

「頭首工管理における 堆砂障害の軽減対策」 に至るまでの研究展開

岩手大学農学部

三輪 弼

サマーセミナー INモリオカ

◎ 「河川の水流通蛇行と砂礫堆の形成」

- 講義の後、直線水路において、砂礫堆が形成され、洪水時の水流が蛇行し、減水後に淵と瀬が交互に連続して左右に大きく蛇行するという実験を見てもらう。
- 翌日朝、大きくゆるやかに蛇行する「迂曲水路」での砂礫堆形成と流況をみてもらう。
- 近郊の葛根田川(雫石町)において、現地河川の砂礫堆形成と水流蛇行を確認する。

◎ 三輪の研究基礎

頭首工の堆砂と洗掘トラブルの分析と対策

◎ 三輪の応用研究

- 平成24年度の農業農村工学会学術賞を受賞したテーマ
- そのうち、今回の講演要旨は、堆砂障害問題を中心にまとめています。
- 全国多くの頭首工の管理において、非常に重要な問題だと認識されて、今年の夏に改訂された管理基準の技術書でも大きく取り上げられている。

研究者としてのスタートを切ったころは、今日のようなことは考えもよらないことでした。

頭首工の堆砂と洗掘の問題になぜ取り組むようになったか、どんな方法で研究しているかという研究の背景(自分にとっての)と研究展開も含めてお話します。

◎ 略歴

- 昭和45年(1970年)東京大学農学部農業工学科卒業
- 昭和50年(1975年)同大学院博士課程修了。農学博士。
- 昭和51年(1976年)山形大学助手・農学部
- 昭和55年(1980年)岩手大学講師・農学部
- 昭和57年(1982年) 同助教授・農学部
- 平成6年(1994年) 同教授・農学部 現在に至る。

大学院進学と同時に、木下良作博士に師事して、木下砂礫堆論を学ぶ。

- ◎ 卒論指導の岡本雅美先生の推薦で、大学院での研究を開始するに当たって、木下良作博士に弟子入りする。
- ◎ 水利研究室の教授、助教授を差し置いて、外部の先生に師事した。
- ◎ 最初に取り組んだのは、湾曲斜め堰。
- ◎ 砂礫堆の前縁の形状と似ているので、なんか関係があるはずということで研究開始。
- ◎ その当時、全国にまだたくさん残っていて、牧隆泰先生の本にあった斜め堰をしらみつぶしに調査した。

湾曲斜め堰と砂礫堆との関係



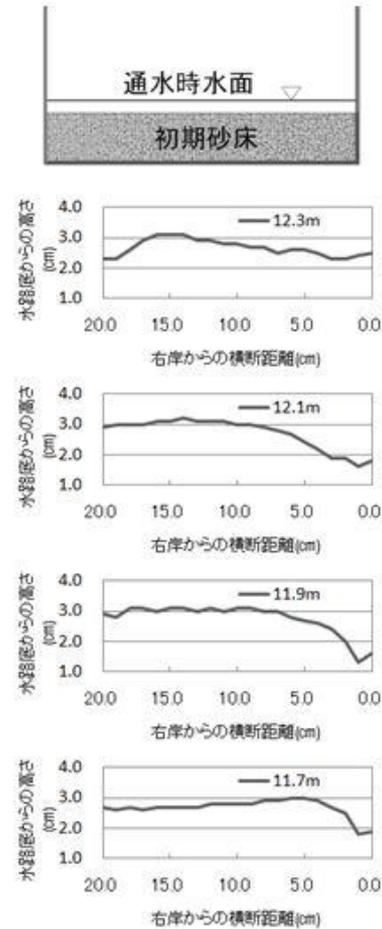
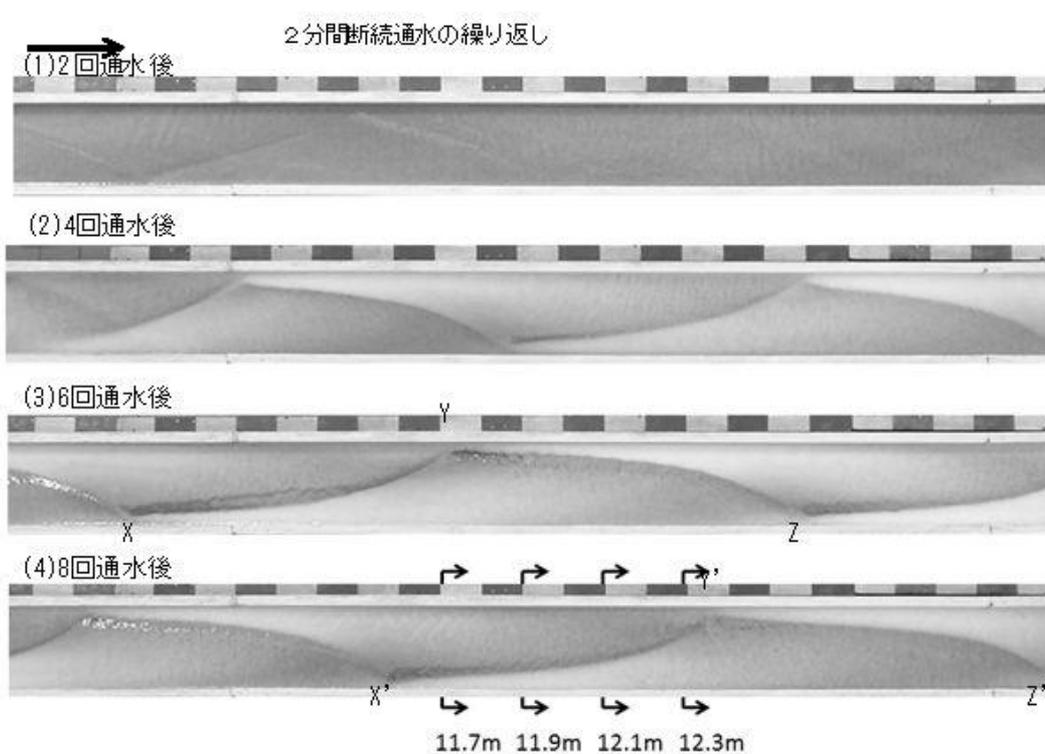
ありし日の田原井堰（岡山県指定史跡）

吉井川田原井堰（岡山県）



直線水路における砂礫堆の形成

直線水路における砂礫堆の形成



砂礫堆を形成する蛇行水流



砂礫堆の移動抑止限界の解明

河道の湾曲や蛇行によって砂礫堆の下流への移動を抑制し、安定したみお筋が得られる地点を選定する。

堰の位置選定の基本

航空写真の比較判読による「みお筋」の安定と湾曲角度との関係

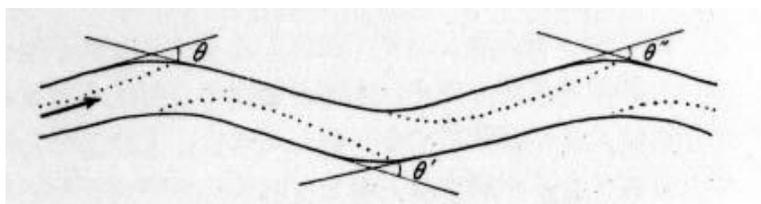


図-1 河道屈曲の一表現としての θ

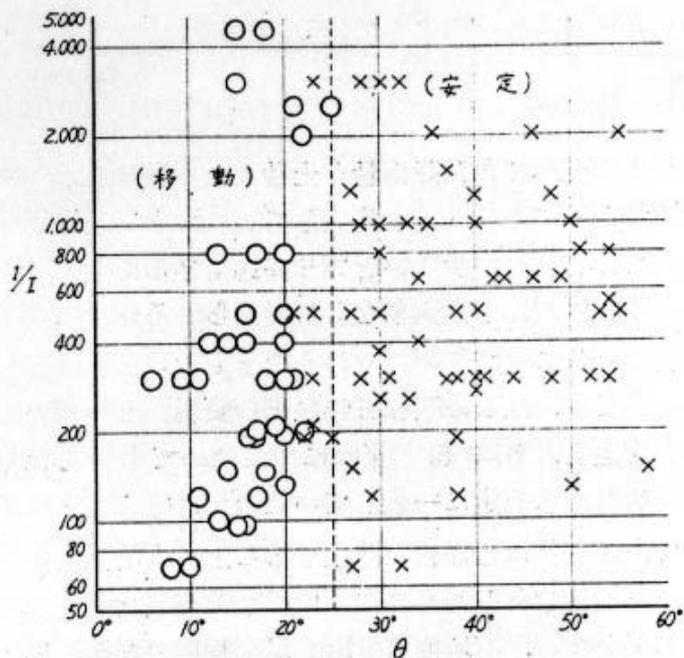


図-2 実際河川の砂レキ堆の移動・安定と河道屈曲角度との関係 (三輪)

河川勾配にかかわらず、河道屈曲角度だけで決まる。

砂礫堆の移動抑止限界を明らかにする実験に取り掛かる

- 大学院ドクター2年の7月から11月まで、木下先生と一緒に自由学園那須農場内の木下水理実験場にこもって実験。



実験水路の前で（左：木下良作博士，右：筆者）

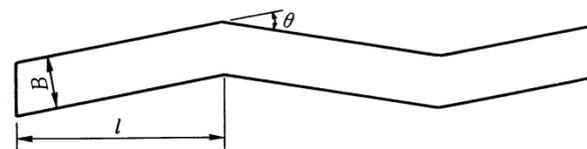


図 1.72 θ_c を求める実験に用いられた蛇曲水路

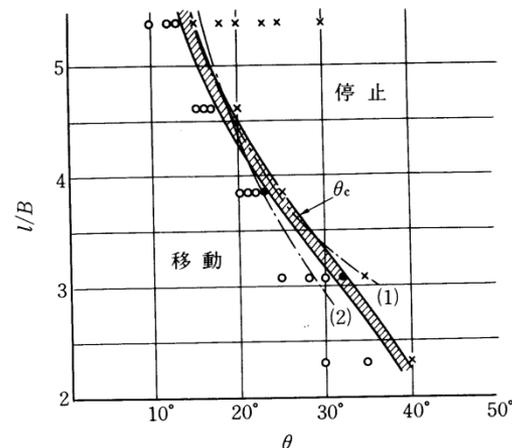
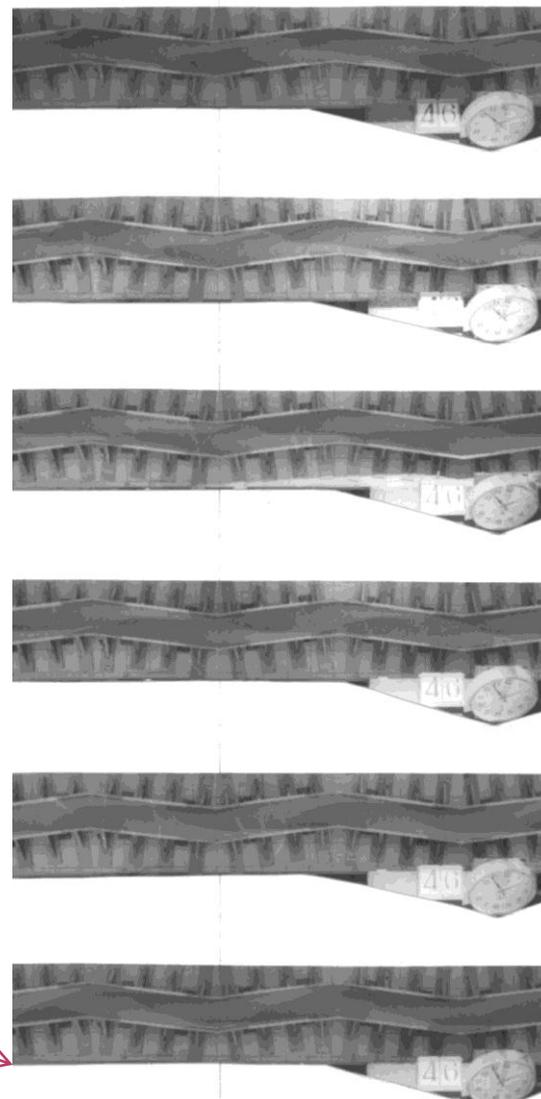
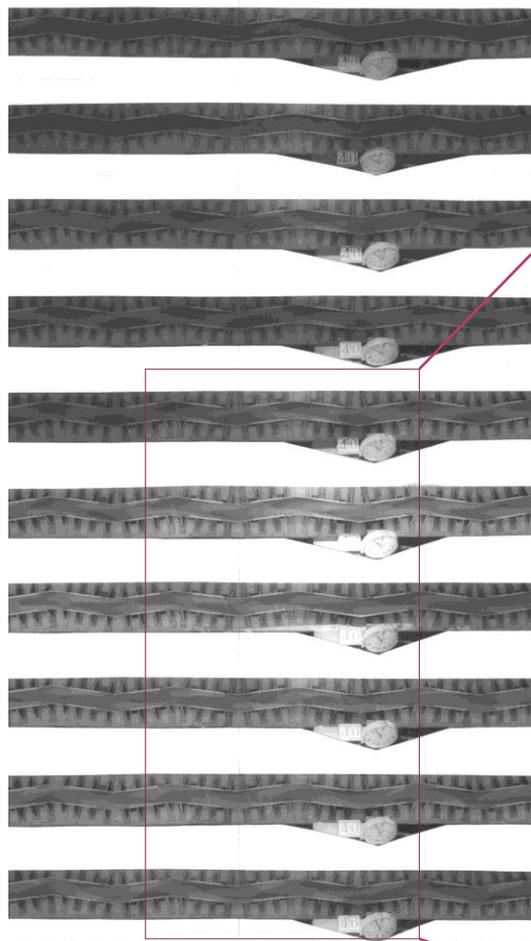


図 1.73 蛇曲水路における砂礫堆の移動と停止の限界
(木下・三輪¹³⁷⁾)

蛇行水路における砂礫堆移動

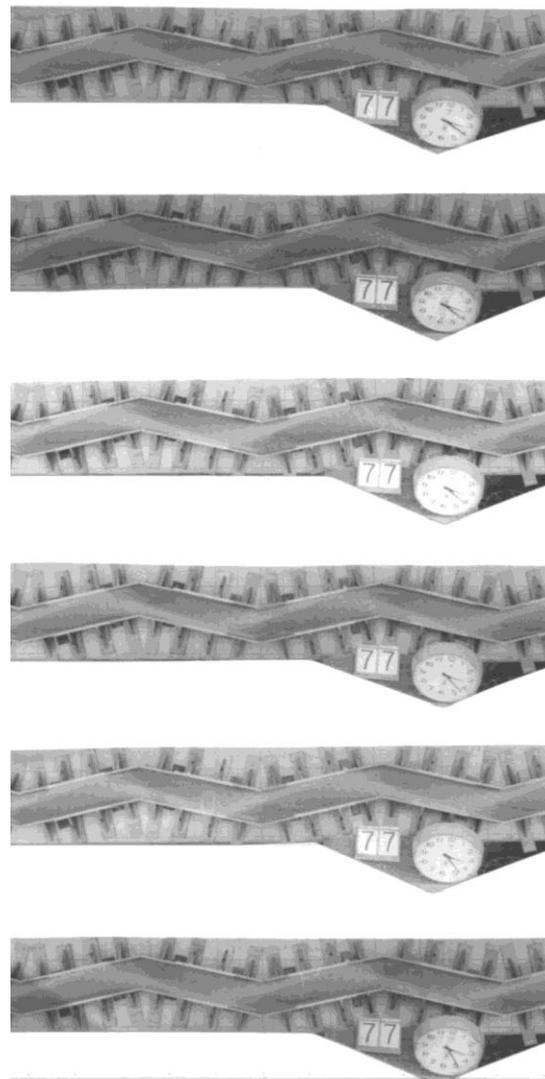
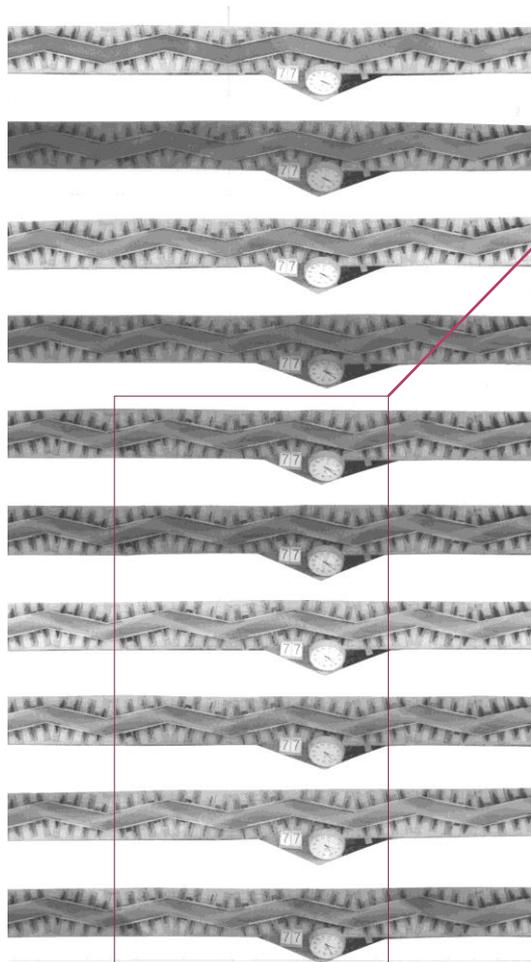
30秒おき
撮影



水路幅13cm, 水路勾配1/40, 流量0.15L/s,
蛇行波長52cm, 蛇行角15°, 砂平均粒径0.635mm

蛇行水路における砂礫堆安定化

30秒おき
撮影



水路幅13cm, 水路勾配1/40, 流量0.15L/s,
蛇行波長52cm, 蛇行角25°, 砂平均粒径0.635mm

那須実験で学んだこと

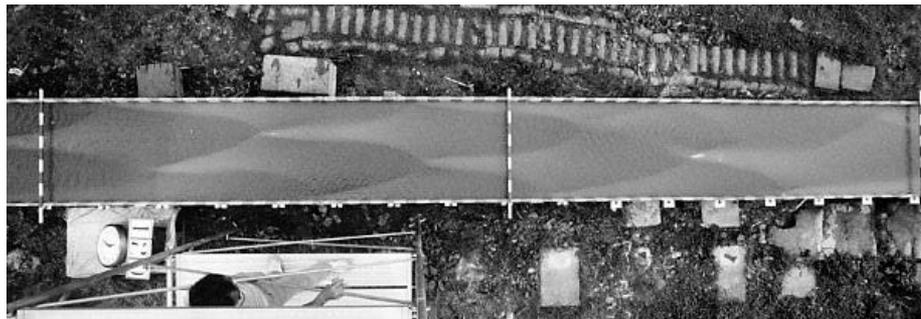
- ◎ 小型実験水路システムの計画と構築
 - 貯水槽，ポンプ，流量調節水槽，水路流入装置，水路台，水路製作，使用砂の準備，砂だめの網，返水路，砂均し器，砂均し必要精度
- ◎ 実験の計画＝仮説と検証
- ◎ 柔軟な計画変更 ← 実験結果の考察
- ◎ 実験科学者に必要なことは，広い視野と集中力，粘り強さだと痛感。
- ◎ このときの知識と経験が，これからの実験研究遂行の礎になった。

山形大学での研究 (S.51-55)

- ◎ 実験施設の建設と砂の準備 (砂の篩分け)
- ◎ 直線水路での基礎実験
 - 山大水路での砂礫堆形成条件
 - 落差工上下流の砂礫堆形成と移動の連続性
 - 天端傾斜堰の連続交互配置による砂礫堆の移動抑止条件の解明
- ◎ 蛇行水路での基礎実験
 - 波長と蛇行角の変えた蛇行水路における河岸沿い深掘れ形状と水理諸量との関係
- ◎ 最上川三郷堰のみお筋安定判定のための水理模型実験

岩手大学での研究 (S.55~)

- ◎ 砂礫堆基礎実験用の水路施設準備
 - 山大で使用した砂を持参。
 - 一部可動堰における土砂吐のみお筋誘導効果検証
- ◎ 屋外水路での複列砂しき堆の実験
 - 砂篩作業と水路台建設
 - 単列砂礫堆と複列砂礫堆の形成限界の解明
 - 小型水路模型実験の相似則研究につながる。



1. 頭首工堆砂問題の研究開始

◎ 現地調査対象の堰

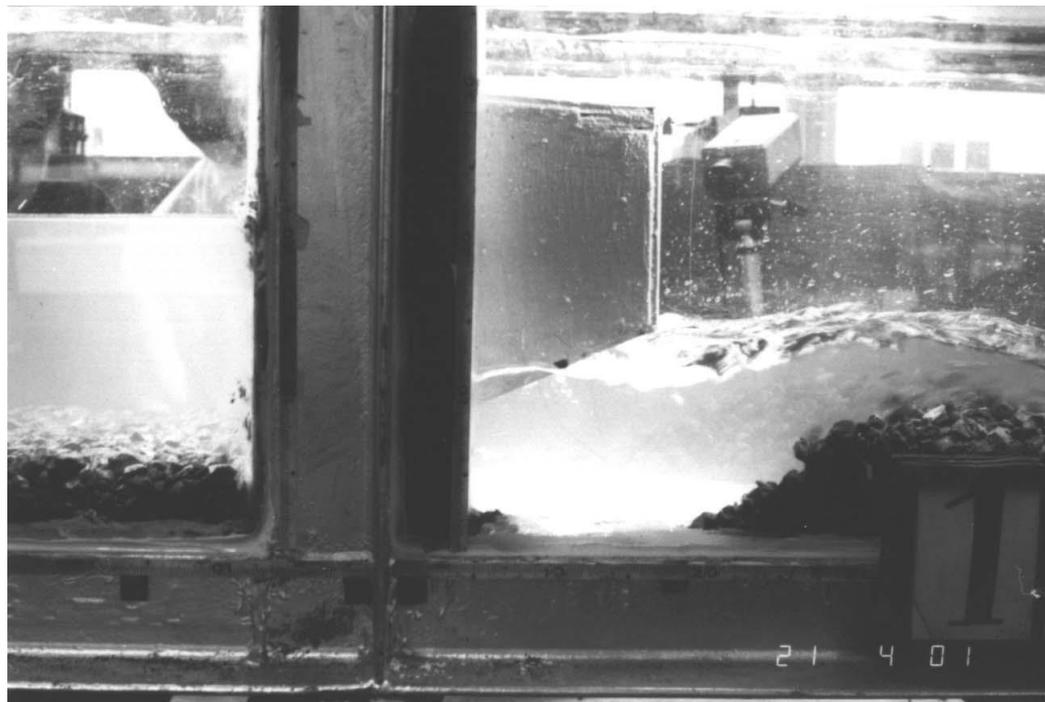
- 田原井堰，坂根井堰（岡山県吉井川）
- 岡島頭首工（岐阜県揖斐川）
- 太田頭首工，邑楽頭首工（群馬県渡良瀬川）
- 岡本頭首工（栃木県鬼怒川）
- 淀川大堰（大阪府淀川）
- 阿武隈川大堰（宮城県阿武隈川）
- 飯泉取水堰（神奈川県酒匂川）
- 忠別川第2頭首工（北海道石狩川水系）
- 鳴鹿堰（福井県九頭竜川）
- 加古川大堰（兵庫県加古川） など

頭首工堆砂問題の実験研究

- 岡島頭首工の堆砂障害軽減対策として上下流区間の河床掘削を提案。その必要掘削区間提案のための水路模型実験を実施。
 - 木下先生が実施された大井川（静岡県）模型実験に倣う。
 - 1000分の1という小縮尺模型で、現地河床勾配1/256に対して、模型水路勾配1/71.5と3.6倍の急勾配にした。
 - 現地の砂礫堆形成と水流蛇行を実験水路上に再現することが最も重要である。
 - 流量の与え方と通水方法に課題が残った。

ゲートフラッシュの実験

- ◎ 操作による堆砂フラッシュ現象の実態解明
- ◎ フラッシュによって対応可能な頭首工の判定基準解明



2. 河川災害の現地調査

- 多摩川宿河原堰取付け河岸の侵食 S.49
- 葛根田川（岩手県雫石） H.2
- 豊沢川（岩手県花巻） H.7
- 阿武隈川（福島県）災害 H.10
- 和賀川（岩手県沢内）橋梁災害 H.11
- 雪谷川（岩手県軽米）災害 H.12
- 砂鉄川（岩手県川崎）災害 H.14
- 刈谷田川（新潟県）災害 H.16
- 足羽川（福井県）災害 H.16
- 安家川（岩手県野田）災害 H.19
- 多摩川（東京都）災害 H.19

災害発生個所と砂礫堆・水流蛇行との 関係解明



阿武隈川（白河市）の護岸災害

3. 頭首工下流河床低下による災害 メカニズムと洗掘軽減対策の検討

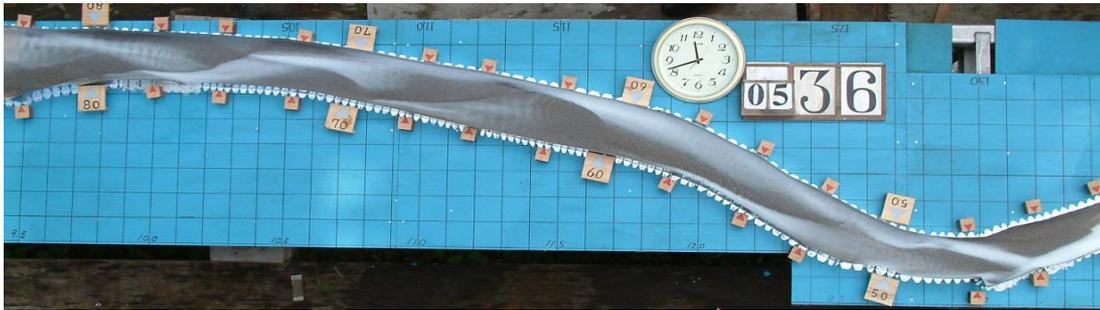


穴堰（阿武隈川・白河市）の
護床工と河岸の災害

4. 河川の縮尺模型実験を開発

- ◎ 砂礫堆の形状と水流蛇行パターンを再現させる実験
 - 羽越荒川（新潟県）模型実験

羽越荒川1/1000模型実験（3分間通水5回後）



1/1000縮尺モデル,
水路幅30cm程度
水路盤勾配1/70,
流量0.5L/s

1980年当時の河床形状



取水塔付近のみお筋変化 (那賀川・阿南工水)

1968年 (地理院撮影)



1996年 (地理院撮影)

B: 那賀川

T: 取水塔



那賀川小縮尺水路模型実験

3分間通水3回



W: 北岸堰 B: 那賀川橋 T: 取水塔

3分間通水5回



5. 河道平面計画立案にあたっての 洪水水衝部同定と安定性評価について の技術相談

- ◎ (株)建設技術研究所東京本社及び大阪本社，中国支社（当時）その他から依頼を受けて，数多くの河川について，主として航空写真判読によって，水衝部同定と安定性評価の仕事をした。
 - 河川名を列挙する。
 - 赤川，鬼怒川，立谷沢川，高瀬川，黒部川，三峰川，天竜川，神通川，日野川，利根川，那賀川，斐伊川，天神川，渡川，土器川，武庫川，重信川，九頭竜川，肱川，加古川，地内川，千種川，竹田川，愛知川，江の川，市川，仁淀川，千曲川，犀川，大和川，高津川，厚狭川，高梁川，木津川，千代川，旭川，足羽川，神戸川，吉野川，揖保川
 - 河川の実態認識が深まり，航空写真の判読能力も高まった。
 - 研究が実践的価値を持っていると評価されたことが一番の喜びであった。

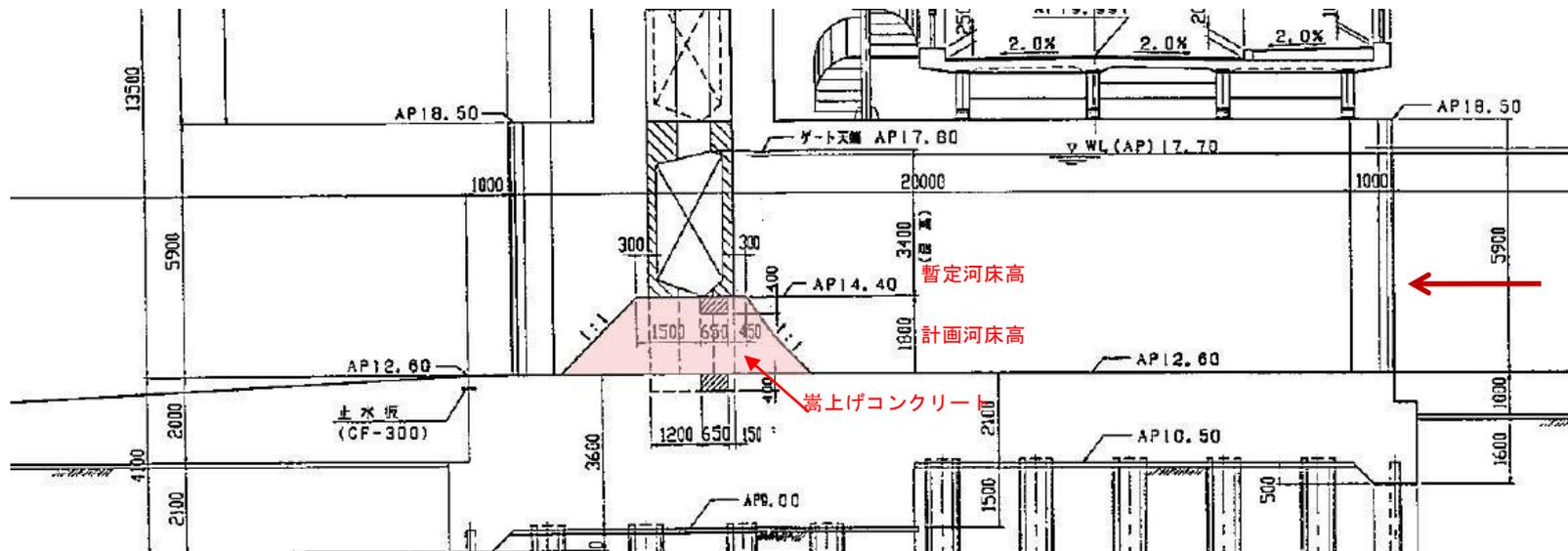
6. 土地改良施設管理基準—頭首工編—の改訂作業（H.21-23）

- ◎ 改訂検討部会委員長を仰せつかり，作業を進めるうちに，頭首工管理において，堆砂障害の軽減対策の必要性を痛感した。
- ◎ 森田頭首工（栃木県荒川）や岡本頭首工（栃木県鬼怒川），新田原井堰（岡山県吉井川）については，それ以前に堆砂問題の深刻さを調査していた。
- ◎ 堆砂発生メカニズムはある程度分かっているし，河床掘削の必要性とその実施困難な事情も分かっていた手詰まり状態であったが，「暫定的上げ越し構造」による対策の可能性が見えてきたので，研究を再開した。

河川整備基金からの助成獲得

- 河川環境管理財団から「取水施設の維持管理に関する問題と対策」というテーマで、平成23年度研究助成を得ることができた。
- 加治川第2頭首工（新潟県加治川）と関川頭首工，十力字頭首工（新潟県関川），三ツ木堰（埼玉県元荒川）の調査を実施し，上げ越し構造の設置を，障害軽減対策として学会誌に発表した。
- H.23年出水によって，岡本頭首工のゲート閉鎖不能が発生。釣り上げ状態で当座しのいでいくという異常事態について，札幌学会で発表した。

暫定的上げ越し構造



三ツ木堰における暫定的上げ越し構造
(嵩上げコンクリート) と河床高との関係
(埼玉県資料より)

岡本頭首工の応急対応



7. ゲート操作による堆砂フラッシュに関する現地調査と実験

- ◎ 北空知頭首工（北海道石狩川）の見事なフラッシュ操作と，忠別川第3頭首工の苦戦の現場に立ち会う。
- ◎ 高井さんと両者のちがいを検討した。
- ◎ 六堰頭首工（うまくフラッシュできない例）と阿武隈大堰（砂河川で比較的容易にフラッシュできる例）の追加調査。
- ◎ 濱上さんとの共同実験で，ゲートフラッシュの進行過程やフラッシュの成否をわける要因の分析，フラッシュの際の流速分布と排砂形状との関係などを追究する。

8. 砂礫堆と水流蛇行との関係について、講義と実験、現地説明という公開プログラムの実施。

- ◎ 対象は、応用水理部会メンバー，建設技術研究所（大阪，東京その他は昨年実施），日本工営，東京大学河川環境研究室（知花准教授ほか），古沢希代子教授（東京女子大，東千モール取水堰問題で相談あり）
- ◎ 実験水路はそのまま通水可能な状態にしてあるので，興味のある方は，濱上さんまで連絡ください。

「木下砂礫堆論」の理解を深め、活用する活動を継続していきたい



葛根田川（岩手県雫石川）