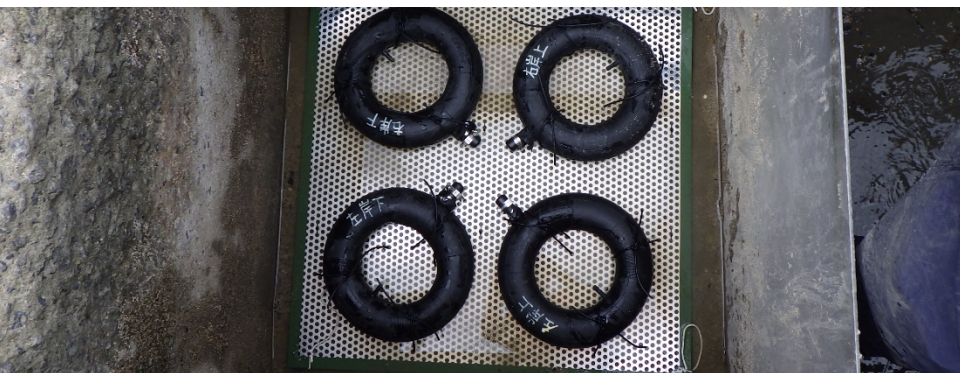




礫床河川の土砂動態把握のための 圧力計を用いた土砂堆積高計測装置の開発



中電技術コンサルタント株式会社
中電技術コンサルタント株式会社
広島大学大学院 先進理工系科学研究科
広島大学大学院 先進理工系科学研究科
広島大学大学院 先進理工系科学研究科
国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所

中田 一騎
佐伯 雄一
内田 龍彦
松尾 大地
阪上 健
寺井 一弘

1. はじめに (1)

近年、激甚化する豪雨災害により河道内の洗堀・堆積等の被害が頻発化しており、河川の維持管理や河道改修等を行う上で、**出水時の土砂輸送と河床変動特性の把握が重要**

◎**河床変動モデル**により、観測データを時空間的に補間し現象把握に活用
河床変動モデルの**再現性**を**向上**させるには・・・

(1) 河床変動モデルの高度化
⇒準三次元モデル等

(2) 現地観測データの取得手法の高度化
⇒UAVの写真測量やレーザ測量、グリーンレーザ測量等

河道内での土砂動態把握の現地観測における課題

(1) 従来の**モニタリング調査**（現地調査，UAV等）
⇒出水前後の河床変動高を**大局的な変化**で捉えるのみ
⇒出水中の土砂動態を**経時的に把握することが困難**

(2) **観測機器**を用いた土砂動態把握（ハイドロフォン，ロードセル等）
⇒観測機器自体が**非常に高価**
⇒**電源を必要とし**，観測が容易でない

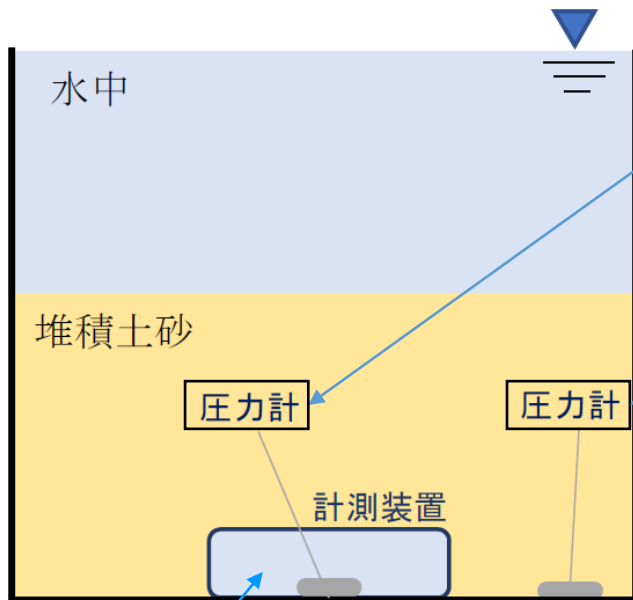
1. はじめに (2)

→そこで本研究の目的として

電源を必要とせず，安価で連続観測が可能な計測装置の開発と
土砂堆積高の計測精度の検証

<計測装置の計測原理>

◎従来用いられている手法



圧力計（計測装置内）
＝土砂堆積の圧力＋河川水の圧力
＝全応力

圧力計（計測装置外）
＝河川水の圧力（間隙水圧）

土砂堆積高（有効応力）
＝ 全応力－間隙水圧

水で充填

2. 研究対象フィールド

<対象フィールド>

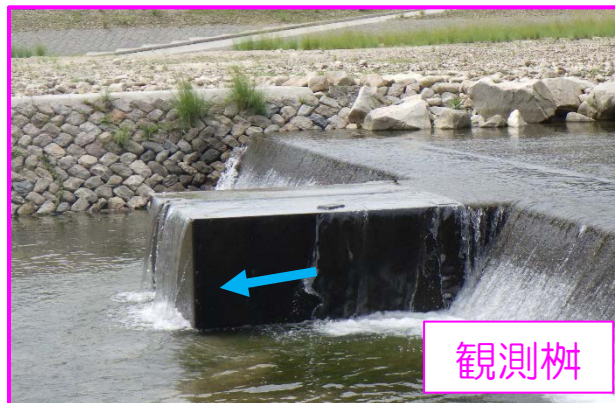
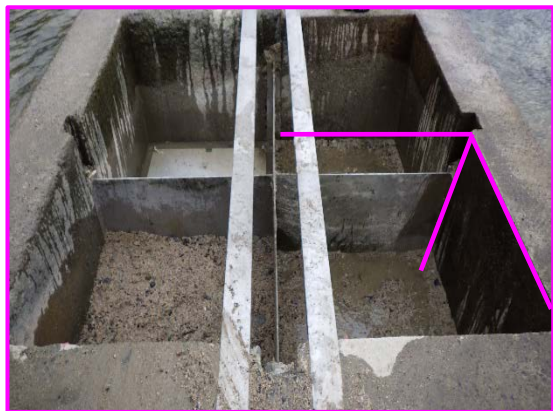
◎太田川水系根谷川

→上流（国管理区間上流付近の頭首工直下）
に設置されている観測柵内

<選定理由>

◎概ね**同一条件**で異なる計測手法の検証が可能

◎出水による計測装置の**流出防止**



※観測柵内

（縦1.0m×横1.0m×高1.0m）



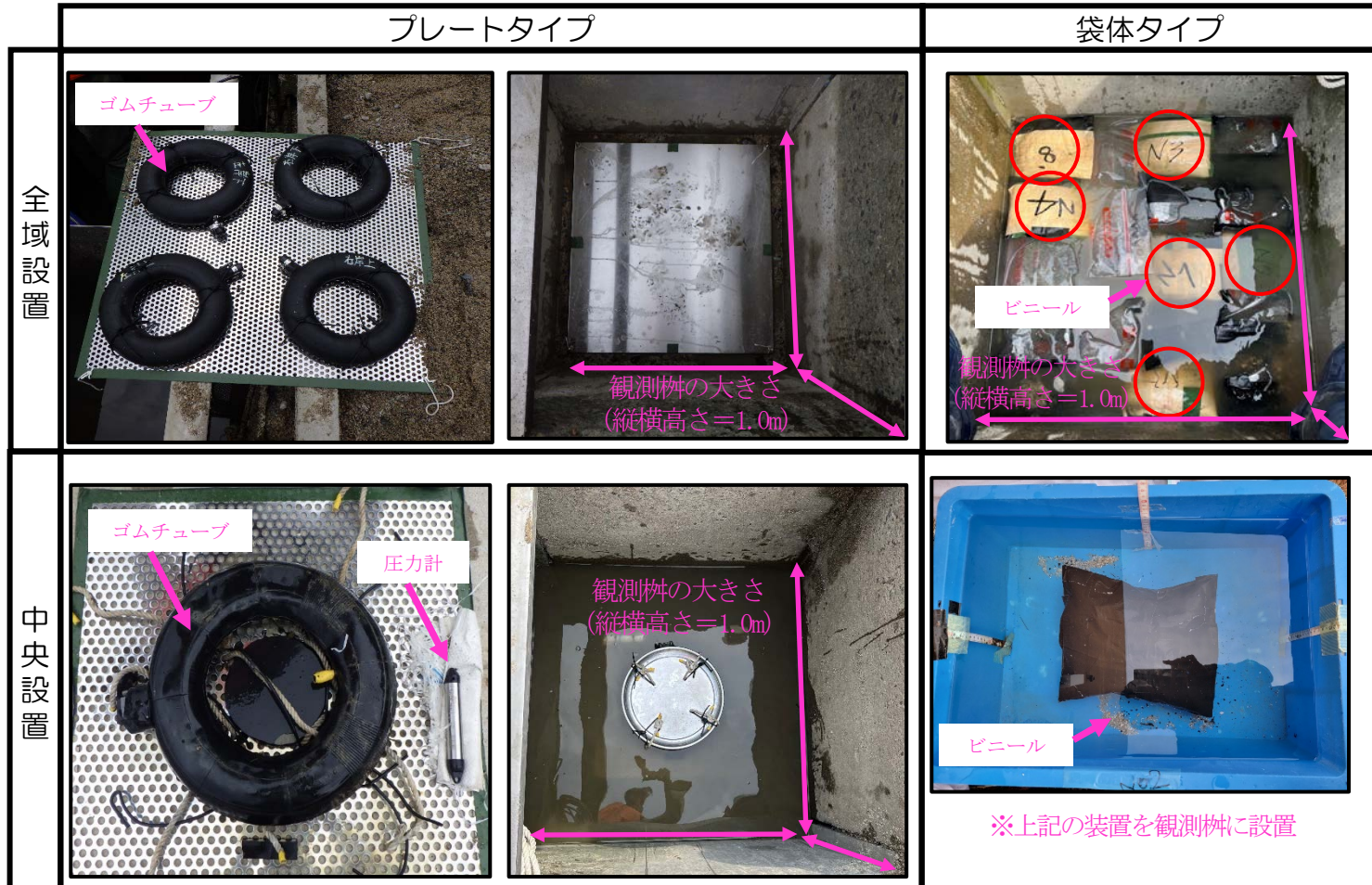
※この背景図は国土地理院地図を使用

3. 土砂堆積高計測装置の概要

<検証内容>

◎計測装置の計測範囲の違い（全域設置，中央設置）

◎計測装置に使用する材質の違い（プレート（ゴムチューブ），袋体）



計4の計測パターンで土砂堆積高の計測精度を比較・検証

3. 土砂堆積高計測装置の概要

<推定式の作成>

◎プレートタイプは、強度のあるゴムチューブを使用しており、同じ計測装置で**複数回の使用が可能**である。

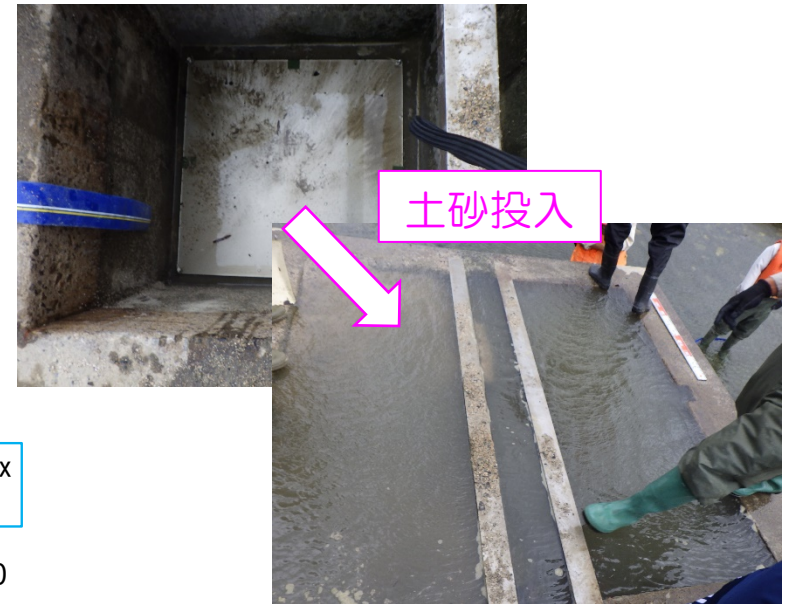
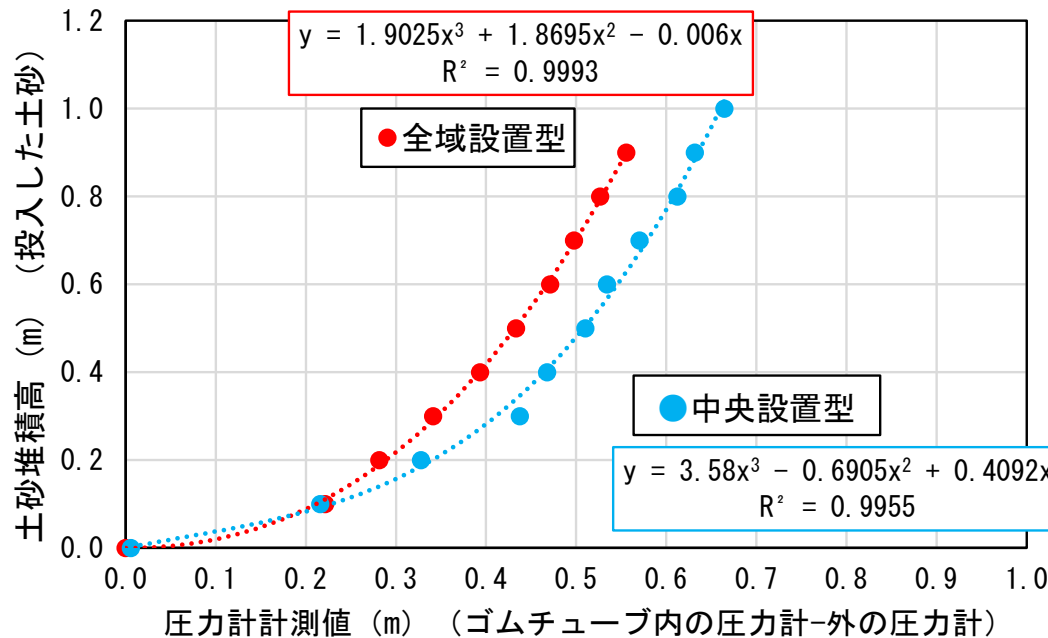
→予め、計測装置で計測した土砂堆積高と現地観測で計測した土砂堆積高との**関係式を作成**

<現地実験条件>

◎観測インターバル1分

◎10cm毎に土砂を投入し、整地後の5分間を観測

◎観測柵内は常に満水状態



実験状況

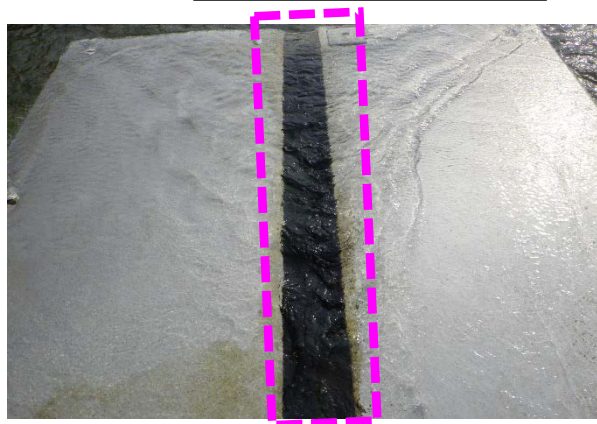
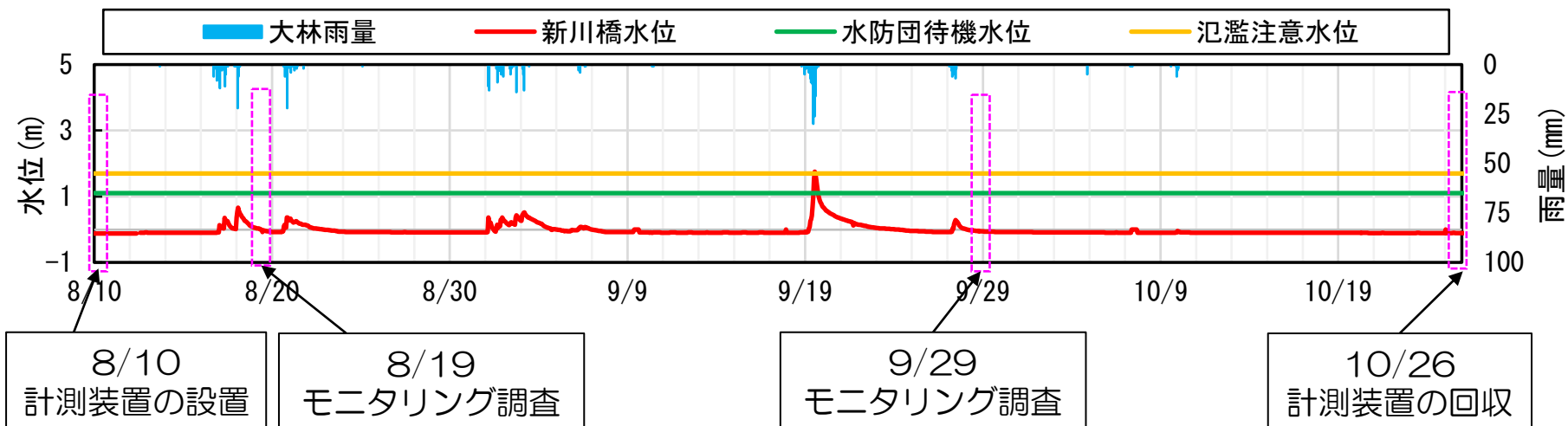
4. 土砂動態把握

<計測装置の設置条件（2022年8月10日に設置）>

- ◎ 予め粒径の小さい土砂を観測装置が埋没する程度まで投入
 - 袋体タイプ全域設置型は初期堆積高を30cm
 - その他の装置は初期堆積高を10cm

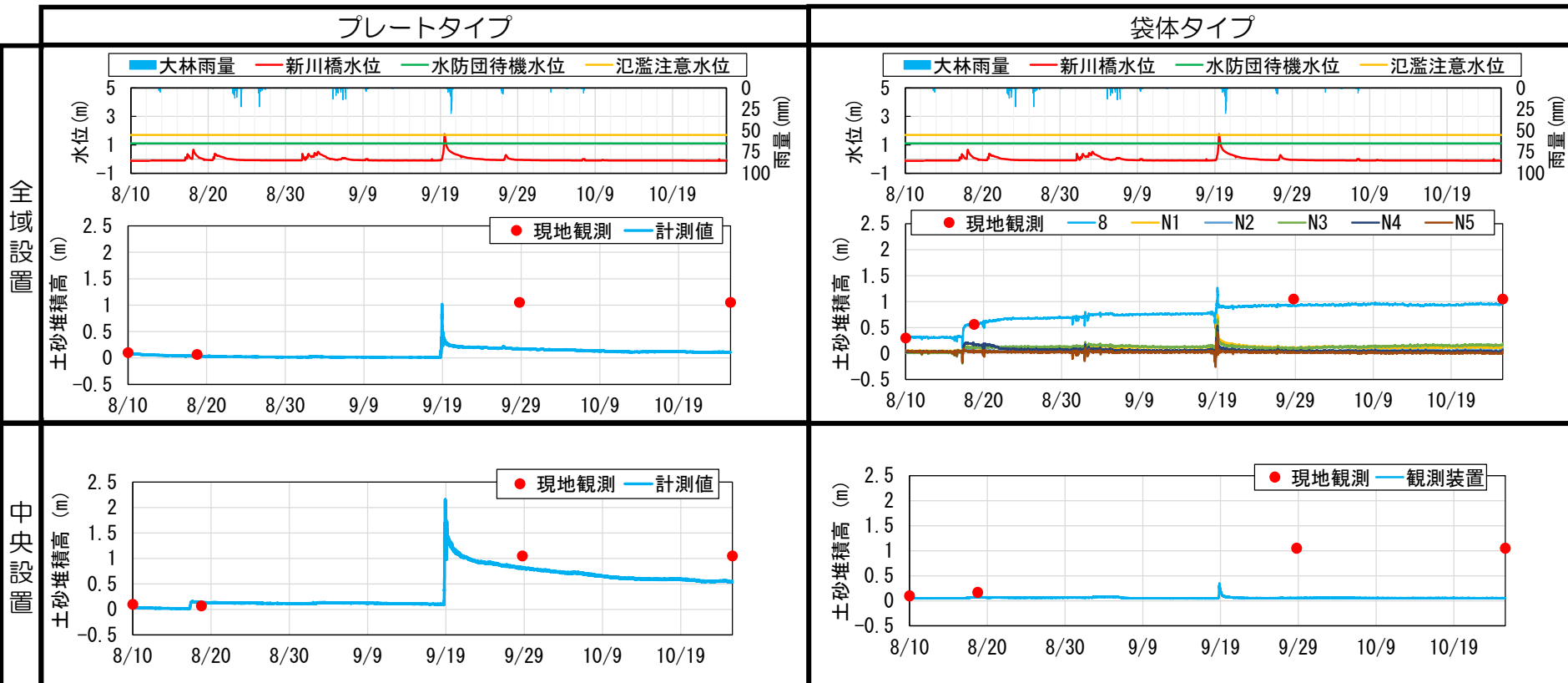


<計測期間中（8/10～10/26）の出水状況>



計測装置の精度検証用
に出水後の土砂堆積高
を観測

4. 土砂動態把握（現地観測との比較）



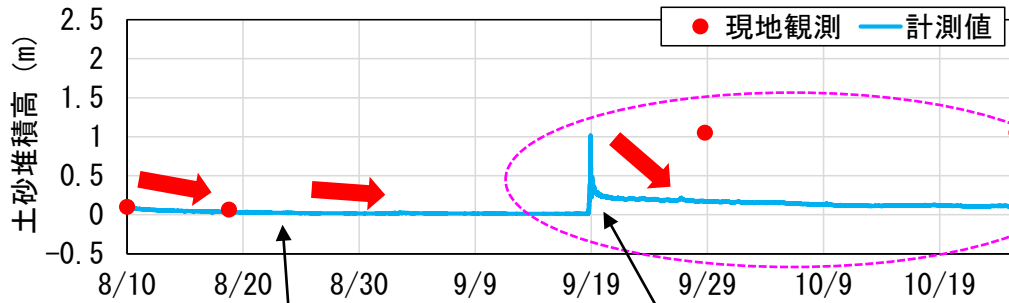
- 中規模出水時（9/19）には、各計測装置の計測値が上昇していた。
- 袋体タイプ全域設置型は、精度良く土砂堆積高を推定できているものの、その他の計測装置は、中規模出水以降、現地観測結果と比較して大きな差が見られた。特に、袋体タイプ中央設置型の計測値は、結果として大きな変化が見られなかった。
- なお、袋体タイプ全域設置型では、設置した袋体タイプ6個中5個の計測装置が破損していた。
- プレートタイプでは、中規模出水以降の計測値が時間の経過とともに低下していった。

4. 土砂動態把握（時間減衰補正式）

＜プレートタイプのための時間減衰補正式の作成＞

◎特に、中規模出水以降の計測値は、時間の経過とともに減少していた。
→指数関数的に減少が見られたため、**時間減衰に対する補正式**を作成した。

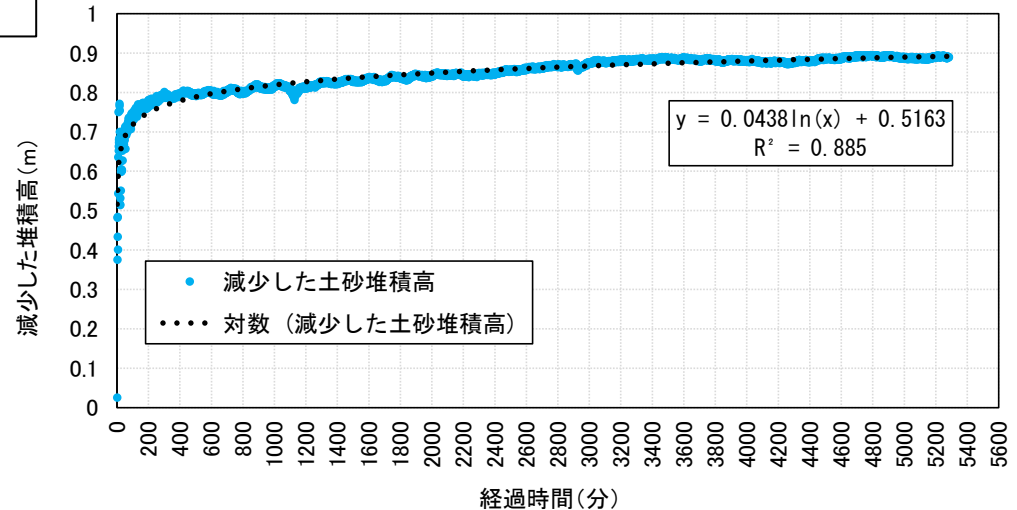
例) プレートタイプ全域設置型



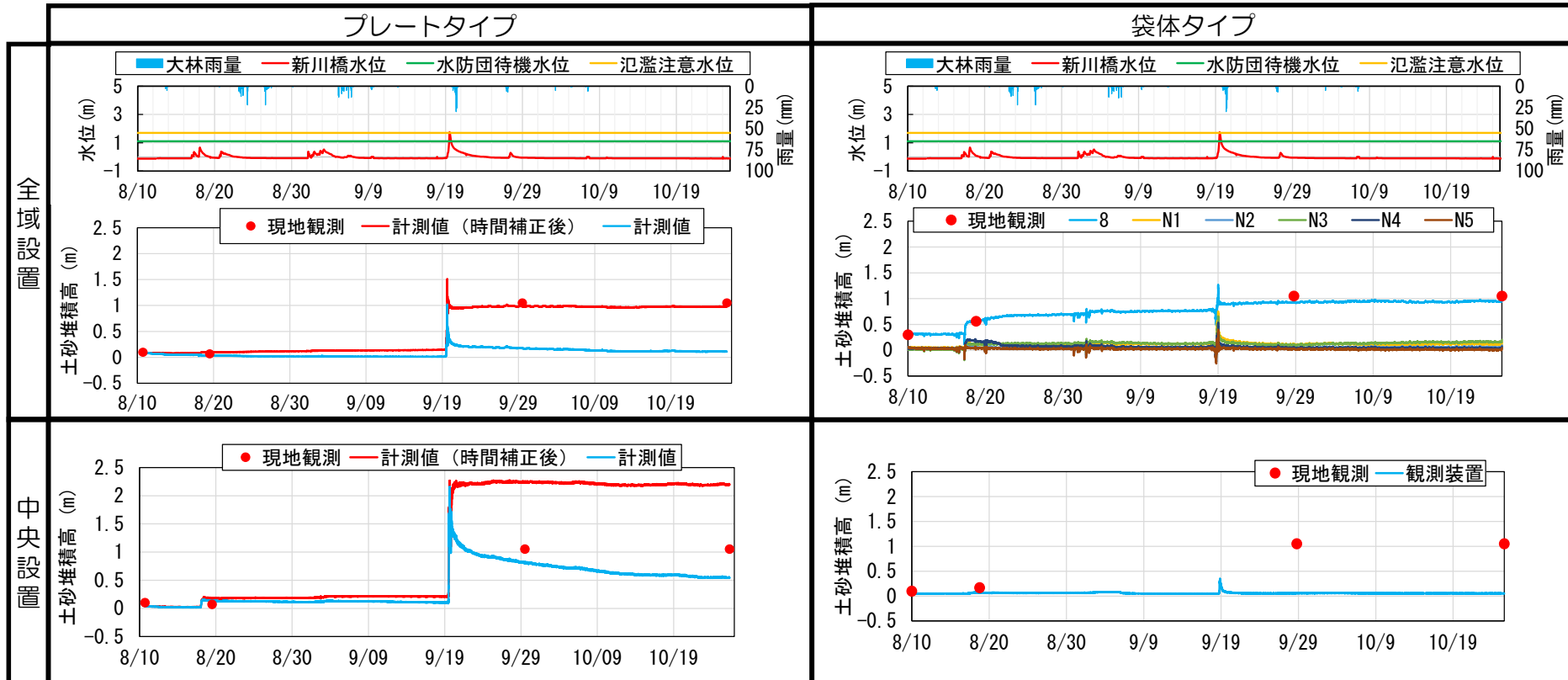
緩やかに減少

急激に減少

- 中規模出水以外の時間減衰の補正は、作成した補正式の適用区間を変更して使用した。



4. 土砂動態把握（時間減衰補正後と観測結果との比較）



- 時間減衰補正式を適用した結果、プレートタイプでは、適用前と比較して時間減衰を抑制することができた。
- プレートタイプ全域設置型では、時間減衰補正式を適用することで計測精度が向上し、土砂堆積高をある程度評価することができた。
- プレートタイプ中央設置では、9/19の中規模出水後の計測値が過大評価となった。

5. 考察

◎各計測パターンのまとめは以下の通りである。

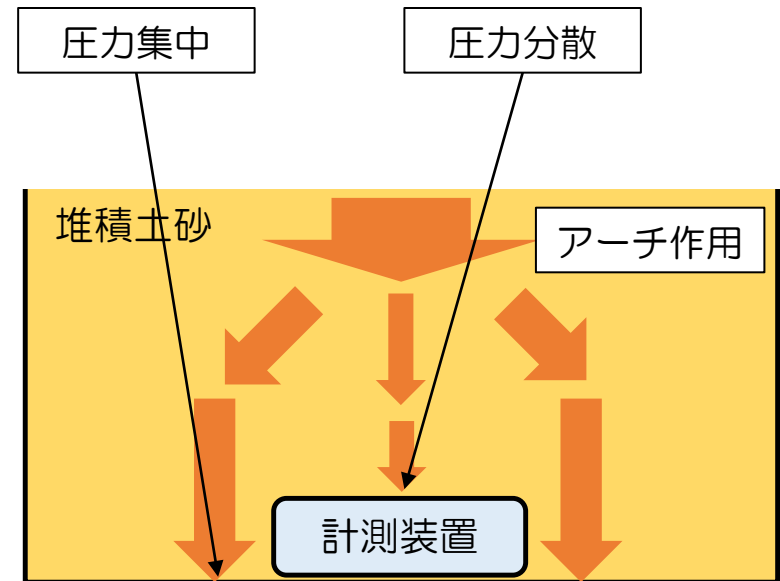
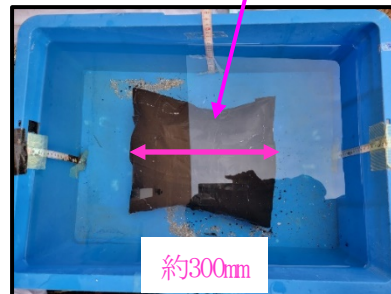
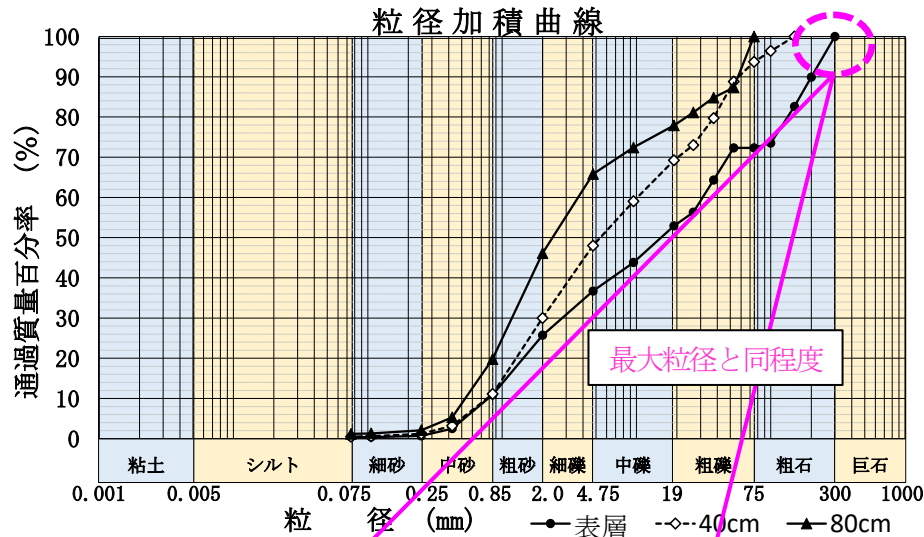
	プレートタイプ	袋体タイプ
全域設置	<p><長所></p> <ul style="list-style-type: none">現地実験による補正式および時間減衰補正式を適用することで、ある程度評価可能 <p><短所></p> <ul style="list-style-type: none">補正式および時間減衰補正式が必要	<p><長所></p> <ul style="list-style-type: none">キャリブレーションを必要とせず、評価可能 <p><短所></p> <ul style="list-style-type: none">設置した多くの袋体は、設置前と比較して内部水量が10-30%減少しており、強度に課題
中央設置	<p><長所></p> <ul style="list-style-type: none">現地実験による補正式および時間減衰補正式を適用することで、小規模出水の評価は可能 <p><短所></p> <ul style="list-style-type: none">中規模出水では、過大評価	<p><長所></p> <ul style="list-style-type: none">小規模出水の評価は可能 <p><短所></p> <ul style="list-style-type: none">中規模出水では、過小評価

5. 考察

<中央設置型の過大評価，過小評価となる要因>

◎中規模出水時の最大粒径の大きさと計測装置の計測範囲が同程度であり，最大粒径に対して十分な大きさを有していない。

→混合粒径の土砂の噛み合わせによって，計測装置上端にアーチ作用が働き，プレートタイプでは局所集中，袋体タイプでは分散が起こっている可能性がある。



5. 考察

<プレートタイプで時間減衰が起こる要因>

◎設置前と設置後のゴムチューブをみると、内部水量が減少していたため、ゴムの張力でプレートに作用する全応力の一部を支持していた可能性がある。
→時間とともに張力が増加し、計測圧力が時間とともに減少していたと考えられる。



6. 結論・今後の課題

結論

- 1) プレートタイプおよび袋体タイプの中央設置型では、礫床河川において、計測装置の計測範囲が小さいため、計測範囲外に土砂の圧力が分散してしまい、適切に土砂堆積高を評価することができなかった。
- 2) プレートタイプ全域設置型では、現地実験による補正式および時間減衰補正式を適用することで、ある程度土砂堆積高を評価することができた。
- 3) 袋体タイプ全域設置型では、キャリブレーションを必要とせず、土砂堆積高を評価することができた。しかし、設置した袋体の多くは、設置前と比較して内部水量が10-30%減少していることが分かり、強度に課題があった。

今後の課題

長時間完全に密封できる容器に改良し、土砂堆積高の推定精度を向上させる必要がある。

また本研究では、観測柵内で土砂動態把握を行ったが、実河川の砂州内部や洗堀部下部に設置し、これまで計測が困難であった洪水中の河床高の時間的変化の把握に適用が期待できる。このためには、計測器の改良によって土砂の有効応力の計測精度向上と併せ、混合粒径土砂の堆積時、洗堀時の応力状態の変化機構を解明し、計測機器や計測方法をさらに検討する必要がある。