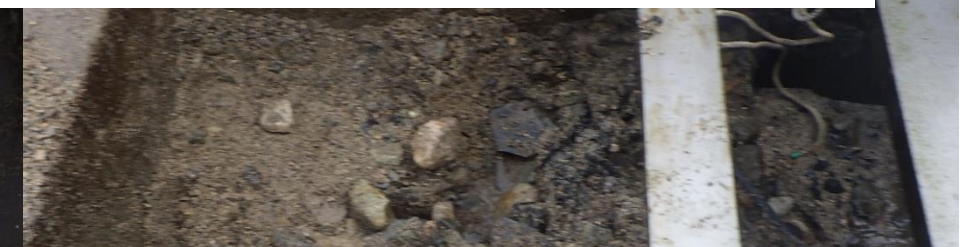
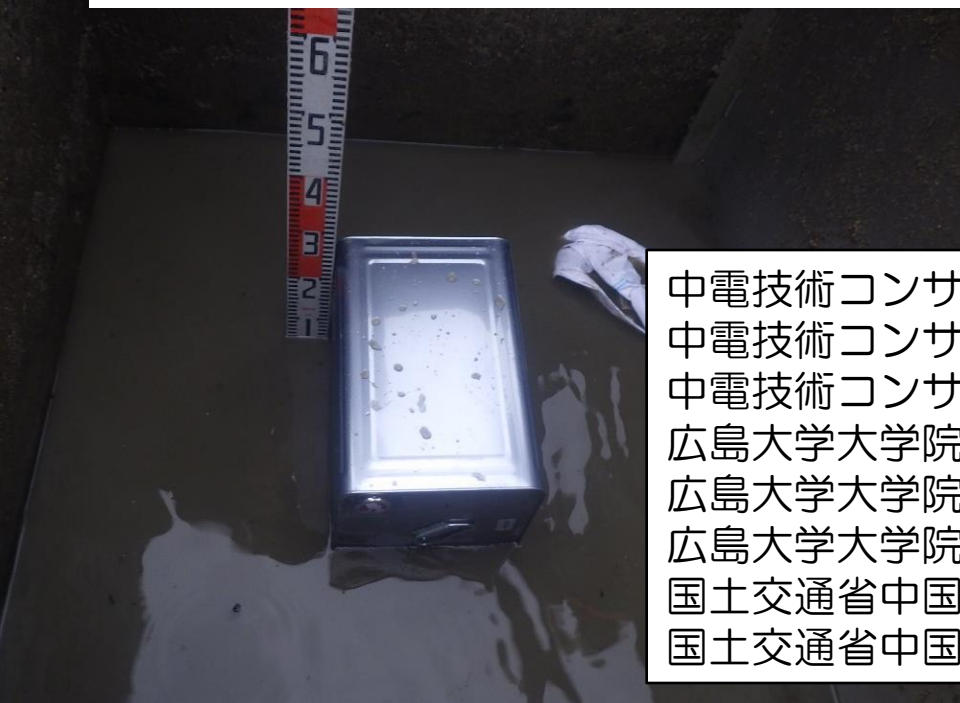




礫床河川における圧力計を用いた 新たな土砂堆積高計測装置の開発と現地検証



中電技術コンサルタント株式会社 河川砂防部
 中電技術コンサルタント株式会社 地圏環境部
 中電技術コンサルタント株式会社 地圏環境部
 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
 国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所

○野路 佑人
 中田 一騎
 胡子 颯汰
 内田 龍彦
 松尾 大地
 阪上 健
 福田 託朗
 石本 雅貴

1. はじめに

近年地球温暖化による気候変動が地球規模で進行しており、我が国では大規模洪水による激甚災害が多く発生している。

河道の維持管理を行う上で、出水時の土砂動態と河床変動特性の把握は重要であると考える。

河川での土砂動態観測における現状と課題

- (1) モニタリング調査による土砂動態把握（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）
 - ⇒観測精度に課題
 - ⇒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

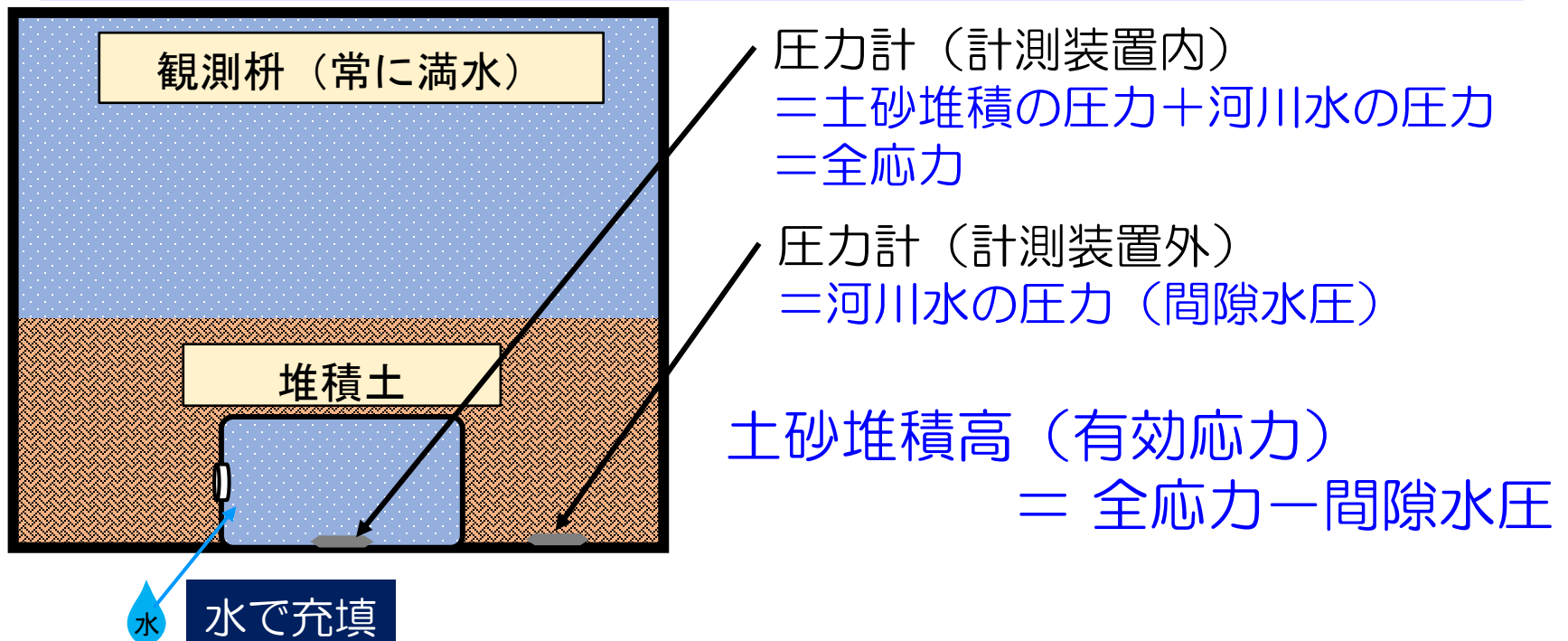
電源を必要としない安価で連続観測が可能な計測装置の開発¹⁾

2020年：プレートタイプ（ゴムチューブ式）の土砂堆積高計測装置を開発

2021年：プレートタイプ（ゴムチューブ式）の有用性の検討

2022年：プレートタイプ（ゴムチューブ式）の装置の改良，有用性の検討

＜計測装置の原理＞

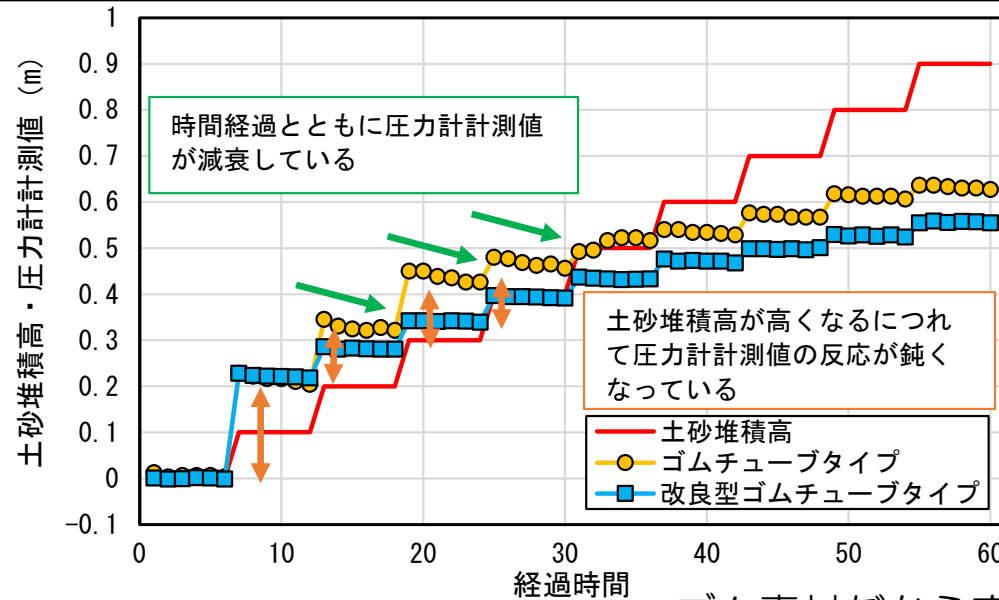


1. はじめに

改良型プレートタイプとプレートタイプの比較¹⁾

【課題】

- 両装置ともに時間経過とともに計測値の減衰が見られた。 （時間減衰）
- 両装置ともに土砂堆積高が高くなるにつれて計測値の反応が鈍くなっている。 （計測精度）



ゴム素材だから変形して有効応力が安定しないのでは…？¹⁾

ゴム素材より硬く応力に対して変形しにくい素材を用いた
新たな土砂堆積高計測装置の開発

1. はじめに

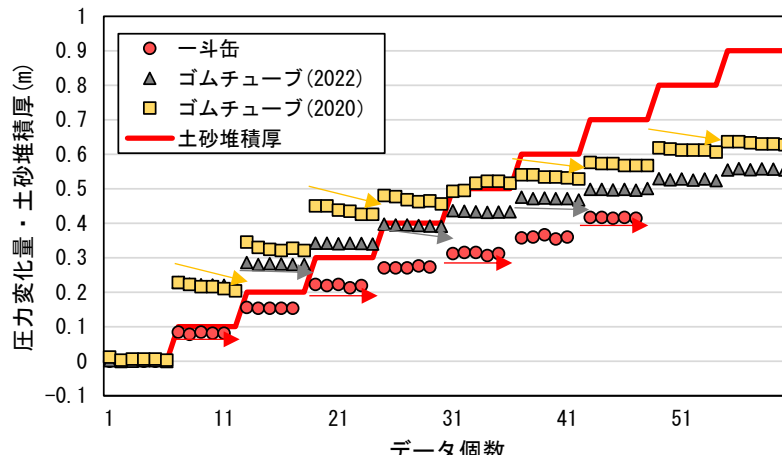
新たな計測装置の開発（事前実験結果）

2023年：一斗缶式の土砂堆積高計測装置を開発²⁾



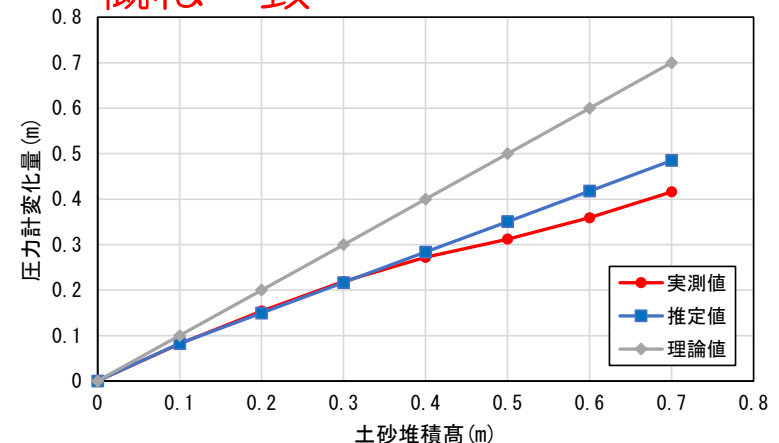
(1) 時間減衰

⇒プレートタイプでは
減衰しているのに対し
一斗缶タイプでは減衰
が確認されなかった



(2) 計測精度

⇒土砂堆積高が高くなるにつれて
計測値の応答が鈍くなる傾向
⇒観測桁の壁面によって堆積土砂
が保持されることを考慮すると
概ね一致



⇒新たな計測装置の有効性の確認を本研究目的とする。

²⁾ 圧力計を用いた土砂堆積高の時間変化の計測装置の開発と検証, 土木学会論文集, Vol.81, No.16

2. 設置条件

研究対象フィールド

<対象フィールド>

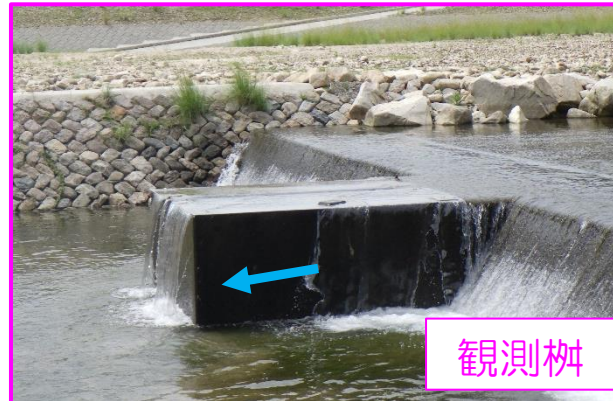
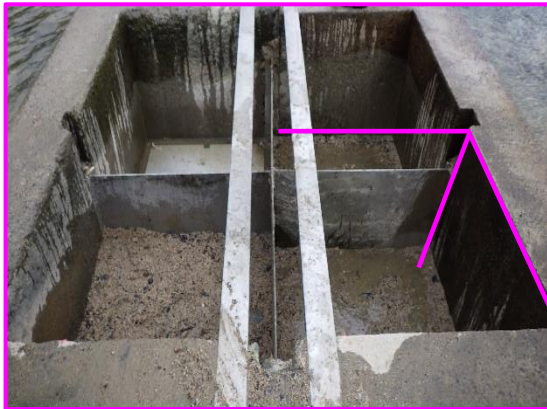
◎太田川水系根谷川

→上流（国管理区間上流付近の東原頭首工）
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

◎精度検証を行うための**土砂堆積高の計測が容易**



観測柵

※観測柵内
（縦1.0m×横1.0m×高1.0m）

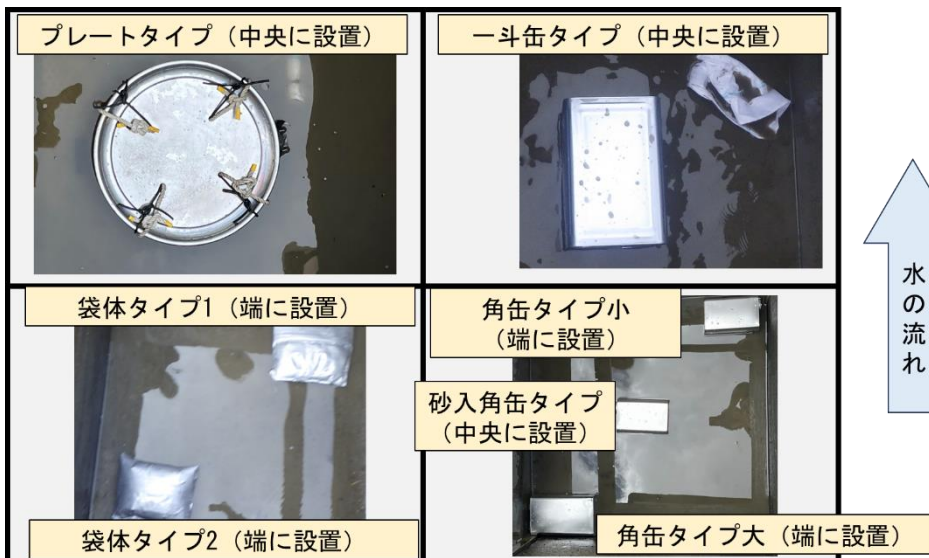


※この背景図は国土地理院地図を使用

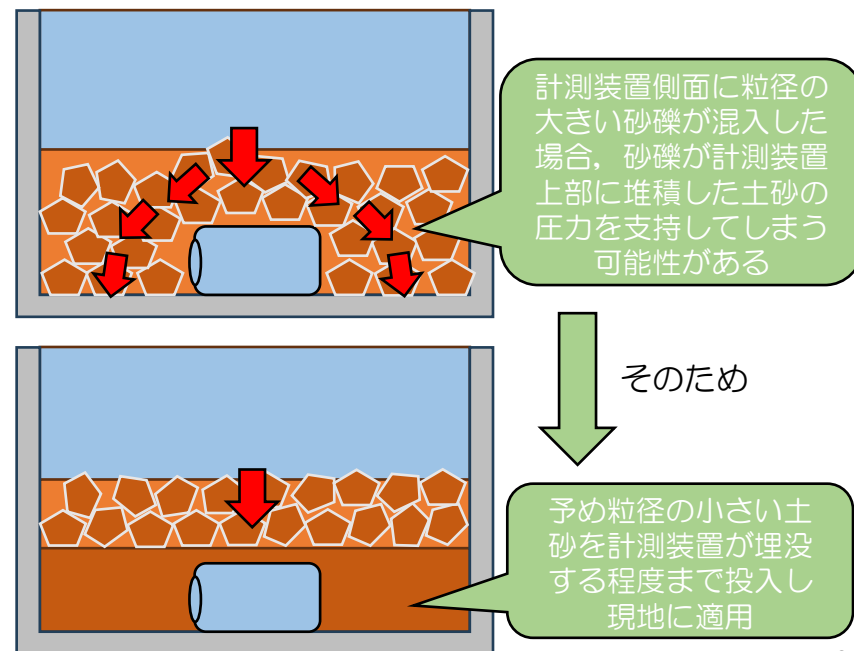
2. 設置条件

本研究で使用した計測装置

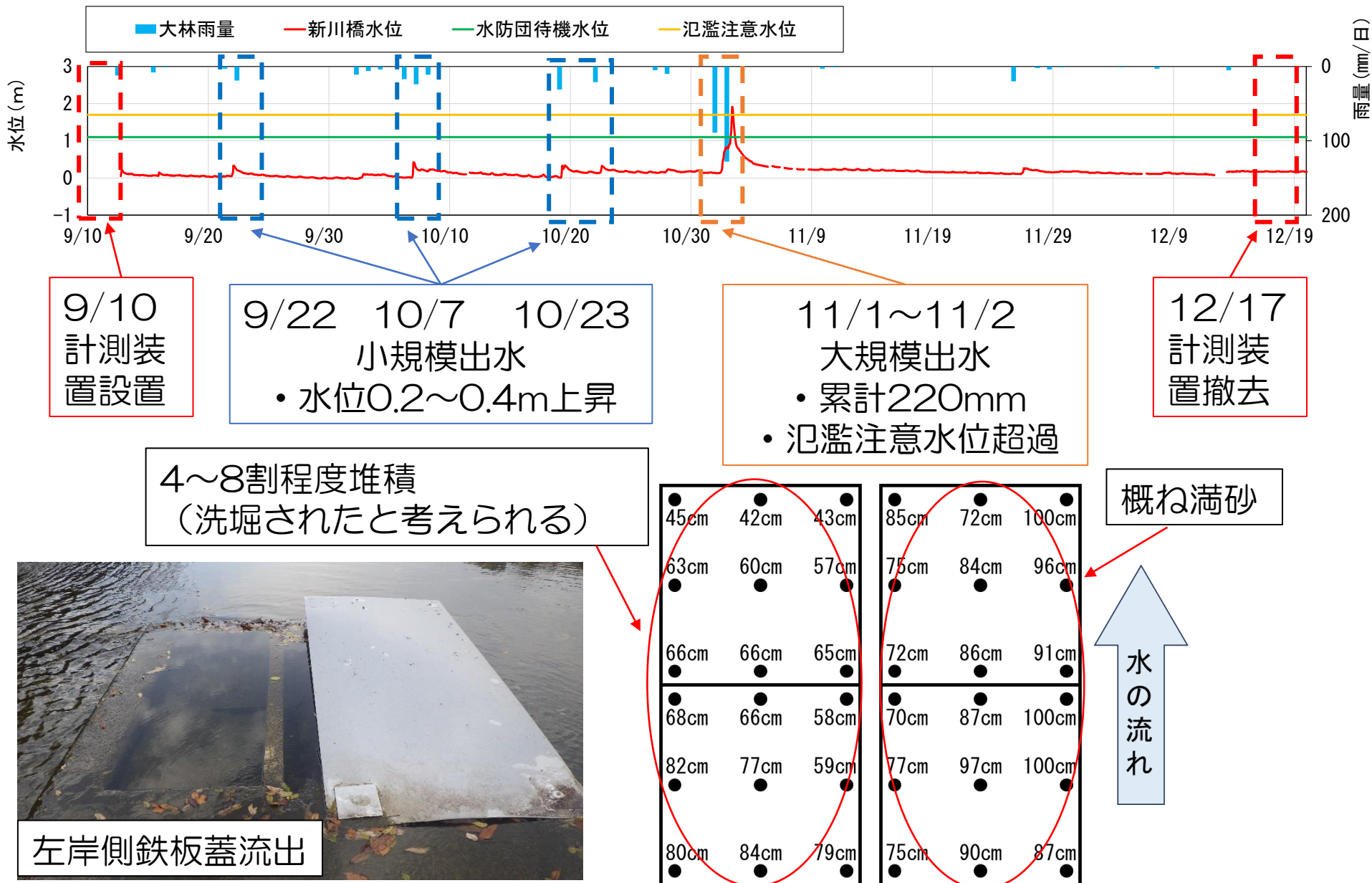
- 一斗缶タイプ** : 新たに開発された計測装置
- プレートタイプ** : ゴムチューブ式中央設置型 (2021) の計測装置
⇒ 計測精度を比較するために設置
- 袋体タイプ** : 簡易的なジッパー袋の計測装置
⇒ 計測精度を比較するために設置
- 角缶タイプ** : 一斗缶タイプより汎用性や設置時の省力化を目的とした計測装置
- 砂入角缶タイプ** : 計測装置がより砂粒子群と同程度の応力に対する変形特性をもつことを目的とした計測装置



太田川水系根谷川上流観測枡内

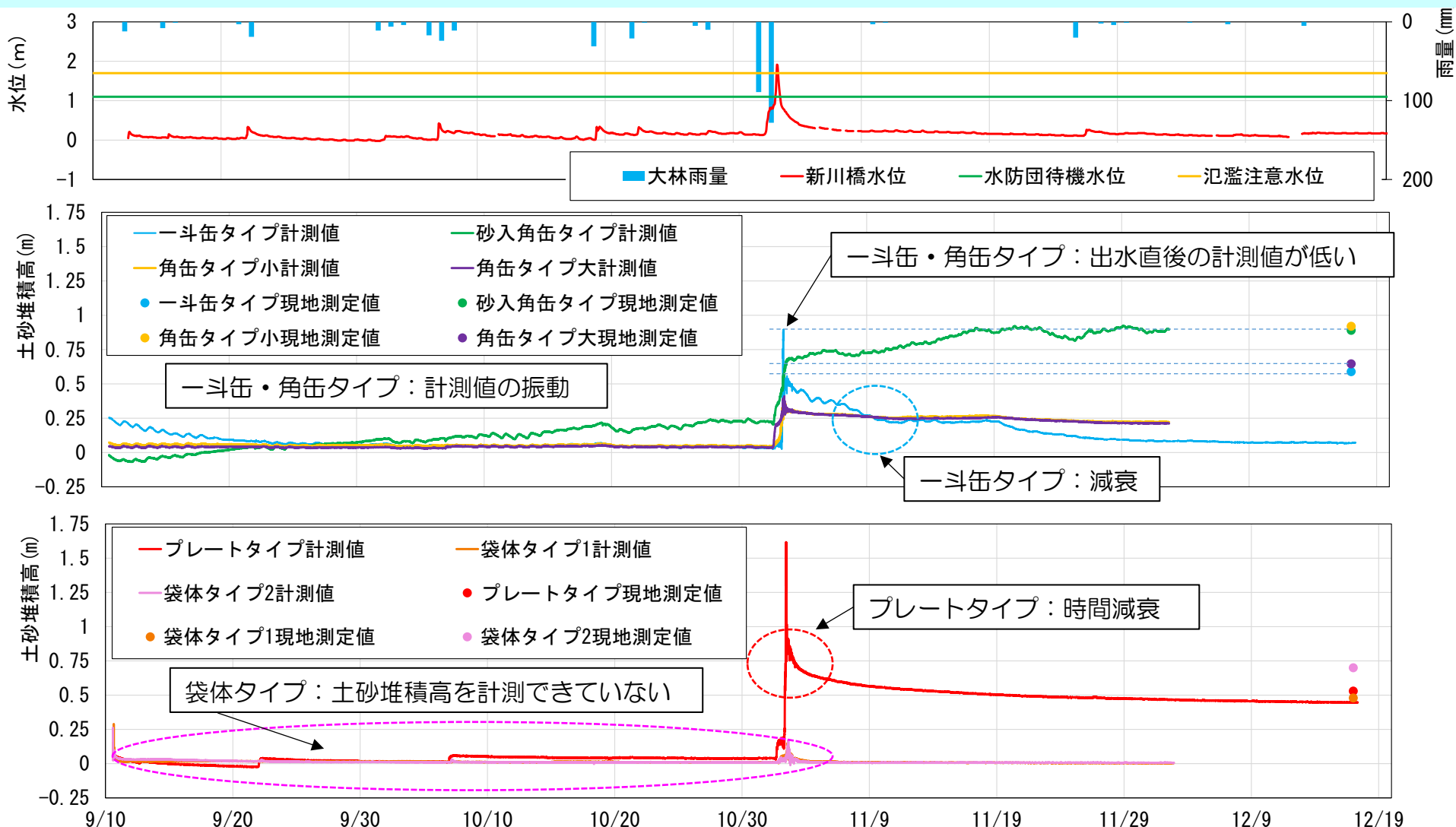


3. 土砂動態把握



3. 土砂動態把握（計測結果）

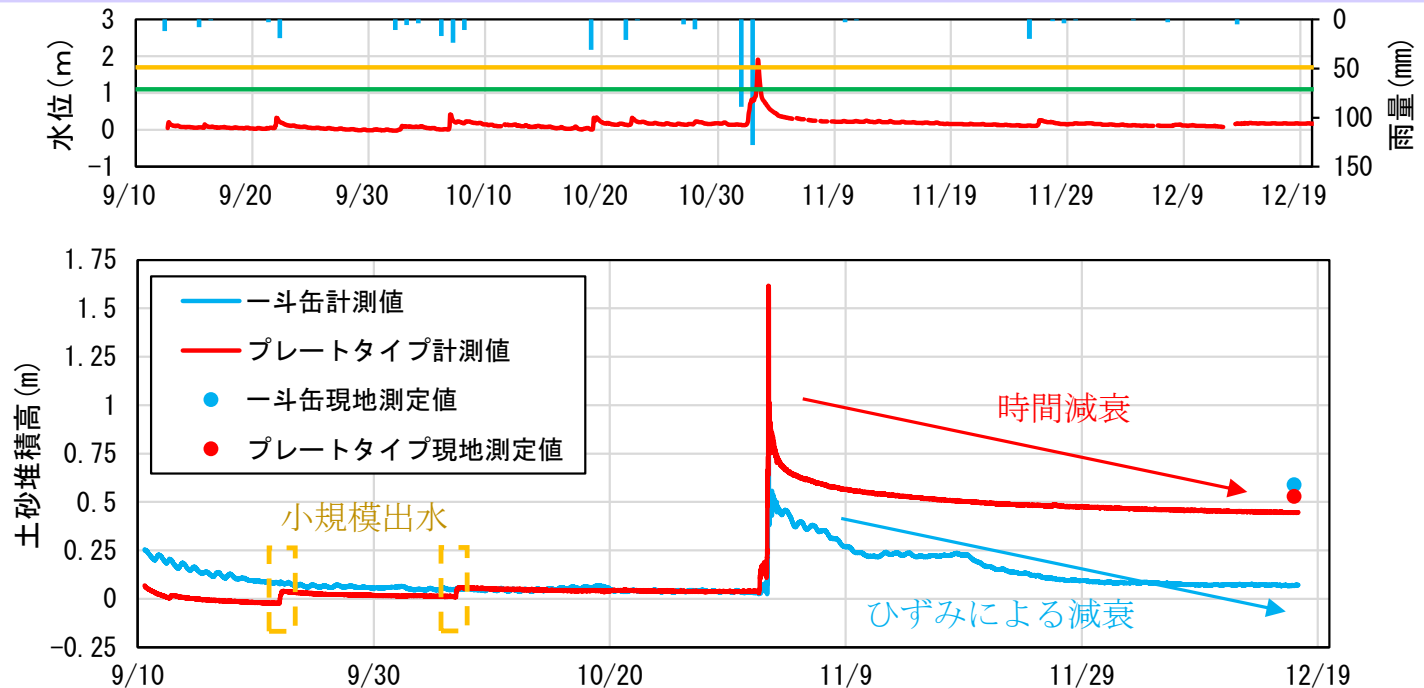
■観測結果



新たに開発した一斗缶・角缶タイプでは、土砂堆積高が高くなるにつれて圧力計計測値の反応が鈍くなる現象のほか、計測値の規則的振動といった今まで確認されていなかった現象も確認された

4. 考察（素材の差）

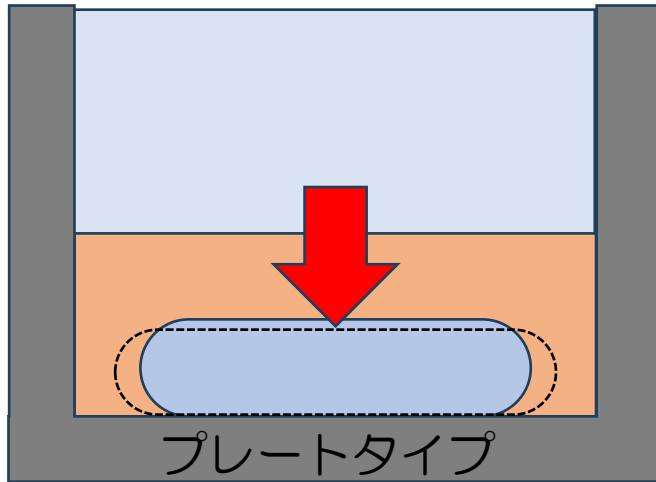
一斗缶タイプとプレートタイプの比較



- 小規模出水：プレートタイプはゴムチューブを使用している
⇒少量の荷重でも容易に変形することができ、土砂堆積高が計測できた
一斗缶タイプは硬い素材を使用している
⇒少量の荷重では硬い素材が応力を受け持つために大きく変形できず、土砂堆積高が計測されなかった
- 大規模出水：プレートタイプは時間減衰
一斗缶タイプはひずみや液封現象によって減少

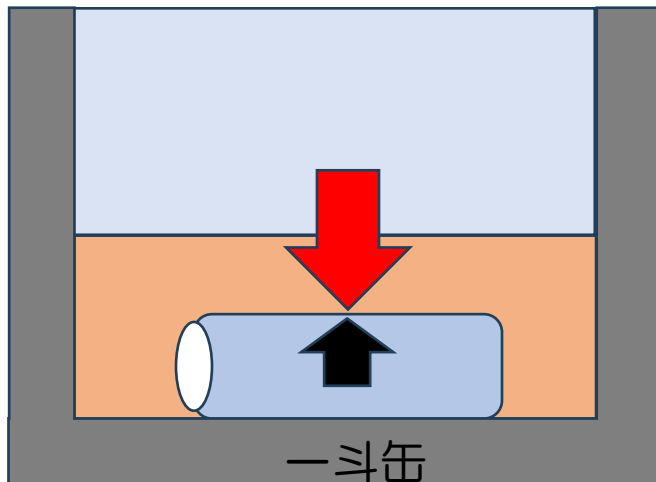
4. 考察（素材の差）

一斗缶タイプとプレートタイプの比較



- 素材が柔らかいため、少量の荷重でも容易に変形することができる
- 粒径が細かい場合、アーチ作用が生じにくい

⇒プレートタイプは粒径の細かい河川では精度よく計測できる可能性がある。



- 素材が硬いため、硬い素材が応力を受け持つために大きく変形できず、土砂堆積高が計測されなかった

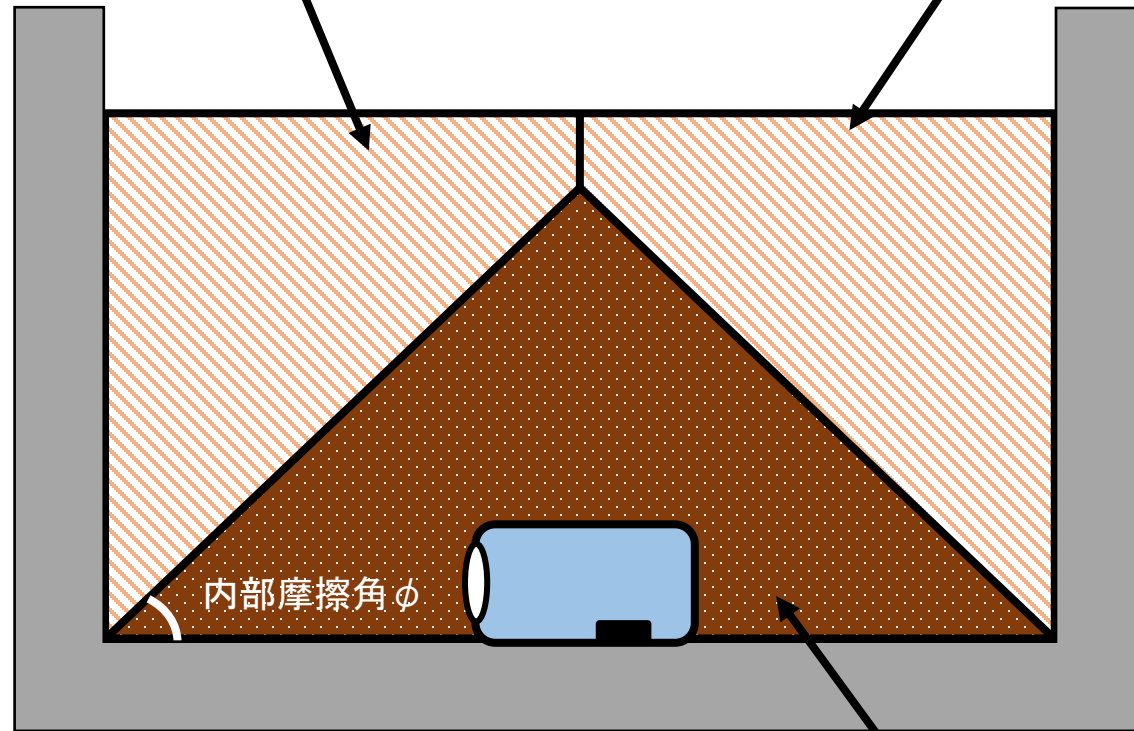
⇒素材が硬いため大規模出水によって瞬間的に強い力が加わると、塑性変形が生じやすいと考えられる。

4. 考察（壁面の考慮）

観測桁の壁面による計測精度の誤差²⁾

自立できない土砂
(左側壁面に支えてもらっている土砂)

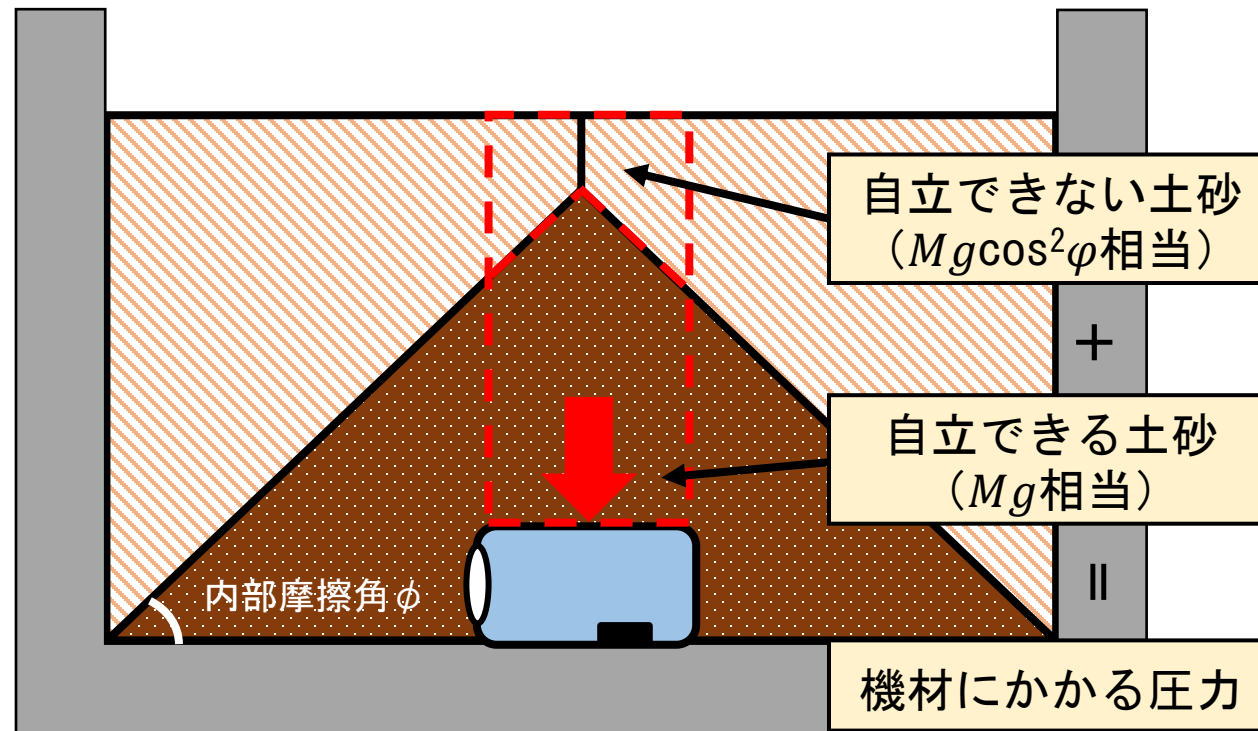
自立できない土砂
(右側壁面に支えてもらっている土砂)



自立できる土砂

4. 考察（壁面の考慮）

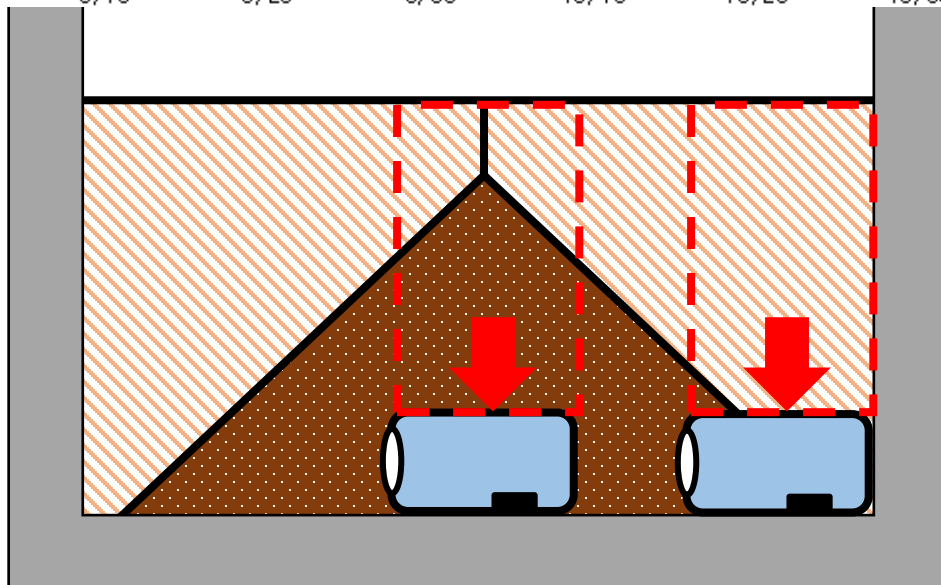
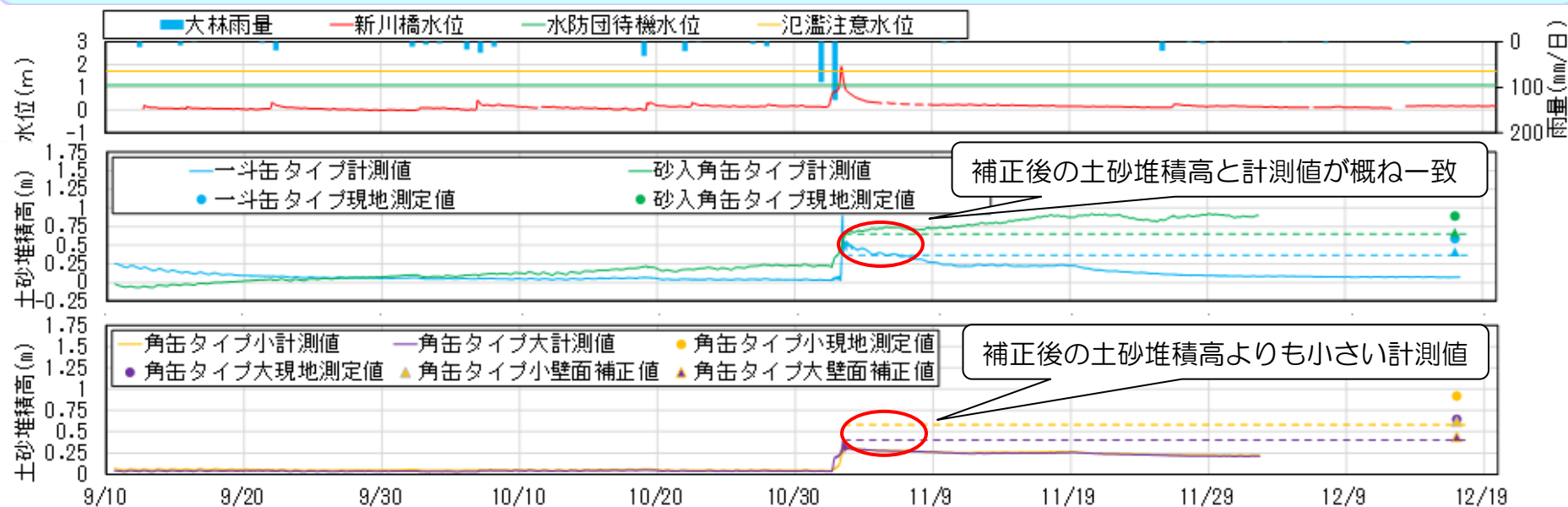
観測桁の壁面による計測精度の誤差²⁾



計測装置にかかる圧力
＝自立できる土砂 (Mg 相当) ＋ 自立できない土砂 ($Mg\cos^2\phi$ 相当)

4. 考察（壁面の考慮）

観測柵の壁面による計測精度の誤差

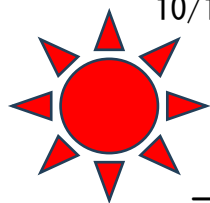
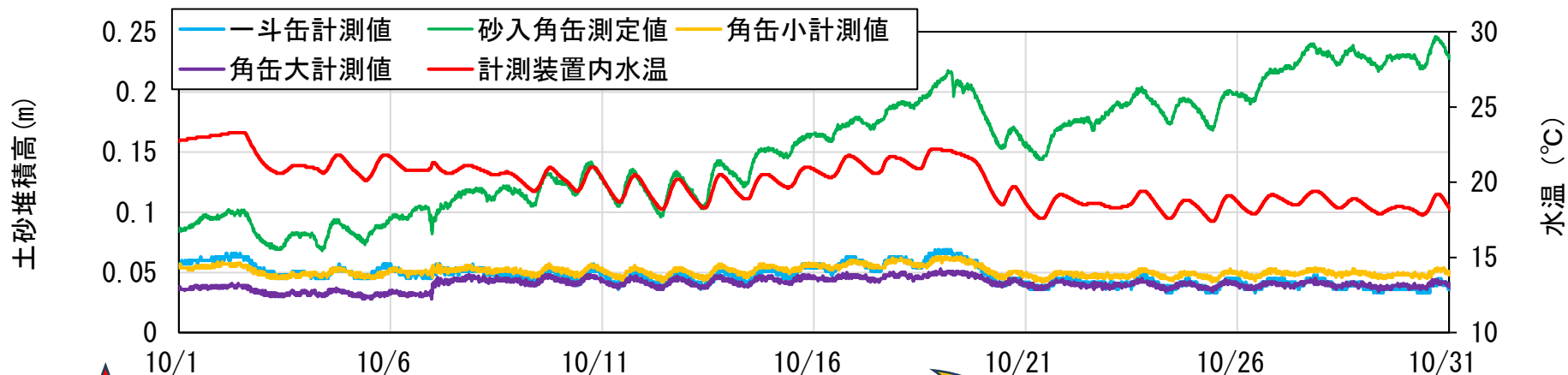


⇒観測柵の端に計測装置を配置することで、せん断力により計測装置上部に堆積した土砂の多くが支持され、計測装置にかかる圧力が上昇せず、計測値の上昇が抑制された

⇒実河川で河床に装置を埋めて設置する場合は補正する必要がない。

4. 考察（水温による圧力変化の考慮）

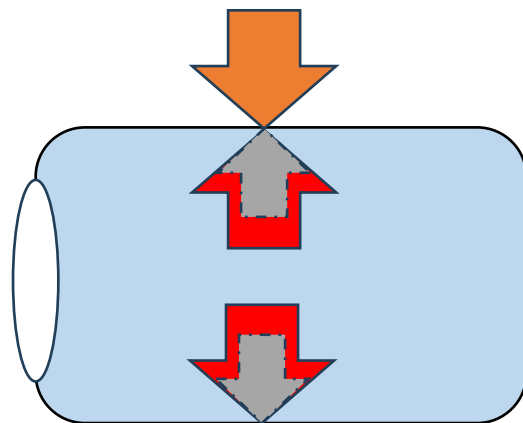
計測値の振動



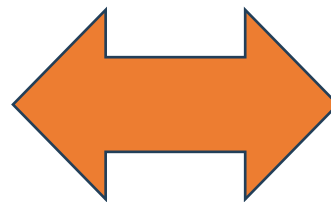
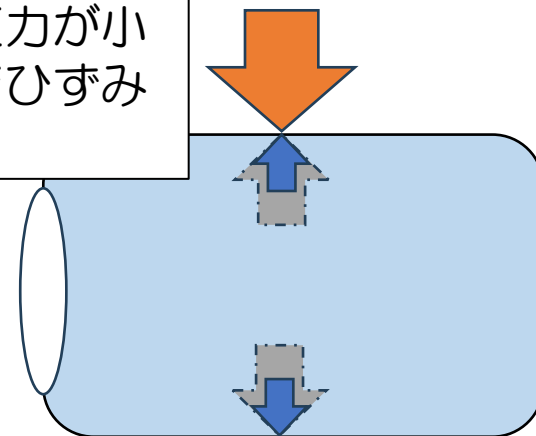
【日中・夏】水温が上昇
することで水が膨張する
⇒計測装置内の圧力が高まる



【夜間・冬】水温が低下
することで水が縮小する
⇒計測装置内の圧力が小さくなる



計測装置内の圧力が小
さくなることでひずみ
やすくなる

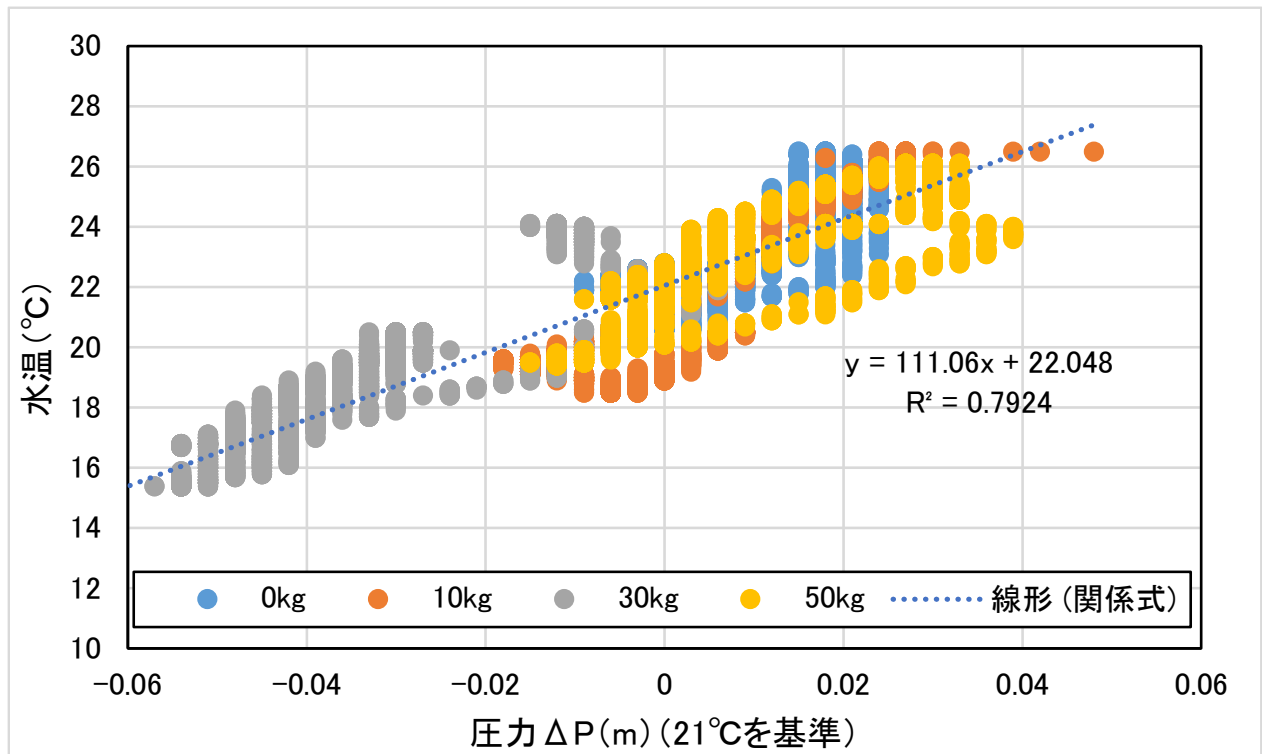


⇒水温と圧力の関係を補正することでより精度よく計測できる。

4. 考察（水温による圧力変化の考慮）

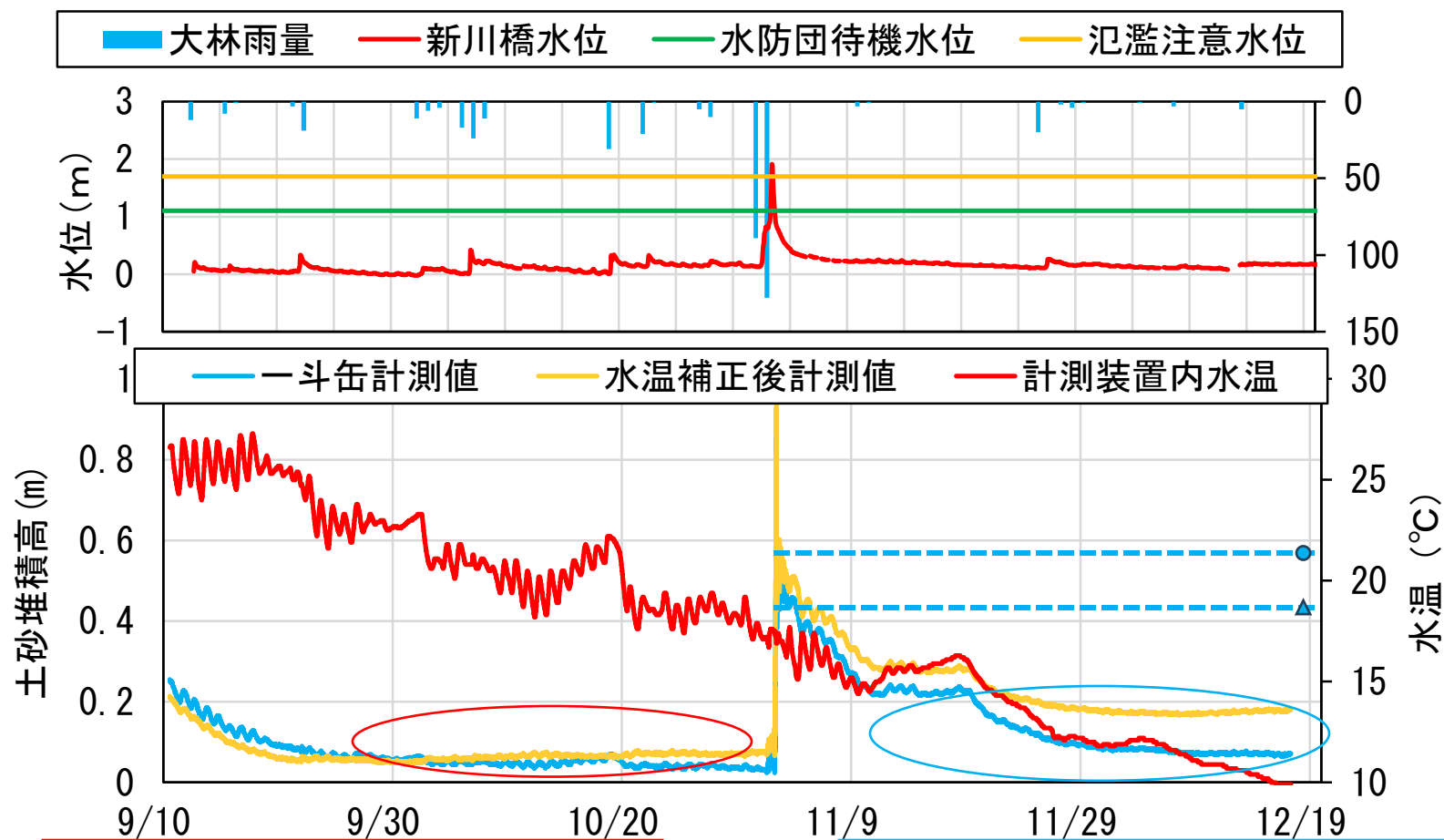
計測値の振動の補正

計測装置におもりを載せ、計測装置内の水温と計測値の変化の補正式を作成



4. 考察（水温による圧力変化の考慮）

計測値の振動の補正



大規模出水がない（河床変動がない）期間では概ね一定

15°C以下は補正式外挿区間
⇒より精度の向上が見込める

⇒水温と圧力の関係を補正することでより精度よく計測できる。

5. 結果と今後の課題

本研究で得られた結果

- (1) 袋体タイプは耐久性に難があり、補正式による推定も困難であり、**現地への適用は困難である。**
- (2) プレートタイプでは**細かい粒径の場合、精度よく計測できる可能性がある**ことが示唆された。
- (3) 一斗缶タイプ、角缶タイプ、砂入角缶タイプは硬い素材を使用しているため、少量の荷重では硬い素材が受け持ち容易に変形できず、小規模出水時に土砂堆積高が計測されなかったと考えられる。
- (4) **壁面に作用する圧力を考慮した結果、中央に設置した一斗缶タイプ及び、砂入角缶タイプは大規模出水直後に関しては精度よく観測することができた。**
- (5) 一斗缶タイプ及び、砂入角缶タイプでは**液封現象により、計測値が規則的に振動していた。そのため、水温と計測装置内に生じる圧力の関係式で補正することで解決することができると考えられる。**

今後の課題

- (1) **計測装置の素材によって、計測に適した粒径の範囲があると考えられるため、河床粒径の異なる他河川で適用した場合においても、開発した各計測装置が適用できるかを検討する必要がある。**
- (2) 実河川の河床へ計測装置を適用する際は、河床より深く埋め杭等を使用して河床に固定するなどの**計測装置が流出しにくい設置方法について考案する必要がある。**