



### 従来の水位観測方法の課題

従来、河道閉塞の湛水位監視を行う場合は、**水位計とKu-SAT(衛星小型画像伝送装置)**を現地に人力で搬入・設置することが一般的であった

しかし以下の課題があった。

- 重量のある機材を人力で搬入するため**多大な労力**がかかる
- 道路の寸断により河道閉塞にアクセスできず**監視開始までに時間を要する**(数日~1ヶ月程度)。
- 現地設置時に**二次災害に遭遇する危険**がある
- 斜面の再崩壊などにより**設置した機器が破損**する恐れがある
- 燃料補給のために、**数日に1回現地に行く必要がある**
- 人力施工のために、**センサは比較的浅い深度しか設置できない**場合がある

### 投下型水位観測ブイの特徴

ヘリコプターで運搬し、河道閉塞の湛水部に投下するだけで設置が完了

- ①迅速性:** 地震等による地上道路の寸断状況にかかわらず、ヘリコプターによる運搬・投下設置が可能のため、水位観測を迅速に開始できる。
- ②安全性:** 作業員が地上で作業を行う必要が無いため、土石流などによる二次災害の遭遇を回避できる。
- ③測定安定性:** 河道閉塞湛水部の任意の地点への設置が可能のため、渓岸からの土砂流入による機器の破損・流失の危険が少なくなり、安定した測定が期待される。また、センサを深い深度に設置することができるため、広い水位範囲を監視することができる。
- ④低コスト:** 従来技術に比べて、機器費は1/3、維持費は1/10以下に軽減できる。  
従来: 機動費1,200万円 運搬・設置100万円 維持費100万円/月(燃料補給作業費)  
本技術: 機動費370万円 運搬・設置100万円 維持費5万円/月
- ⑤その他:** 設置場所を任意に選定できるため、人力施工できない深い深度にも設置可能  
⇒**従来手法による課題を同時に解決**

本装置は、平成20年岩手・宮城内陸地震での河道閉塞発生を受け、土木研究所火山・土石流チームと株拓和により緊急的に開発された。

### 投下型水位観測ブイの概要

■電源を投入し、ヘリコプターから投下するだけで設置が完了。  
■その他の機器操作、機器調整は特に必要がない。

- ①ヘリコプターに吊り下げられ河道閉塞まで輸送される
- ②水中に投下後、ブイ(衛星通信装置)とケージ(水位計センサー)が分離し観測を開始する
- ③衛星通信(イリジウム衛星)を利用し、水位データが伝送される、監視局にメール配信される

### 投下型水位観測ブイの外観

空中中はフックでブイが固定され、水中投下後にブイの浮力によりフックが解除され、ブイとケージが分離する

水中投下後: 水面に浮上

水中投下後: 河床に沈下

構成部品:

- 電磁フック
- 空輪の吊りロープ
- 衛星通信装置
- バッテリー
- ブイ部
- ケージ部
- 水位計ケーブル(50m付)
- 水圧式水位センサ

### 投下型水位観測ブイの設置概要

- ①ヘリコプターで吊り下り空輸
- ②ブイが着水したら電磁フックを解除してロープ切り離し
- ③アームが開放されてブイとケージが分離し、ケージが沈降する
- ④ケージが着床して設置完了し、直ちに観測開始

観測開始

↑ケージ浮出し

↑水位上昇に応じてケージ浮出し

↓ケージ沈降

## 水位計センサー・水位データについて

### ■水位計センサーは圧力式を使用

- ◇測定可能範囲 : 0~40m
- ◇測定精度 : 0.2%FS(±8cm)
- ◇使用可能最低温度 : -10℃(ただし凍結不可)



### ■設置場所の注意点

- ◇水位計の測定範囲が最大40mのため、河床から閉塞天端高までの高さが40m以内となるポイントに設置する必要がある。
- ◇圧力式のため、センサが泥に埋没すると誤差要因となる。

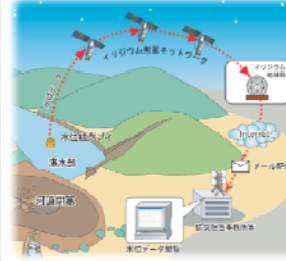
### ■観測された水位データ取捨の注意点

- ◇得られるデータは、設置した場所における『水深』データであり、これだけでは越流までの余裕高などを把握することはできない。
- ◇このため、ヘリコプター上からレーザ距離計を使用し、現在水面と閉塞部天端の比高を測定する作業が必要になる。
- ◇この比高と、水位上昇量を比較することにより、越流の有無を判断することが可能となる。
- ◇また、地上測量や航空レーザ測量の実施が可能となった段階では、標高値への換算が望まれる。

7

## 観測データの伝送方法

データ伝送にはイリジウム衛星通信システムを用いている。本システムは、66機の低軌道周回衛星により運用されており、地球上の多くの場所で通信を行うことが可能である。



### ■現地適用性が高い

- ◇地震による地上系設備の損壊や災害時の輻輳の影響を受けない。
- ◇河道閉塞が形成されるような比較的狭い渓流でも使用可能。

### ■取扱いが容易

- ◇無指向性アンテナ使用のため向き調整が不要。
- ◇ユーザへは、Eメールによりデータが届けられる。

### ■留意点

- ◇衛星の軌道状況によって通信が遅れる場合がある。
- ◇ブイ上に着雪すると通信ができない。

8

## イリジウム衛星通信の特徴

### ■データ伝送の遅延時間: 約1~5分程度

### ■Eメール配信先: 最大5ユーザ

- (⇒迷惑メールと混同されないようセキュリティの調整が必要な場合がある。)

### ■データ監視: 専用ソフトによる自動開封、作表・作図

### ■観測時間間隔の変更: ユーザーPCからEメールを機器側に送信するだけで可能(10分・30分・60分・24時間など設定可)。

- ⇒出水時には観測間隔を短くして監視性を高めたり、非出水時には長くして通信料金の低減を図るなど、状況や必要性に応じたコントロールが可能。

### ■ブイに搭載される端末は、データ通信専用のため通話は不可。

9

## 設置の流れ

### (1)通信契約

#### ■イリジウム衛星通信を行うにあたっては、KDDI株と通信契約を締結する必要がある。

#### ■使用契約申込書の作成・送付

- ◇メール配信先アドレス: 5か所まで登録可能
- ◇イリジウム設備製造番号(IMEI): ブイ本体に貼付されている15桁の番号

※KDDI社の受付可能時間: 平日9:00~17:00

- ⚠契約書受理後、通信可能な状態となるまでに2~3日程度を要する(土日は除く)ため、速やかな契約書送付が必要。

#### ■その他

- ◇メールアドレスの配信先は、契約後も変更可能(要手数料)。

#### ■諸費用

- ◇使用契約料: 10,000円
- ◇通信料金(目安)
  - ・観測間隔10分の場合: 約35,000円/1ヶ月あたり
  - ・観測間隔60分の場合: 約13,000円/1ヶ月あたり
- ◇設定変更料: 1,000円/1回

※注: 上記料金はBプラン選定、かつ使用者がKDDI社と直接契約を結んだ場合。

10

## 事前準備作業

### (2)ヘリコプター確認手配

#### ■離発着場所の確認

- ◇対象となる河道閉塞の天然ダムが発生場所を確認し、ヘリコプターで荷吊りを開始する場所を設定する。
- ◇離発着場所の設定にあたっては、当該場所の上空開放空間等の制約を生じる。

#### ■ヘリコプター手配

- ◇電磁フックを装着でき、荷吊り輸送を行うことが可能なヘリコプターを手配する。

#### ■飛行場外でヘリコプター離着陸を行うための許可申請

- ◇ヘリコプターの運航にあたり、航空事業者が飛行場外離着陸許可を航空局に申請する必要がある。平常時は申請許可が下りるまで2週間程度かかるが、災害発生時の緊急的対応等については航空局と協議を行う必要がある。

- ⚠詳細は航空事業者との協議が必要となる。



11

## 設置の流れ

### (3)機器動作確認

- ①上空が開放した場所にブイを握る。
- ②ブイ上部のドーム状カバーを外す。
- ③電源スイッチをONする。
- ④動作ランプが正常に点灯し、初期化が完了することを確認する。
- ⑤メールデータの受信、監視ソフトでの表示を確認する。



動作ランプ 電源スイッチ

#### 【監視ソフト画面】

No.	日時	緯度	経度	水位	電源電圧
1	2011/09/22 12:55:00	34.848000	135.4537500	0.00	10.0
2	2011/09/22 12:55:00	34.848000	135.4537500	0.00	10.0
3	2011/09/22 13:00:00	34.848000	135.4537500	0.00	10.0

最新データが表示されることを確認

- ⚠電源投入、動作ランプ確認が適切に行われないと正常動作しないため、本作業は確実に行う必要がある。

12

## 設置の流れ

### (4)ヘリコプターで輸送

- ①電源を投入し、動作ランプが正常な点灯を確認する。(3)動作確認参照)
- ②パイのアーム部に吊下げロープを通す(2本)。
- ③ヘリコプターの電磁フックに吊下げロープをかける。
- ④ヘリコプターを離陸させる。
- ⑤パイが後方に靡かないように速度調整をしながら河道閉塞まで輸送する。

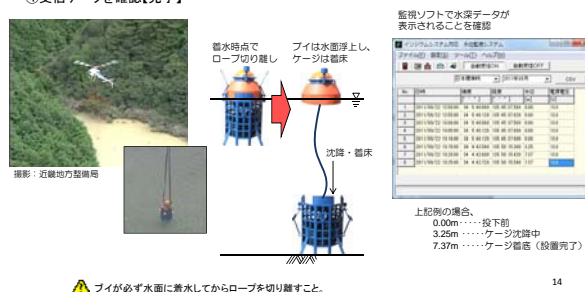


13

## 設置の流れ

### (5)湛水部への投下

- ①投下型水位観測パイが着水するまでヘリコプターを降下させる
- ②電磁フックを解除してロープを切り離す
- ③アームが開放されてパイとケージが分離し、パイが水面に、ケージが河床に沈むことを確認する
- ④受信データを確認【完了】



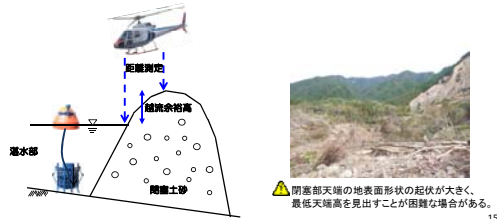
14

## 設置の流れ

### (6)現在水面～閉塞土砂天端高の比高測定

投下型水位観測パイで得られるデータは、設置地点の水深データであるため、河道閉塞の越流有無を把握するためには比高測定を行う必要がある。

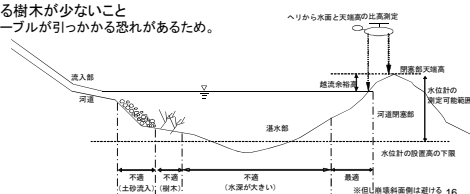
- ①ヘリコプター上からレーザー距離計を用いて、設置時の水面高と、閉塞土砂の最低天端高との比高(越流余裕高)を測定する。
- ②この越流余裕高と、設置時以降のパイ水深データの上昇量を対比することによって越流有無を判断することができる。



15

## (参考)設置に適した場所の選定

- 河床高～想定される最大水位が深くないこと  
⇒水位計の測定範囲が40mであるため。
- 崩壊部、溪岸、流入部などから離れていること  
⇒再崩壊等により土砂が流入した場合に、機器が破損する恐れがあるため。
- 河床勾配が緩やかであること  
⇒ケージ部が不安定な角度となり、転倒・ずれる恐れがあるため。
- 粘土・シルトが厚く堆積していないこと  
⇒センサが埋没すると水圧を受感できなくなり、水位測定に支障がでるため。
- 水没している樹木が少ないこと  
⇒水位計ケーブルが引っかかる恐れがあるため。

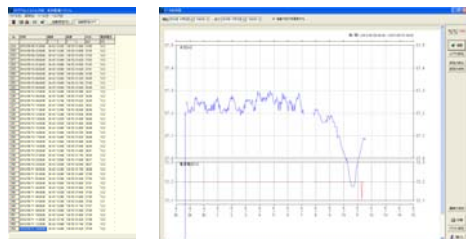


16

## 監視運用

専用ソフトによるデータ監視を行う。

- ◇観測間隔ごとに配信されるEメールを、専用監視ソフトにより自動開封して、作表・作図される。
- ◇表示される情報は、日時、緯度経度、水深、電源電圧。



- 危険度評価の例：
- 『水位の上昇』 ⇒ 決壊危険度が增大している
  - 『水位上昇量>越流余裕高』 ⇒ 越流、決壊に注意する必要あり
  - 『水位の急激な下降』 ⇒ 決壊発生危険性あり

17

## 観測時間間隔の変更

◇観測時間間隔は、利用者PCからイリジウムサービスにメールを送信することによって設定変更することが可能である。

◇これにより、出水時には観測間隔を短くして監視性を高めたり、非出水時には長くして通信料金の低減を図るなど、状況や必要性に応じたコントロールが可能となる。

<運用例>

- ◇非出水時……30分または60分間隔にして通信料金・電圧低下をセーブ
- ◇出水時……10分間隔にして短時間で水位変化を重点監視

18

## バッテリーによる運用可能期間

- 投下型水位観測パイは、**バッテリーのみで動作**している。
- バッテリーの容量と観測間隔によって連続運用期間が変化する。
  - ◇観測間隔 10分間：1ヶ月程度
  - ◇観測間隔 60分間：3ヶ月程度
  - (※設置時の初期電圧や、外気温条件によって連続運用期間は変化する)
- データメールに、バッテリー電圧データも含まれているため、電圧状況を随時確認することが可能。

バッテリー電圧	判断
12.0V以上	正常に運用できるレベル
12.0V以下	バッテリーの交換時期が近づいている
11.5V以下	バッテリーの交換を要する
11.0V以下	電圧が急激に低下し、速いペースで観測動作電圧10.5Vに至ることがある。
10.5V	内部データ保存のため、観測が自動停止する。復旧のためにはバッテリー交換が必要となる。

19

## 保管時のメンテナンス

いつ災害が発生してもすぐ使用できるように、定期的にメンテナンスを行っておく必要がある。

- バッテリーの充電(6ヶ月に1回程度)
  - ⇒概ね13.0V以上を維持できるように
- 機器動作点検(1年に1回程度)
  - ※この際、通信契約を一時的に結ぶ必要がある
- 関連資料の確実な保管・管理
  - ◇IMEI番号の管理(この番号がないと通信契約できない)
  - ◇通信契約申込書(あらかじめ必要事項を記入しておく)
  - ◇取扱説明書
  - ◇監視ソフト
- 保管場所
  - 直射日光が当たらず、温湿度変化が少ない倉庫など



パイ内部のバッテリー  
この状態で充電器を接続して充電する



倉庫での保管

20

## 納入実績

国土交通省の各地方整備局で河道閉塞発生時の緊急監視機器として整備が進んでいる。

- 北海道開発局・札幌開発建設部：1台
- 東北地整・北上川下流河川事務所：2台
- 関東地整・利根川水系砂防事務所：2台
- 中部地整・中部技術事務所：1台
- 北陸地整・北陸技術事務所：1台
- 近畿地整(本局)：1台
- 近畿地整・六甲砂防事務所：1台
- 中国地整・中国技術事務所：1台(11月末予定)
- 四国地整・四国技術事務所：1台



全国配備状況

21

## 災害での活用事例の紹介

### 事例①

平成20年岩手・宮城内陸地震で発生した湯浜地区河道閉塞での活用事例  
(東北地方整備局 北上川下流河川事務所)

### 事例②

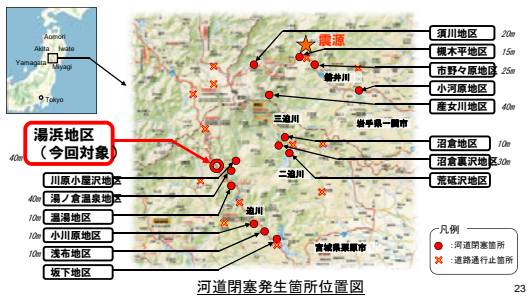
平成23年紀伊半島豪雨で発生した奈良県・和歌山県河道閉塞での活用事例  
(近畿地方整備局)

22

## 災害での活用事例の紹介(H20岩手・宮城内陸地震)

### (1)概要

平成20年6月14日に発生した平成20年岩手・宮城内陸地震により、岩手県一関市、宮城県栗原市を中心に、15箇所及以上河道閉塞(天然ダム)が形成された。



23

## 災害での活用事例の紹介(H20岩手・宮城内陸地震)

### (2)湯浜地区河道閉塞の状況



湯浜地区天然ダム状況

- 塞止高40mの河道ダムが発生
- 下流側で実施される復旧工事の二次災害の防止上、監視の必要が生じた
- 道路寸断により本地区への陸上からのアクセスが困難

既手法による水位計の迅速な設置は困難であり、投下型水位観測パイを急速開発し、設置することとなった。

24



### 災害での活用事例の紹介 (H20岩手・宮城内陸地震)

(3)設置状況 撮影:東北地方整備局

①ヘリポートでの積み込み作業      ②輸送状況

③投下設置状況      ④設置完了・観測開始

25

### 災害での活用事例の紹介 (H20岩手・宮城内陸地震)

(4)設置位置

投下型水位観測パイの設置位置

26

### 災害での活用事例の紹介 (H20岩手・宮城内陸地震)

(5)測定されたデータ状況

※雨量は近隣の気象庁アメダス観測所のデータを使用

◇水位データは東北地方整備局にリアルタイム配信され、防災情報として活用された。

27

### 災害での活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)

災害概要  
平成23年台風12号により紀伊半島で総雨量1000mmを超える豪雨があり、奈良県・和歌山県で17カ所の河道閉塞が形成され、うち5カ所が緊急調査・監視の必要があると判断された。

国土交通省ホームページより

28

### 災害での活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)

設置対応の経緯

5カ所の河道閉塞のうち、特にアクセスが困難な4カ所において投下型水位観測パイが設置され、発災後1週間以内に水位監視体制を構築することができた。

日付	対応内容	関連事項
9/8	・赤谷地区で1号機投下	
9/9	・長殿地区で投下 ・熊野地区で1号機投下 ・栗平地区で1号機投下	
9/13	・熊野地区で2号機投下	
9/18	・栗平地区で2号機投下	・北股地区で地上型水位計設置
9/22	・栗平地区で3号機投下	
10/30	・赤谷地区で2号機投下	

29

### 災害での活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)

投下型水位観測パイ 輸送・設置状況

30

災害での活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)



機器集約・状態確認

現地ヘリポートまでの空輸

現地ヘリポートでの荷吊り

河道閉塞に向かって吊下げ輸送開始

災害での活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)



撮影：近畿地方整備局

河道閉塞に向けて輸送

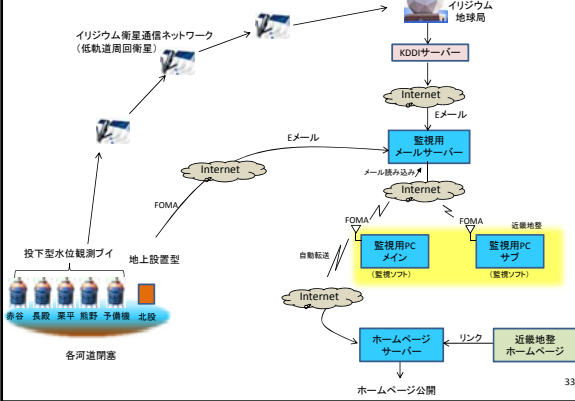
パイが水面に着水したらロープを切り離し

設置完了

設置されたパイの状況

災害での活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)

(4)構築された監視システムの概要



災害での活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)

【栗平地区】

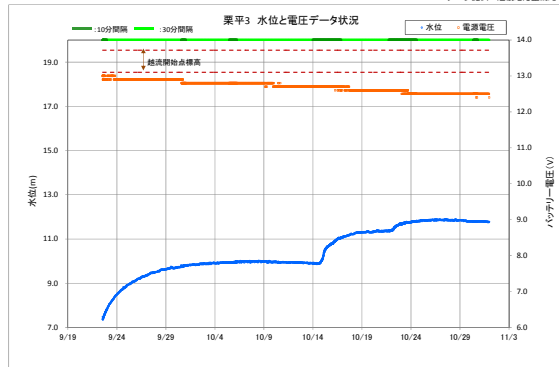
- ◇9/9に1号機設置
- ◇9/18に2号機設置 (1号機測定上限不足の補足用)
- ◇9/22に3号機設置 (9/21に1号・2号機が強風時の流木吹き寄せ?により破損)



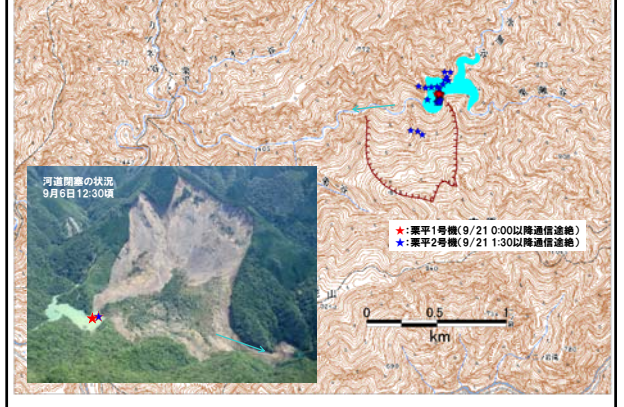
◇河道閉塞規模：閉塞高約100m、洪水時貯水容量約750万m<sup>3</sup>

災害での活用事例の紹介 (H23台風12号豪雨)

【栗平地区データ】




平成23年9月20日21:00~21日1:30までの栗平地区の河道閉塞における投下型水位観測パイの測位データについて



### 災害での活用事例の紹介(H23台風12号豪雨)

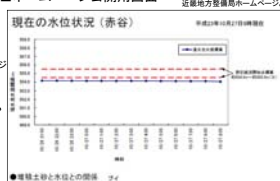
監視ソフト・ホームページでのデータ監視

■監視ソフト画面(多点一括監視版)



■ホームページ公開用画面

現在の水位状況(赤谷)



■監視間隔

- 平常時: 30分間隔
- 降雨時・住民一時帰宅時: 10分間隔


◇発表間隔: 1時間間隔

### 災害での活用事例の紹介(H23台風12号豪雨)

状況に応じた観測時間間隔の設定運用

投下型水位観測パイプは、観測時間間隔を遠方から変更することができる。  
今回災害においては以下の要領で運用された。

- ◇平常時: 30分間隔
- ◇降雨時: 10分間隔
- ◇その他: 10分間隔(避難住民の一時帰宅がある場合)



※観測時間間隔を短くすると消費電流が増加してバッテリーの耐久期間が短くなるため、出水後は極力早期に30分間隔に戻す処置がとられた。

### 災害での活用事例の紹介(H23台風12号豪雨)

まとめ・生じた課題

①まとめ

- ◇今回生じた河道閉塞は陸路でのアクセスが困難であり、決壊の恐れがあるなか早期の水位監視を実現し、大規模土砂災害の防災対策に貢献できた。
- ⇒投下型水位観測パイプの特徴を発揮できた
- ◇新聞・テレビ等でも報道され、防災対策の実施状況をアピールすることができた。

②生じた課題など

- ◇ケージ部の設置後のすべりによるデータ変化
- ◇多数パイプ監視・ホームページ配信システムの緊急的構築に時間を要した
- ◇通信衛星の軌道状況による時間遅延
- ◇越流開始高の設定

### まとめ

土研式投下型水位観測パイプの導入により…

- ◇これまで、災害発生後1週間~1ヶ月程度を要していた河道閉塞の水位観測の開始が、数日程度で開始できる。
- ◇設置作業時における二次災害遭遇リスクを解消できる。
- ◇維持に要する費用を大幅に軽減できる。

河道閉塞発生後の防災戦略が劇的に迅速化し、住民・工事関係者の安心・安全確保に貢献することができる。

### 受賞

○第14回国土技術開発賞 選考委員会委員長表彰、(財)国土技術センター・(一財)沿岸技術研究センター、2012年7月

○砂防技術賞、(社)砂防学会、2012年5月

■関連文献等

- ◇独) 土木研究所 火山・土石流チーム(2008):天然ダム監視技術マニュアル(案)
- ◇山越・伊藤ら(2009):「河道閉塞緊急監視のための土研式投下型水位観測パイプ」、平成21年度砂防学会研究発表会概要集
- ◇東北地方整備局・記者発表資料(2008/7/5):平成20年岩手・宮城内陸地震により発生した河道閉塞(天然ダム)箇所の湯浜地区の水位観測について
- ◇伊藤・山越ら(2012):「2011年台風12号による紀伊半島における天然ダム災害への投下型水位観測パイプの適用事例について」、平成24年度砂防学会研究発表会概要集

■問い合わせ先

- ◇独) 土木研究所土砂管理グループ 火山・土石流チーム  
茨城県つくば市南原1-6 電話: 029-879-6785
- ◇櫛拓和 企画室  
東京都千代田区内神田1-4-15 電話: 03-3291-5873