

【話題提供】 (報告) 河道埋塞を伴う中山間地流域における家屋 流失評価に向けて

現 土木研究所 河道保全研究グループ河道監視・水文チーム
(元 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室)

大野 純暉

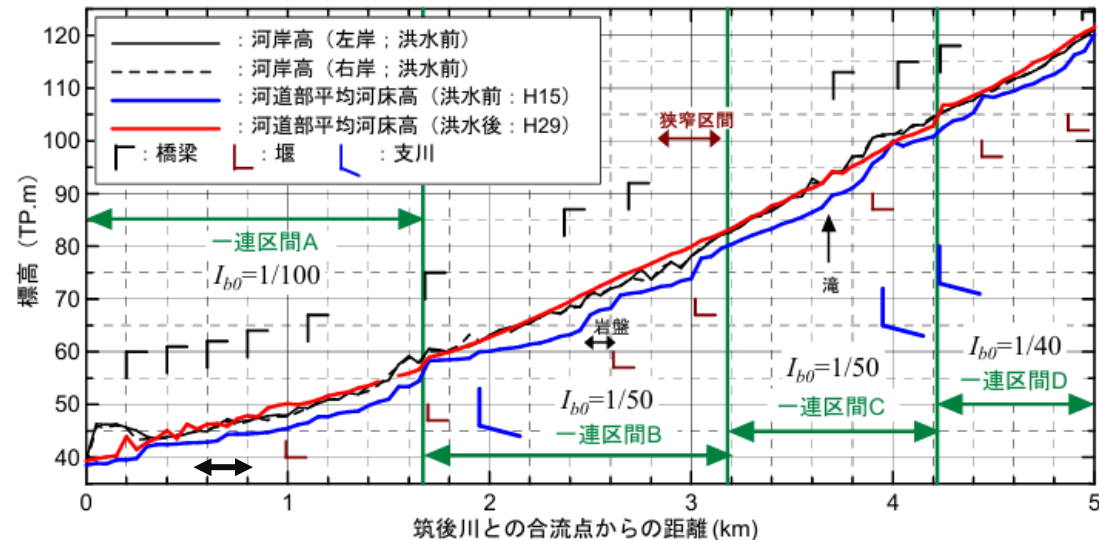
研究背景

- ・平成29年九州北部豪雨（赤谷川等），令和6年奥能登豪雨（塚田川等）をはじめとして，中山間地河川では大量の土砂・流木が河道へ流入・堆積することで氾濫を助長。
- ・河道から氾濫した場合も，**地形勾配が急であるため，氾濫流の持つ流体力が大きい**ため，**家屋が流失する被害も発生**している状況。

（豪雨前後における赤谷川の航空写真）



（豪雨前後における赤谷川の河床縦断面図）



- ・ 河岸高程度まで土砂が堆積し、それが長い区間にわたって堆積。（以下、河道埋塞とする）
- ・ 河道埋塞の起点は橋梁での流木捕捉等によって生じている場合が多い。



河道埋塞によって氾濫を助長

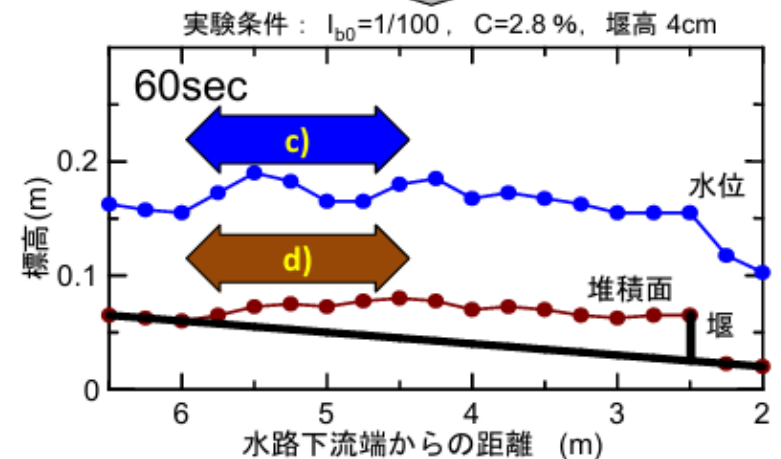
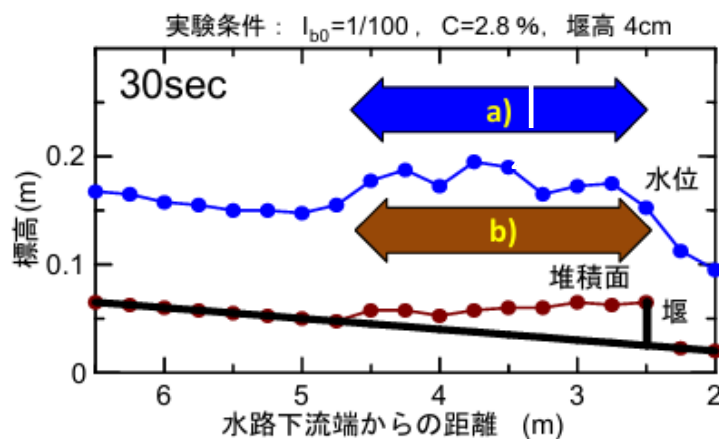
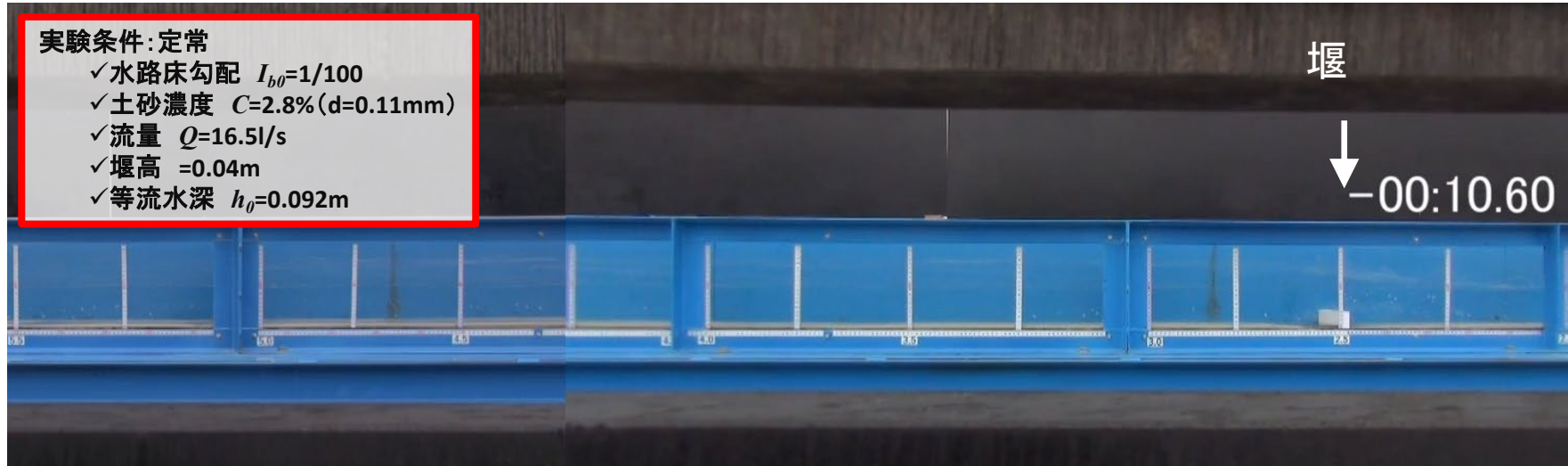
研究背景

・「能登半島での地震・大雨を踏まえた 水害・土砂災害対策のあり方について 提言（令和7年6月）」では、横断工作物等での土砂・流木による河積阻害等の影響を見込んだ家屋の倒壊・流失のリスク評価手法の開発及びリスク情報の提供について、研究開発に速やかに着手すべきであると記載。



研究背景

・横断工作物等の上流側に形成される土砂堆積域が、上流方向へ徐々に延伸し、それに伴い水位堰上げ区間も上流方向へ延伸。
→河道の流況が、土砂埋塞過程の中でも大きく変化するため、氾濫する場所も時間的に大きく変わることが考えられる。



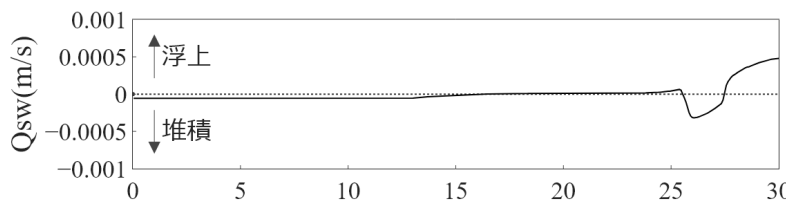
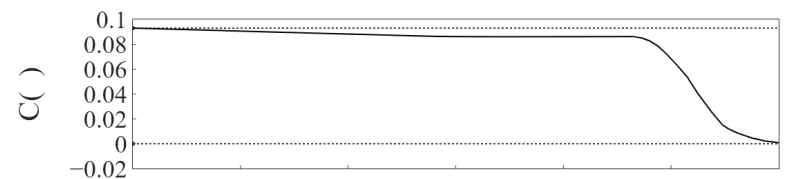
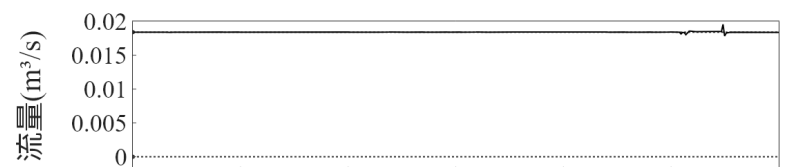
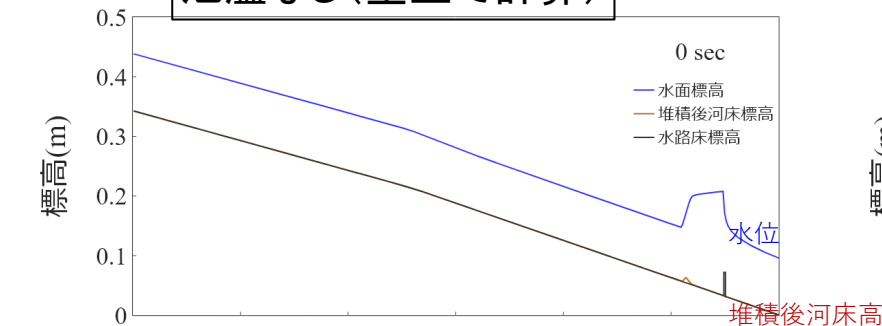
引用) 武内慶了・山本陽子・海老原友基・井上清敬・板垣修: 急勾配河道区間に大量の細粒土砂が供給された場合の堆積・延伸過程, 河川技術論文集, 第29巻, pp.305-310, 2023.

氾濫が堆積過程に及ぼす影響の試算（2Dcal）

・ 氾濫原にひとたび氾濫すると、その下流部は掃流力が低下することで河岸高相当まで堆積し、それが上流側へ延伸することで河道が埋塞。

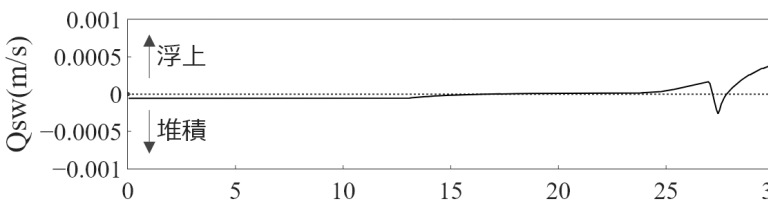
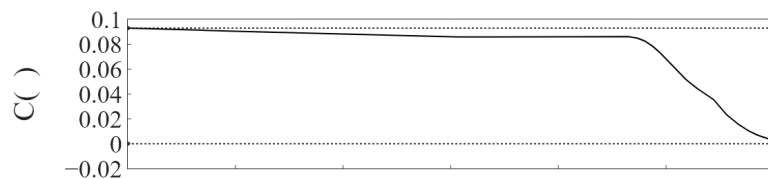
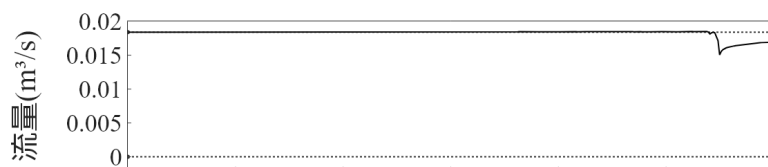
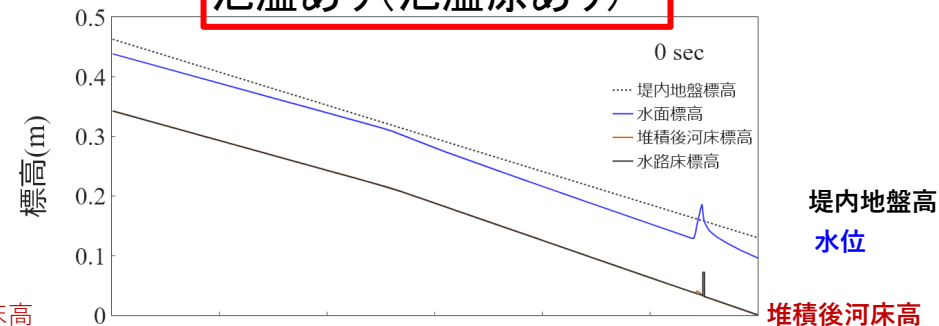
→ 氾濫する範囲及び氾濫量と河道埋塞プロセスを一体的に評価しなければならない。

氾濫なし（壁立て計算）



上流端からの距離(m)

氾濫あり（氾濫原あり）



上流端からの距離(m)

本研究の目的

・中山間地河川流域における家屋流失の定量的評価手法の構築を大きな目標であるが、上流端境界条件として適切な土砂量のハイドログラフの与え方や既存の計算モデルの問題等、現状大きな課題があると認識。

→本研究では、**土砂・流木によって河道埋塞することを想定**した上で、家屋流失が生じるような地形的特徴や流量規模・河道埋塞区間の違いが高流速域の形成に与える影響を調べた。

流失した家屋の地形的特徴（筑後川右岸域）



水理模型実験（固定床）

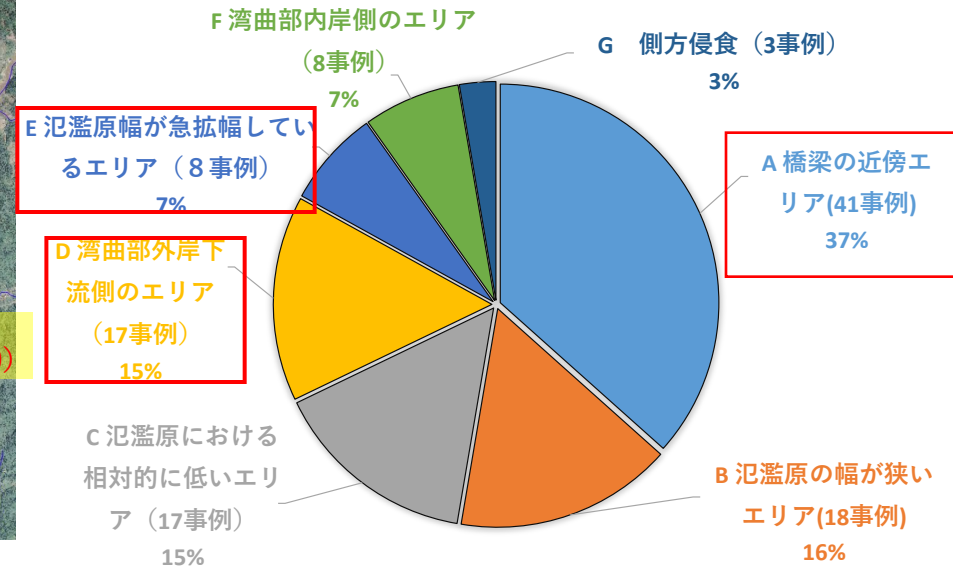
流出しやすい地形的特徴を模した実験

家屋流出の定量評価に向けた技術的課題

家屋流出した事例の分析

対象豪雨イベント：平成29年九州北部豪雨(赤谷川を中心とした筑後川右岸域)

調査方法：豪雨前後の航空写真から、流失家屋を抽出。豪雨後の航空写真から、氾濫流が流下した範囲を抽出した。



【分類A】 橋梁の近傍エリア（赤谷川）

・ 橋梁の上流部で流木捕捉等によって河道埋塞が生じ、流下できなくなったことで、橋梁を迂回する流れが生じ、家屋流失が生じた。

（・ 上流側ですでに氾濫している場合等は、迂回流が生じない場合もある）

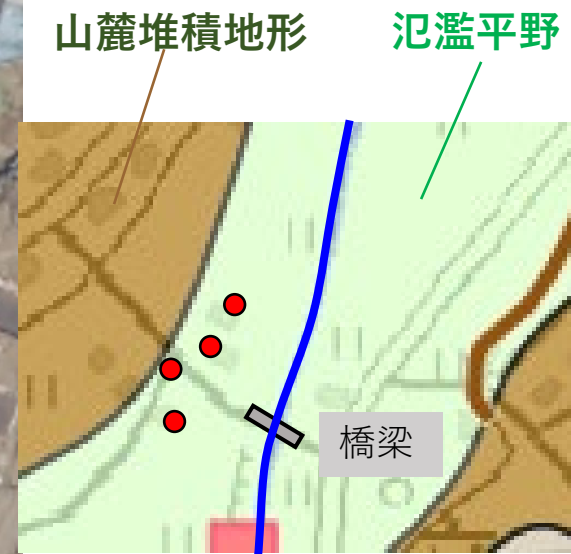
豪雨前



豪雨後



治水地形分類図



【分類D】湾曲部外岸下流側からの氾濫

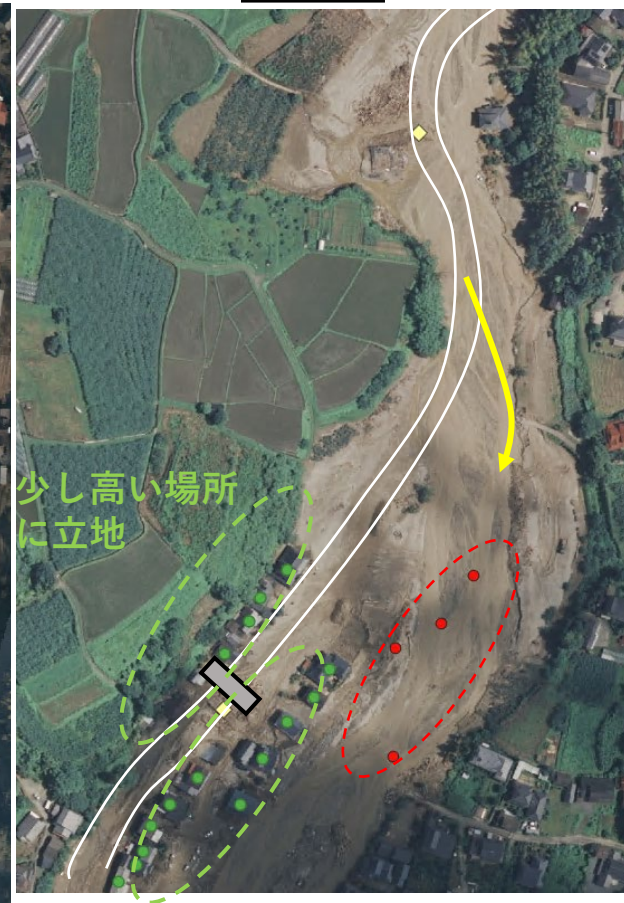
- ・河道湾曲部の外岸側から氾濫し、強い氾濫流が流下したことで家屋流失が生じたものと考えられる。
 - ・川から近い場所でも被災していない箇所もある
- 流出しなかった家屋は、自然堤防上にあり、一段高い場所にある。

- 家屋流失した箇所
- 家屋流失が生じなかった箇所
- 橋梁

豪雨前



豪雨後

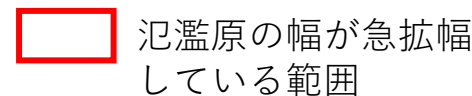
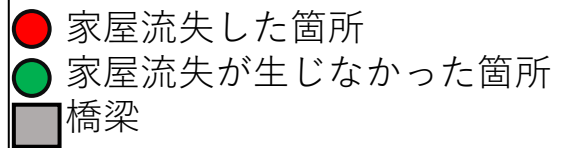


治水地形分類図

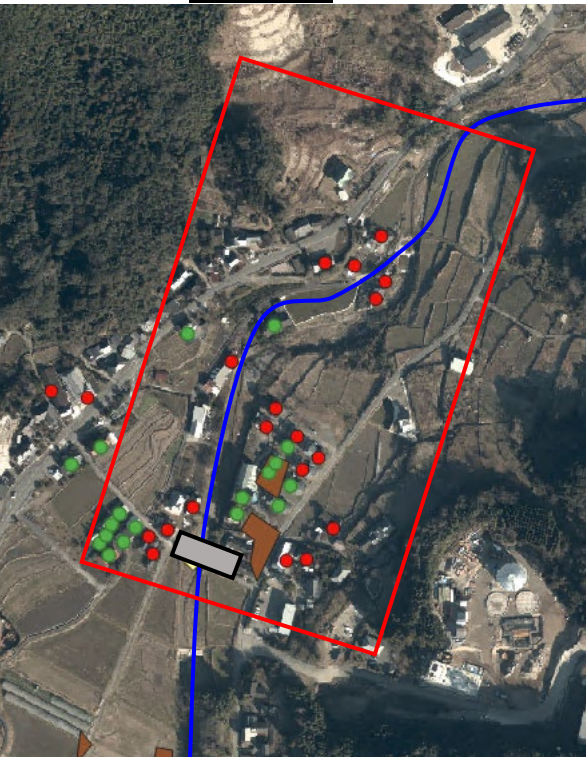


【分類E】 氾濫原幅が急拡幅しているエリア

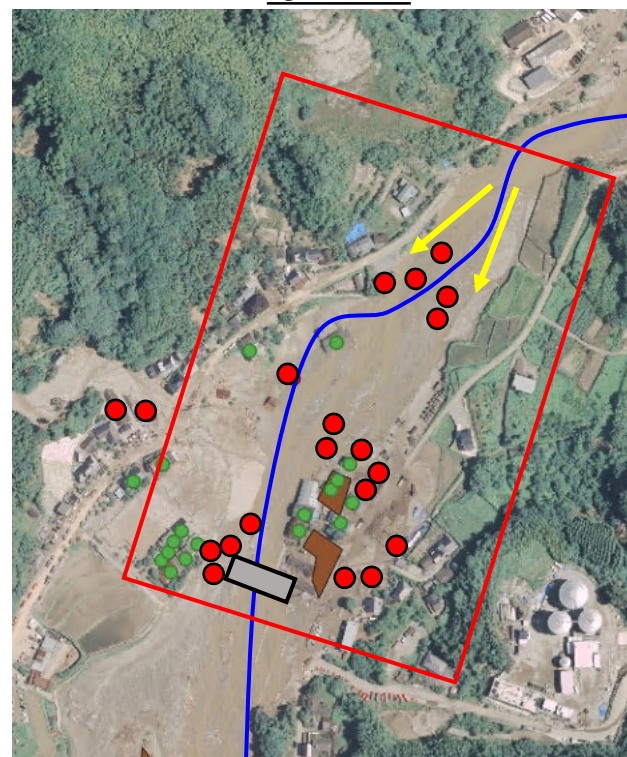
- ・ 氾濫流が氾濫原幅いっぱい flowed ことで、氾濫原幅の縦断変化が氾濫流に大きく影響。
- ・ 流れが拡散したことで、横断方向の広範囲で家屋流出が発生。
- ・ 家屋が密集している箇所では、上流側の家屋によって洪水流の勢いを減少させた為、流出しなかったと思われる家屋もある。



豪雨前



豪雨後



治水地形分類図

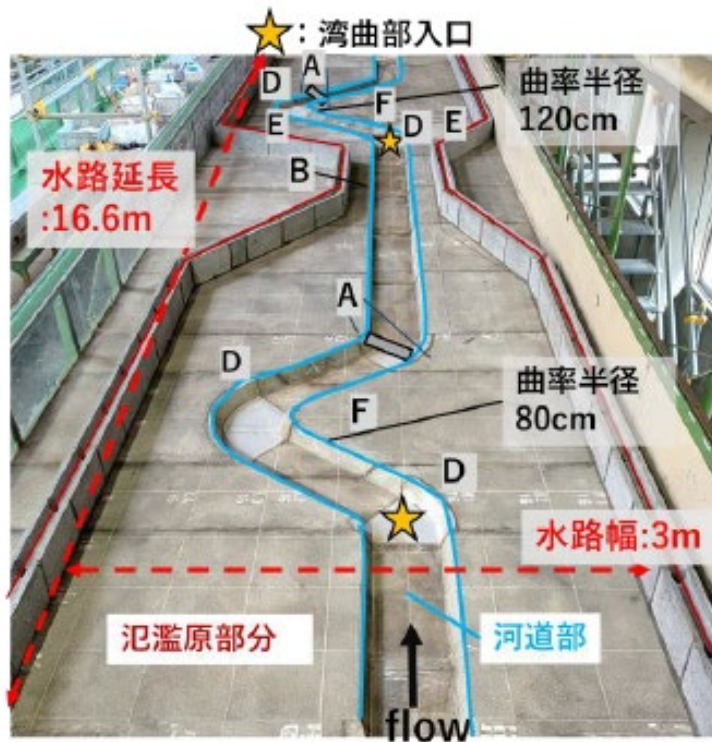


水理模型実験による氾濫流況の分析

○得られた地形的分類を参考に、下図で示すような固定床かつ定常条件による水理模型実験での流況観察を実施した。

(細粒土砂を主体とする堆積過程を移動床模型実験で忠実に再現することは困難である考え、河道埋塞過程のある時点における堆積状況を想定し、実験を実施)

○前頁までの分類による考察は、豪雨前後の航空写真に基づくものであるため、流量規模、河道地形を変えた固定床実験を行い、洪水時の流量変化及び、土砂埋塞区間の延伸に伴う流況変化について調査した。



水路横断形状



＜実験条件＞

○流量

・ 2 ケース

- ① 河道部の直線区間で河道満杯となる流量 (Q_1)
- ② 想定最大規模を想定した流量 (Q_2)

○河道地形

・ 4 ケース

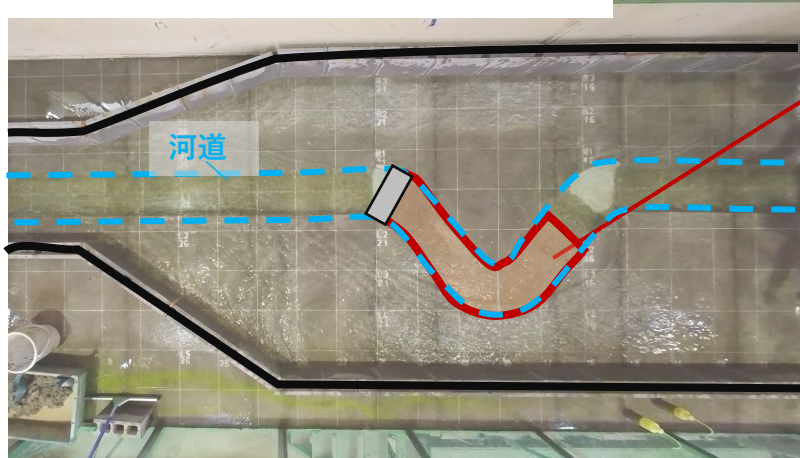
- ① 堆積無し
- ② 上下流区間の湾曲部に橋梁を 1 基ずつ設置
- ③ ②に一部区間で土砂埋塞
- ④ ②に長い区間で土砂埋塞

水理模型実験による氾濫流況の分析（流量規模の違い）

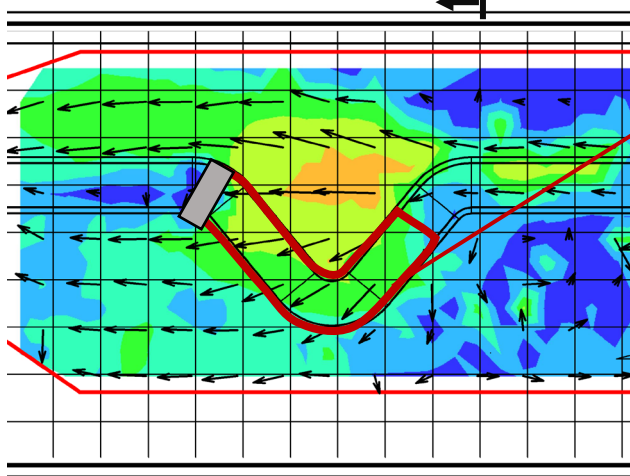
- 同じ流量流下時においても，土砂埋塞区間の違いによって高流速域となる範囲が異なる。
- 高流速域を定量的に示すためには，時々刻々と変化する土砂・流木堆積を考慮する必要がある

流量：Q1

河道地形：一部区間で土砂埋塞

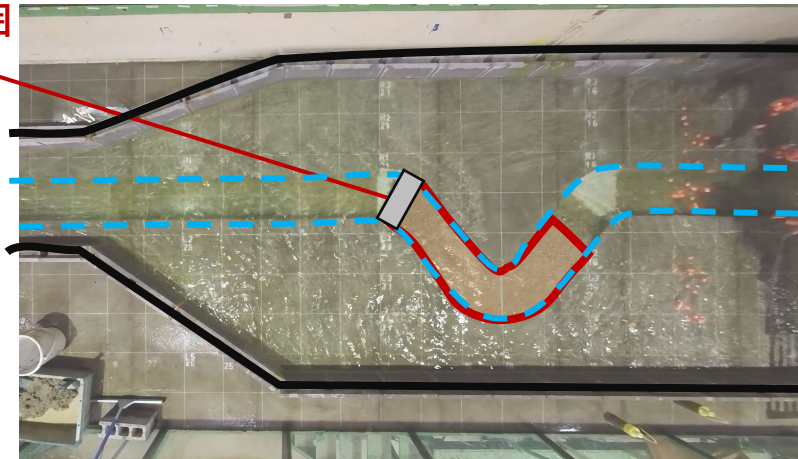


流速値(m/s) 1.6 1.4 1.2 1.0 0.8 0.6 0.4 0.2

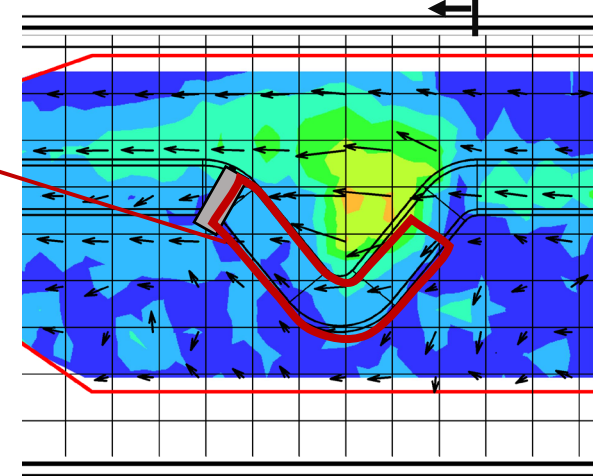


流量：Q2

河道地形：一部区間で土砂埋塞



流速値(m/s) 1.6 1.4 1.2 1.0 0.8 0.6 0.4 0.2



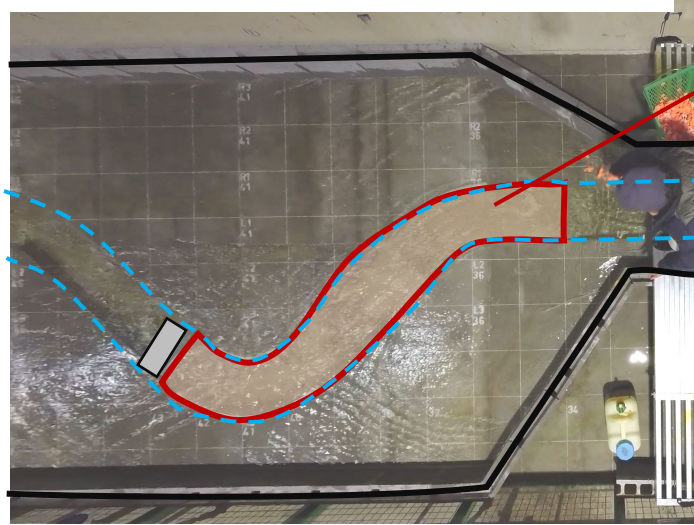
(目安) 0.6m/s以上と家屋流失

水理模型実験による氾濫流況の分析（河道埋塞区間の違い）

○ 同じ流量流下時においても、土砂埋塞区間の違いによって高流速域となる範囲が異なる。
→ 高流速域を定量的に示すためには、時々刻々と変化する土砂・流木堆積を考慮する必要がある

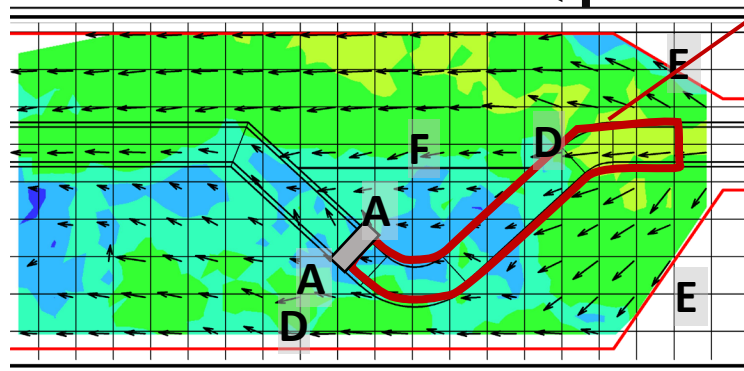
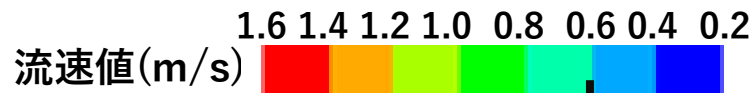
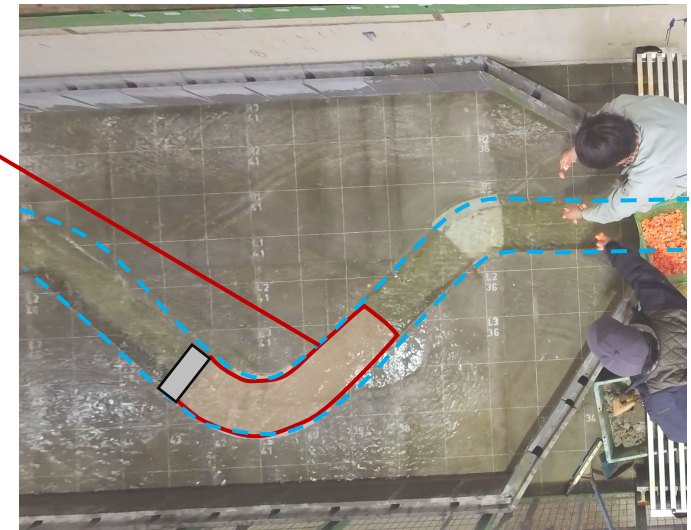
流量：Q1

河道地形：長い区間で土砂埋塞

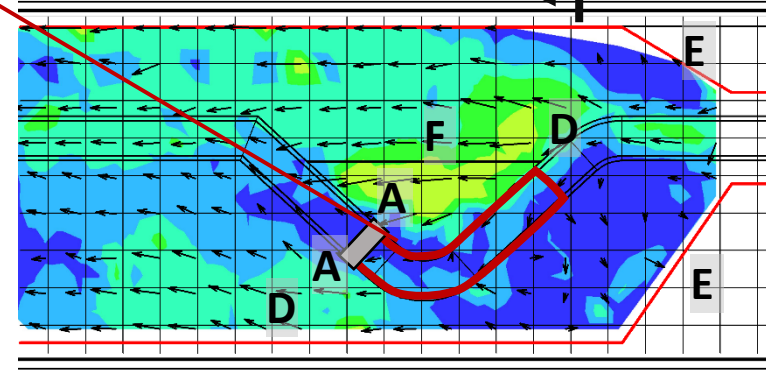


流量：Q1

河道地形：一部区間で土砂埋塞



河道埋塞範囲

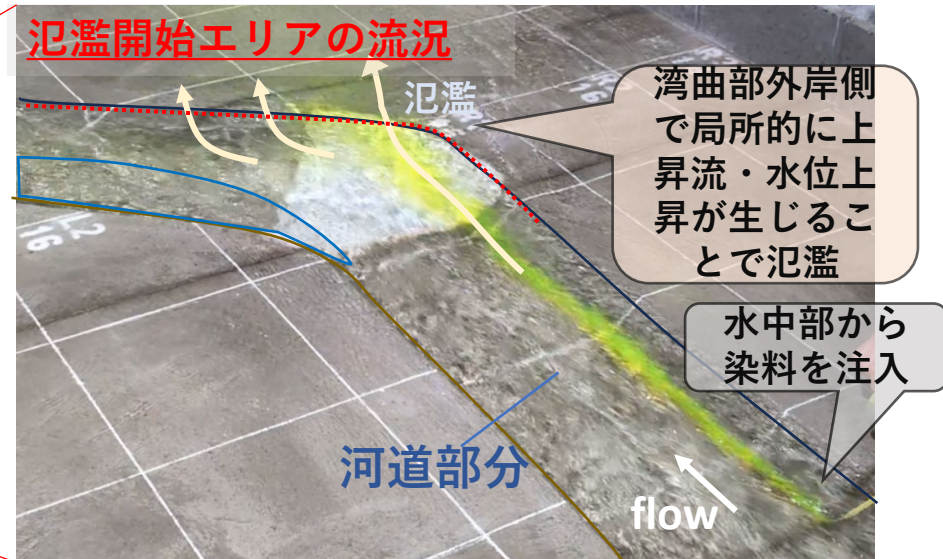
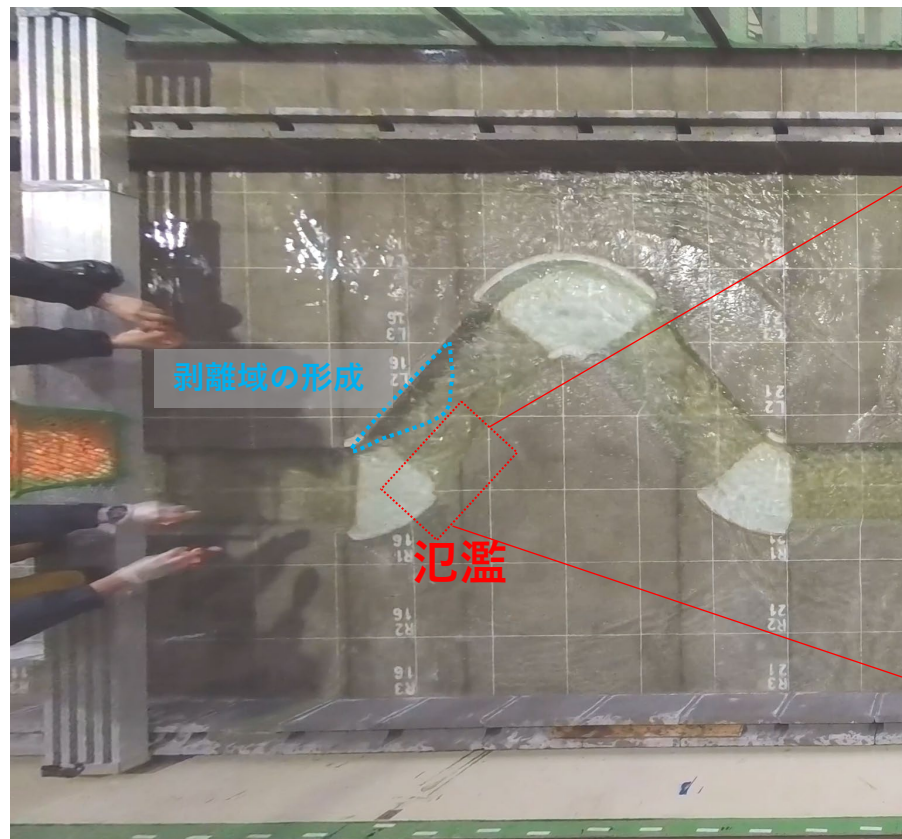


（目安）0.6m/s以上と家屋流失

水理模型実験による氾濫流況の分析（橋梁・土砂堆積なしの実験）

- 橋梁や土砂堆積がない条件下でかつ河道部の直線区間で河道満杯となる流量（ Q_1 ）流下時においても、湾曲部入口部で氾濫が生じた。湾曲部入口部では流れの剥離によって死水域が生じていることや、氾濫開始エリアが水衝部となっていること等から、局所的な水位上昇が生じていた。
→上記のような現象を計算可能な評価手法でないと、家屋流失が生じるような高流速域を評価することは難しいと示唆。

河道満杯流量流下時における流況（橋梁・土砂堆積なし条件）



家屋耐力側の評価の課題

- 家屋の建築年数（ex 新耐震or旧耐震）や家屋の配置状況（ex 連担しているか否か）、家屋周りの状況（ex ブロックや生垣等の有無）によっても、家屋流出状況は異なる。

家屋が密集



●: 流失家屋
●: 残存家屋

家屋まわりの状況



まとめ

- ・家屋流出を評価するためには、家屋の配置状況や耐用年数等の影響はあるが、まずは家屋に作用する外力の評価が大きな課題であると認識。

→今後、家屋流失に関するハザードマップの作成や避難等に資する情報提供に向けては、可能な限り不確実性の少ない評価手法が必要と考える。

- ・家屋流失が生じるような高流速域の発生位置は、河道埋塞過程中にも大きく変わることや、屈曲部による水位上昇等、中山間地河川では下流域よりも流れの3次元性が大きいため、従来よく使われる計算手法では流況・河道埋塞を十分説明できない可能性がある。

- ・一方で、中山間地河川では観測データも少ないため、洪水中的水・土砂の流れ方の解明に資するデータを蓄積すべきであるのと同時に、大量の土砂・流木の供給を伴う中山間地河川の現象解明のためには、実験を積み重ねていく必要があると考える。

(個人的な見解ですが・・・)

- ・上記課題はあるが、本稿で行ったように、想定最大規模の豪雨時には、(橋梁での流木捕捉に伴う土砂堆積) 想定される河道埋塞を想定した上で、氾濫流を流下させた場合における家屋流出が生じる氾濫流況の時空間変化について、まず検討してみても良いのではないかと考える。

河道内の流れ

- ・ 屈曲部等による局所的な水位上昇も生じうる等、流れの三次元性が大きい
- ・ 氾濫流量や河道埋塞プロセスによっても変化

氾濫流

- ・ 河道埋塞の状況とそれに伴う河道の流況によって、氾濫流量が決まる。
- ・ 氾濫流は水深が浅く、微地形が大きく影響
- ・ 氾濫流によって地盤が洗掘することもある。

河道埋塞

- ・ 上流から流入する土砂・流木量及びその時間変化によっても変化
- ・ 氾濫し始めると、一気に河道埋塞が進行することもある
- ・ 流木が橋梁等に捕捉されることで河道埋塞することが多い？

それぞれが相互に関わる現象であるため、一体的な評価が必要