

UAV画像の標準偏差を用いた広域での表層粒度把握手法の実河川への適用

1.背景と目的

- 河床の表層粒度は、洪水時の河床変動や河川環境形成の評価・予測に重要だが、セグメント2-1～M区間等の広域な河道では場所的なばらつきが大きく、1～2kmピッチの従来手法では十分に把握できない。
 - 近年の土砂バイパス・土砂還元の影響評価でも、定点調査だけでは粒度の空間分布を捉えきれない課題がある。
 - そこで本研究では、名城大学で開発中の、UAV空中写真の輝度標準偏差を用いた広域・面的な粒度情報の一部を把握する手法（以下、**表層粒度把握手法**という）を小渋川に適用し、環境評価・解析への適用可能性を示した。
- 【UAV写真による粒度把握手法のレビュー】
- 本検討で使用する表層粒度把握手法は①テクスチャを活用した手法に分類され、解像度と輝度標準偏差の関係から粒度を把握する手法である。

表-1 UAV写真を活用した粒度把握手法の分類

粒度把握手法の分類	課題
①画像テクスチャ（輝度情報）	日照や影の影響を受ける、画像に応じたキャリブレーションが必要
②BASEGRAIN等の粒子検出に基づく手法	目視修正が必要で広域適用に課題
③機械学習を用いた手法	教師データ作成や3次元データ取得が課題
④SfM等の3次元データを活用した手法	

2.輝度標準偏差を用いた表層粒度情報把握手法と適用方法

表層粒度把握手法の概要

- 一様粒径の白黒礫画像をモノクロ化等の前処理後、解像度を粗くしながら輝度標準偏差を算出する。
- 代表粒径を約10分割する解像度で輝度標準偏差が頭打ちとなる。
- 輝度標準偏差を最大値で無次元化すると、解像度が粗くなれば輝度標準偏差は収束し、ピクセル解像度≒粒径の所で最大標準偏差20%相当で収束する。（本検討では、この無次元化した輝度標準偏差が収束する値を「収束閾値」と定義）
- また、混合粒径においては輝度標準偏差の収束が解像度≒最大粒径程度で生じることを確認している。



図-1 実験に用いた一様粒径の画像

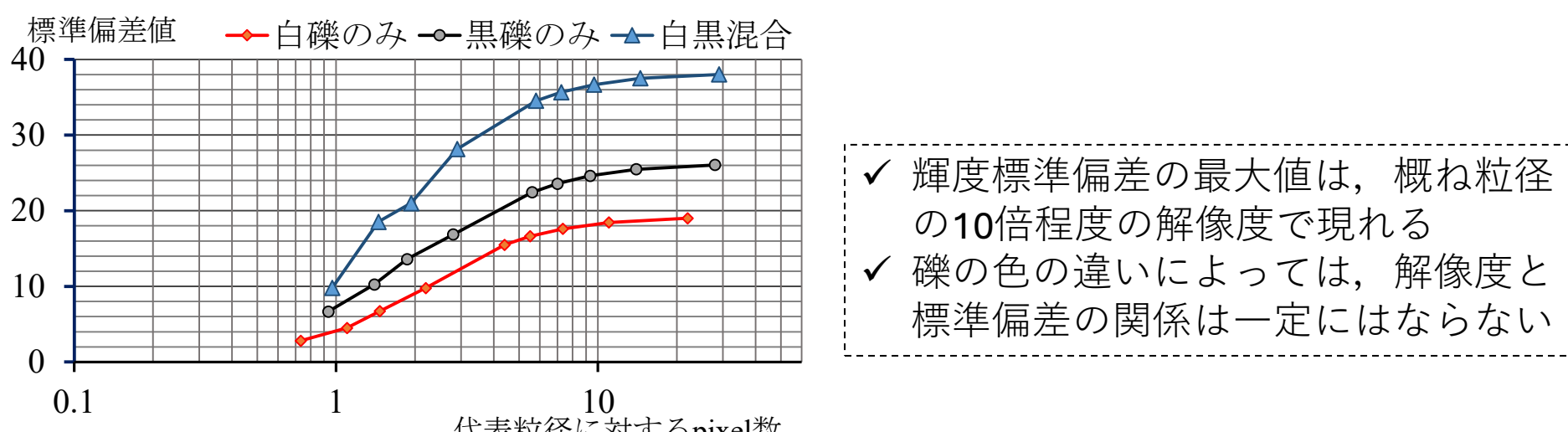


図-2 一様粒径における標準偏差－解像度関係

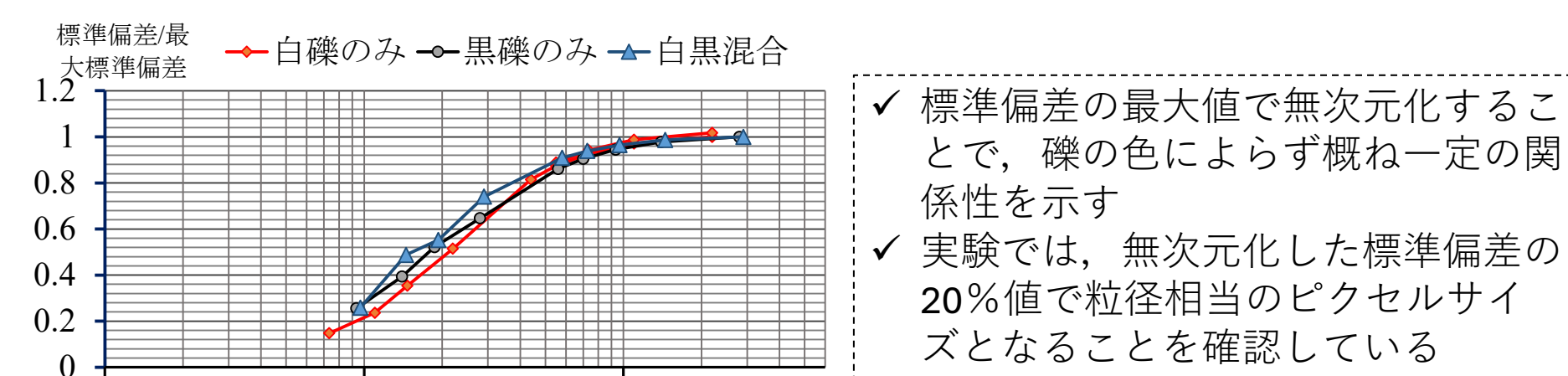


図-3 一様粒径における無次元輝度標準偏差－解像度関係

本検討における画像解析手順

- 名城大学での実験結果を踏まえ、以下の手順で粒度情報を抽出した。
- ① 画像を8bitモノクロ化、バンドパスフィルター等の前処理を行う。
- ② 前処理後の画像を用いて、解像度を粗くした画像を順次作成する。
- ③ 初期解像度の画像のうち、画像上で粒子として認識できない細粒分の占有領域を、標準偏差の基準値（目安5～10）を設けて算出する。基準値は取得画像により目視で調整する。
- ④ 各解像度の画像を用いて輝度標準偏差を算定し、最大値で無次元化した無次元輝度標準偏差が収束する解像度から、解析領域の最大粒径を算出する。

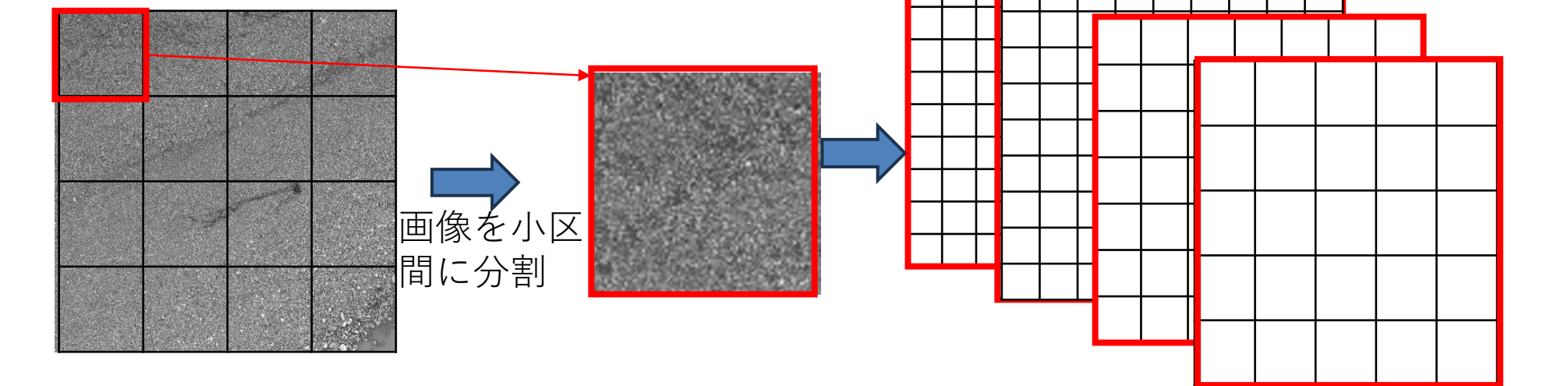


図-4 本手法による面的な粒度把握のイメージ

本検討における収束閾値の取り扱い

- 無次元輝度標準偏差の収束閾値は、輝度標準偏差の幅に左右され、元画像の解像度や礫の色等によって異なる。
- 本検討では、次項で詳述した粒度の算定精度を確認したうえで収束閾値を無次元輝度標準偏差0.5以下とした。

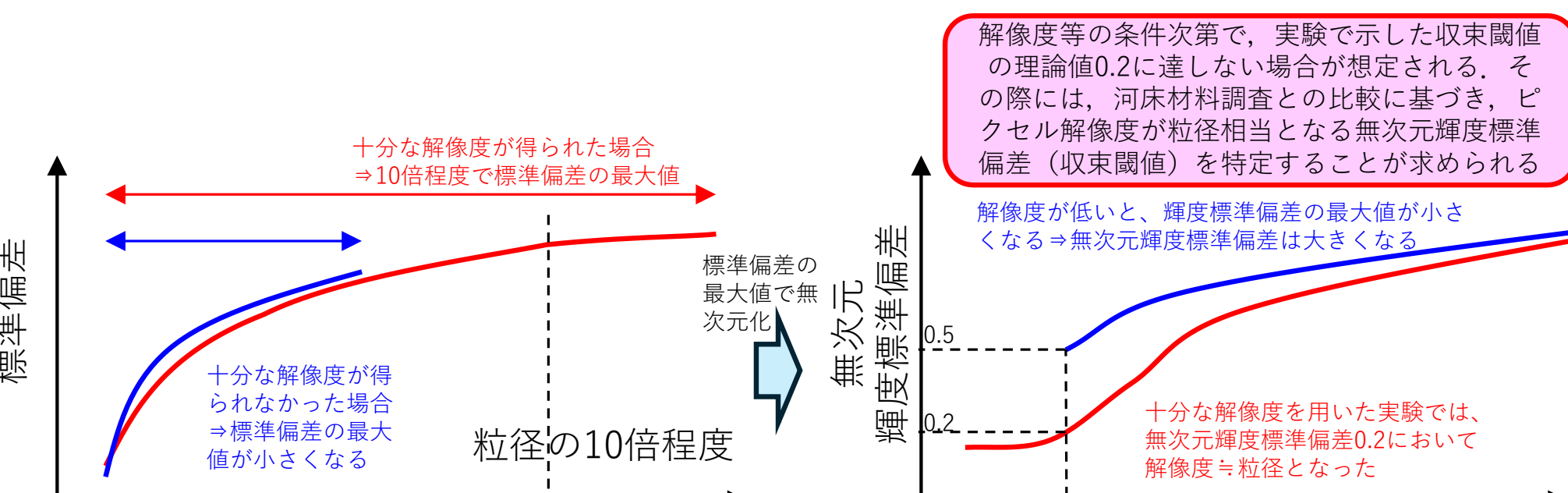


図-5 収束閾値のイメージ図

3.小渋川における表層粒度把握手法の精度検証

小渋ダム土砂バイパス事業の概要

- 小渋ダムはS44完成のアーチ式コンクリートダムであり、R5年度末で堆砂率118.8%と堆砂が進行している。
- ダム下流の小渋川では、供給土砂量の減少により河床材料の粗粒化が進行している。
- H28年度から土砂バイパストンネルを運用しており、排砂土砂は主にシルト・砂となっている。
- H30年度には約39.2万m³、R2年度には過去最大となる約188万m³の土砂を排砂している。



図-6 小渋川の状況

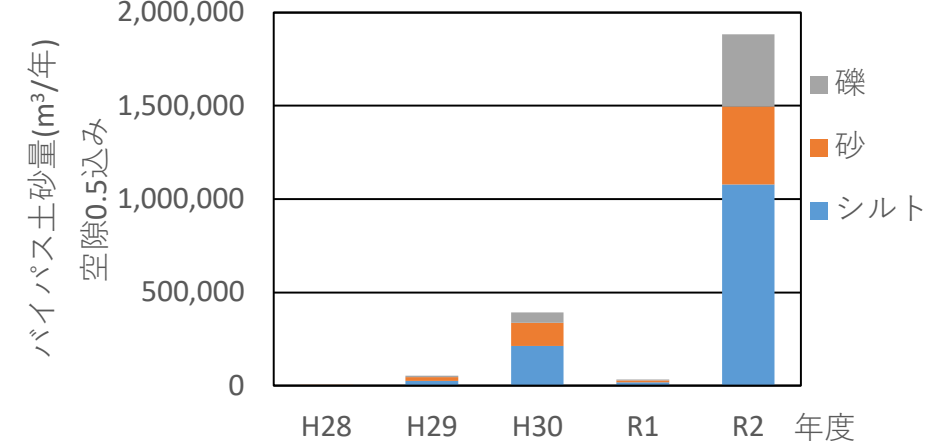


図-7 粒径別バイパス土砂量

表層粒度把握手法の精度検証

- UAV写真撮影と面格子法が同時期に実施されているR4.11調査を検証対象とした。
- 表層粒度把握手法の解析結果は、面格子法のD60～D90に相当し、一定範囲の最大粒径を概ね良好に評価できている。

表-2 精度検証に用いたデータ

項目	調査方法
河床材料調査	R4.11 面格子法 (2m×2m)
UAV画像 表層粒度把握手法	R4.11 UAV空中写真 解像度10mm/px

- 2.2kでは面格子法により10mm程度の粒径も確認されるが、表層粒度把握手法で得られた粒径の範囲は60～250mmであった。
- ⇒精度検証に用いた空中写真の解像度は10 mm/pxであることから、解像度の限界に近い粒径条件では、粒度情報の抽出が困難となり、検出精度が低下する可能性があることが示唆される。
- 名城大学での実験により、標準偏差の最大値を十分に算出するには、把握対象粒径に対して約20倍の解像度が必要である。
- 本研究で用いた空中写真の解像度は10 mm/pxであり、小渋川の代表粒径50～100 mmに対しては2～5 mm/px程度が目安となる。この解像度の制約により最大値が過小となる可能性を考慮し、本研究では無次元輝度標準偏差の収束閾値を0.2ではなく0.5に設定した。

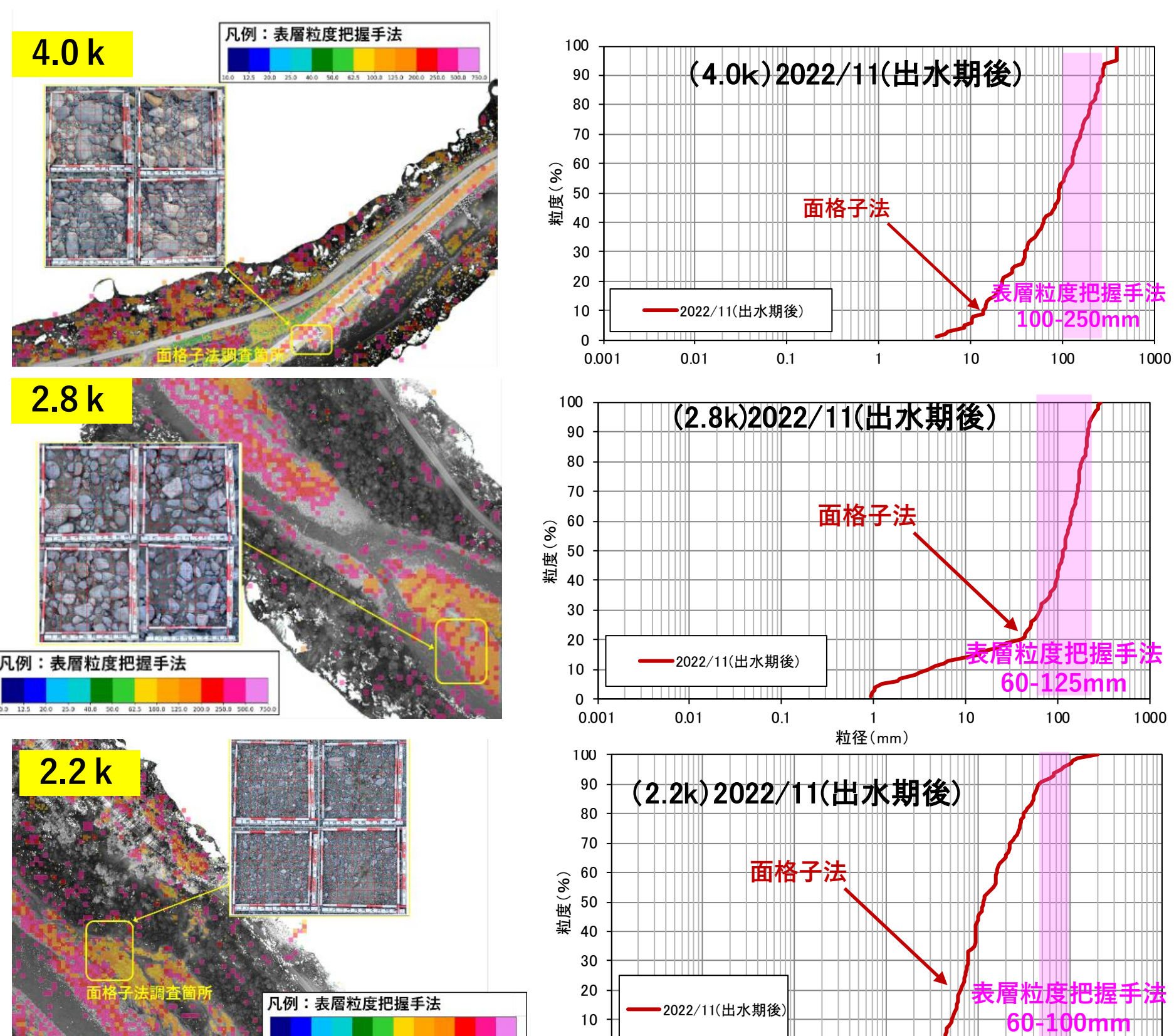


図-8 面格子法と表層粒度把握手法の比較

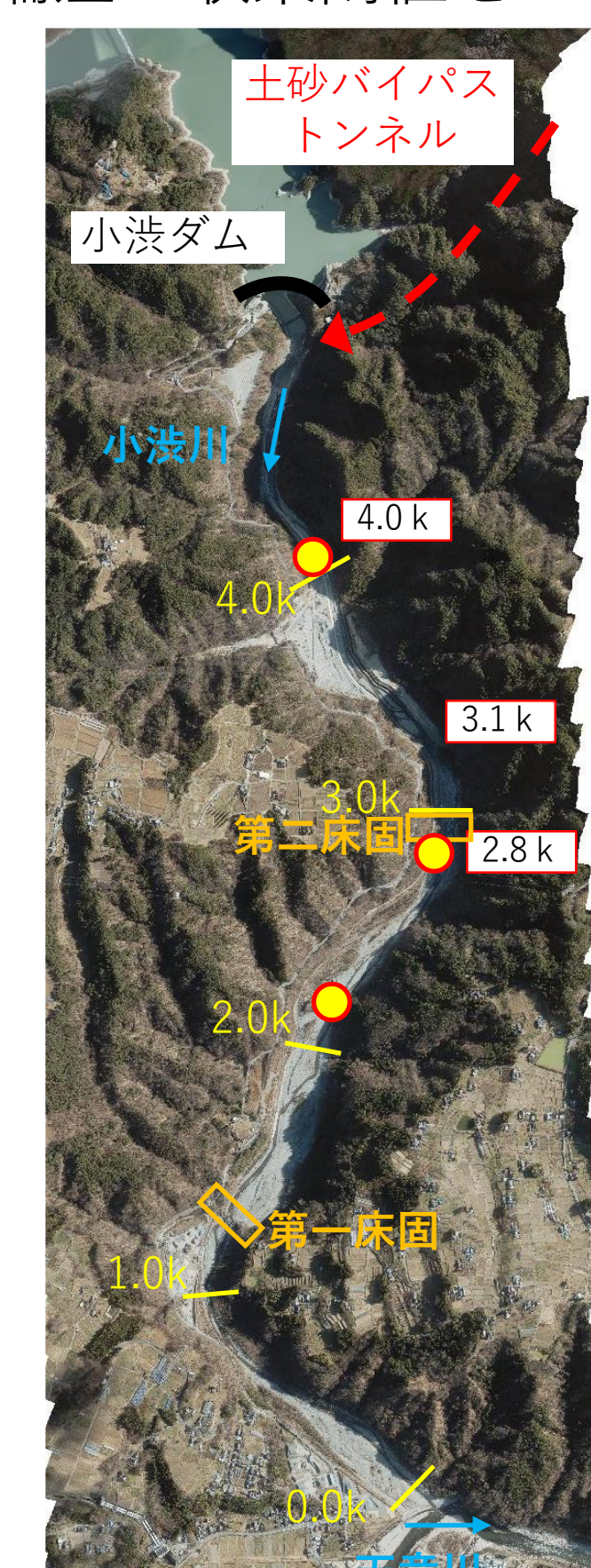


図-9 小渋川位置図

4.小渋川における土砂バイパス運用後の表層粒度変化の把握

小渋川における土砂バイパス運用後の表層粒度変化の把握

- H30年のバイパス運用を対象に、表層粒度の変化状況を評価した。H30年は計3回のバイパス運用でシルト約21万m³、砂約12万m³、礫約6万m³合計39.2万m³の土砂を排砂している。
- 面格子法による調査結果より、H30年のバイパス運用後には小渋川の全区間で細粒化傾向となっている。
- 表層粒度把握手法による評価の結果、全体として300mm未満の面積が26%増加する結果となった。1.2～1.6kの第1床固上流部において広範囲に細粒化が確認され、川幅が拡大する区間における土砂の堆積に伴う細粒化傾向を捉えられていると考えられる。
- 一方で、面格子法のように、細粒分も含めた粒径比率まで把握することはできず、あくまでも最大粒径の面的な変化傾向の把握に留まる。

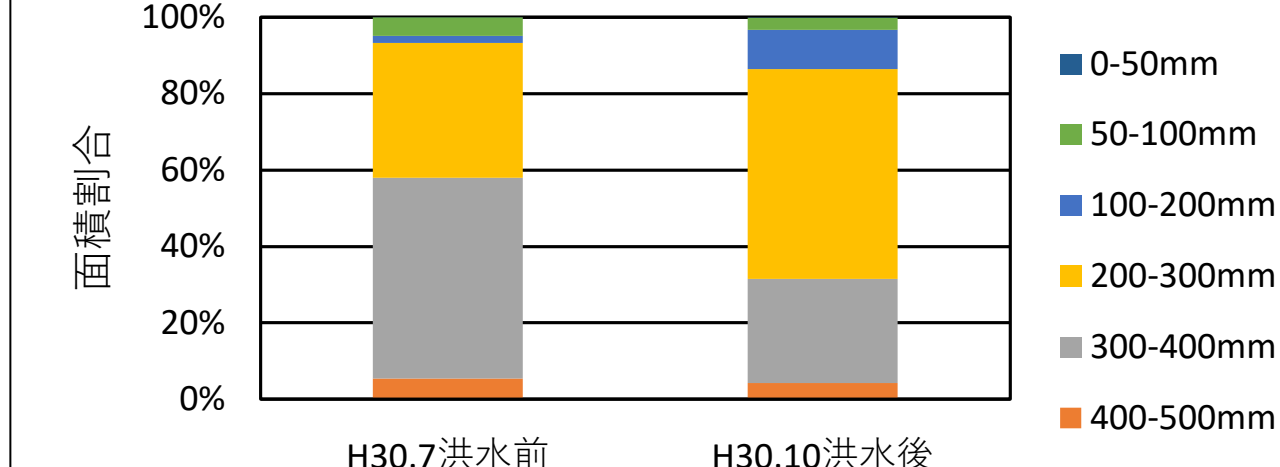


図-11 バイパス運用前後の粒径別面積割合の評価

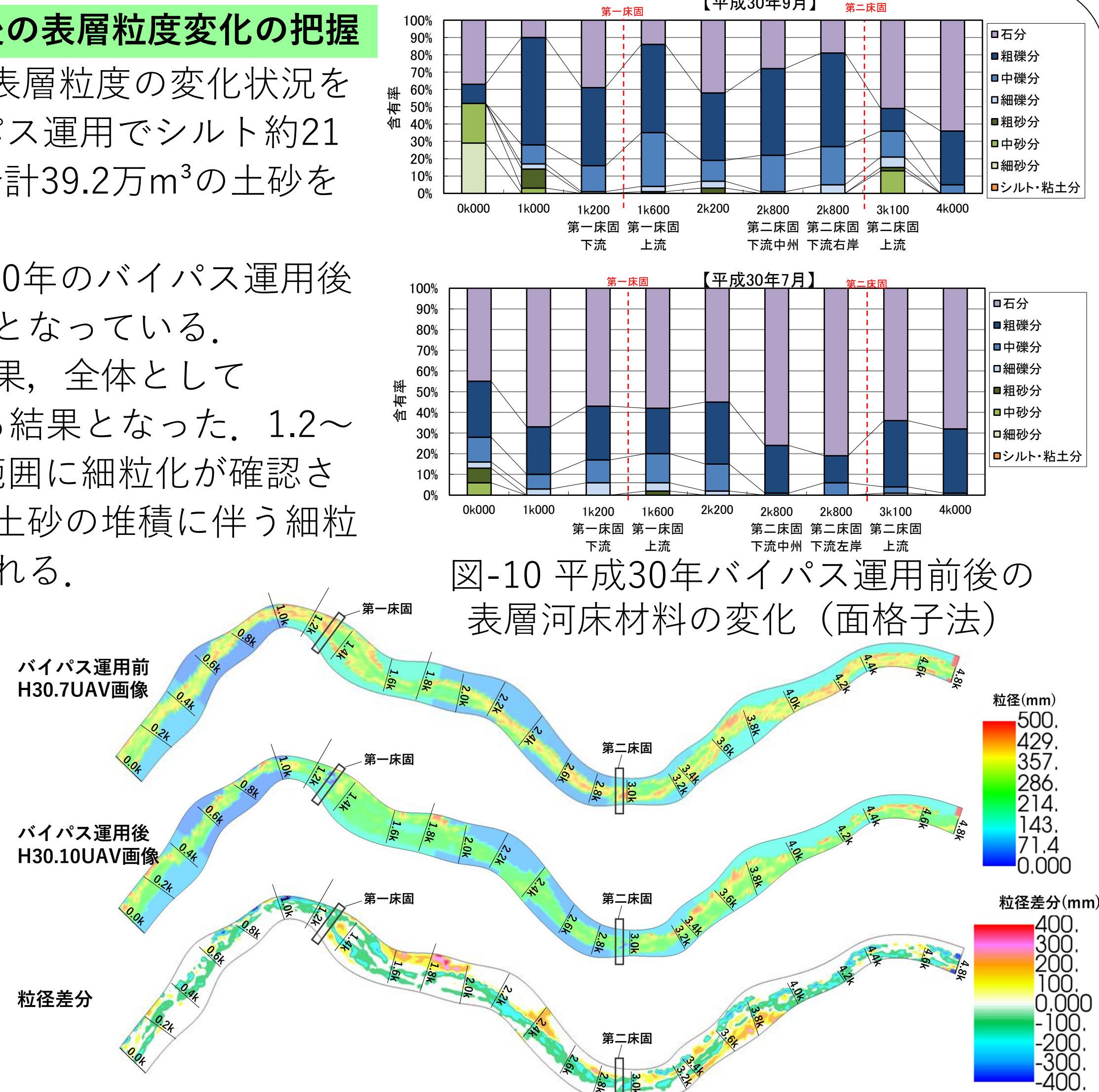


図-12 バイパス運用前後の小渋川の表層粒度の評価結果

5.表層粒度把握手法の適用範囲の考察

- 本手法で評価できる最小粒径は解像度の5倍程度（解像度10mmの写真を使用した場合には50mm）が限界であった。
- 水域・植生に覆われた箇所には適用できないが、日照・湿潤状態・影による色調変化は、輝度標準偏差を最大値で正規化した無次元指標を用いることで、その影響を一定程度低減した評価が可能である。
- 表面色が一様な巨石においても輝度標準偏差が小さく算出され、細粒分主体として誤検出される可能性がある。前段で算定した輝度標準偏差を基に、岩の輪郭部を含むより広い範囲で再度輝度標準偏差を算定することで、輪郭を含む領域では輝度標準偏差が大きくなり、巨石として識別できる可能性がある。

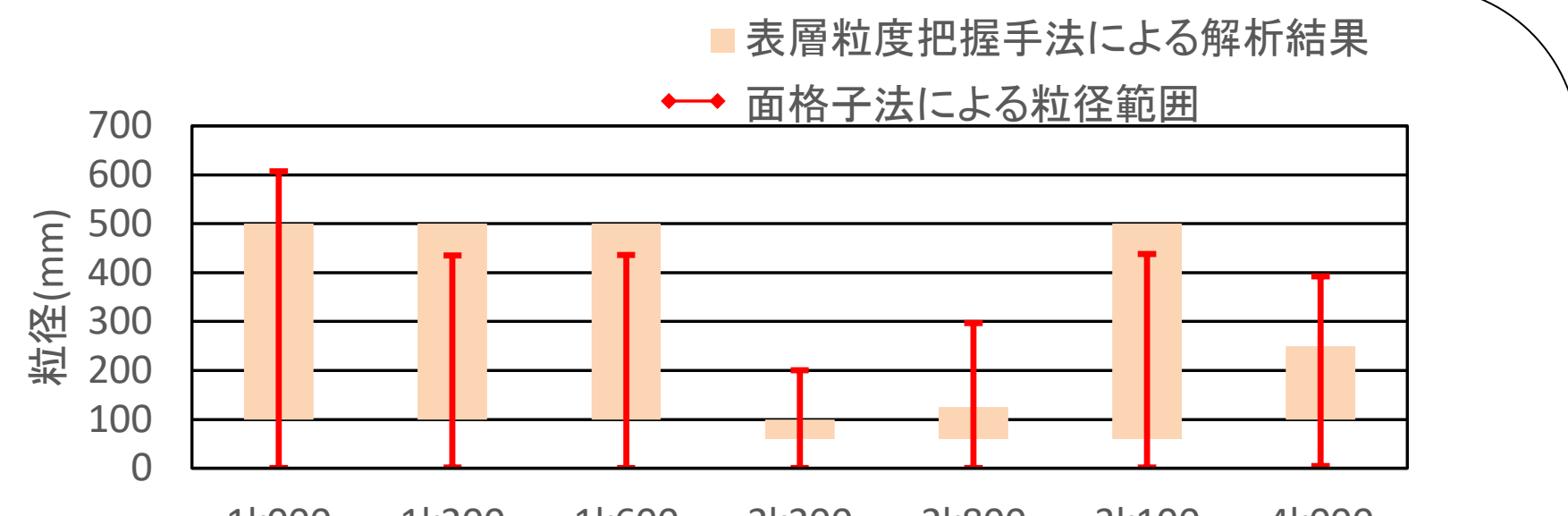


図-13 同一範囲内における表層粒度把握手法と面格子法による粒度範囲の比較



図-14 巨石部の判別方法

まとめ

- 名城大学で開発中の表層粒度把握手法（UAV空中写真の輝度標準偏差を活用）を小渋川に適用し、土砂バイパスの運用による表層粒度の変化を評価した。
- 面格子法との比較により、本手法で面格子法の最大粒径を概ね評価できることを確認した。
- H30の土砂バイパス運用前後の空中写真より、300mm未満の面積が26%増加し、バイパス後に河道全体が細粒化した傾向を捉えることができた。
- 本手法は、土砂還元の影響評価のほか、河床変動計算の条件設定等にも応用できる可能性がある。