

# 地形解像度と流況モデルの違いが 河川合流部の流れおよび 河床変動解析に及ぼす影響

1. はじめに
2. 対象河川合流部の概要と河床材料粒度分布
3. 数値解析モデルの概要と解析条件
4. 解析結果と考察
5. おわりに

鳥取大学学術研究院工学系部門  
アサヒコンサルタント株式会社  
神戸大学大学院工学研究科  
鳥取大学学術研究院工学系部門

○梶川 勇樹  
加芽田百合子  
茨木 琉汰  
和田 孝志, 黒岩 正光, 三輪 浩

# はじめに (1)

## 河川合流部



洪水時における複雑な河床変動および水位上昇等の発生により、**氾濫の危険性が極めて高い場所**

{ 令和元年東日本台風による大雨では、堤防決壊個所の8割が合流点から約1 kmの範囲に集中していたとの事例あり }

## 流れや河床変動に関する研究

近年…

合流部の流れは**三次元的**であるため、実河川を対象とした数値解析においても**流れの三次元性を考慮**できる解析モデルが要求される

計算機性能の向上に伴い、比較的大領域を対象とした**三次元解析**が進められている

## ● 近年の河川測量

**緑レーザ**を用いた**航空レーザ測深** (ALB : Airborne LiDAR Bathymetry)

→ 従来の定期縦横断測量では取得が困難であった合流部や構造物周辺の**詳細な三次元点群データ**を得ることが可能

**詳細な実地形に基づく三次元解析の益々の発展が期待**

# はじめに (2)

## 実務

実用面からも**平面二次元解析が主流**

→ 合流部等であっても**三次元解析の適用は少ない**

- 護岸等の河道制御施設の計画：**洪水流速や河床変動を考慮すること**が求められる  
→ **二次元解析**ではそれらを**適切に評価できていない可能性**
- **ALBデータ** → 解析メッシュが十分な解像度を有していない場合，**洪水流速等**  
**を適切に評価できていない可能性**

## 合流部のような複雑な場

平面二次元と三次元解析との違い，解析メッシュにおける地形解像度の影響を明らかにする

平面二次元解析の限界，解析結果の河道制御施設計画への反映における留意点を把握する上で**極めて有用**

## 本研究では

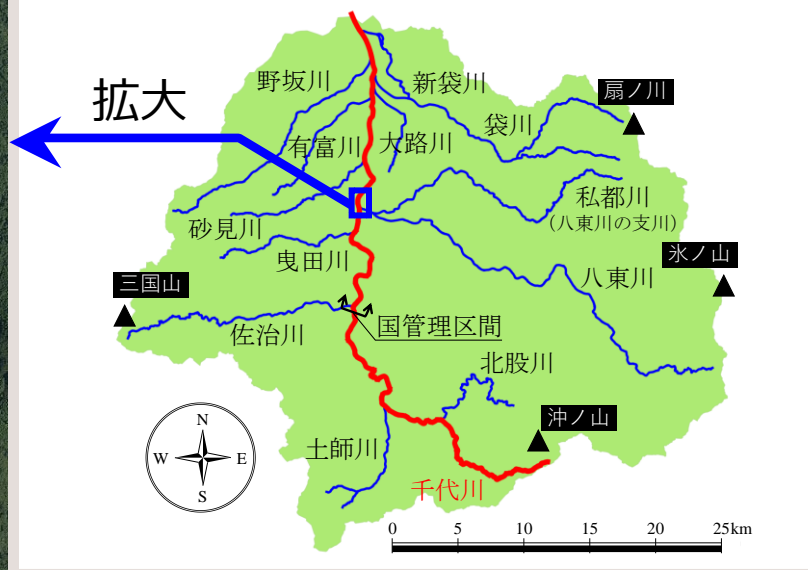
鳥取県東部を流れる千代川と八東川との合流部を対象に，解析メッシュにおける**地形解像度と流況モデル（平面二次元，三次元）の違いが流れと河床変動解析に及ぼす影響について比較検討**する

# 対象河川合流部の概要と河床材料

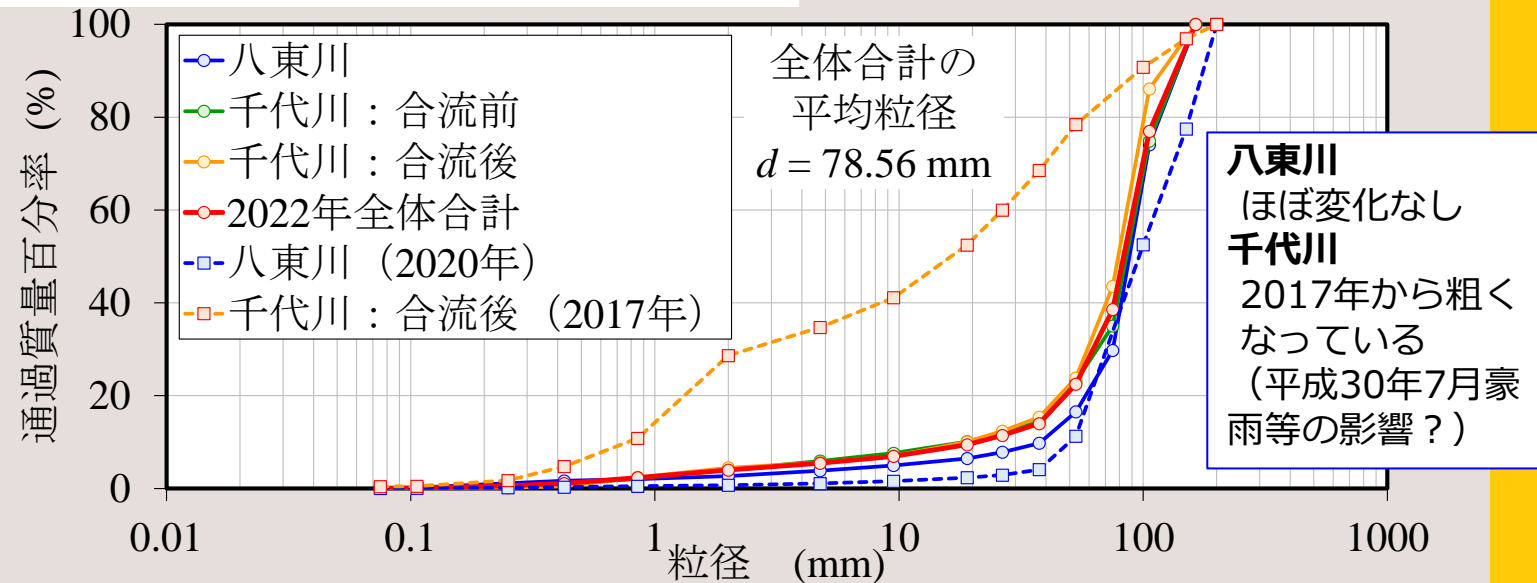


△: 河床材料調査位置

## 千代川と八東川との合流部



- 鳥取県東部を流れる一級河川
- 流域面積 (合流前)  
千代川 : 584 km<sup>2</sup>  
八東川 : 417 km<sup>2</sup>
- 河床勾配 : 約1/350
- 植生は草本類が主



# 数値解析モデルの概要と解析条件 (1)

## 数値解析モデル

		平面二次元モデル (2DH)	三次元モデル (3D)
基礎方程式		浅水流方程式	RANS方程式
渦動粘性係数		0-方程式モデル	標準型 $k-\varepsilon$ モデル
底面せん断力		マンニング式	対数則 (粗度高はマンニング-ストリクラー式より)
計算格子		レギュラー格子	コロケート格子
差分法	移流項	WENO (Weighted Essentially Non-Oscillatory) 法	
	圧力項	6次精度中央差分	
	粘性項	2次精度中央差分	
河床変動解析		竹林ら <sup>13)</sup> による掃流砂層モデル 一様粒径の掃流砂のみ考慮	

- ◎ 両モデルとも **デカルト座標系**を採用
- ◎ **差分法**も同一のもの
- ◎ **河床変動解析**：  
堰、水制、高水敷は**固定床**
- ◎ **マンニング粗度  $n$** ：  
Bray式  
$$n = 0.104i^{0.177}$$
 ( $i_b$ は河床勾配)  
より  $n = 0.036$  を領域  
一様に与えた

**ただし**

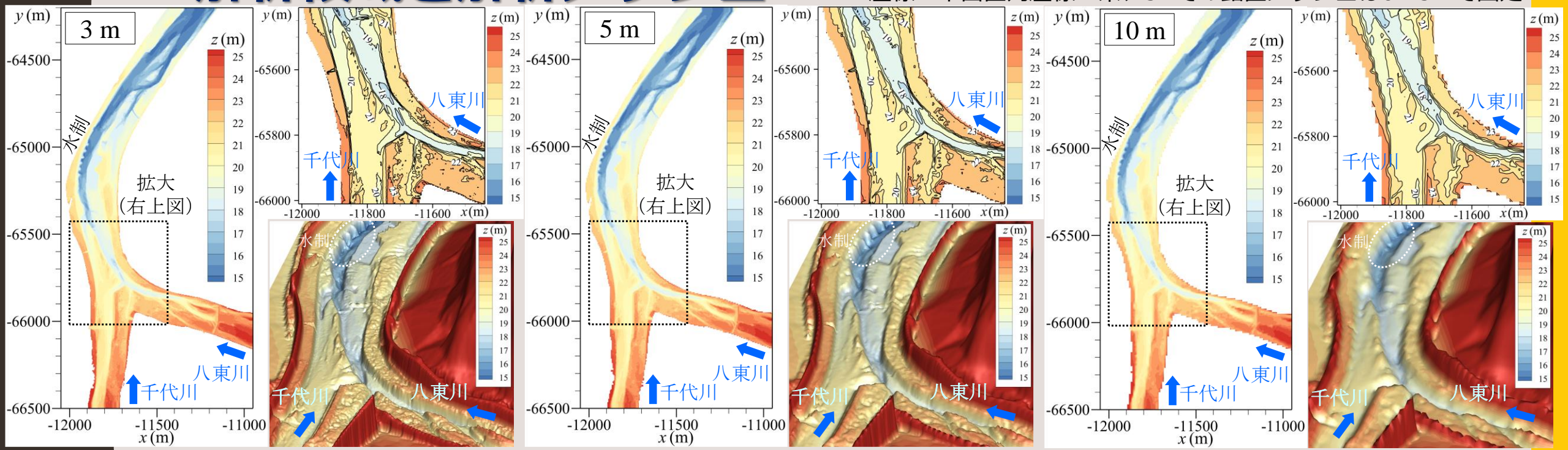
高解像度の解析では**粗度を過大評価している可能性**

➔ 観測データとの比較から**解像度と粗度との関係の検討が必要**

# 数値解析モデルの概要と解析条件 (2)

## 解析領域と解析メッシュ

座標：平面直角座標V系、3Dでの鉛直メッシュは0.25mで固定



**流量比**

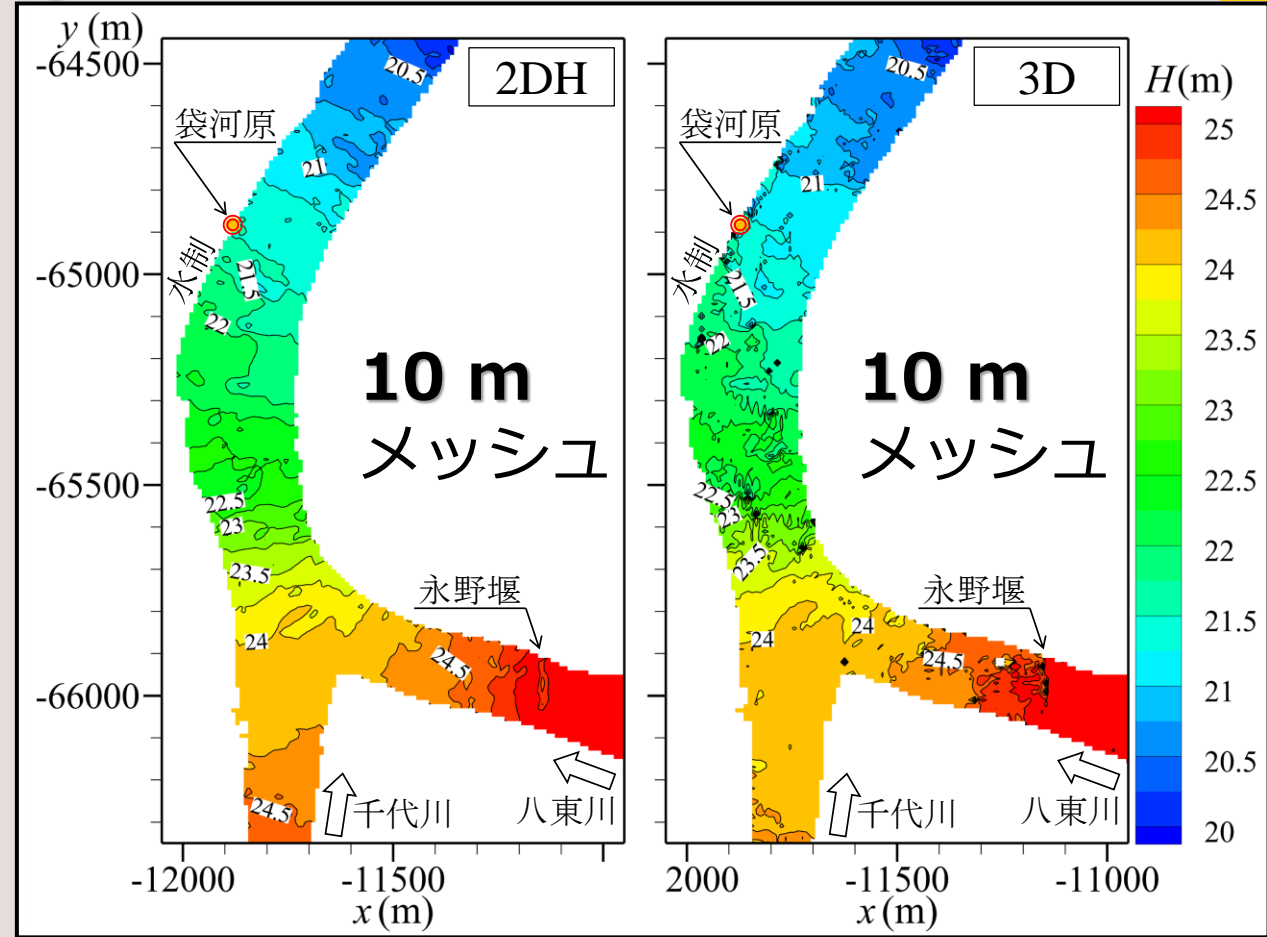
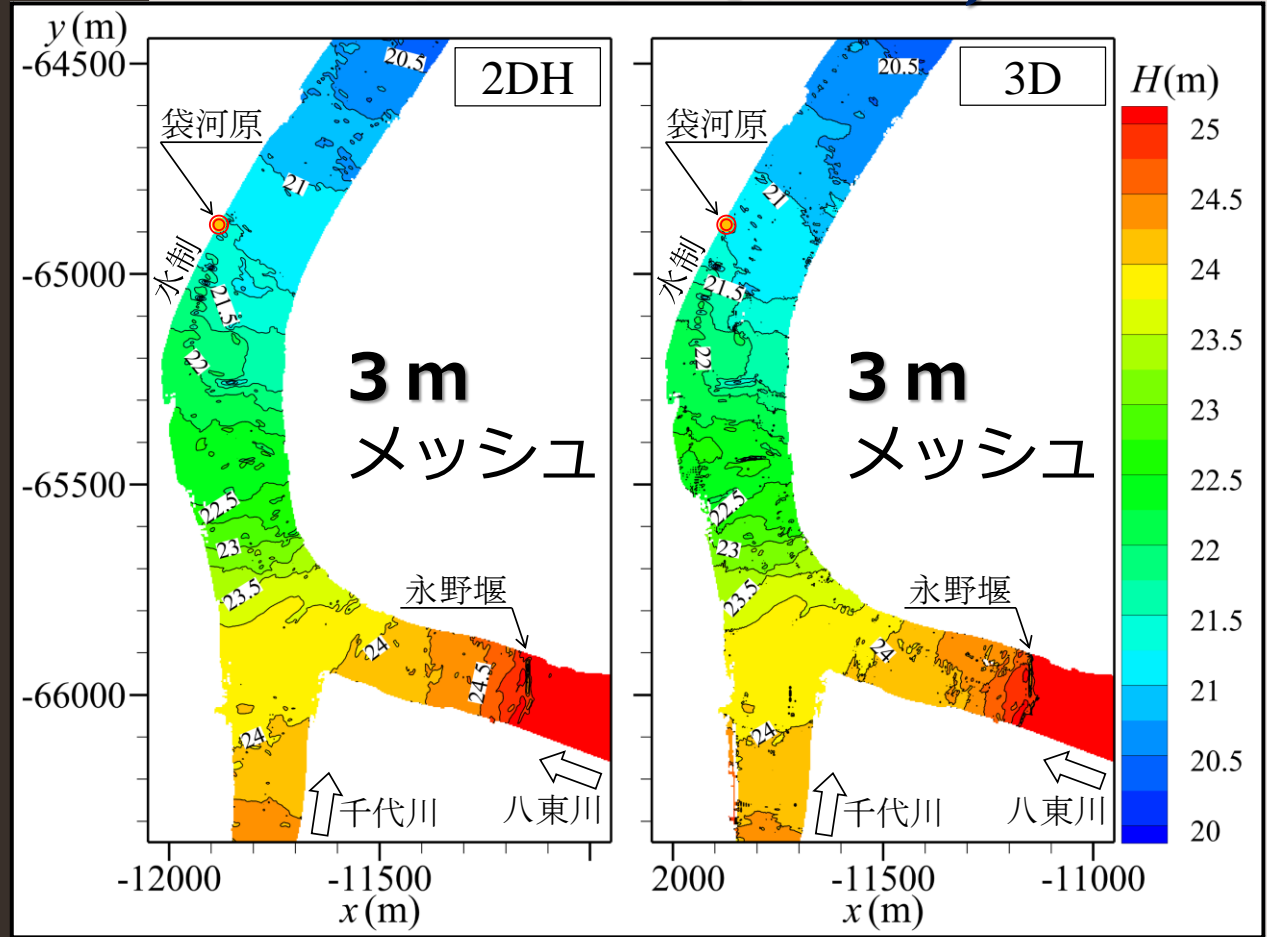
- 千代川：八東川 = 1：1 (計画高水流量配分)
- 合流後流量 → 2,000および3,000 m<sup>3</sup>/sの2ケース

**河床変動解析**

- 地形解像度5 m, 平均粒径  $d = 78.56 \text{ mm}$  (河床材料調査) を使用
- 流量2,000および3,000 m<sup>3</sup>/sを一定流量として4時間通水
- 2DHの河床変動解析において二次流の影響は考慮していない

# 解析結果と考察 (1)

## 水位分布 (流量2,000 m<sup>3</sup>/s)



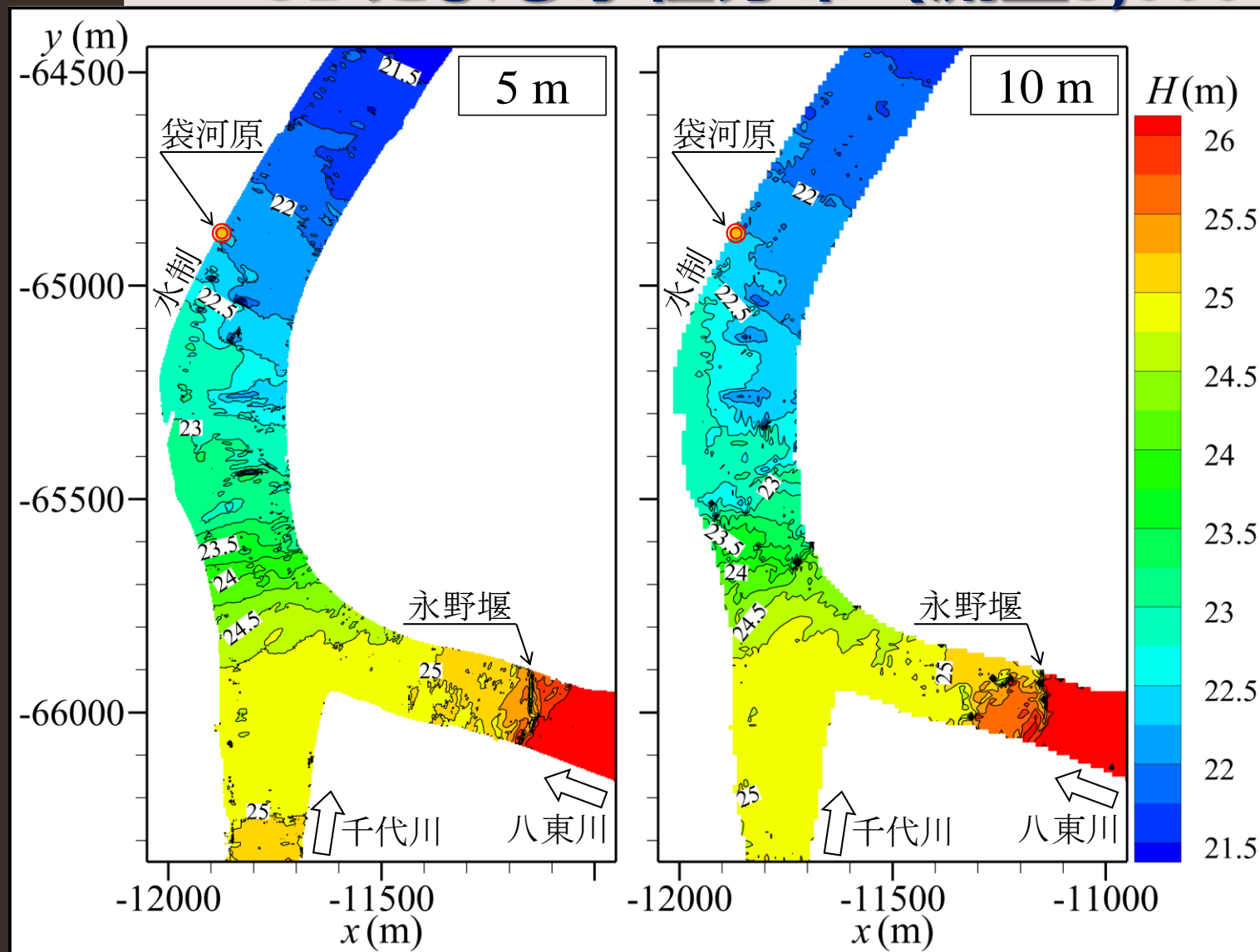
◎ 解像度 (メッシュ幅) が同じ場合, **流況モデルの違いはほとんど表れない** 流量3,000 m<sup>3</sup>/s  
でも同様

◎ 解像度が低い場合, 合流部での水位が上昇

➡ 永野堰を十分解像できていないため, **八東川の流れが合流部まで強く影響**

# 解析結果と考察 (2)

## 3Dによる水位分布 (流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ )



- ◎ 流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合  
解像度の低下に伴う合流部での  
水位上昇は表れなかった  
➔ 流量が大きい場合, 全体的  
に水位が上昇し, 相対的に  
地形の影響が小さくなる

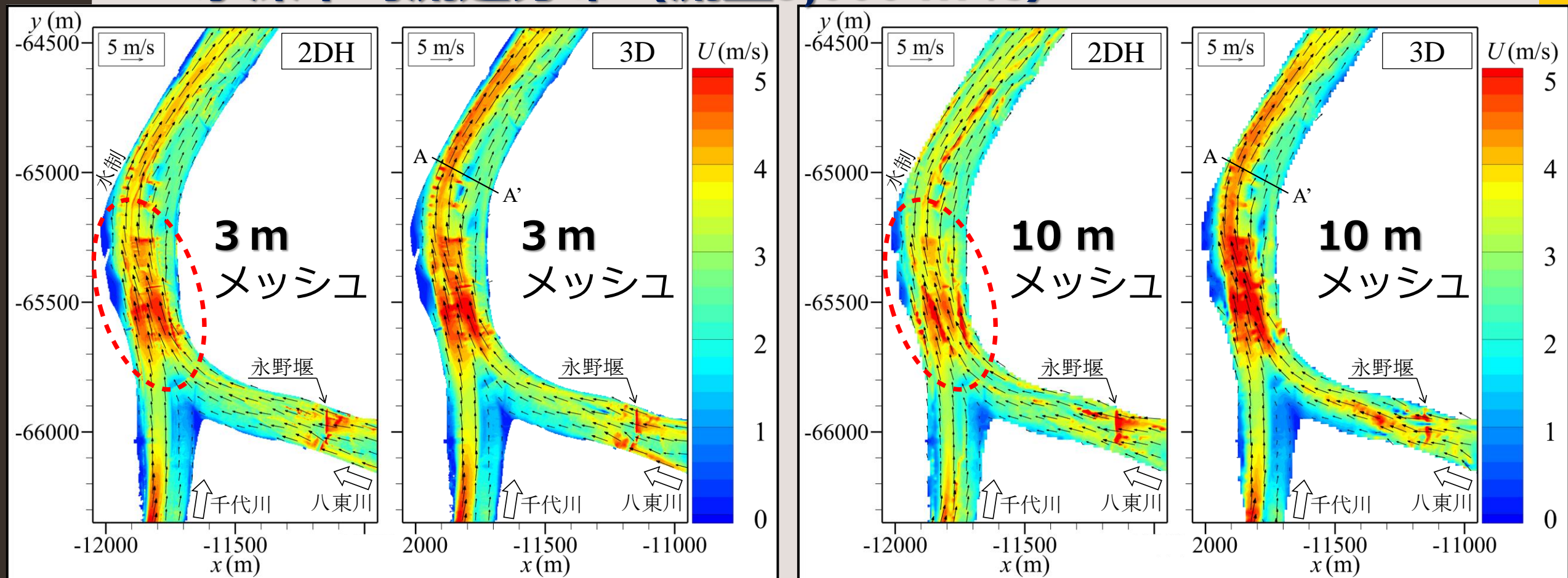
### 河川合流部での水位の評価

- ◎ 流況モデルの違いによる影響  
は小さく, 2DHでも十分な評  
価が可能
- ◎ ただし, 流量が小さい場合に  
は地形解像度の影響が表れる  
可能性があるため注意



# 解析結果と考察 (3)

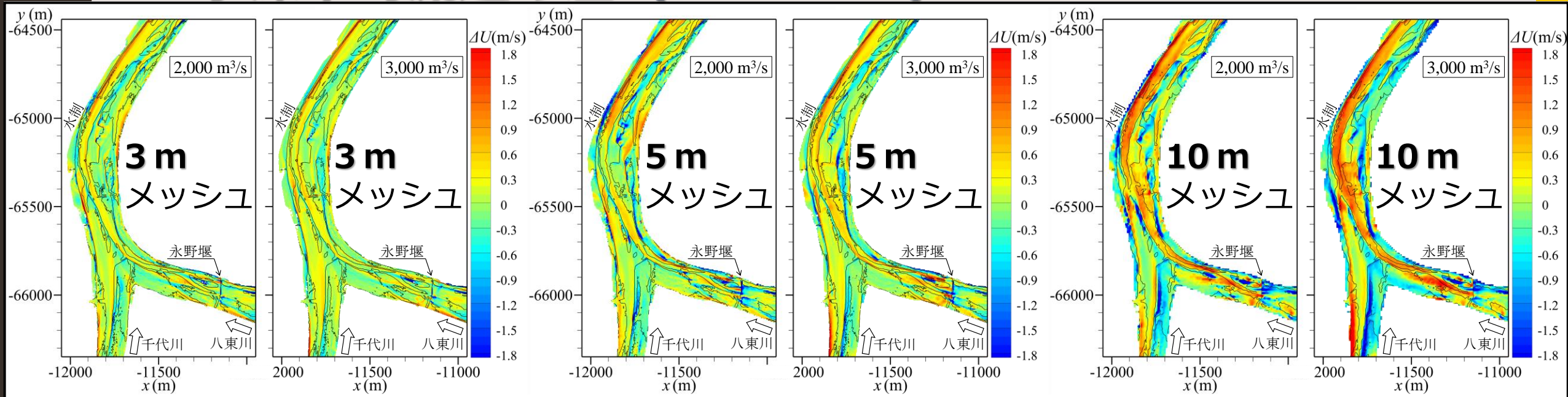
## 水深平均流速分布 (流量 $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ )



- ◎ 2DH : 解像度が上がるにつれて, 合流後～滯筋に沿った流速が大きくなる
  - ◎ 3D : 解像度の違いによる流速の変化は小さい
- 同じ解像度の場合, 3Dの方が2DHよりも滯筋に沿った流速が大きい

# 解析結果と考察 (4)

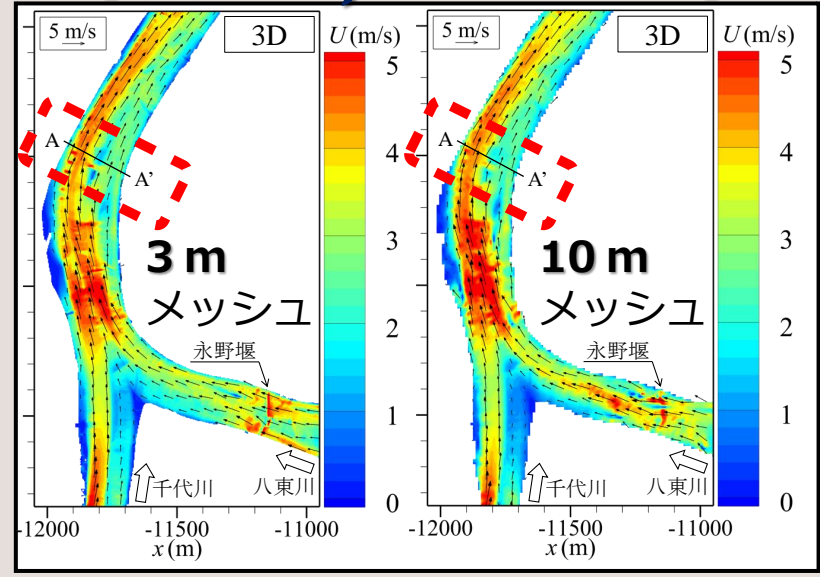
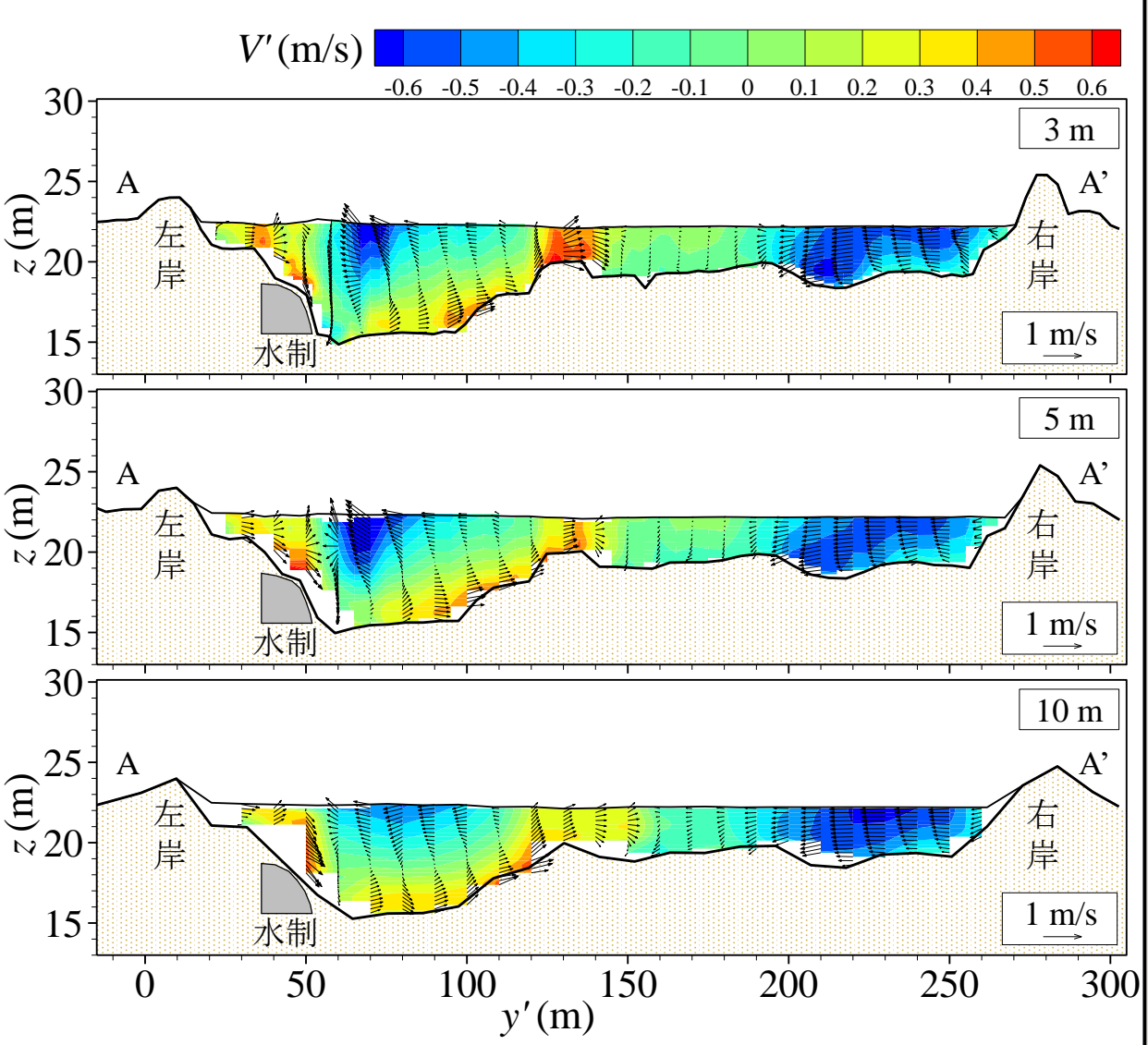
## 水深平均流速の差 (3D - 2DH)



- **解像度が高い**場合, 2DHと3Dとの間に大きな差はない
- **解像度が下がる**につれて**流速差が大きくなる**  
 ➔ 2DHは3Dよりも最大約 40% 流速値を低く評価 (10mメッシュの場合)
- **砂州・高水敷上では2DHの流速が大きい** (2DHでは河川横断方向に流れが拡散)  
 ➔ 2DHでは水深平均量を扱っているため, 横断方向の勾配 (水深) 急変部における運動量輸送を適切に評価できない

# 解析結果と考察 (5)

## 3DによるA-A'横断面流況 (流量3,000 m<sup>3</sup>/s)



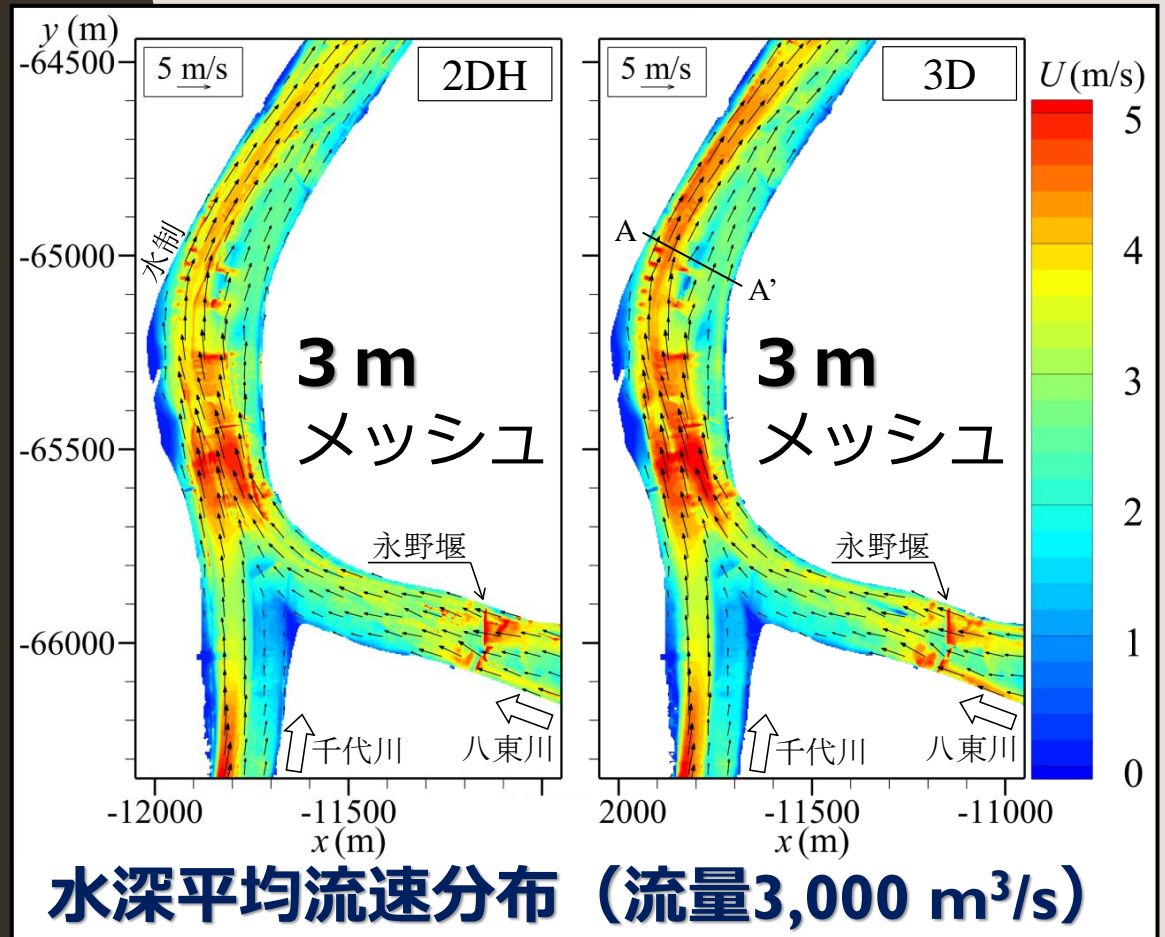
◎ **合流と湾曲の両者が影響**  
 ➔ **どちらの影響かは明示できないが、低水路内で二次流が発達**

**特に** 解像度の低い10 mメッシュでも **二次流を表現可能**

**3D**では解像度が低下しても**基本的な三次元流況を評価でき**, 高水敷・低水路での流況の違いを**明確に区別できる**

**解析結果に大きな違いが表れなかった**

# 解析結果と考察 (6)



水深平均流速分布 (流量3,000 m<sup>3</sup>/s)

**2DH**では高水敷～低水路の急変部を捉えることができた高解像度の場合にのみ流況の違いを表現可能

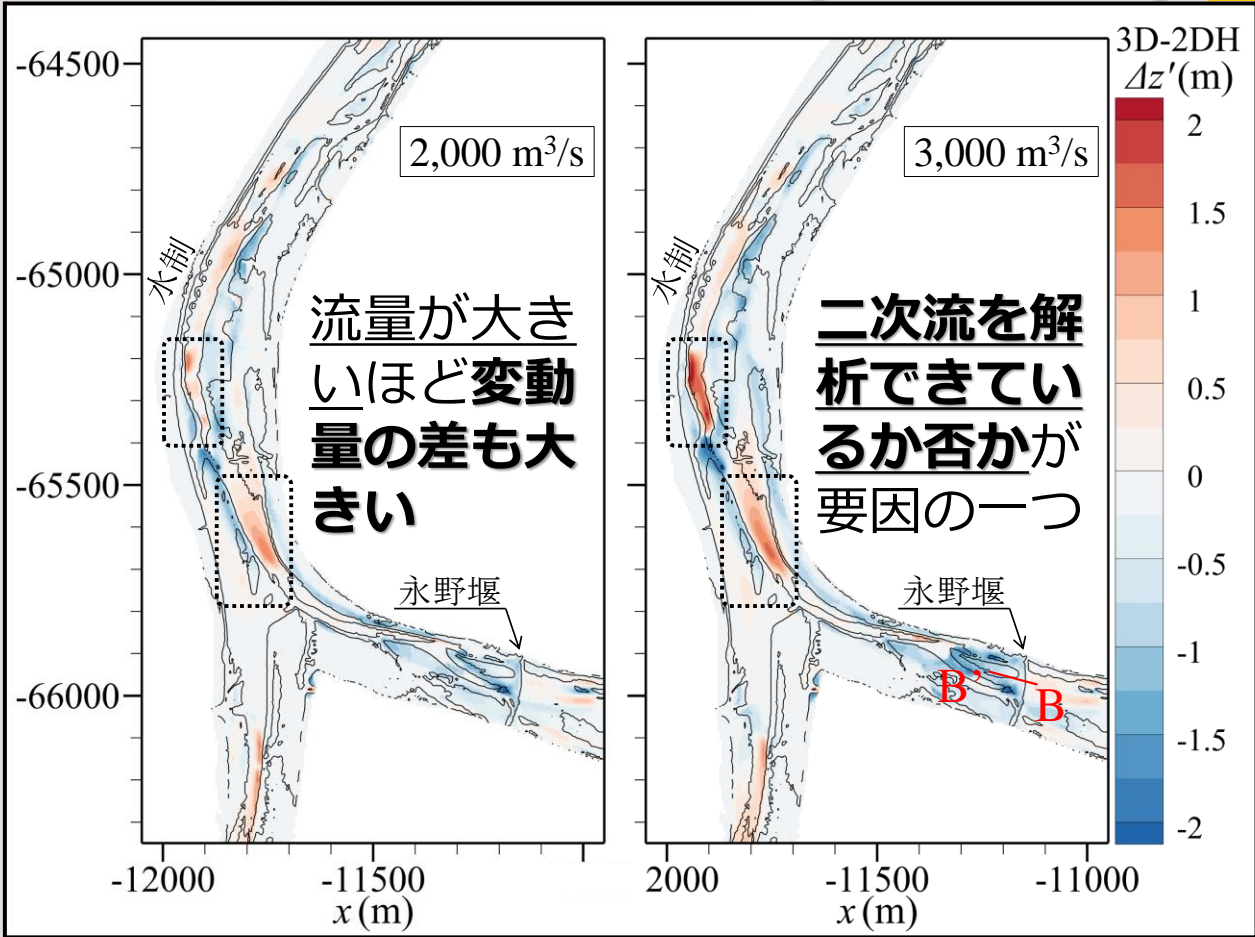
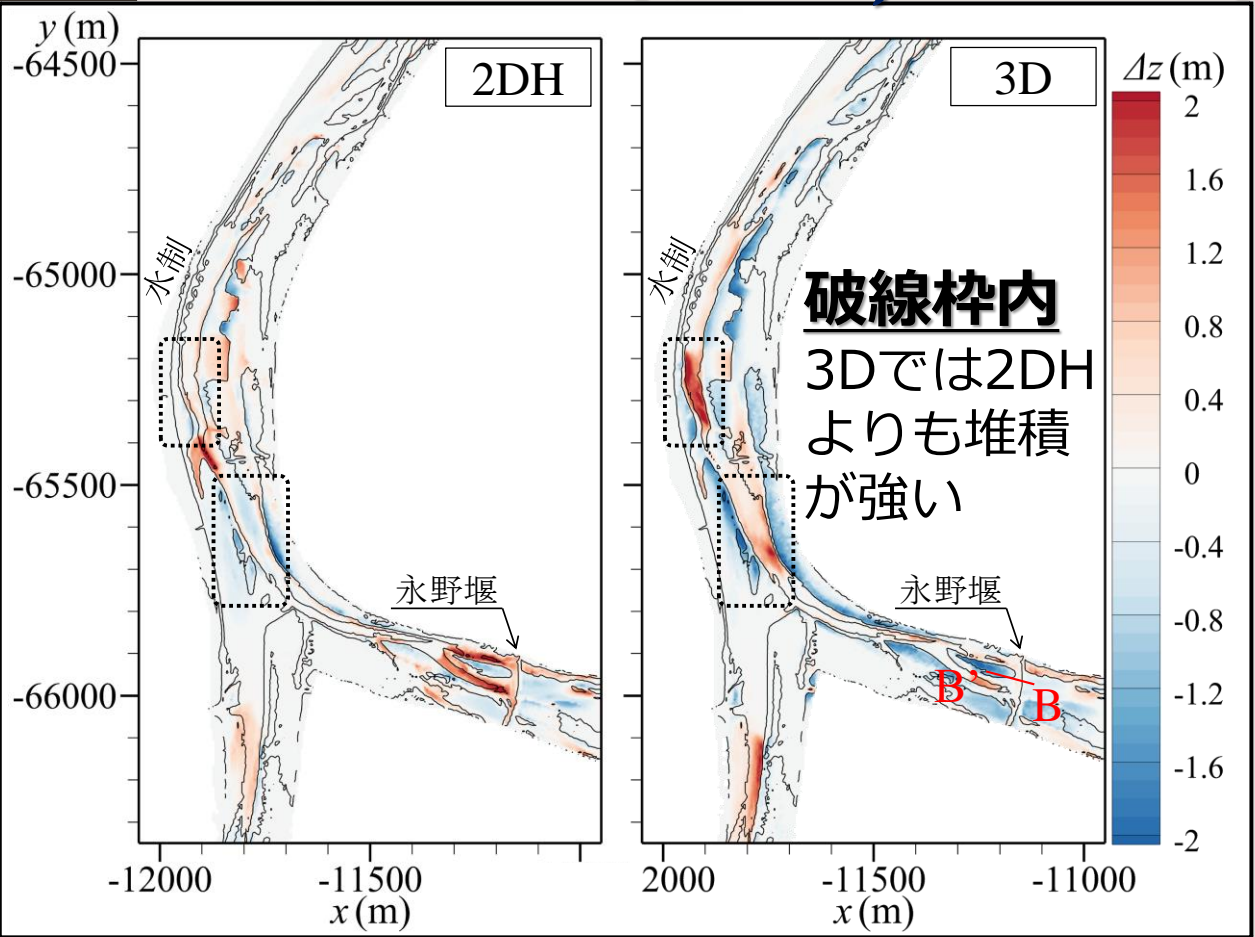
水深平均流速をある程度評価できた

- ▶ **河川合流部での流速の評価**
- ◎ 解像度が高い場合は**2DH**でもある程度評価できるが、解像度が低い場合は滞筋内の最大流速を半分程度にまで低く見積る可能性があり注意が必要
- ◎ **3Dは解像度が低くても、その流速値を概ね評価可能**
- ➡ メッシュ数を抑えつつ、精度の良い流況予測が可能になるのでは？

# 解析結果と考察 (7)

## 河床変動量 (流量3,000 m<sup>3</sup>/s)

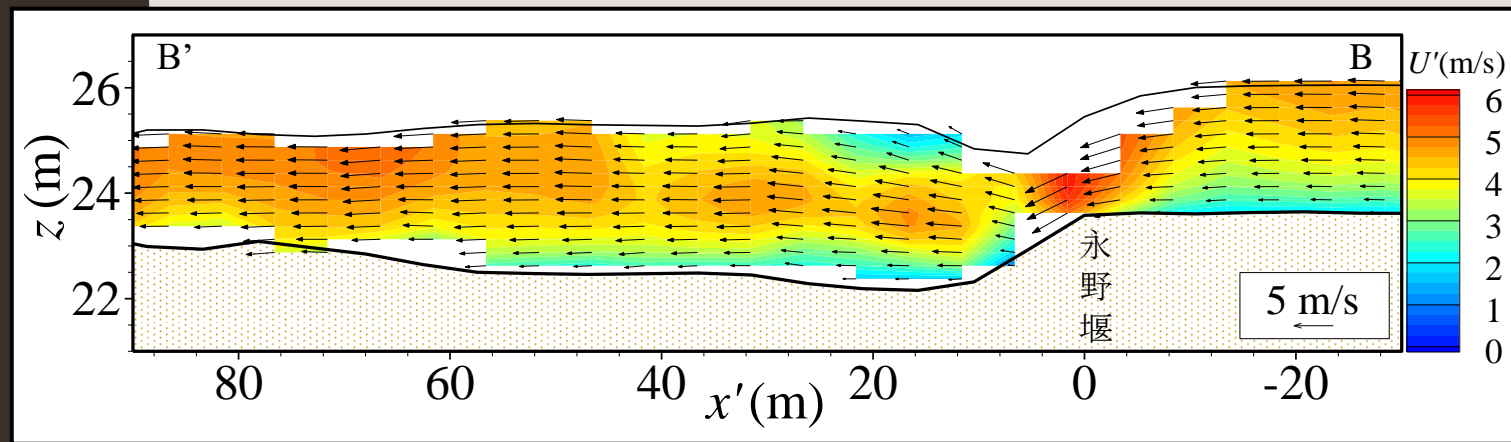
## 河床変動量の差 (3D - 2D)



- ◎ **3D**の方が**2DH**よりも**変動量が大きく**, 合流後の滯筋側岸に沿った**侵食が顕著**
- ◎ **永野堰下流**: **2DH**では滯筋に沿って強い**堆積傾向**が見られるものの, **3D**では逆の**侵食傾向**にある

# 解析結果と考察 (8)

## 3DによるB-B'縦断面流況 (流量3,000 m<sup>3</sup>/s)



- ◎ 堰を越流した流れが水深中ほどに潜り込む流況が発生
- ➡ **3D**では**2DH**で表現できない流況を捉えており、堰直下流部で侵食が発生

### 河川合流部での河床変動の評価

- ◎ **3Dを基準**とした場合、**2DH**では**全体的な変動量を小さく見積る可能性**がある
  - ➡ 特に、合流直後からの二次流が発達すると考えられる領域で、**2DHによる変動量の過小評価傾向が強くなる可能性**がある
- ◎ 本研究では**2DH**において二次流を考慮していない
  - ➡ したがって、**今後は二次流を考慮した2DHとの比較検討が必要**である

# おわりに

- ◎ **水位の評価** : 流況モデルの違いによる影響は小さく、平面二次元解析でも十分な評価が可能と考えられる。ただし、流量が小さい場合には地形解像度の影響が表れる可能性がある。
- ◎ **水深平均流速の評価** : 解像度が高い場合は平面二次元解析でも評価可能であるが、解像度が低い場合は澗筋内の最大流速を三次元解析の半分程度にまで過小評価する可能性がある。一方、**三次元解析では解像度の高低による流速への影響が小さく**、解像度が低くても概ねその流速値を評価可能と考えられる。
- ◎ **河床変動の評価** : 三次元解析を基準とした場合、平面二次元解析では全体的な変動量を過小評価する。特に、合流直後からの二次流が発達する領域では、**平面二次元解析による変動量の過小評価が強く表れる可能性**がある。

**ご清聴ありがとうございました**