

# 矢部川堤防決壊の被災メカニズムに関する考察

平成25年6月6日

渡部 秀之

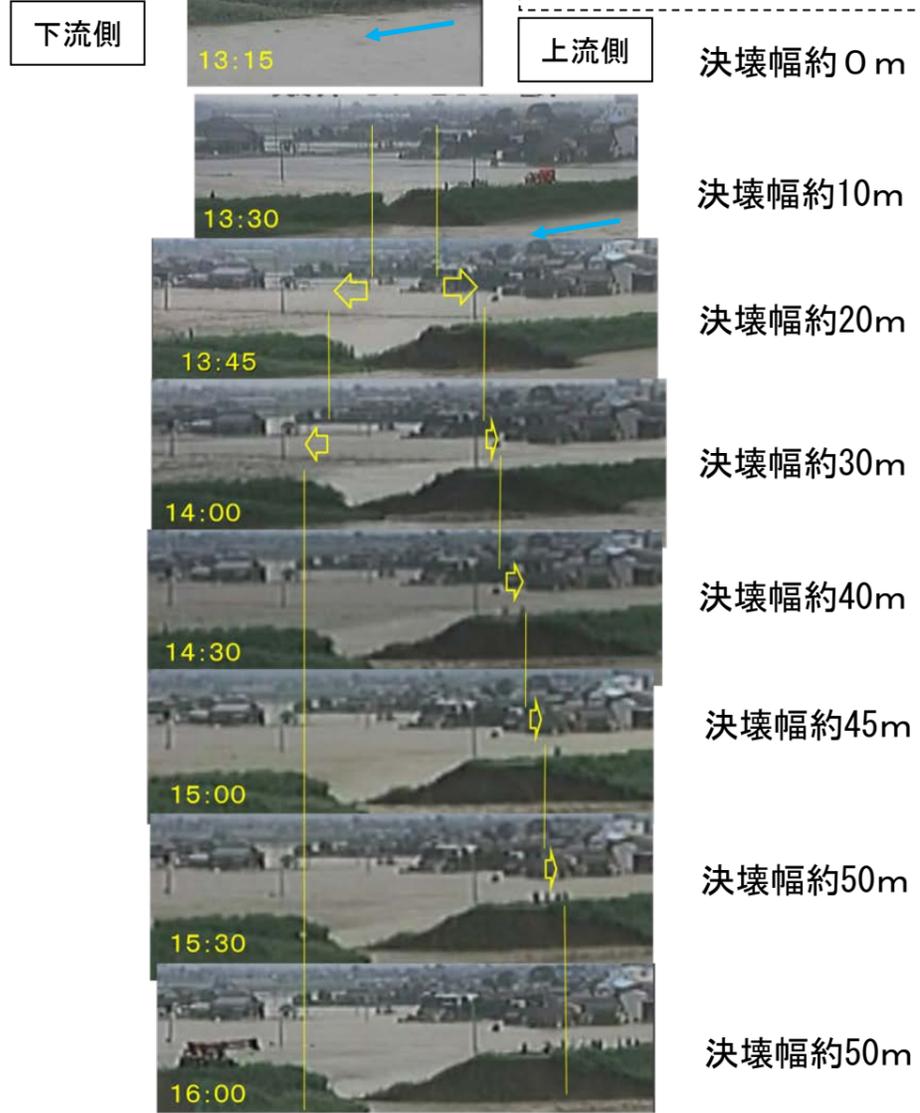
(国土交通省 九州地方整備局 筑後川河川事務所)

# 報告のねらい

平成24年7月13日～14日の九州北部豪雨により、矢部川では堤防決壊を含めた堤防被災が18箇所が発生した。

本報告は、堤防決壊について、その後の土質調査や浸透流解析により明らかにした被災の要因や被災メカニズムを公表することにより、堤防決壊に関わる未解明事象解明の一助とする。

決壊部の上下流表法肩を見通した目標物を参考に決壊幅を推算。決壊幅の推算値は5m単位とした。



堤防決壊の進行 (CCTV画像)

# 概要

被災メカニズムについて、以下の手順で推察した。

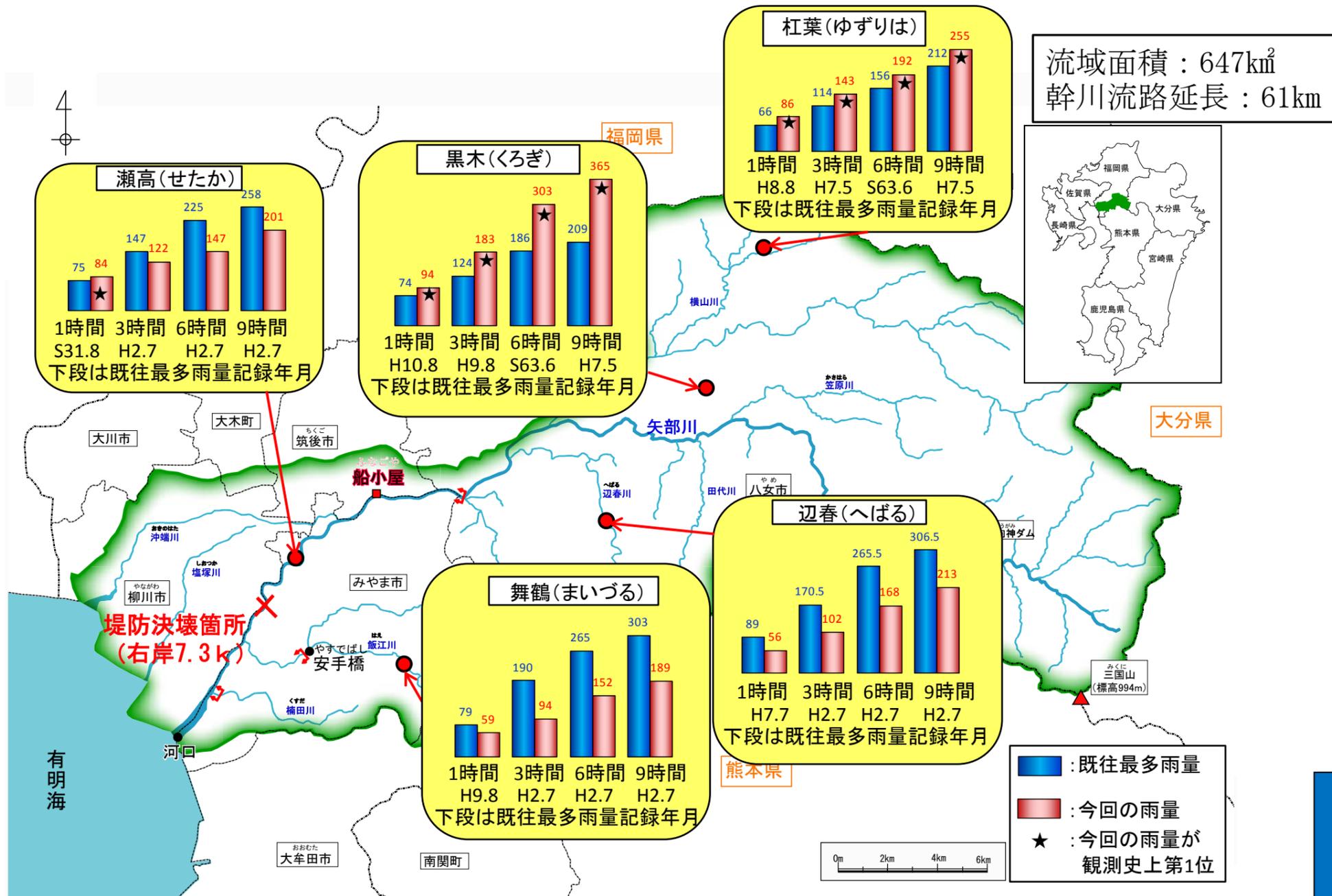
- ①外力となった降雨量、河川水位の状況。
- ②決壊箇所付近の地盤の土質構成の把握 (空間的分布)。
- ③決壊箇所と決壊しなかった箇所の浸透流解析により、のり尻付近に作用する圧力水頭やG/Wの差異を明確化。
- ④堤防のり尻部の噴砂口をモデル化した浸透流解析による基礎地盤砂層内での浸透流速と土質調査から得られた砂層粒度分布より、砂層の空隙・空洞化進行の可能性を考察。
- ⑤以上の結果及び目撃証言等をもとに決壊メカニズムを推定。



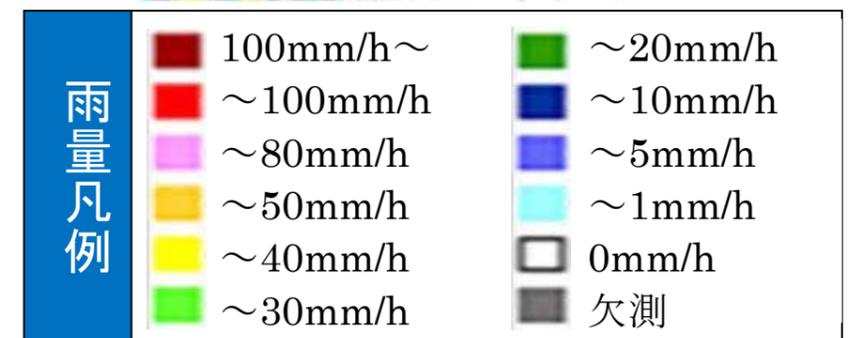
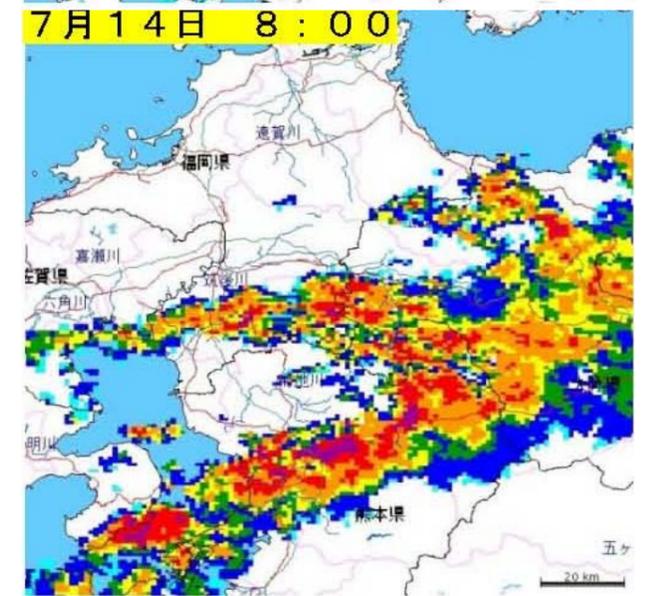
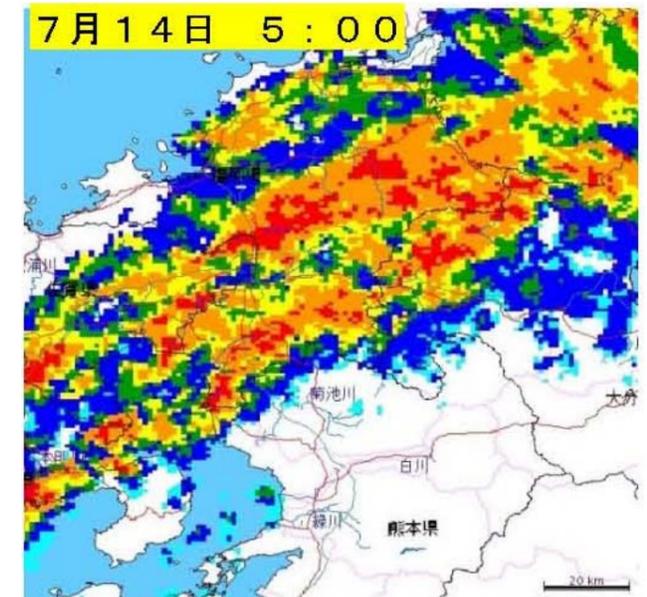
決壊箇所上流の土質 (粘性土)

# 降雨量と降雨分布

- ・上流域にある黒木、杠葉の2観測所では、1, 3, 6, 9時間降雨量で観測史上最大を記録した。
- ・矢部川上流域では、80mm/h以上の降雨を記録した。



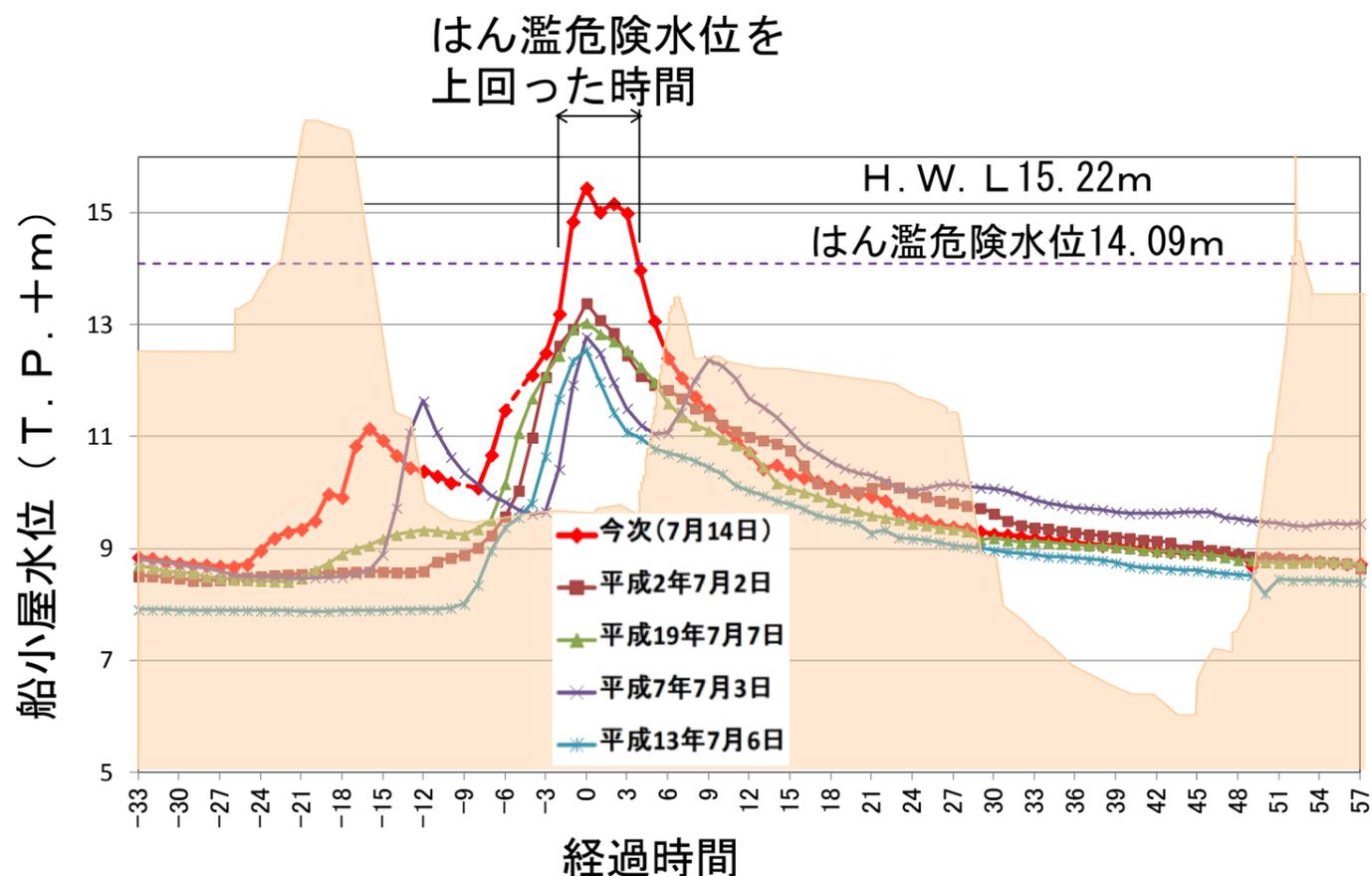
観測所における降雨量 (既往最多雨量との比較)



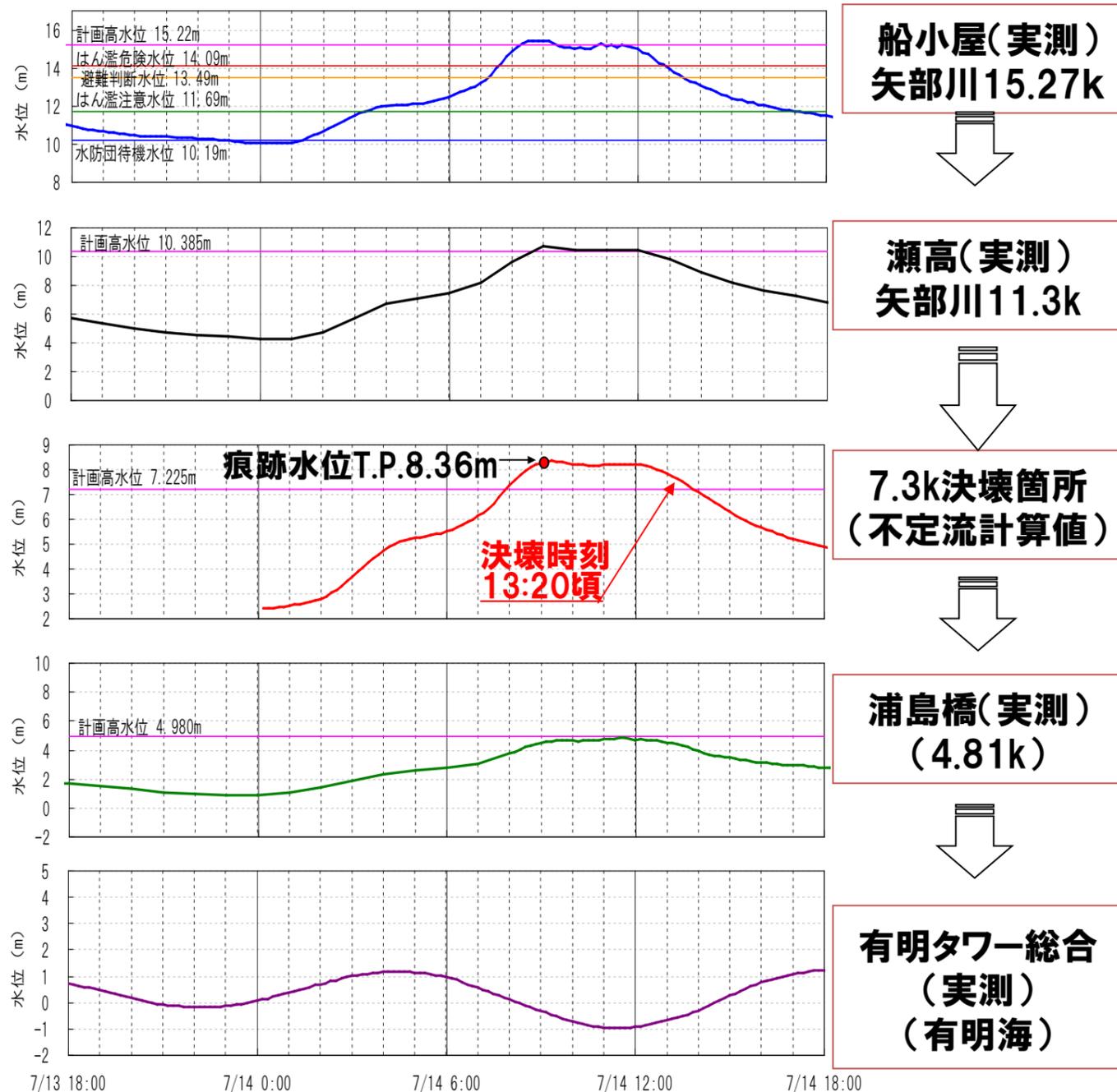
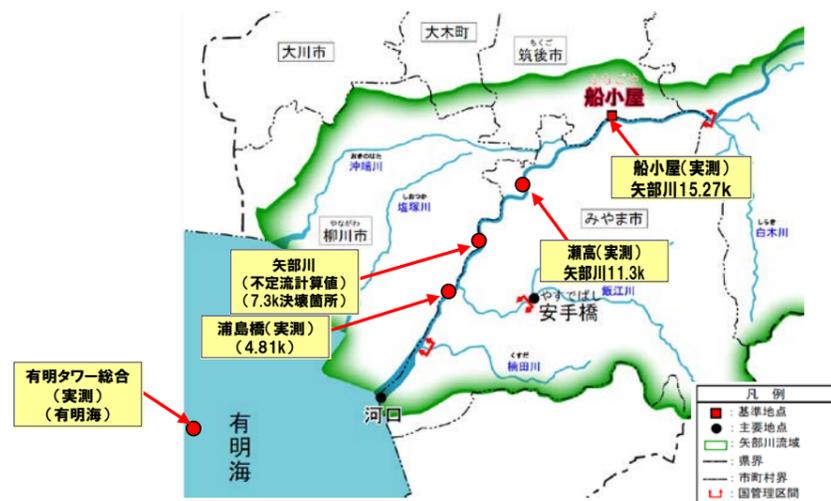
雨量レーダーによる降雨分布

# 矢部川における洪水時の河川水位

- 船小屋観測所では、既往最大水位を約2m上回る観測史上最高水位を記録した。
- 洪水は、5時間以上はん濫危険水位を上回った。
- 決壊箇所付近の痕跡水位は、計画高水位 (H. W. L) を約1m超えていた。
- 不定流計算による水位波形より、決壊箇所では計画高水位以上の河川水位が5時間程度継続後、計画高水位 (H. W. L) を上回っていたなかで決壊が生じた。

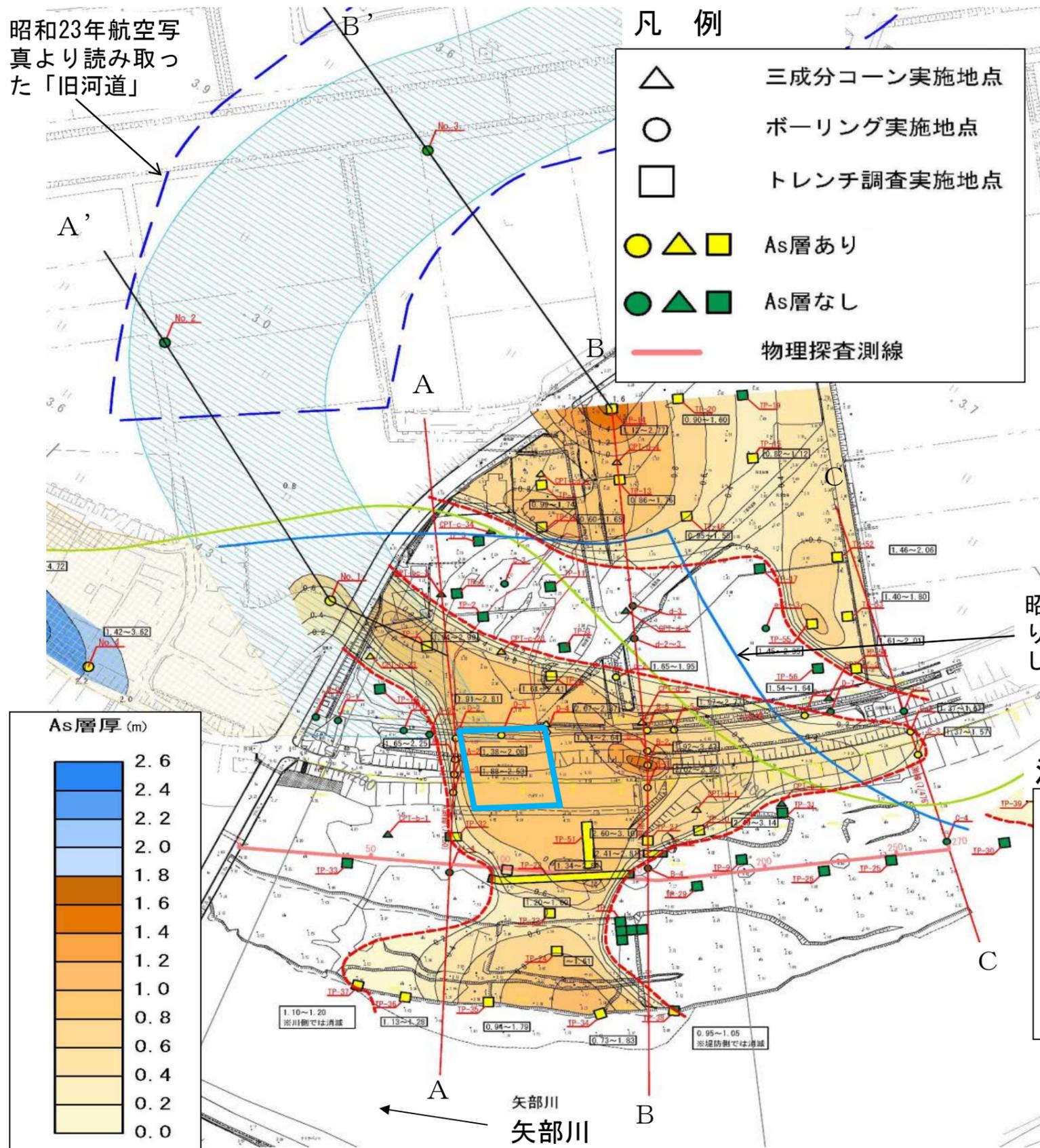


船小屋水位観測所における主要洪水の水位



7月13～14日矢部川水位ハイドログラフ

# 決壊箇所付近で実施した土質調査位置及びAs層厚分布



- 堤防及び基礎地盤の土質構成や物性値を把握するため、決壊箇所を含む広範囲（高水敷～堤防～堤内地）に亘り土質調査を実施した。
- 基礎地盤表層に砂層（As層）が存在し、河岸から堤防を横断して堤内地の途中まで分布していた。低水路河岸で広く高水敷の途中で狭まり、堤防付近で広がっている。
- As層の厚さは決壊口を挟む付近で比較的厚い。
- As層の分布と治水地形分類図に示す微地形との関係は不明瞭であり、当該As層は、河川氾濫により堆積した沖積砂と推定される。

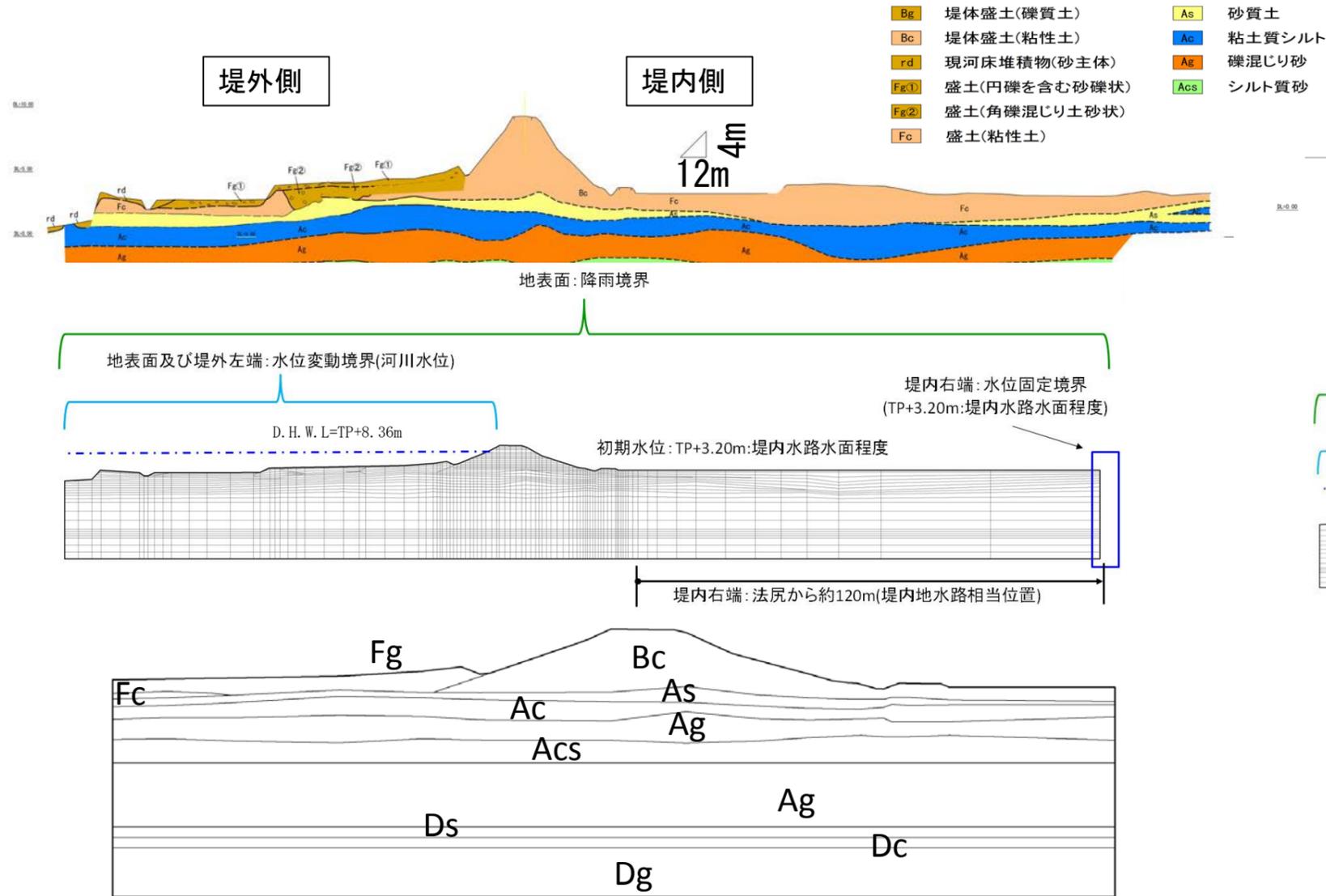


高水敷のトレンチ調査で確認された粒度の粗いAs層

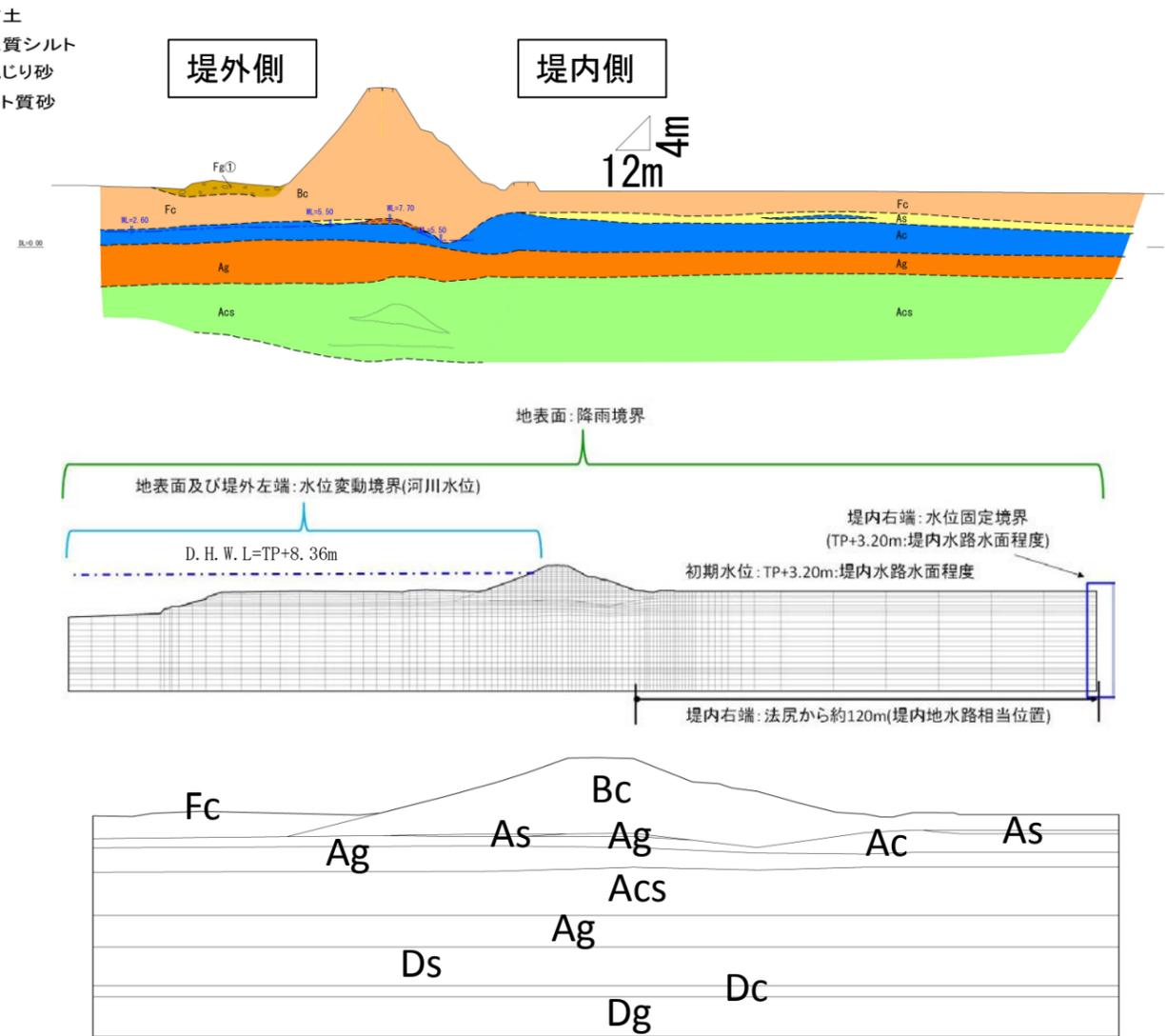
# 堤防の土質断面及び解析モデル図

・決壊箇所の子替と考えられるB測線では、基礎地盤上部のAs層は1~1.5mの厚さで分布し、Bc層とAc層に挟まれ、かつ河岸から堤内地まで堤防を横断する形で存在し、As層は行き止まりの状態である。

・無被災箇所のC測線では、B測線と異なり、堤防下及び高水敷にAs層は確認されていない。



B測線土質横断図と解析モデル



C測線土質横断図と解析モデル

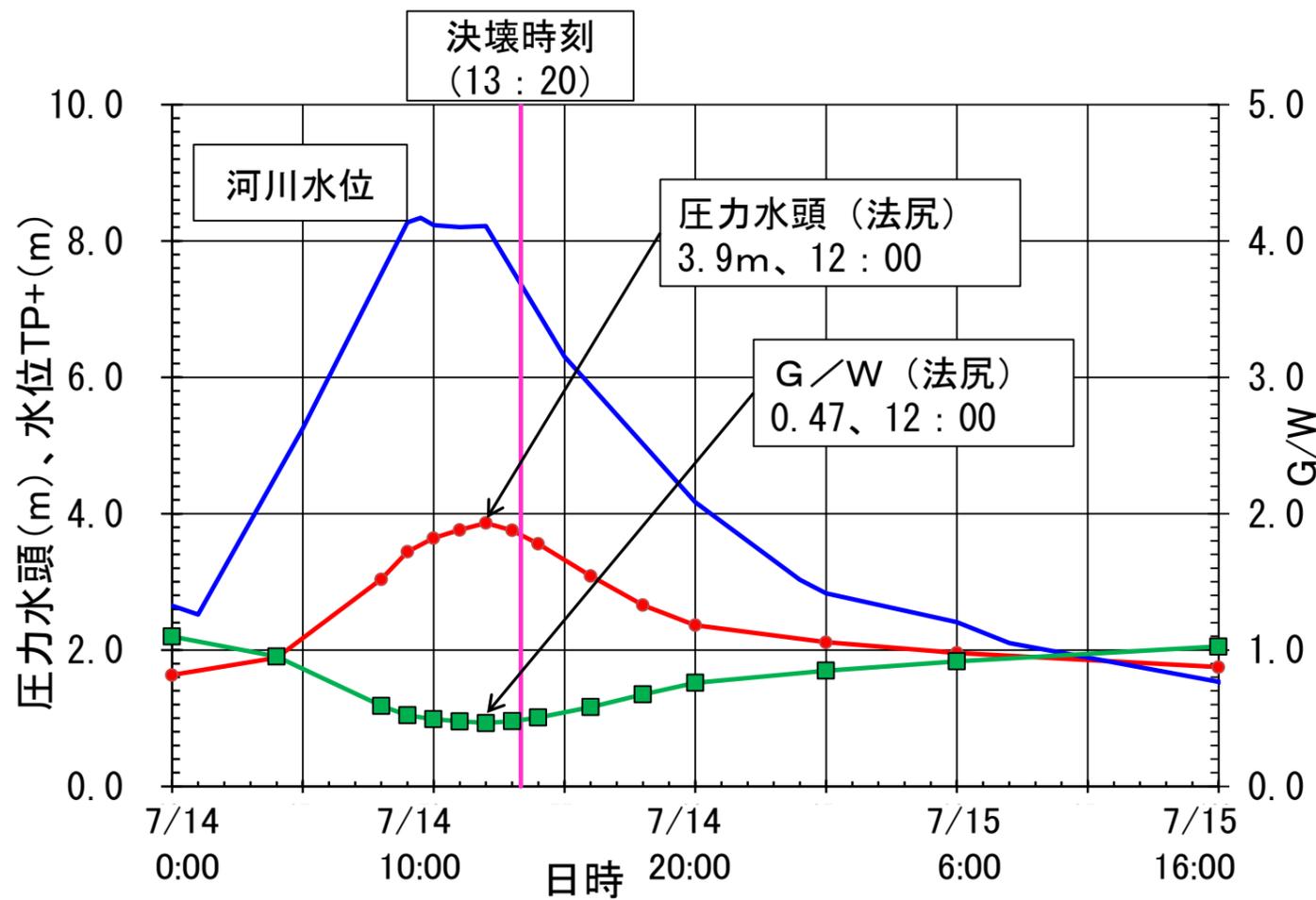
## 解析に用いた透水係数

検討断面	基礎地盤				
	堤体 Bs	Fc	As	Ac	Ag
B測線断面	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$3.4 \times 10^{-2}$	$4.5 \times 10^{-6}$	$8.5 \times 10^{-3}$
C測線断面	$1.9 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$6.4 \times 10^{-3}$	$4.5 \times 10^{-6}$	$8.5 \times 10^{-3}$
噴砂口モデル (B測線)	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$3.4 \times 10^{-2}$	$4.5 \times 10^{-6}$	$8.5 \times 10^{-3}$

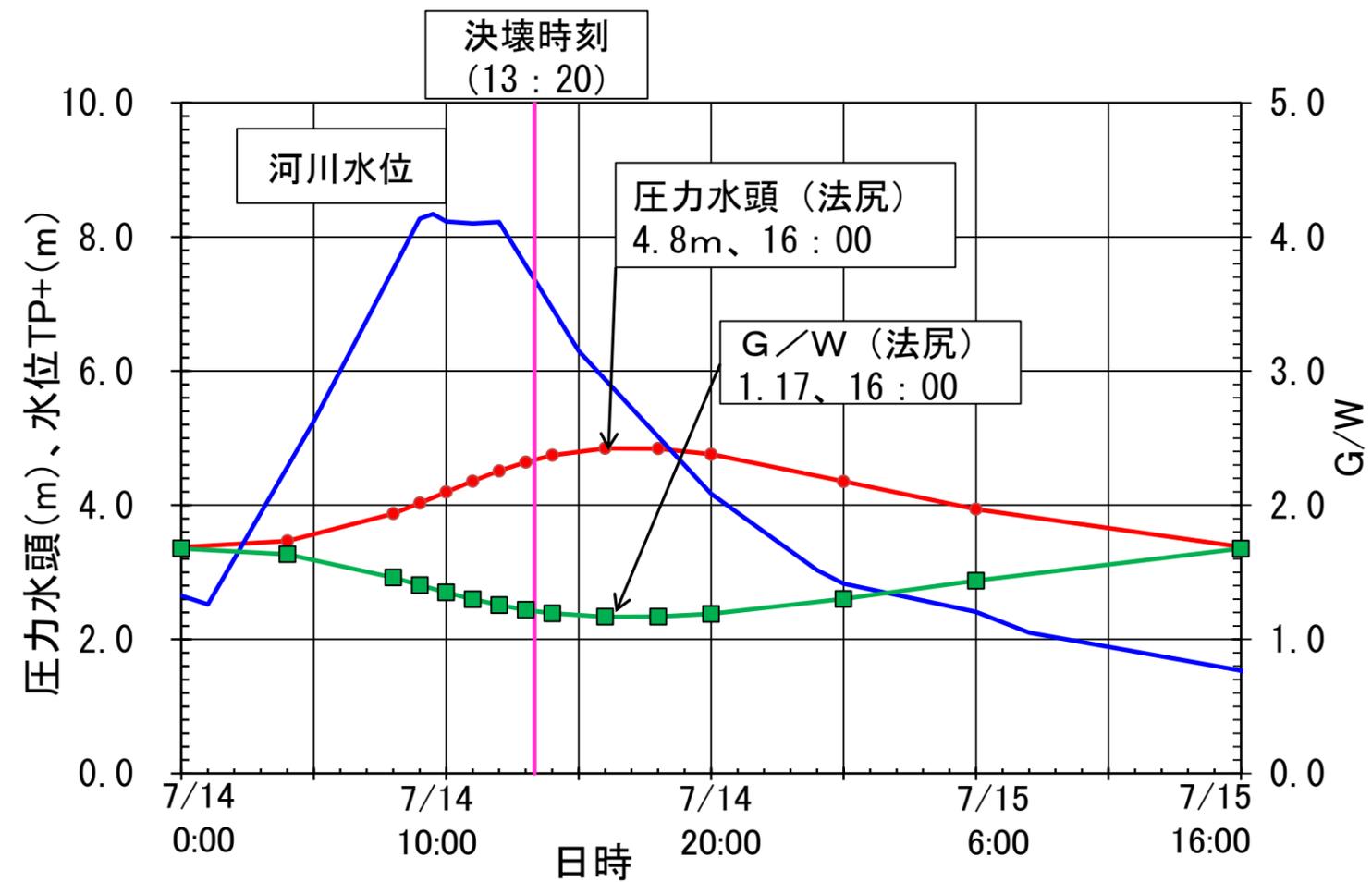
※高水敷表層のFg層の透水係数は $3.3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ , 噴砂口の透水係数は $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ を設定した。また、堤体のせん断強度は $c:21.1 \text{kN/m}^3$ ,  $\phi:7.3^\circ$  である。

## 浸透流解析結果

- B測線では河川水位の上昇とともにAs層への浸透が促進され、堤防裏のり尻付近で最大の圧力となる。最大圧力水頭は3.9m、最小のG/Wは0.47となり、盤ぶくれが生じる結果となる（ $G/W < 1.0$ ）。
- 無被災のC測線では、堤防を横断するAs層はなく、基礎地盤中位に分布するAg層が河岸から堤内地に連続する透水層となる。堤防のり尻部のAg層では最大圧力水頭は4.8mと大きいですが、被覆土層の荷重より小さいため最小のG/Wは1.17であり、盤ぶくれは生じない結果となる。



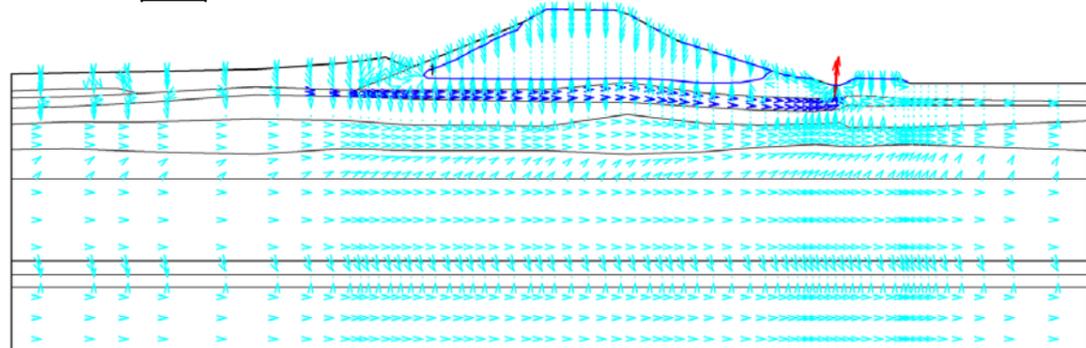
河川水位、圧力水頭及びG/Wの経時変化 (B測線)



河川水位、圧力水頭及びG/Wの経時変化 (C測線)

# 堤防決壊のメカニズム

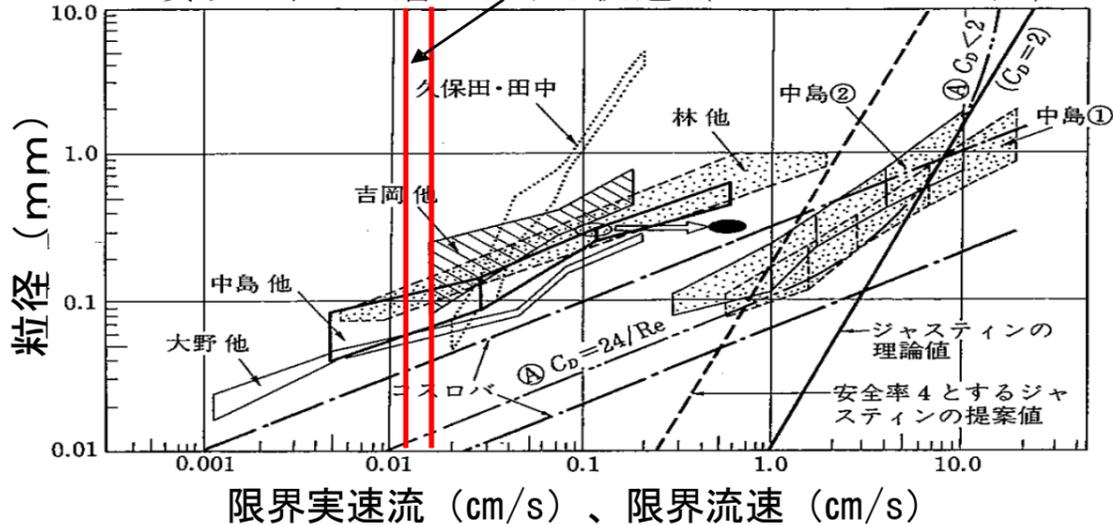
流速 (V (cm/s)) の範囲



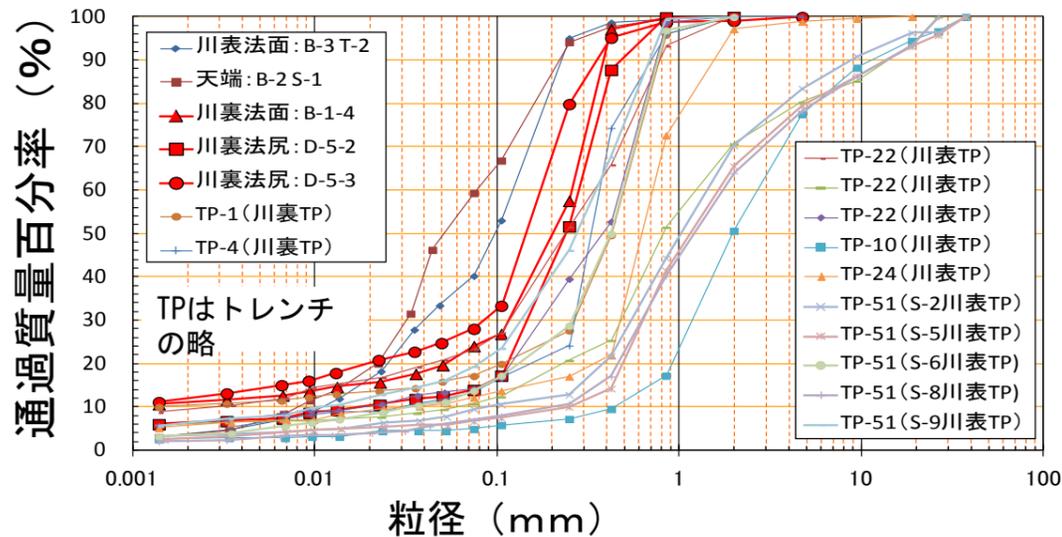
・のり尻部の噴砂口を高い透水性材料 ( $K=1.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ ) で設定したモデルでは、噴砂口直下のAs層流速が  $2.9 \sim 3.7 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  である (7/14の8時から14時)。これから間隙率 ( $n=0.2$ ) を用いて実流速を推定すると、 $0.021 \sim 0.027 \text{cm/s}$  であり、 $0.1 \text{mm}$  程度の粒径の限界流速を超える。 $0.1 \text{mm}$  はAs層の6~66%を包含する粒径に該当することから、As層の細粒分が噴砂口から流出し、時間とともにAs層の空隙・空洞化が進行したものと考えられる。

のり尻部の噴砂口をモデル化した浸透流解析による流速図 (7月14日10:00)

噴砂口下のAs層における流速 ( $0.021 \sim 0.027 \text{cm/s}$ )

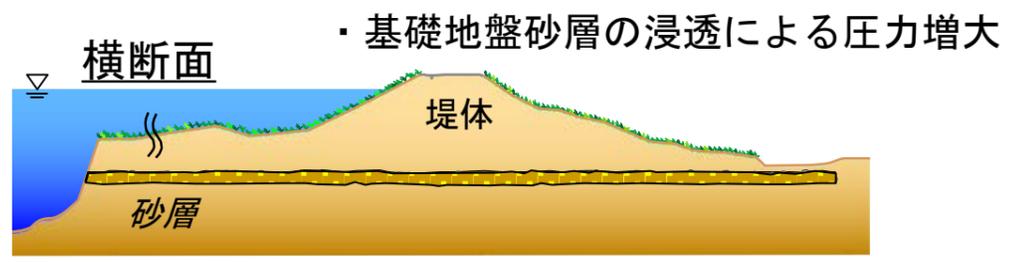
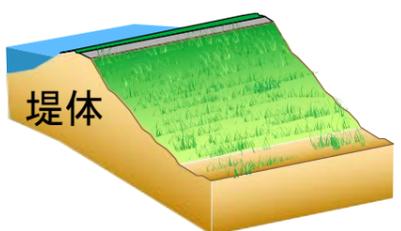


限界流速と粒径の関係

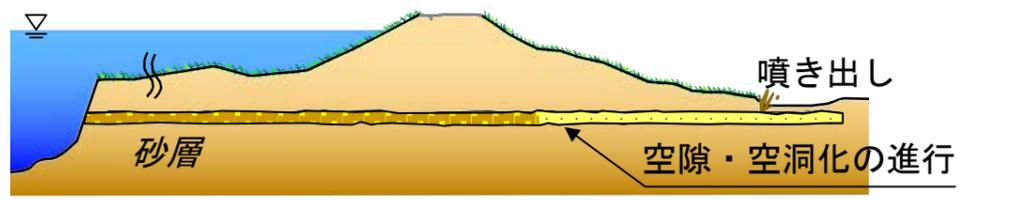
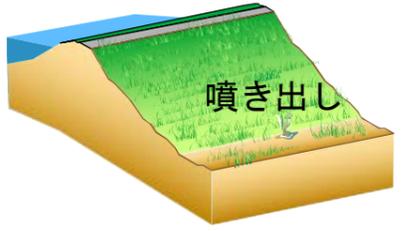


右岸7.3k付近のAs層の粒度曲線

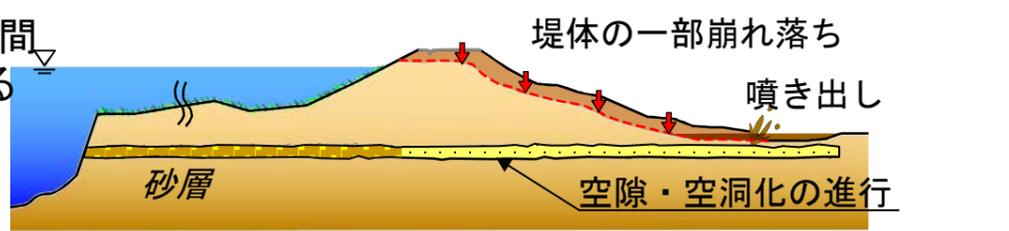
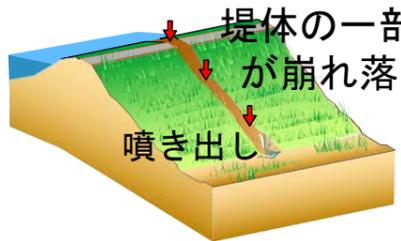
場面①



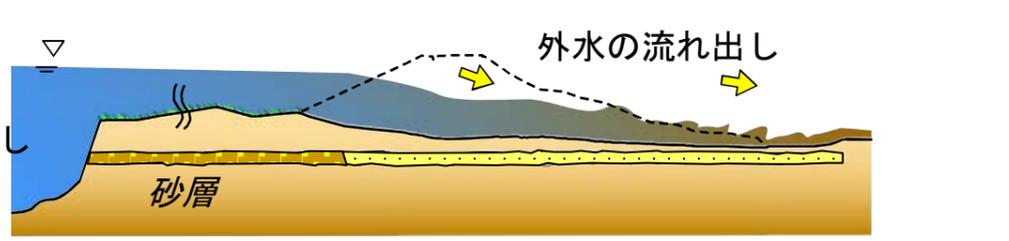
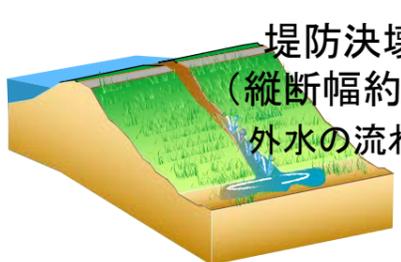
場面②



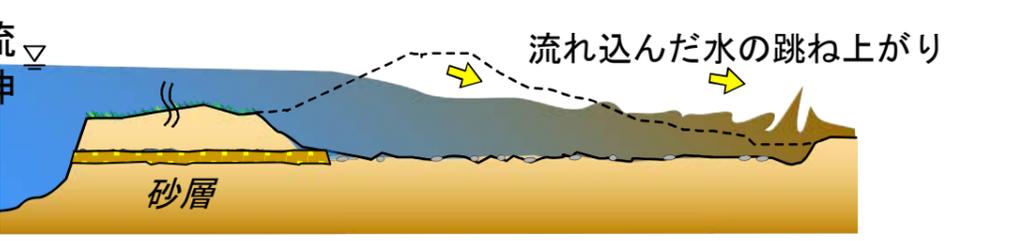
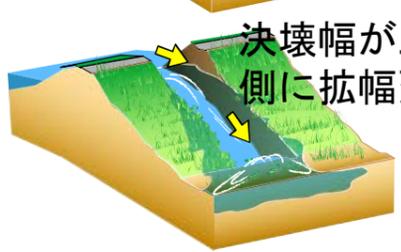
場面③



場面④



場面⑤



堤防決壊の経過概念図

# 決壊口の開削調査結果

- 決壊箇所トレンチではAs層は流出し確認できなかったが、隣接する決壊箇所上流側トレンチではAc層の上部に1.8~1.9mの厚さでAs層が確認された。

