

越流破堤実験の室内模型実験における再現性の検討

・渡邊康玄, 山本昌慧, 島田友則

正面越流破堤の室内実験による再現性の検討

土木学会論文集B1(水工学) Vol. 67 No. 4, PI_847-I_852, 2011.

・渡邊康玄, 山本昌慧, 早川博, 島田友典

縮尺の違いによる越流破堤実験の再現性の検討

土木学会論文集B1(水工学) Vol. 68 No. 4, PI_1123-I_1128, 2012.



越水破堤

再現性?

模型実験

観測が困難

データ不足

模型縮尺

再現性の検討

千代田水路
実物大の破堤実験

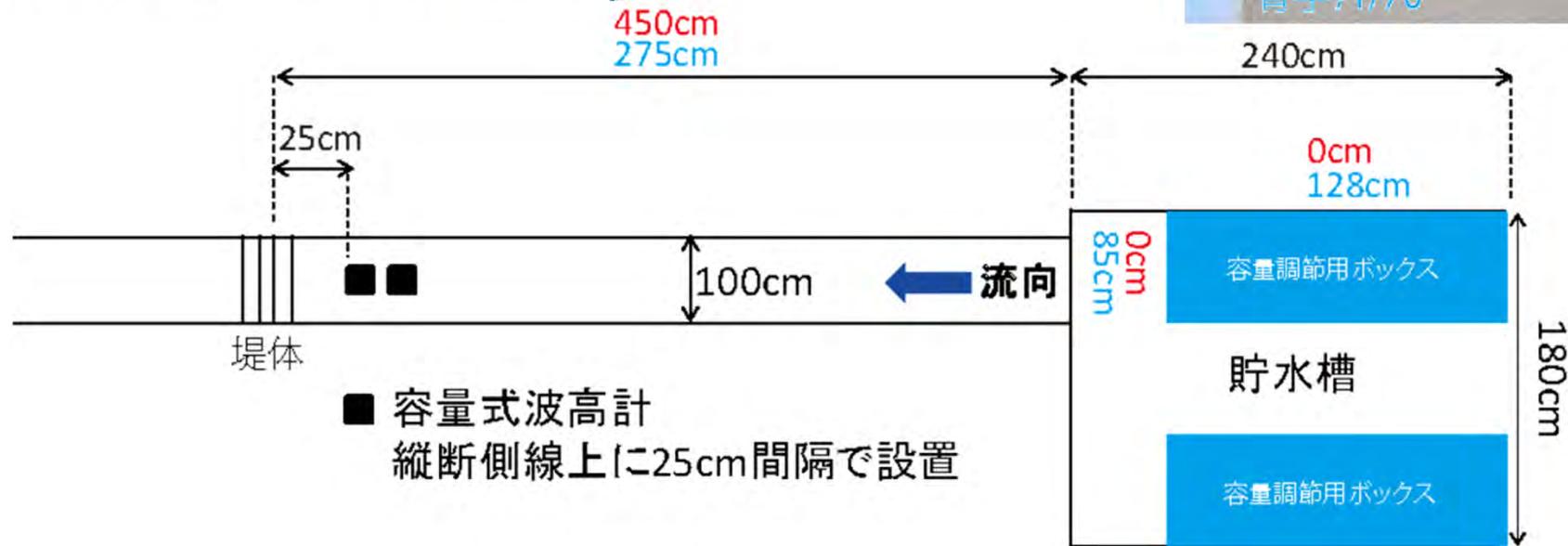
千代田実験水路の概要

1/50および1/70

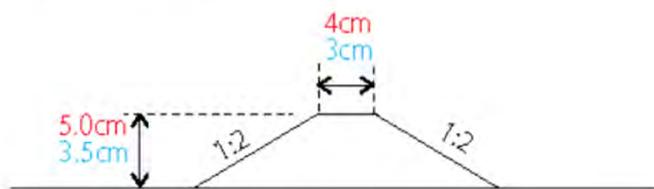
貯留量: 0.3038, 0.110 m³

供給流量: 210, 105 cm³/s

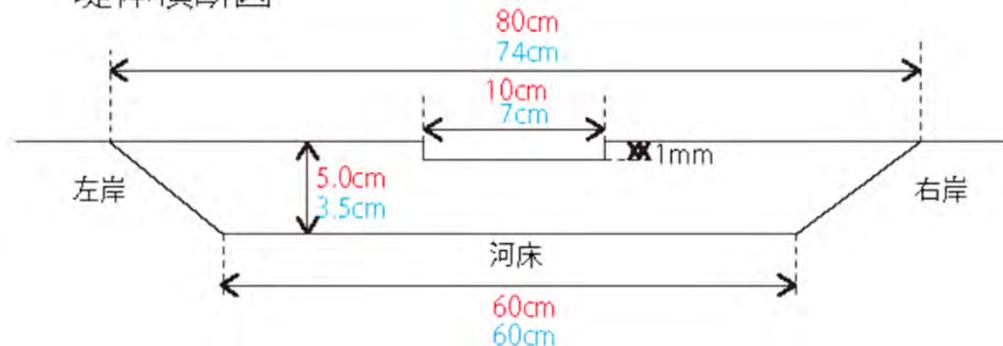
フルード相似



堤体縦断図

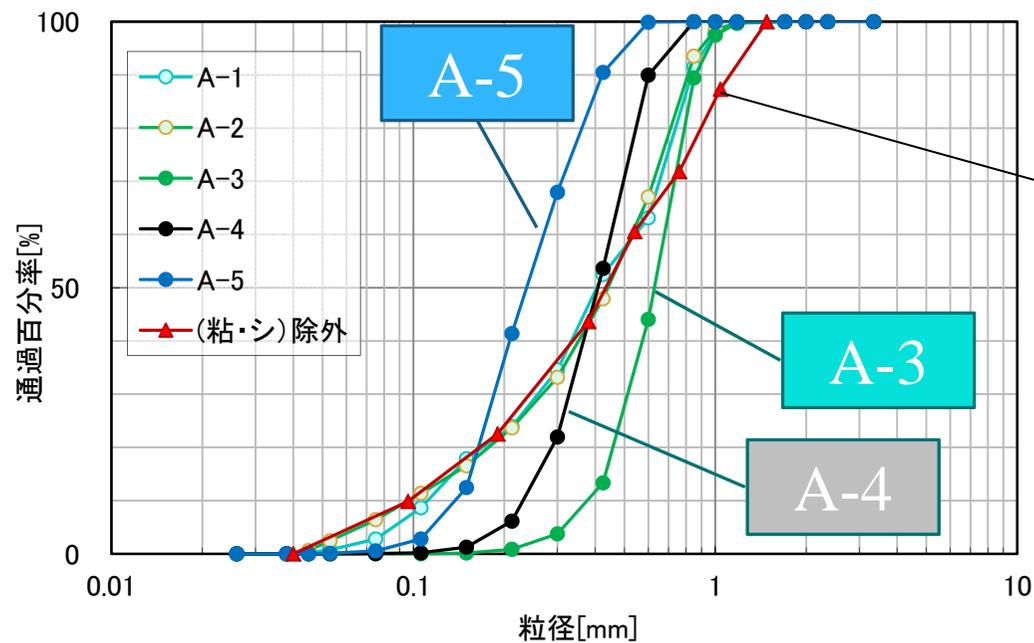


堤体横断図



1/50実験 硅砂の配合比

RunNo.	4号	5号	6号	7号	8号	9号	dm(mm)
A-1	2	0	2	0	1	0	0.46
A-2	4	3	3	1	1	1	0.46
A-3	1	1	0	0	0	0	0.63
A-4	0	1	1	0	0	0	0.42
A-5	0	0	1	1	0	0	0.27



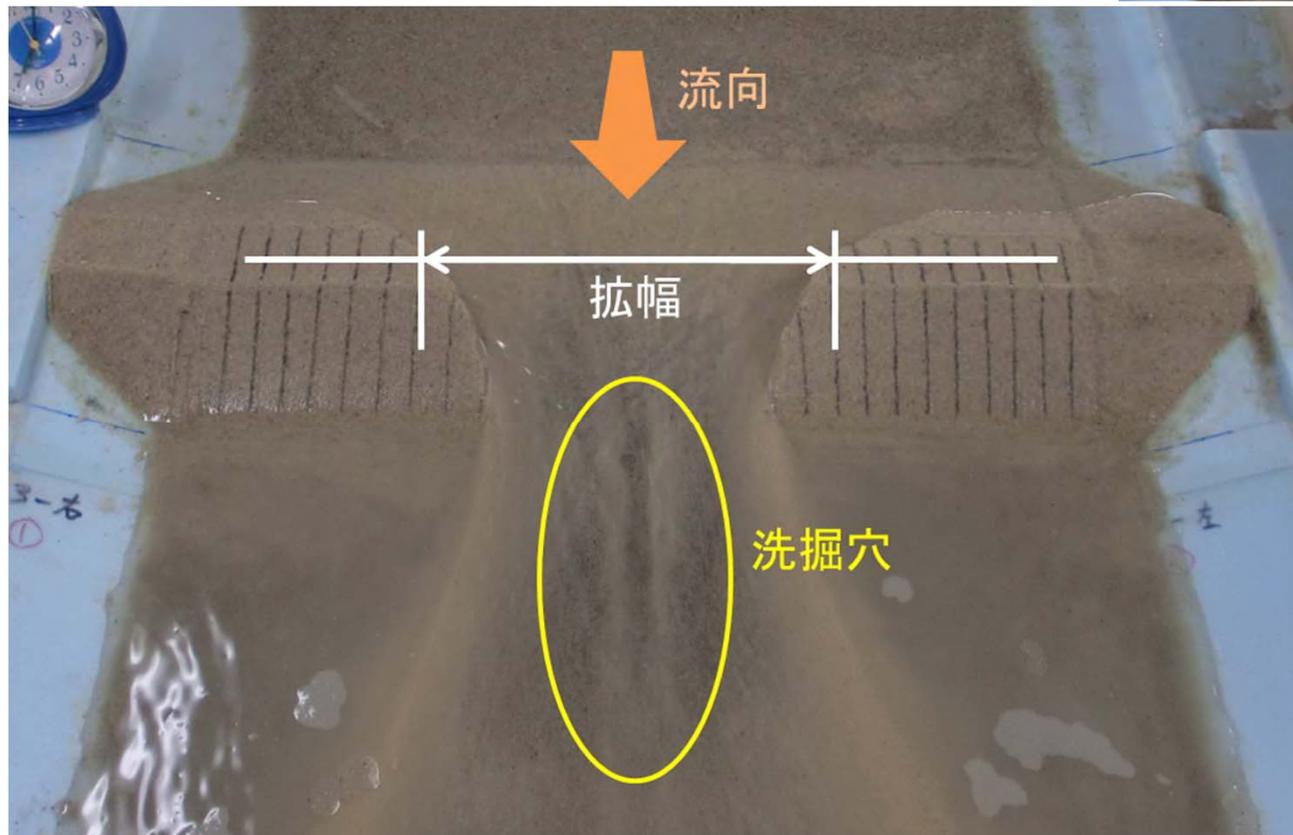
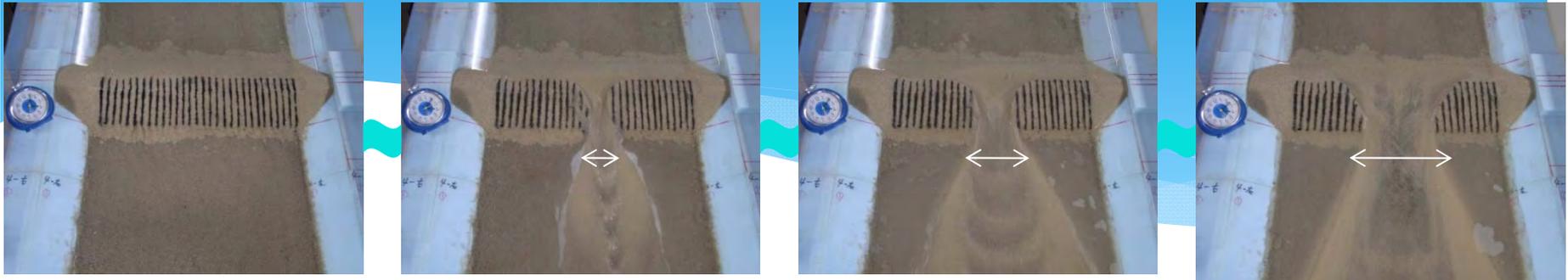
現地堤体材料を1/50
粘土シルトを除外し補正

千代田 d_m : 2.67cm
1/50 d_m : 0.54mm

4号～6号: 砂
7号～9号: 細砂

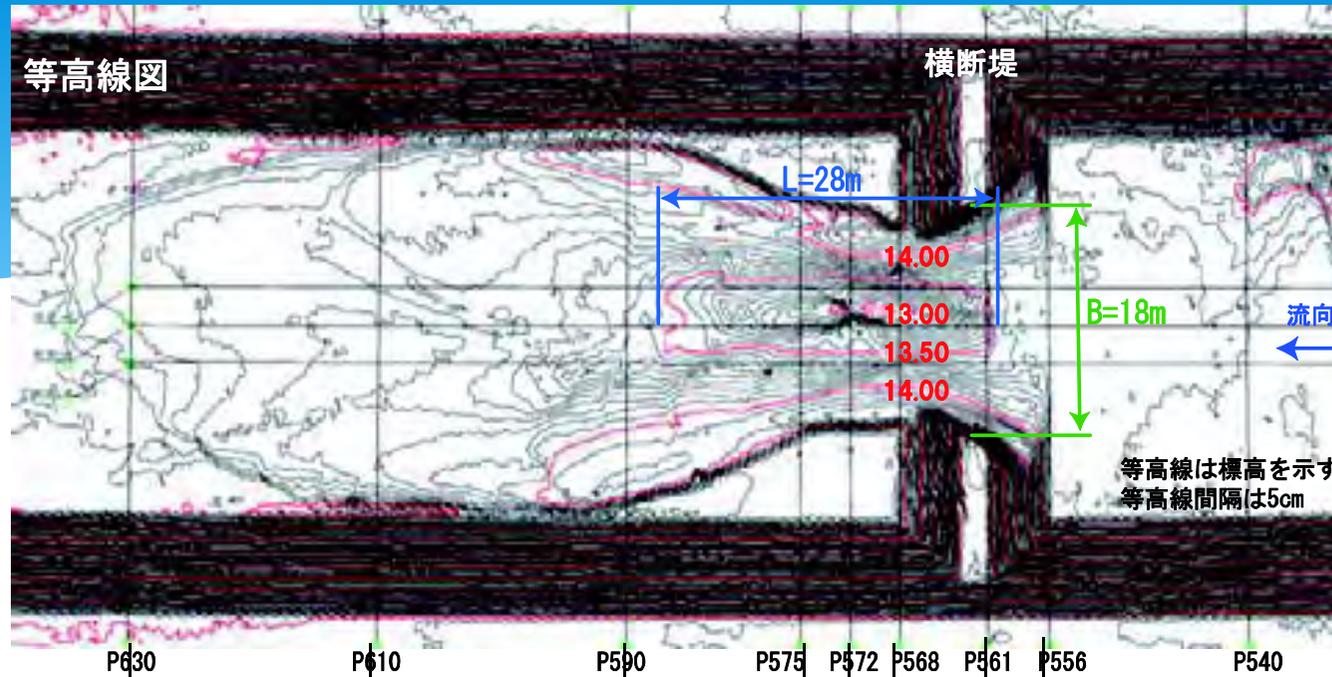
破堤実験の状況

連続撮影速度 約0.5枚/秒 (2秒で1枚)

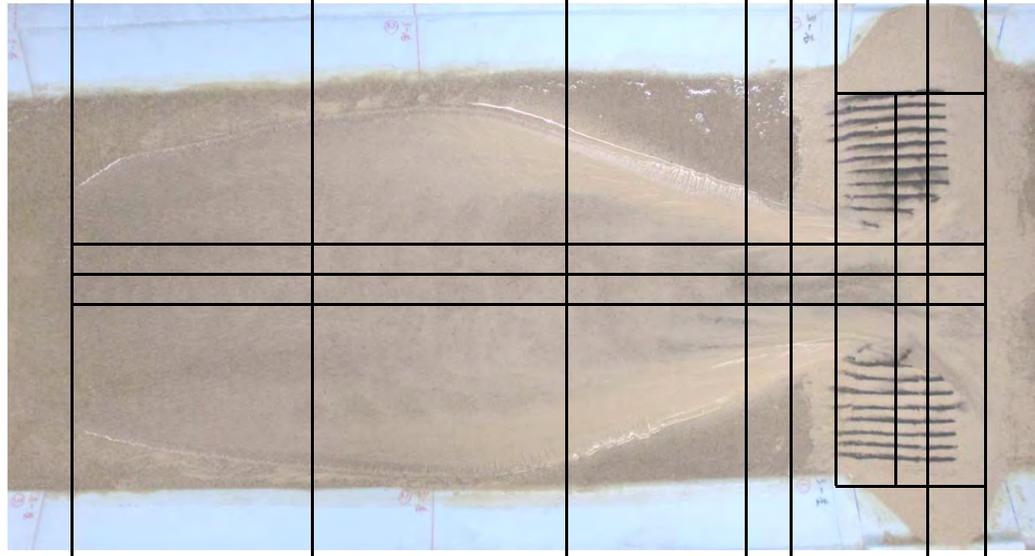


千代田

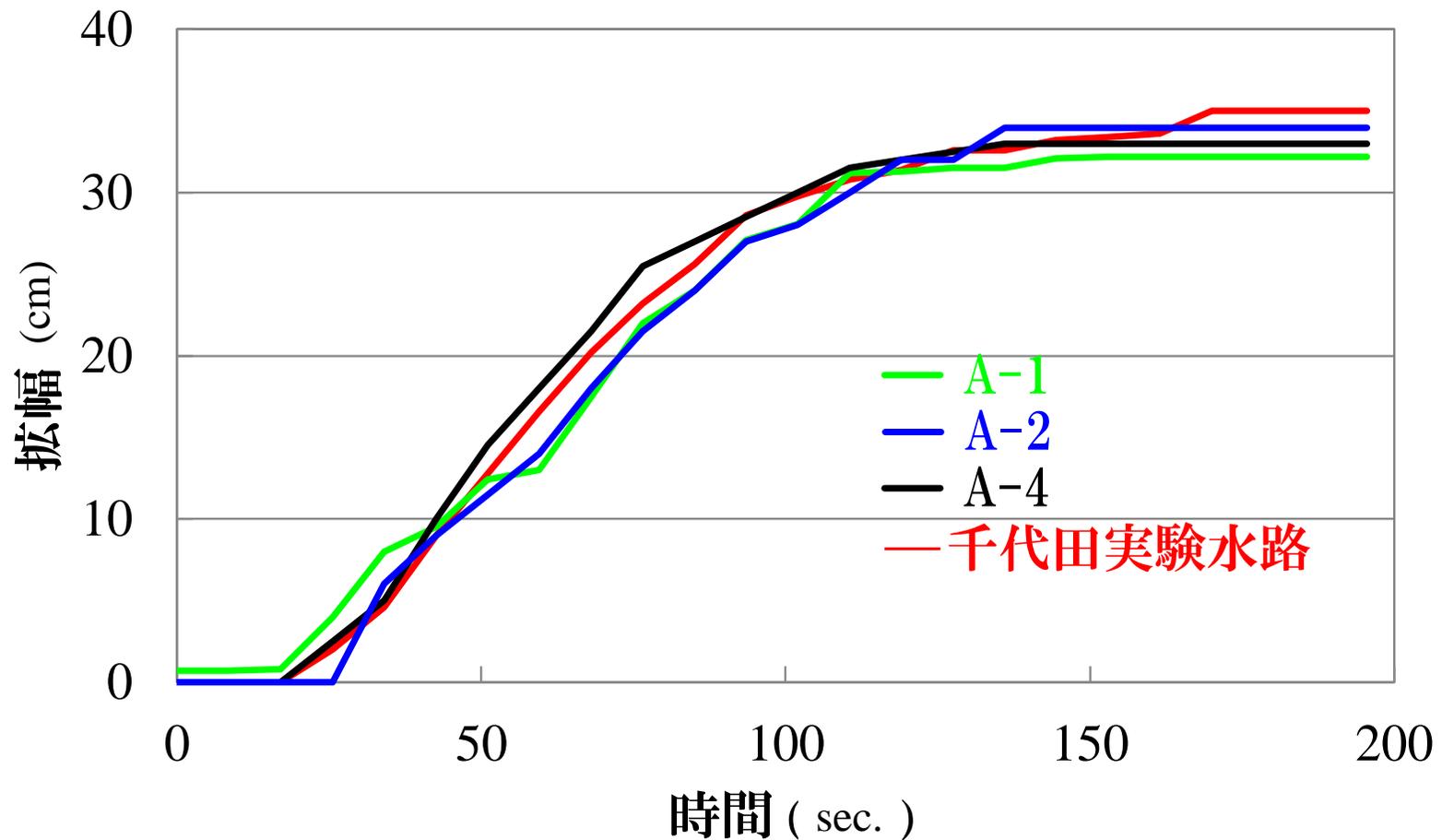
等高線図



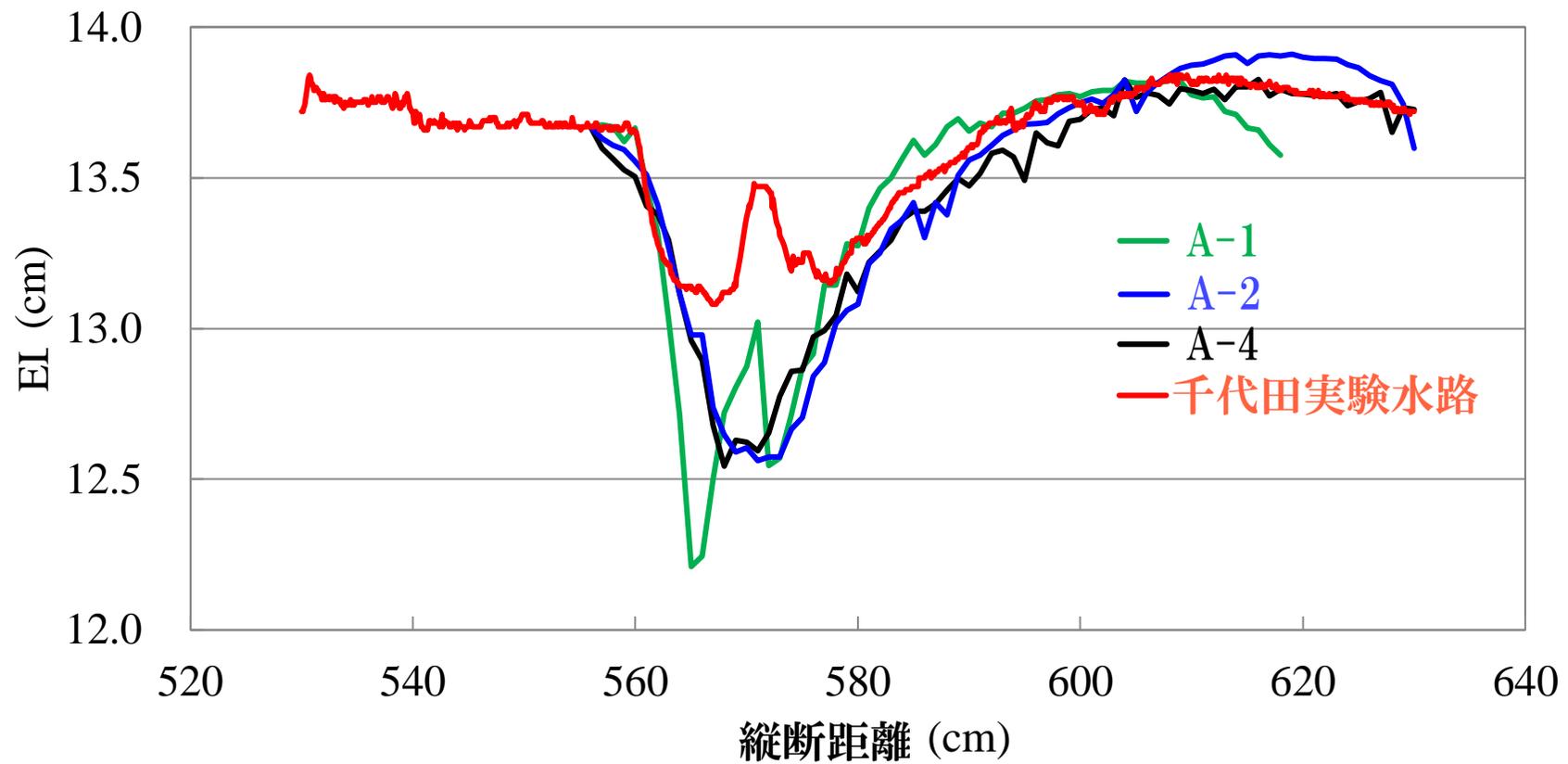
室内実験



平均粒径を合わせた実験 破堤幅の時間変化



平均粒径を合わせた実験 洗掘深

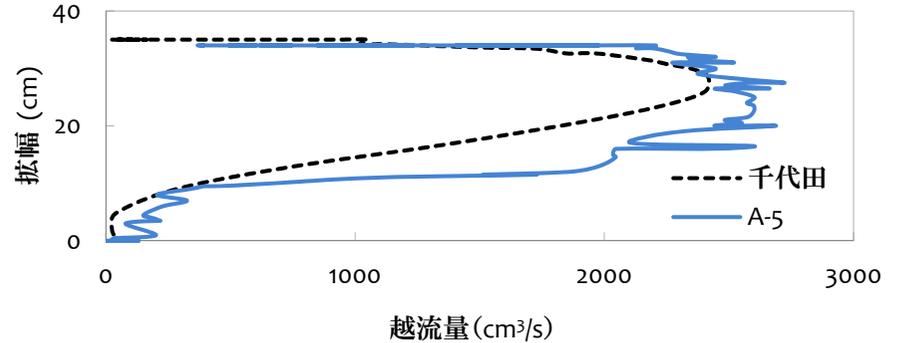
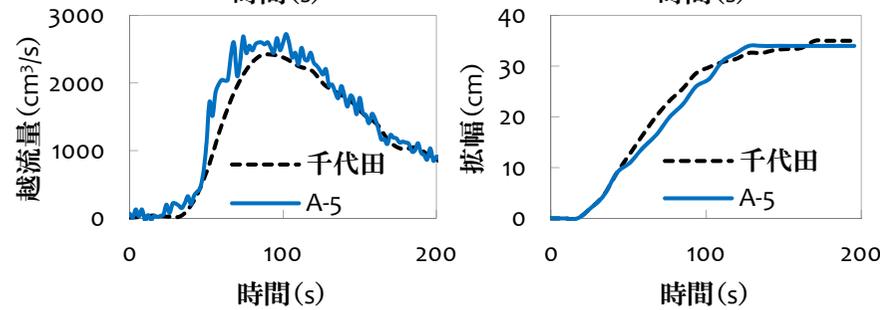
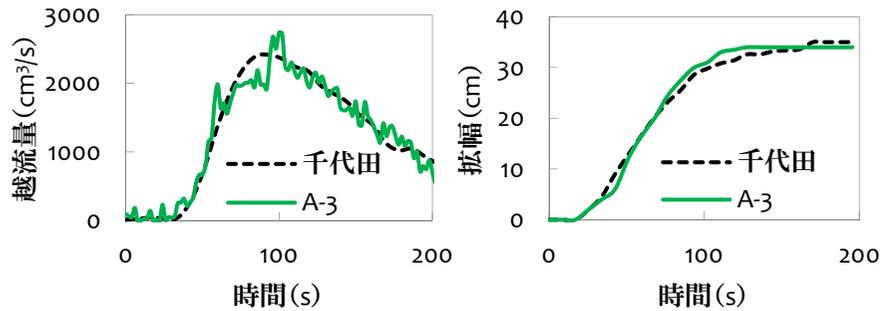
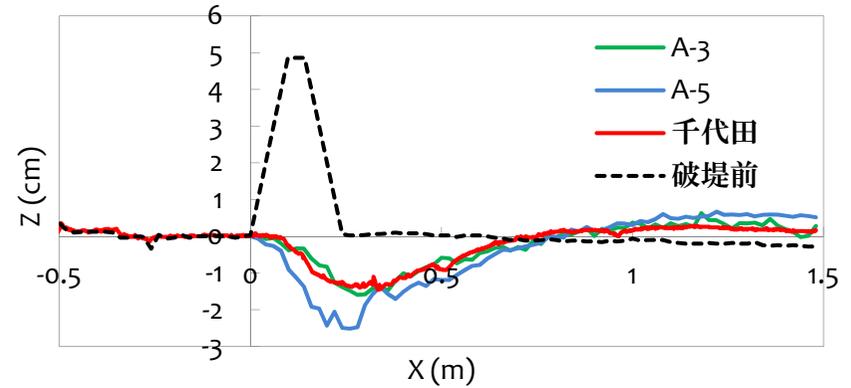
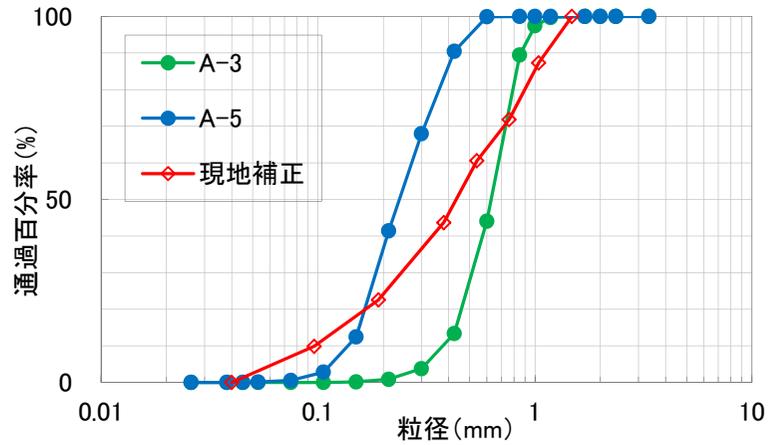


破堤実験の場合

- * フルード相似(粒径も含め)
流れ+掃流力の相似を確保

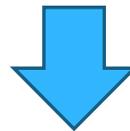
→実現象に合わない

1/50実験結果の比較



1/50模型実験の再現性

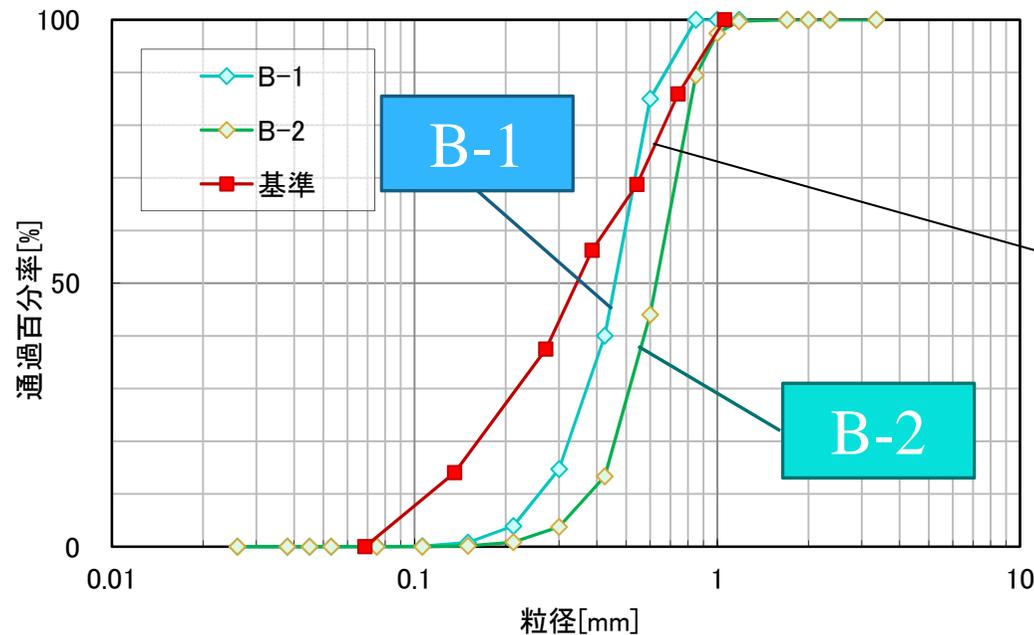
粒径		破堤拡幅	洗掘深
	粒度分布を合わせる	○	×過大
均一粒径	平均粒径を合わせる	○	×過大
	小さくする(d20)	○	×過大
	大きくする(d70)	○	○



普遍的？
他の縮尺では？

1/70実験 硅砂の配合比

RunNo.	4号	5号	6号	7号	8号	9号	dm(mm)
B-1	0	3	1	0	0	0	0.47
B-2	1	1	0	0	0	0	0.63

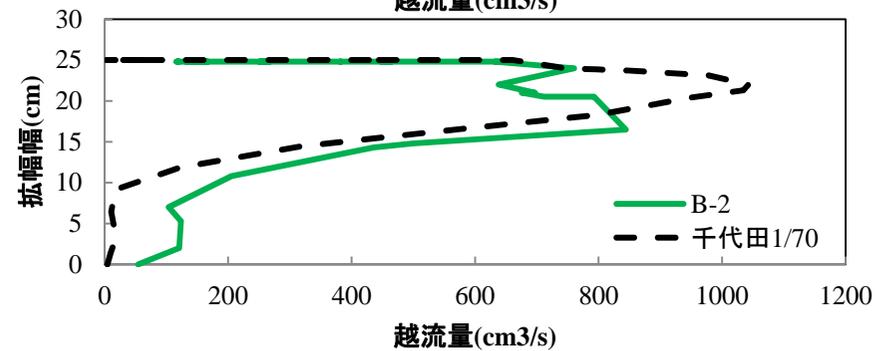
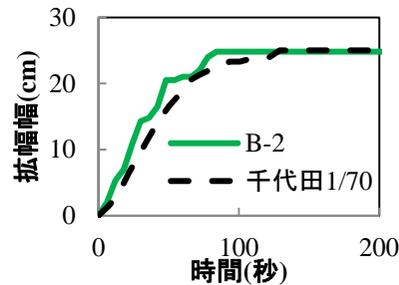
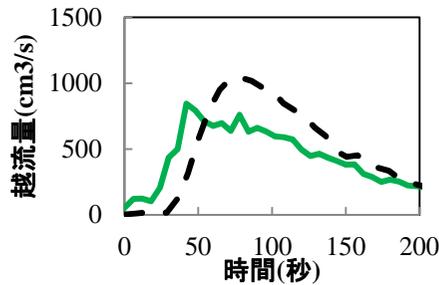
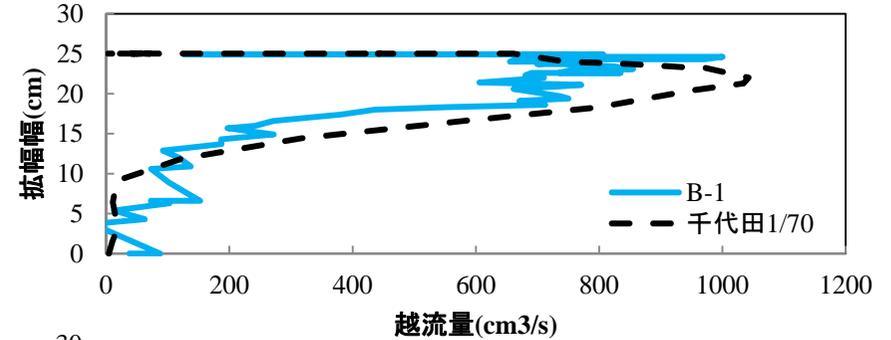
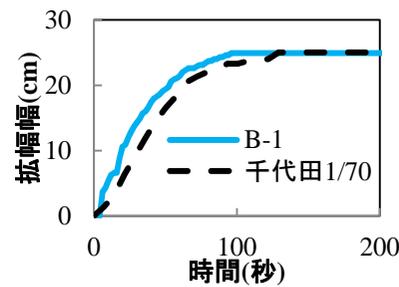
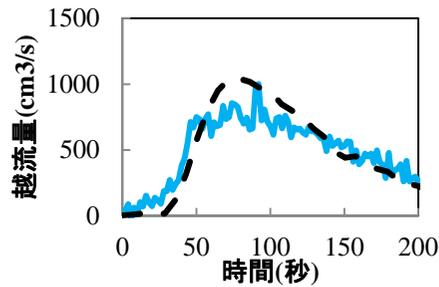
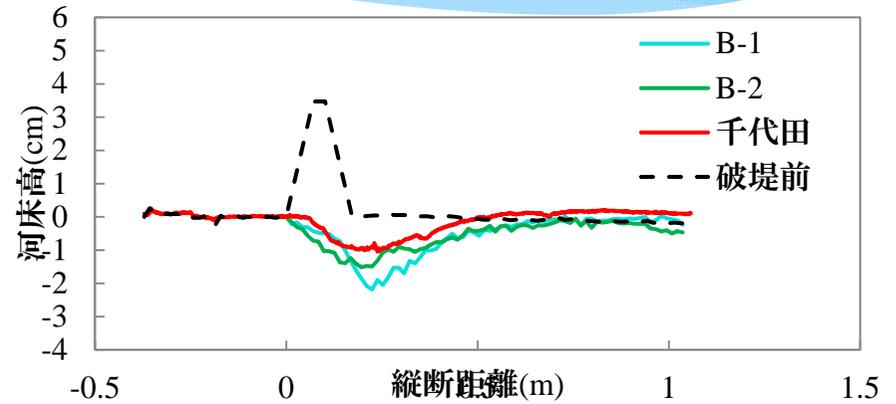
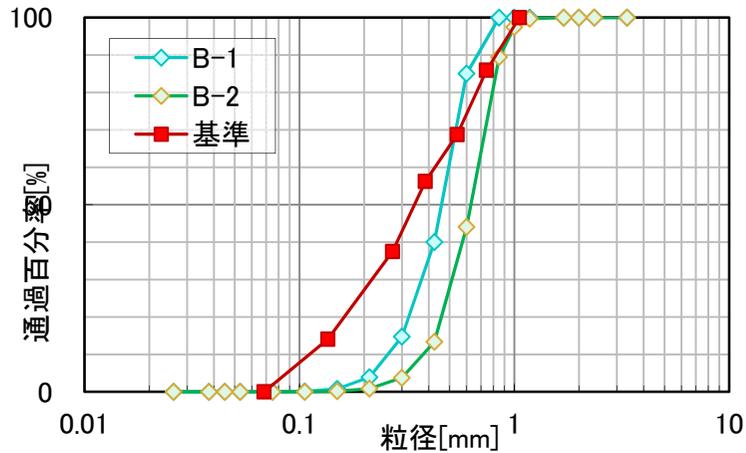


現地堤体材料を1/70
粘土シルトを除外し補正

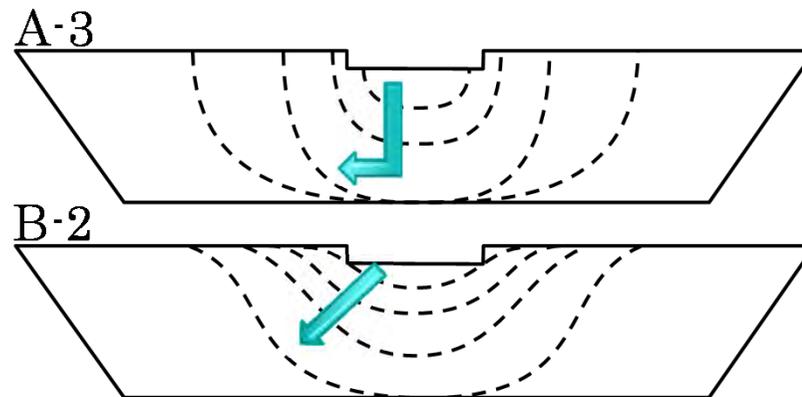
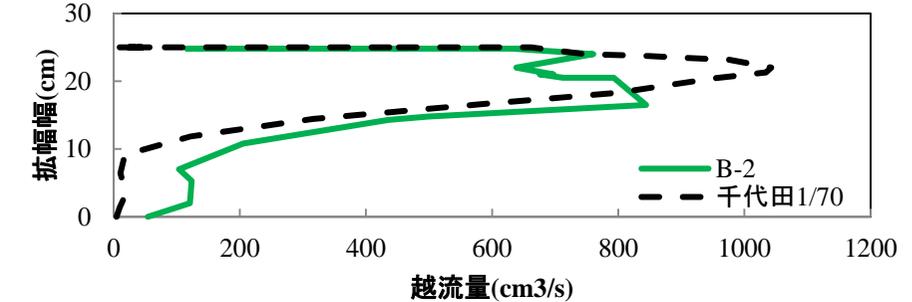
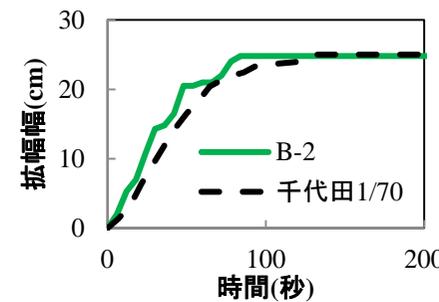
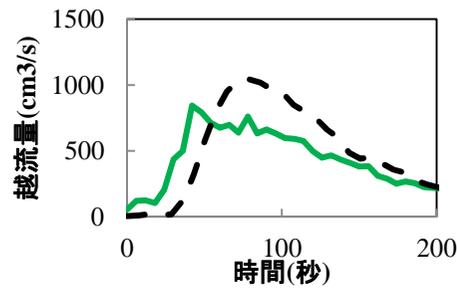
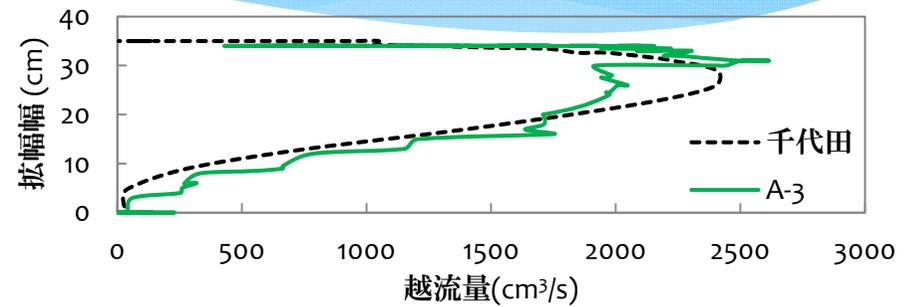
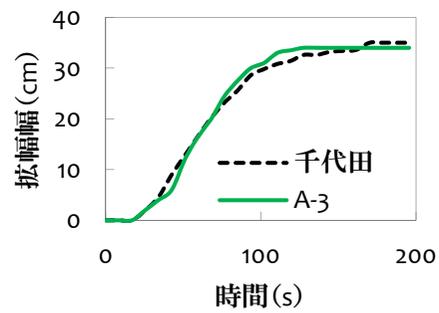
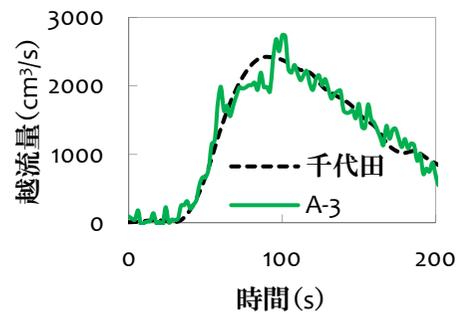
千代田 d_m : 2.67cm
補正後 d_m : 0.42mm

B-1; 70% 粒径をあわせたもの
B-2; A-3と同じ粒径

1/70実験結果の比較



実験における拡幅過程の違い



B2; 初期越流量が多く, 拡幅が早い

模型縮尺の検討

模型の縮尺 ; $\frac{L_m}{L_p} = S$

流れの時間縮尺 ; $\frac{T_m}{T_p} = S^{1/2}$

非定常現象の場合
一致させる必要がある

土砂移動量の相似 ; $\frac{V_m}{V_p} = \frac{B_m}{B_p} \frac{q_{bm} \sqrt{sgd_{sm}^3}}{q_{bp} \sqrt{sgd_{sp}^3}} \frac{T_m}{T_p} = S \frac{q_{bm}}{q_{bp}} \kappa^{3/2} \frac{T_m}{T_p} \Rightarrow S^3$

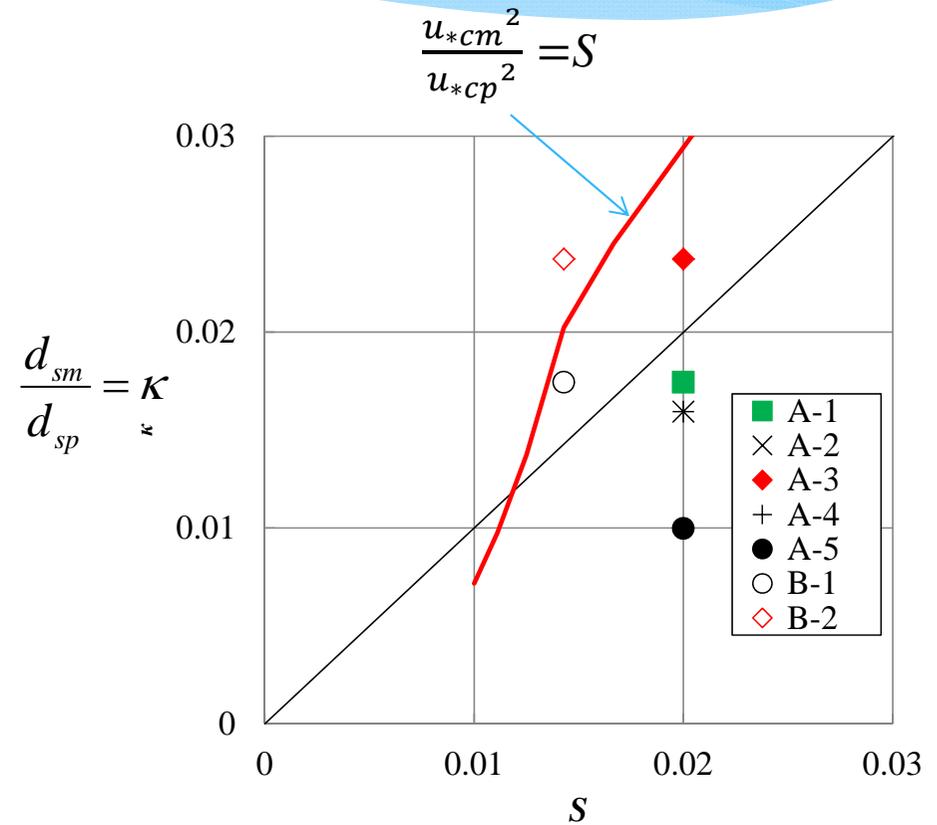
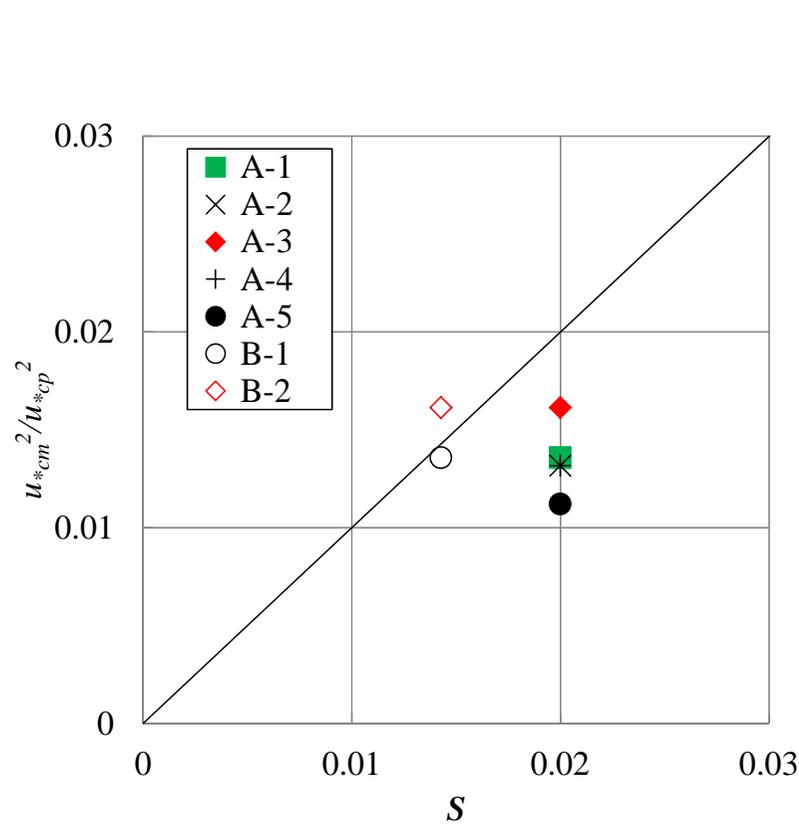
流砂量相似 ; $\frac{q_{bm}}{q_{bp}} = \left(\frac{S}{\kappa}\right)^{3/2} \Rightarrow \frac{u_{*cm}^2}{u_{*cp}^2} = S$

粒径比 ; $\frac{d_{sm}}{d_{sp}} = \kappa \neq S$

岩垣の限界摩擦速度

$d_s > 0.303$;	$u_{*c}^2 = 80.9d_s$
$0.303 \geq d_s > 0.118$;	$u_{*c}^2 = 134.6d_s^{31/22}$
$0.118 \geq d_s > 0.0565$;	$u_{*c}^2 = 55.0d_s$
$0.0565 \geq d_s > 0.0065$;	$u_{*c}^2 = 8.41d_s^{11/32}$
$0.0065 > d_s$;	$u_{*c}^2 = 226d_s$

実験における縮尺(1)

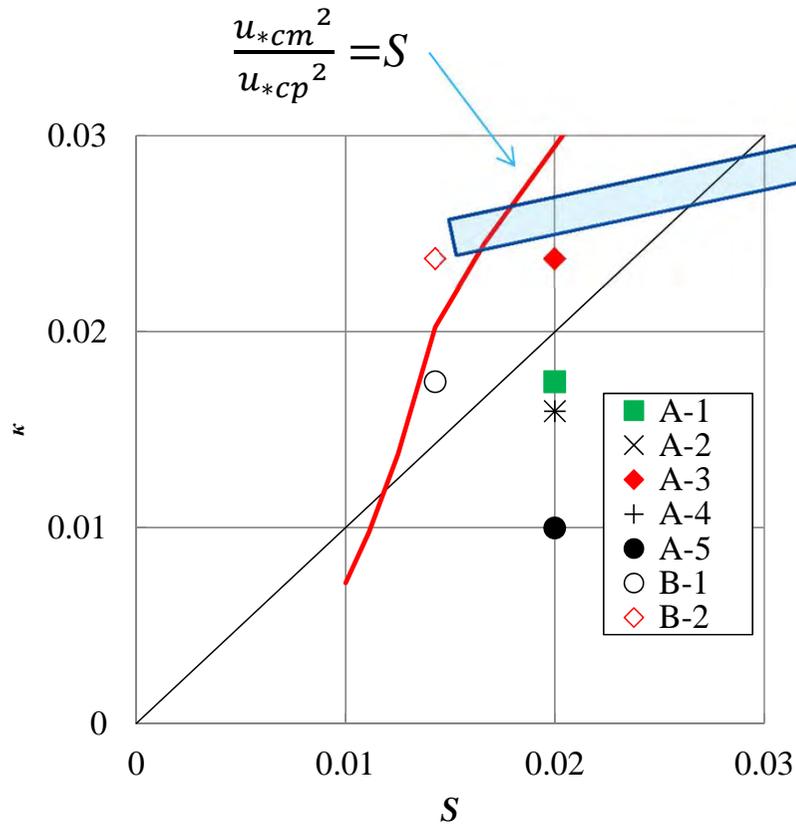


洗掘深が最も再現性良かったもの



$$\frac{u_{*cm}^2}{u_{*cp}^2} \approx S$$

実験における縮尺(2)



限界摩擦速度が
相対的に大きい

破堤開始時の越流量が
相対的に多くなる

初期拡幅が早い

実現象との進行過程が大きく変化する

下~~刻~~→拡幅

正面越流破堤実験におけるまとめ

非定常現象の場合
一致させる必要がある

$$\text{流れの時間縮尺 ; } \frac{T_m}{T_p} = S^{1/2}$$

$$\text{土砂移動量の時間縮尺 ; } \frac{T_m}{T_p} = S^{1/2} \frac{q_{bp}}{q_{bm}} \left(\frac{S}{\kappa} \right)^{3/2}$$

$$\frac{q_{bm}}{q_{bp}} = \left(\frac{S}{\kappa} \right)^{3/2} \Rightarrow \frac{u_{*cm}^2}{u_{*cp}^2} = S$$

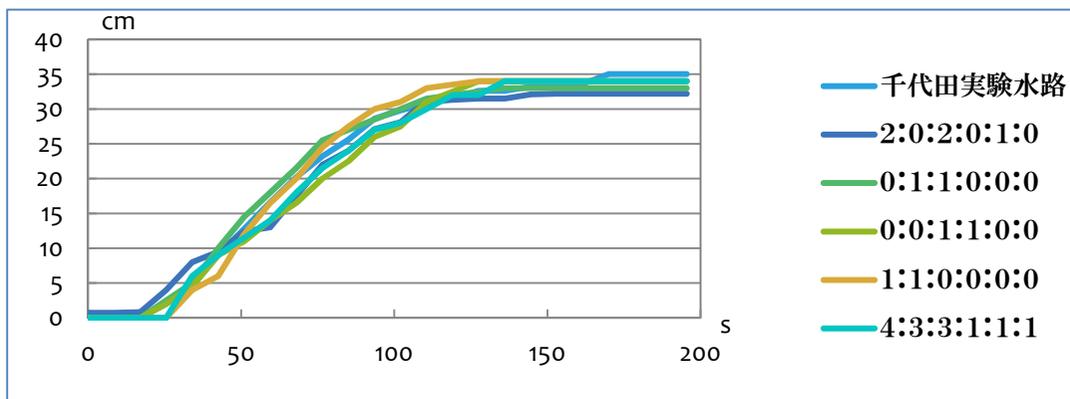
$$\frac{S}{\kappa} \gg 1 \quad ; \quad \text{現象の時間変化が異なる}$$

供給流量による破堤過程の違い

貯留量

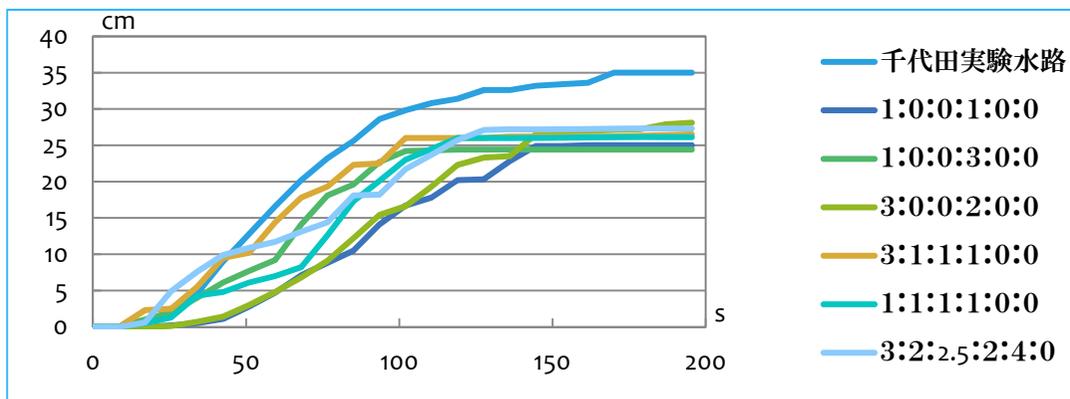
0.3038m³

貯留量が千代田実験水路と同じ場合



貯留量が千代田実験水路より10%少ない場合

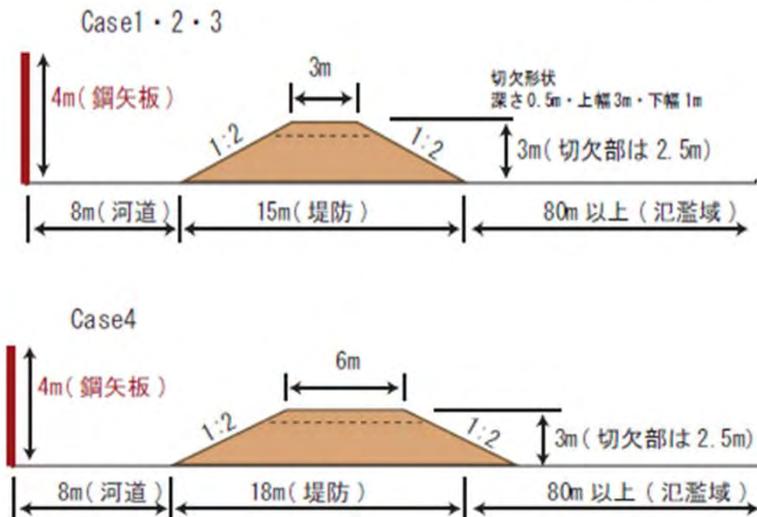
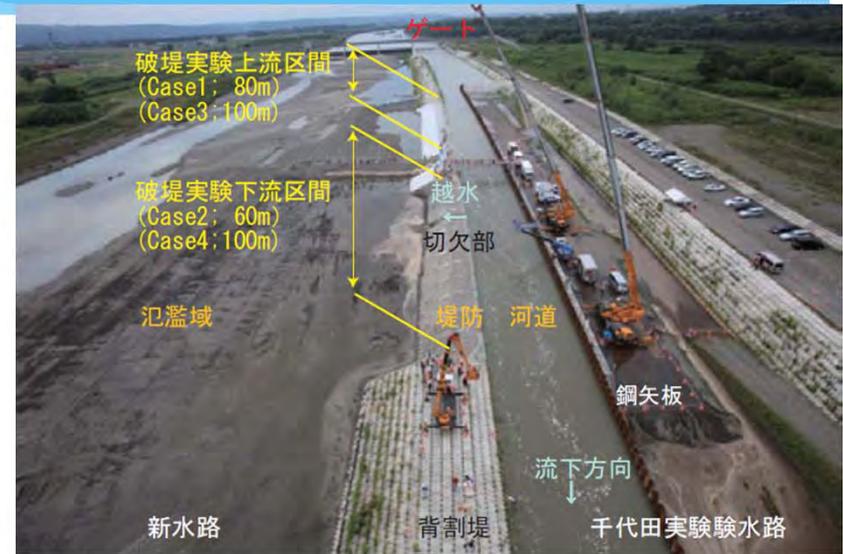
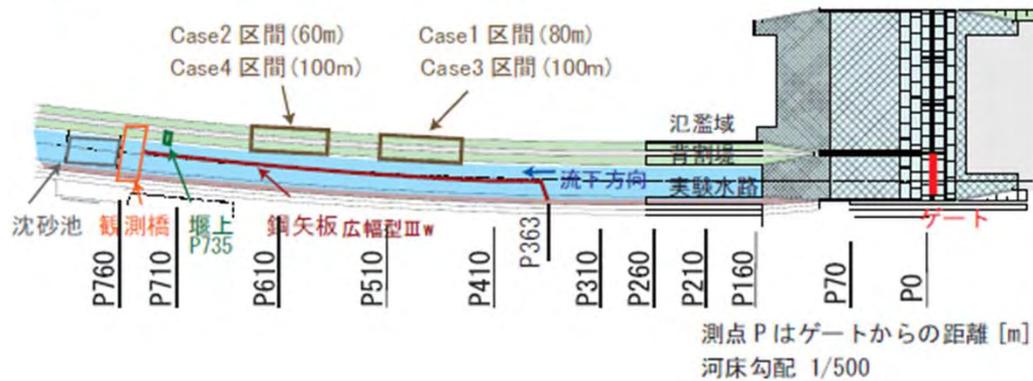
0.2677m³



最終的な拡幅は、貯留量によって大きく左右され、混合比は関係しない

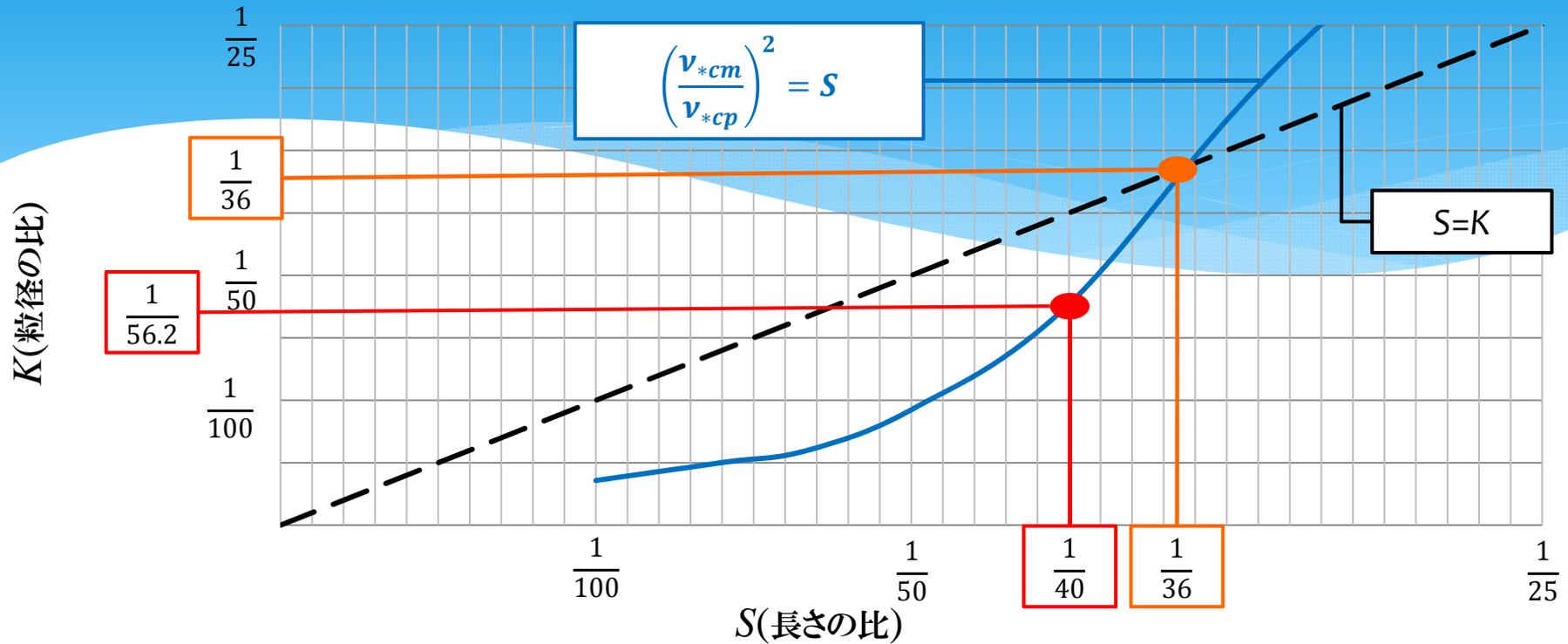
横越流破堤実験

○千代田実験水路実験条件



	目標流量	堤体条件				実験実施	
		土質	高さ	天端幅	法勾配		
Case 1	70m ³ /s	砂礫				2010年	4月
Case 2	35m ³ /s	細粒分	3m	3m	1:2	2011年	8月
Case 3	70m ³ /s						4月
Case 4		砂礫		6m			6月

縮尺の選定



千代田実験水路での平均粒径 $d_p = 10.6mm$

$$\frac{u_{*cm}^2}{u_{*cp}^2} = S = \frac{1}{40} \quad \text{とすると} \quad u_{*cm}^2 = 2.1439$$

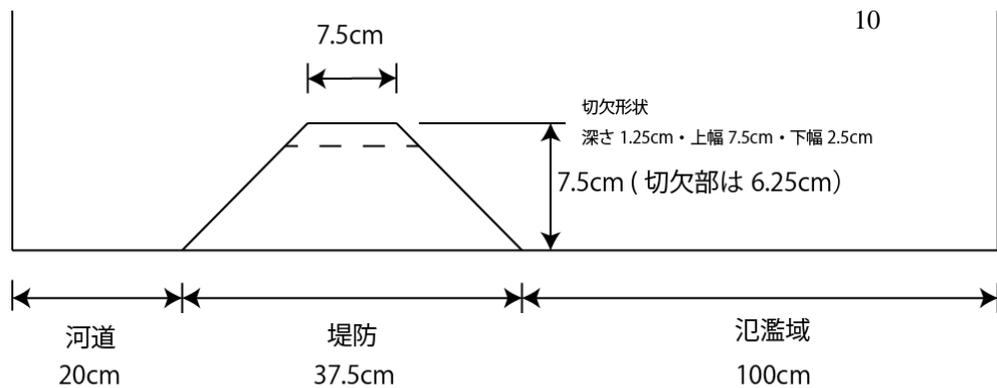
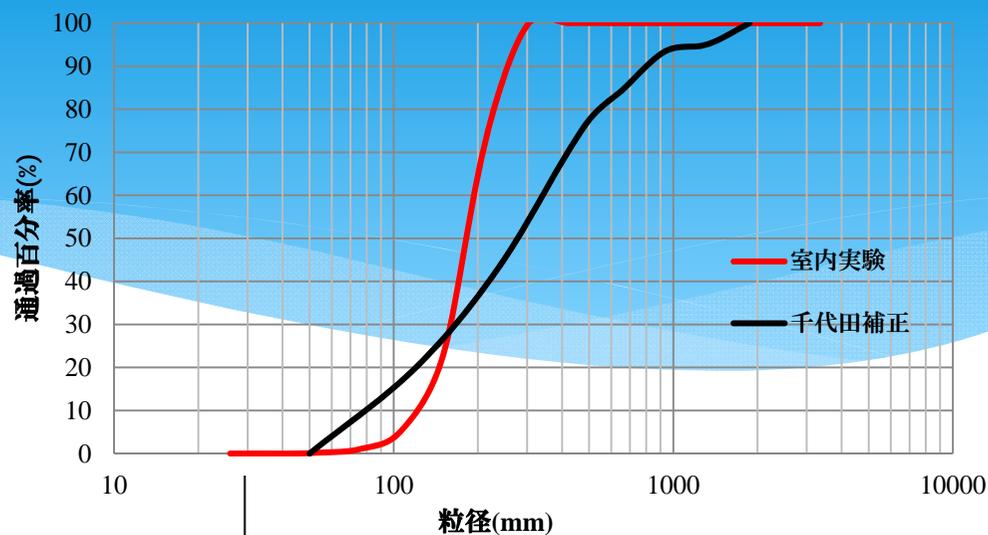
岩垣の式より $d_m = 0.018757mm$

実験条件

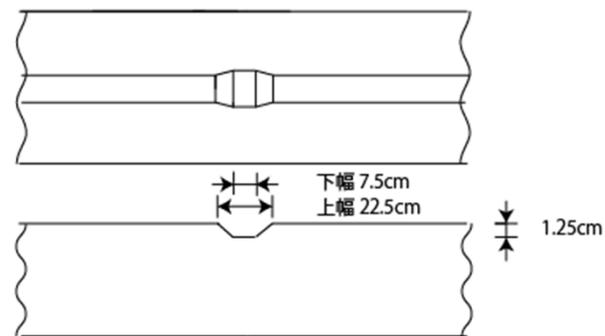
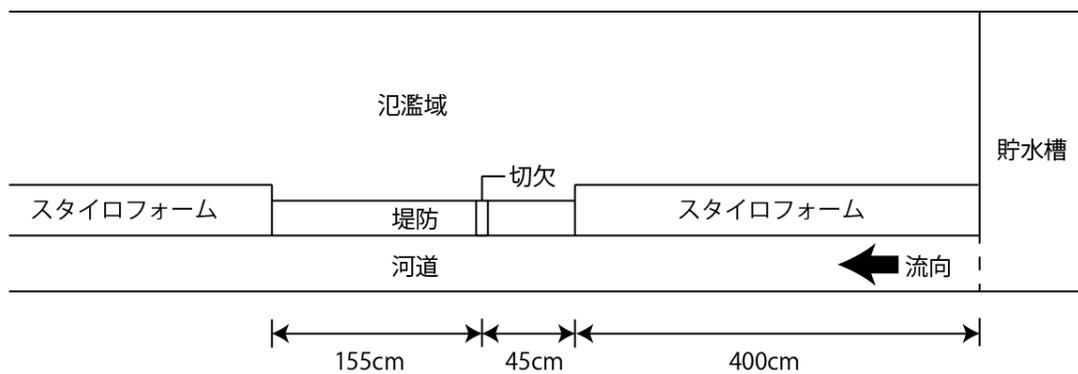
縮尺 1/40

流量 $6917 \text{ cm}^3/\text{s}$

粒径 0.1881 mm
(7号東北硅砂)



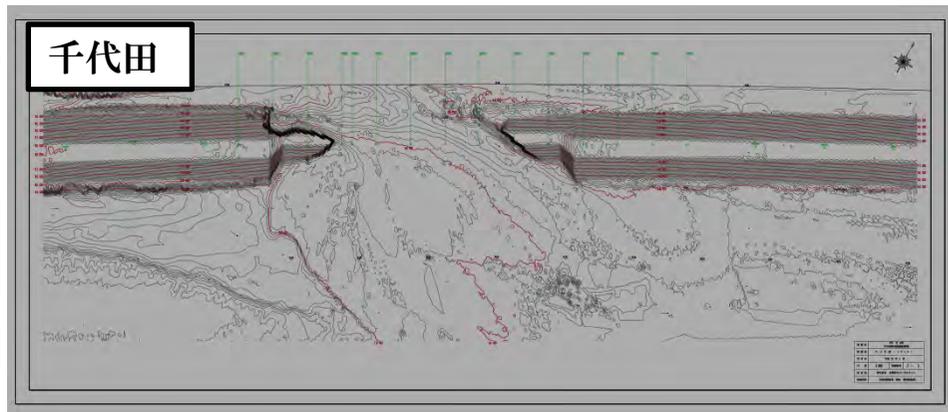
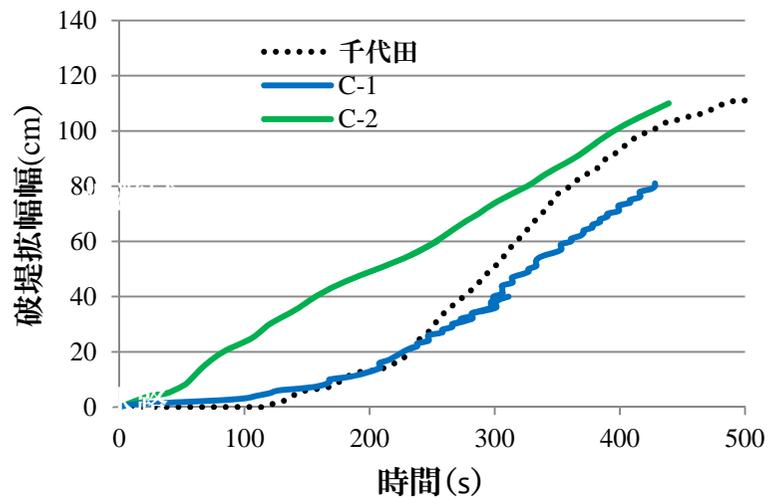
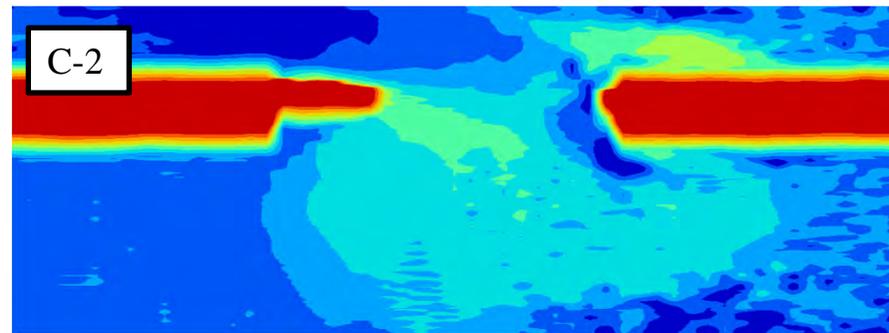
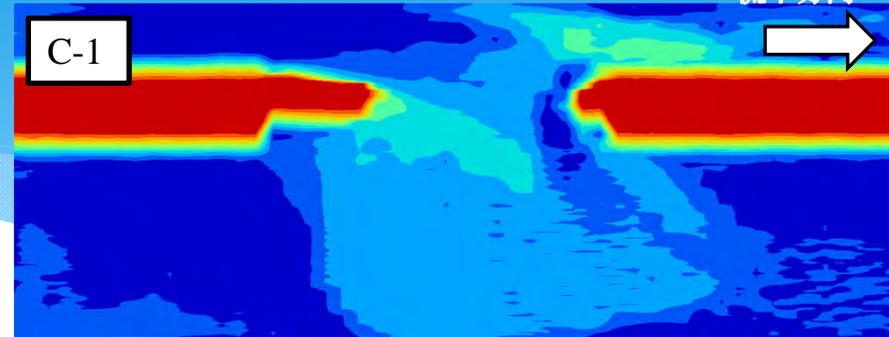
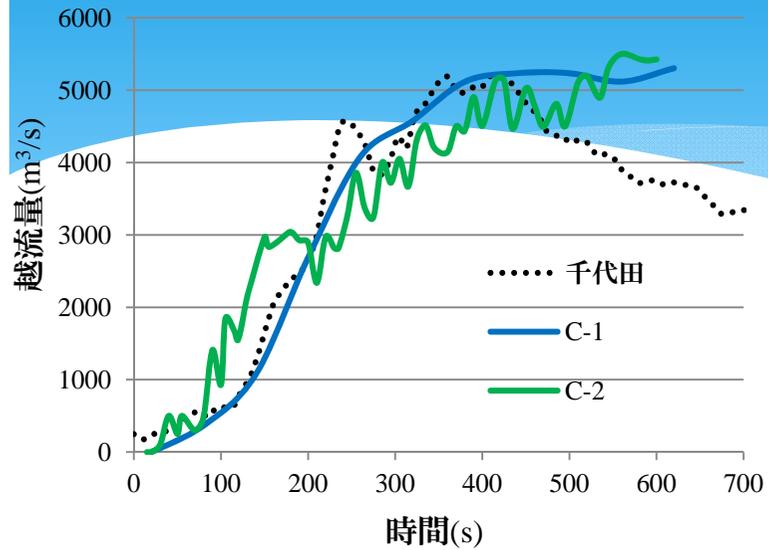
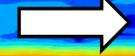
C-1	千代田実験水路Case1再現
C-2	切欠幅を3倍



C-2切欠

横越流実験結果の比較

流下方向



横越流破堤実験のこれまでの結論

- 室内実験スケールにおいても横越流破堤をある程度再現可能である
- 今回の条件では、拡幅速度について破堤後半において再現性が低かった
- 切欠幅を幅広にすると初期の拡幅速度が速くなり、越流量が増加する