

R2年7月豪雨時の川辺川における水害防備林の氾濫流減勢の評価と配置に関する検討

■ 熊本大学 徳永至・皆川朋子



背景

令和2年7月豪雨

令和2年7月3日から4日にかけて熊本県南部を中心に断続的に猛烈な降雨
⇒ 球磨川とその支川で大規模な氾濫被害



水害防備林

洪水による被害を防ぐ目的で、河川に沿って植栽された竹林や樹林



特徴

- 氾濫流の勢いを弱める
- 土砂・流木を捕捉し、背後地の被害を軽減
- 費用・時間・技術を要さない
- 現在は堤防中心となり減少傾向

川辺川沿いには主に竹林からなる樹林帯が分布

⇒ 水害防備林として配置されており、
令和2年7月豪雨時において氾濫流の流速を減勢させた可能性

目的

川辺川を対象に樹林帯を活用した氾濫流減勢のための基礎知見を得るため

- 1) 川辺川水害防備林の現状評価
- 2) 令和2年7月豪雨時の水害防備林による氾濫流の減勢効果の評価
- 3) さらなる氾濫流減勢対策として水害防備林の配置の検討

方法

1) 川辺川における水害防備林の現状評価

- 現在(2020年)、過去(1976年)の空中写真から樹林帯をGIS上で抽出
- > 過去からの変化(右岸 左岸の延長距離、面積)を評価
- > 背後地の土地利用(集落・水田)との関係

2) 令和2年7月豪雨時の水害防備林による氾濫流の減勢効果

水理シミュレーションを行い、最大流速を比較し評価

Case0 現況の水害防備林を除去

Case1 現況の水害防備林 (使用ソフト: DioVISTA Flood Professional)

◆ 繁茂特性を加味した水害防備林の粗度係数

$$K = (2 * g / a_m / C_d)^{0.5}$$

K: 樹木繁茂特性を表す樹木繁茂透過係数 g: 重力加速度 $a_m = N * D_m C_d$; 効力係数(=1.2)
N: 単位面積あたりに繁茂する樹木本数 D_m : 幹の胸高直径

$h_m = 0$ の場合

$$h_m > 0 \text{ かつ } h_m \leq h_m^* \text{ の場合}$$

$$h_m > 0 \text{ かつ } h_m > h_m^* \text{ の場合}$$

$$h_m > 0 \text{ かつ } h_m \leq h_m^* \text{ の場合}$$

$$h_m > 0 \text{ かつ } h_m > h_m^* \text{ の場合}$$

$$h_m > 0 \text{ かつ } h_m \leq h_m^* \text{ の場合}$$

$$h_m > 0 \text{ かつ } h_m > h_m^* \text{ の場合}$$

h_m : 枝下長さ h_m^* : 樹高
 h_m : 樹木群が繁茂する範囲での高水敷表面の粗度係数 (下草あり: $n_b = 0.04$, 下草なし: $n_b = 0.03$)

◆ 現地調査

川辺川左岸6.8k, 右岸8.3k地点 2m×2mコドラートを3つ設置

◆ モデルの再現性確認

実測流量(柳瀬観測所), 浸水範囲(熊本県発表)と比較

3) さらなる氾濫流減勢対策として水害防備林の配置の検討

Case2 上流域の水害防備林を除去

Case3 密度(粗度係数)を増加

Case4 切れ間に植林

Case5 水害防備林の幅を増加

Case6 堤内地に河道に対して横断方向に配置

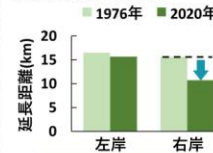
⇒ Case1(現況)と比較し評価



結果

1) 川辺川における水害防備林の現状評価

◆ 延長距離の比較

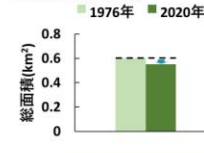


左岸: 0.83km 減少

右岸: 5.71km (約1/3) 減少

⇒ 川辺川樹林帯は高い残存状況

◆ 総面積の比較



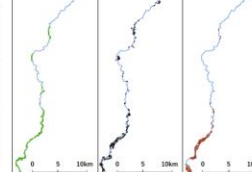
0.49km² (8.1%) 減少

◆ 背後地の土地利用(集落・水田)との関係

川辺川 樹林帯 集落 水田

集落・水田と分布が一致

⇒ 水害防備林として植栽された

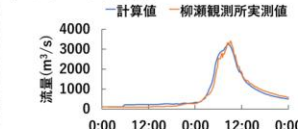


2) 令和2年7月豪雨時の水害防備林による氾濫流の減勢効果

◆ 現地調査

	樹種	本数密度(本/m ²)	胸高直径(m)	枝下長さ(m)	樹高(m)	下草
エリア1	ハチク	7.25 ± 1.30	0.03 ± 0.01	3.21 ± 1.02	7.17 ± 2.00	無
エリア2	ホテイチク	3.67 ± 1.59	0.04 ± 0.01	4.20 ± 0.07	8.04 ± 0.85	無

◆ モデルの再現性

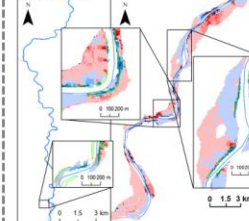


⇒ nash係数 0.97 (≧0.7)

◆ シミュレーション結果

最大流速差分 (Case1-Case0)

球磨川合流部より 球磨川合流部~10.2k



青: 水害防備林によって流速が低減

赤: 水害防備林によって流速が上昇

> 河道湾曲部の外岸側で流速低減

水害防備林により河道内の流れの遠心力が小さくなるため

> 水害防備林内で流速低減

土砂・流木を捕捉 背後地への流入抑制に寄与した可能性



⇒ 流速が低減されないエリアも

3) さらなる氾濫流減勢対策として水害防備林の配置の検討

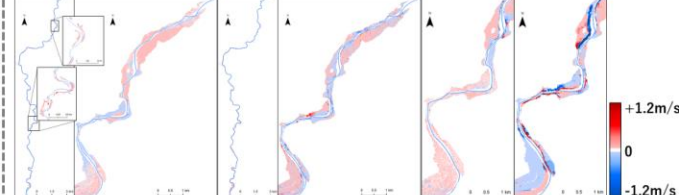
Case1との最大流速差分

Case2

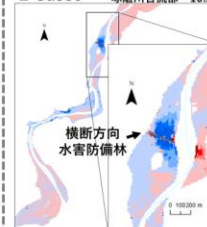
Case3

Case4

Case5



Case6 球磨川合流部~10.2k



Case6の配置が流速低減において有効と評価

> 配置箇所周辺で0.1~0.5m/sの低減

> 配置したエリアより下流域でも低減

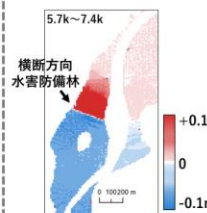
⇒ 山間狭窄部という特性から氾濫域が狭く堤内地での流れが流下方向に集中していたため

> 配置箇所の対岸で流速がわずかに上昇

⇒ 対岸の土地利用を考慮する必要(集落の有無等)

> 最大浸水深の変化は小さい(-0.06m~+0.1m)

Case6-Case1最大浸水深差分



堤内地に水害防備林を設け、粗度を付加させることが気候変動下における有効な対策の一つになりうる

まとめと今後の課題

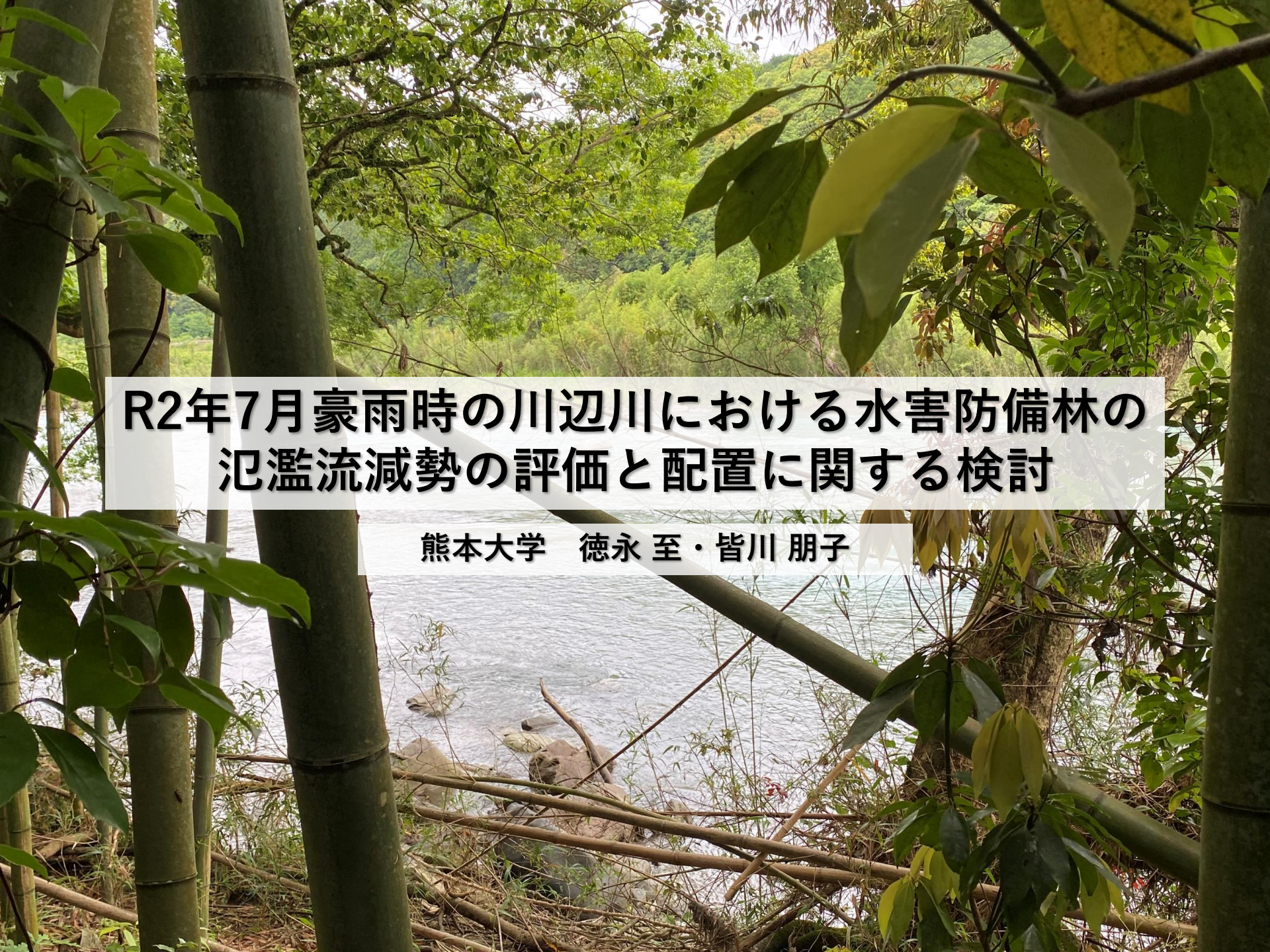
✓ 川辺川水害防備林は水田・集落の防御を目的に植栽され、現在も多くが残存する

✓ 令和2年7月豪雨時には、河道湾曲部外岸側と水害防備林内で氾濫流の流速を低減した可能性

✓ 堤内地に河道に対して横断方向に配置することでさらなる流速低減効果が見込める

✓ 今後は堤内地水害防備林、川沿い水害防備林の組み合わせによる配置検討をする必要がある

✓ 地点ごとの水害防備林繁茂特性を反映させる

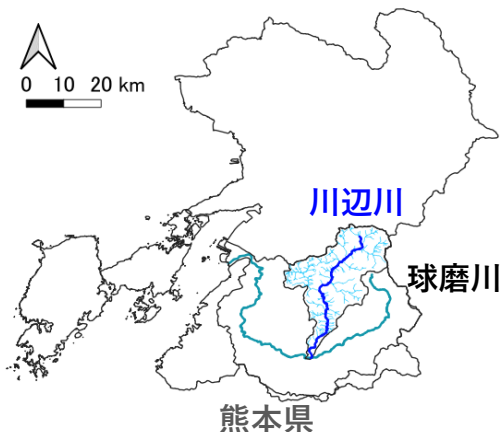


R2年7月豪雨時の川辺川における水害防備林の 氾濫流減勢の評価と配置に関する検討

熊本大学 徳永 至・皆川 朋子

令和2年7月豪雨

令和2年7月3日から4日にかけて熊本県南部を中心に断続的に猛烈な降雨
⇒ 球磨川とその支川で大規模な氾濫被害



豪雨時の様子



水害防備林

洪水による被害を防ぐ目的で、河川に沿って植栽された竹林や樹林帯



特徴

- 氾濫流の勢いを弱める
- 土砂・流木を捕捉し、背後地の被害を軽減
- 費用・時間・技術を要さない
- 現在は堤防中心となり減少傾向

川辺川沿いには主に竹林からなる樹林帯が分布

⇒ **水害防備林**として配置されており、
令和2年7月豪雨時において**氾濫流の流速を減勢させた可能性**

川辺川を対象に樹林帯を活用した氾濫流減勢のための基礎知見を得るため

- 1) 川辺川水害防備林の現状評価
- 2) 令和2年7月豪雨時の水害防備林による氾濫流の減勢効果の評価
- 3) さらなる氾濫流減勢対策として水害防備林の配置の検討

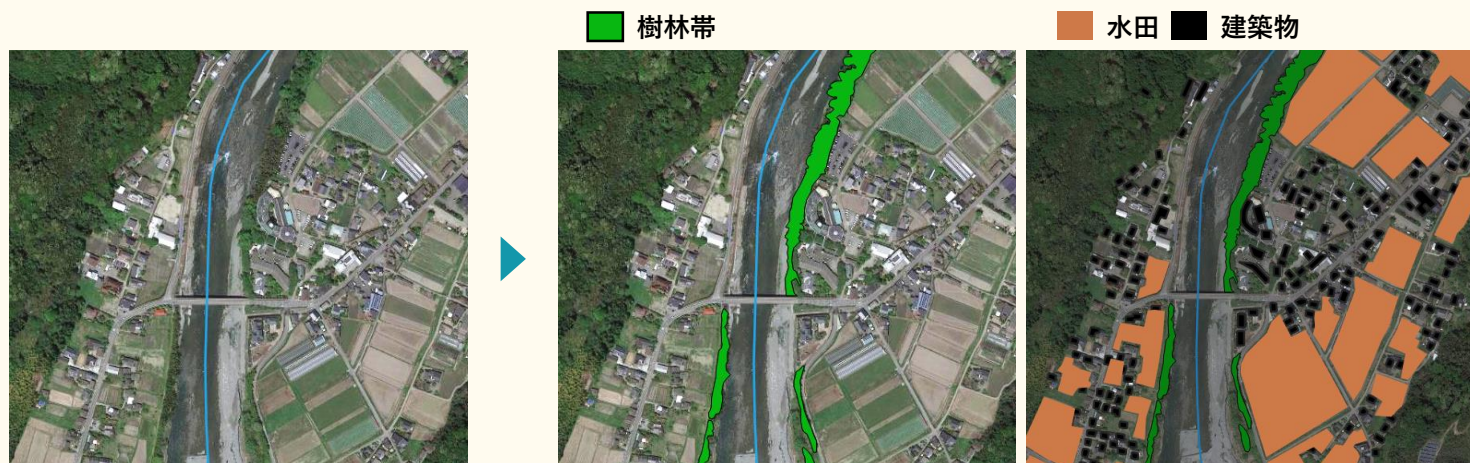
1) 川辺川水害防備林の現状評価



水害防備林の現状評価

- 過去からの変化 (右岸・左岸の延長距離, 面積)
- 背後地の土地利用との関係 (集落・水田)

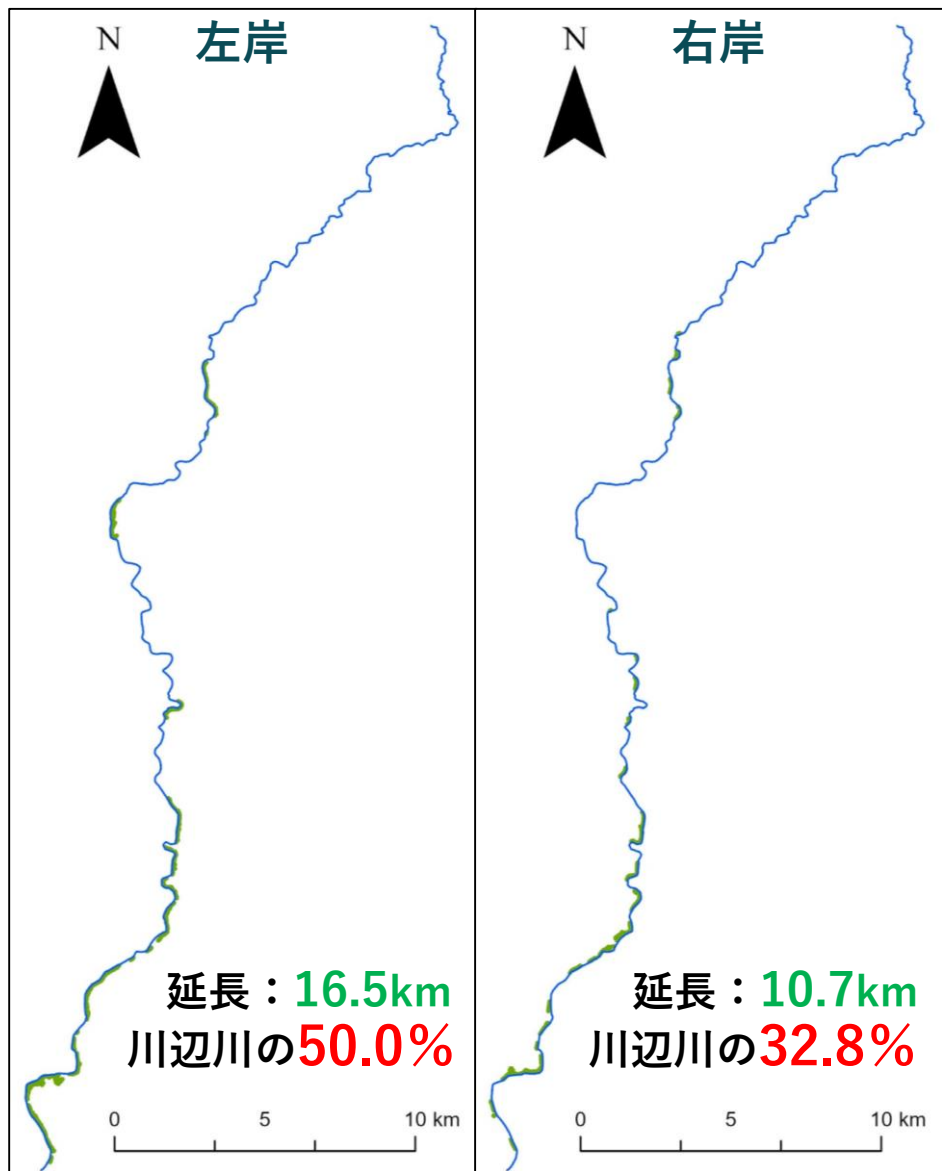
現在(2020年), 過去(1976年)の空中写真からGIS上で抽出



■ 使用データ

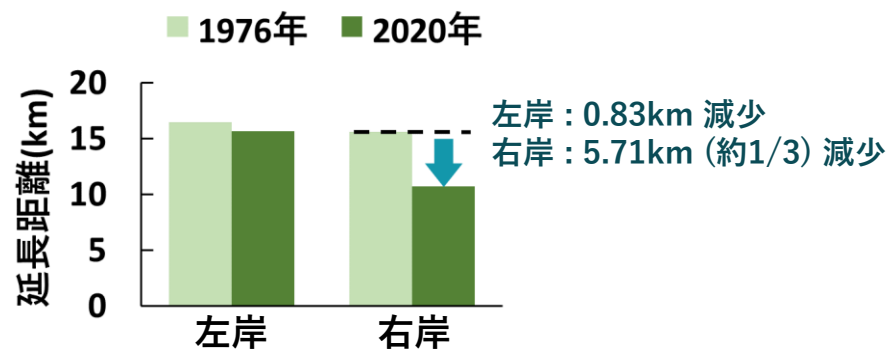
- 2020年撮影 空中写真 : Google Earth
- 1976年撮影 空中写真 : 国土地理院地図
- 建築物の分布データ : 国土地理院 基盤地図情報ダウンロードサービス

■ 樹林帯の分布

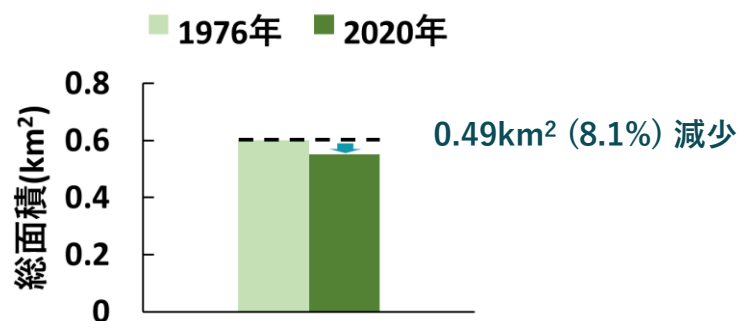


■ 過去と現在の比較

◆ 延長距離の比較



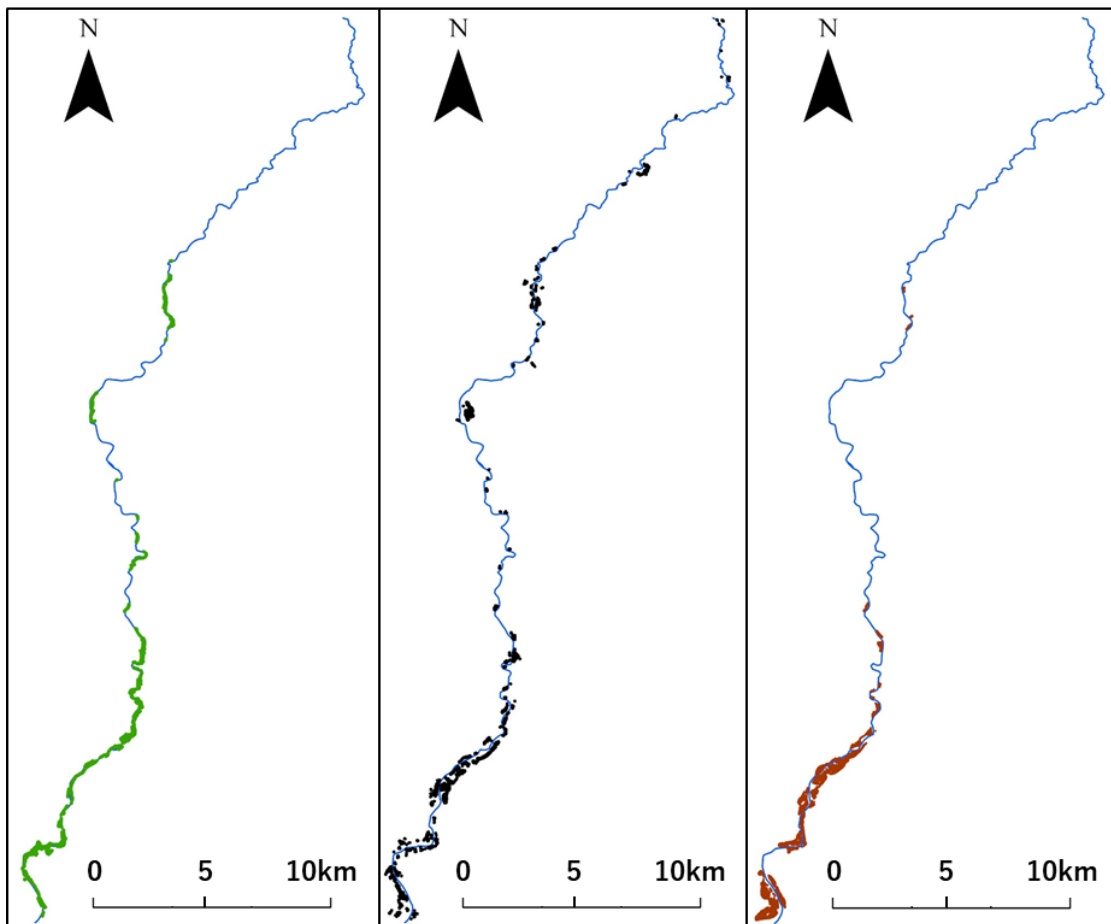
◆ 総面積の比較



川辺川樹林帯は高い残存状況

■ 背後地の土地利用（集落・水田）との関係

— 川辺川 ■ 樹林帯 ■ 集落 ■ 水田



⇒ 集落・水田と分布が一致
水害防備林として植栽された



2) 令和2年7月豪雨時の水害防備林による氾濫流の減勢効果の評価



■ 水理シミュレーションを行い、最大流速を比較し水害防備林の影響を評価

Case0	現況の水害防備林を除去
Case1	現況の水害防備林

シミュレーションソフト：DioVISTA Flood Professional
 河川ライン：国土数値情報ダウンロードサービス
 標高データ：DEM (分解能1m)
 降雨シナリオ：XRAINオリジナルダウンロードシステム (国土交通省)

■ 再現性の確認

- 実測流量との比較 柳瀬観測所(令和2年7月3日0:00から7月5日0:00)
- 浸水範囲との比較 (熊本県発表)

■ 水害防備林は粗度係数で表現

$$K=(2*g/a_w/C_d)^{0.5}$$

K:樹木繁茂特性を表す樹木繁茂透過係数 g:重力加速度 $a_w=N*D_m$ C_d :効力係数(=1.2)
 N:単位面積あたりに繁茂する樹木本数 D_m :幹の胸高直径

$h_m=0$ の場合

$$n=\infty$$

$h_m>0$ かつ $h \leq h_m$ の場合

$$n=(n_b^2+h^{4/3}/K^2)^{0.5}$$

$h_m>0$ かつ $h_m < h \leq h_v$ の場合

$$n=(h/h_m)^{5/3}*(n_b^2+h_m^{4/3}/K^2)^{0.5}$$

$h_m>0$ かつ $h_v < h$ の場合

$$n=(h_v/h_m)^{5/3}*(n_b^2+h_m^{4/3}/K^2)^{0.5}$$

h_m :枝下長さ

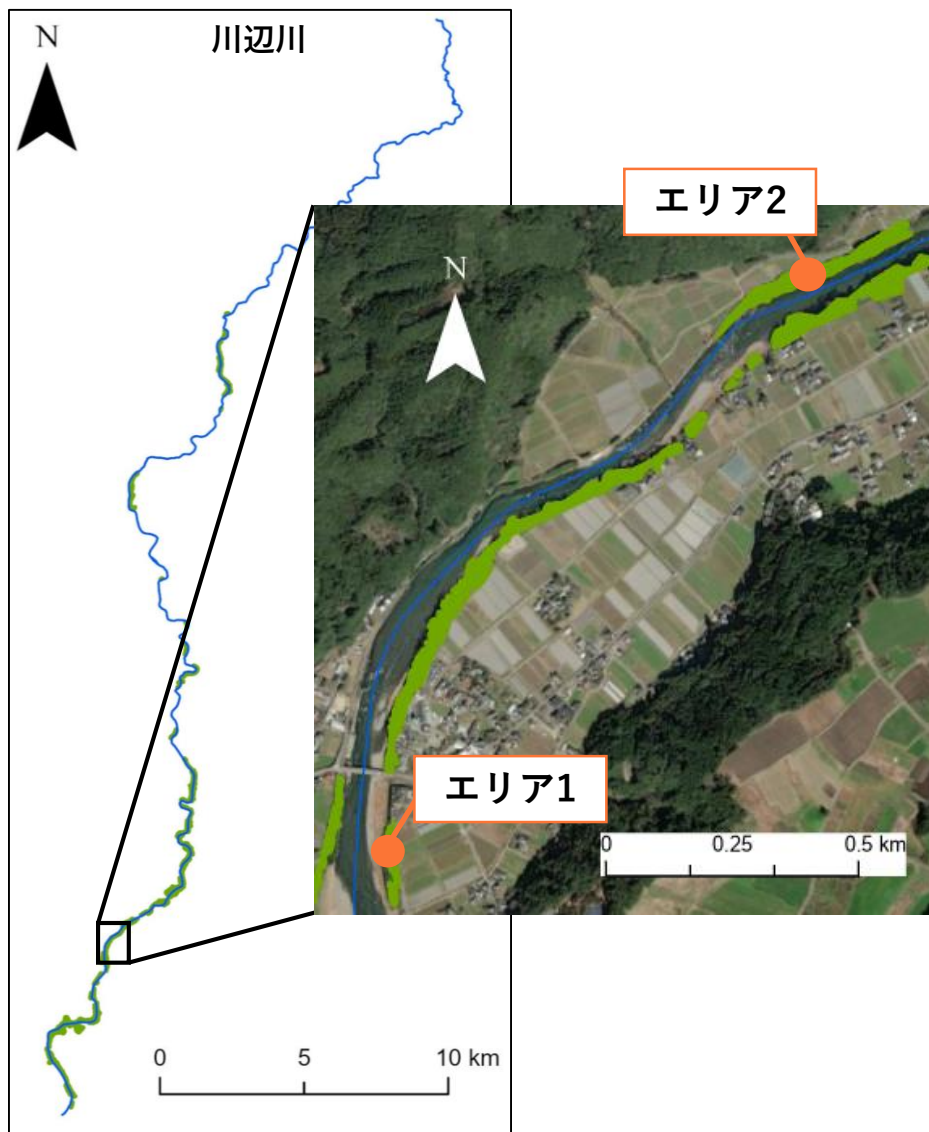
h_v :樹高

n_b :樹木群が繁茂する範囲での高水敷表面の粗度係数

(下草の有無で決定 下草あり: $n_b=0.04$, 下草なし: $n_b=0.03$)

⇒ 現地調査で観測

■ 現地調査



2m×2mコドラート



調査の様子

■ 現地調査

	樹種	本数密度(本/m ²)	胸高直径(m)	枝下長さ(m)	樹高(m)	下草
エリア1	ハチク	7.25 ± 1.30	0.03 ± 0.01	3.21 ± 1.02	7.17 ± 2.00	無
エリア2	ホテイチク	3.67 ± 1.59	0.04 ± 0.01	4.20 ± 0.07	8.04 ± 0.85	無

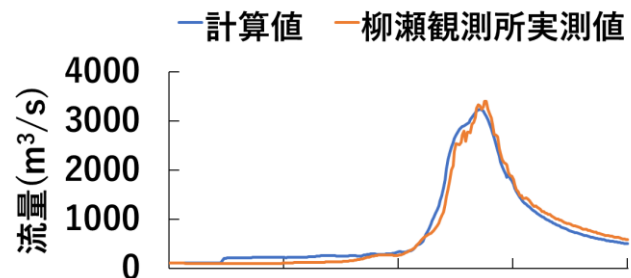


⇒ 杖としてホテイチクを活用



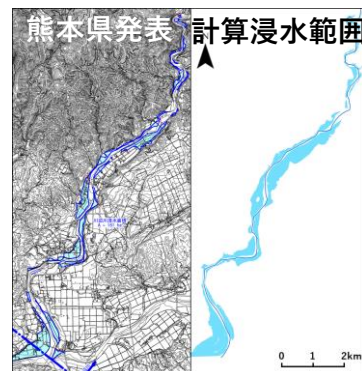
■ シミュレーションモデルの再現性

■ 流量比較



⇒ nash係数 0.97 (≧ 0.7)

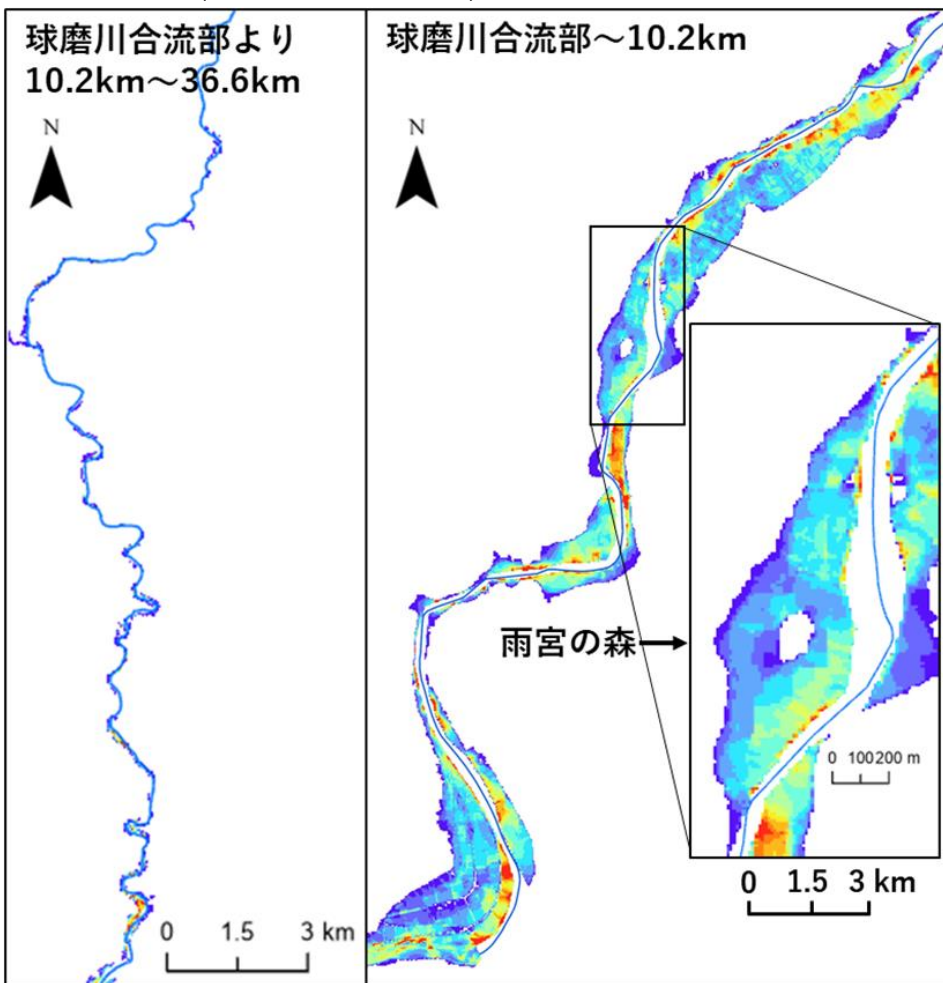
■ 浸水範囲比較



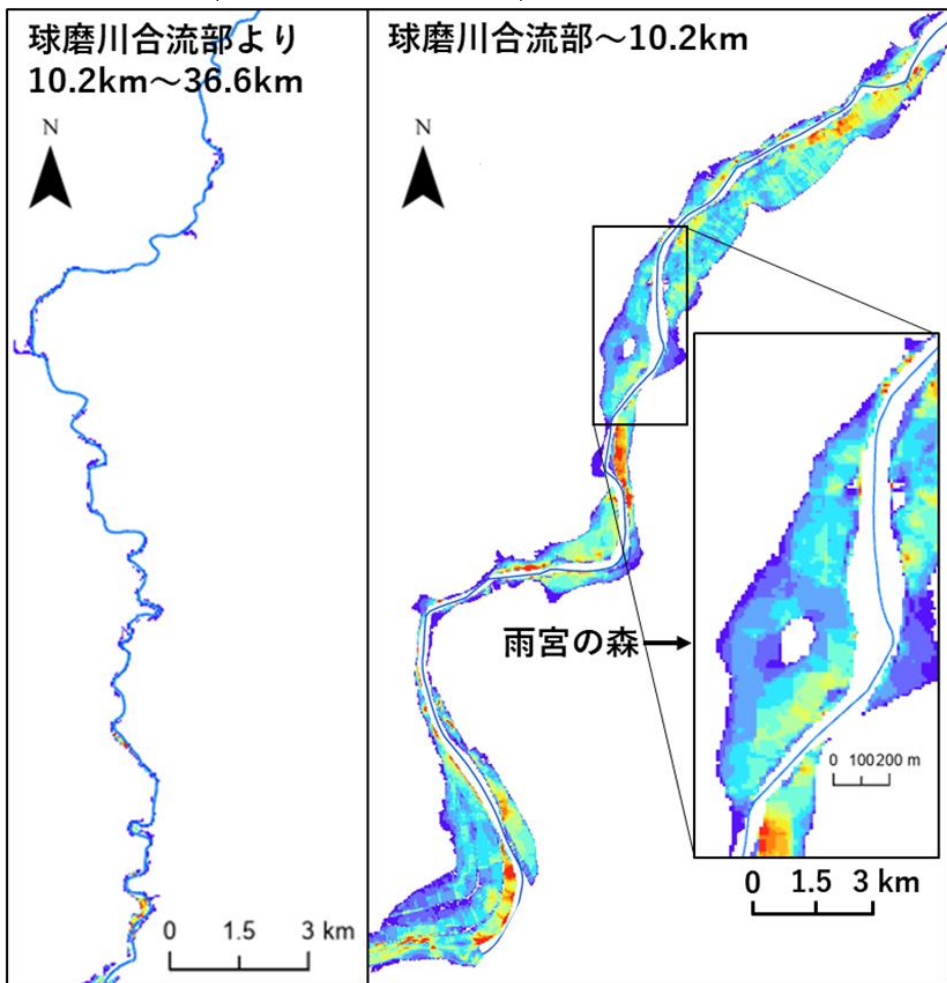
■ シミュレーション結果

最大流速(m/s) 0~0.5 0.5~1.0 1.0~1.5 1.5~2.0 2.0~2.5 2.5~3.0 3.0~3.5 3.5~4.0 4.0~4.5 4.5~5.0 5.0~

■ Case0 (水害防備林なし)



■ Case1 (現況の水害防備林)

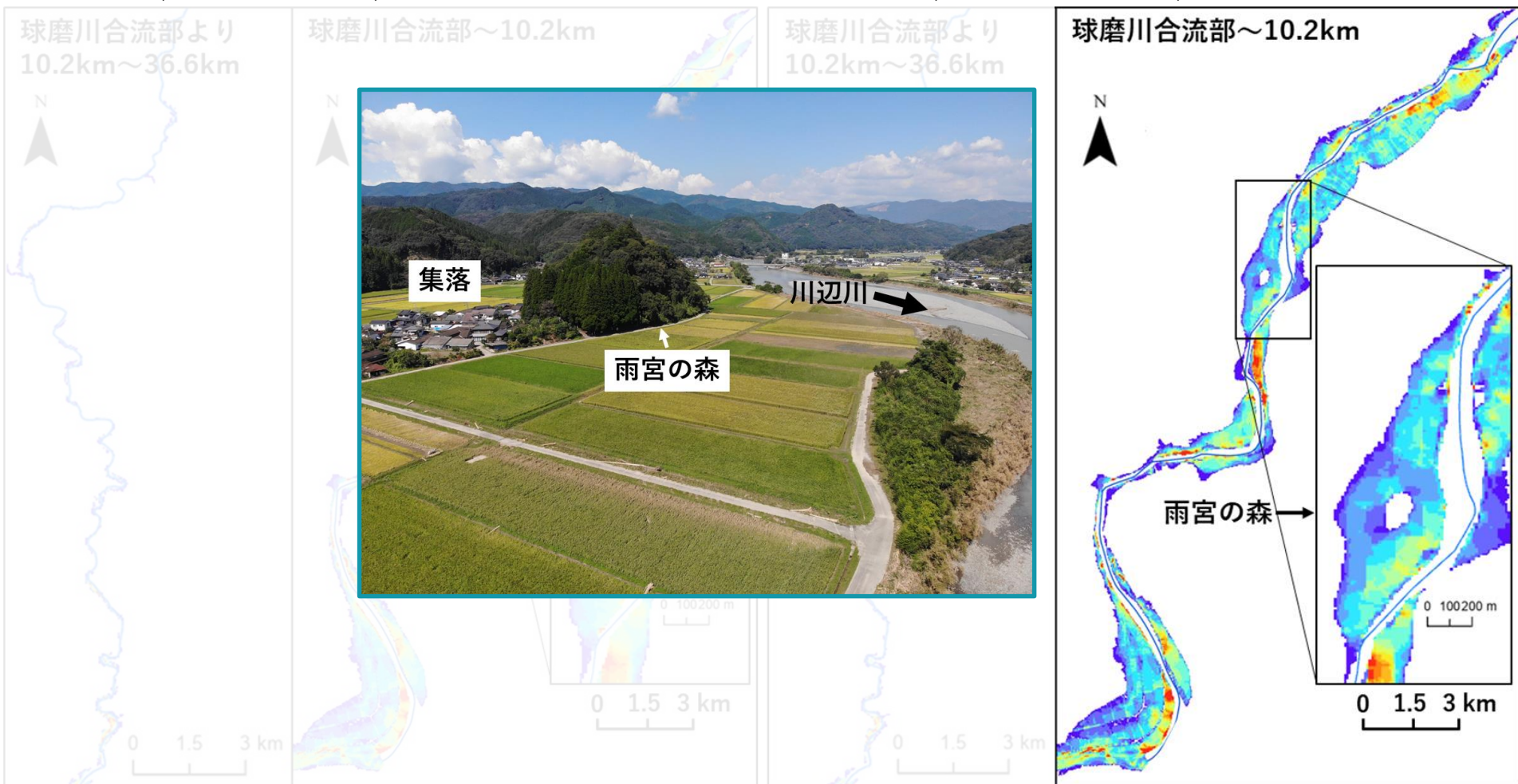


■ シミュレーション結果

最大流速(m/s) ■ 0~0.5 ■ 0.5~1.0 ■ 1.0~1.5 ■ 1.5~2.0 ■ 2.0~2.5 ■ 2.5~3.0 ■ 3.0~3.5 ■ 3.5~4.0 ■ 4.0~4.5 ■ 4.5~5.0 ■ 5.0~

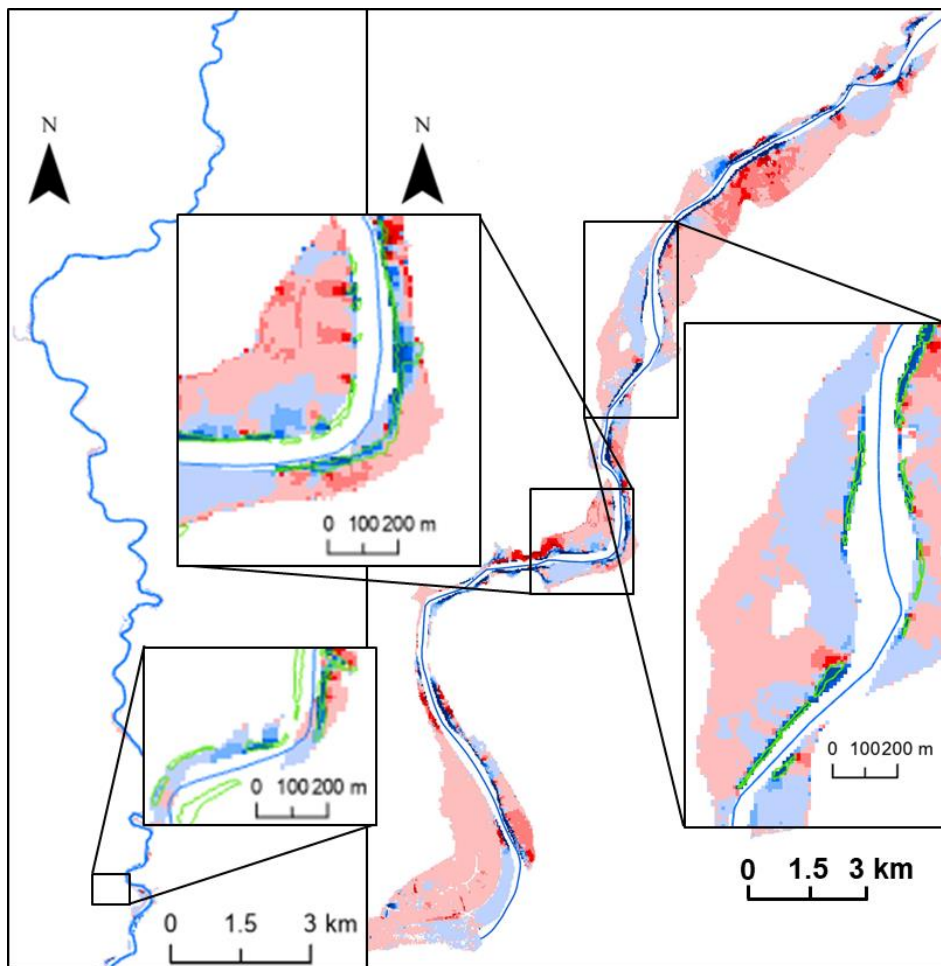
■ Case0 (水害防備林なし)

■ Case1 (現況の水害防備林)



■ シミュレーション結果

最大流速差分 (Case1-Case0)

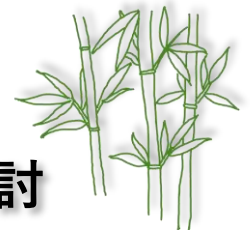


青：水害防備林によって流速が低減
赤：水害防備林によって流速が上昇

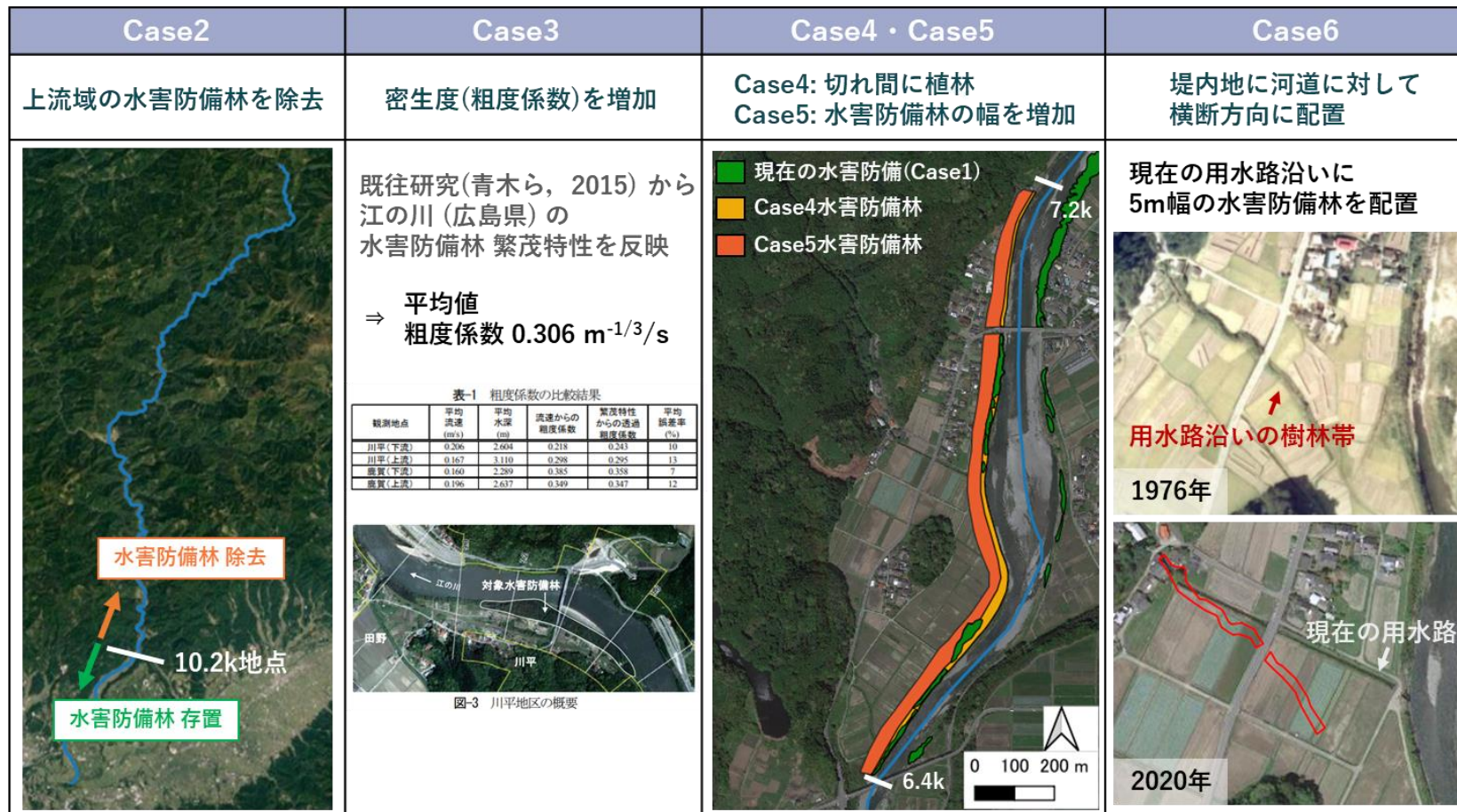
- **河道湾曲部の外岸側で流速低減**
水害防備林により
河道内の流れの遠心力が小さくなるため
- **水害防備林内で流速低減**
土砂・流木を捕捉
背後地への流入抑制に寄与した可能性



3) さらにる氾濫流減勢対策として水害防備林の配置の検討



■ 複数のケースから川辺川における最適策を検討

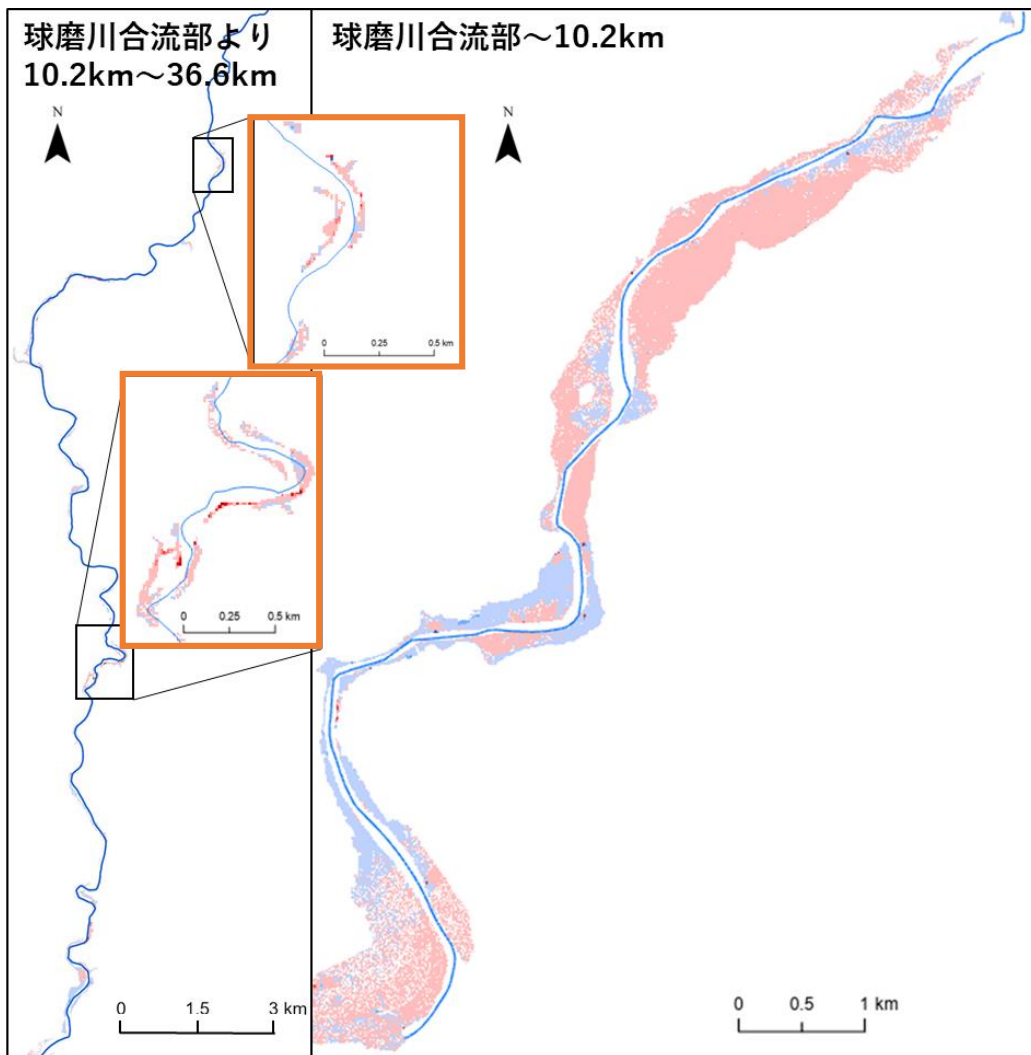


⇒ Case1 (現況) と比較し評価

■ Case2 : 上流伐採

青：現況よりも最大流速が低減
赤：現況よりも最大流速が上昇

最大流速差分(m/s) ■ -1.2以下 ■ -0.9~-1.2 ■ -0.6~-0.9 ■ -0.3~-0.6 ■ 0~-0.3 □ 0 ■ 0~0.3 ■ 0.3~0.6 ■ 0.6~0.9 ■ 0.9~1.2 ■ 1.2以上



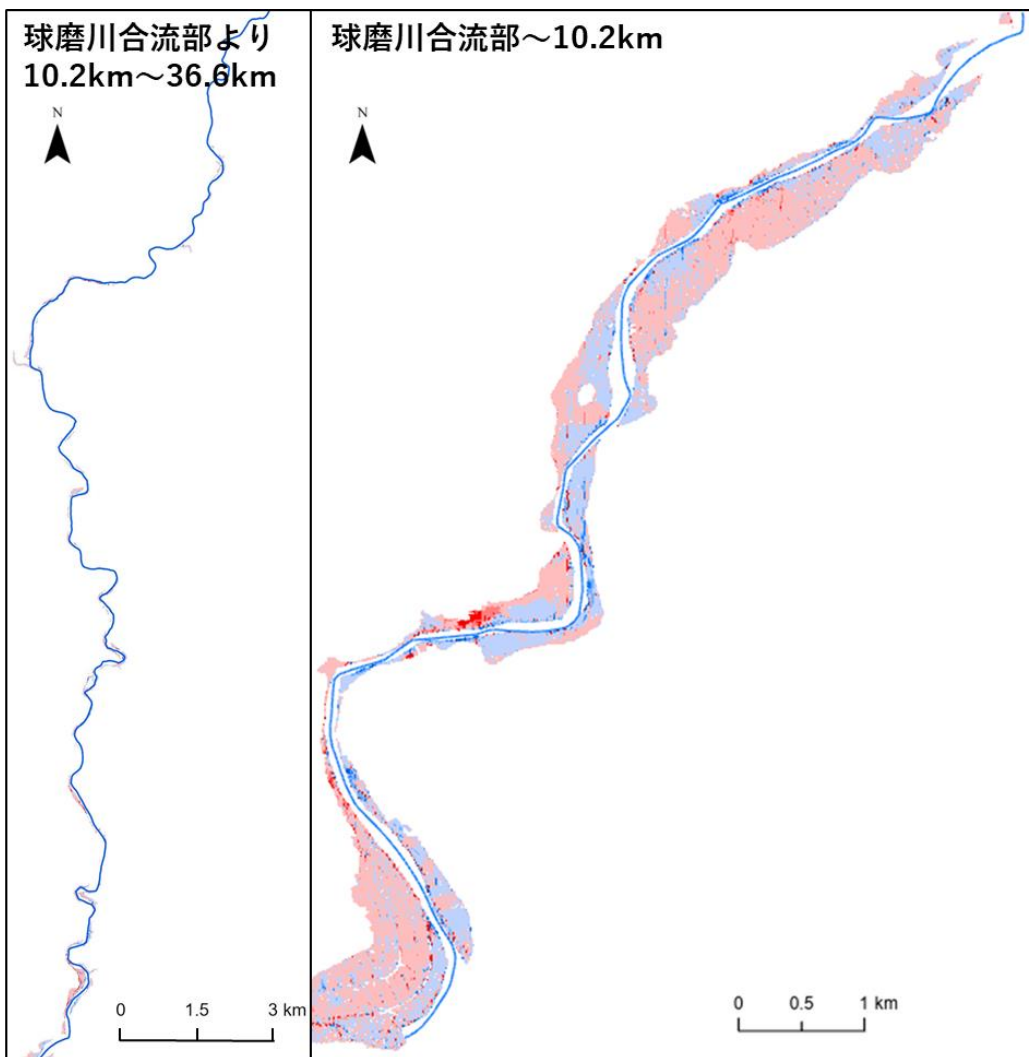
下流部の大部分で流速**上昇**

低減もみられたが、
上流部の**上昇量**に比べると小さい

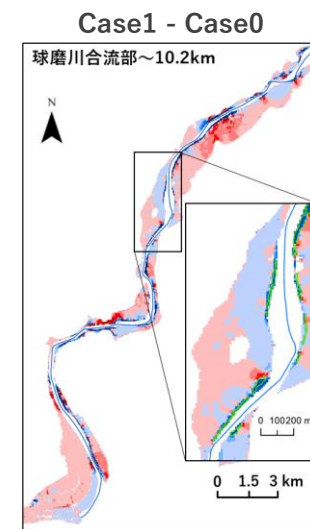
■ Case3 : 粗度係数増加

青：現況よりも最大流速が低減
赤：現況よりも最大流速が上昇

最大流速差分(m/s) ■ -1.2以下 ■ -0.9~-1.2 ■ -0.6~-0.9 ■ -0.3~-0.6 ■ 0~-0.3 □ 0 ■ 0~0.3 ■ 0.3~0.6 ■ 0.6~0.9 ■ 0.9~1.2 ■ 1.2以上



現況の水害防備林が
低減した箇所でさらに低減
上昇した箇所でさらに上昇



粗度係数を増加することで、
低減エリアは変化しないが、
変化量はさらに増す

青：現況よりも最大流速が低減
赤：現況よりも最大流速が上昇

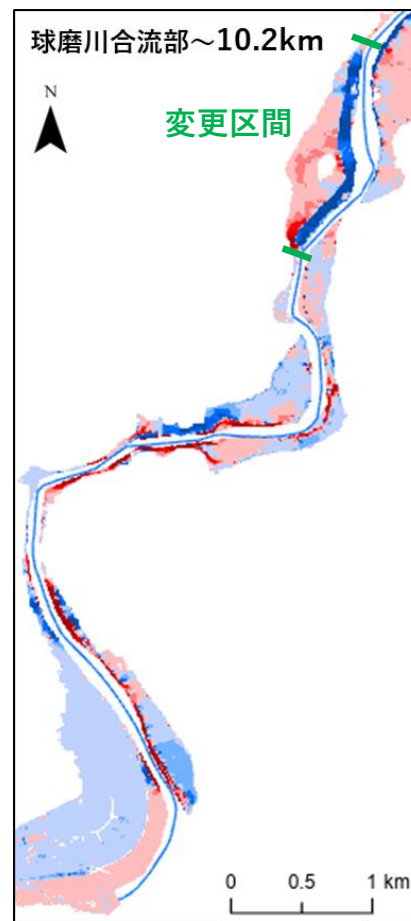
最大流速差分(m/s) ■ -1.2以下 ■ -0.9~-1.2 ■ -0.6~-0.9 ■ -0.3~-0.6 ■ 0~-0.3 □ 0 ■ 0~0.3 ■ 0.3~0.6 ■ 0.6~0.9 ■ 0.9~1.2 ■ 1.2以上

■ Case4 : 切れ間に植林



植林箇所においても水害防備林内での低減はみられたが、背後地と植林箇所より下流部で流速上昇

■ Case5 : 幅増加



林内と変更箇所より下流で低減

⇒ 林内：0.5~2.0m/s低減
下流：0.05~0.15m/s低減

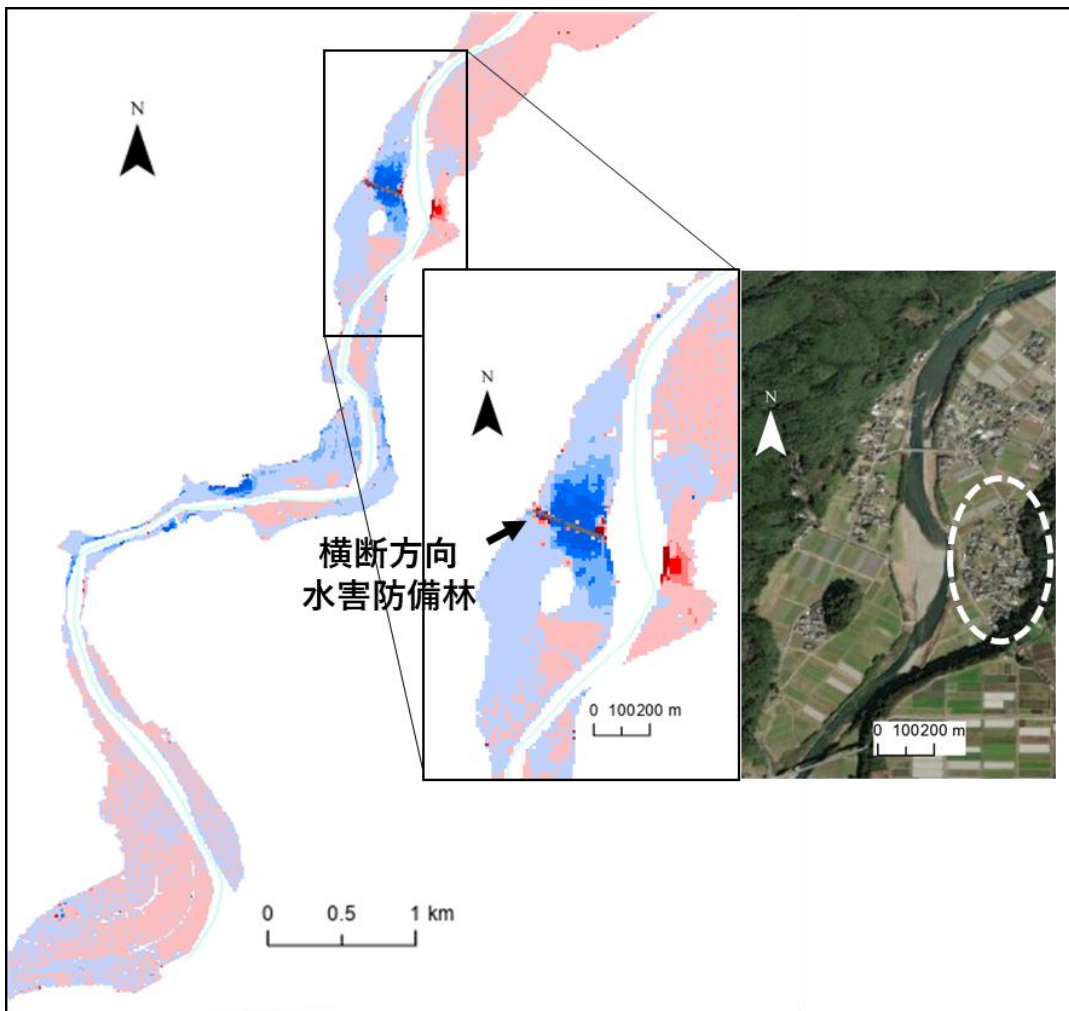
変更箇所背後地で上昇

⇒ 0.1~1.5m/s上昇

■ Case6 : 堤内地に横断方向に配置

青：現況よりも最大流速が低減
赤：現況よりも最大流速が上昇

最大流速差分(m/s) ■ -1.2以下 ■ -0.9~-1.2 ■ -0.6~-0.9 ■ -0.3~-0.6 ■ 0~-0.3 □ 0 ■ 0~0.3 ■ 0.3~0.6 ■ 0.6~0.9 ■ 0.9~1.2 ■ 1.2以上



配置箇所周辺で低減
⇒ 0.1~0.5m/s低減

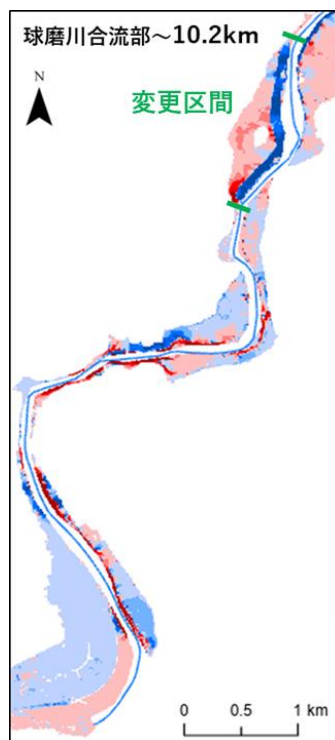
雨宮地区，配置箇所より下流部でも低減

配置箇所の対岸では上昇
⇒ 最大で0.3m/s,大部分は0.1m/s
集落が存在

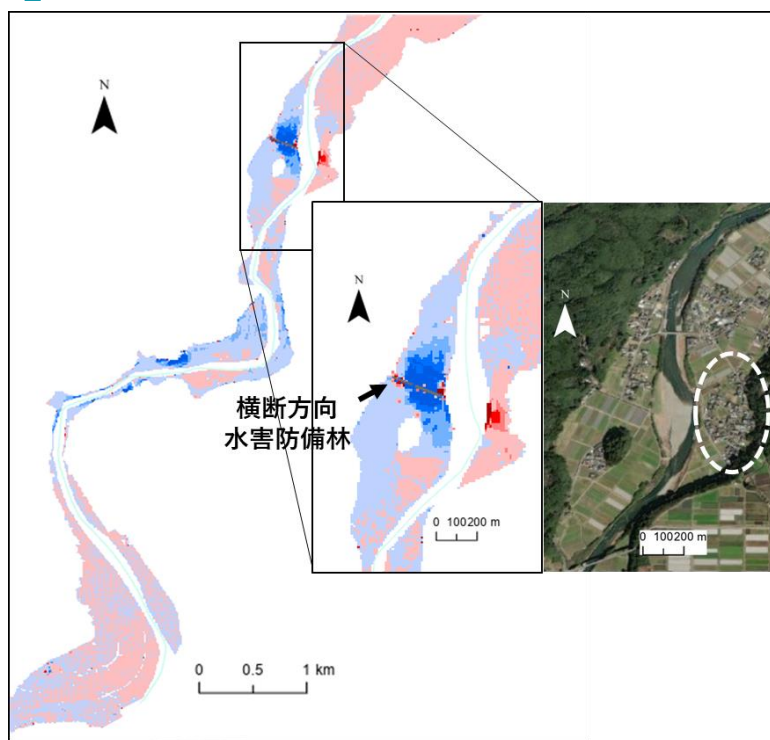
- Case5,6で低減がみられたが、上昇量を考慮し今回は**Case6**を最適策とした

Case5	水害防備林の幅を増加
Case6	堤内地に河道に対して横断方向に配置

■ Case5 : 幅増加

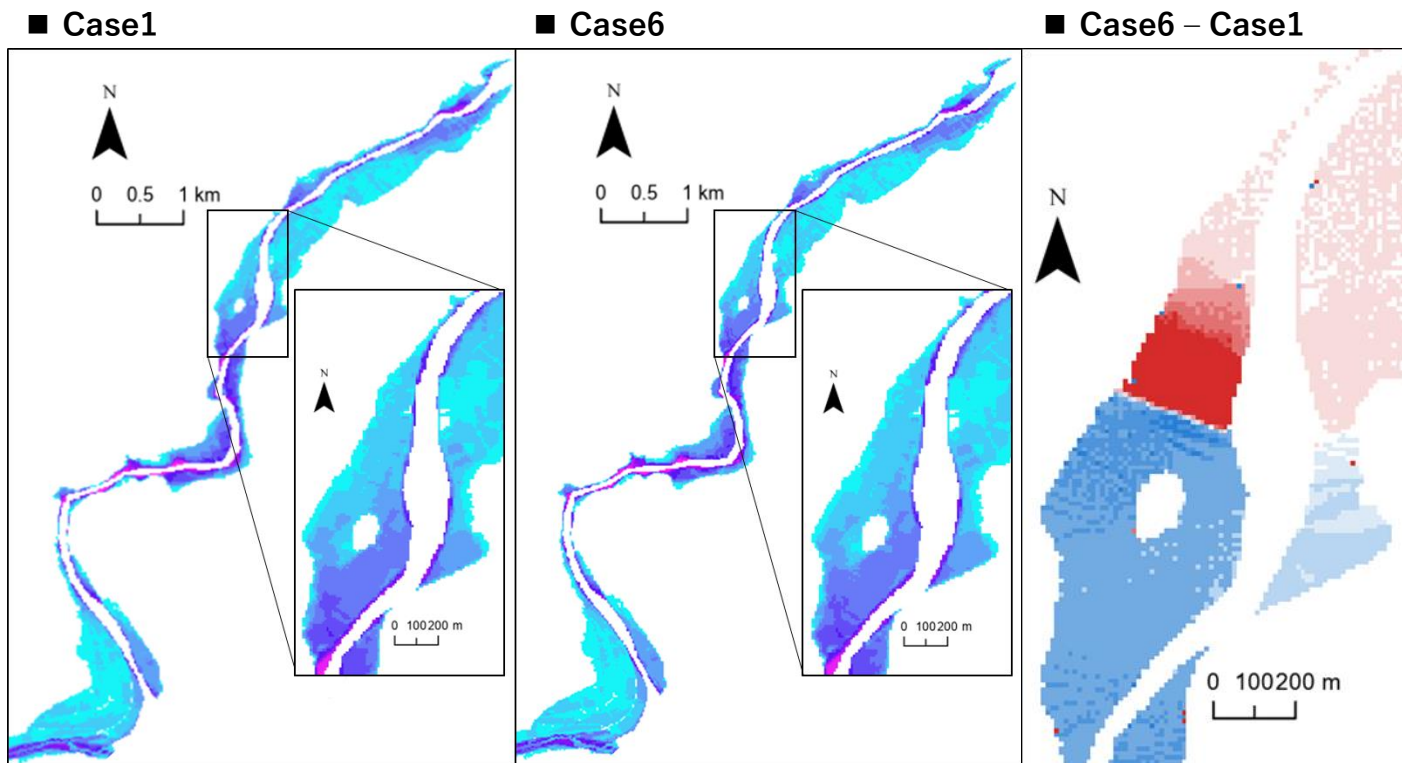


■ Case6 : 堤内地に横断方向に配置

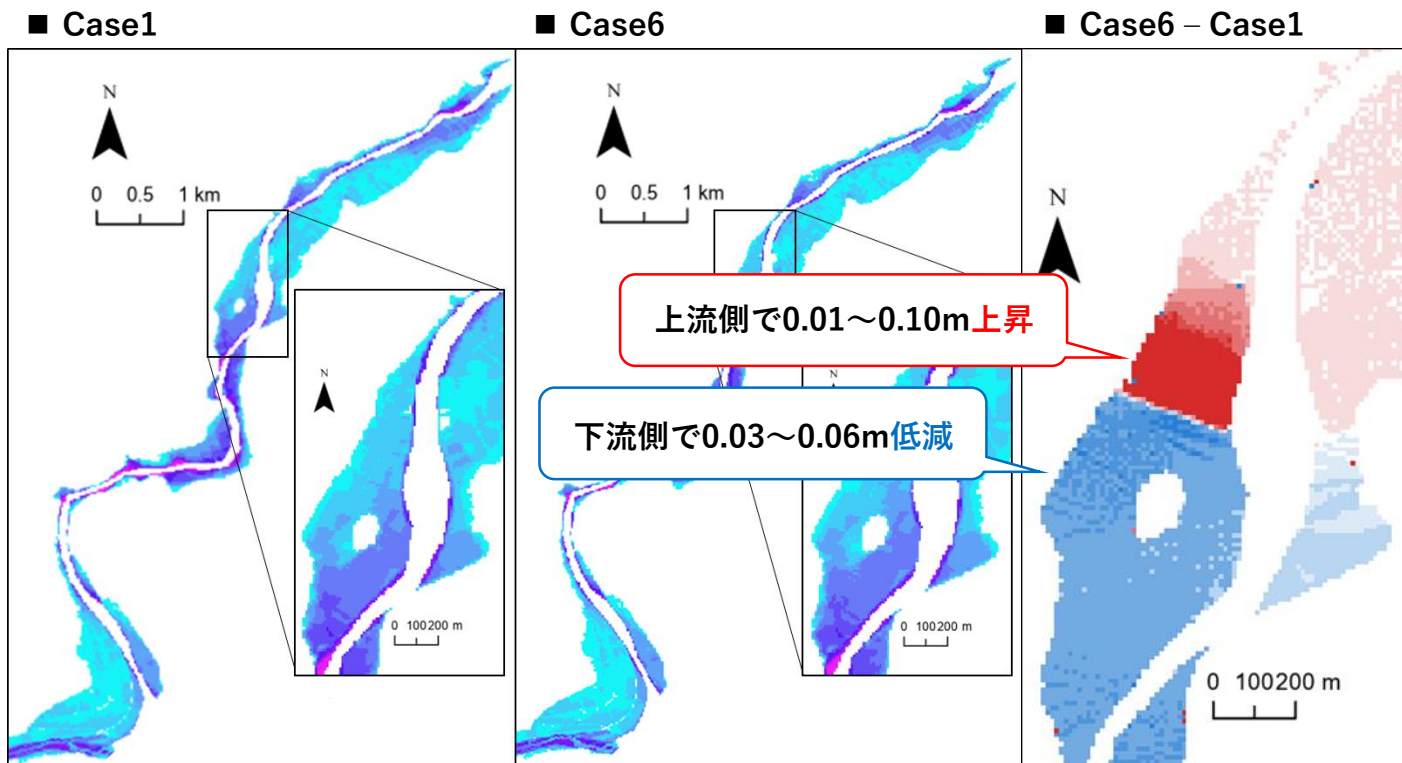


⇒ Case6における浸水深の変化も比較する

■ Case6 , Case1 最大浸水深比較



■ Case6 , Case1 最大浸水深比較



⇒横断方向水害防備林による浸水深への影響は小さい

R2年7月豪雨時の川辺川における水害防備林の氾濫流減勢の評価と配置に関する検討

■ 熊本大学 徳永至・皆川朋子

背景

令和2年7月豪雨
令和2年7月3日から4日にかけて熊本県南部を中心に断続的に猛烈な降雨
→ 球磨川とその支川で大規模な氾濫被害

川辺川 5.8km
球磨川

水害防備林

洪水による被害を防ぐ目的で、河川に沿って植栽された竹林や樹林

川辺川 8.0km河段

川辺川沿いには主に竹林からなる樹林帯が分布
水害防備林として配置されており、
令和2年7月豪雨時において氾濫流の流速を低減させた可能性

目的

川辺川を対象に樹林帯を活用した氾濫流減勢のための基礎知見を得るため

- 川辺川水害防備林の現状評価
- 令和2年7月豪雨時の水害防備林による氾濫流の減勢効果の評価
- さらなる氾濫流減勢対策として水害防備林の配置の検討

方法

- 川辺川における水害防備林の現状評価
現在(2020年)、過去(1976年)の空中写真から樹林帯をGIS上で抽出
過去からの変化(右岸 左岸の延長距離、面積)を評価
背後地の土地利用(集落・水田)との関係
- 令和2年7月豪雨時の水害防備林による氾濫流の減勢効果
水理シミュレーションを行い、最大流速を比較し評価
Case0 現状の水害防備林を除去 (使用ソフト: DioVISTA Flood Professional)
◆ 葉茂特性を加味した水害防備林の粗度係数
$$K = (2g/a_w C_d) h^{0.5}$$

K: 樹木葉茂特性を表す樹木葉茂係数と重力加速度 $a_w = N^3 D$, C_d : 抵抗力係数(-1.2)
標準的な樹木として想定する樹木本数 N 、幹の胸高直径
 $h_w = 0$ の場合 h_w : 樹下高さ
 $h_w = 0$ の場合 h_w : 樹高
 $h_w = (h_w - h_w) / (h_w - h_w) K^{0.5}$ の場合 h_w : 樹木が覆うする範囲での高水水面の粗度係数
 $h_w = (h_w - h_w) / (h_w - h_w) K^{0.5}$ (下草あり $n_w = -0.04$, 下草なし $n_w = -0.03$)
 $h_w = (h_w - h_w) / (h_w - h_w) K^{0.5}$ の場合 h_w : 樹木が覆うする範囲での高水水面の粗度係数
 $h_w = (h_w - h_w) / (h_w - h_w) K^{0.5}$

現地調査

川辺川左岸 6.6k, 右岸 8.3k地点 2m×2mコドラートを3つ設置
◆ モデルの再現性確認
実測流量(柳瀬観測所)、浸水範囲(熊本県発表)と比較

3) さらなる氾濫流減勢対策として水害防備林の配置の検討

Case2 上流域の水害防備林を除去
Case3 粗密度(粗度係数)を増加
Case4 切れ目に樹林
Case5 水害防備林の幅を増加
Case6 堤内地に河道に対して横断方向に配置
⇒ Case1(現状)と比較し評価

結果

1) 川辺川における水害防備林の現状評価

◆ 延長距離の比較
1976年 2020年
左岸: 0.83km 減少
右岸: 5.71km (約1/3) 減少
⇒ 川辺川樹林帯は高い残存状況

◆ 総面積の比較
1976年 2020年
0.49km² (8.1%) 減少

◆ 背後地の土地利用(集落・水田)との関係
川辺川 集落・水田と分布が一致
水害防備林として植栽された
住宅・水田前面の水害防備林

2) 令和2年7月豪雨時の水害防備林による氾濫流の減勢効果

◆ 現地調査
観測所 観測値
エリア1 ハチク 7.25±1.30 0.03±0.01 3.21±1.02 7.17±2.00 無
エリア2 ホライオク 3.67±1.59 0.04±0.01 4.20±0.07 8.04±0.85 無

◆ モデルの再現性
計算値 観測所実測値
0.00 12.00 0.00 0.00
◆ nash係数 0.97 (≧0.7)

シミュレーション結果

最大流速差分 (Case1-Case0)
観測所実測値より球磨川中流部 -10.2k
10.5k~16.0k

青: 水害防備林によって流速が低減
赤: 水害防備林によって流速が上昇

⇒ 河道湾曲部の外岸側で流速低減
水害防備林により河道内の流れの遠心力が小さくなるため
⇒ 水害防備林内で流速低減
土砂・流木を捕捉
背後地への流入抑制に寄与した可能性
⇒ 流速が低減されないエリアも

3) さらなる氾濫流減勢対策として水害防備林の配置の検討

Case1との最大流速差分

◆ Case2
◆ Case3
◆ Case4
◆ Case5

◆ Case6 堤内地に河道に対して横断方向に配置

Case6の配置が流速低減において有効と評価
⇒ 配置箇所周辺で0.1~0.5m/sの低減
⇒ 配置したエリアより下流域でも低減
⇒ 山間狭窄部という特性から氾濫域が狭く
堤内地での流れが流下方向に集中していたため
⇒ 配置箇所の対岸で流速がわずかに上昇
⇒ 対岸の土地利用を考慮する必要(集落の有無等)
⇒ 最大浸水深の変化は小さい(-0.06m~-0.1m)

Case6-Case1最大浸水深差分
堤内地に水害防備林を設け、粗度を付加させることが
気候変動下における有効な対策の一つになりうる

まとめと今後の課題

- 川辺川水害防備林は水田・集落の防御を目的に植栽され、現在も多くが残存する
- 令和2年7月豪雨時には、河道湾曲部外岸側と水害防備林内で氾濫流の流速を低減した可能性
- 堤内地に河道に対して横断方向に配置することでさらなる流速低減効果が見込める
- 今後は堤内地水害防備林、川沿い水害防備林の組み合わせによる配置検討をする必要がある
- 地点ごとの水害防備林繁茂特性を反映させる

- ✓ 川辺川水害防備林は水田・集落の防御を目的に植栽され、現在も多くが残存する
- ✓ 令和2年7月豪雨時には、河道湾曲部外岸側と水害防備林内で氾濫流の流速を低減した可能性
- ✓ 堤内地に河道に対して横断方向に配置することでさらなる流速低減効果が見込める
- ✓ 今後は堤内地水害防備林、川沿い水害防備林の組み合わせによる配置検討をする必要がある
- ✓ 地点ごとの水害防備林繁茂特性を反映させる