

肱川阿蔵箇所での牽引式電気探査を用いた 堤防の浸透に対する弱部抽出事例

大洲河川国道事務所 工務第一課 河川工務係員 田内 敬祐
大洲河川国道事務所 工務第一課長 三國 宣仁

1. はじめに

[背景]

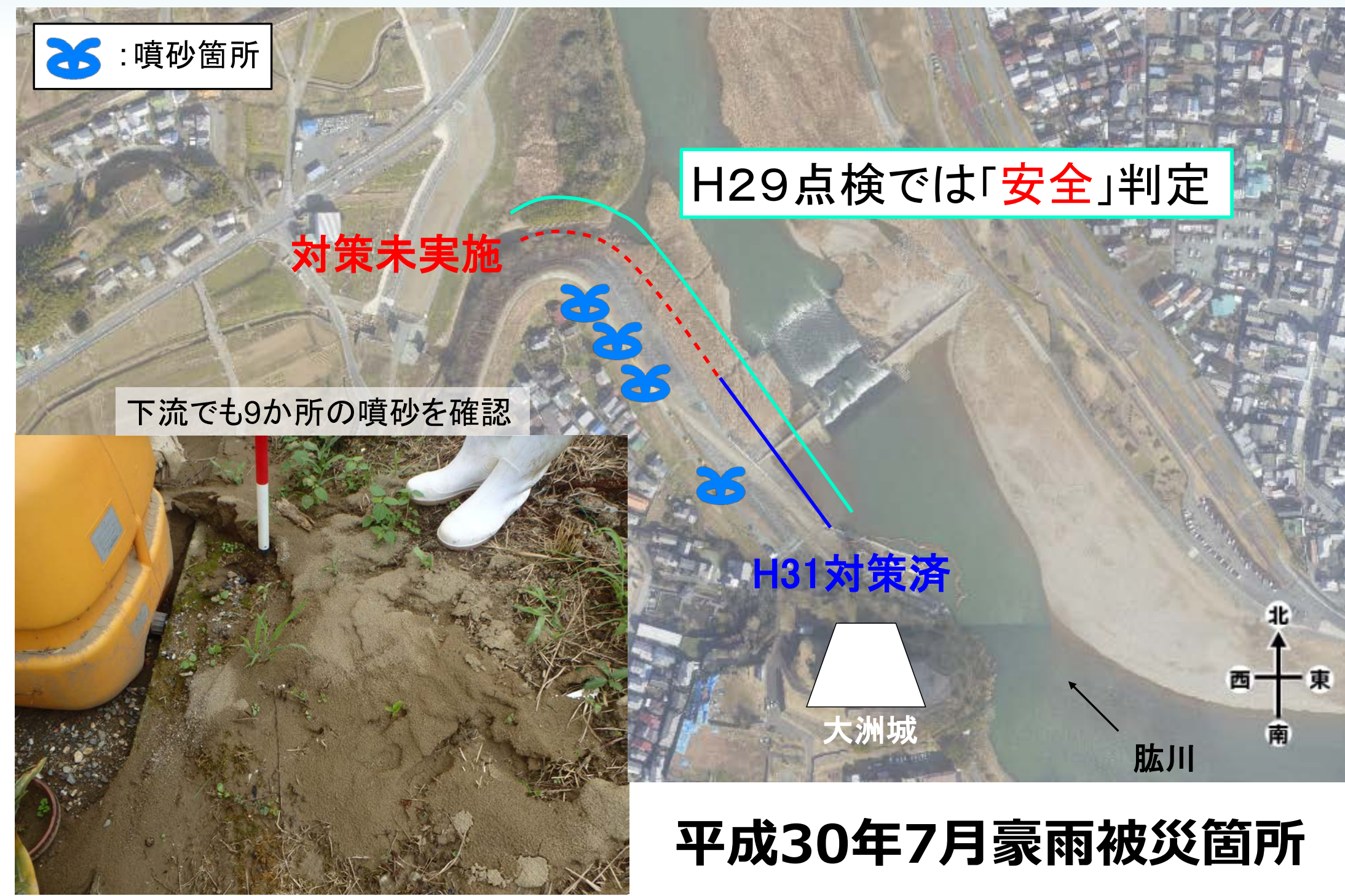
○平成30年7月豪雨において、一級河川肱川の阿蔵箇所ではパイピング現象が発生し、裏法の陥没や、堤内地で激しい噴砂などの被害が確認された。

[課題]

○被災箇所対策を完了したが、既往の点検では被災箇所を含む一連区間において、パイピング破壊は生じない結果であったため、残区間において対策必要性の早急な把握が課題とされた。

[目的]

○対策完了箇所の下流区間において牽引式電気探査を実施し、その結果を反映した地盤モデルから再検討を行った。



平成30年7月豪雨被災箇所

2. 河川堤防のパイピング

[パイピングとは]

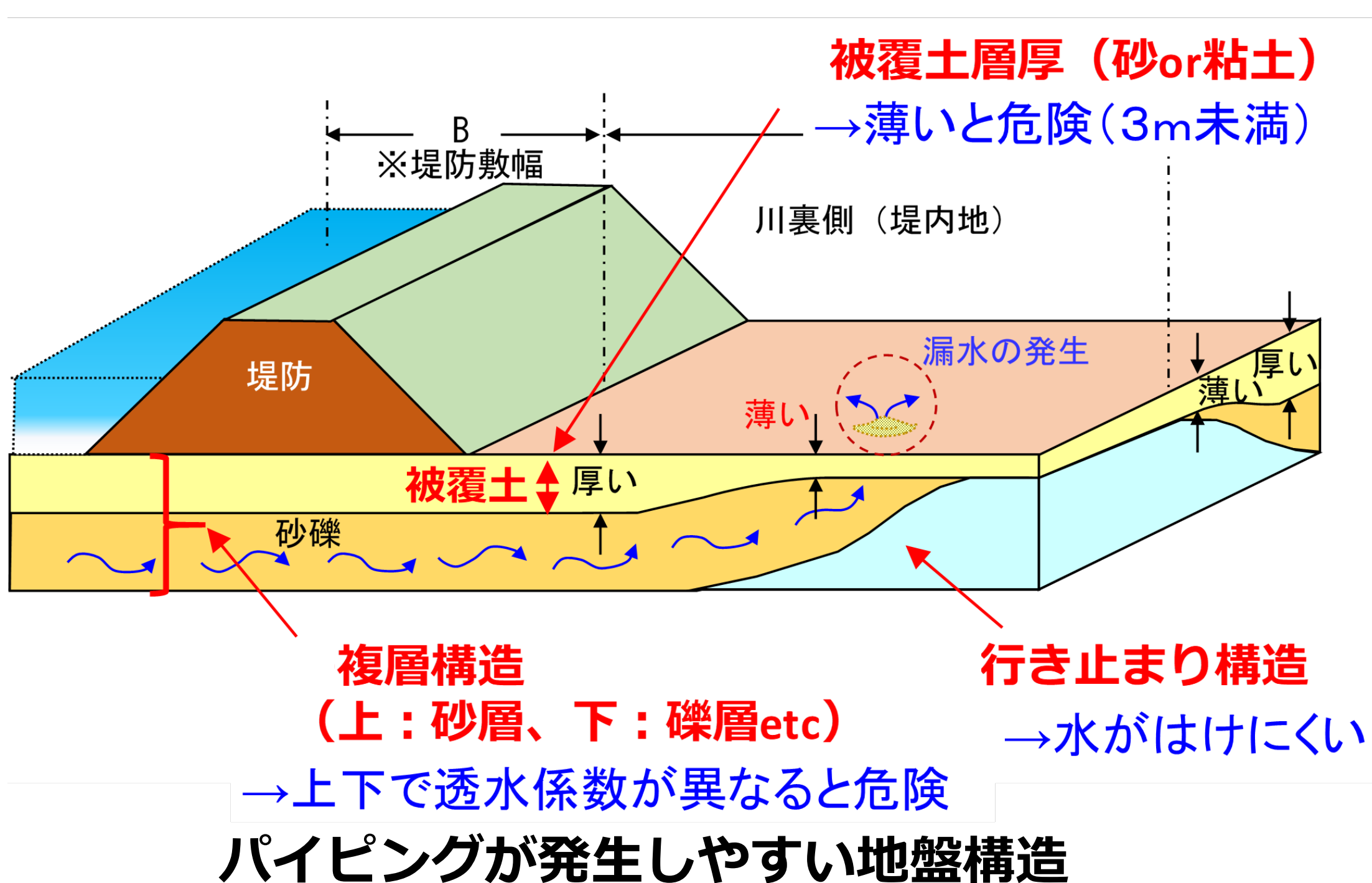
○上昇した外水の水圧による川裏法尻付近の漏水や噴砂をきっかけとし、堤体あるいは基礎地盤内の土が徐々に噴砂孔から排出されることによって、パイプ状の空洞が川裏側から川表側に向かって進展する現象である。

○パイプが川表側まで貫通すると同時に、大量の水が流れ、パイプを急激に拡大させ、安定を失った堤体が沈下・陥没し、最終的には破堤に至る。

パイピングは、土中での現象のため、被害が見えにくい。

[パイピング発生の要因]

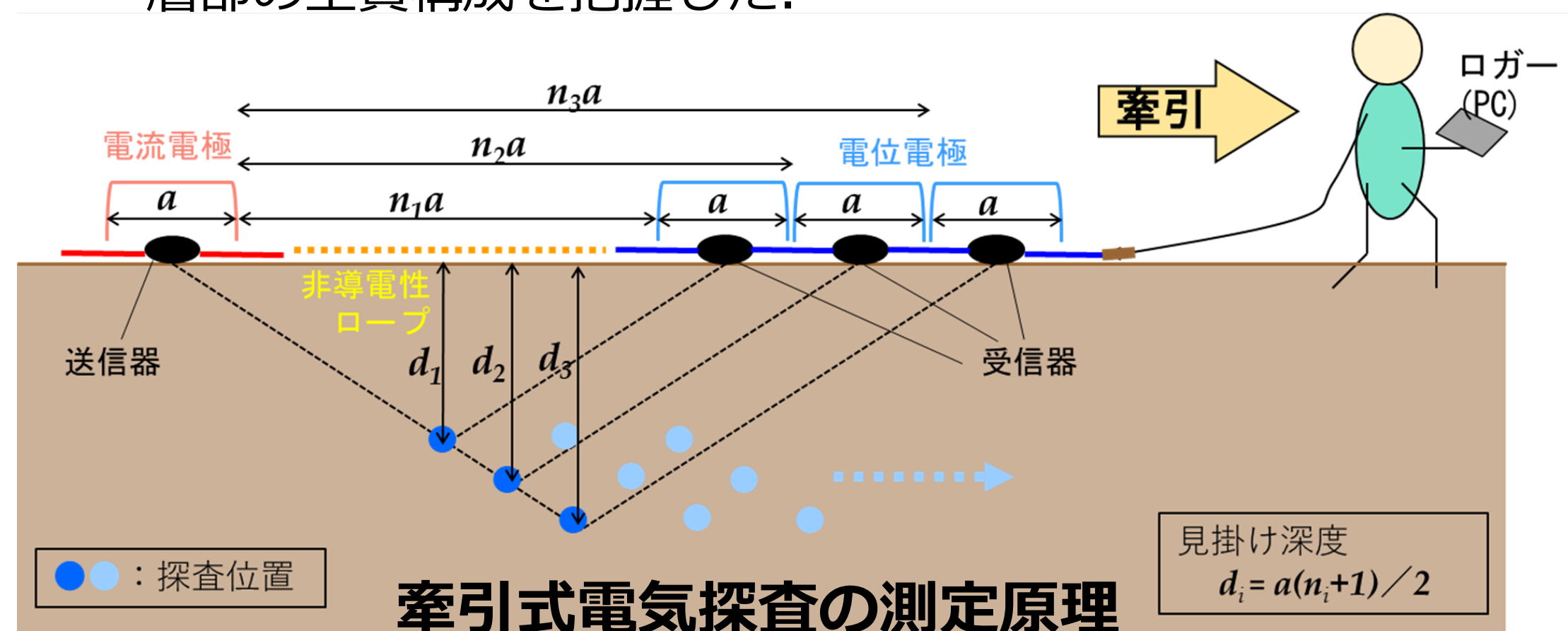
- ①被覆土層厚**：パイピングは、被覆土層厚が相対的に薄くなる箇所が生じやすく、**被覆土層厚が3m未満**の場合は、発生の危険性が高い。
- ②行き止まり構造**：川表側から透水層を通して供給された水が、川裏側に分布する粘性土などの行き止まり地盤によって堰上げられることで噴砂を伴う漏水が発生する。**堤防敷幅に対して、裏法尻から1.5倍の範囲**に行き止まり構造がある場合はパイピングの危険性が高くなる。
- ③複層構造**：基礎地盤が透水性の異なる複層からなり、かつ上層に対し下層の透水性が高い場合（**上層が砂層で下層が砂礫層等の場合**）にパイピングが生じやすい。



3. 牽引式電気探査

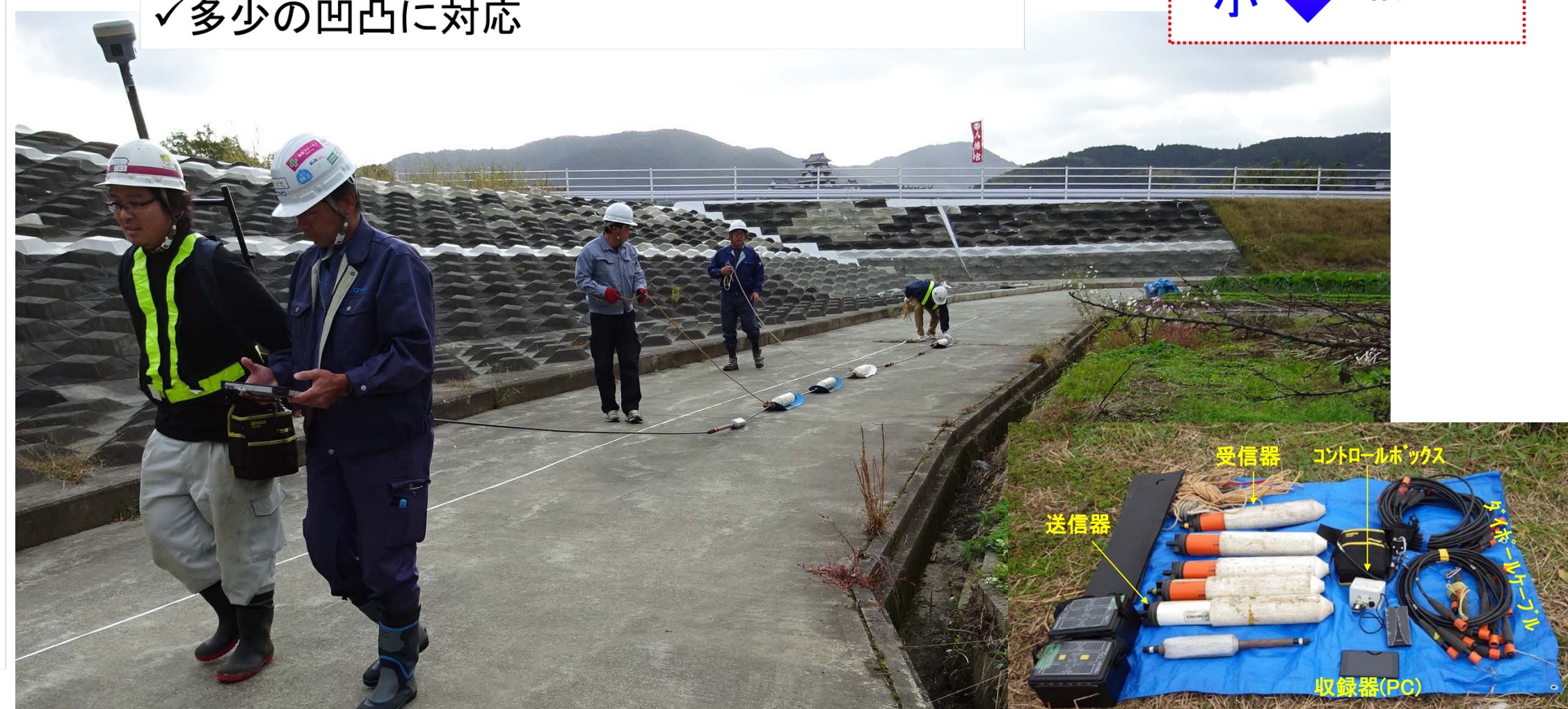
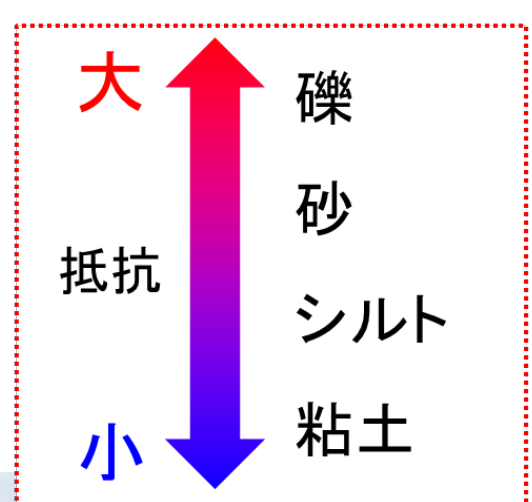
[調査方法]

- 堤防弱部を効率的に把握するためには、堤内地において深度2~4m程度の**浅部地盤構造の把握が重要**。
- 堤内地は**民有地であることが多い**ため、調査を行う場合は、**非破壊調査**である物理探査が望ましい。
- 牽引式電気探査は、被覆土層厚が相対的に薄い箇所、旧河道等の要注意地形の分布、行き止まり構造および複層構造を**比抵抗値により連続的に把握**。
- 牽引式電気探査結果の精度を確認するため、堤防法尻部において簡易ボーリングによる試料採取を行い、基礎地盤表層部の土質構成を把握した。



メリット：短時間で連続的に地質の把握が可能

- ✓地盤の比抵抗値を計測して、地質分布を推定
- ✓約5mの深度まで計測可能
- ✓2km/日程度の計測が可能
- ✓アスファルトにも対応でき、非破壊調査が可能
- ✓多少の凹凸に対応



測定状況および測定機器

4. 調査結果

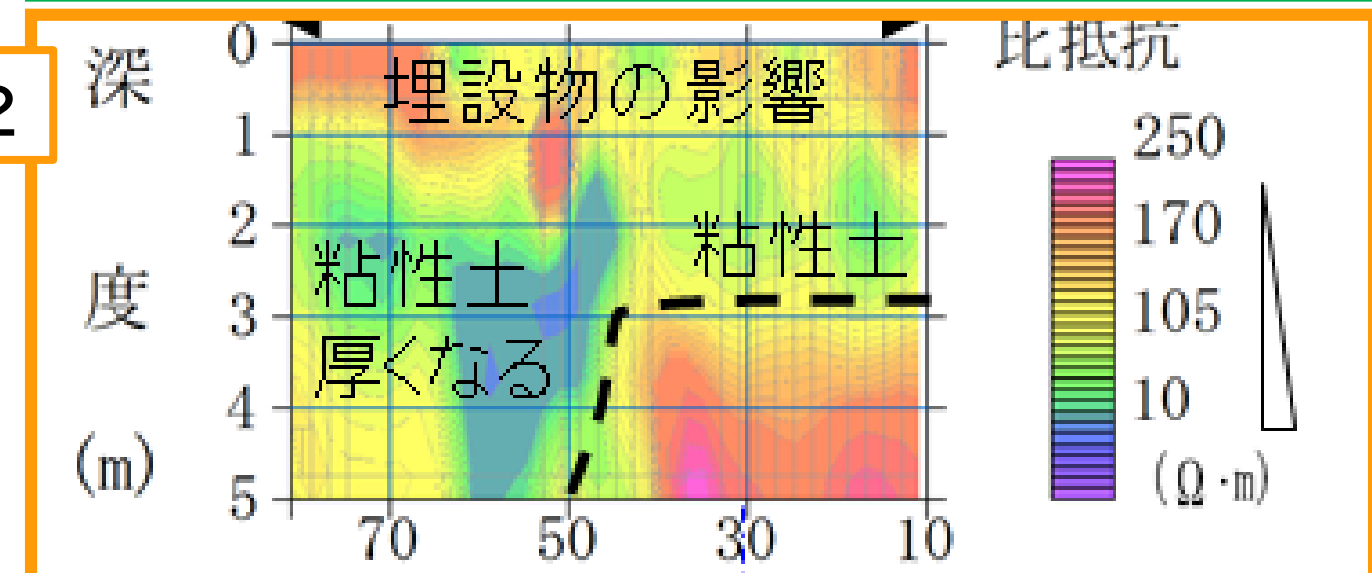
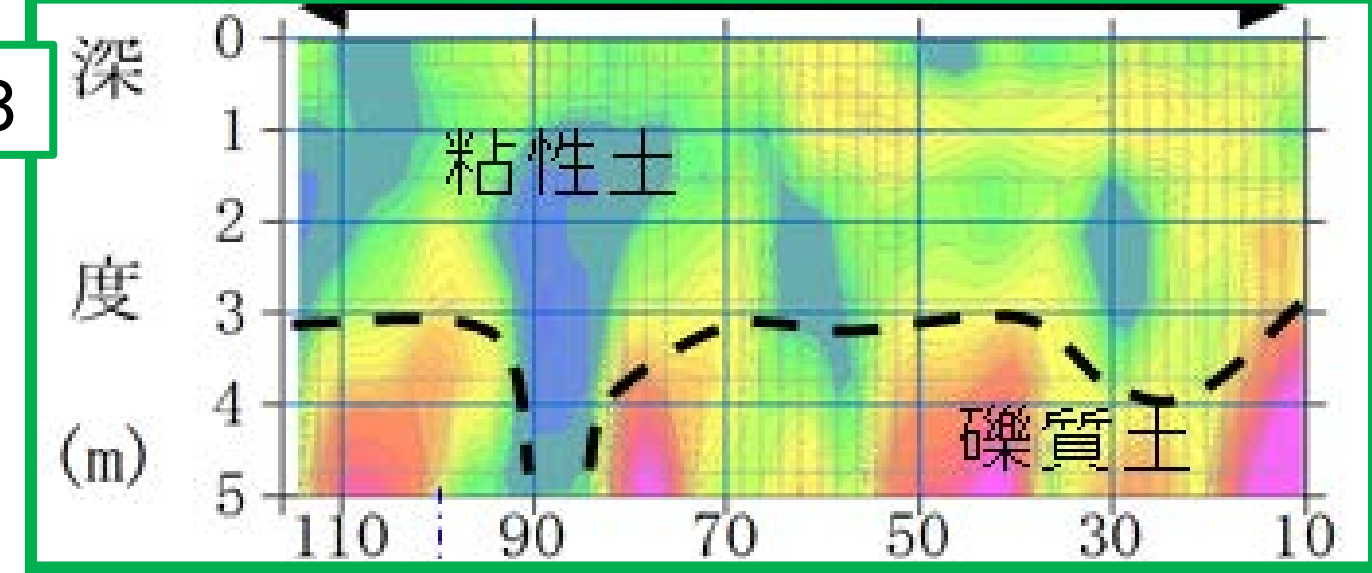
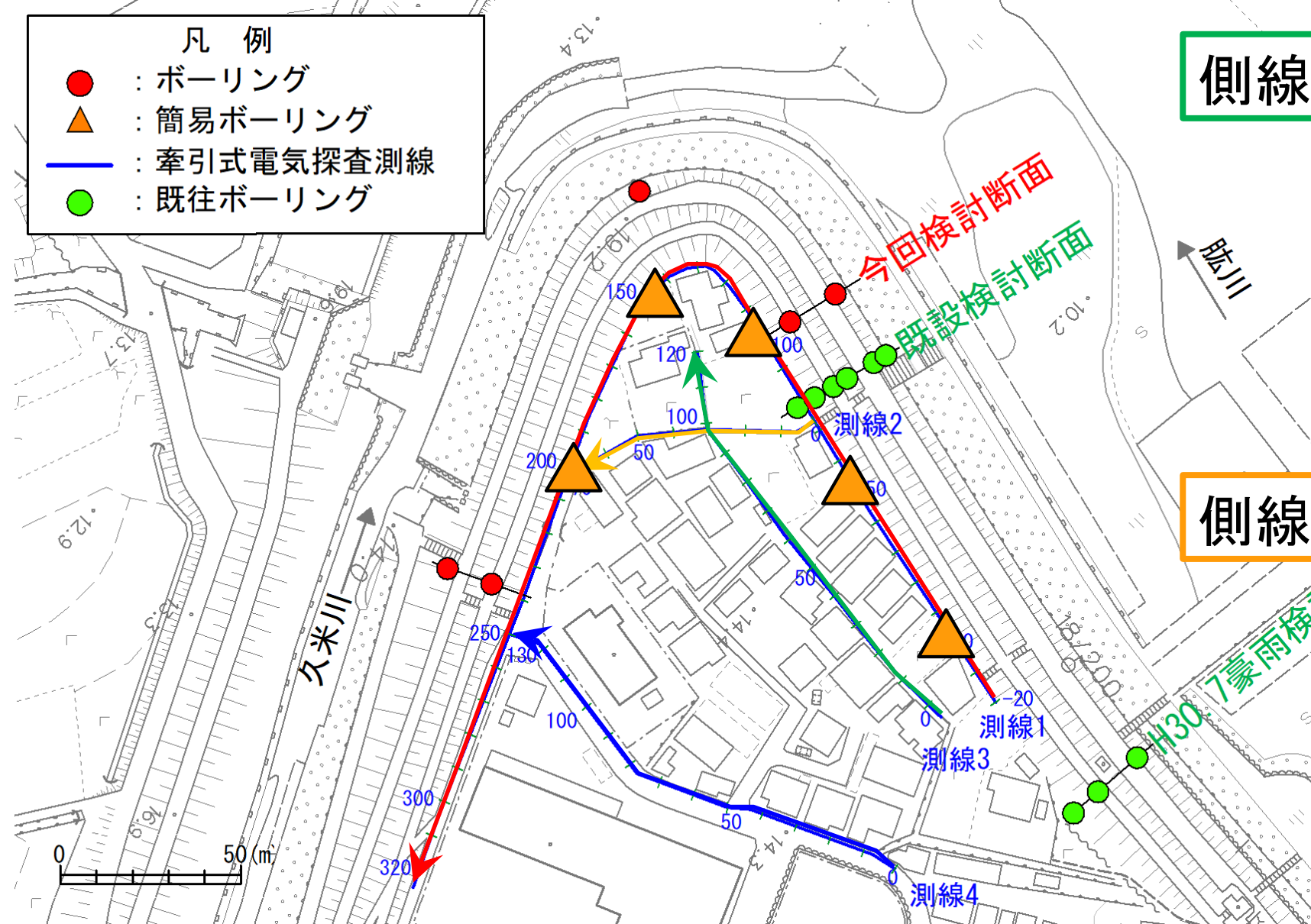
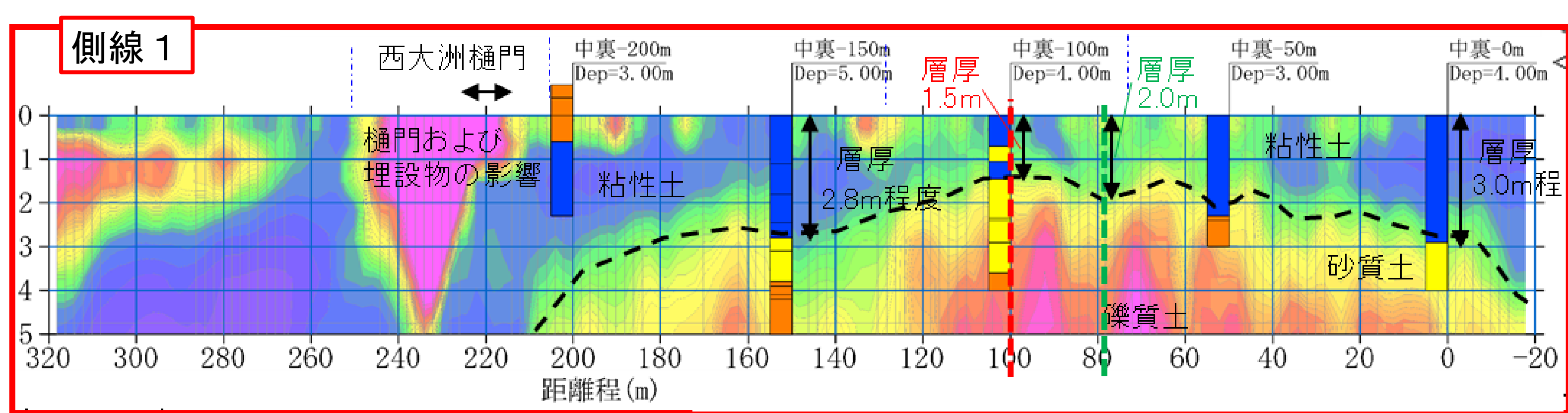
[牽引式電気探査を適用した結果]

○従来の浸透点検は、概略点検結果等により設定される一連区間から、堤防形状や堤内地盤高等のデータを用いて、浸透に対して相対的に危険な箇所を代表断面と設定する。

○牽引式電気探査を用いて堤防縦断方向の調査を行ったことで、**被覆土の層厚変化を連続的に把握**することができた。

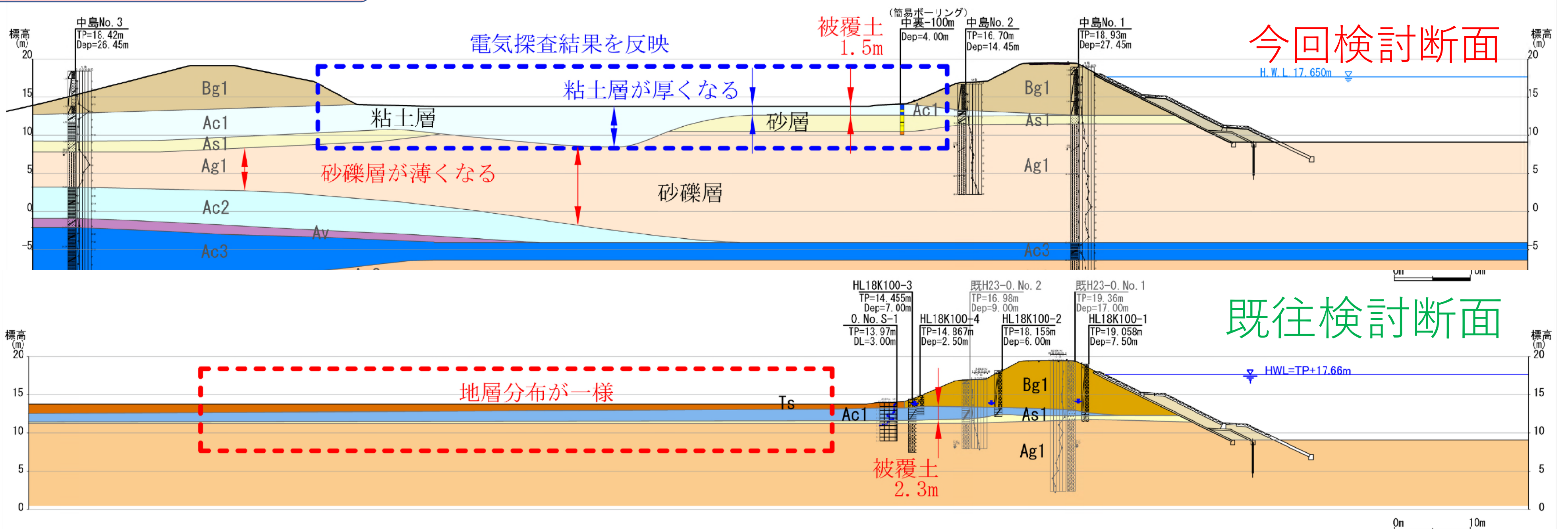
○被覆土の層厚はわずか200mの区間内でも**1.5~3m程度で変化**することを確認した。

○また、堤防横断方向の調査により、行き止まり構造とまではいかないが、**堤内地側にしたがって被覆土層の層厚が厚くなる**状況も把握できた。



調査位置平面図および牽引式電気探査結果図

最も危険な検討断面を抽出



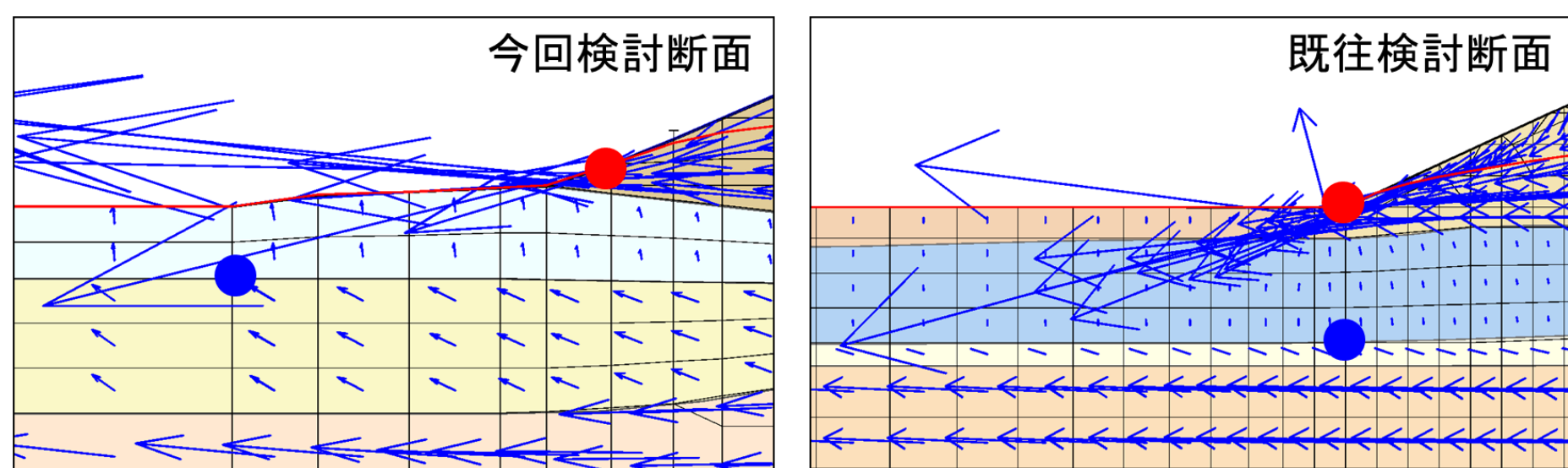
電気探査結果を反映した検討断面図（上）および既往検討断面図（下）

5. 浸透流解析

[今回検討断面と既往検討断面の比較]

○既往検討断面では $G/W=1.03 > 1$ となりパイピング破壊が生じない結果となっているが、今回検討断面では、既往断面に比べ**被覆土が薄いうえに、背後地の被覆土が厚く、高透水層の砂礫も薄く漸移**するため $G/W=0.80 < 1$ となり、パイピング破壊が生じる解析結果が得られ、実現象と整合的な結果となっている。

○従来の代表断面の設定方法では、**浸透に対して最も危険な箇所を抽出できていない可能性がある。**



評価項目		今回検討断面 18k093	既往検討断面 18k100	判定基準	
局所動水勾配	鉛直(iv)	-	-	0.23	OK
	水平(ih)	0.34	OK	0.43	OK
盤ぶくれ指数 (G/W)		0.80	NG	1.03	OK
すべり破壊 (Fs)	裏のり	1.73	OK	1.71	OK
	表のり	1.26	OK	1.10	OK

6. おわりに

○肱川の直轄管理区間においては、河川激甚災害対策特別緊急事業により、6箇所の築堤、9箇所の暫定堤高上げが令和5年度までに整備される予定である。

○流下能力が増強される一方、これまでよりも河川水位が上昇するため、**パイピングなどのリスクが大きくなる。**

○リスクの見落としを防止するために、今後、本事務所においては激特事業箇所を含む一連の区間において本手法を用いた調査を行い、**堤防弱部の早急な把握を順次行う予定**である。



肱川では、平成30年7月豪雨を受けて激特事業を推進中。

事業の完了後、肱川本川の水位はこれまでよりも**上昇**する。

リスクの見落としを防ぐために全川で調査を行う予定。