

礫床網状河川における護岸被害危険度評価

阪上 健¹⁾・内田 龍彦¹⁾・○松尾 大地¹⁾・吉武 央気²⁾・坂野 アイカ²⁾・溝口 敦子³⁾・酒井 大介⁴⁾

1)広島大学 2)パシフィックコンサルタンツ株式会社 3)名城大学
4)国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所

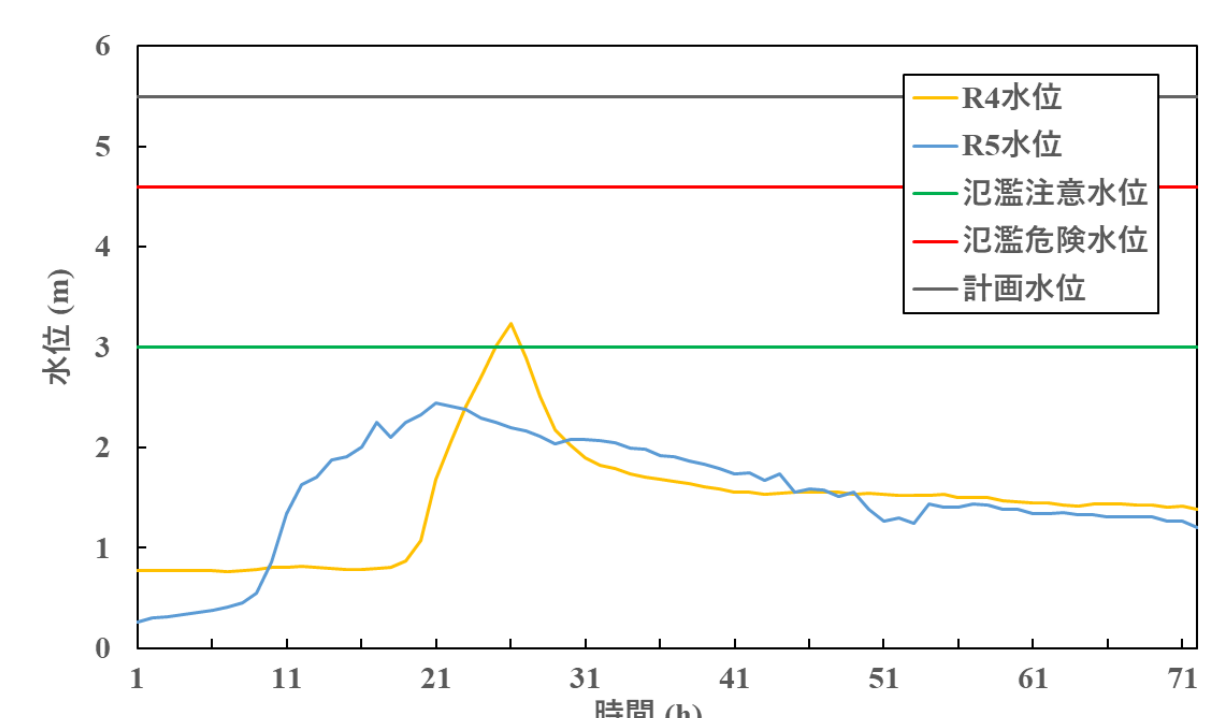
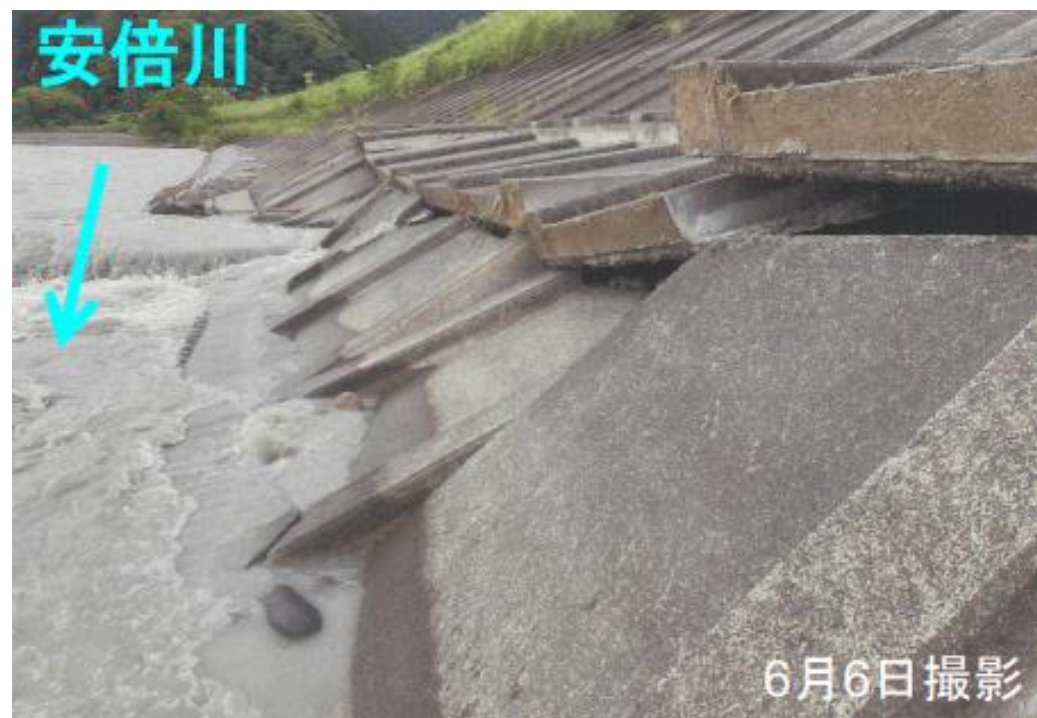


研究背景

- 流路が分合流を繰り返し複雑に変化する網状河川においては**平均流速場が空間的に大きく変化しているため、流速鉛直分布の変形も大きい**
- 礫床網状河川における適切な河道管理の実現には**流れの三次元性を考慮した解析**による検討が必要

安倍川（静岡県）

- 令和5年6月1日から3日にかけての出水（R5洪水）で左岸17.5km付近において護岸被害が確認された
- 前年の令和4年9月に発生した洪水（R4洪水）ではピーク流量がR5洪水よりも大きかったにも関わらず今回の被災箇所において護岸被災が発生しなかった



R5洪水での護岸被害

各洪水での水位時間変化

目的

- R5洪水の危険度を予見できたのか
- 礫床網状河川における流量ハイドログラフ、地形情報が河床変動解析に与える影響について検討

解析手法

一般底面流速解析(GBVC3)法

流速鉛直分布を三次関数で仮定し、渦度方程式を合わせて解く
底面流速を適切に評価できる

流速鉛直分布

$$u'_i = u_i - U_i = \Delta u_i (12\eta^3 - 12\eta^2 + 1) + \delta u_i (-4\eta^3 + 3\eta^2)$$

底面流速式

$$u_{bi} = u_{si} - \varepsilon_{ij3} \Omega_j h - \frac{\partial W h}{\partial x_i} + w_s \frac{\partial z_s}{\partial x_i} - w_b \frac{\partial z_b}{\partial x_i}$$

乱れ強度

流速鉛直分布を水深積分、乱れの局所平衡と浅い流れを仮定
局所的な三次元流れ場を示す指標

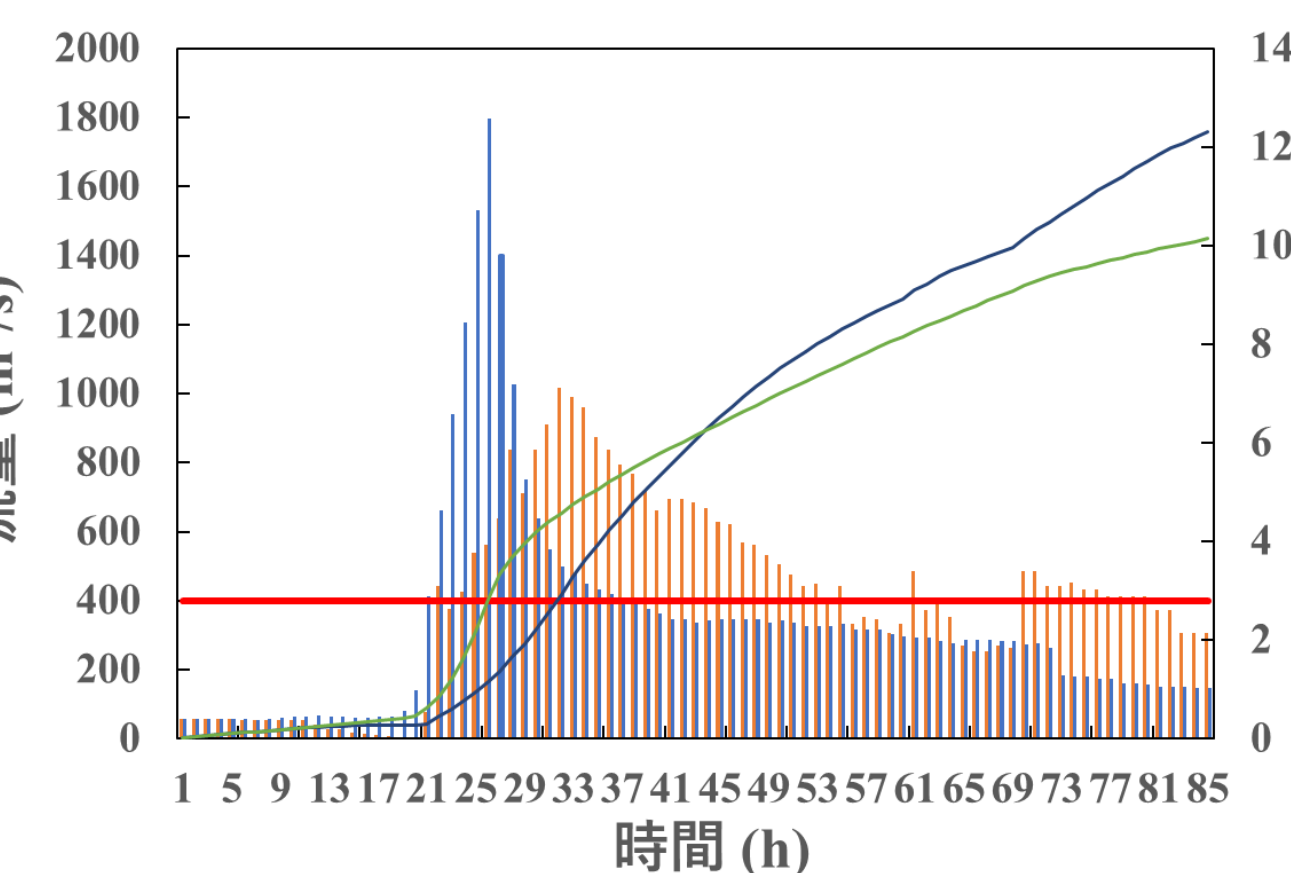
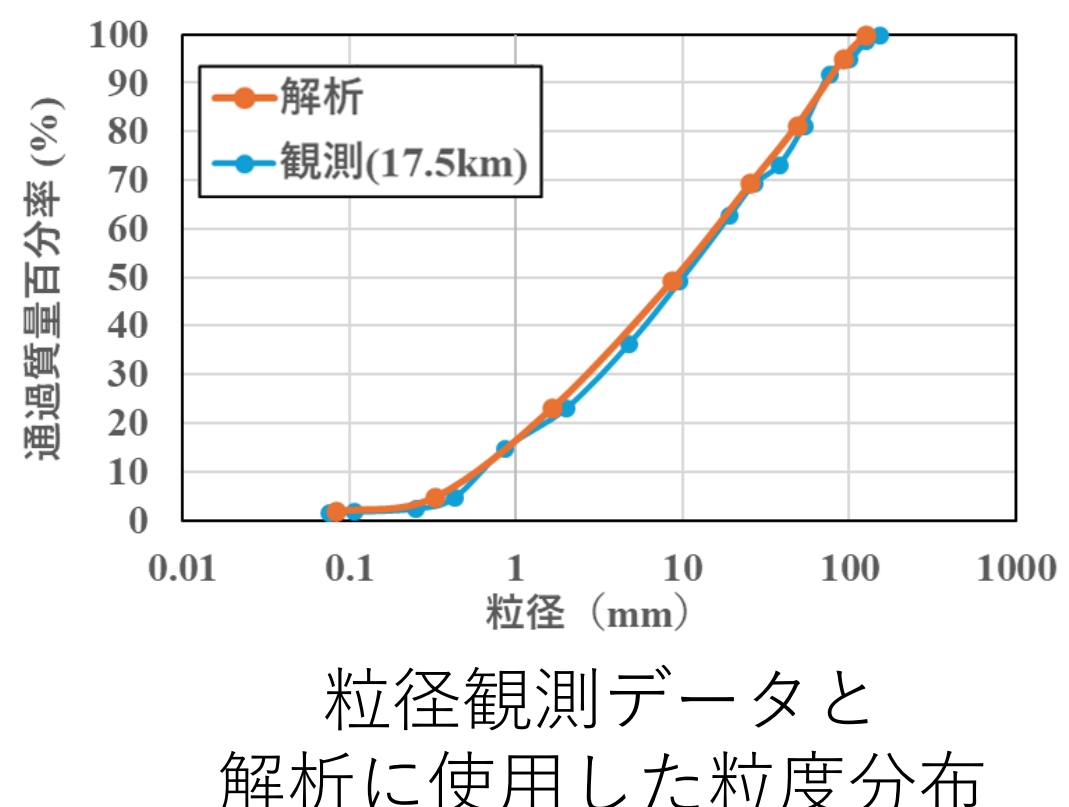
$$k = \frac{4C_h C_\mu}{5C_\varepsilon'^2} (8\Delta u_i^2 - 7\Delta u_i \delta u_i + 2\delta u_i^2)$$

u_i : i 方向流速, u'_i : i 方向流速の偏差成分
 U_i : i 方向水深平均流速
 $\eta = \frac{z_s - z}{h}$, z_s : 水位, z_b : 河床高
 Δu_i : $u_{si} - U_i$, δu_i : $u_{si} - u_{bi}$
 u_{bi} : 方向底面流速, u_{si} : 方向水面流速
 Ω_j : 水深平均渦度, h : 水深
 w_b : 鉛直方向底面流速
 w_s : 鉛直方向水面流速

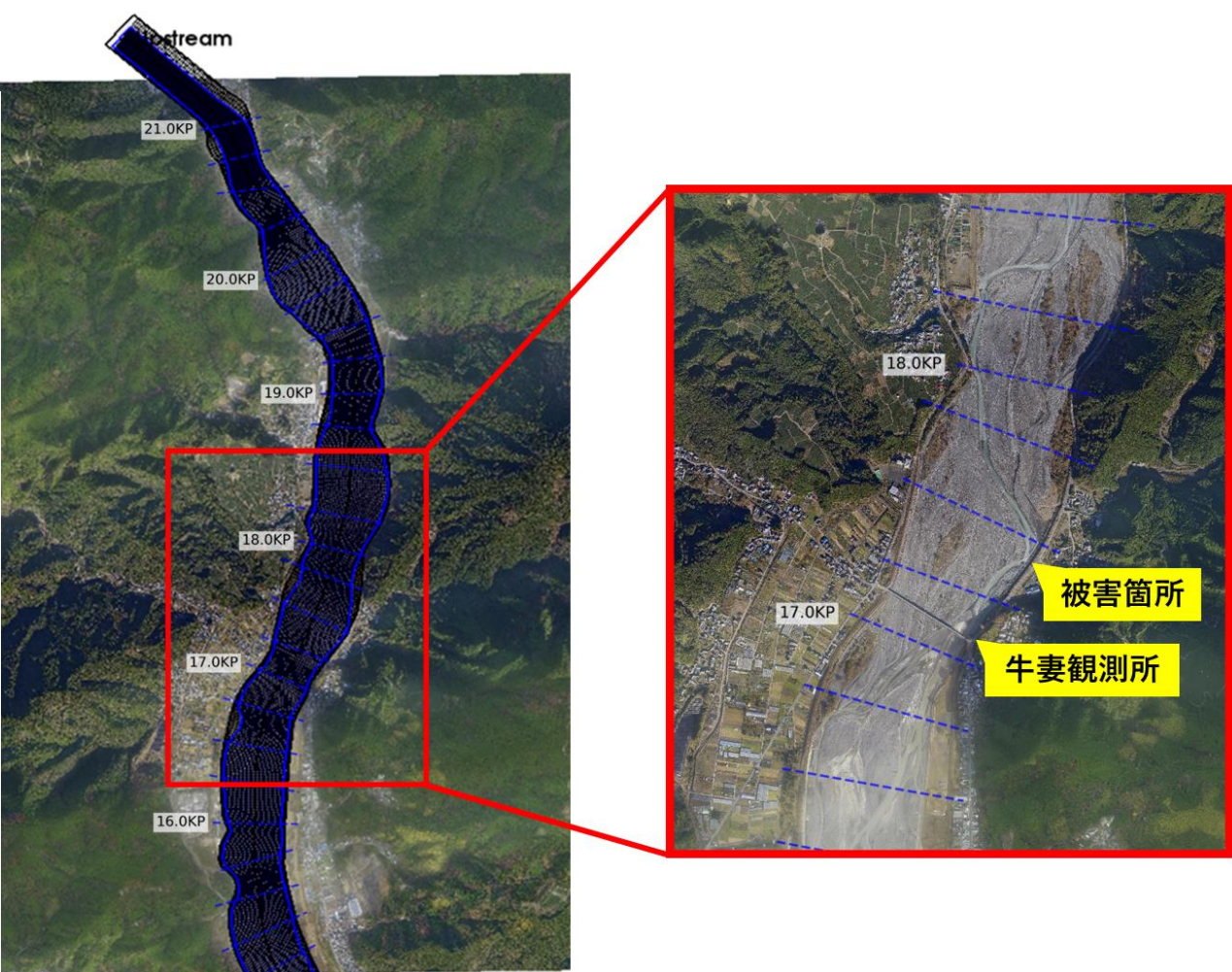
$$C_h = 2.25, C_\mu = 0.09, C_\varepsilon' = 1.7$$

解析条件

対象区間 : 15km～21km(被害箇所: 17.5km)
格子サイズ: 横断約6m, 縦断約7m
地形データ: R4.5計測(LP), R5.1計測(ALB)
境界条件 : 上流→自身で求めたH-Q式
下流→観測水位(牛妻観測所)
相当粗度 : 0.03m (平均粒径)



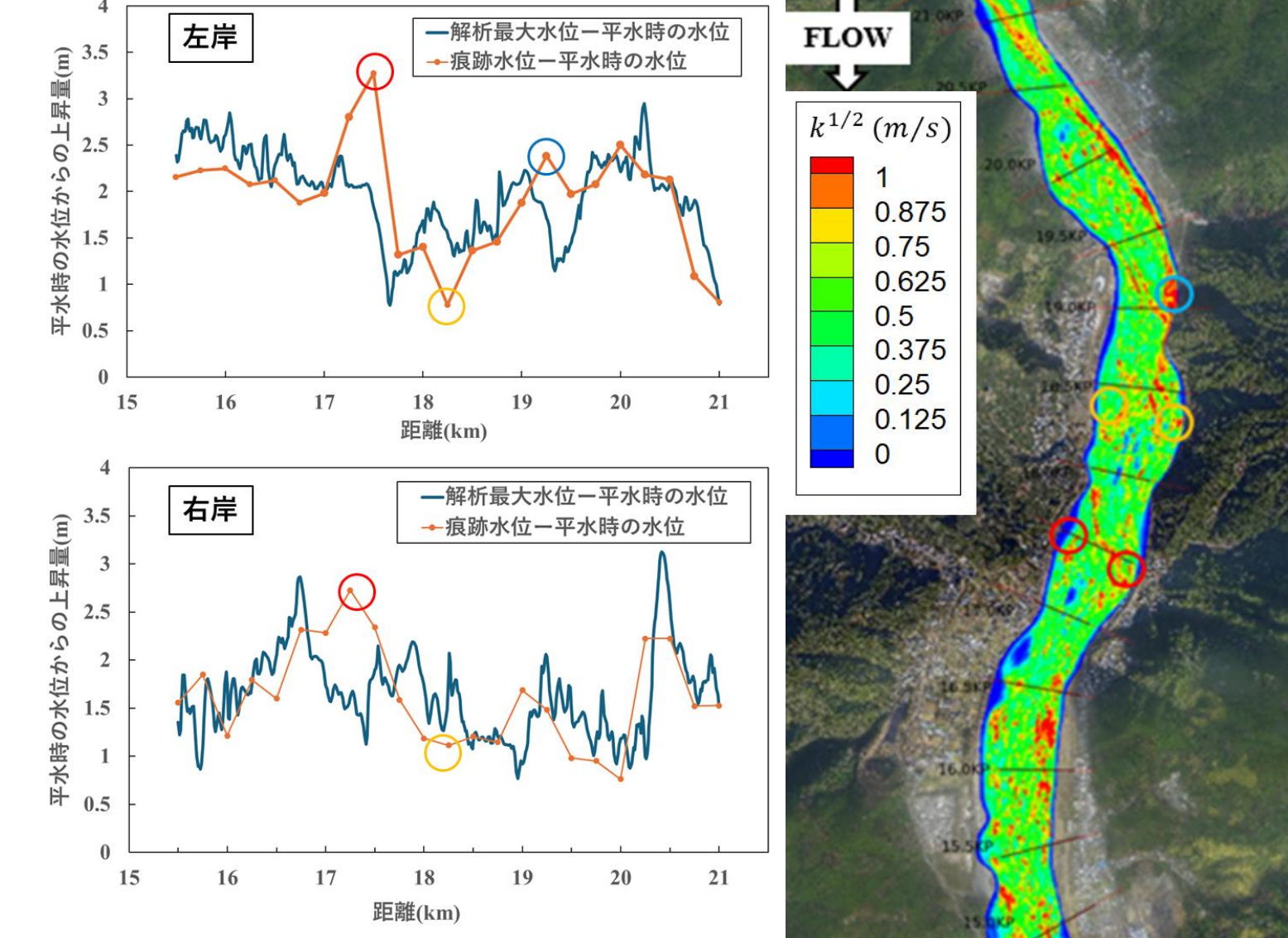
各洪水での流量と累積流量



計算格子形状

各洪水の解析結果

R4洪水



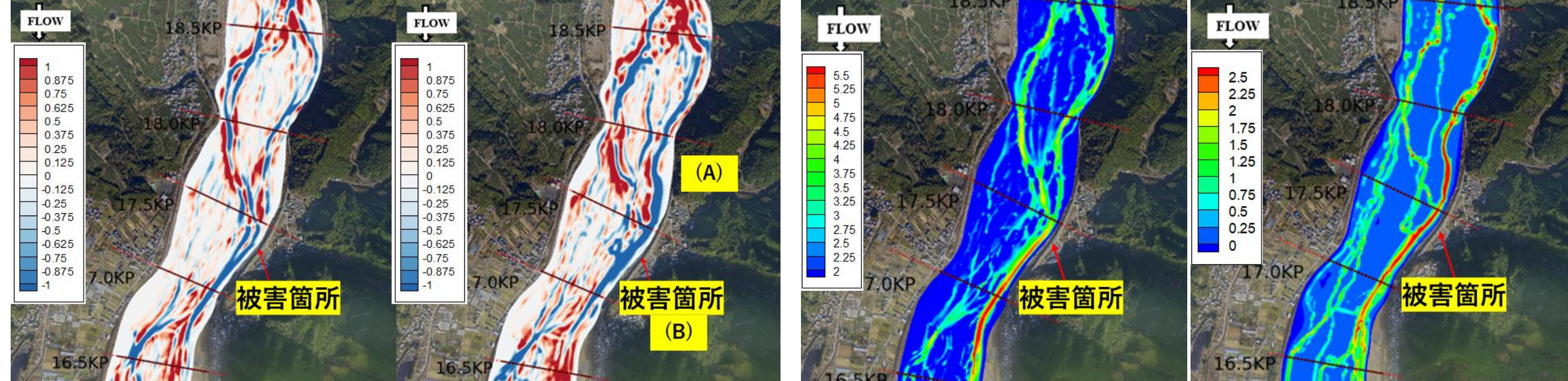
解析最大水位と
痕跡水位の比較

乱れ強度の平面分布

痕跡と解析の差が大きい箇所
では乱れ強度が高く流れの
三次元性による誤差の可能性

被害箇所よりも下流に水衝部が位置
浸食量, 底面流速が大きい

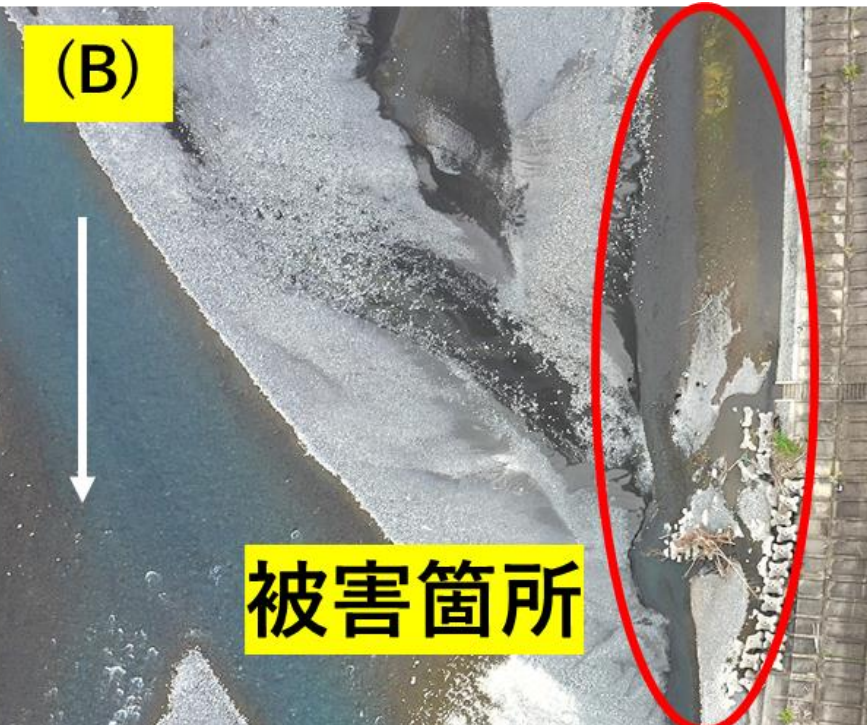
R5洪水



ピーク流量時

計算終了時

河床変動量 (m)



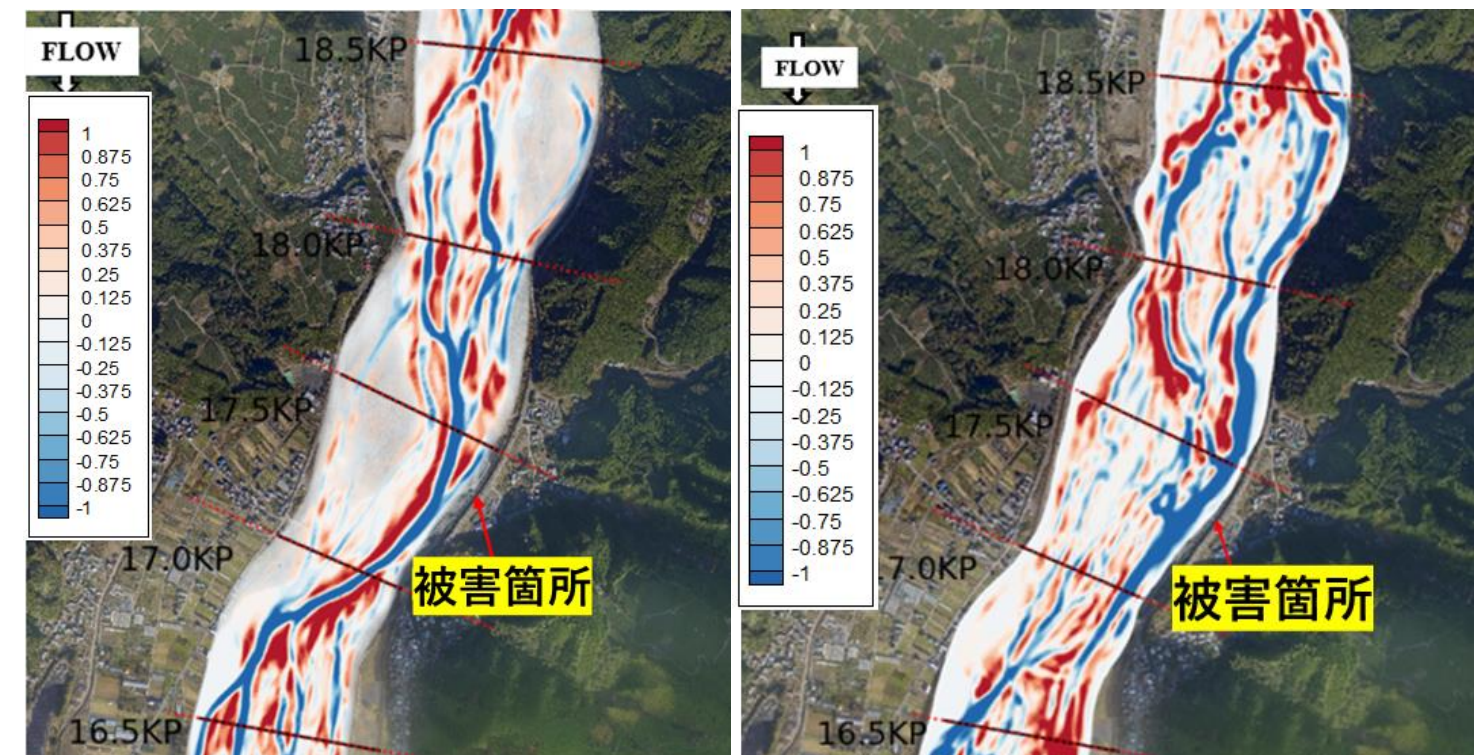
被害箇所付近の河床状況
(R6.7撮影)

- ピーク流量時から計算終了時の間に被害箇所含む左岸側で大規模な洗堀が発生

- 低流量時に局所的に水流が集中する箇所で持続的に土砂が削られた可能性

R4洪水とR5洪水の比較

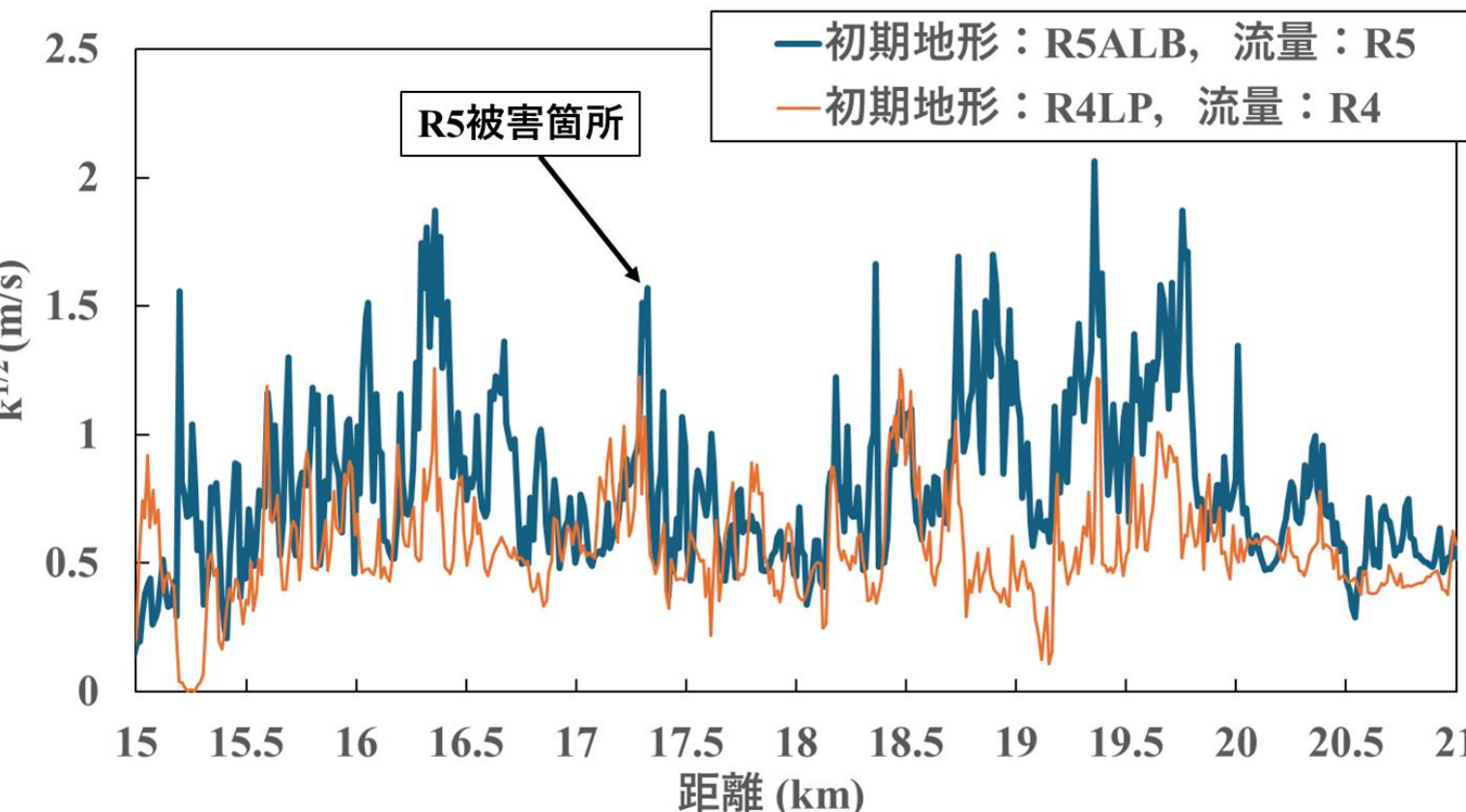
解析結果の比較



R4洪水

R5洪水

計算終了時の河床変動量空間分布



各洪水での左岸乱れ強度縦断分布

- 流路全体が上流側へ移動, 被害箇所付近が新たな水衝部に变化
- 被害箇所付近での乱れ強度でもR5洪水の方が高い
- 乱れ強度により護岸被害のポテンシャルが高い箇所を把握することができる

累積流量の比較

R4洪水

ピーク流量 : 1796m³/s

累積流量 : 10.1 × 10⁷m³

R5洪水

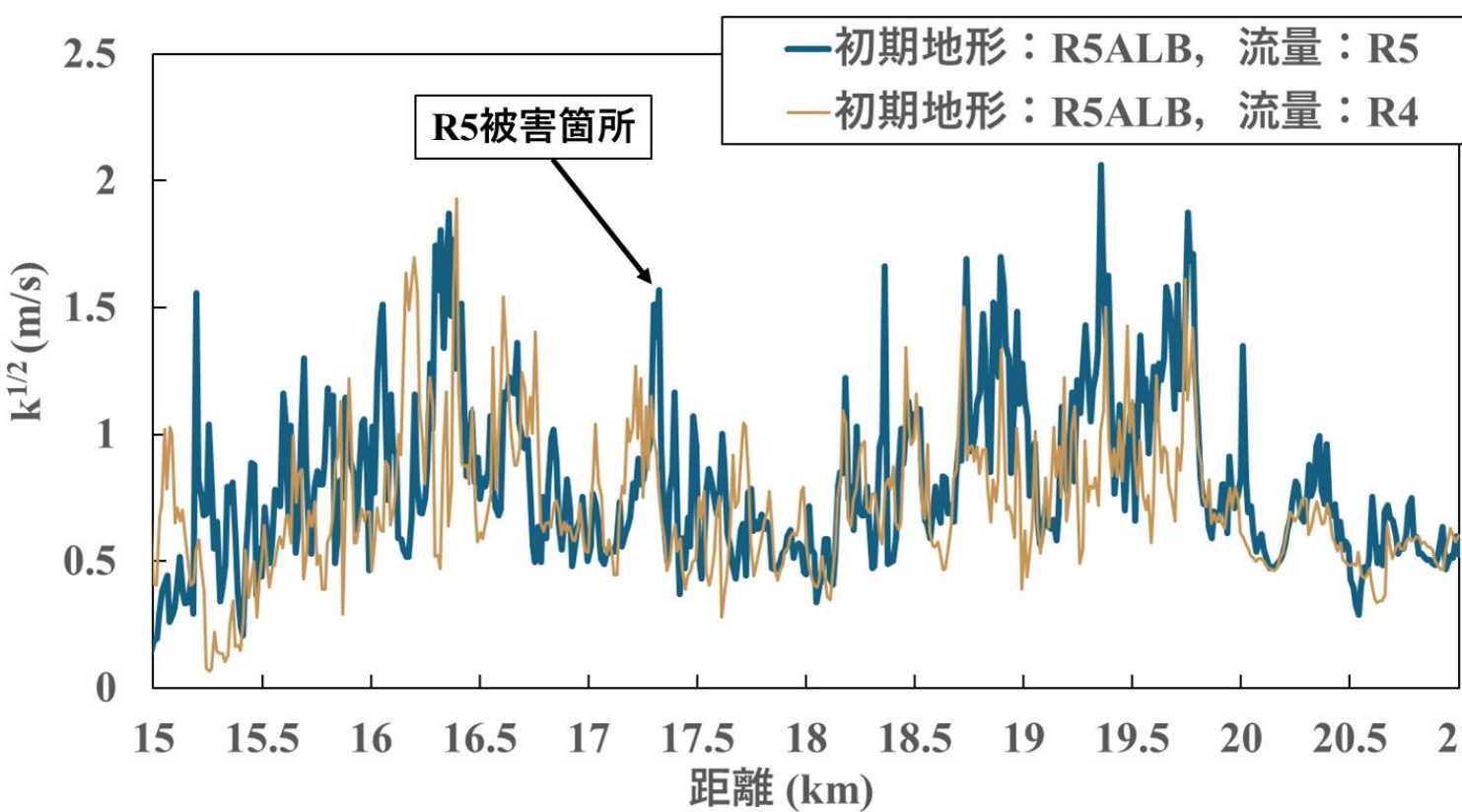
ピーク流量 : 1018m³/s

累積流量 : 12.3 × 10⁷m³

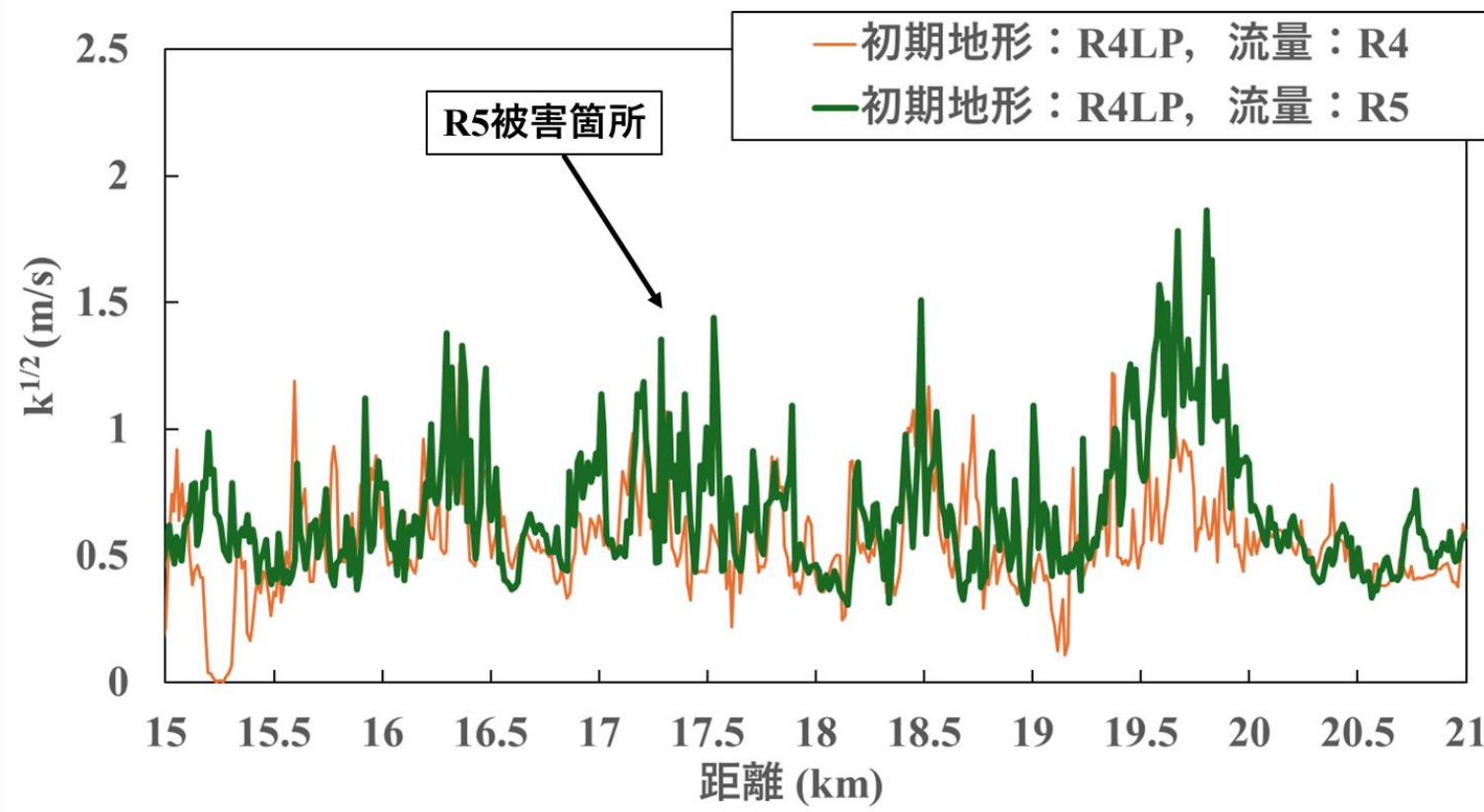
土砂が動き始める流量以上の
時間がR5洪水の方が長く,
被災に至った

流量ハイドログラフ・初期地形による影響

流量ハイドログラフについての検討

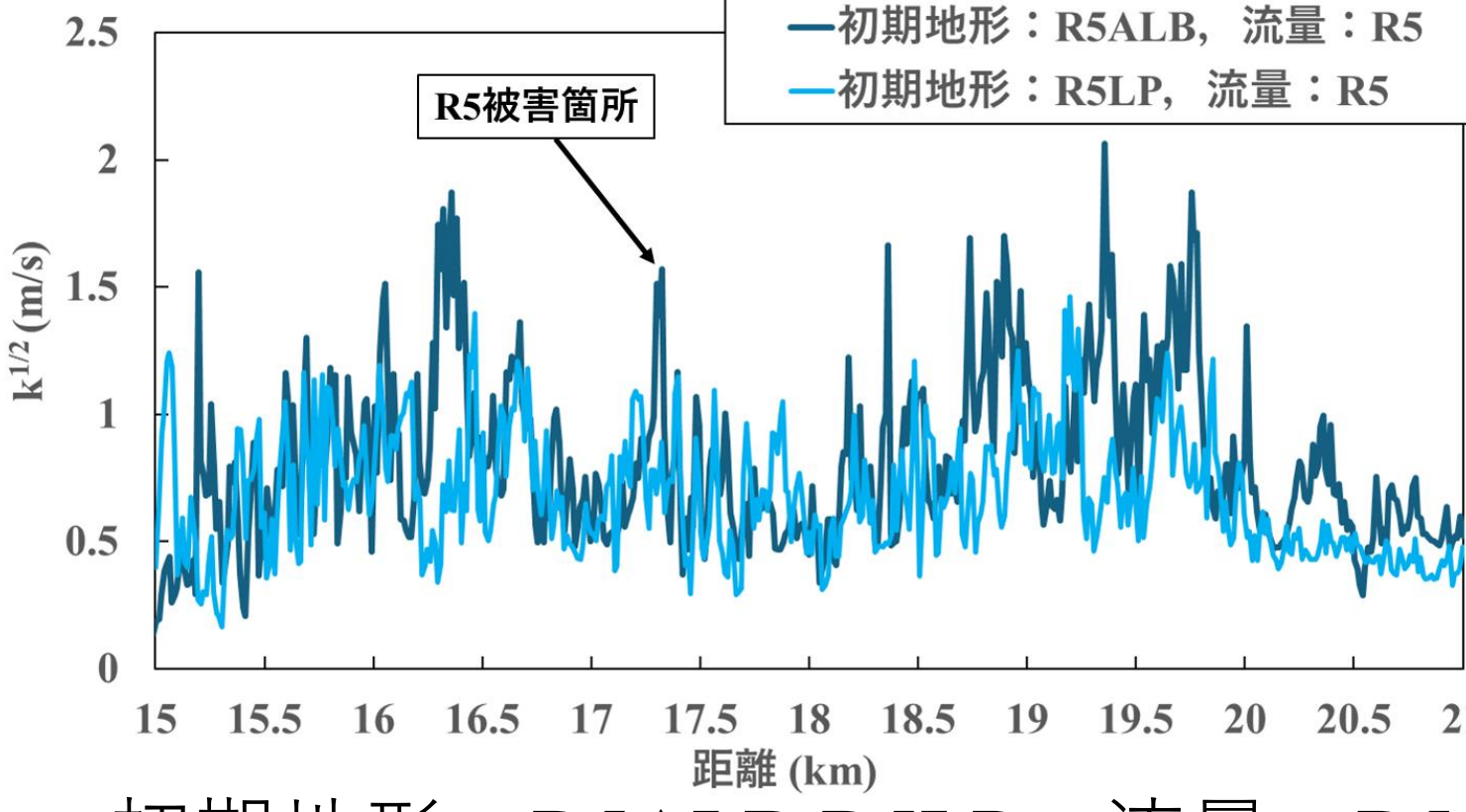


初期地形: R5ALB × 流量: R4,R5



初期地形: R4LP × 流量R4,R5

初期地形についての検討



初期地形: R5ALB,R5LP × 流量: R5

- R5洪水の流量を与えた場合に, 乱れ強度が高くなっている
- 水みちを考慮できないLPでは被災箇所
の乱れ強度の上昇が小さい
(水面下データが考慮できるALBでは
被災箇所の乱れエネルギーが高い)

結論

- R5洪水では, 流量低下時に被害箇所を含む約500m規模の広範な洗堀が発生していた。これはR5洪水において, 流れが護岸際に集中し, 長時間継続的に土砂が流出したことに起因すると考えられる
- ALB地形データを用いたR5洪水時の乱れ強度の数値解析からR5洪水での被災箇所は危険箇所の一つとして抽出された。河岸が山付き, 岩壁, 樹木繁茂区間を除くと, 乱れ強度から抽出された箇所は過去, いずれも護岸, 水制に何らかの変状が見られた箇所であった。R5洪水流量ハイドログラフの方がR4洪水流量ハイドログラフに比べて危険度が高いことは説明できたが, R4洪水前はALB地形データがないことから危険度が適切に評価できておらず, 洪水前の地形による危険度の違いの評価についてはさらなる検討が必要である。