27 供給土砂量3倍時の流路の乱流状況(1)

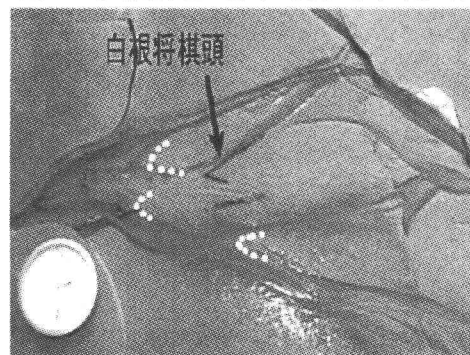


図-28 供給土砂量3倍時の流路の乱流状況(2)

御勅使川においては、その地形的特徴から急激な土砂流出が生じていたことを考慮すると、白根将棋頭は一定規模の流量までは機能するが、大規模出水に対しては流路変遷が生じ、機能維持のための将棋頭のメンテナンスが必要であり、扇状地に出来た微高地を利用しながら将棋頭が展開されていたと考えられる。扇状地モデル上にも図-27や図-28の白点線に示すような微高地が現存する将棋頭周辺に現れており、過去にはこのような場所に将棋頭が築造されてきたと推察される。

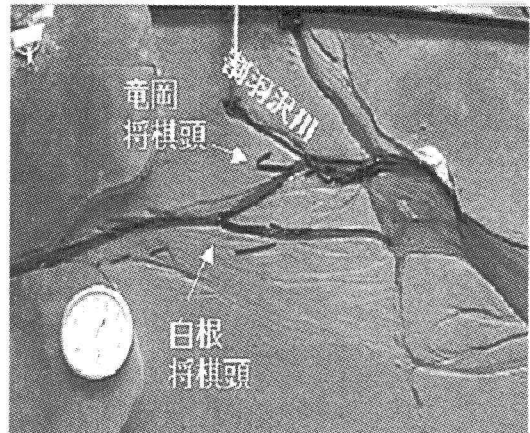
(3) 2つの将棋頭の機能

御勅使川の流路は白根将棋頭によって2つに分流、減勢され、北側の流路は下流の竜岡将棋頭で再び分流されて、洪水流を減勢させる働きを持っていたと考えられている。

しかし卓上水理模型による実験では、白根将棋頭によって流路が分かれている状態と、流路が北側に偏流し竜岡将棋頭方向に流れて分流する状態の2つの現象は確認されたが、白根将棋頭で分水された流路が再び竜岡将棋頭で分水されることはなかった。

白根将棋頭で流路が分かれている状態では、流路は非常に安定している。

《流路が南に向かった時の流れ》



《流路が北に向かった時の流れ》

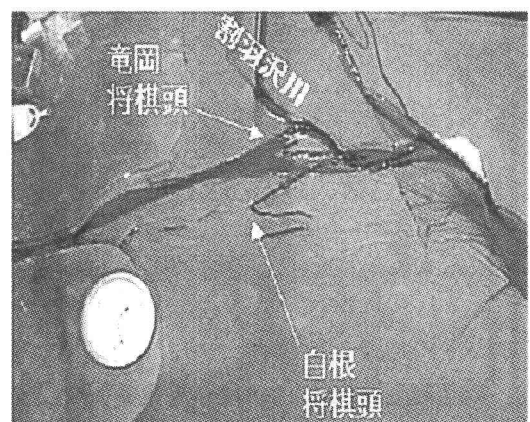
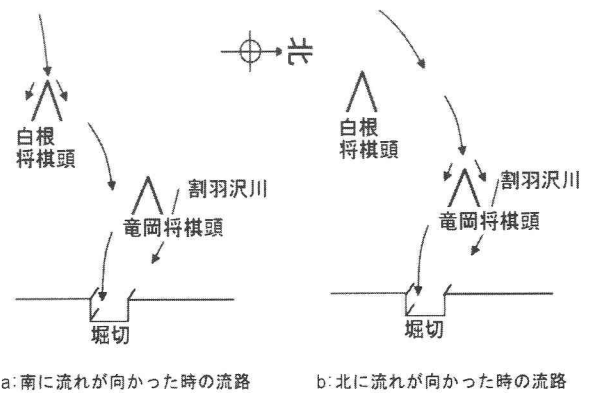


図-29 2つの将棋頭による流れ



a: 南に流れが向かった時の流路 b: 北に流れが向かった時の流路

図-30 白根、竜岡将棋頭の機能イメージ

これまで、2つの将棋頭は1組として機能していたのではないかと考えられているが、実験による機能評価では2つの将棋頭が1組で機能していたのではなく、流量規模、流出土砂の規模に応じて流路変遷が生じ、各々の将棋頭が独立で機能していたのではないかと判断される。

また、2つの将棋頭により流路が安定することで、将棋頭の下流に位置する堀切まで流路が繋がることとなり、土砂量の増加に対しても流路を安定なものに保つことが出来ていたと考えられる。

(4) 第3の将棋頭の可能性

2つの将棋頭の機能検討実験において、供給土砂量の変化によっては、図-31に示すように白根、竜岡の2つの将棋頭より北側に流路が振れる場合があり、図示したように三角形の砂州が形成される場合が生じた。

このことより、現存が確認されている白根、竜岡の2つの将棋頭以外にも、様々な流水や土砂の流出に対して流水を制御することを目的に、このような流路の変遷に伴い形成された微高地を活用して石積みで補強をし、将棋頭を築いていた可能性があるかと推察される。

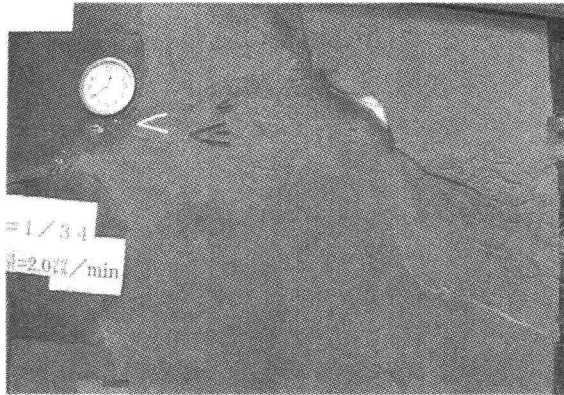


図-31 流路が北側に振れ砂州による微高地が形成された実験ケース

(5) 堀切の機能

堀切については、割羽沢川と御勅使川の流れを一本に集めて十六石に向かわせる機能があったと考えられている。

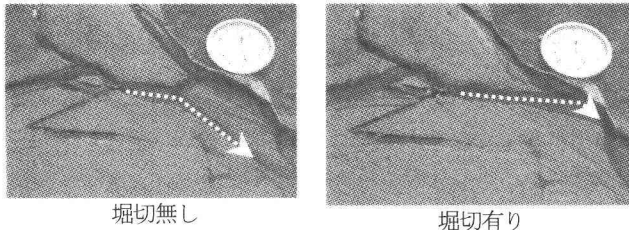


図-32 流れが北側に偏った場合

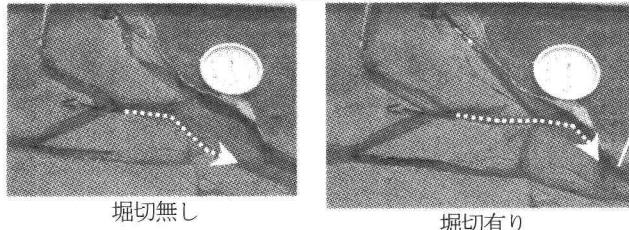


図-33 白根将棋頭で二分水された場合

実験は、図-32のように流路が白根将棋頭よりも北側に流れ、直接竜岡将棋頭で二分される場合と、図-33の白根将棋頭で二分されて流下する場合について、それぞれ、堀切がある場合と無い場合の検討を行った。

実験の結果、堀切が設置されていなくても御勅使川の流れは、霞堤、割羽沢川などにより、堀切付近へ流路が安定することが確認された。

しかし、堀切がない場合、釜無川本川の河道を流下する流れが不安定となって、高岩へ向かう流れとならず、堀切の機

能としては上流からの流れの安定のほか、下流高岩へ向かう流れを安定させるために機能していたことが分かった。

(6) 十六石の機能

十六石には、御勅使川と釜無川の合流した水を高岩にぶつけ、水勢を弱める機能があったと推察されている。

卓上水理模型による実験では、十六石を御勅使川の流れ、又は釜無川本川の流れを高岩に向けるための導流堤群の一部と考え、その機能を確認する実験を行った。

その結果、十六石及び周辺の霞堤の無い場合には堀切まで導かれた流れが再び乱流し易く、高岩に向かう流れにならない場合があり(図-34)、十六石及び周辺の霞堤によって、高岩に向かう流路が形成されることが確認された(図-35)。

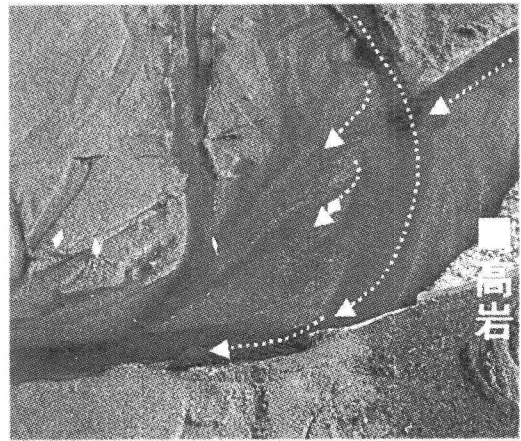


図-34 十六石及び霞堤が無い場合の高岩付近の状態

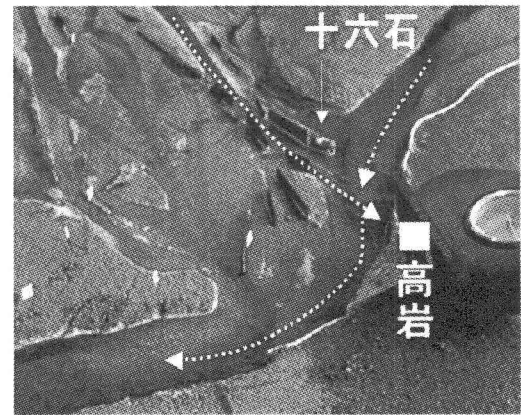


図-35 十六石及び霞堤を設置した場合の流況

(7) 高岩はねの流水制御

高岩から跳ね返った流れは、右岸側から合流する前御勅使川と衝突し、水勢を弱める役割を果たすと考えられている。そこで、白根の将棋頭によって二分された流れが合流する場合と合流しない場合の状況を卓上水理模型に再現性し比較検討した。

図-37の写真のように、前御勅使川の合流がある場合には、高岩によって跳ね返った主流線が、更に釜無川右岸側へ向かう流れを抑制していることがわかる。また、白色実線は前御勅使川の流れが無い場合の釜無川右の河岸線位置を示しており、前御勅使川の合流によって、高岩から下流河道の右岸への侵食が軽減されることが確認できた。

以上により、前御勅使川と釜無川本川の合流によって互い

の水勢を弱める機能を「高岩はね」は有していたものと思われる。

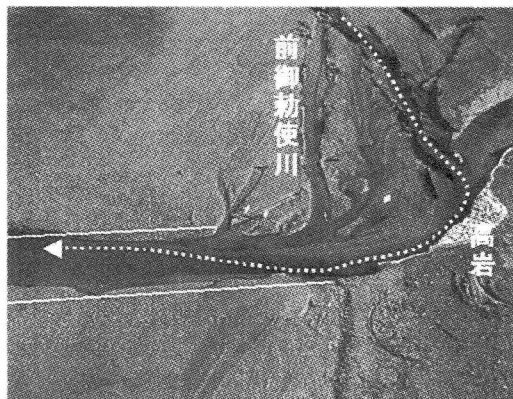


図-36 前御勅使川の合流が無い場合の流況

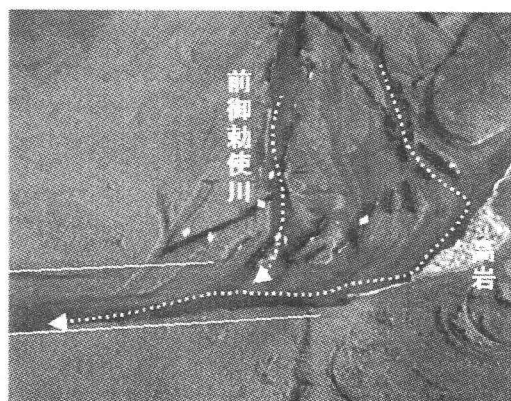


図-37 前御勅使川の合流がある場合の流況

9. まとめ

釜無川信玄堤の治水機能の考察として、御勅使川扇状地を対象とした卓上水理模型による検討により、石積出しの流水制御機能、将棋頭による流水の分水、土砂移動制御機能、掘切による釜無川との合流減勢機能など、御勅使川扇状地に展開された治水施設群の水利的な諸機能について以下の事項を確認することができた。

- ① 扇頂部に設置された石積出しは、山間から流れ出した御勅使川の流路を北側に向ける機能を有するが、大規模出水に対しては石積出しだけでは十分機能できないことが確認できた。
- ② 白根将棋頭は、一定規模の流量までは御勅使川本流の流路を二分してエネルギーを減ずるが、大規模出水に対しては、流路変遷を生じ機能維持のための将棋頭の補修が必要であることが確認できた。
- ③ 白根将棋頭と竜岡将棋頭は、1組で機能していたのではなく、流量規模、流出土砂の規模に応じて生じる様々な流路変遷に対して各々の将棋頭が独立で機能している可能性が確認できた。
- ④ 白根、竜岡の2つの将棋頭以外にも、流路の変遷に伴い形成された微高地を活用して将棋頭を築いていた可能性が確認できた。
- ⑤ 堀切並びに十六石は、割羽沢川と御勅使川の流れを安定

的に高岩に向ける機能があることが確認できた。

- ⑥ 高岩から跳ね返ってくる釜無川の水勢は、前御勅使川の水勢を合流で弱める効果があることが確認できた。

また、これら一連の流水コントロールシステムを構成する個々の施設は、単独で機能するのではなく、相互に補完することにより、様々な流水や土砂の流出に対して、多様なパターンで機能を発現していることが確認できた。

信玄堤をはじめとする歴史的治水施設群のような施設考証にあたっては、正確な資料が少ないことから検討条件などは想定によることとなる。さらに実験模型による扇状地の氾濫流路の形成は確率論的な要素があり、本検討による条件下で検討された結果が定量的にどの程度再現性があるかは、論議の余地のあるところではある。

しかし、大規模模型を用いた検討では経費、工期などが多大に掛かることから、再現性の検証が非常に困難な現象について、卓上水理模型を用いることによって、古くからの文献、伝承に述べられてきた治水施設群の機能を定性的に検証することができたことは、大きな意義があるものとする。

参考文献

- 1) 武田氏研究会：武田氏研究第2号、治水特集号、1988年
- 2) 甲斐国志：松平定能編輯、天下堂書店、1966年
- 3) 甲陽軍艦を読む：土橋治重、三笠書房、1987年7月
- 4) 山梨県堤防・河岸遺跡分布調査報告書：山梨県教育委員会、1998年
- 5) 徳島堰：三枝善衛、地方書院、1959年
- 6) 和田一範等：「極小移動床水理模型の国内での活用について」河川技術論文集、第7巻、2001年6月、PP.497-500
- 7) 和田一範等：「卓上水理模型による河床形状の再現性に関する研究」第48回水工学論文集、2004年3月、PP.739-744
- 8) 和田一範：信玄堤 千二百年の系譜の大陸からの潮流、山梨日日新聞社、2002年12月
- 9) 和田一範：グラフ信玄堤 千二百年の系譜の大陸からの潮流、山梨日日新聞社、2003年8月
- 10) 武田氏研究 第二号 治水特集号、武田氏研究会、1988年
- 11) 甲州風土記：上野晴朗、NHKサービスセンター甲府支所、昭和42年
- 12) 古代甲斐国の謎：甲斐丘陵考古学研究会編、新人物往来社、昭和60年
- 13) 山梨県史 文化財編：山梨県編集発行、1999年
- 14) 近世甲斐の治水と開発：安達満、山梨日日新聞社、1993年
- 15) 甲斐路と富士川 川を守り・道を拓く：竹林征三 建設省甲府工事事務所、1995年
- 16) 木下良作：大井川牛尾狭窄部開削の影響に関する「砂レキ堆相似」による模型実験、静岡河川工事事務所、1980年8月
- 17) 三輪式：「単列砂レキ堆と複列砂レキ堆の関係」、第28回水理講演会論文集、1984年2月、PP.775-781