

小河川に残存する霞堤及び周辺耕作放棄水田を活用した ピーク流量低減手法に関する基礎的検討

○**今井洋太**：神戸市立工業高等専門学校 都市工学科

宮津陽菜：神戸市立工業高等専門学校 都市工学専攻

東山航：徳島大学大学院 創成科学研究科 理工学専攻
社会基盤デザインコース

三橋弘宗：兵庫県立大学 自然環境科学研究所

武藤裕則：徳島大学大学院 社会産業理工学研究部
社会基盤デザイン系

Introduction

既往研究：

- **瀧ほか 2021（河川技術論文集）**

霞堤が形成する堤内遊水地の洪水調節機能に関する基礎的検討

- ✓ 河川勾配 $1/400 \sim 1/100$ ，控堤の角度，複数ハイドロに対してピーク流量を比較

→河床勾配 $1/1000$ の時，最大5%カット

- **萱場ほか 2023（河川技術論文集）**

中小河川における河道側方部の貯留空間によるピーク流量逓減効果

ー多自然川づくりの流域治水への実装に向けての一考察ー

- ✓ 河川勾配 $1/100 \sim 1/1000$ ，遊水地の設置（1～10個），ハイドロ波形の違いに対してピーク流量を比較

→河床勾配 $1/1000$ の時最大16%カット， $1/100$ の時，最大4%カット

- そのほか霞堤に関する研究多数

Introduction

課題：

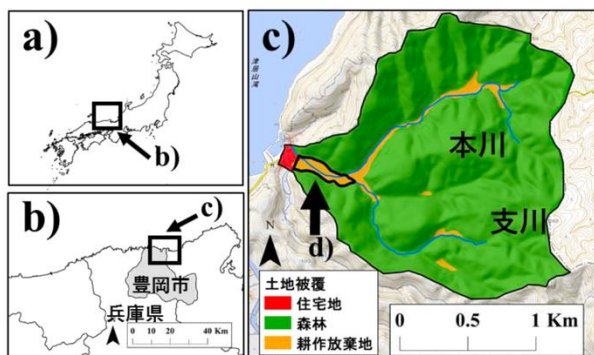
- 中規模程度の河川や比較的長い河川区間において検証されているが、小規模河川かつ河床勾配が大きい場合については未検証
- 流域治水の観点からも、河川に隣接する水田（耕作放棄水田）の活用可能性についても検証は必要。

研究目的：

小規模かつ比較的大きい河川勾配を有するような小河川において、霞堤を活用したピーク流量の低減が可能かどうかを検討

Methods

数値計算におけるモデルとした対象地：



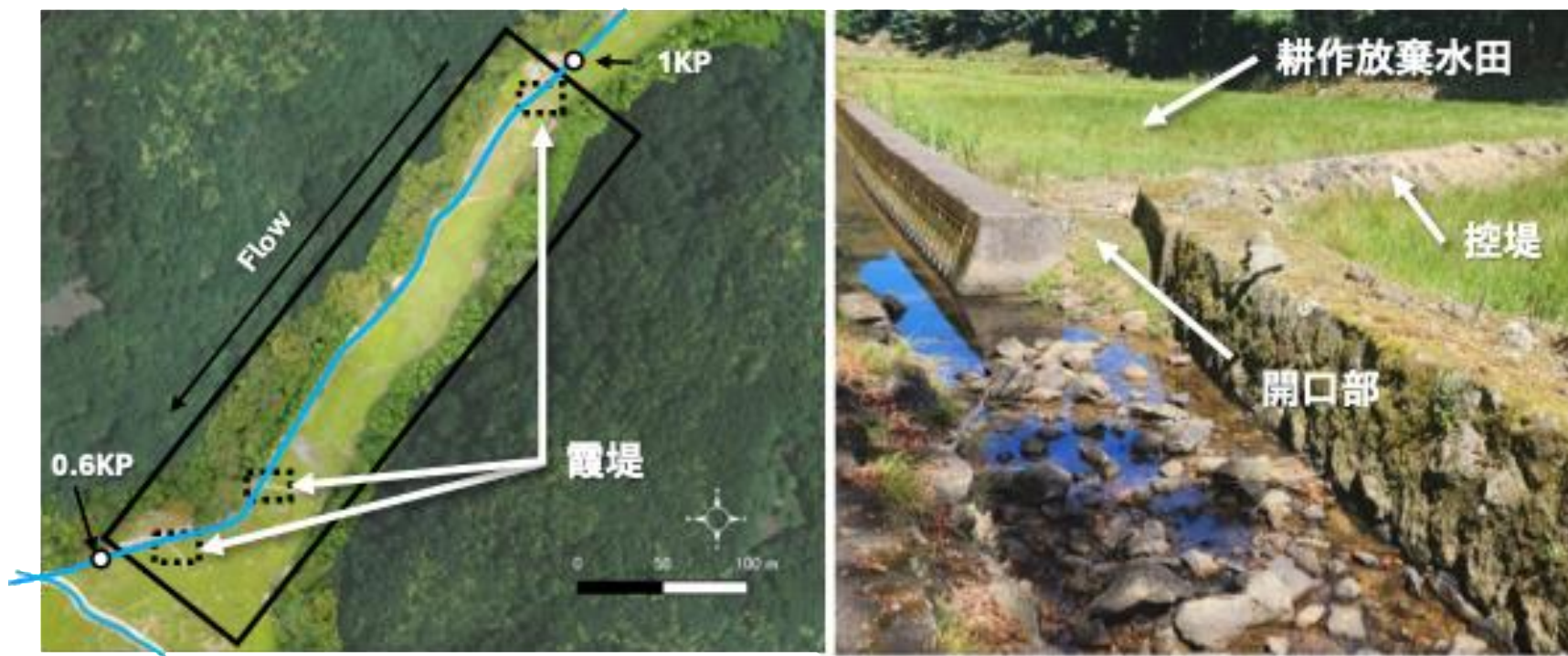
兵庫県豊岡市田結川流域：

- 普通河川
- 流域面積2.6km²
- 本川流路延長2.5km
- 土地利用：山地2.4km²
平地0.2km²

- 平地ではかつては耕作されていたが、現在は全て耕作放棄されている。
- コウノトリの飛来をきっかけに、地域住民やNPO等が耕作放棄水田をビオトープとして活用

Methods

数値計算におけるモデルとした対象地：



- 田結川本川において、河口から約0.6km～1km区間の左岸堤防には開口部及び控堤が複数存在
- かつて水田として耕作していた際に、水田内の水を河道へ排水する目的で維持されてきたとのこと（地域住民）
- 現在は開口部及び排水路に土砂が堆積

Methods

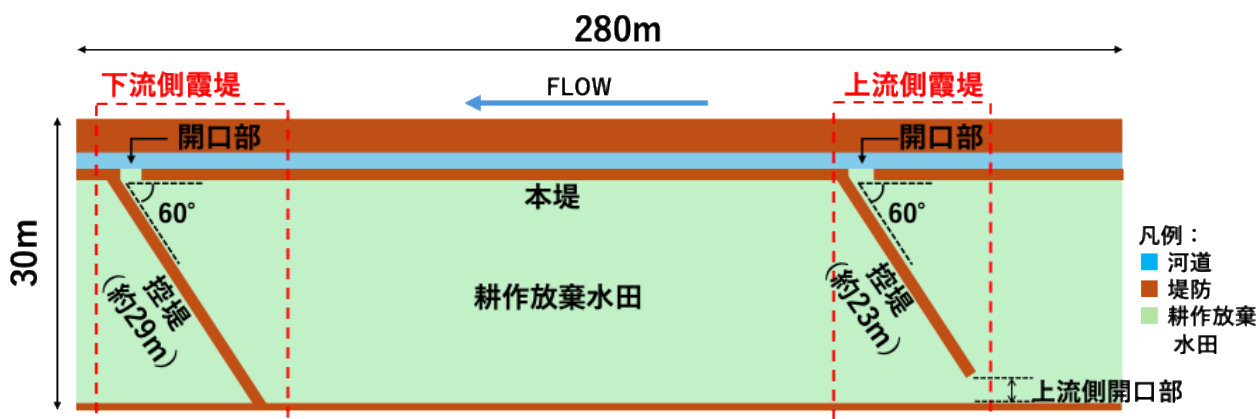
数値計算におけるモデルとした対象地：



- 水田の排水のための開口部及び控堤，これらに接続する耕作放棄水田を，それぞれ「霞堤」及び「付帯遊水地」として捉え，洪水ピーク流量を低減できる構造及び配置について，数値シミュレーションを用いて検討

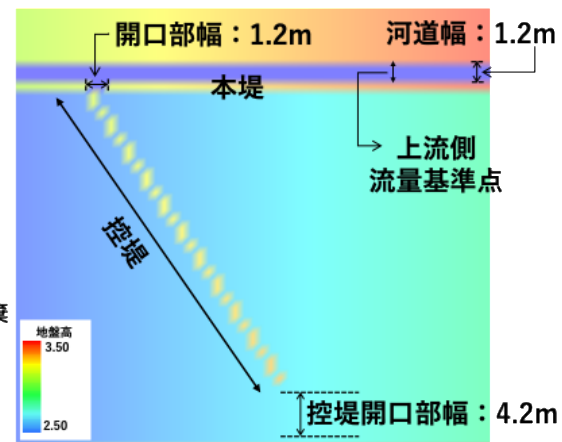
Methods

計算格子の設定：

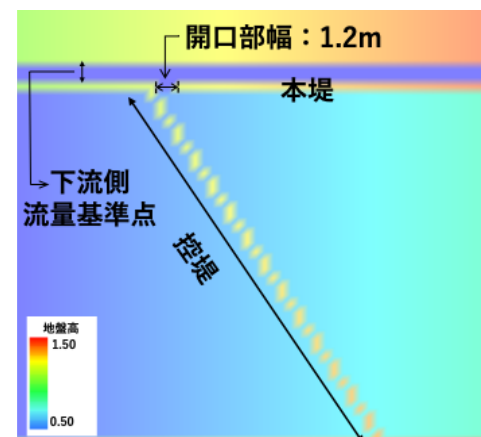


- 直線単断面河道を設定
- 格子サイズ：0.3m×0.3m
- 堤防高＝河床高＋1.1m,
- 放棄水田の地盤高＝河床高＋0.5m
- 河床勾配はモデル区間の勾配
(1/100) に加え, 1/50, 1/200を検討
- 河道側方に耕作放棄水田を設定
- 計算区間内に二か所霞堤を設置
- 上流側の控堤は一部開口

上流側霞堤付近



下流側霞堤付近

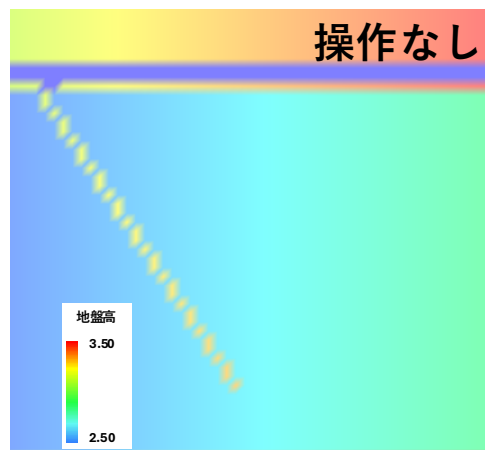


Methods

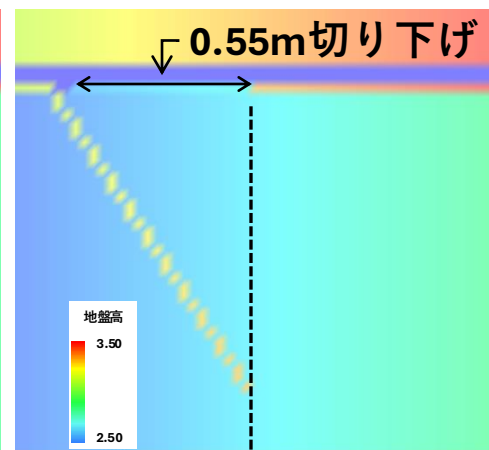
上流側霞堤付近の地形：

- Case1：現況の堤防状況を再現
- Case2：開口部付近の堤防を控堤の端部の位置まで、0.55m（元の堤防高の半分の高さに相当）切り下げ
- Case3：1.1m（河床高と一致）切り下げ
- Case4：開口部付近の堤防を控堤の縦断方向の2倍長まで、1.1m

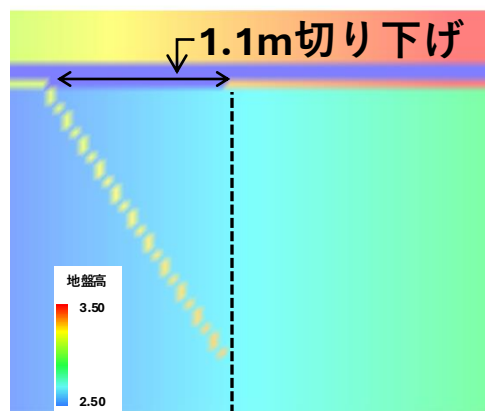
Case1



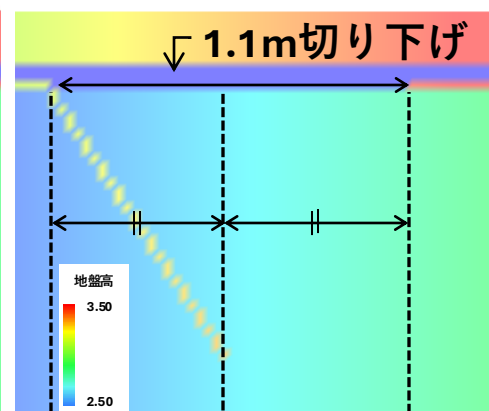
Case2



Case3



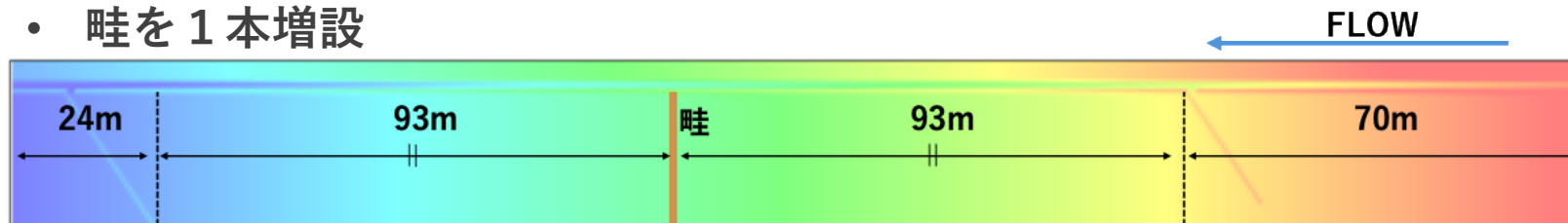
Case4



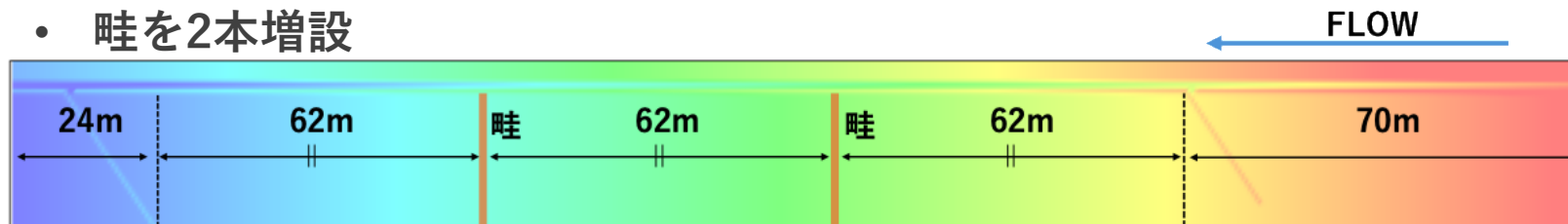
Methods

耕作放棄水田内の地形：

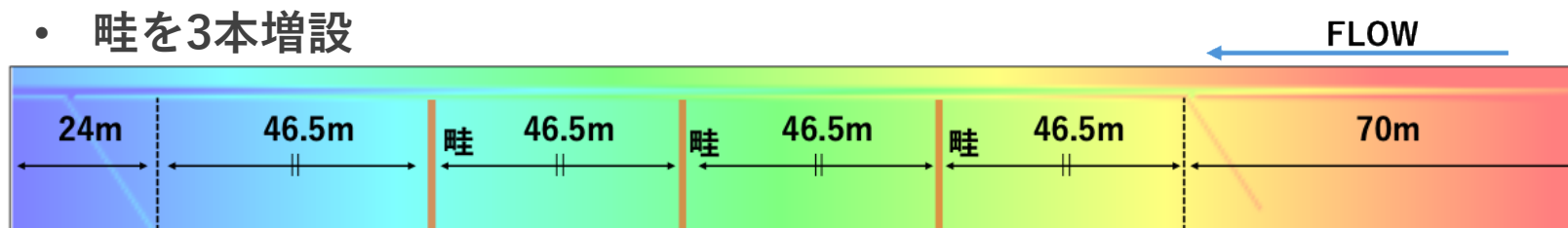
- 畦を1本増設



- 畦を2本増設



- 畦を3本増設

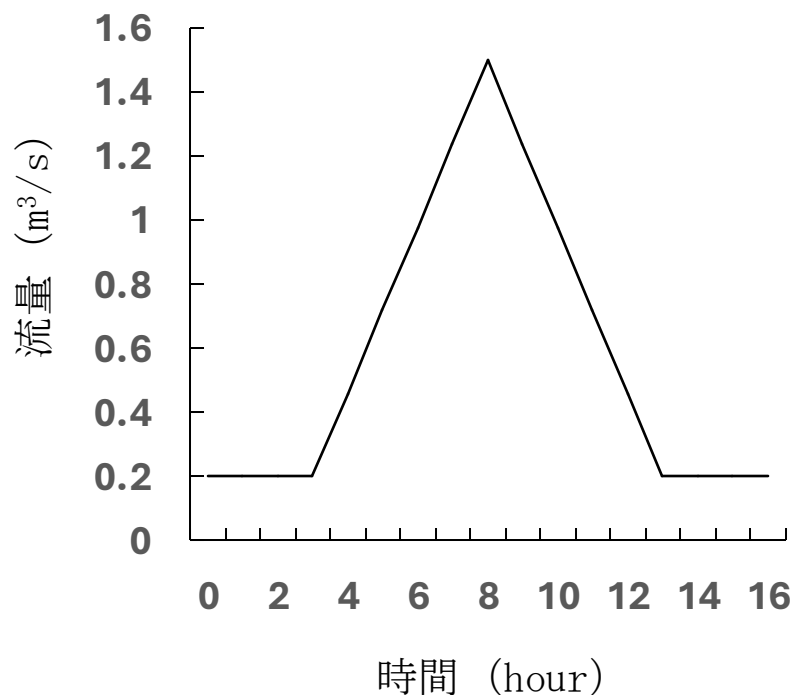


- 耕作放棄水田内に高さ0.4m，幅0.6mの畦を横断方向に1～3本設置したケースについて，河床勾配や各Caseと組み合わせて検討
→192パターン実施

Methods

計算に用いた流量ハイドログラフ：

- モデル流域である田結川流域では水位観測データや、洪水実績データ等が不足
- 過去の水位計設置期間における小規模出水時の水位観測値を参考に一山型のハイドログラフを作成
- 基底流量 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ 、ピーク流量 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ とした
- ピーク流量は流量ピーク時の水位が河床勾配 $1/100$ において、堤防高マイナス 0.4m 程度（小河川のHWLを想定）となるよう設定
- 河床勾配 $1/50$ 及び $1/200$ のケースにおいても同様のハイドログラフを使用

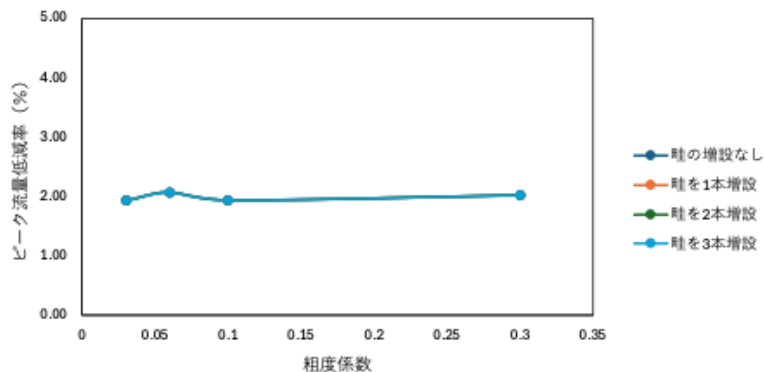


- iRIC Nays 2DFloodを用いて二次元流況解析を実施

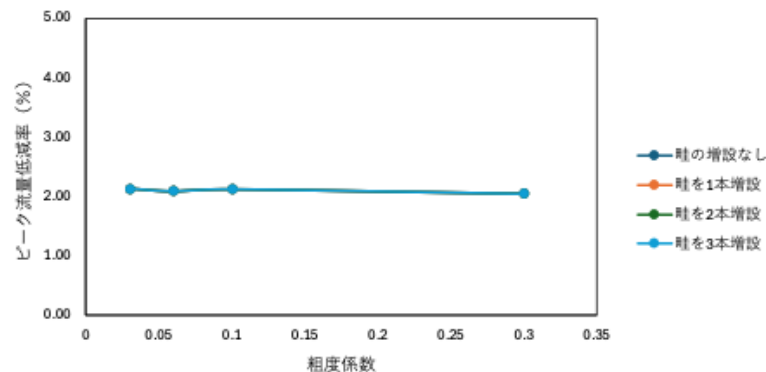
Results

河床勾配1/50における結果（ピーク流量低減率）

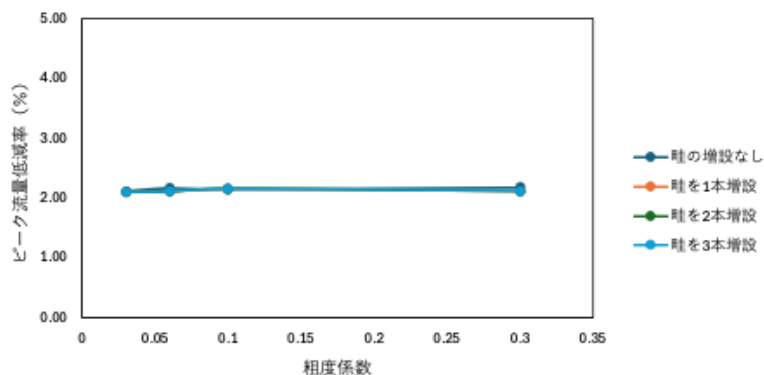
河床勾配1/50, Case1におけるピーク流量低減率（％）



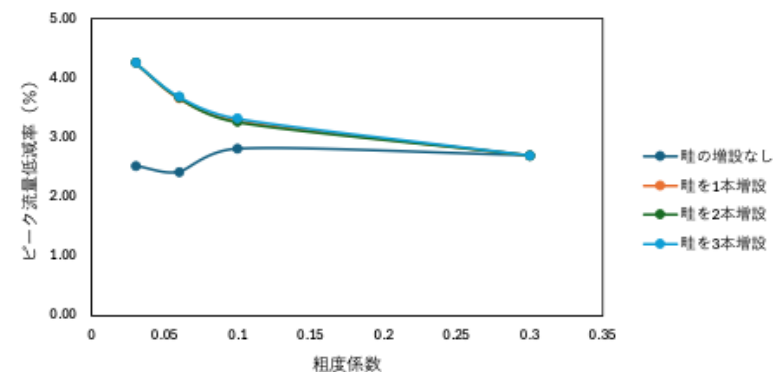
河床勾配1/50, Case2におけるピーク流量低減率（％）



河床勾配1/50, Case3におけるピーク流量低減率（％）



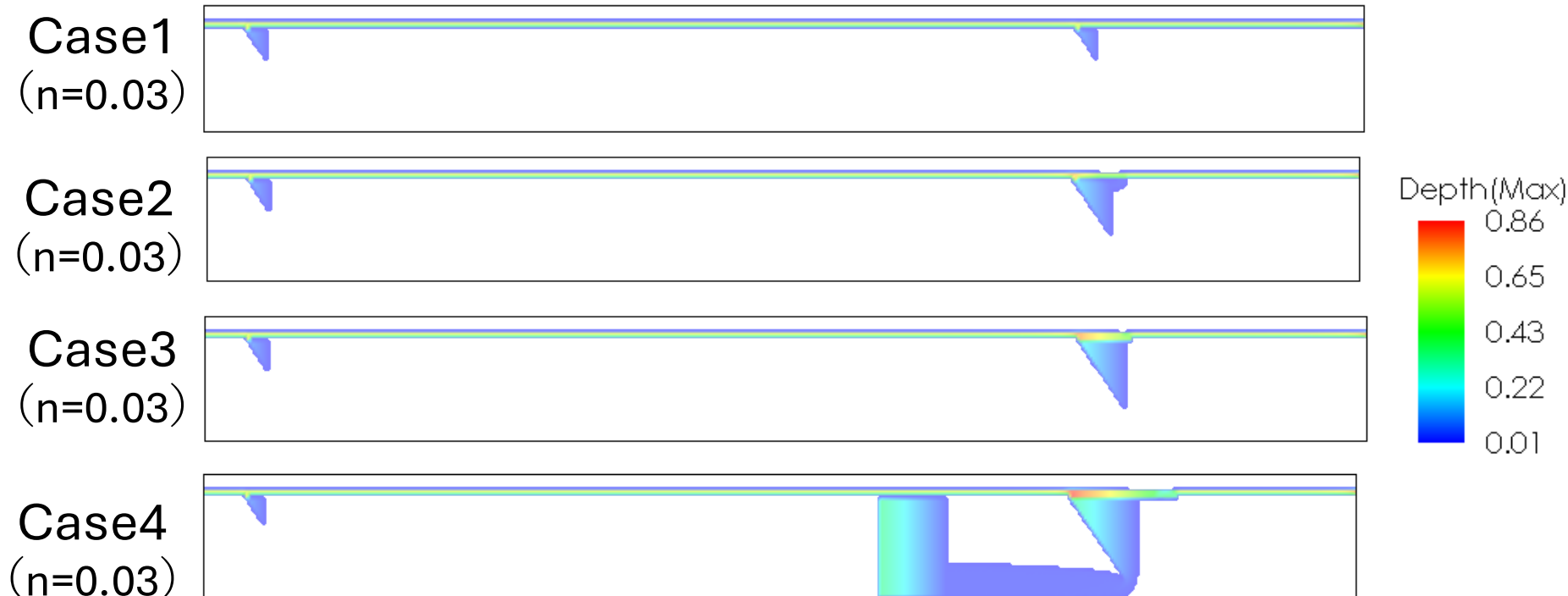
河床勾配1/50, Case4におけるピーク流量低減率（％）



- 河床勾配1/50においては、顕著なピークカットは見られず
- Case1～3：粗度の違いによるピークカットの変化は見られず
- Case4において、畦の増設によってピークカット量が増加

Results

河床勾配1/50におけるピーク時の水位

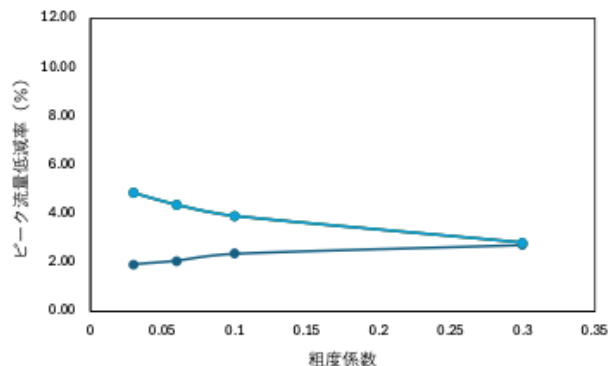


- 霞堤開口部が小さい場合、全ての粗度において放棄水田への洪水の流入量はなし
- 霞堤開口部付近の本堤を大幅に切り下げた場合（Case4）において、河道への洪水還元が見られた
- Case4において畦を増設した場合、洪水は畦の1本目を越流しなかったため、洪水をより流入させるような粗度の小ささ（ $n=0.03$ ）がピーク流量低減に寄与

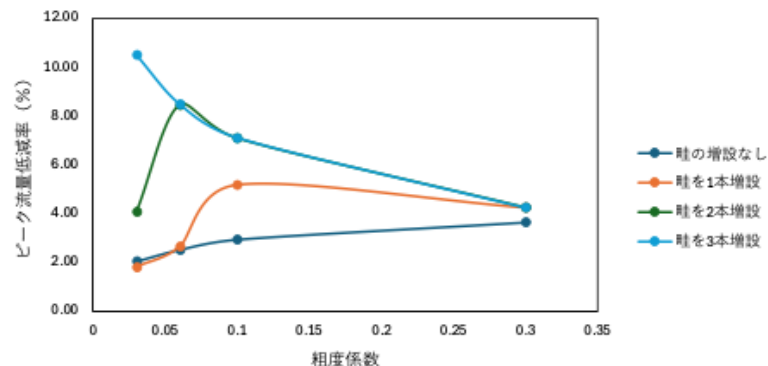
Results

河床勾配1/100における結果（ピーク流量低減率）

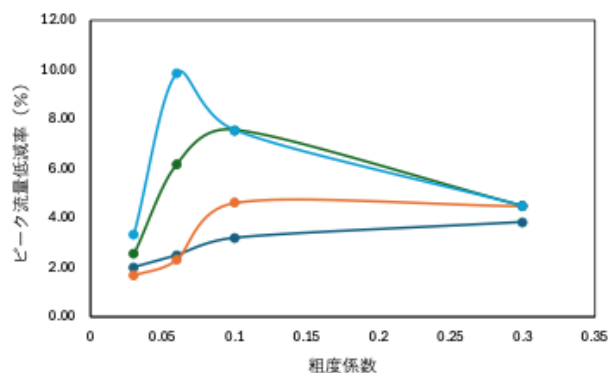
河床勾配1/100, Case1におけるピーク流量低減率（％）



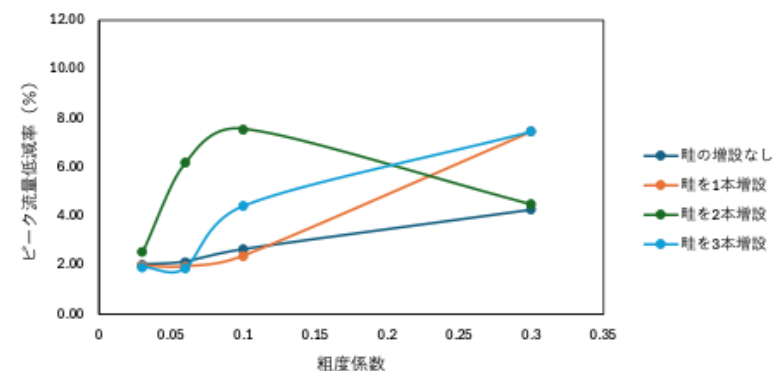
河床勾配1/100, Case2におけるピーク流量低減率（％）



河床勾配1/100, Case3におけるピーク流量低減率（％）



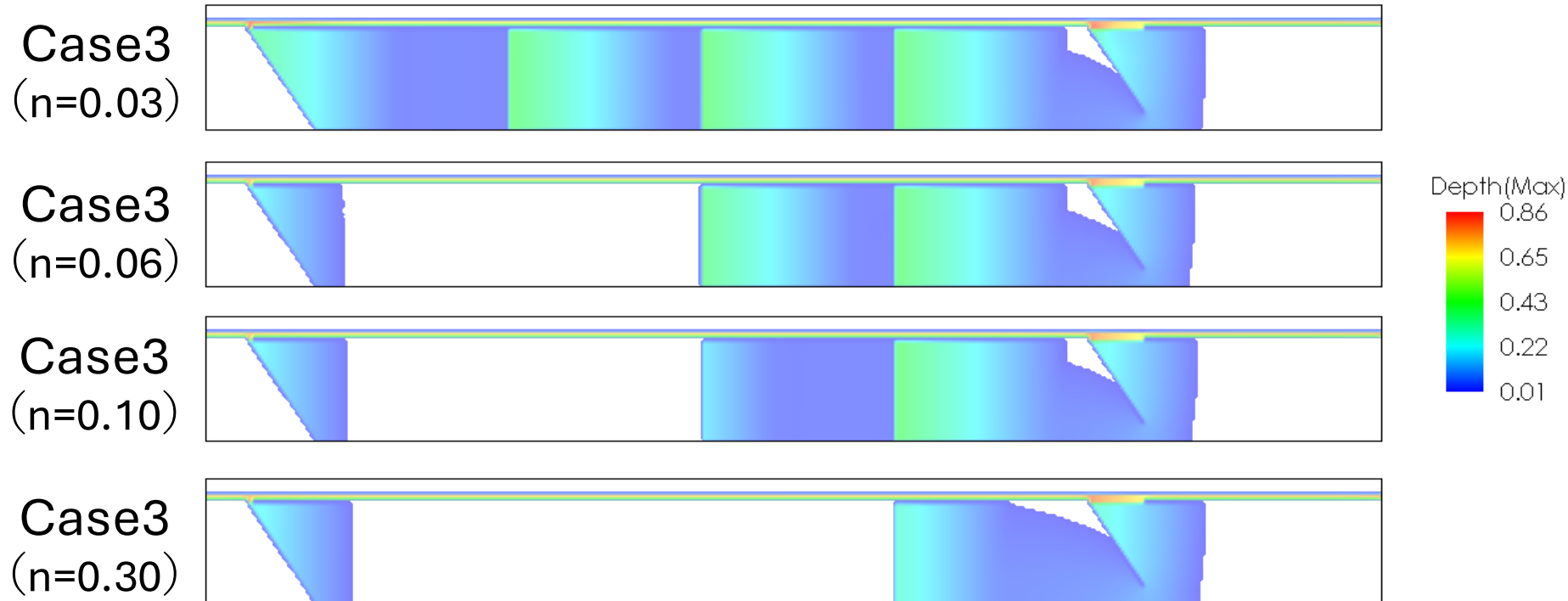
河床勾配1/100, Case4におけるピーク流量低減率（％）



- Case1：畔の1本以上の増設した場合，ピークカット効果は上昇
- Case2～4：粗度の違い，畦の本数の違いに伴ってピークカット効果が変化
→開口部形状，粗度，畦本数が相互に影響

Results

河床勾配1/100, Case3, 畦増設3本時のピーク時水位

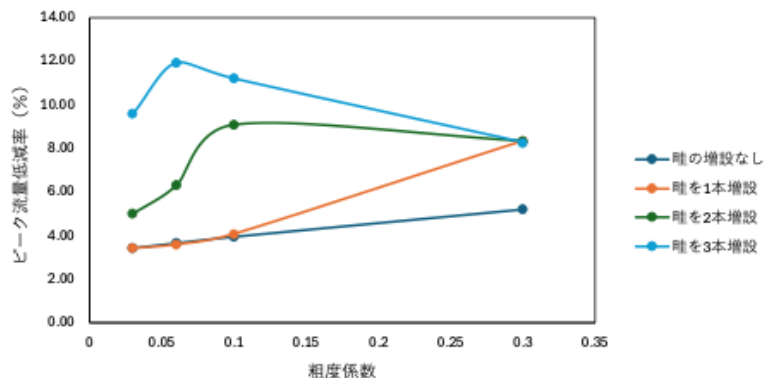


- ・ 放棄水田内の粗度が小さい場合、洪水は下流開口部から河道へ還元
- ・ 粗度が大きくなるにつれ、洪水は畦の手前で停滞
→ 洪水をなるべく多く放棄水田に流入させ、かつ河道へ還元しないような放棄水田管理が重要

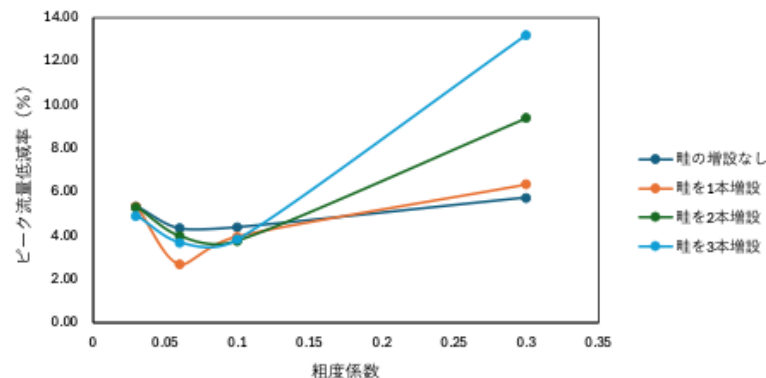
Results

河床勾配1/200における結果（ピーク流量低減率）

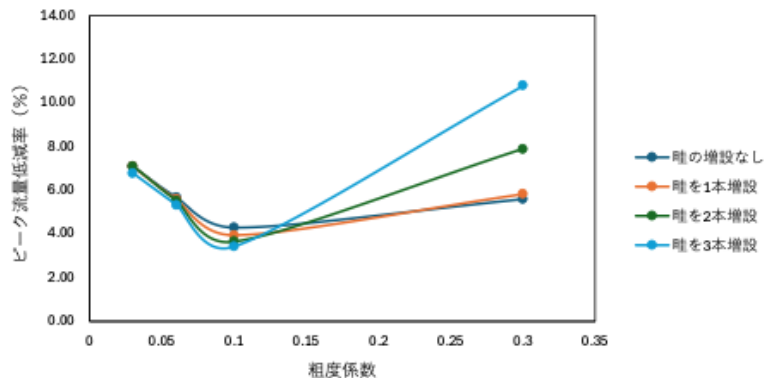
河床勾配1/200, Case1におけるピーク流量低減率（%）



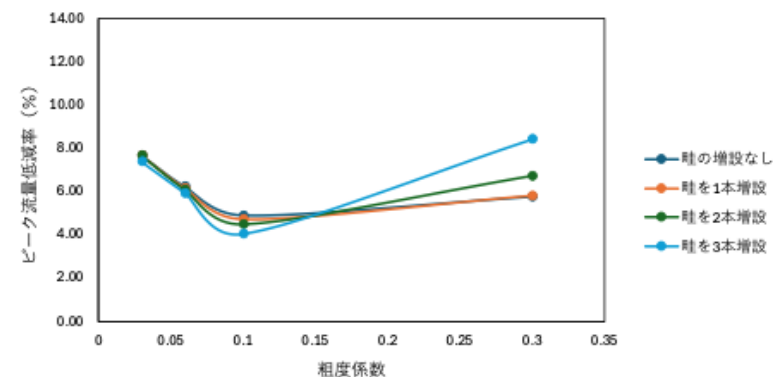
河床勾配1/200, Case2におけるピーク流量低減率（%）



河床勾配1/200, Case3におけるピーク流量低減率（%）



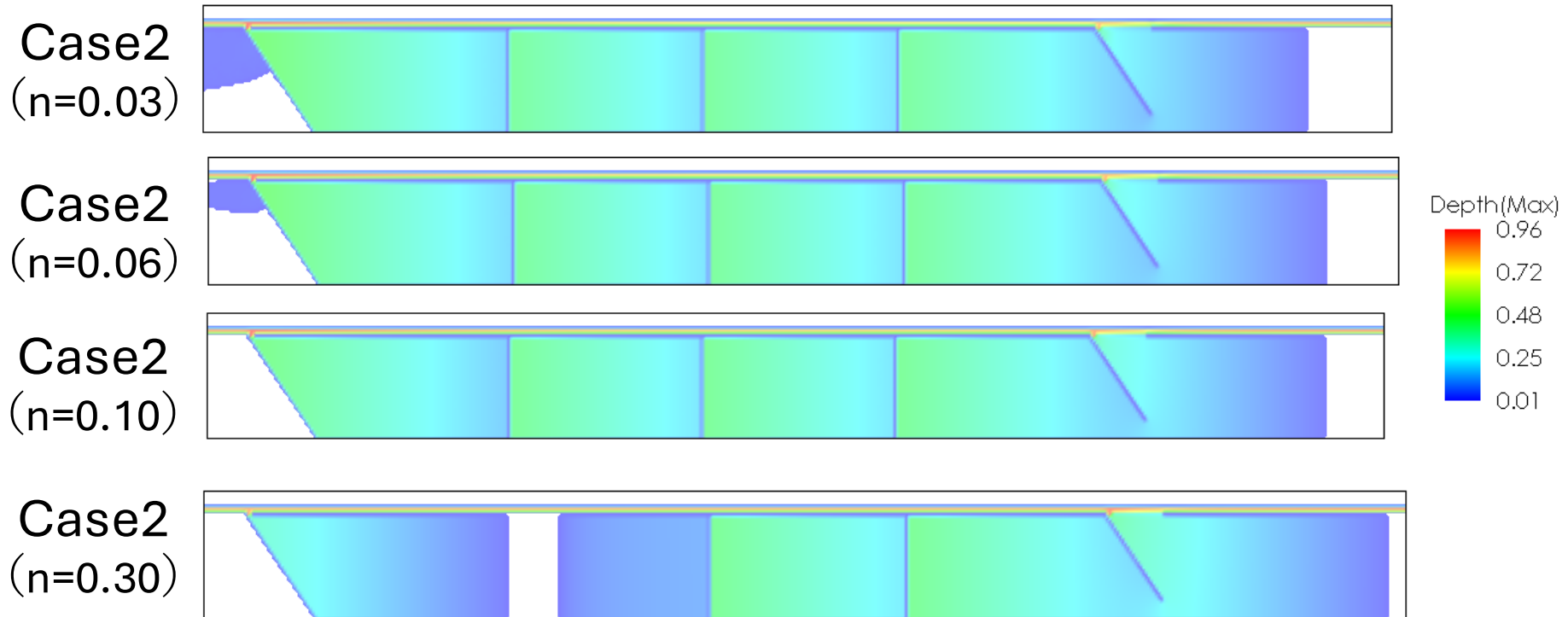
河床勾配1/200, Case4におけるピーク流量低減率（%）



- **Case1**：畔の増設に伴い，ピークカット効果は上昇
- **Case2～4**：粗度に対するピークカット効果の応答曲線は凹型
→放棄水田内の洪水増加や下流控堤から越流が影響

Results

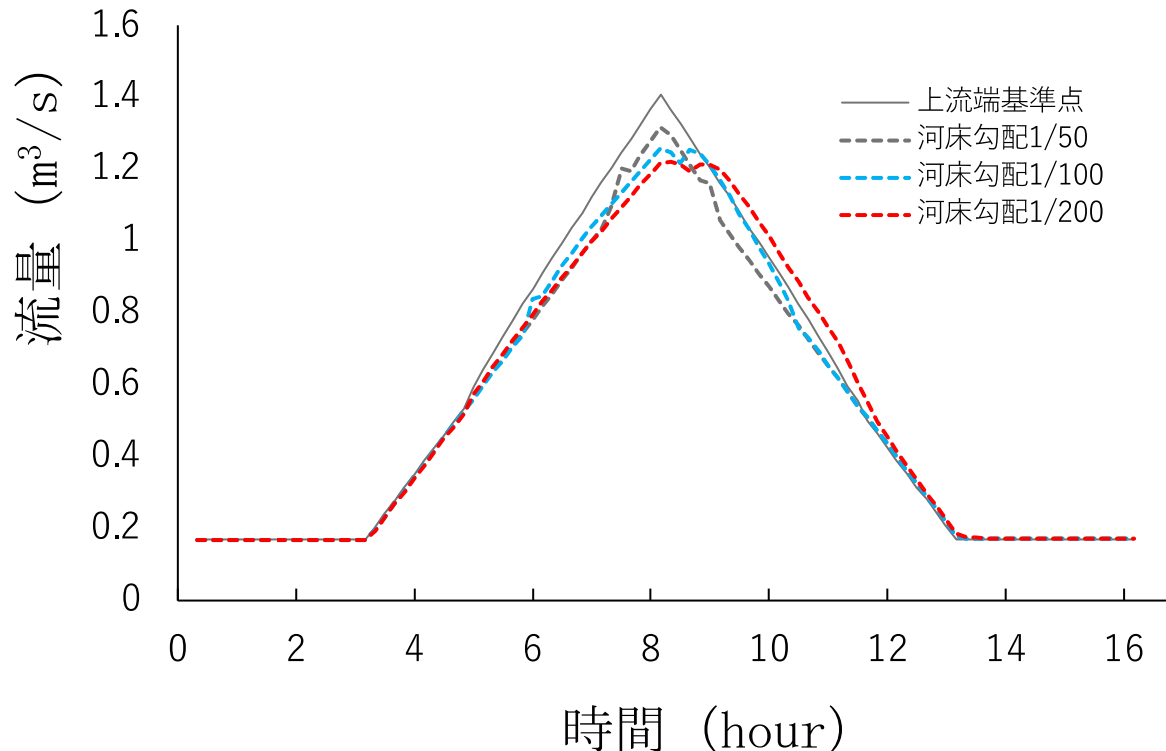
河床勾配1/200, Case2, 畦増設3本時のピーク時水位



- ・ 放棄水田内の粗度が小さい場合、洪水は下流控堤を越流
→ピークカット率に影響
- ・ 河床勾配1/200においては、開口部を拡張した場合、粗度を高くすることが望ましい

Results

河床勾配における最もピーク流量低減効果のあったケースにおける流量ハイドログラフ



- 河床勾配1/50ではピーク遅れは見られず。
→ピークカットは見られるが、洪水流の乱れの可能性
- 河床勾配1/100,1/200ではピークが潰れ、やや二山形に
→ピーク時を超えた後に、畦を越流した洪水が河道へ還元されるため

Conclusion

本研究で得られた結果：

河床勾配1/50：

- 開口部幅が河道幅と同程度の場合では、遊水地内の粗度や畦の増設の有無によらず、ピーク流量低減は小さい（最大2.81%）。
- 霞堤開口部付近の本堤を控堤上端部の二倍の位置まで切り下げ、放棄水田内の粗度を小さくし、畦を1本以上増設した場合、ピーク流量低減率は上昇（最大4.26%）

河床勾配1/100：

- 放棄水田内の粗度が高くなるとピーク流量低減率が増加
- 畦の増設を行うことができる場合には、放棄水田内の粗度を畦の本数の多さに合わせて小さくすることでピーク流量を低減できる
- 開口部付近の堤防切り下げを実施できる場合においては、基本的には洪水の流入量を増加するように粗度を下げつつも、流量ピークへ到達する前に河道への洪水還元が発生しないような粗度をとることで、ピーク流量を効果的に低減することができる（最大10.50%）

Conclusion

本研究で得られた結果：

河床勾配1/200：

- 開口部幅が河道幅と同程度でも、放棄水田内に畦を増設することでピーク流量低減が可能である（最大11.96%）
- 開口部付近の本堤を部分的に切り下げ、放棄水田内の粗度を高くし、畦を増設することでピーク流量を最大13.22%低減できる。
- 一方、開口部付近の本堤を大幅に切り下げることに対しては、ピーク流量低減率が頭打ちになることや、放棄水田への洪水流入量が大きくなり、下流側控堤での越流が生じるため、注意が必要

流量ハイドログラフ：

- 各河床勾配において、ピーク流量低減率が最大となる際、河床勾配1/100及び1/200では、畦による貯留により、洪水波形のピークを潰すことができる。

Conclusion

まとめ：

小河川かつ河床勾配が比較的大きい河川においても，霞堤及び耕作放棄水田を活用したピーク流量低減が可能

ピーク流量低減効果の大きい貯留域の設計や粗度管理の仕方は河床勾配によって異なり得ることが示された。

今回のようなモデルとしたような小河川が中上流に支川として存在している流域

→それぞれの小河川で河川・氾濫原管理ができれば，ピーク流量低減効果が積み重なり，中下流域での間接的なピーク流量低減への寄与の可能性も期待

ピーク流量低減率は，放棄水田内の粗度や畦の増設，開口部付近の堤防切り下げといった操作における相互作用を伴いながら増減

→放棄水田内の洪水貯留量を最大化するような粗度・地形管理が必要

Conclusion

課題：

ピーク流量低減率について：

- 本研究では全ての単一の流量ハイドログラフを用いて分析
→ 今後は複数の洪水波形やピーク流量を用いて、各河床勾配における堤防高と水位の関係性を整理しながらピーク流量低減効果を評価
- 接続する放棄水田の面積や本川との比高によって異なる可能性

粗度や地形改変について：

- 実際の放棄水田の粗度はどの程度か？
- どのようにして粗度を調整するか？
→ 開放水面の創出、植生のコントロール（短茎・高茎草本）
- 粗度や畦の空間分布はどのようなものが望ましいか？
- 粗度の管理、畦の設置どちらを優先すべきか？
- 開口部付近は洪水流に耐えうるのか？