数値計算モデルを用いた実物大越流破堤実験の数値シュミレーション

北海道大学大学院工学研究院　　　清水康行

越流破堤に関する既往の研究

①模型実験

・縮尺模型実験　破堤現象は相似則を満たすことが困難
・実物大実験　　正面越流破堤実験が中心（実現象では横越流が多い）

②現地調査

・破堤現象は突発的現象であるため事後調査が多い
・事後調査のため破堤拡大過程の情報が不足

③数値計算

・室内実験を再現する形で計算モデル妥当性の検討が行われている
・実スケールの破堤現象に対する計算モデルの適用性は検討されていない

実スケールの越流破堤に関しては未解明な点が多い

iRIC Software
Changing River Science

十勝川千代田実験水路（実物実験水路）

- 越流破堤のメカニズムを解明することを目的として作られた
- 正面越流破堤実験　2008
- 横越流破堤実験　2009(予備実験) 2010-2011(本実験)

方向

iRIC Software
Changing River Science

研究目的

実スケール越水破堤現象の
平面二次元モデルによる再現性の検討

研究方法

実物大の横越流破堤現象のデータ（千代田実験水路のデータ）と数値計算結果を比較、検証する

2009年度～2010年度の研究

①正面越流破堤実験の再現計算
②横越流破堤実験の再現計算

→ 問題点の抽出

2011年度の研究

③堤体侵食量式の導入
④間欠崩落モデルの導入

iRIC Software
Changing River Science

計算モデル

iRICの中のNays2Dモデル
平面二次元河床変動モデル

- 二次元浅水流方程式（一般座標系）
- 掃流砂（均一粒径）のみ対象とした河床変動計算
- 斜面崩落(通常モデル＋間欠崩落モデル)

2010年度　2011年度

計算手法

■支配方程式　流れ

x, y : orthogonal coodinate axis

ξ, η : plane coodinate axis in generalized coodinate

h : water depth

H : water level

u^{ξ}, u^{η} : contravariant tensor in ξ or η direction

J : jacobian determinant in coodinate transformation

C_b : bed friction coefficient

連続の式

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{h}{J}\right)+\frac{\partial}{\partial \xi}\left(\frac{hu^{\xi}}{J}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{hu^{\eta}}{J}\right)=0$$

運動方程式

$$\frac{\partial u^{\xi}}{\partial t}+u^{\xi}\frac{\partial u^{\xi}}{\partial \xi}+u^{\eta}\frac{\partial u^{\xi}}{\partial \eta}+\alpha_1 u^{\xi}u^{\xi}+\alpha_2 u^{\xi}u^{\eta}+\alpha_3 u^{\eta}u^{\eta}$$
$$=-g\left[\left(\xi_x{}^2+\xi_y{}^2\right)\frac{\partial H}{\partial \xi}+\left(\xi_x\eta_x+\xi_y\eta_y\right)\frac{\partial H}{\partial \eta}\right]-\frac{C_b u^{\xi}}{J}\sqrt{\left(\eta_y u^{\xi}-\xi_y u^{\eta}\right)^2+\left(-\eta_x u^{\xi}+\xi_x u^{\eta}\right)^2}+D^{\xi}$$

$$\frac{\partial u^{\eta}}{\partial t}+u^{\xi}\frac{\partial u^{\eta}}{\partial \xi}+u^{\eta}\frac{\partial u^{\eta}}{\partial \eta}+\alpha_4 u^{\xi}u^{\xi}+\alpha_5 u^{\xi}u^{\eta}+\alpha_6 u^{\eta}u^{\eta}$$
$$=-g\left[\left(\eta_x\xi_x+\eta_y\xi_y\right)\frac{\partial H}{\partial \xi}+\left(\xi_x{}^2+\xi_y{}^2\right)\frac{\partial H}{\partial \eta}\right]-\frac{C_b u^{\eta}}{J}\sqrt{\left(\eta_y u^{\xi}-\xi_y u^{\eta}\right)^2+\left(-\eta_x u^{\xi}+\xi_x u^{\eta}\right)^2}+D^{\eta}$$

計算手法

■支配方程式　河床変動

流砂の連続式

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{z_b}{J}\right)+\frac{1}{1-\lambda}\left[\frac{\partial}{\partial \xi}\left(\frac{q^{\xi}}{J}\right)+\frac{\partial}{\partial \eta}\left(\frac{q^{\eta}}{J}\right)\right]=0$$

芦田・道上の式

$$\frac{q_b}{\sqrt{s_g g d^3}}=17\,\tau_*^{3/2}\left(1-\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right)\left(1-\sqrt{\frac{u_{*c}}{u_*}}\right)$$

ξ, η方向の流砂量

$$q^{\xi}=q_b\left[\frac{u_b^{\xi}}{V_b}-\gamma\left(\frac{\partial z_b}{\partial \xi}+\cos\theta\,\frac{\partial z_b}{\partial \eta}\right)\right]$$

$$q^{\eta}=q_b\left[\frac{u_b^{\eta}}{V_b}-\gamma\left(\frac{\partial z_b}{\partial \eta}+\cos\theta\,\frac{\partial z_b}{\partial \xi}\right)\right]$$

$$\gamma=\sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\mu_s \mu_k \tau_*}}$$

Z : bed elevation

λ : porosity of the bed material

q^{ξ}, q^{η} : contravarient components of the bedload transport rate per unit width in the ξ and η directions

q_b : bed load sediment transport rate

u_b^{ξ}, u_b^{η} : flow velocities near the bed in the ξ and η directions

V_b : resultant velocity near the bed

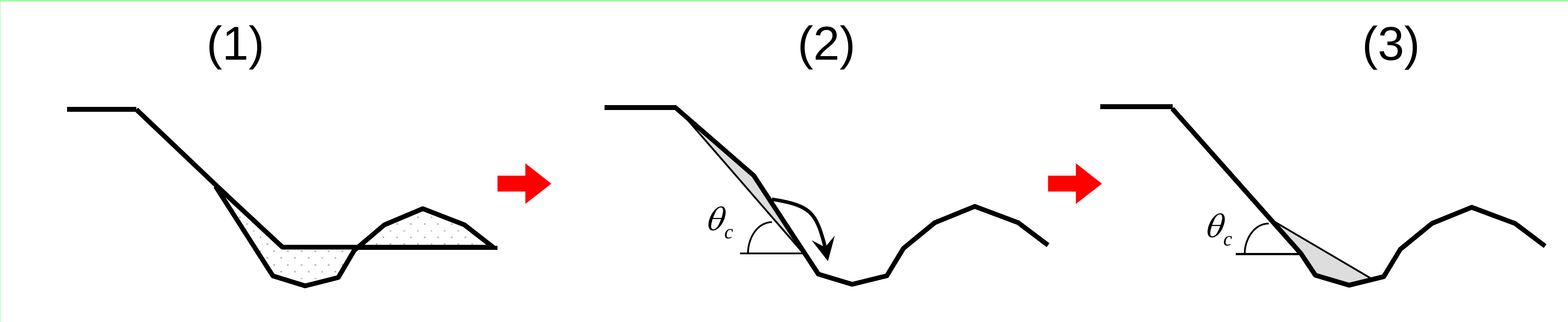
θ : intersection angle between ξ and η axis

γ : a correction coefficient to account for the bed slope

μ_s : static coefficient of Coulomb friction $(=1.0)$

μ_k : dynamic coefficient of Coulomb friction $(=0.45)$

斜面崩落モデル（安息角による斜面崩落）

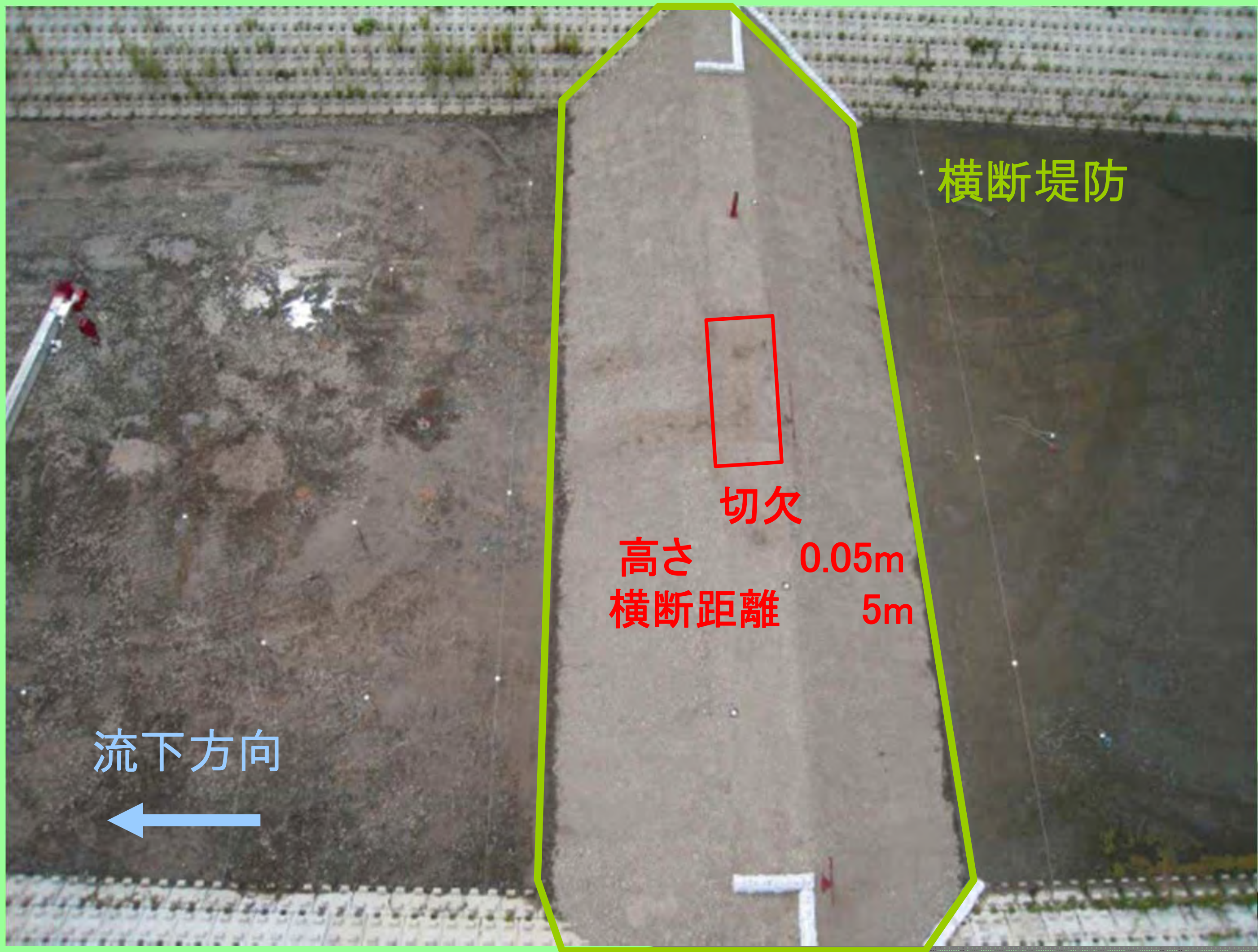


(1)土砂輸送により河床が変動する

(2)<u>計算格子間の勾配</u>が、安息角を越える勾配を持つ河床を崩す

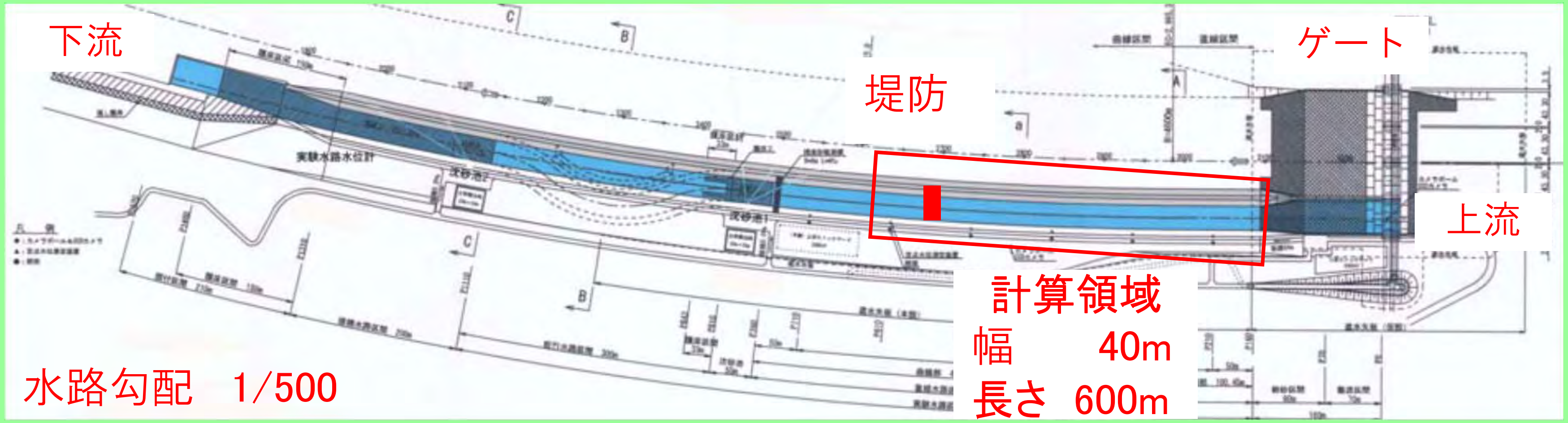
(3)崩れた変動量から新たな河床を求める

正面越流破堤実験　2008年8月
（砂質土を用いた実験）

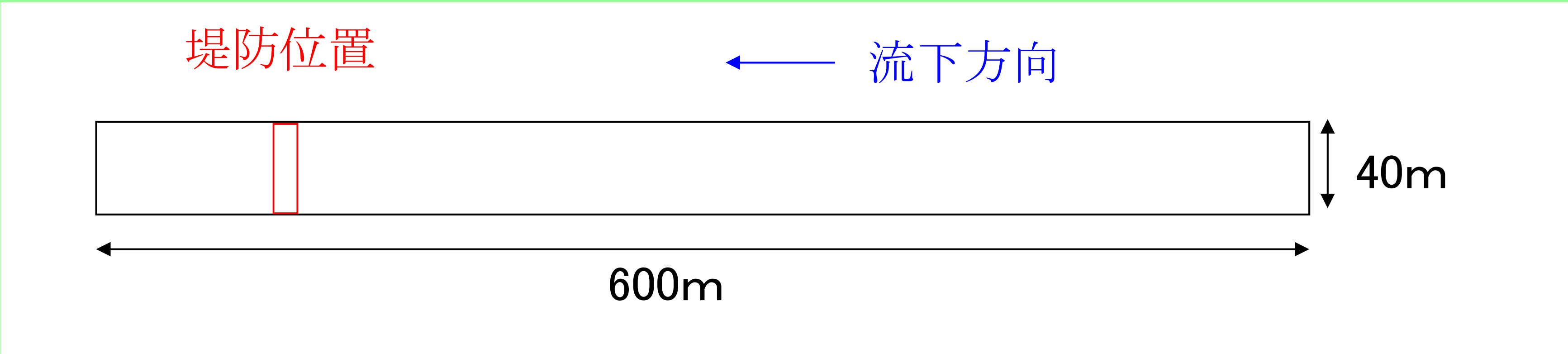


左岸上空から撮影した水路 （撮影：帯広開発建設部）

計算領域



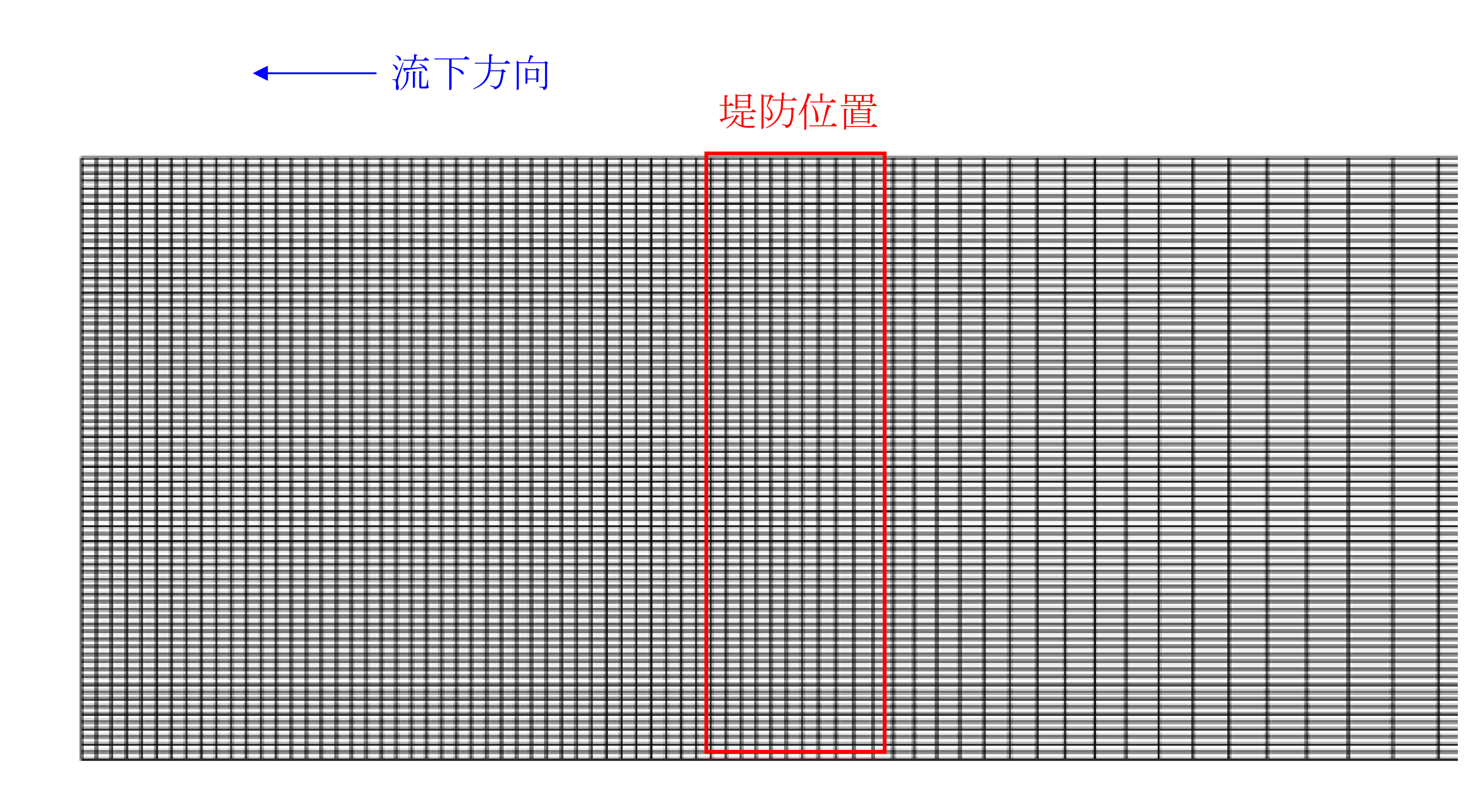
千代田実験水路の全体図　（提供：帯広開発建設部）



計算領域の概略図

計算格子

横断方向　 0.5m
縦断方向　上流端で1.0m, 下流に向かって等比的に小さくする



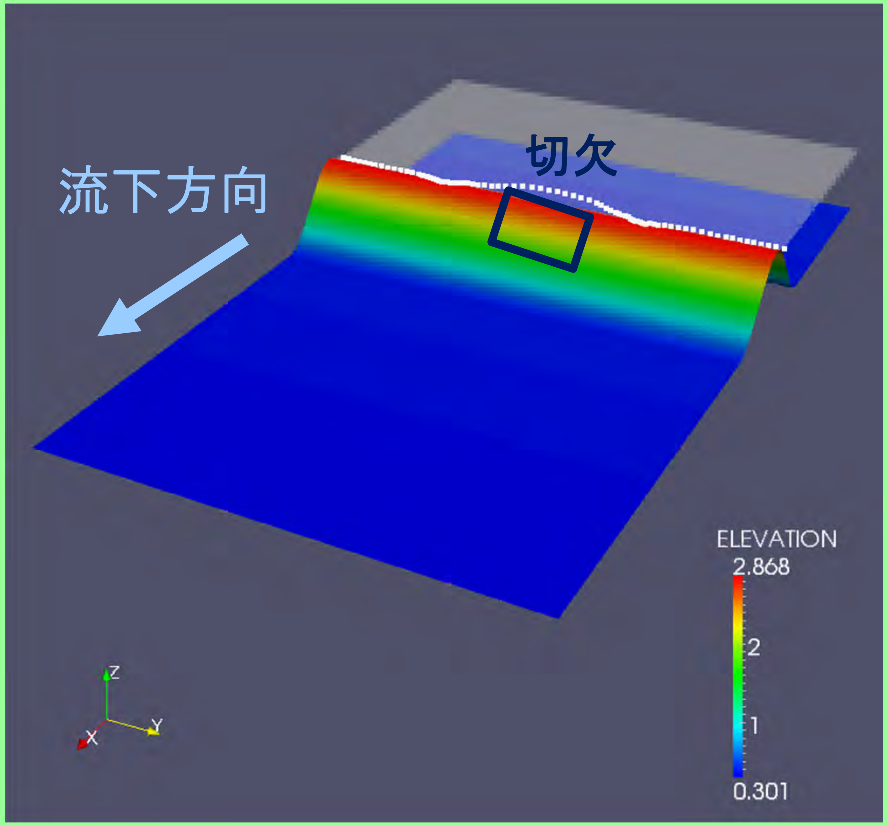
計算格子（堤防付近拡大図）

境界条件

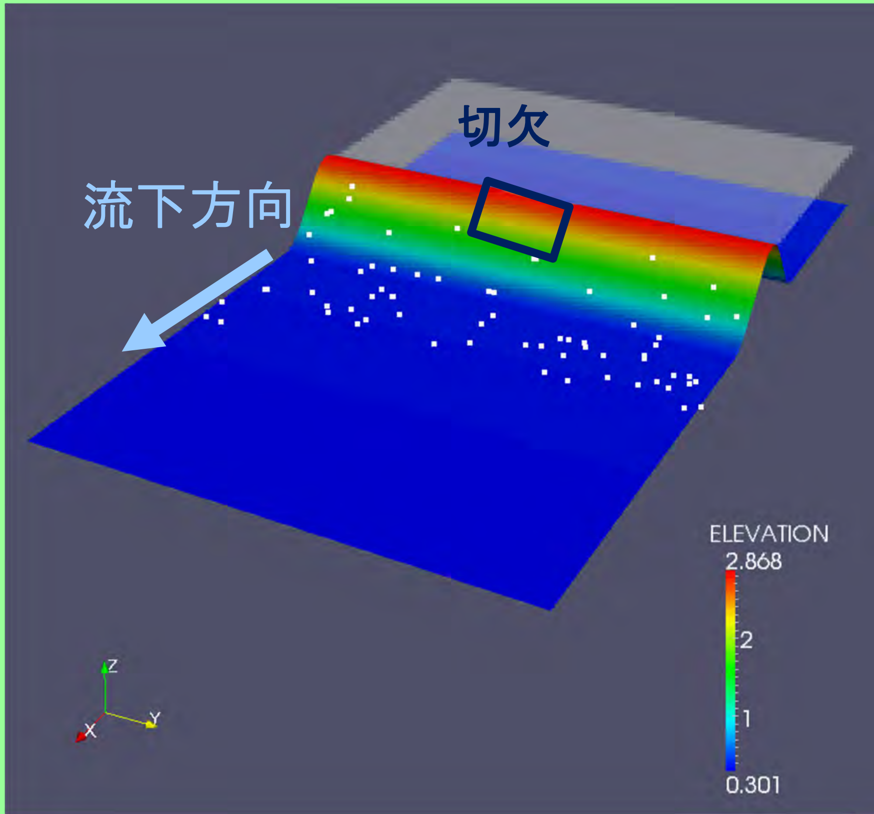
- 下流端水深変化勾配0
- 初期水深・流速0

iRIC Software
Changing River Science

計算結果



①安息角を考慮しない場合

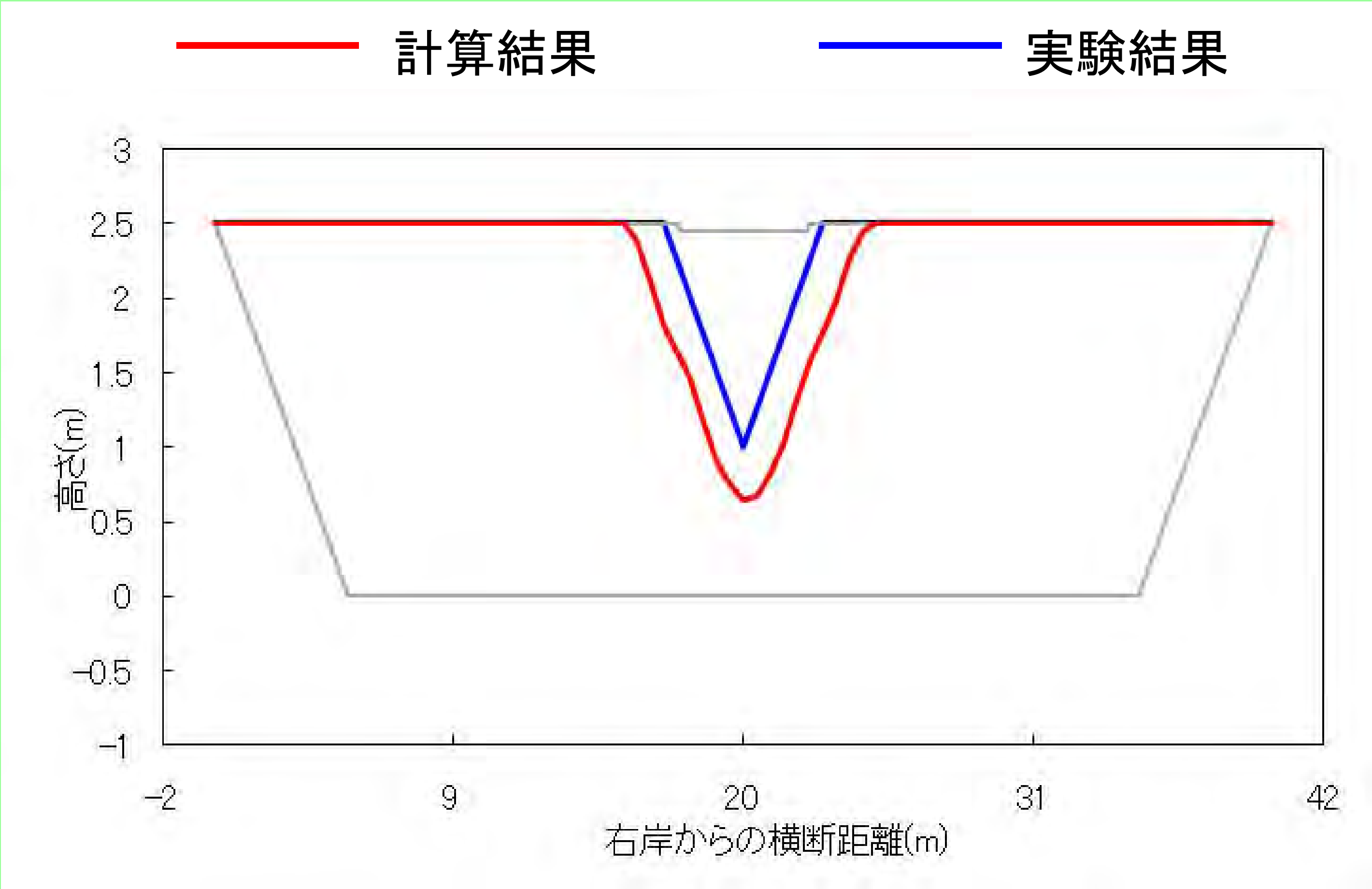


②安息角を考慮する場合

安息角を考慮することで
破堤口の拡幅を表現できる

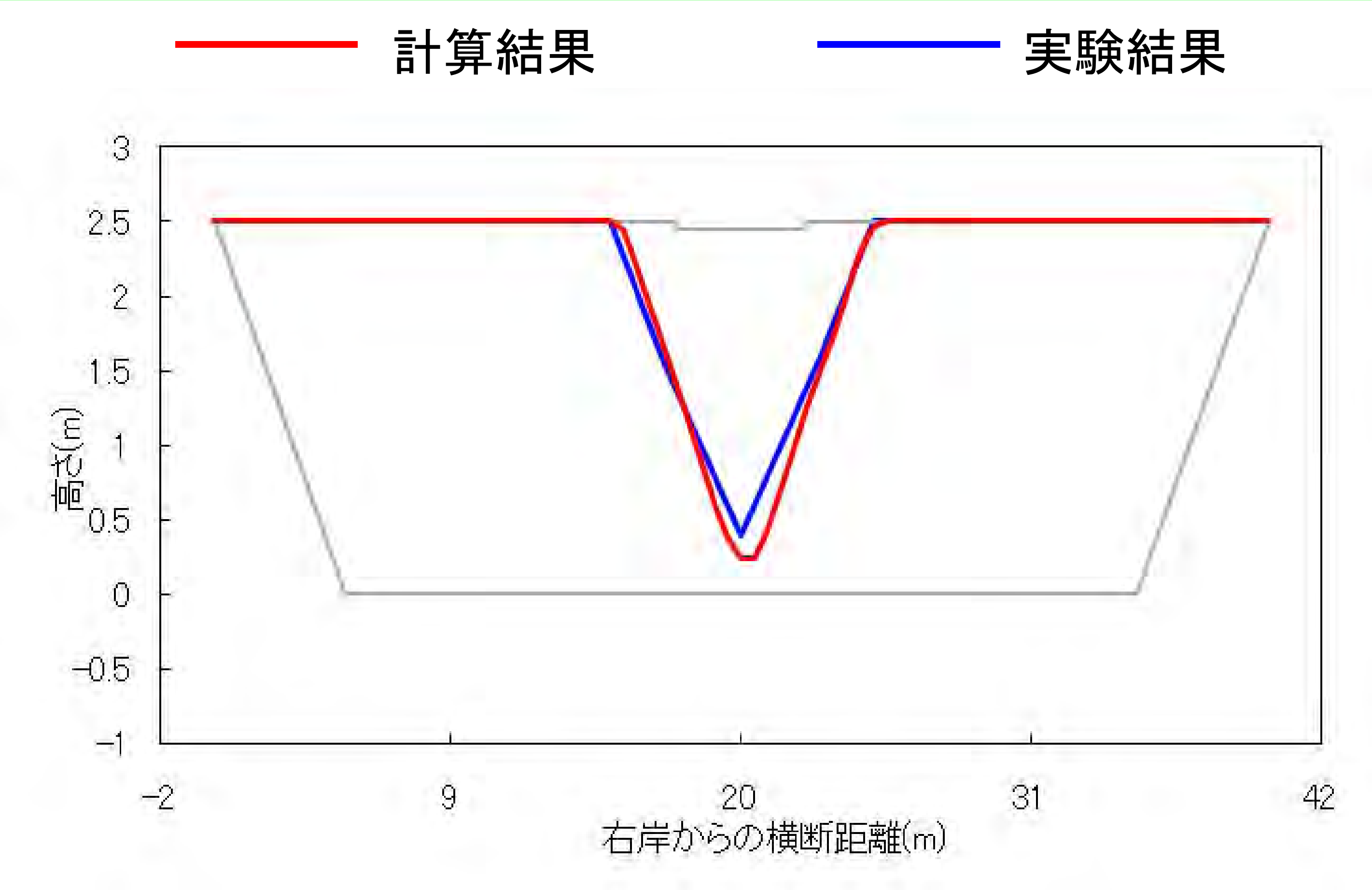
千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較 -横断面-

越流後 7分



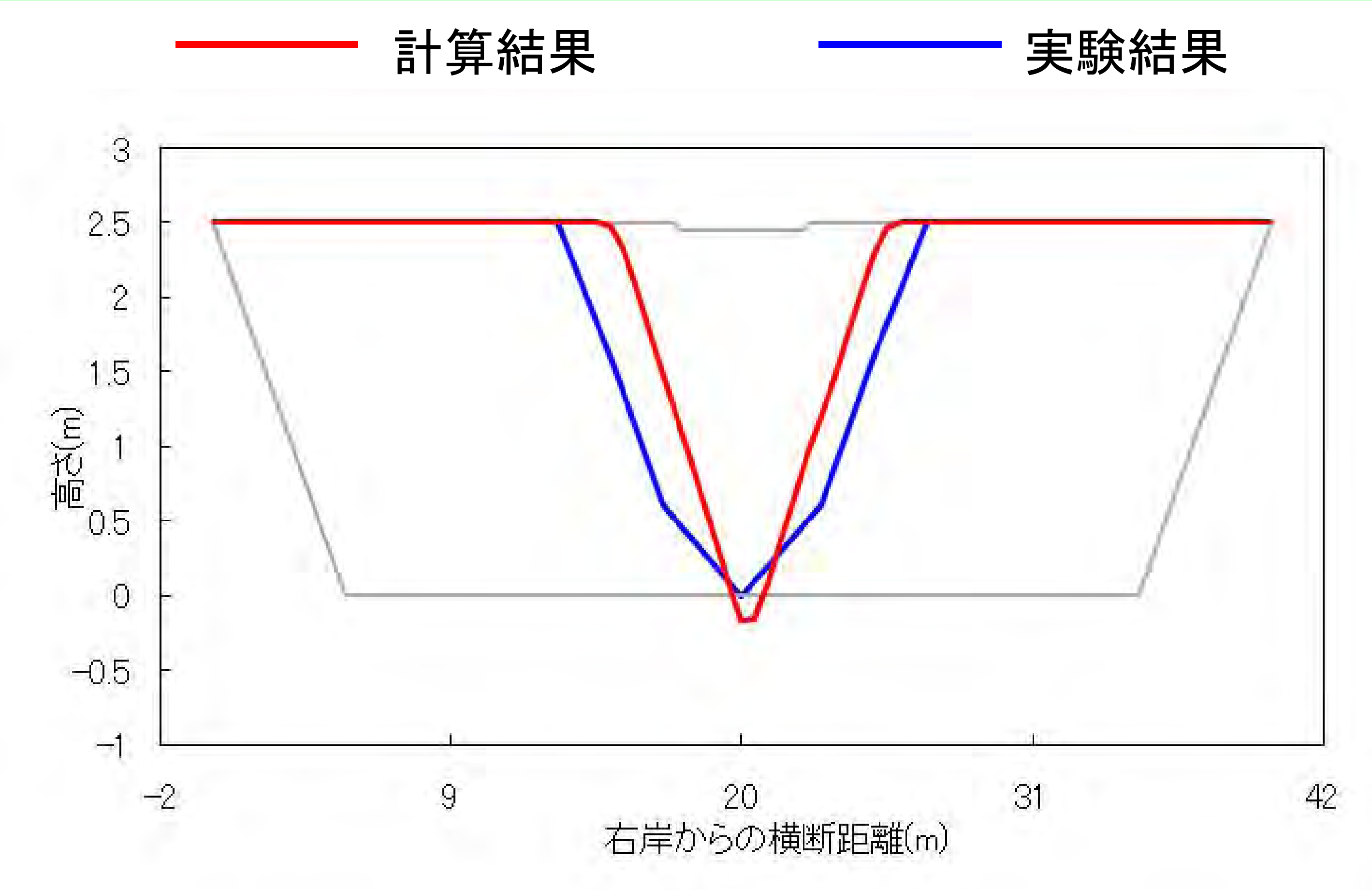
千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較
-横断面-

越流後 9分



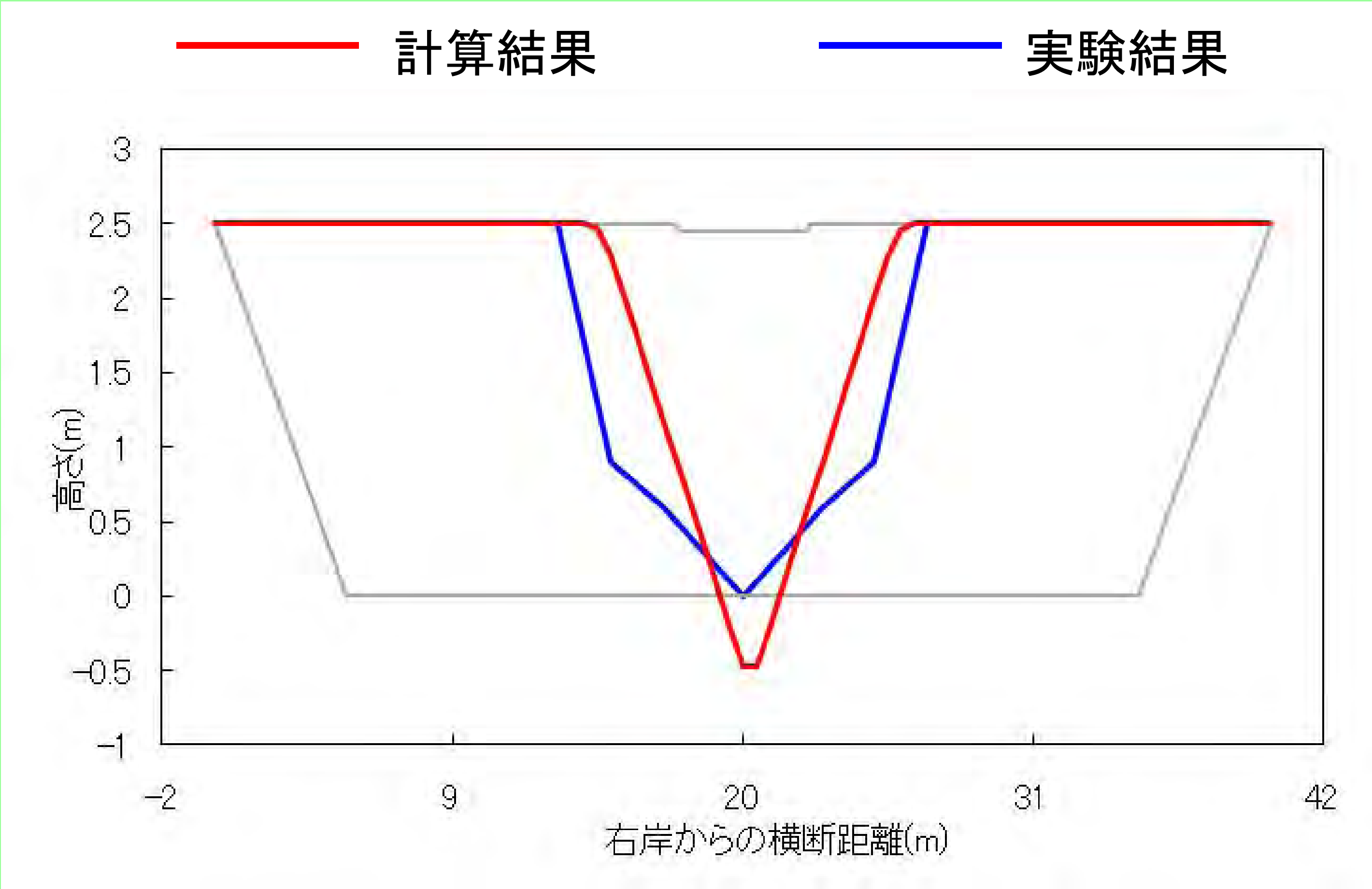
千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較
-横断面-

越流後 11分



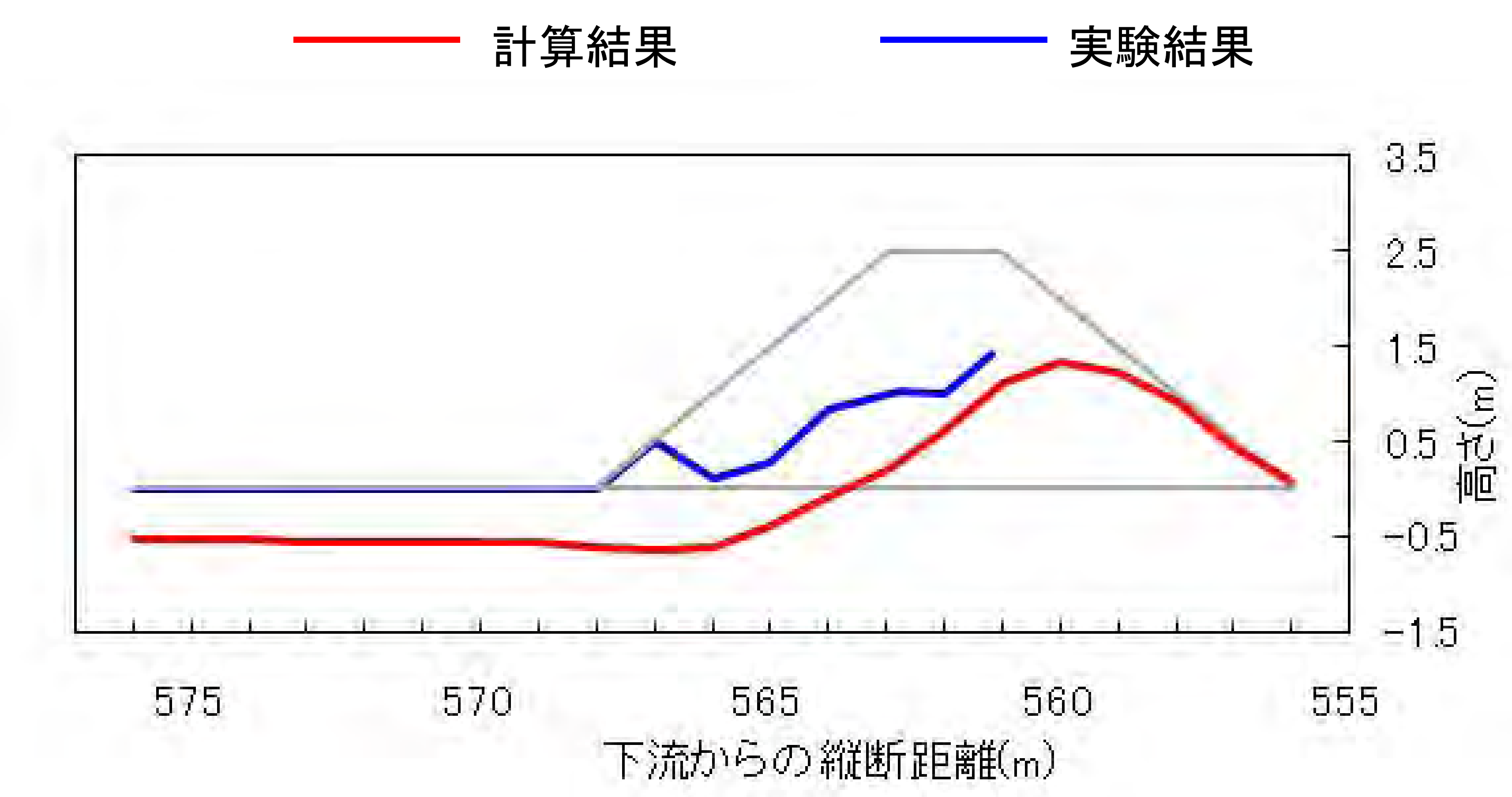
千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較-横断面-

越流後 13分



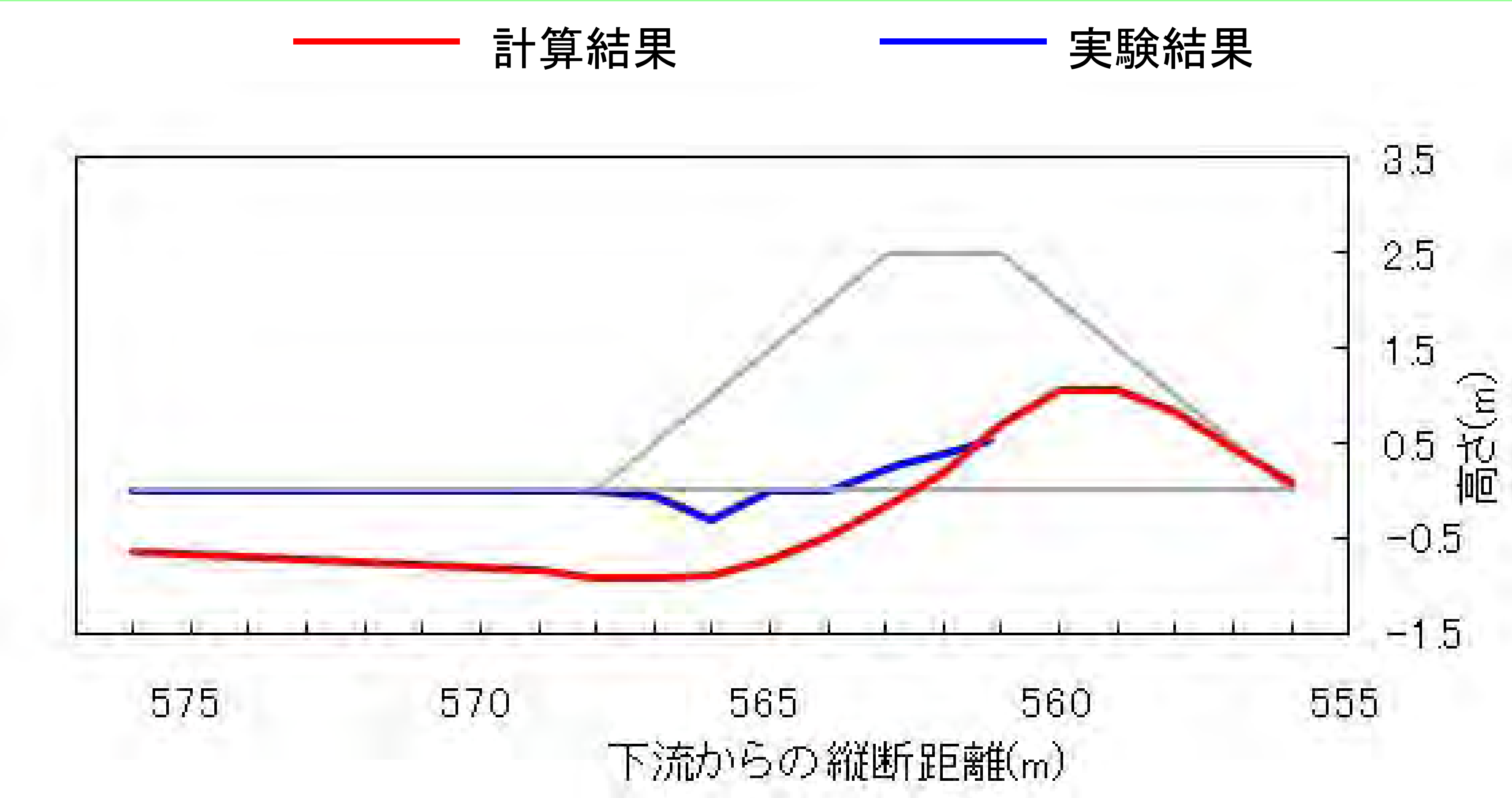
千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較-縦断面-

越流後 7分



千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較-縦断面-

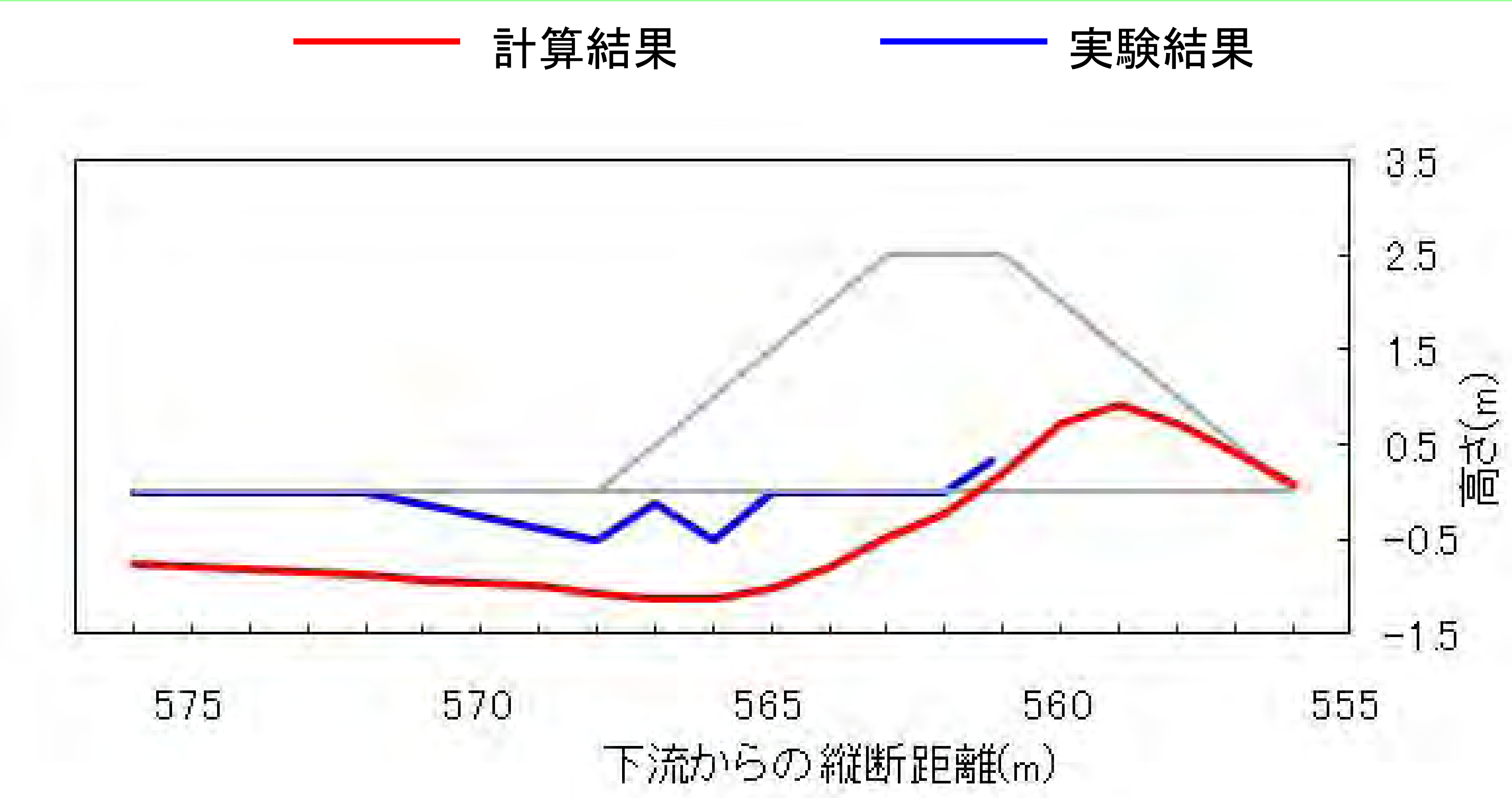
越流後 9分



iRIC Software
Changing River Science

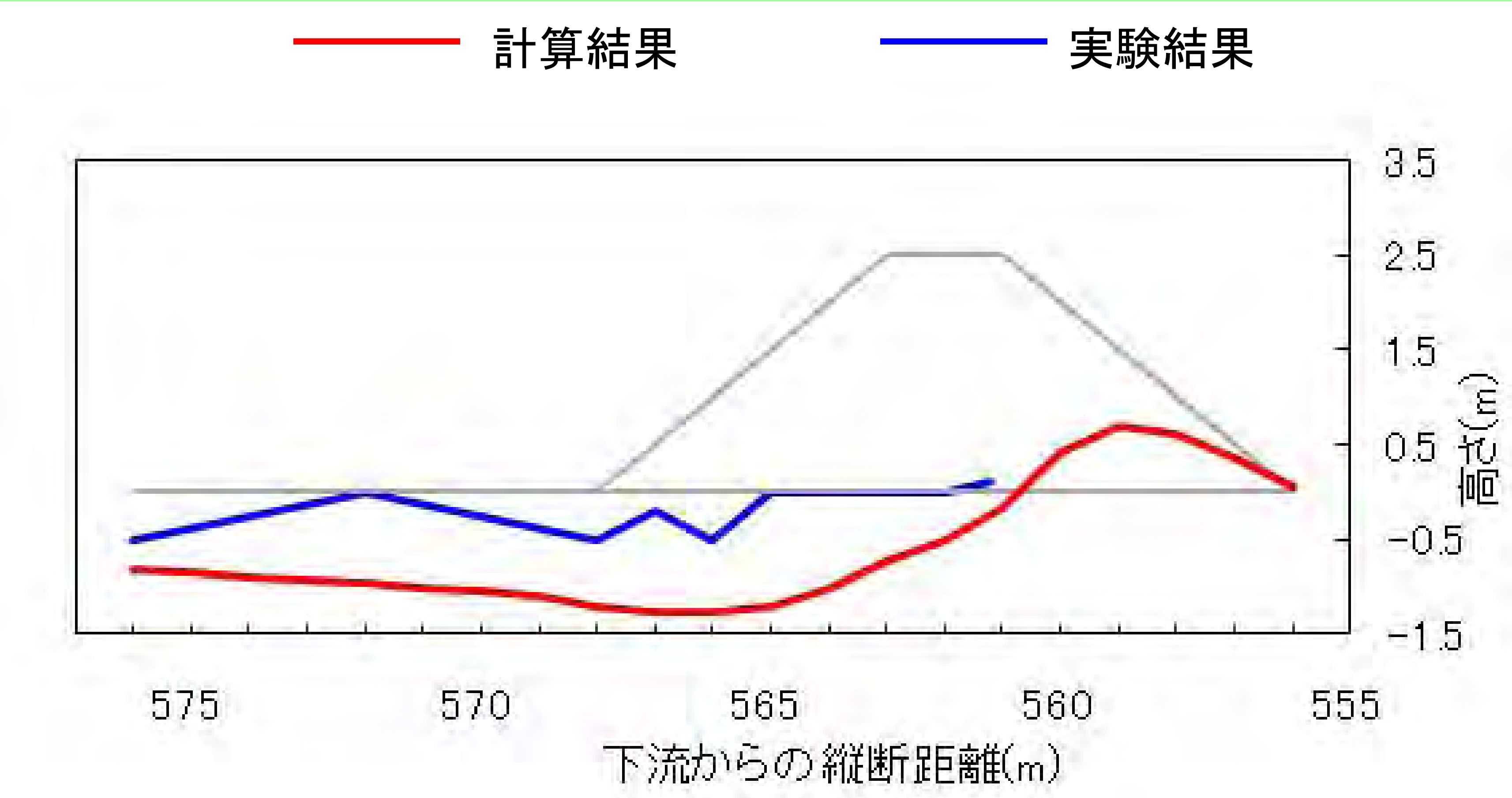
千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較-縦断面-

越流後 11分

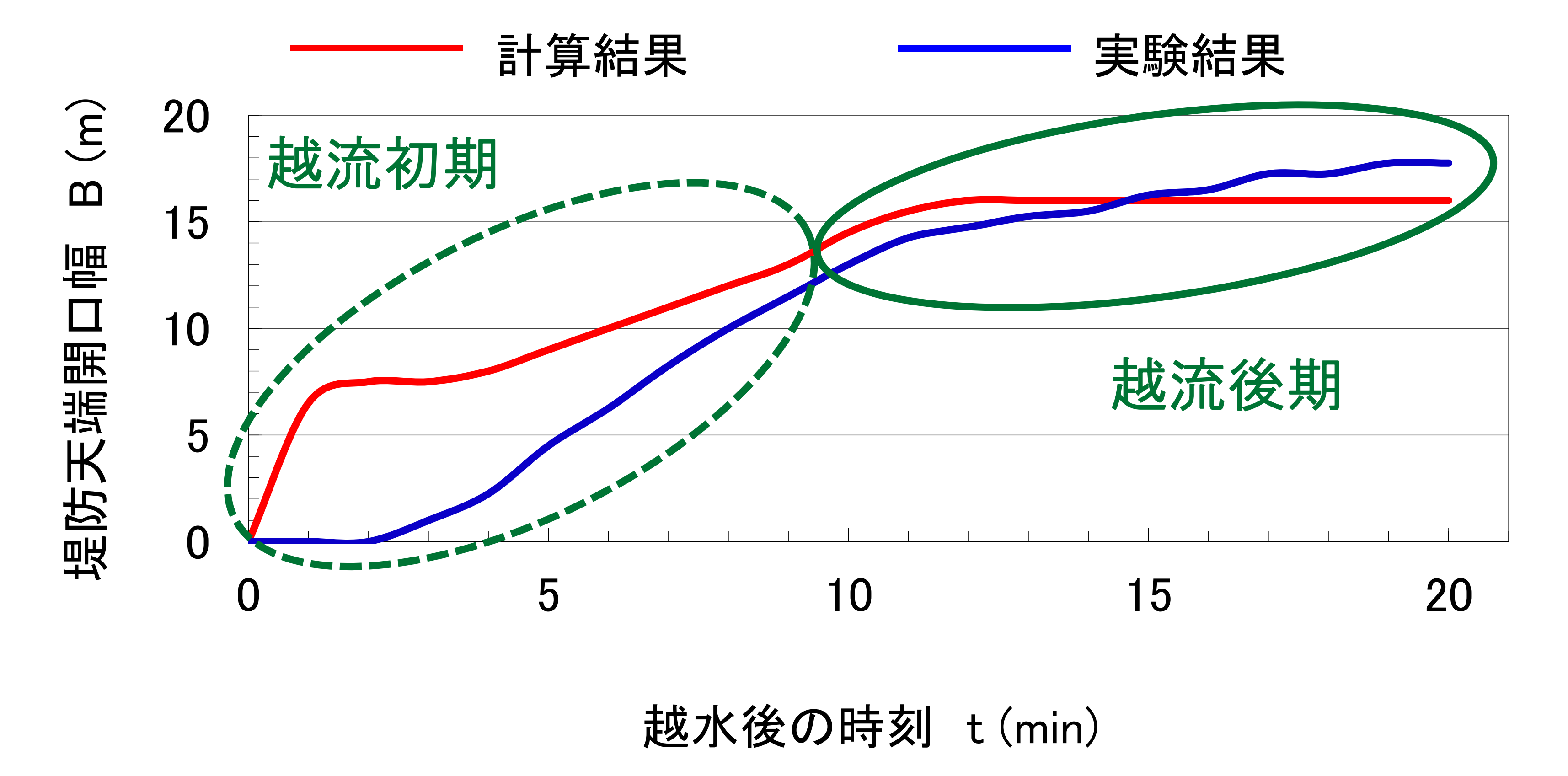


千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較-縦断面-

越流後 13分



千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較
-天端開口幅の時間変化-

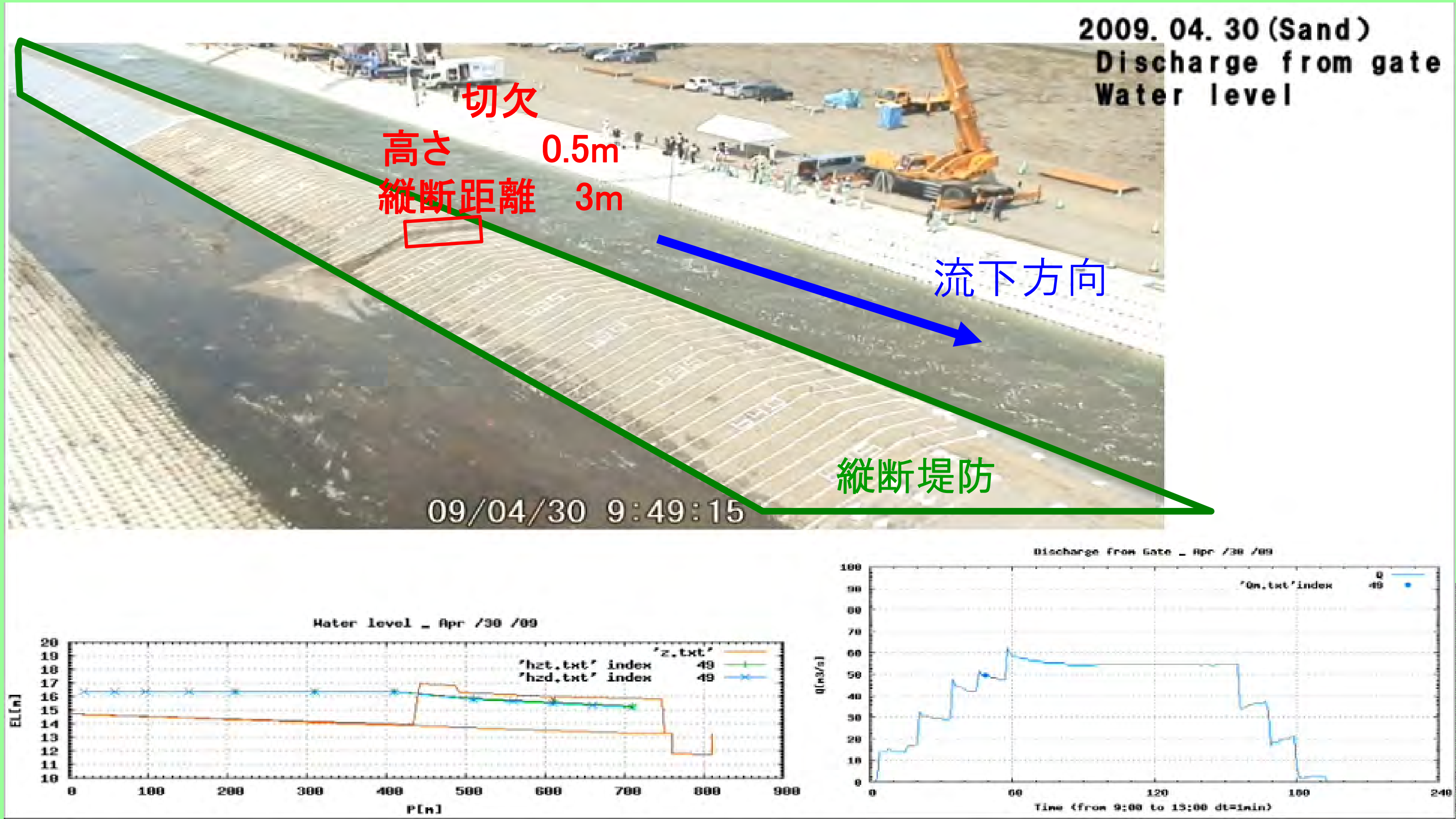


越流初期は計算結果において急激な破堤口の拡大が見られる
→斜面崩落モデルに原因がある
・越流後期においては概ね再現できた

まとめ（正面越流破堤実験）

- 安息角による斜面崩壊を考慮することにより，破堤口拡幅過程を再現できた
- 縦断面については数値計算結果が過大評価となった
- 天端開口幅の時間変化については越流初期において数値計算結果が急激に大きくなる

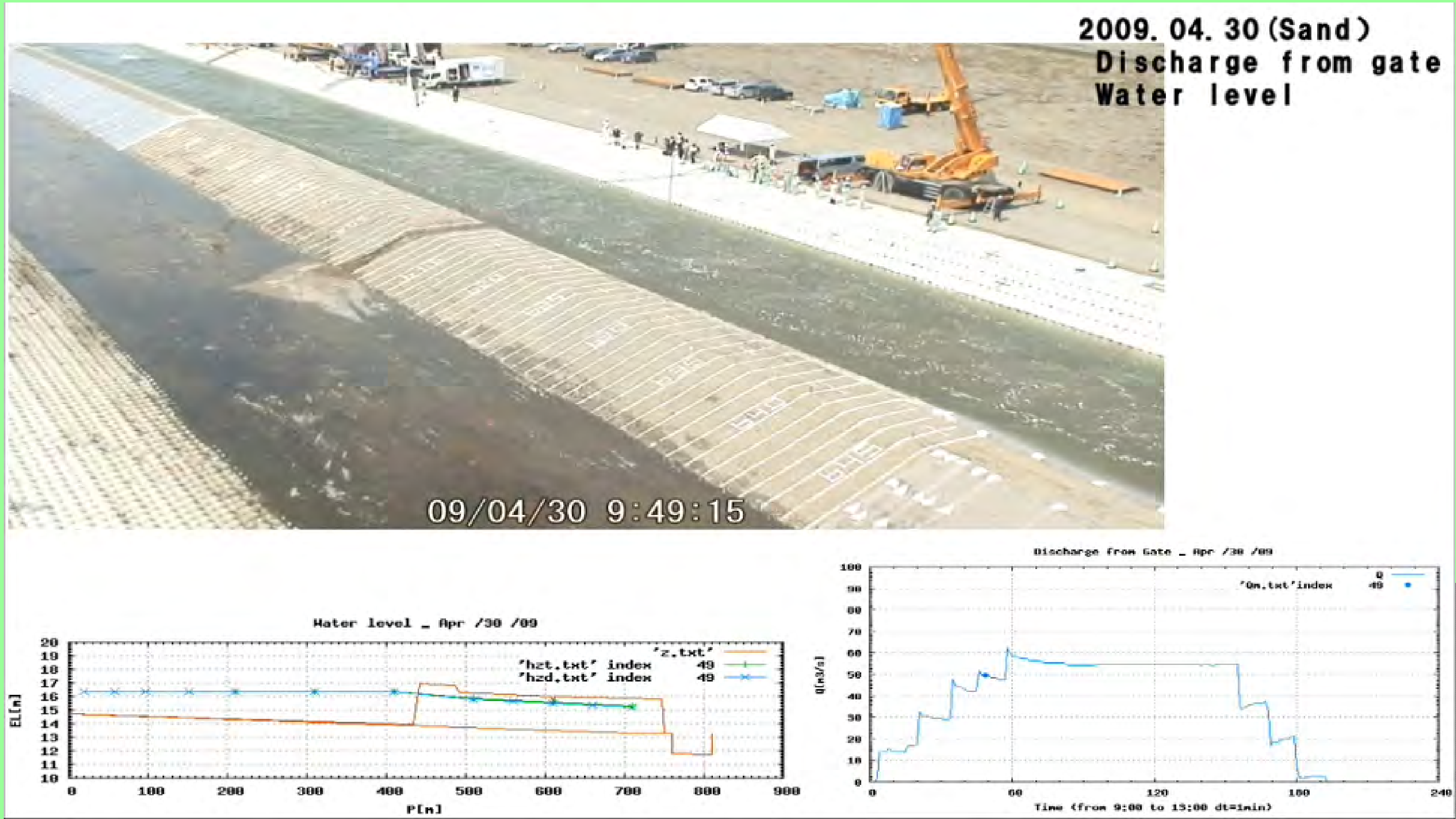
横越流破堤実験　２００９．４
（砂質土を用いた実験）



右岸上空から撮影した水路 （撮影：帯広開発建設部）

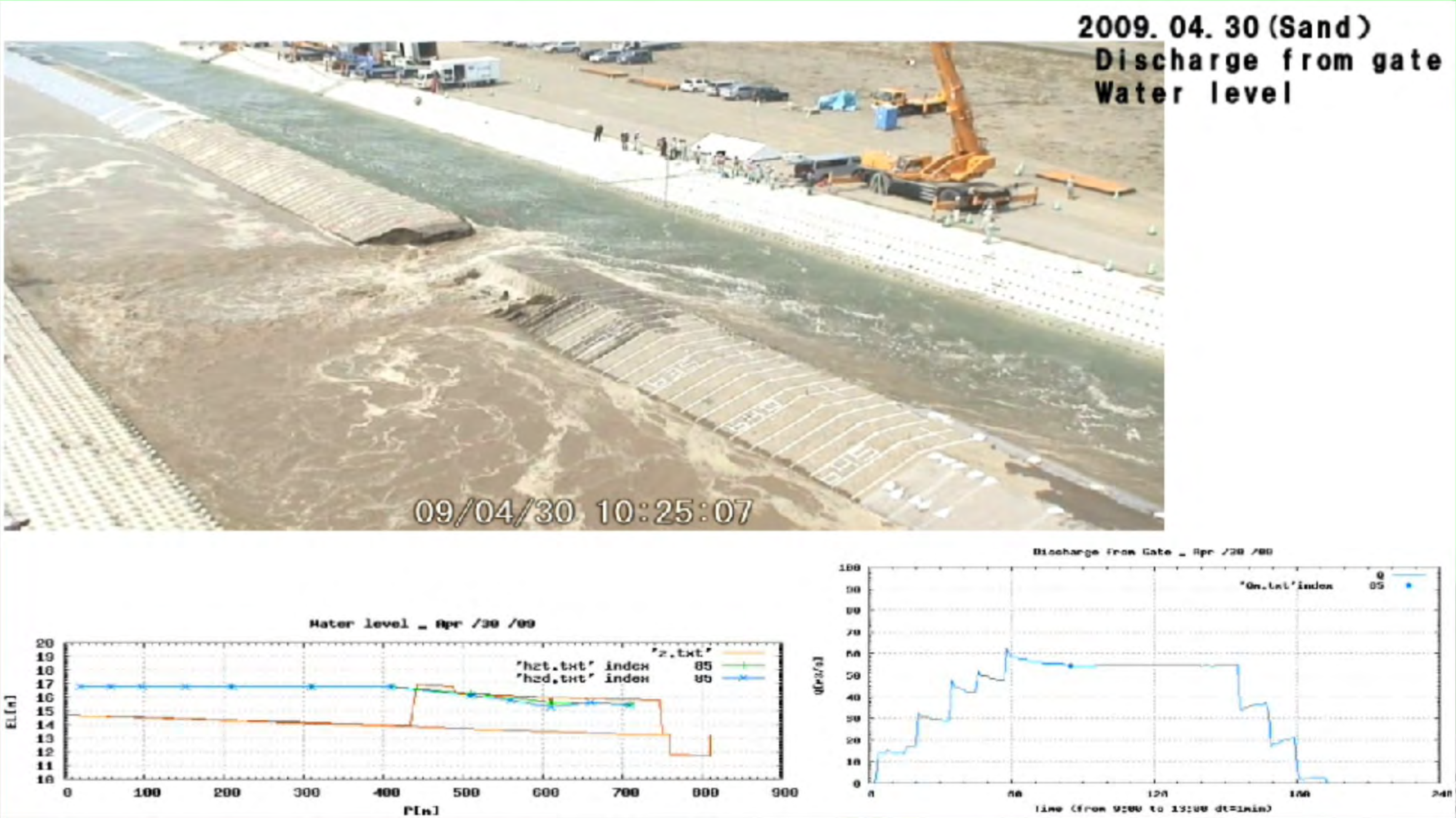
横越流破堤実験　２００９．４

（砂質土を用いた実験）



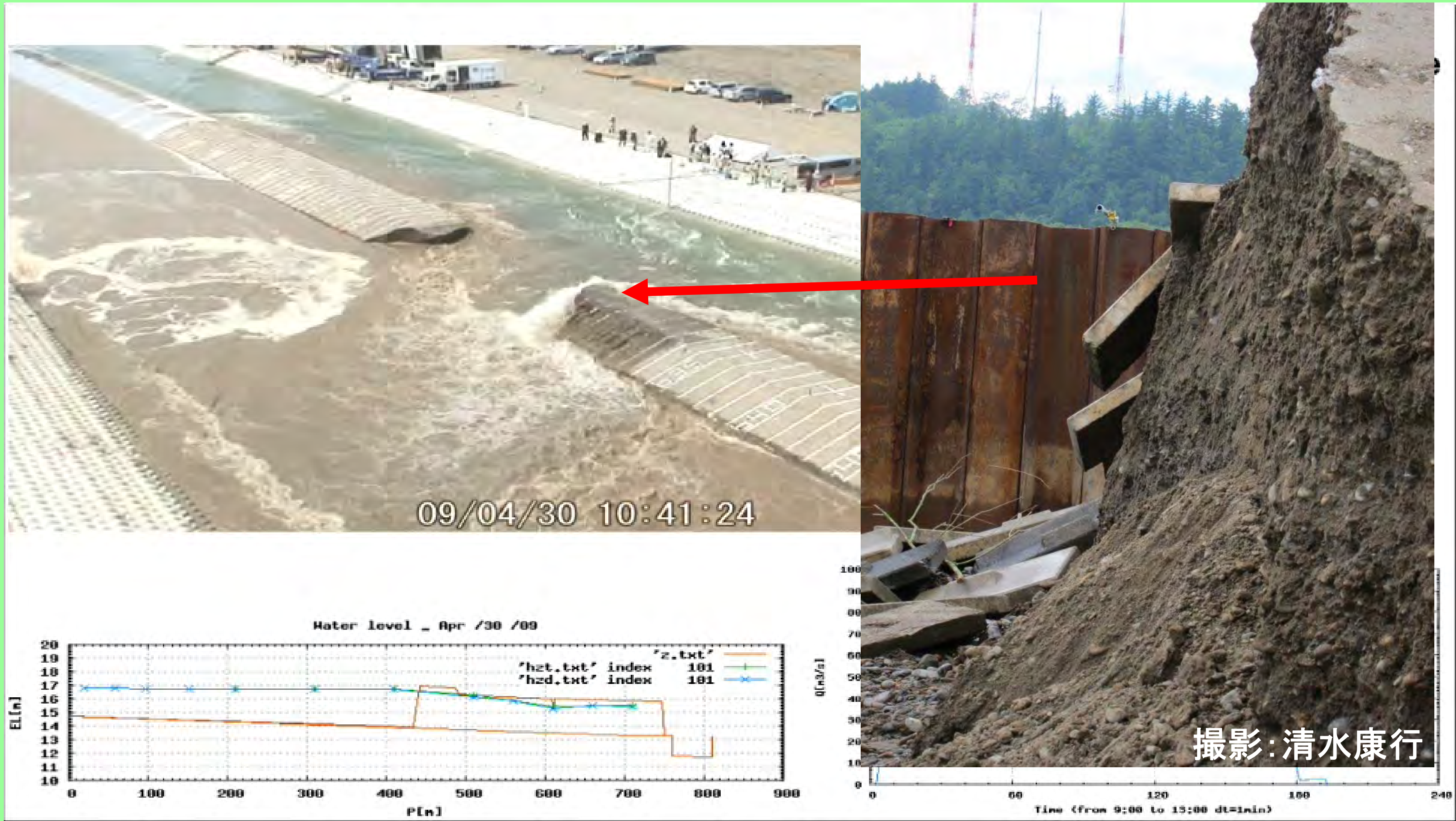
右岸上空から撮影した水路（撮影:帯広開発建設部）

横越流破堤実験　２００９．４
（砂質土を用いた実験）



右岸上空から撮影した水路（撮影：帯広開発建設部）

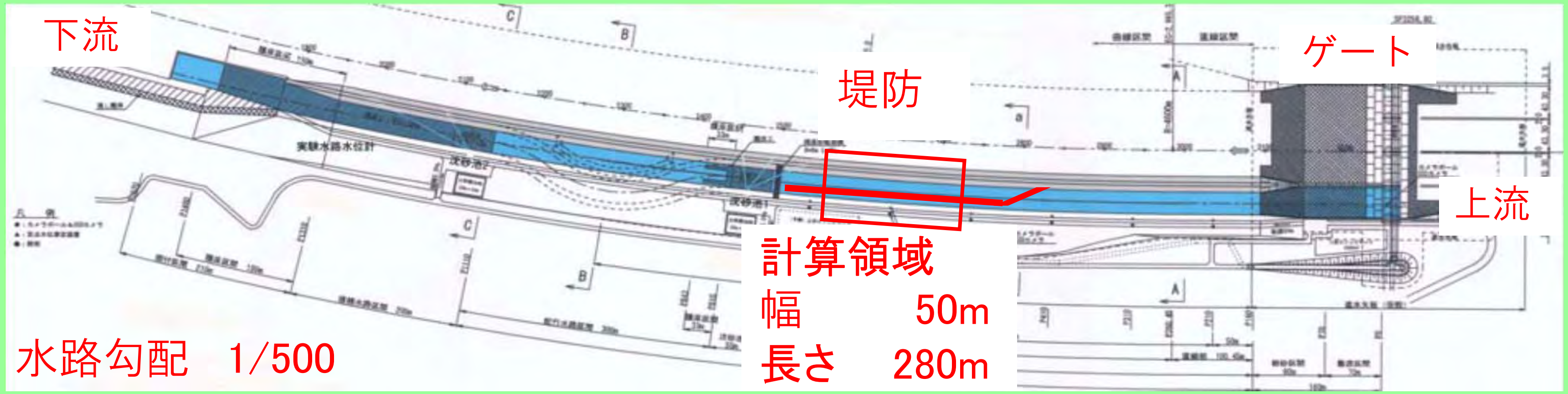
横越流破堤実験　２００９．４
（砂質土を用いた実験）



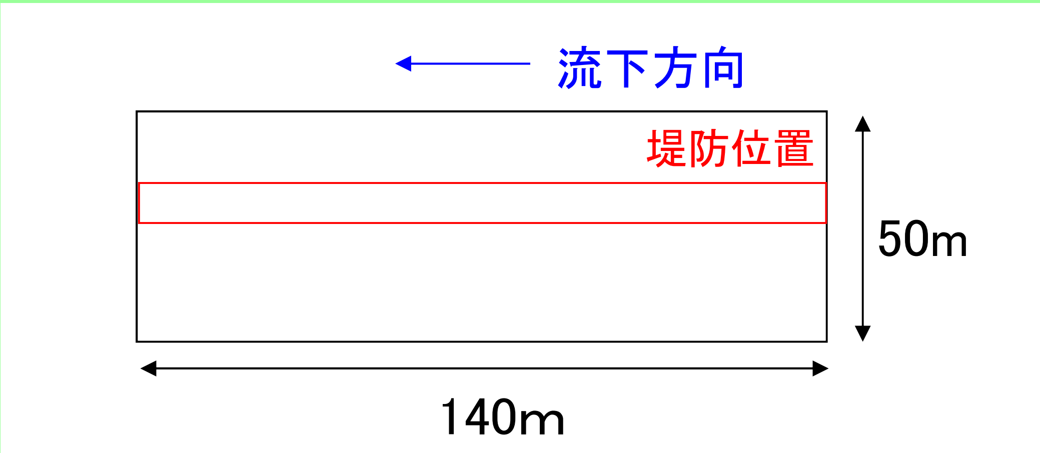
右岸上空から撮影した水路 （撮影:帯広開発建設部）

Changing River Science

計算領域



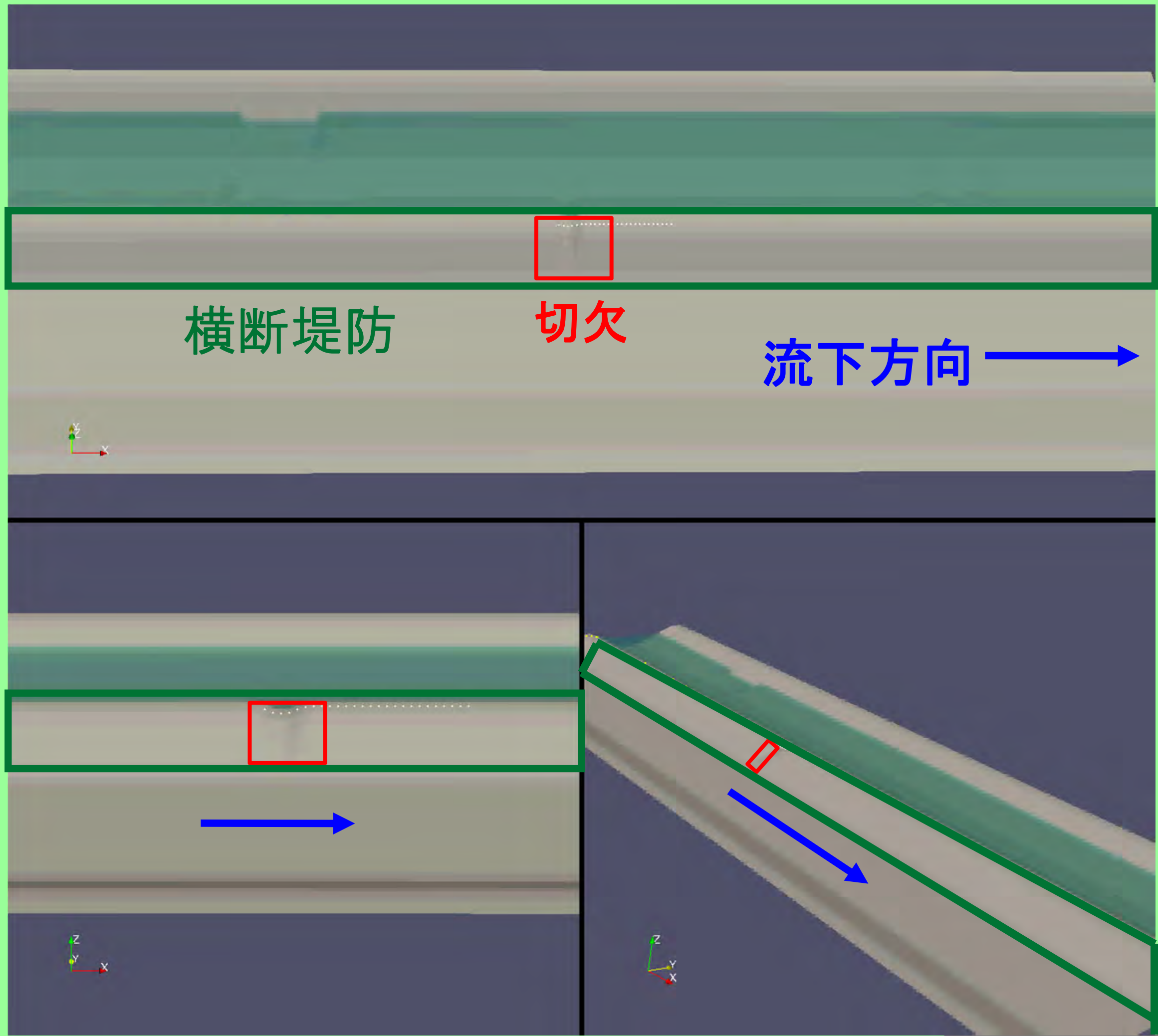
千代田実験水路の全体図 （提供:帯広開発建設部）



計算領域の概略図

計算結果

破堤口を正面に捕らえる位置(右岸上空)から見た全体図

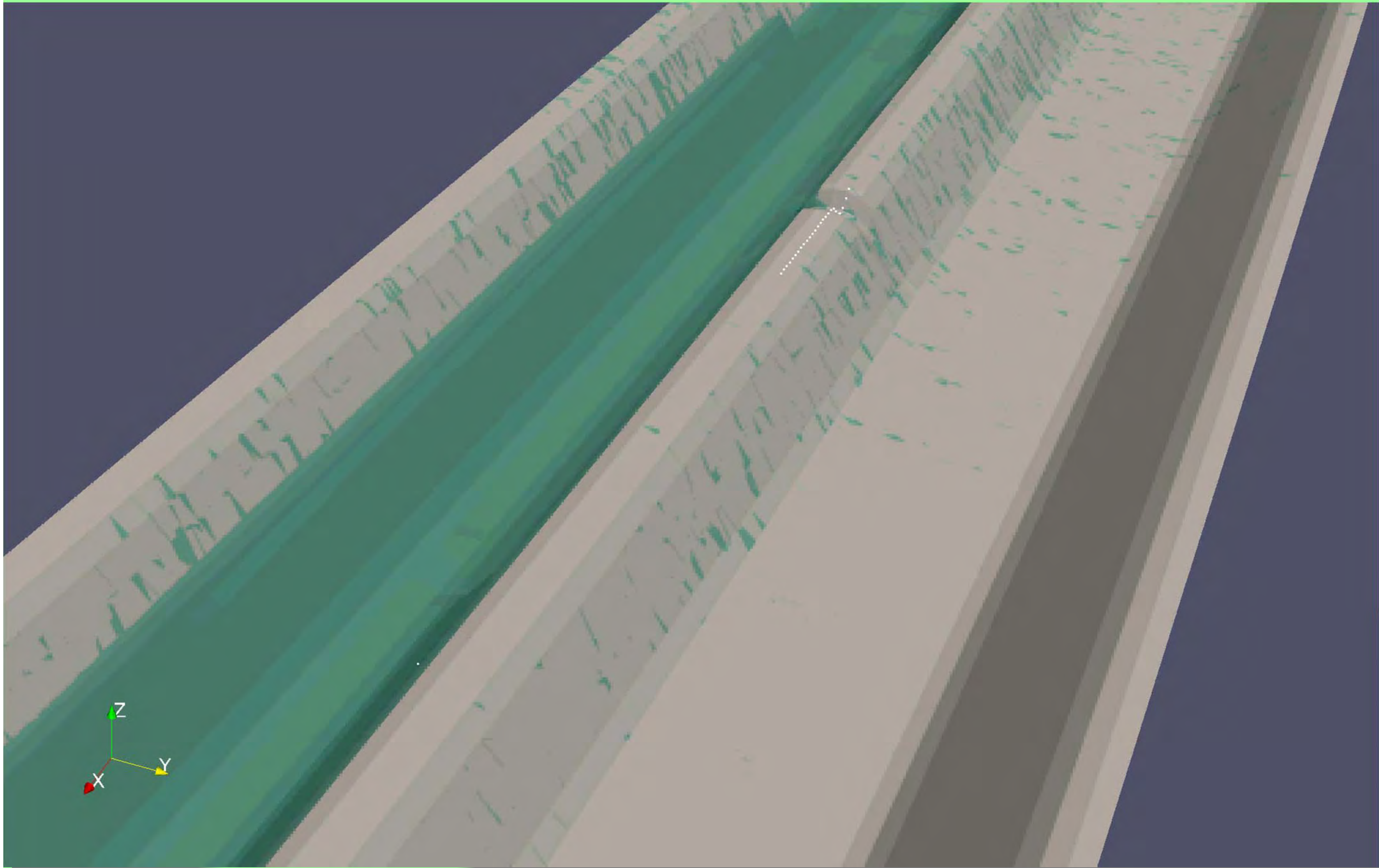


破堤口拡大図　　**右岸上空から見た全体図**

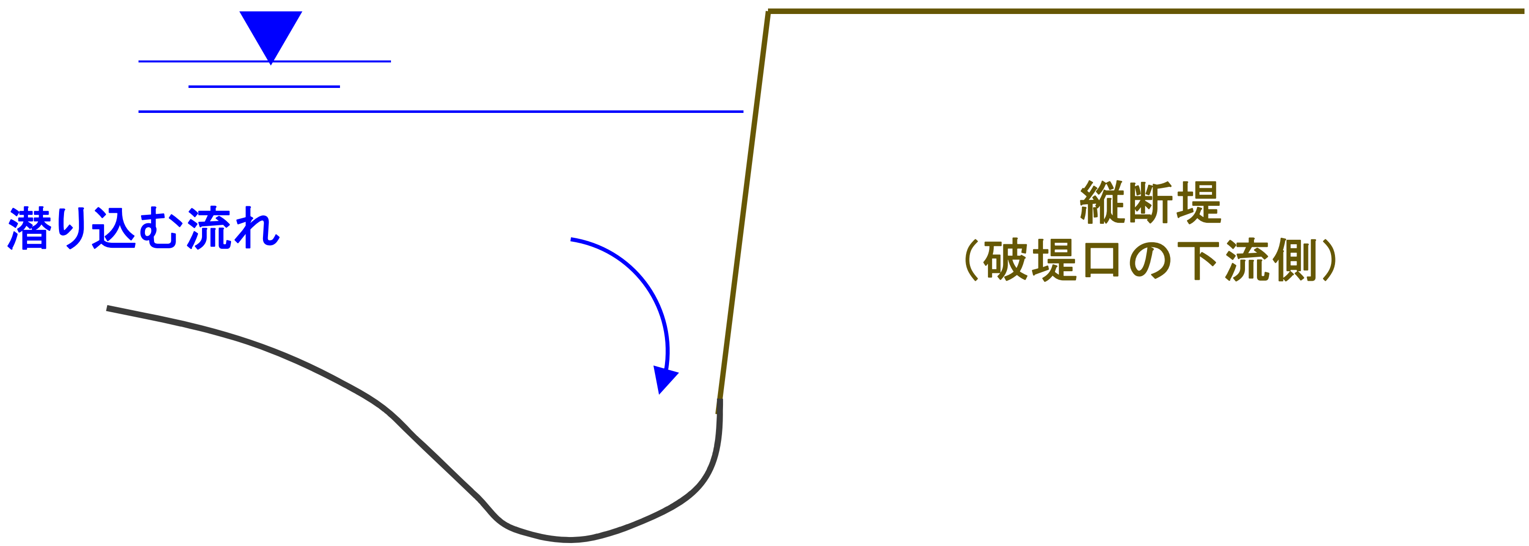
定性的には良いが・・・

拡幅速度が大きく異なる
→平面二次元モデルで再現できない
２つの現象が原因

iRIC Software
Changing River Science



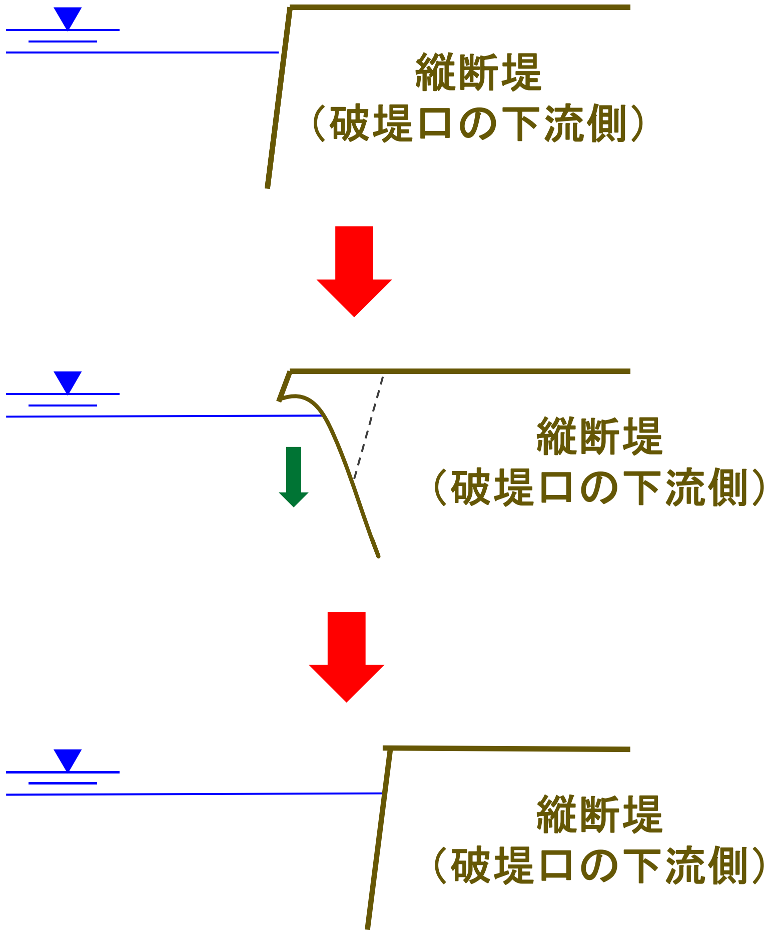
平面二次元モデルで再現できない現象①
-潜り込む流れ（鉛直方向の流れ）-



Changing River Science

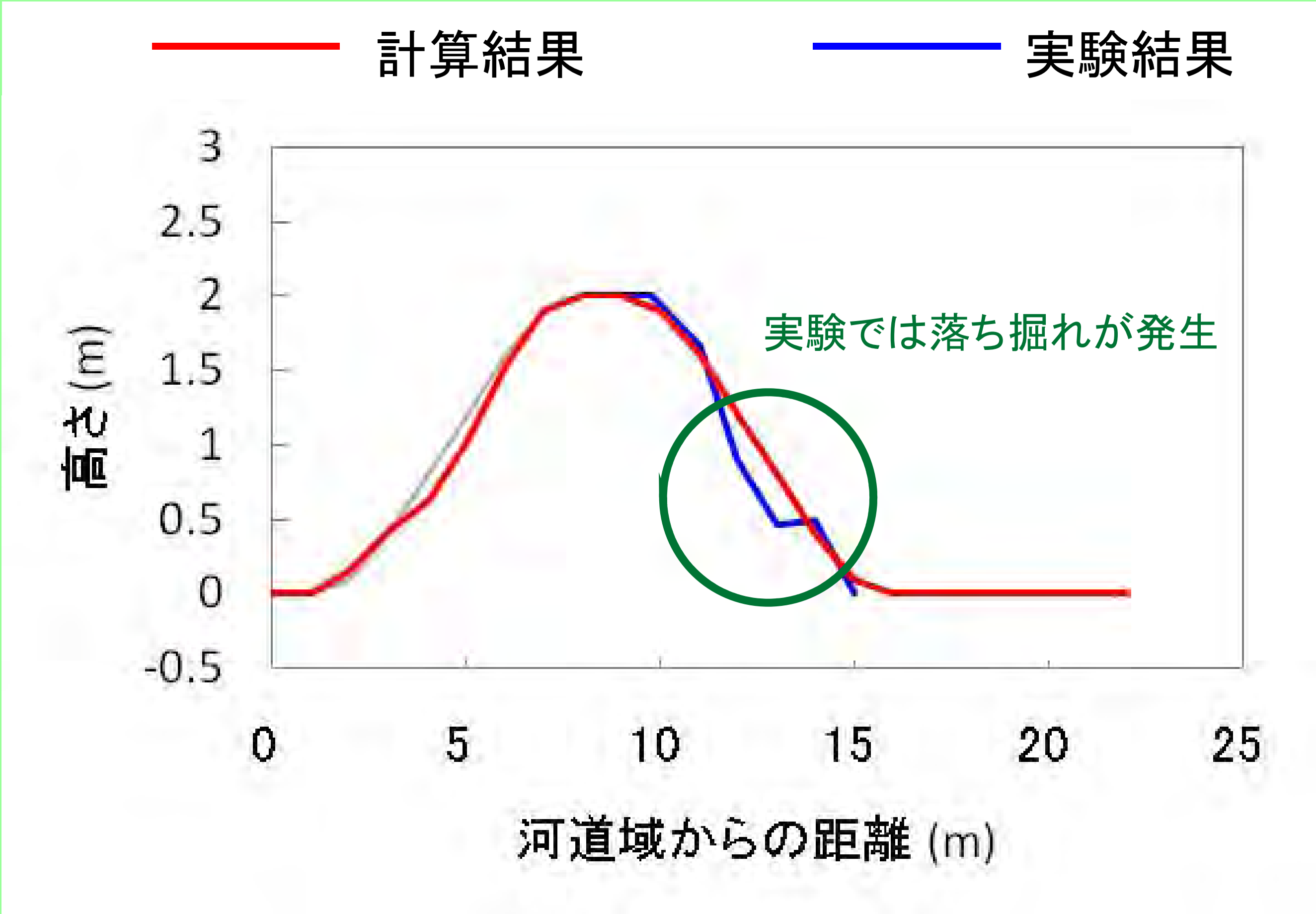
iRIC Software
Changing River Science

既往平面二次元モデルでは侵食速度が正確に再現できない現象②　河岸崩落-



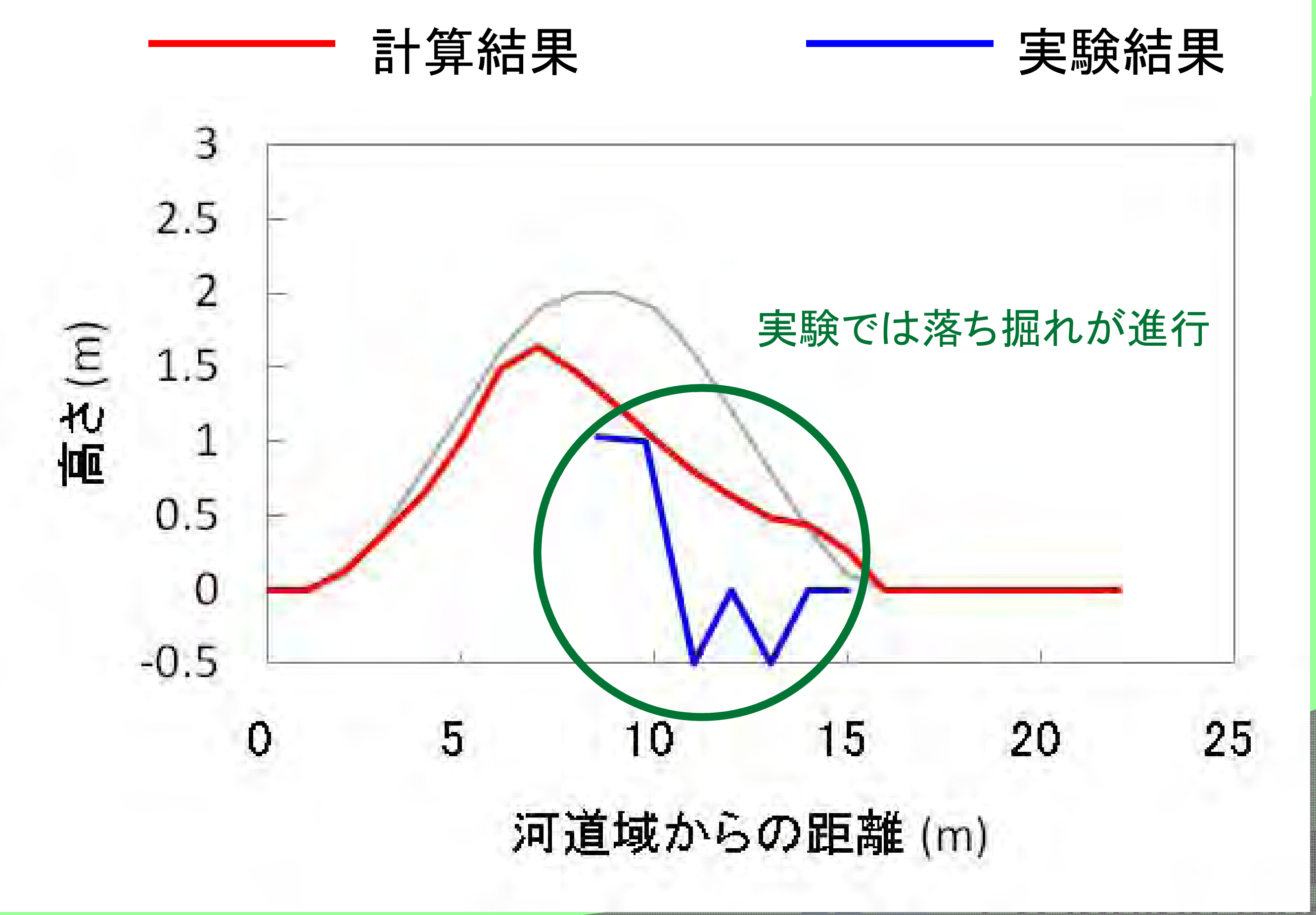
千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較-横断面　切欠部-

越流初期



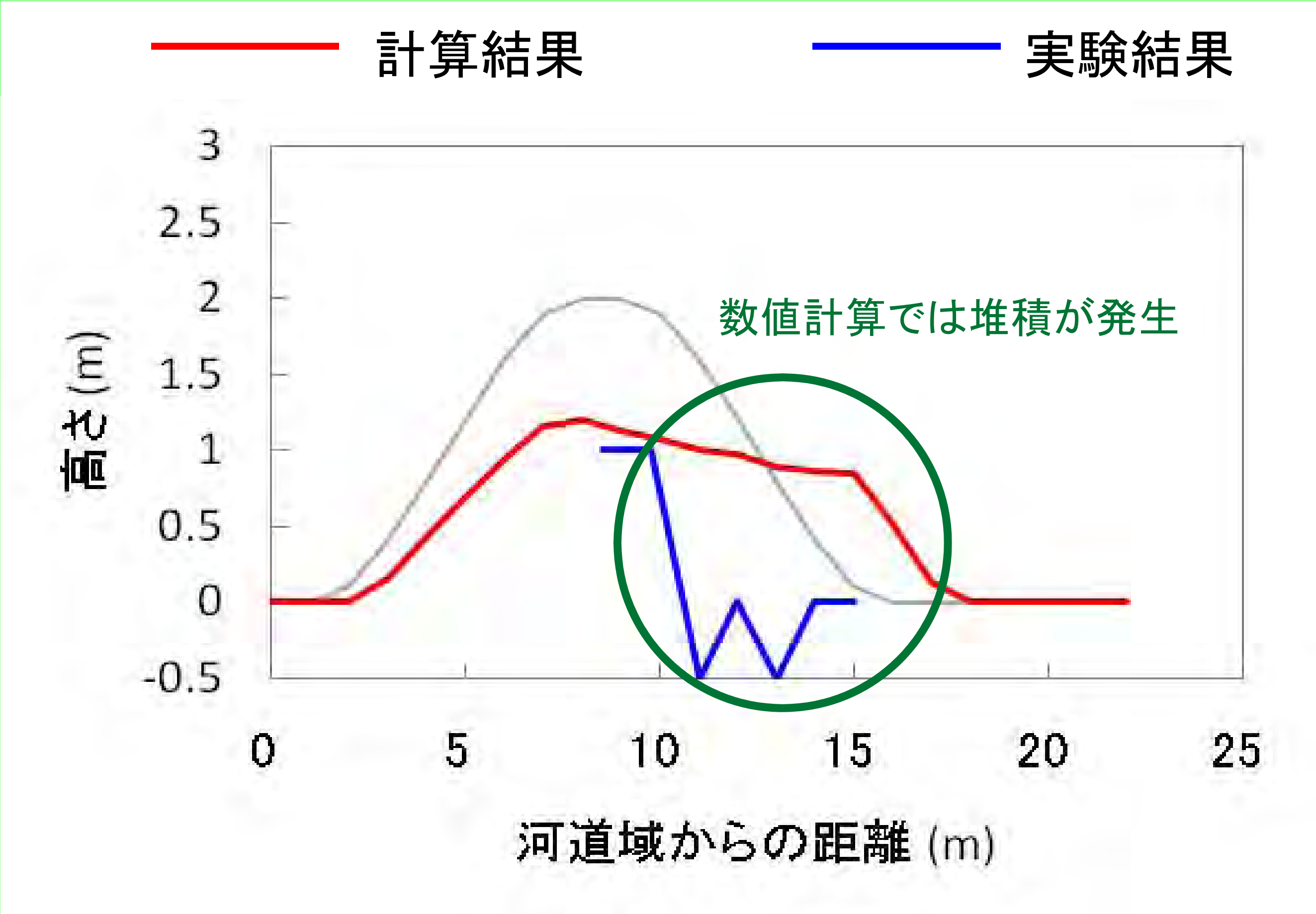
千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較-横断面　切欠部-

越流中期



千代田実験水路の実験結果と計算結果の比較-横断面　切欠部-

越流後期



まとめ
（横越流破堤実験の再現計算）

定性的には現象を再現しているが・・・

- 平面二次元モデルでは鉛直方向の流れを考慮することができない
- 斜面崩落モデルでは河岸の間欠的な崩落を再現できない
- 固定座標モデルでは土砂収支の連続条件を満たせない

iRIC Software
Changing River Science

計算モデルの改良(2011年度研究)

平面二次元河床変動モデル(Nays2D)

・一般座標系における二次元浅水流方程式
・芦田道上式による掃流砂（均一流粒径）のみを対象とした河床変動計算
・安息角による斜面崩落を考慮

※上記モデルにおいて2点の改良を行った

計算モデルの改良①：堤体浸食モデルの導入

堤体浸食モデル

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{z_b}{J}\right)+\frac{1}{1-\lambda}\left[\frac{\partial}{\partial \xi}\left(\frac{q^{\xi}}{J}\right)+\frac{\partial}{\partial \eta}\left(\frac{q^{\eta}}{J}\right)\right]=0$$

$$\frac{\partial z_b}{\partial t}+E=0$$

$$E=\alpha {\tau_b}^{n}$$

$${\tau_b}^{n}=\rho C_f u^2$$

$$C_f=\left[\frac{1}{\kappa}\ln\left(\frac{h_c}{k_s}\right)+8.5\right]^{-2}$$

z_b : 河床高
J : 座標変換のヤコビアン
t : 時間
λ : 河床材料の空隙率
ξ, η : 一般座標上での平面座標軸
E : 浸食速度
（単位時間当たりに浸食される深さ）
α, n : 実験値から求められる定数
τ_b : 河床せん断力
u : 水深平均流速
h_c : 水深
k_s : 相当粗度

■堤体■
α = 1.5×10^{-5}， n ＝ 1.4

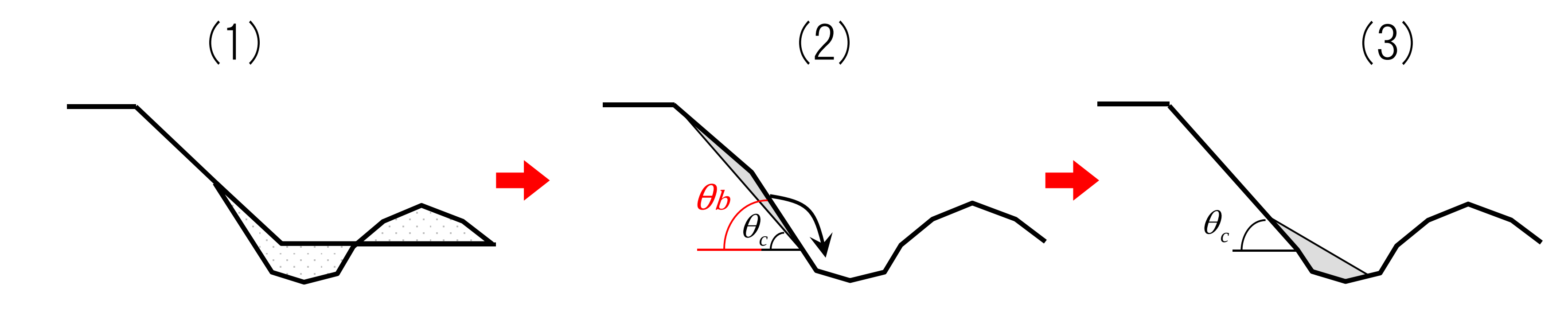
■基礎地盤■
α = 0.5×10^{-6}， n ＝ 0.9

(宮脇･泉　2010)

iRIC Software
Changing River Science

計算モデルの改良②：間欠崩落モデルの導入

間欠崩落モデル



(1) 土砂輸送により河床が変動する．
(2) 間欠崩落モデルでは安息角よりも急な崩壊開始角(θ_b)を設定し，
計算格子間の勾配が崩壊開始角に達すると安息角(θ_c)まで崩落させる．
(3) 崩れた変動量から新たな河床を求める．

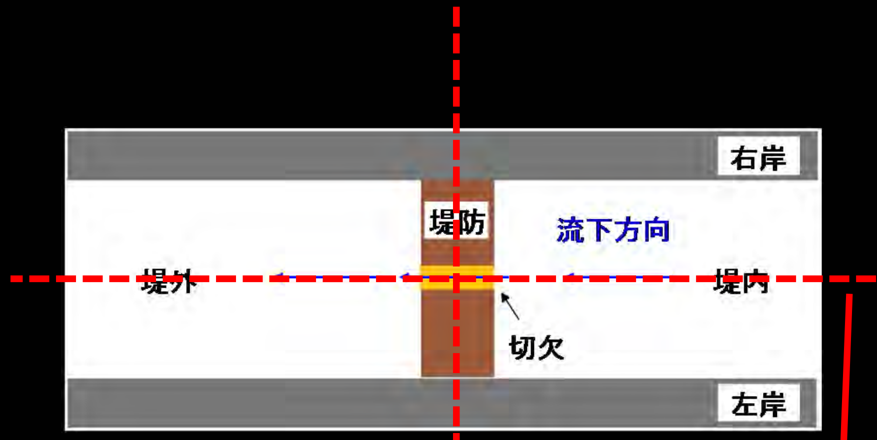
(θ_c：30°　θ_b：70°)

iRIC Software
Changing River Science

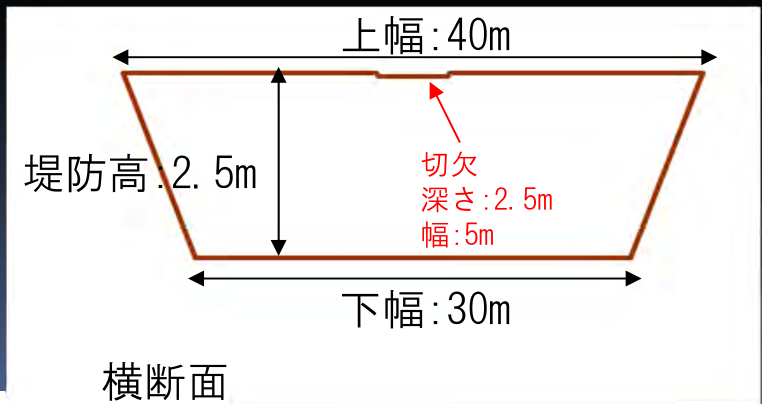
正面越流破堤実験(2009.4)に関する検討

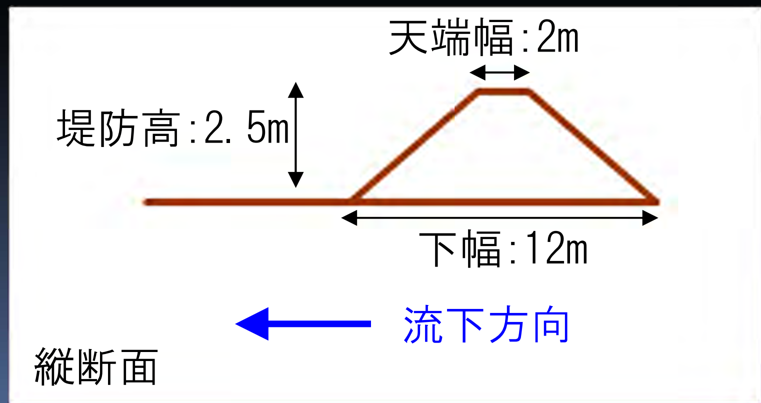
対象実験の概要　– 正面越流破堤実験 –

資料提供：帯広開発建設部



実験水路の概略図





計算ケース

- 堤体浸食モデルのみ導入した場合の影響
- 間欠崩落モデルのみ導入した場合の影響
- 堤体浸食，間欠崩落を同時に導入した場合の影響

計算ケース

・計算格子の格子スケールの依存性
（破堤断面の斜面角度に影響を及ぼすと考えられる）

・堤体浸食モデルのみ導入した場合の影響
・間欠崩落モデルのみ導入した場合の影響
・堤体浸食，間欠崩落を同時に導入した場合の影響

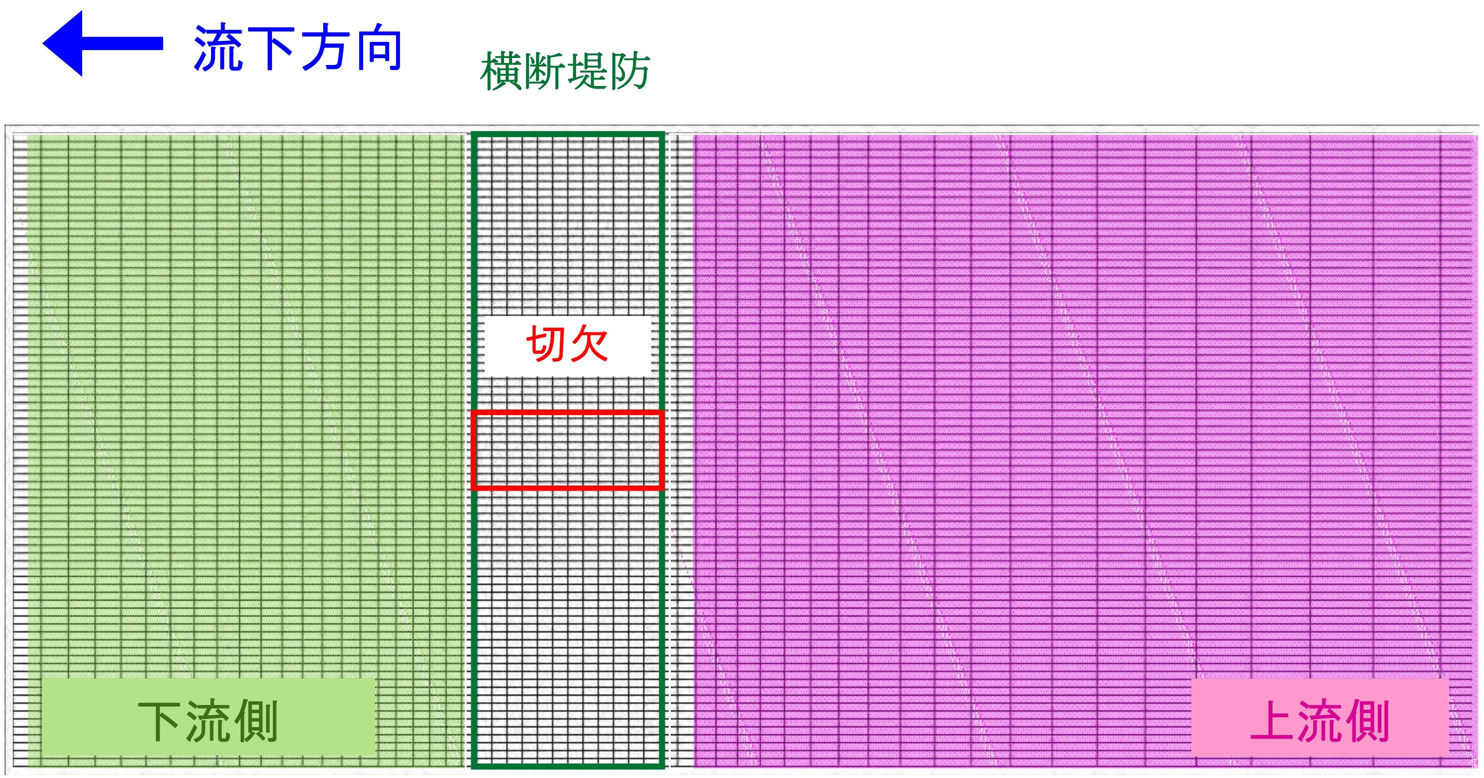
上記，４点について検討できるように
全計算ケースを設定した

iRIC Software
Changing River Science

計算格子① － 基本となる計算格子 －

■格子サイズ■

・横断方向　全域：0.5m
・縦断方向　堤防部分：1m
　　　　　　下流側：下流端に向かうに従って，等比級数的に拡大する．
　　　　　　上流側：上流端に向かうに従って，等比級数的に拡大する．

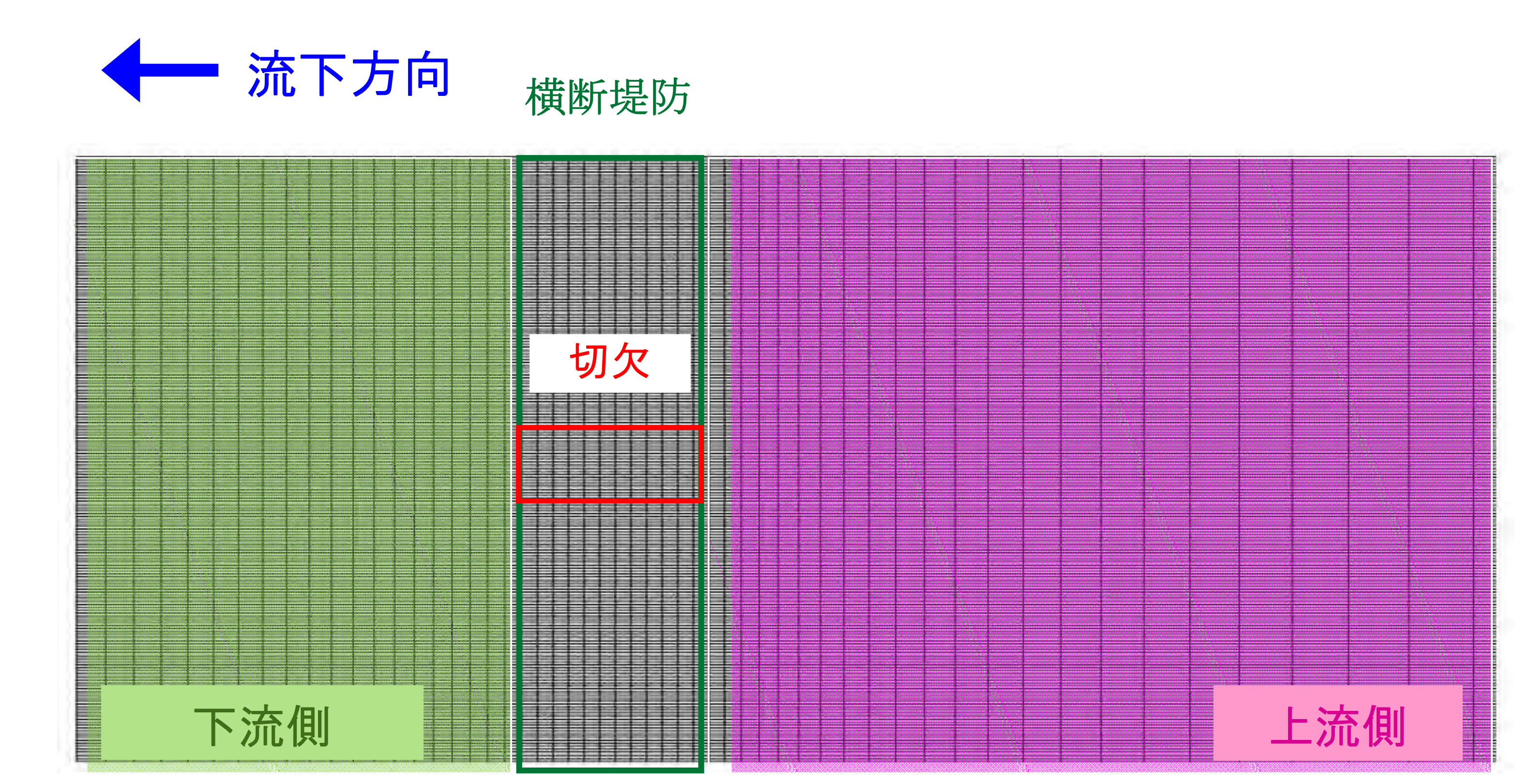


横断堤防付近の拡大図

計算格子② －基本の計算格子よりスケールが小さい格子－

■格子サイズ■

・横断方向　全域：0. 2m
・縦断方向　堤防部分：1m
　　　　　　下流側：下流端に向かうに従って，等比級数的に拡大する.
　　　　　　上流側：上流端に向かうに従って，等比級数的に拡大する.

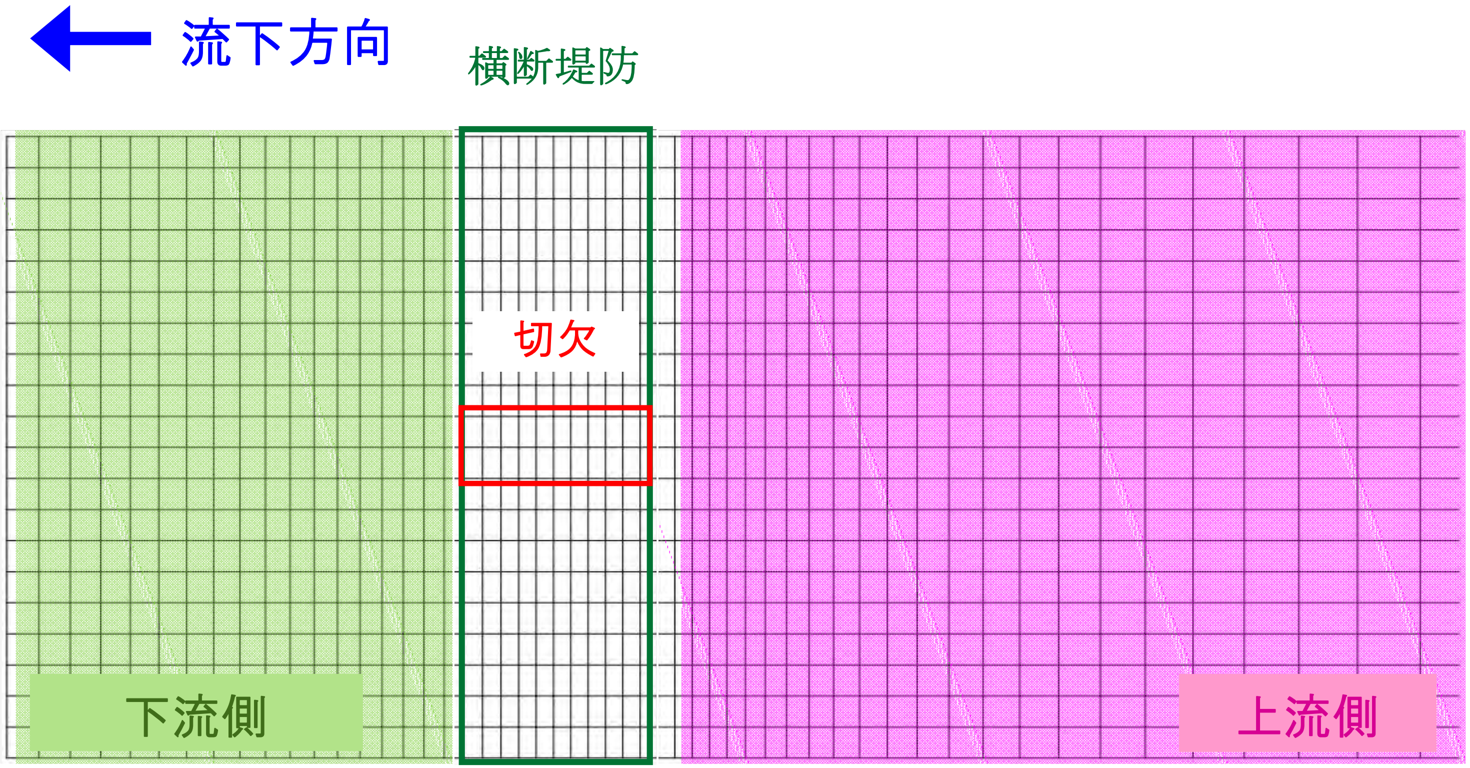


横断堤防付近の拡大図

計算格子③ – 基本の計算格子よりスケールが大きい格子 –

■格子サイズ■

・横断方向　全域：2m
・縦断方向　堤防部分：1m
　　　　　　下流側：下流端に向かうに従って，等比級数的に拡大する．
　　　　　　上流側：上流端に向かうに従って，等比級数的に拡大する．



横断堤防付近の拡大図

全計算ケース

	計算格子			河床変動		斜面崩落	
	①	②	③	芦田道上	堤体浸食	安息角	間欠崩落
RUN-1	○			○		○	
RUN-2		○		○		○	
RUN-3			○	○		○	
RUN-4	○				○	○	
RUN-5	○			○			○
RUN-6	○				○		○

RUN-1： 格子スケール 0.5m
RUN-2： 格子スケール 0.2m
RUN-3： 格子スケール 2m
RUN-4： 堤体浸食モデルのみ導入
RUN-5： 間欠崩落モデルのみ導入
RUN-6： 堤体浸食，間欠崩落を同時に導入

全計算ケース

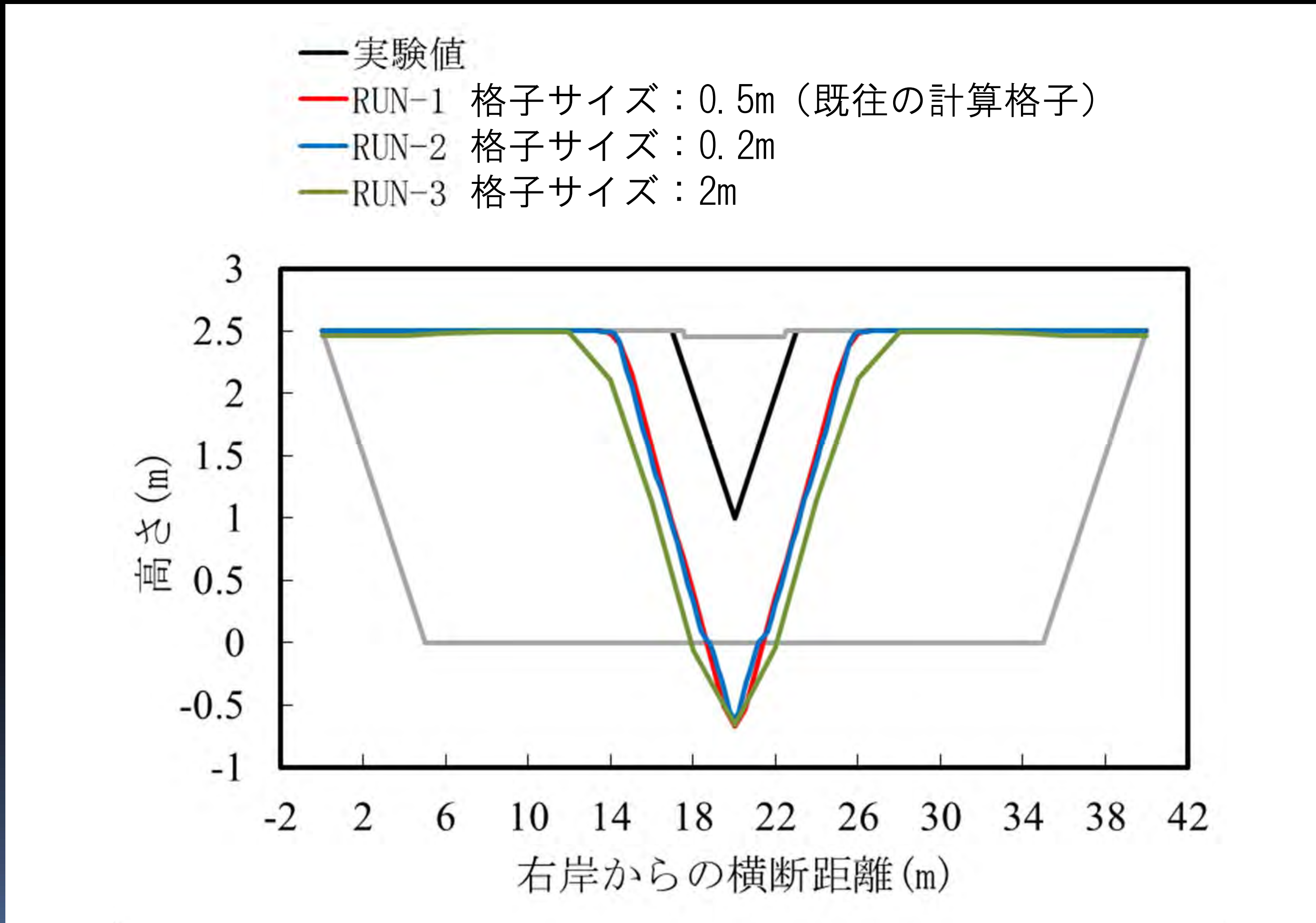
	計算格子			河床変動		斜面崩落	
	①	②	③	芦田道上	堤体浸食	安息角	間欠崩落
RUN-1	○			○		○	
RUN-2		○		○		○	
RUN-3			○	○		○	
RUN-4	○				○	○	
RUN-5	○			○			○
RUN-6	○				○		○

RUN-1：格子スケール 0.5m　※基本ケース
RUN-2：格子スケール 0.2m
RUN-3：格子スケール　2m
RUN-4：堤体浸食モデルのみ導入
RUN-5：間欠崩落モデルのみ導入
RUN-6：堤体浸食，間欠崩落を同時に導入

RUN-1・RUN-2・RUN-3の比較→計算格子の格子スケールの依存性
RUN-1・RUN-4の比較→堤体浸食モデルのみ導入した場合の影響
RUN-1・RUN-5の比較→間欠崩落モデルのみ導入した場合の影響
RUN-1・RUN-6の比較→堤体浸食，間欠崩落を同時に導入した場合の影響

iRIC Software
Changing River Science

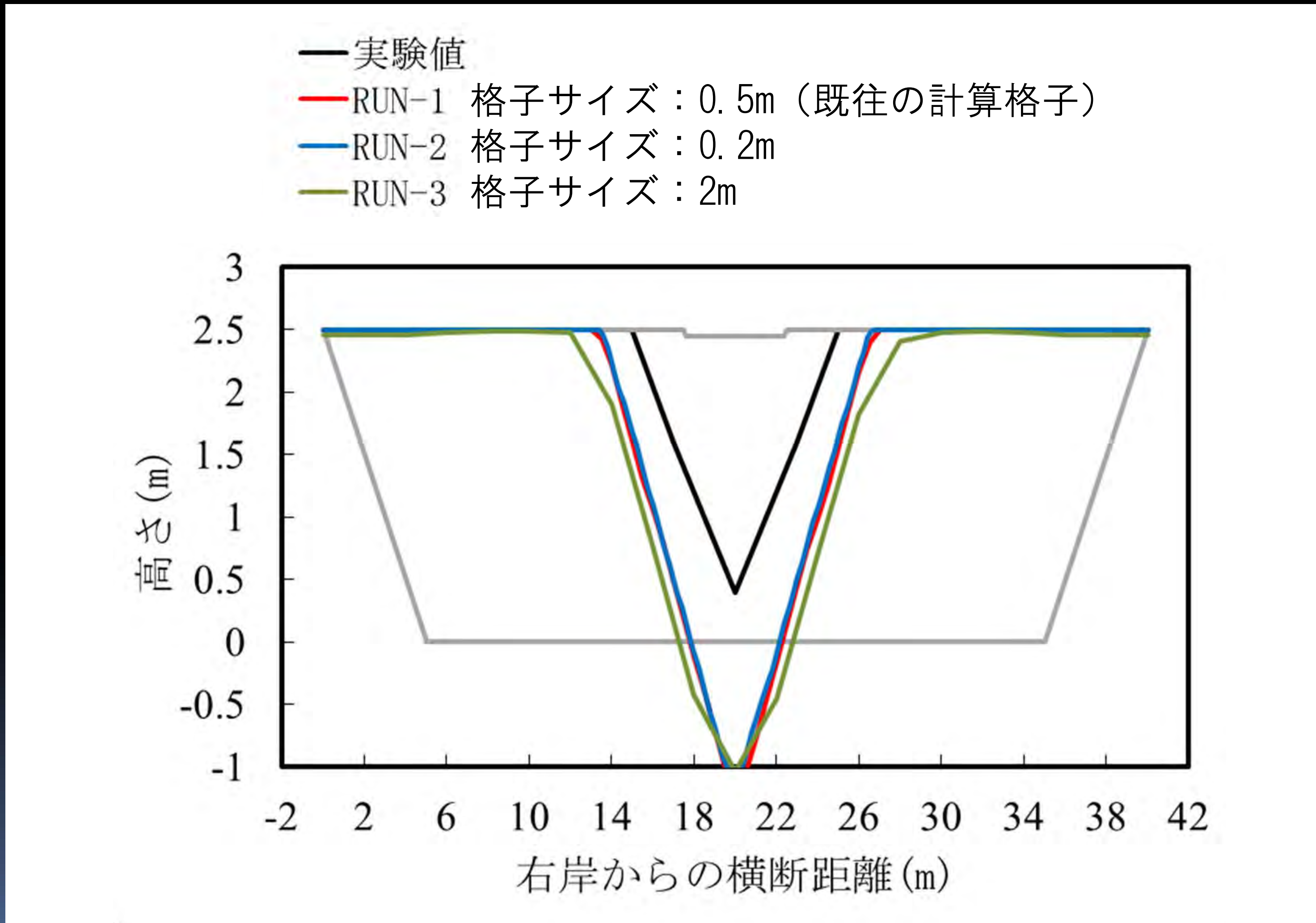
計算結果　– 計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 –



横断面　越流後7分

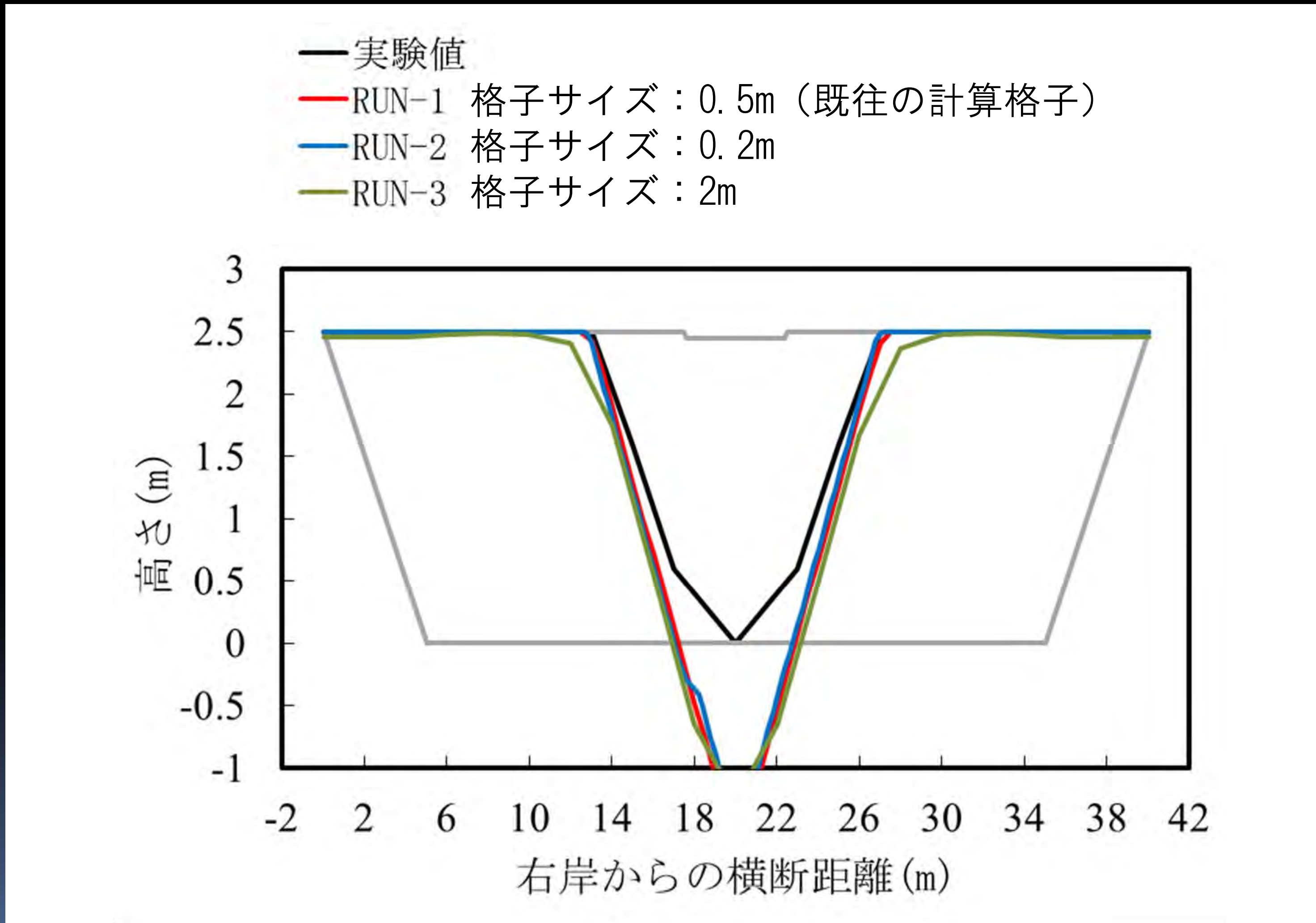
iRIC Software
Changing River Science

計算結果 – 計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 –



横断面 越流後9分

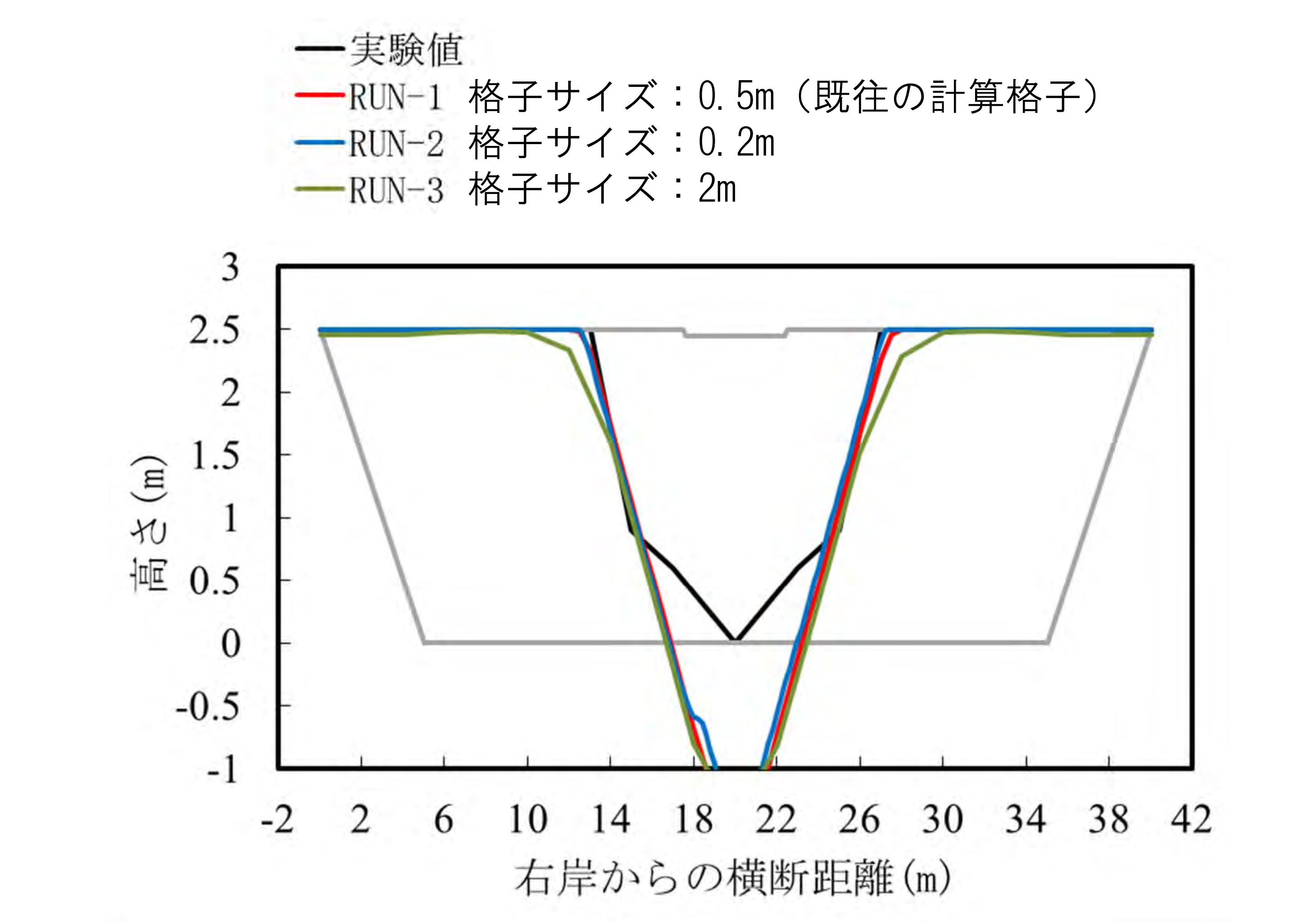
計算結果 – 計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 –



横断面　越流後11分

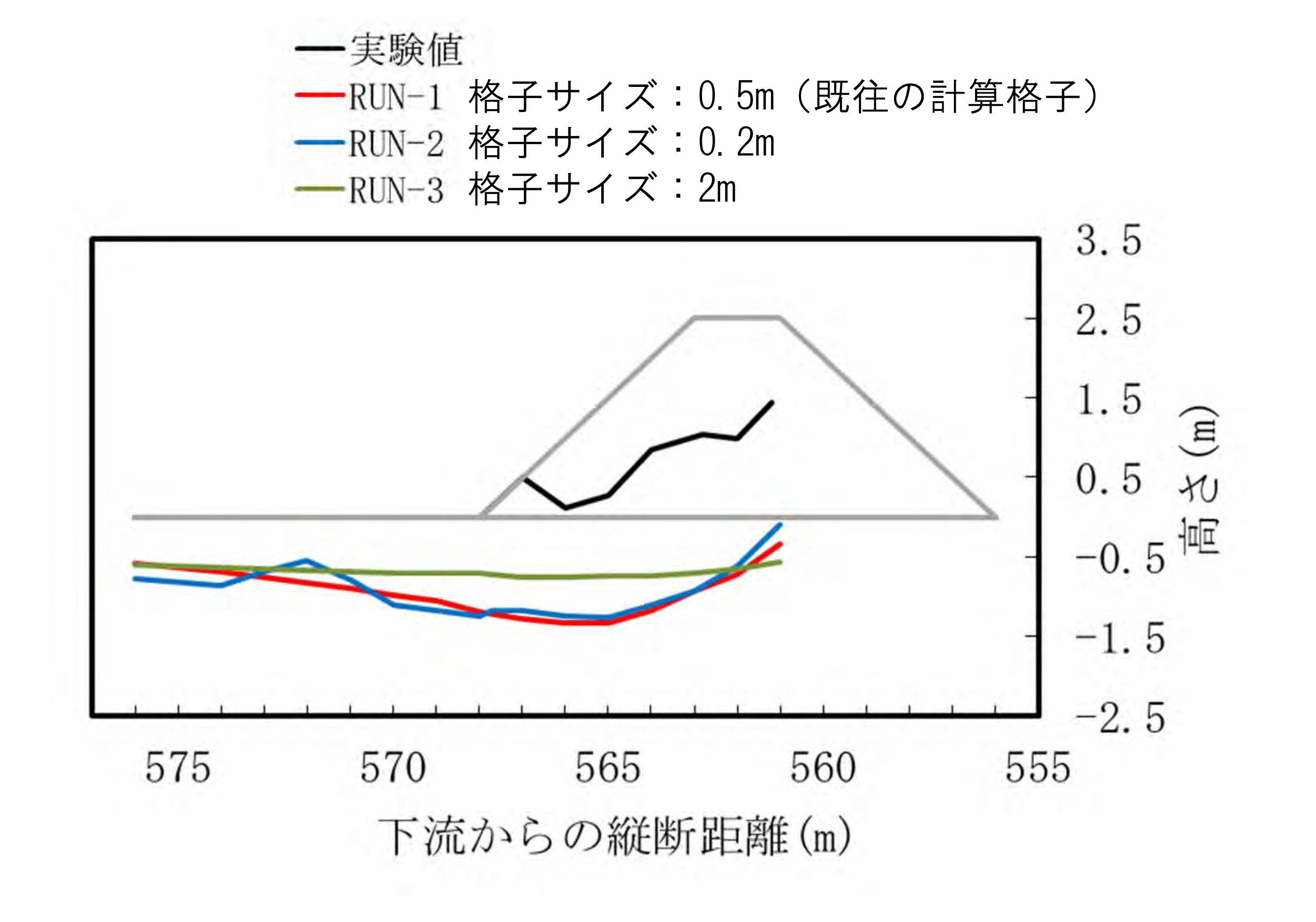
iRIC Software
Changing River Science

計算結果 －計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 －



横断面　越流後13分

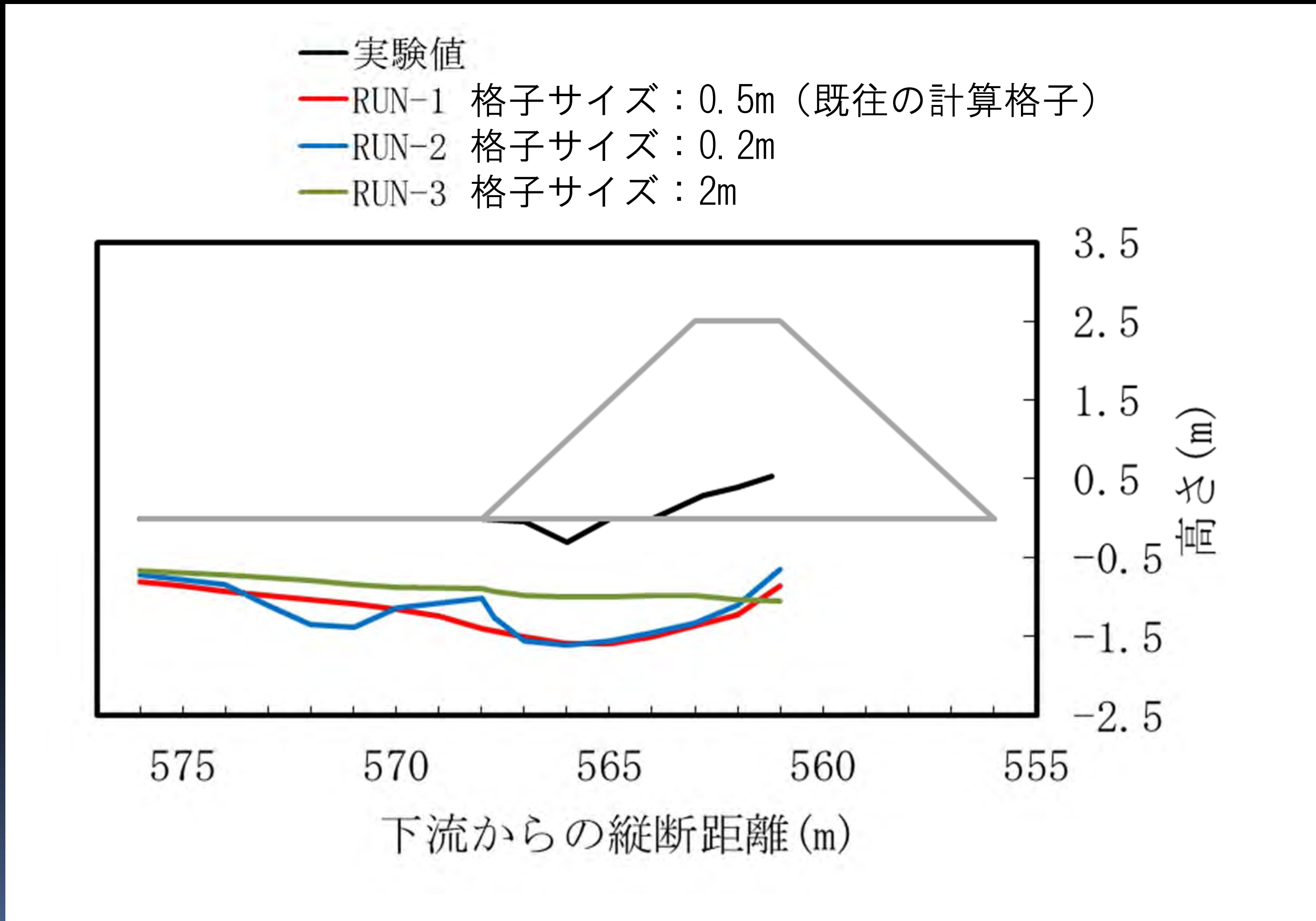
計算結果 － 計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 －



縦断面　越流後7分

iRIC Software Changing River Science

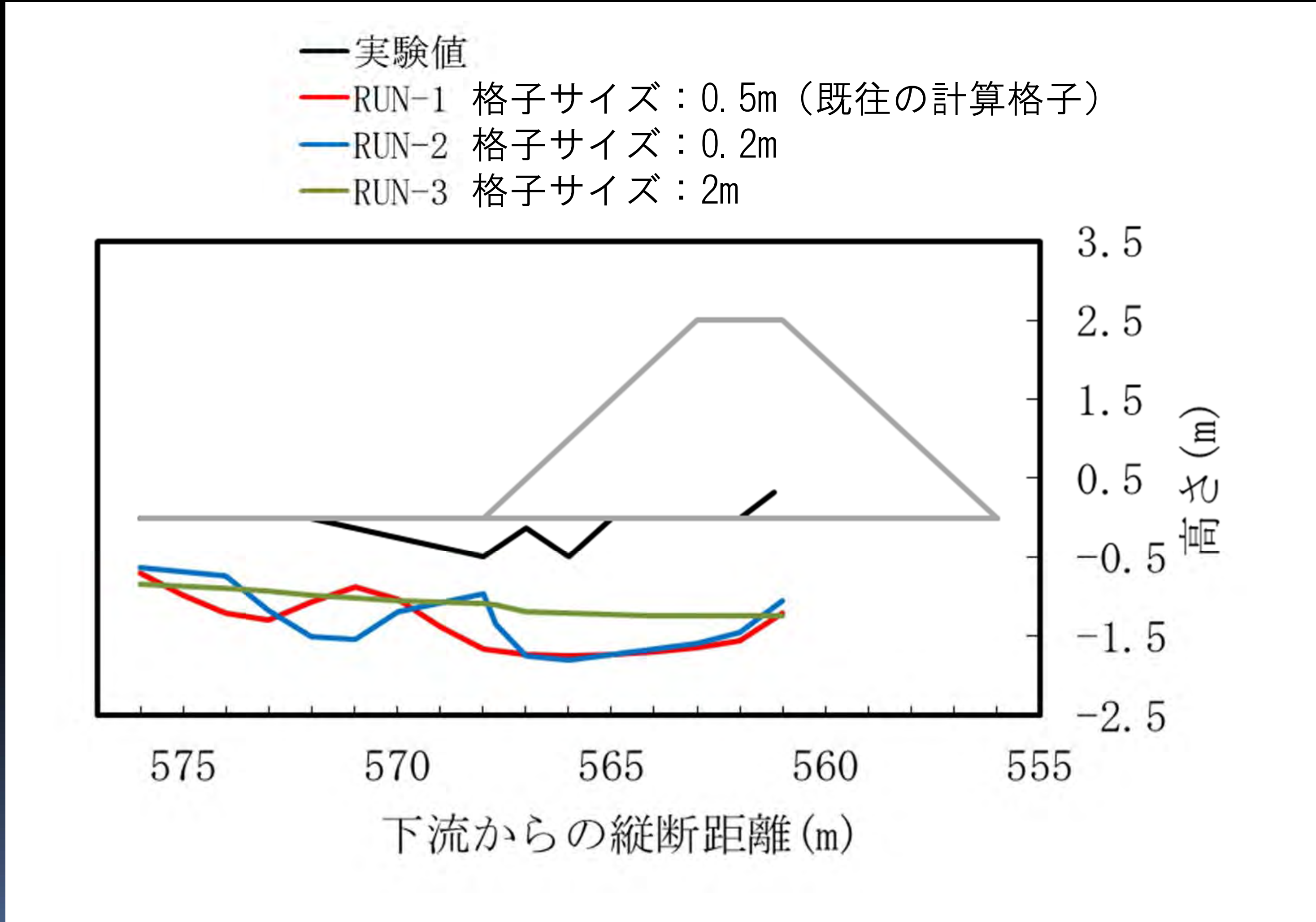
計算結果 － 計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 －



縦断面　越流後9分

iRIC Software Changing River Science

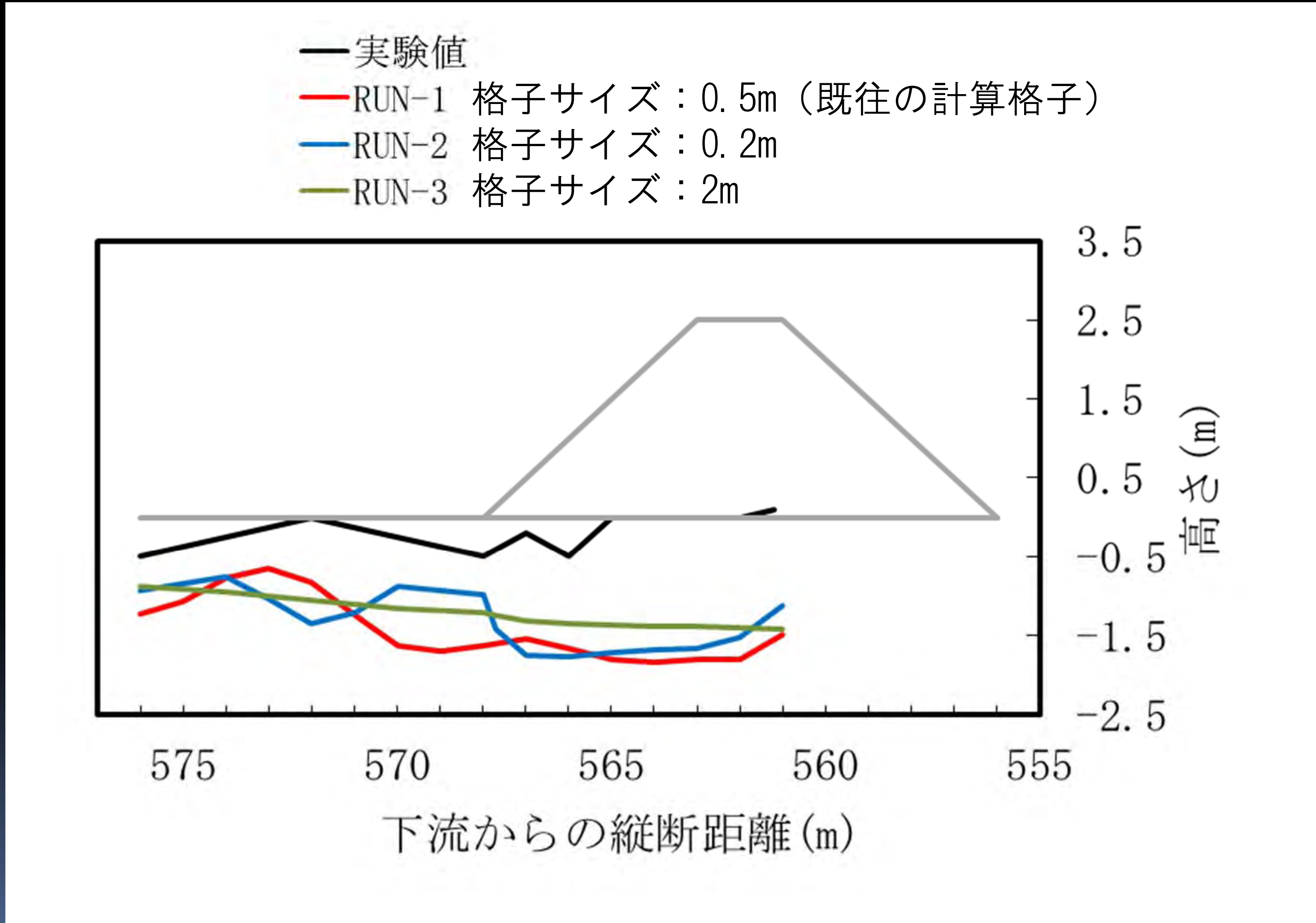
計算結果 – 計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 –



縦断面　越流後11分

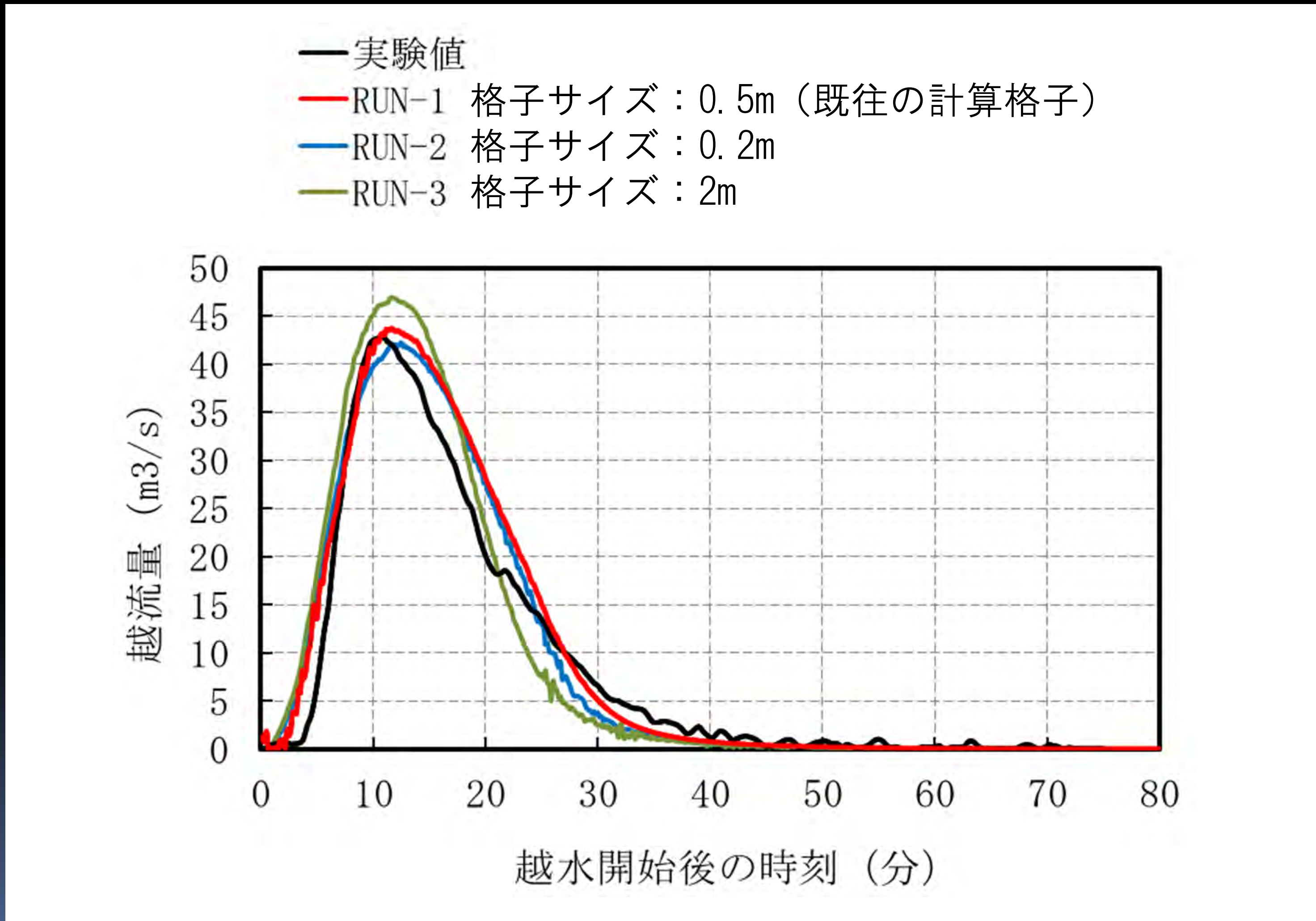
iRIC Software Changing River Science

計算結果 – 計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 –



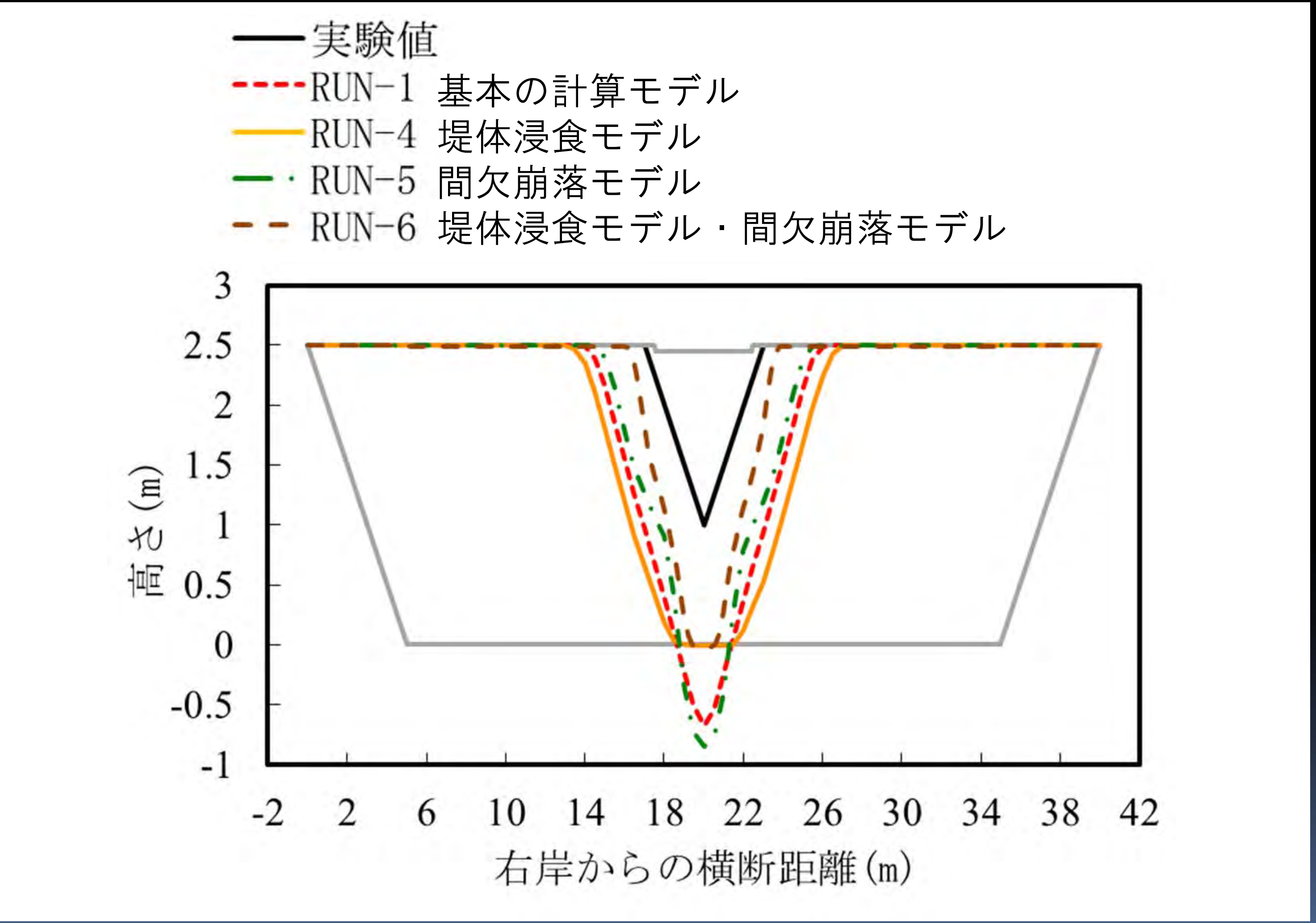
縦断面　越流後13分

計算結果 – 計算格子スケールが再現結果に及ぼす影響の検討 –



氾濫流量

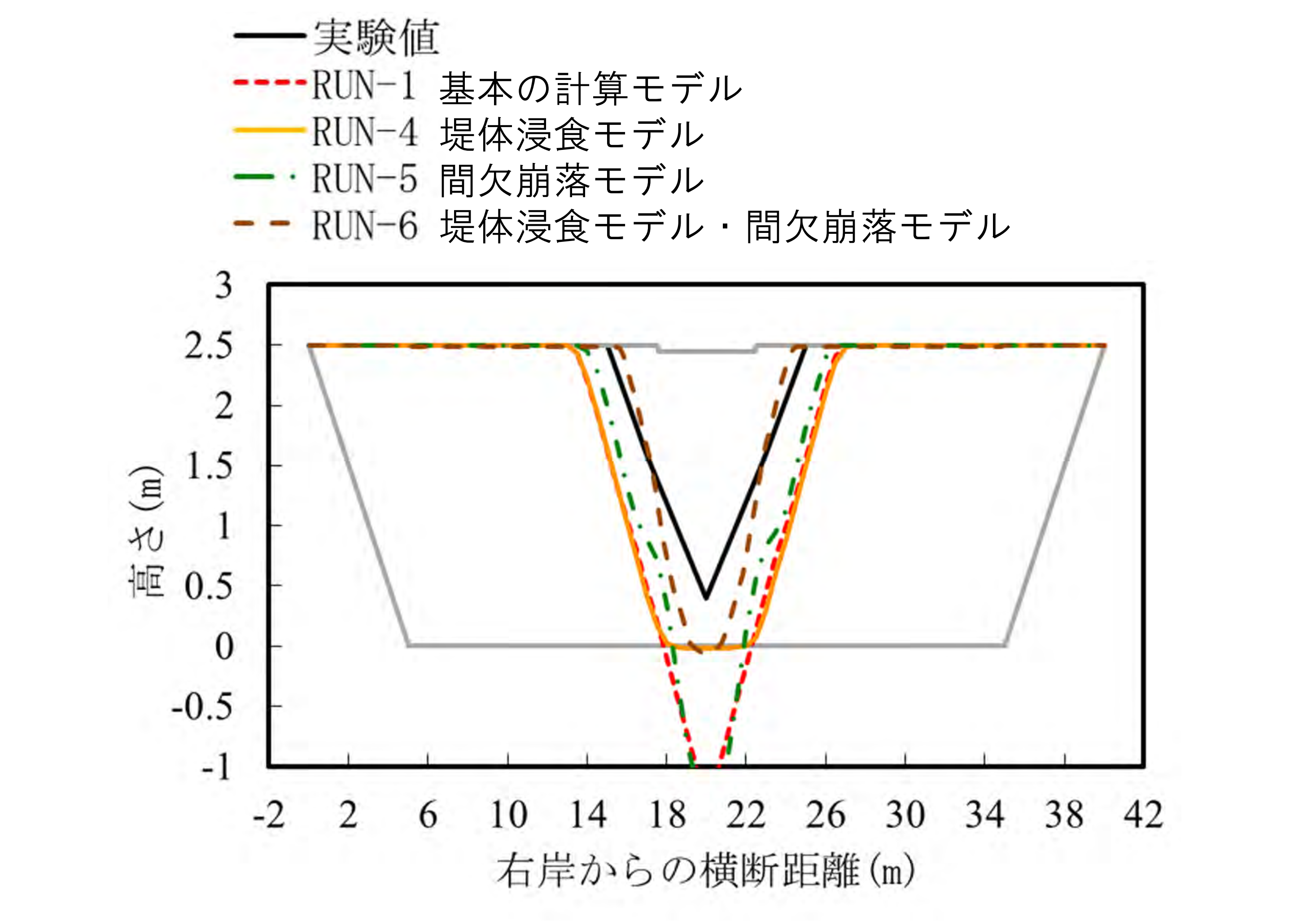
計算結果 – 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 –



横断面　越流後7分

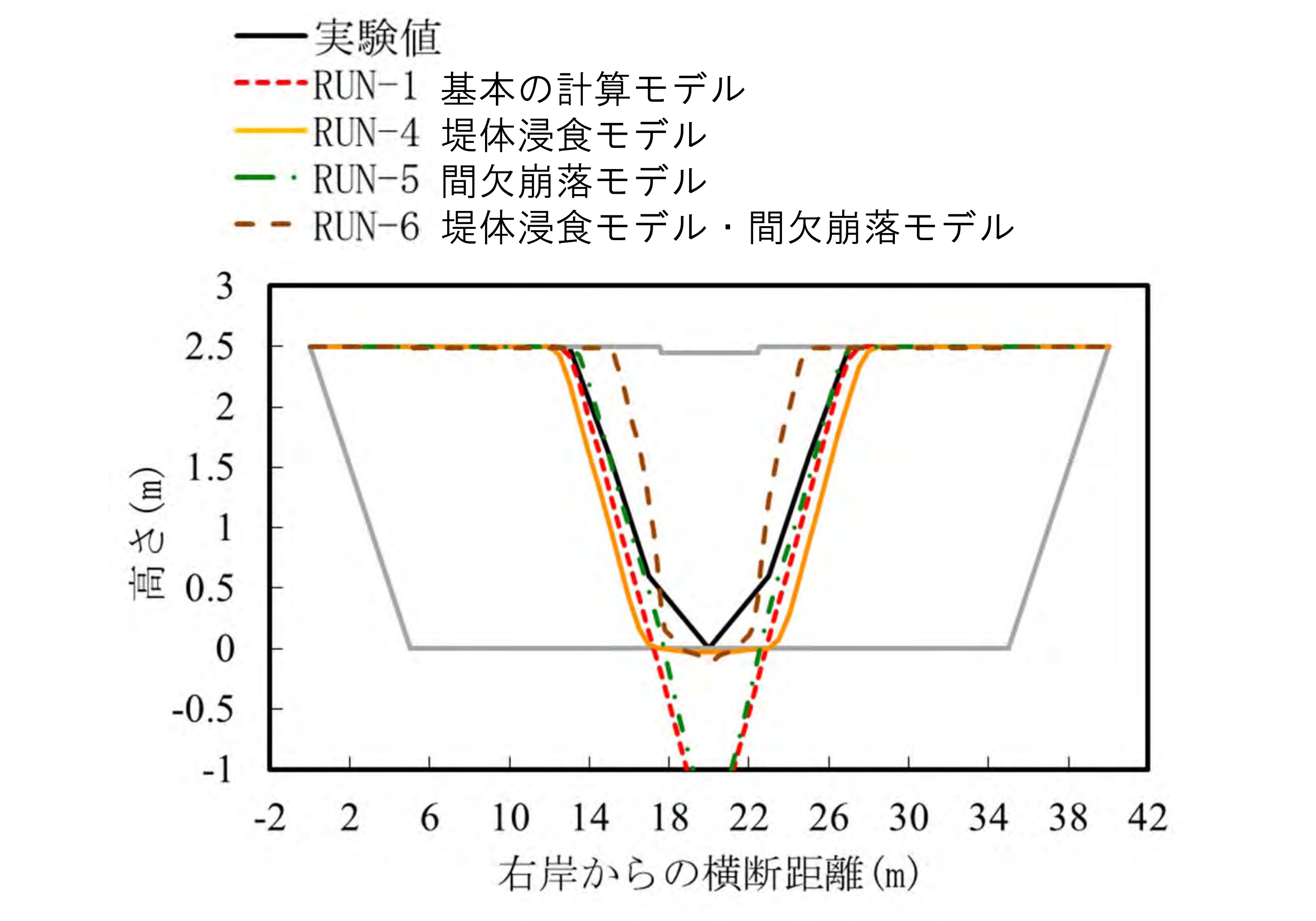
iRIC Software Changing River Science

計算結果 – 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 –



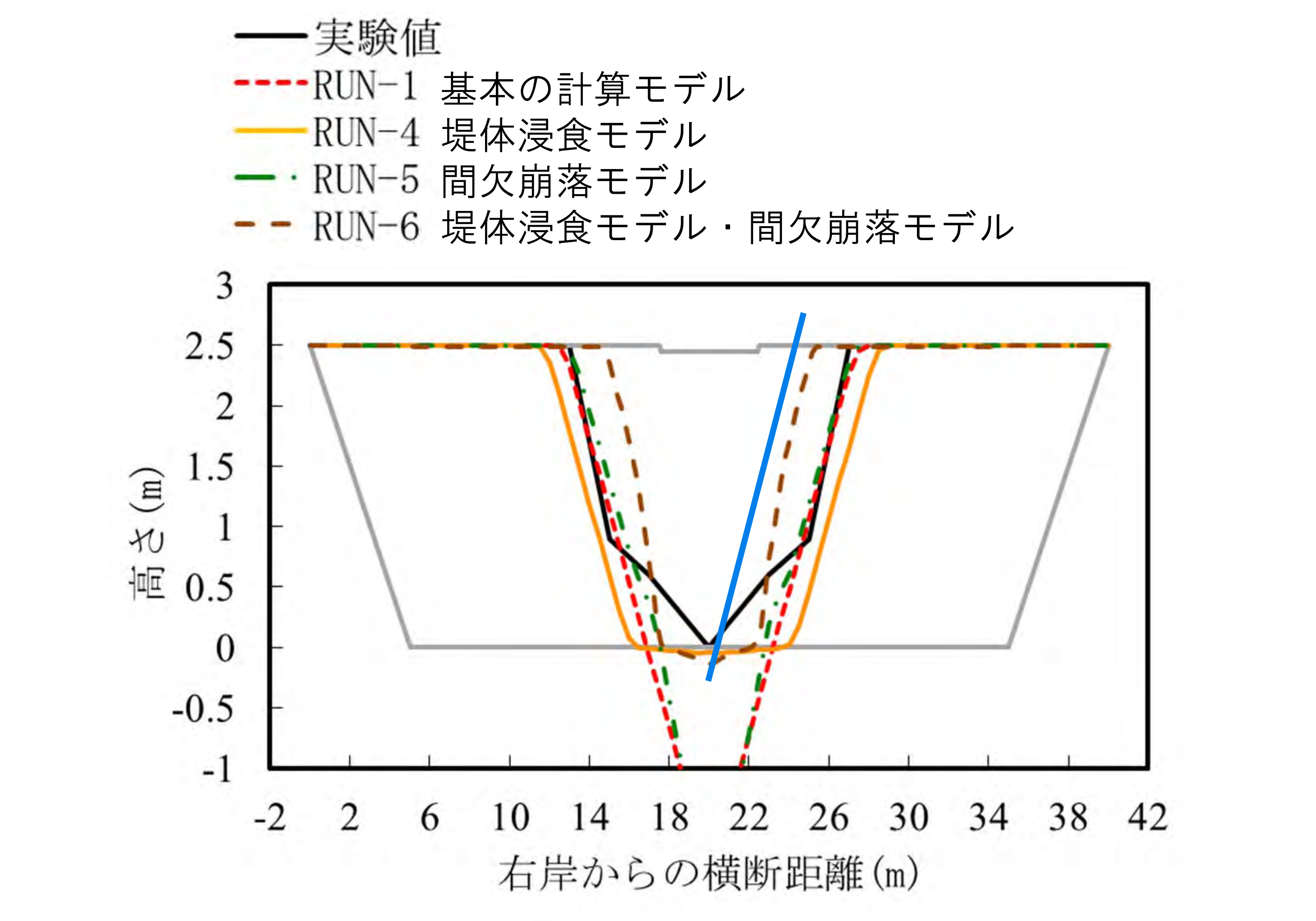
横断面　越流後9分

計算結果 – 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 –



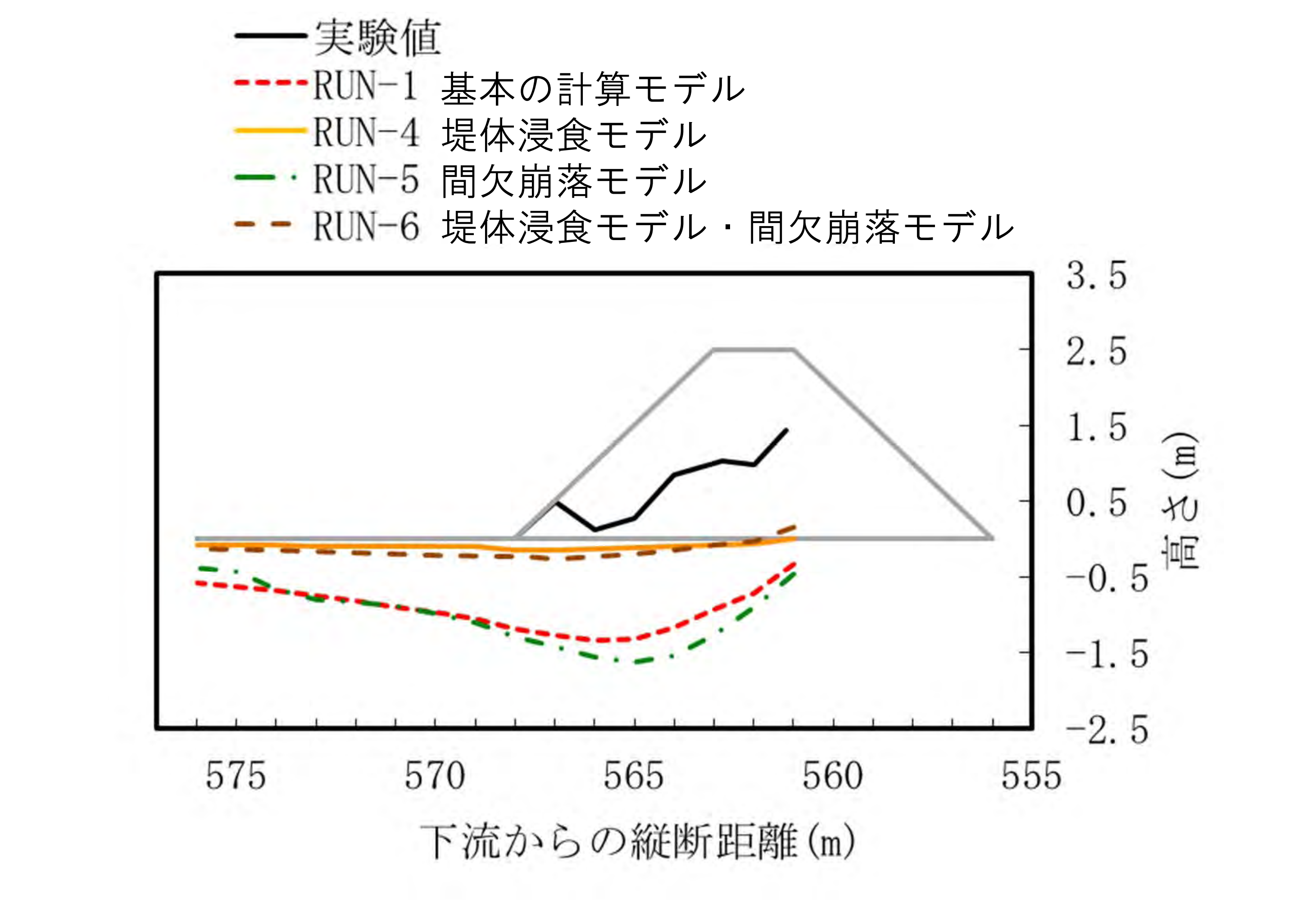
横断面　越流後11分

計算結果 – 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 –



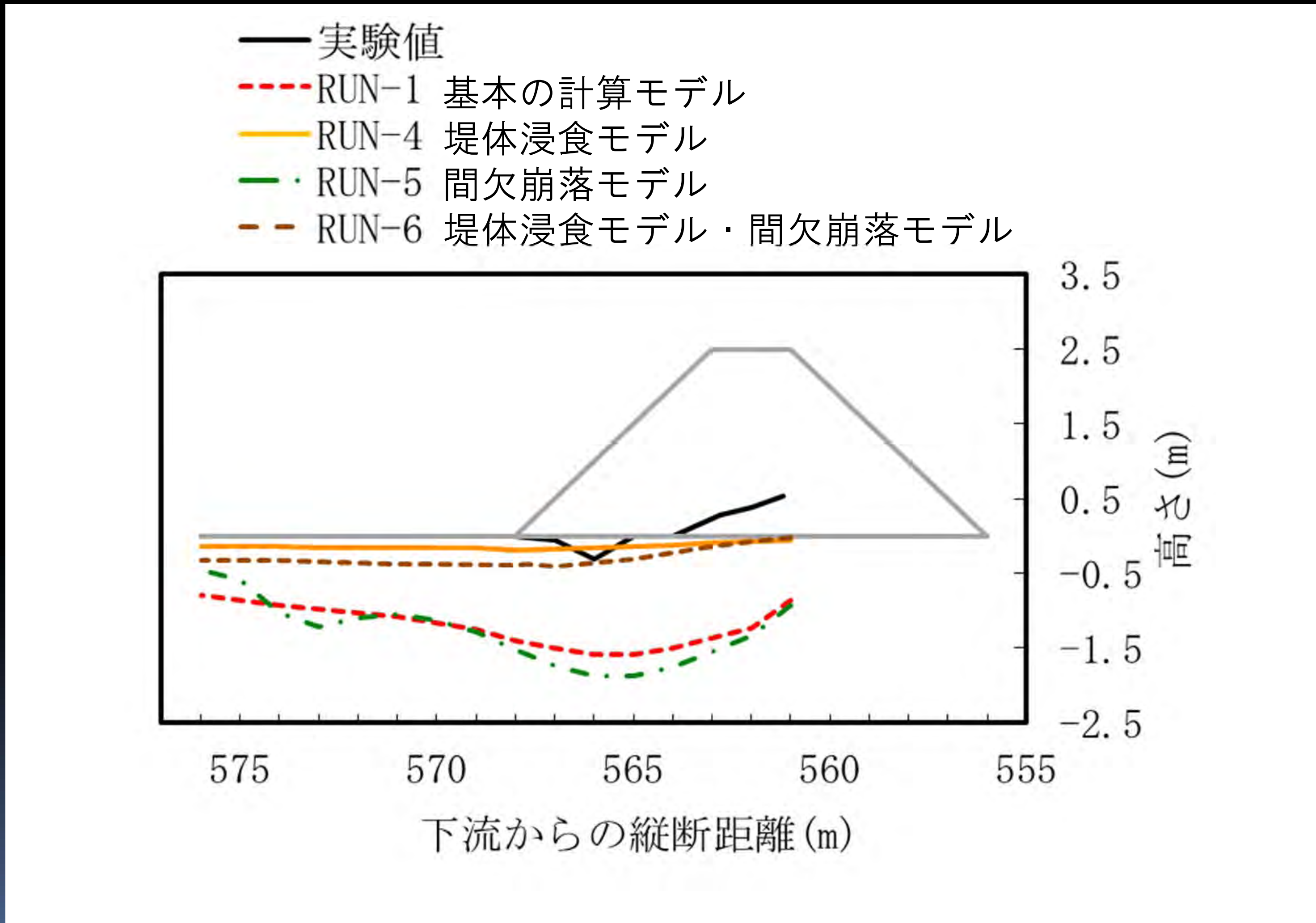
横断面　越流後13分

計算結果 – 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 –



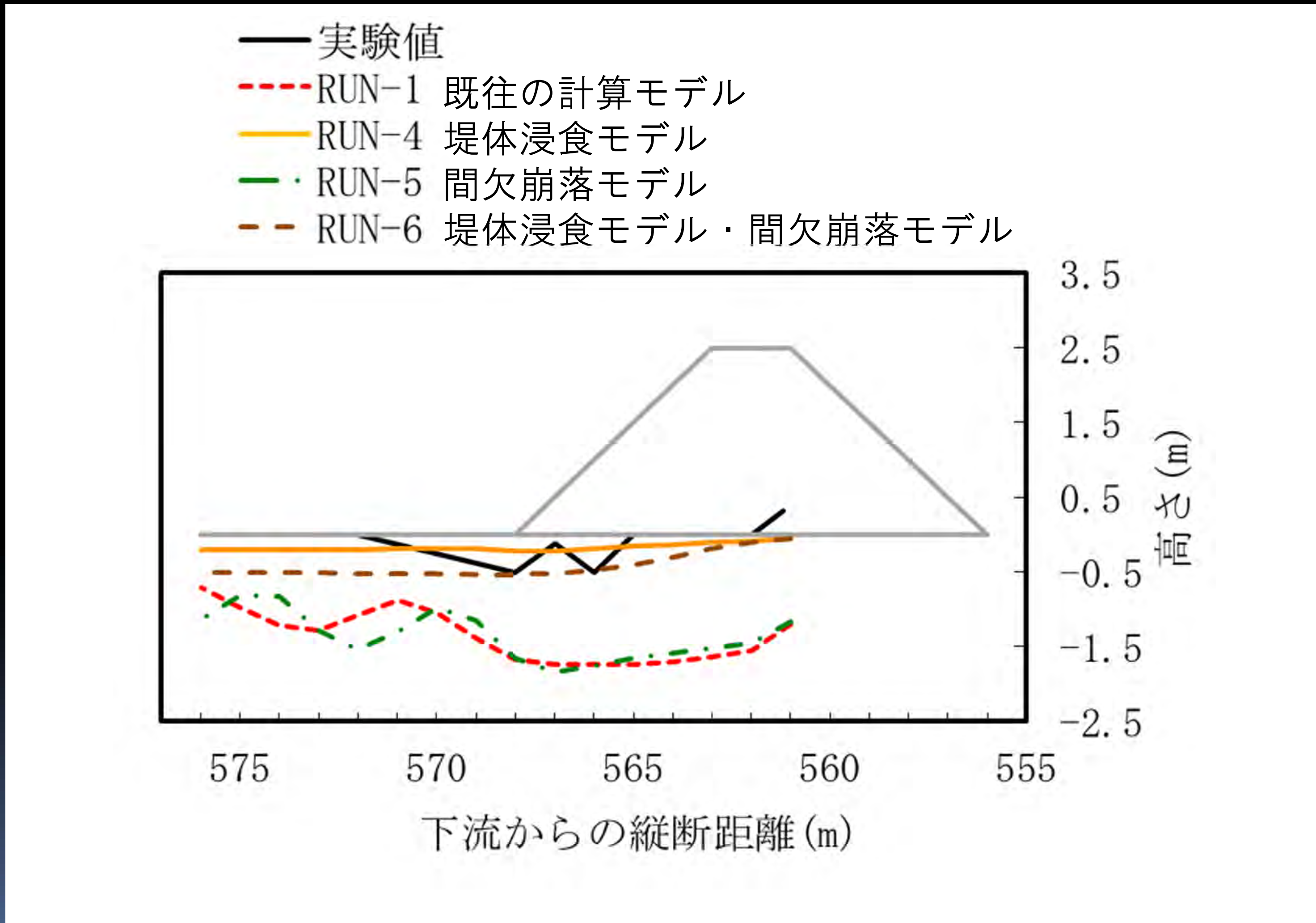
縦断面　越流後7分

計算結果 – 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 –



縦断面　越流後9分

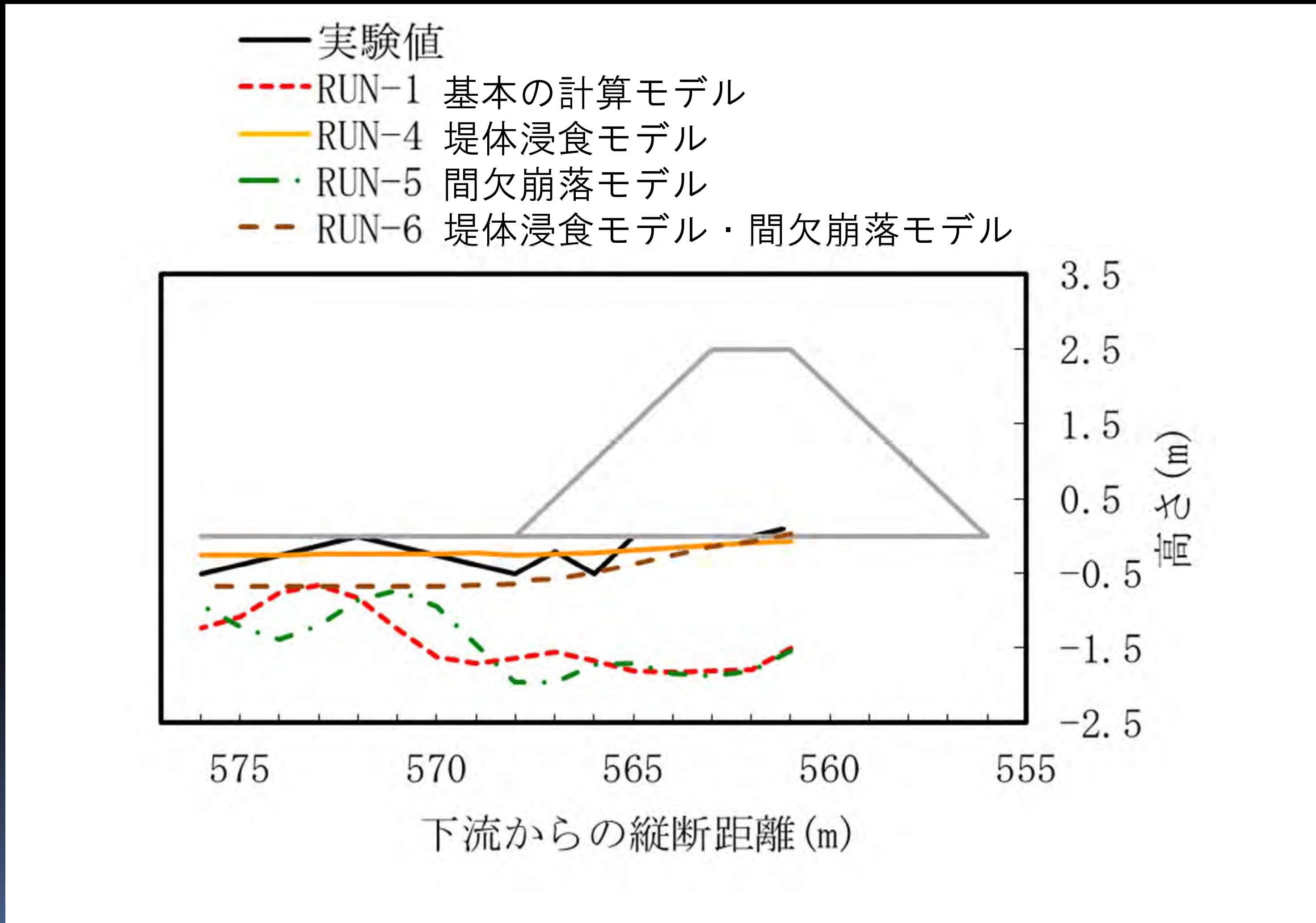
計算結果 ー 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 ー



縦断面　越流後11分

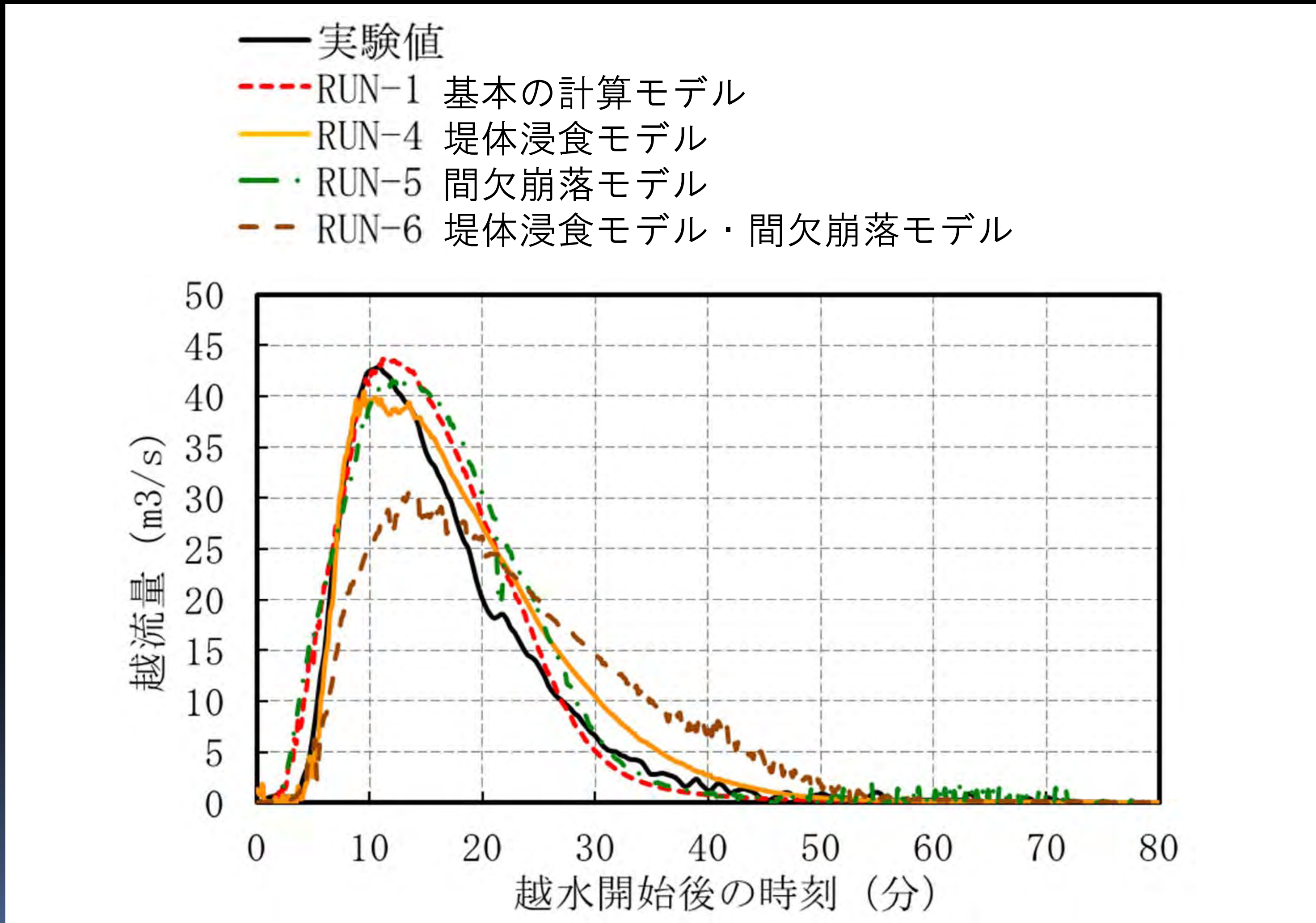
iRIC Software
Changing River Science

計算結果 – 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 –



縦断面　越流後13分

計算結果 – 堤体浸食モデルと間欠崩落モデルの検討 –



氾濫流量

iRIC Software
Changing River Science

まとめ – 正面越流破堤実験 –

1)計算格子スケールが斜面の安息角を再現できる範囲内にある場合，堤防崩落に及ぼす格子スケールの影響は比較的小さい.

2)堤体浸食モデルは堤体と基礎地盤で浸食速度の相違を考慮できる. 浸食速度係数の普遍的な決定については今後の課題.

3)堤体の崩落の間欠性を考慮したモデルを新たに提案した. この間欠崩落モデルにより崩壊過程の再現性が定性的に向上した.

4)堤体浸食モデルと間欠崩落モデルを同時に考慮した計算では越流流量が実験値より小さくなる. これは間欠性が堤防の靭性を高めたのに対し，堤体浸食モデルのパラメータが間欠性を考慮しない条件で同定されており，堤防の靭性を過大評価したためと考えられる.

iRIC Software
Changing River Science

まとめ – 正面越流破堤実験 –

1)計算格子スケールが斜面の安息角を再現できる範囲内にある場合，堤防崩落に及ぼす格子スケールの影響は比較的小さい．

2)堤体浸食モデルは堤体と基礎地盤で浸食速度の相違を考慮できる．浸食速度係数の普遍的な決定については今後の課題．

3)堤体の崩落の間欠性を考慮したモデルを新たに提案した．この間欠崩落モデルにより崩壊過程の再現性が定性的に向上した．

4)堤体浸食モデルと間欠崩落モデルを同時に考慮した計算では越流流量が実験値より小さくなる．これは間欠性が堤防の靱性を高めたのに対し，堤体浸食モデルのパラメータが間欠性を考慮しない条件で同定されており，堤防の靱性を過大評価したためと考えられる．

まとめ – 正面越流破堤実験 –

1)計算格子スケールが斜面の安息角を再現できる範囲内にある場合，堤防崩落に及ぼす格子スケールの影響は比較的小さい.

2)堤体浸食モデルは堤体と基礎地盤で浸食速度の相違を考慮できる. 浸食速度係数の普遍的な決定については今後の課題.

3)堤体の崩落の間欠性を考慮したモデルを新たに提案した. この間欠崩落モデルにより崩壊過程の再現性が定性的に向上した.

4)堤体浸食モデルと間欠崩落モデルを同時に考慮した計算では越流流量が実験値より小さくなる. これは間欠性が堤防の靭性を高めたのに対し，堤体浸食モデルのパラメータが間欠性を考慮しない条件で同定されており，堤防の靭性を過大評価したためと考えられる.

iRIC Software
Changing River Science

2011年度研究のまとめ　– 正面越流破堤実験 –

1)計算格子スケールが斜面の安息角を再現できる範囲内にある場合，堤防崩落に及ぼす格子スケールの影響は比較的小さい．

2)堤体浸食モデルは堤体と基礎地盤で浸食速度の相違を考慮できる．浸食速度係数の普遍的な決定については不明．

3)堤体の崩落の間欠性を考慮したモデルを新たに提案した．この間欠崩落モデルにより崩壊過程の再現性が定性的に向上した．

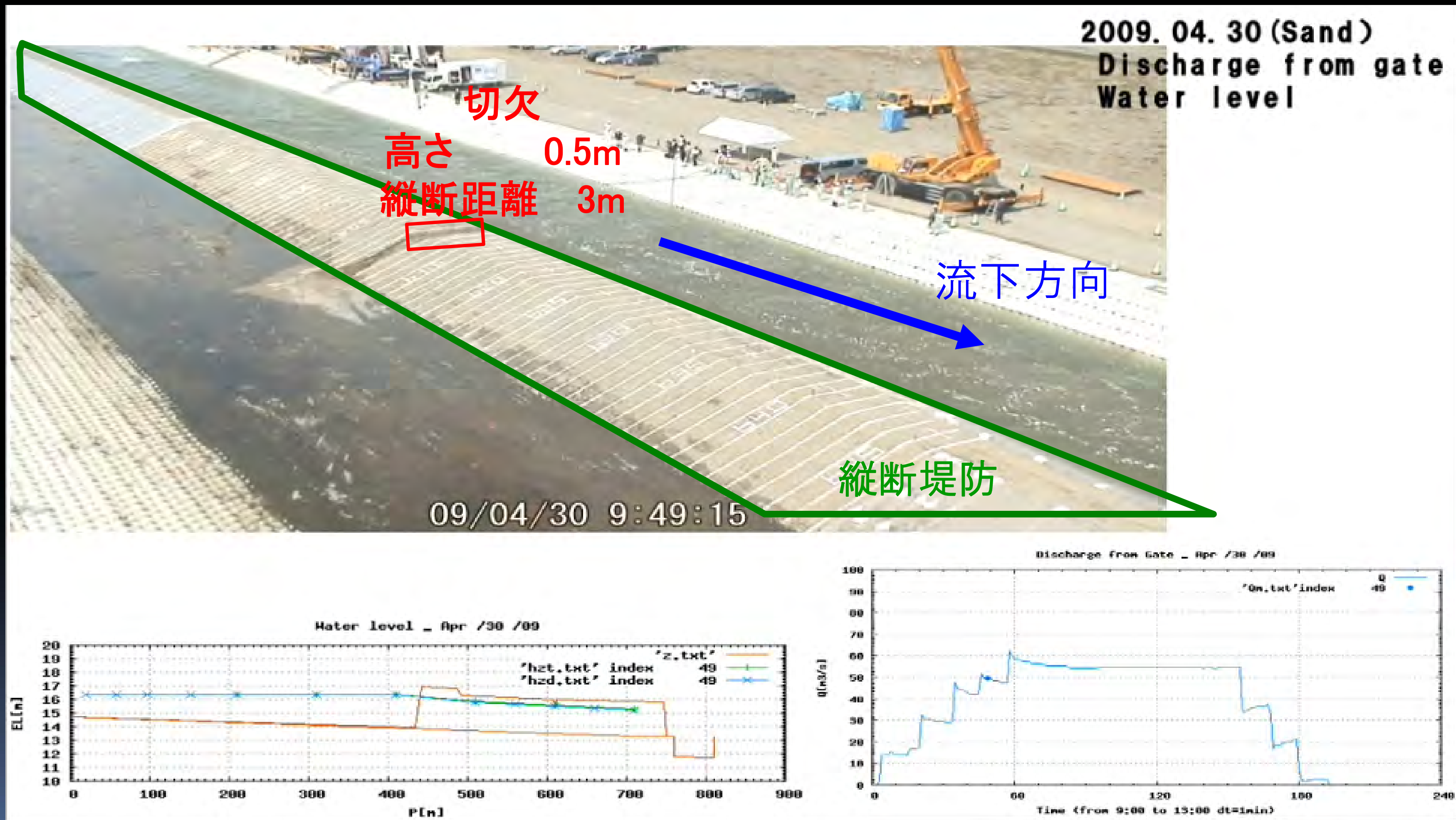
4)堤体浸食モデルと間欠崩落モデルを同時に考慮した計算では越流流量が実験値より小さくなる．これは間欠性が堤防の靭性を高めたのに対し，堤体浸食モデルのパラメータが間欠性を考慮しない条件で同定されており，堤防の靭性を過大評価したためと考えられる．

iRIC Software
Changing River Science

横越流破堤実験に関する検討

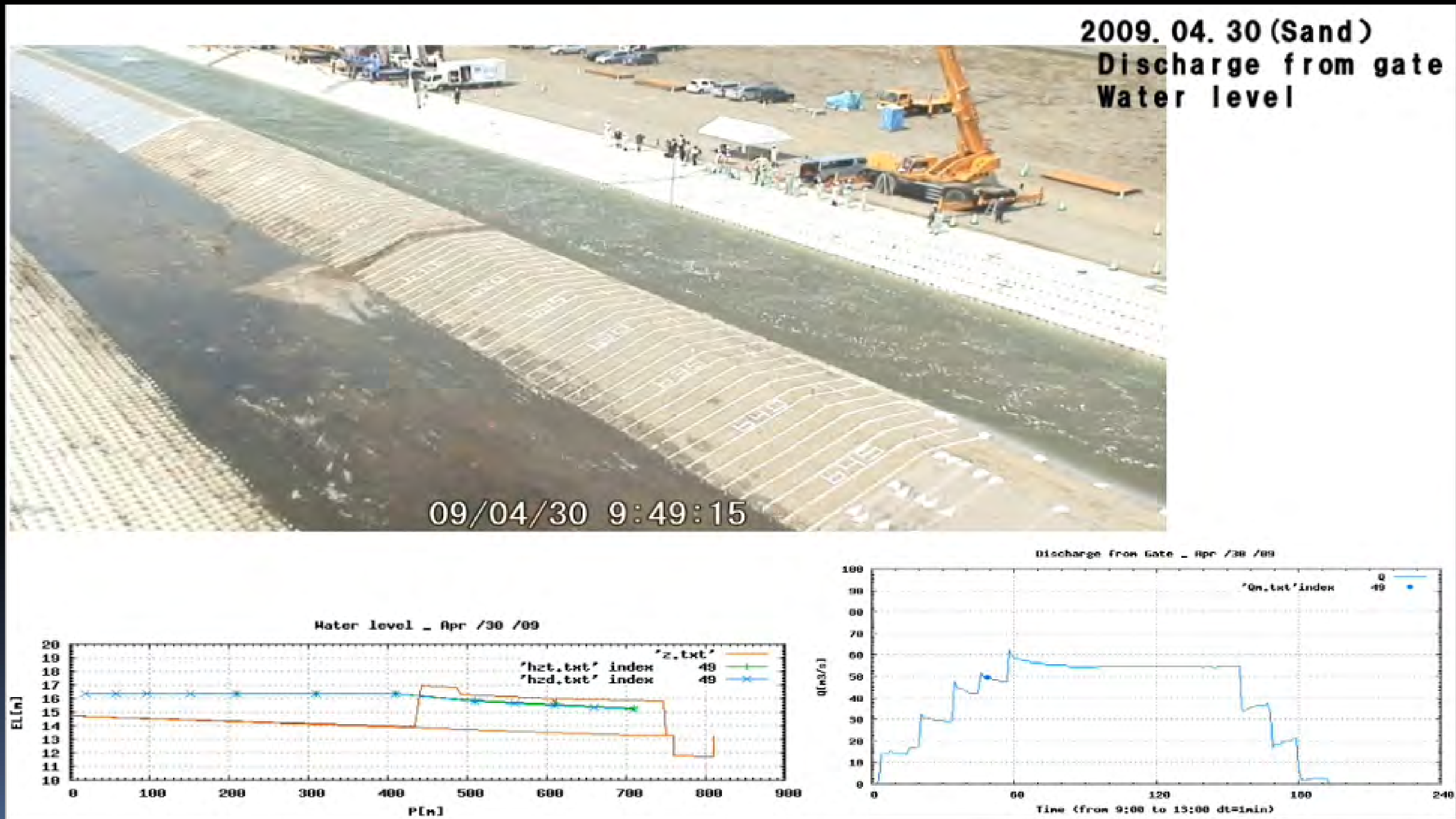
iRIC Software
Changing River Science

対象実験の概要　– 横越流破堤実験 –



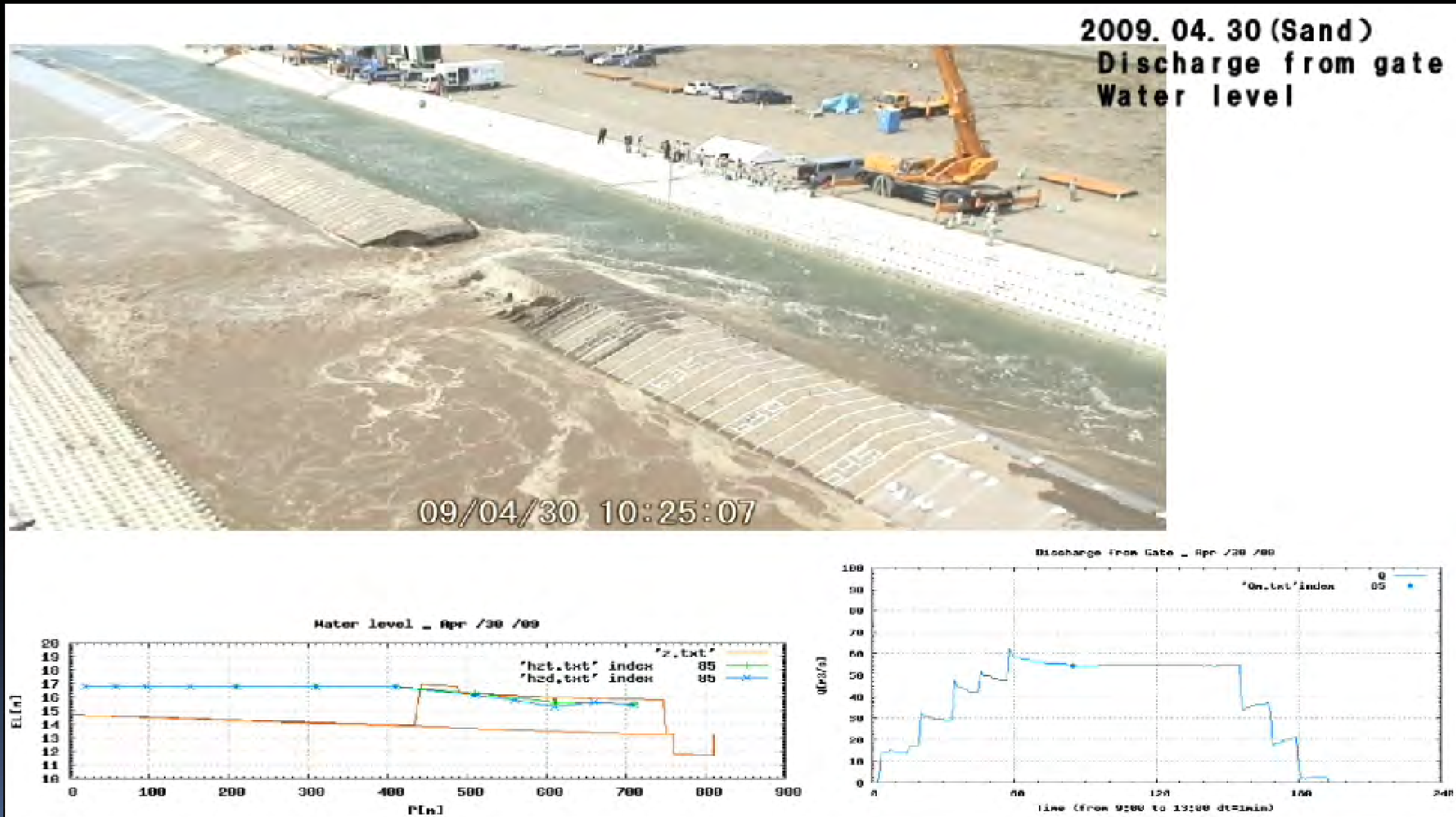
提供:帯広開発建設部

対象実験の概要　– 横越流破堤実験 –



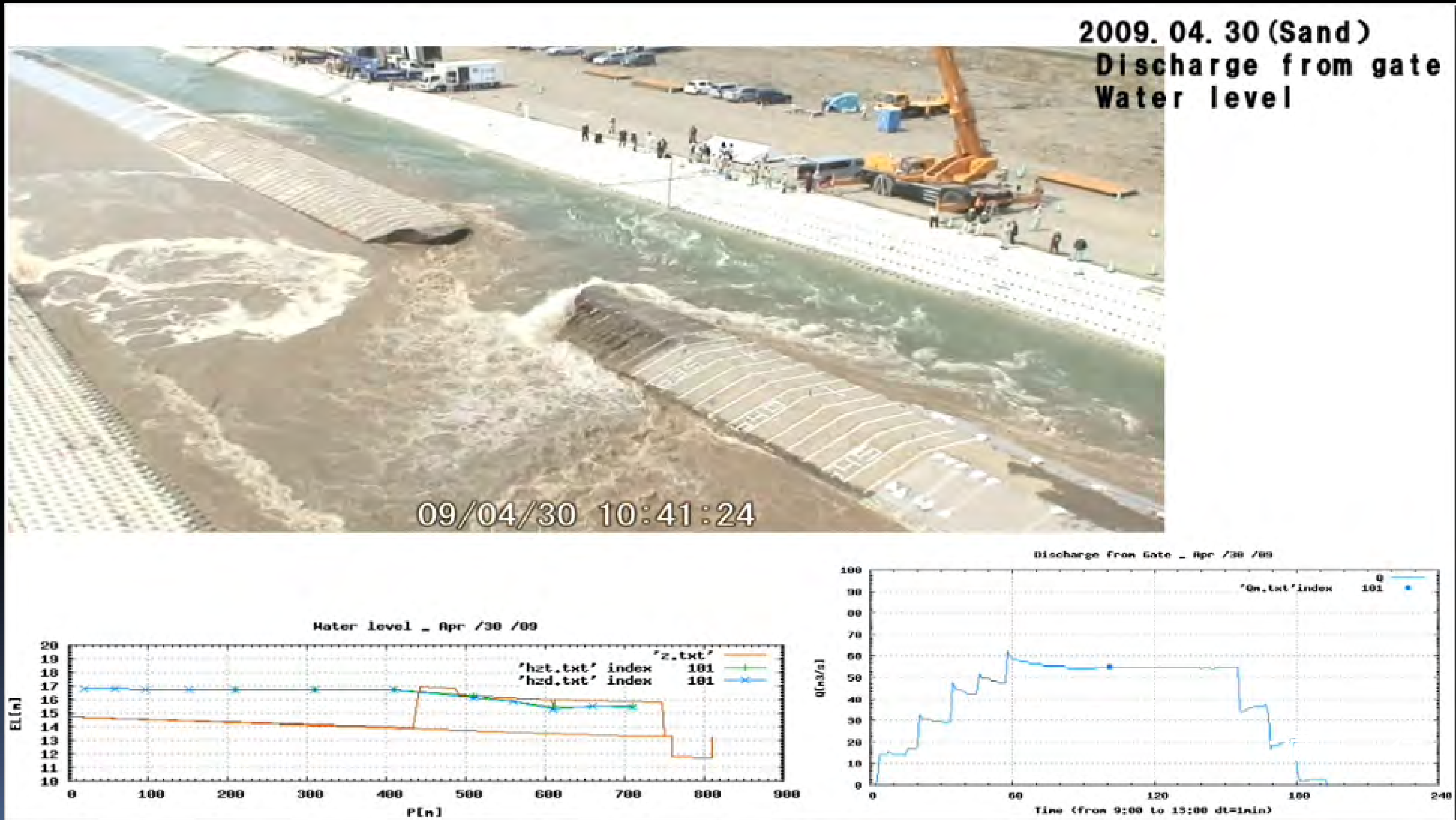
水路　提供:帯広開発建設部

対象実験の概要　– 横越流破堤実験 –



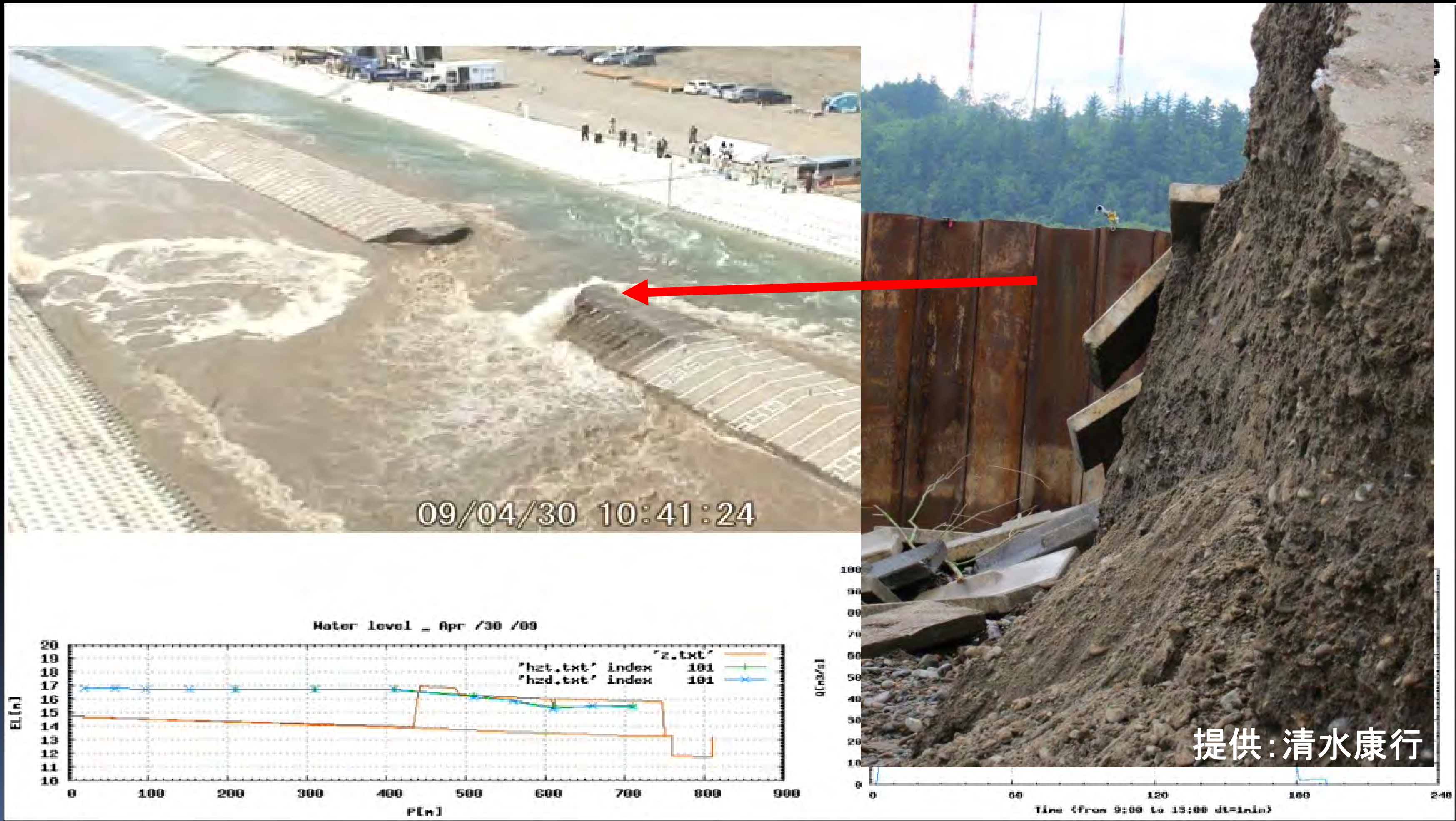
路　提供：帯広開発建設部

対象実験の概要　– 横越流破堤実験 –



提供:帯広開発建設部

対象実験の概要　– 横越流破堤実験 –



水路　提供:帯広開発建設部

iRIC Software
Changing River Science

全計算ケース

	河床変動		斜面崩落	
	芦田道上	堤体浸食	安息角	間欠崩落
RUN-1	○		○	
RUN-2		○		○

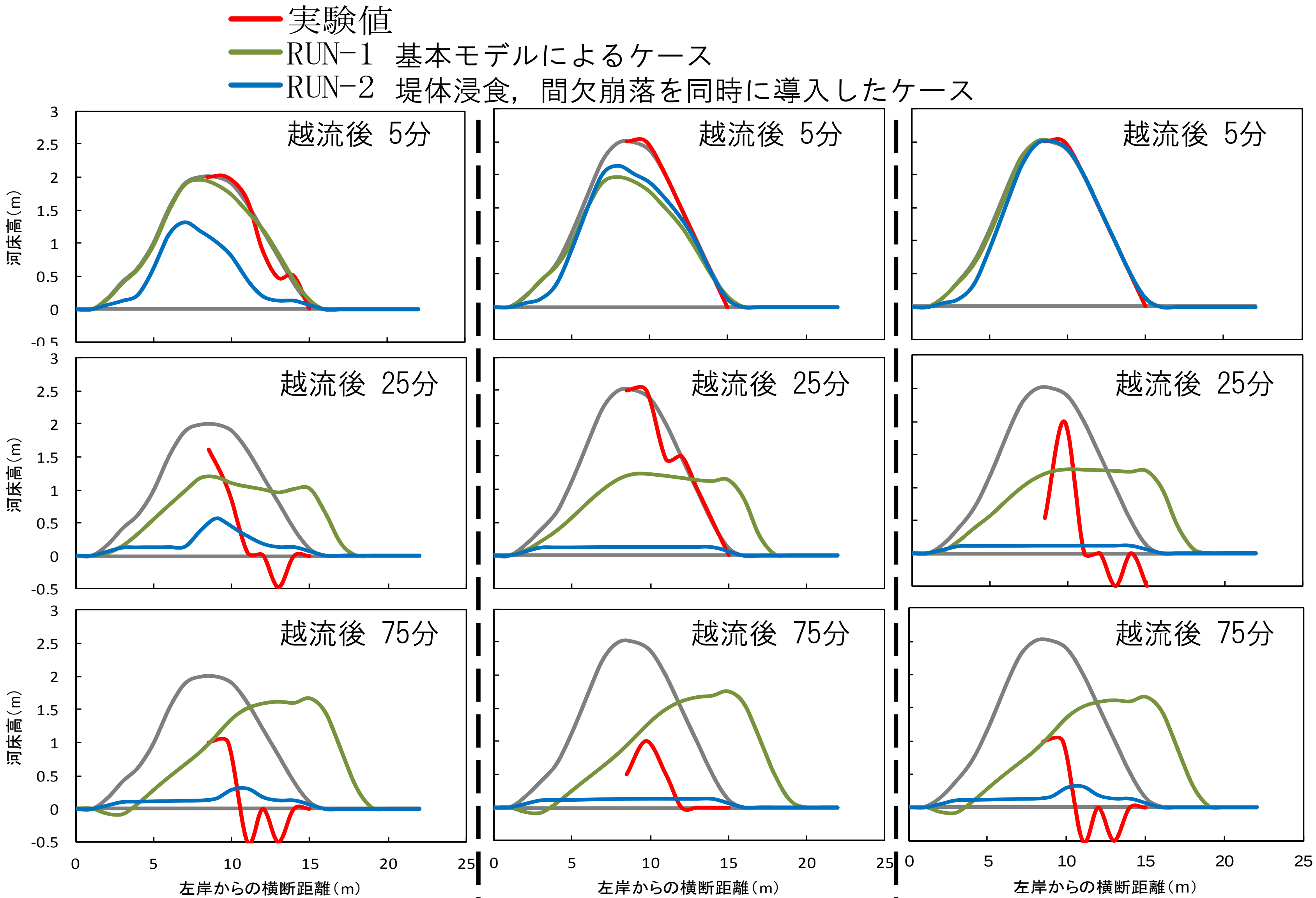
※計算格子はRUN-1とRUN-2で同一

RUN-1： 基本モデルによるケース
RUN-2： 堤体浸食，間欠崩落を同時に導入するケース

正面越流破堤実験の再現計算結果より…

・計算格子スケールの依存性が小さいことから，
　計算格子スケールに関するケースは設定しない
・堤体浸食，間欠崩落を同時に導入することが今後の課題であるため，
　個別に導入するケースは設定せず，
　堤体浸食，間欠崩落を同時に導入するケースのみ設定した

計算結果 – 堤体浸食，間欠崩落を同時に導入した場合の検討 –

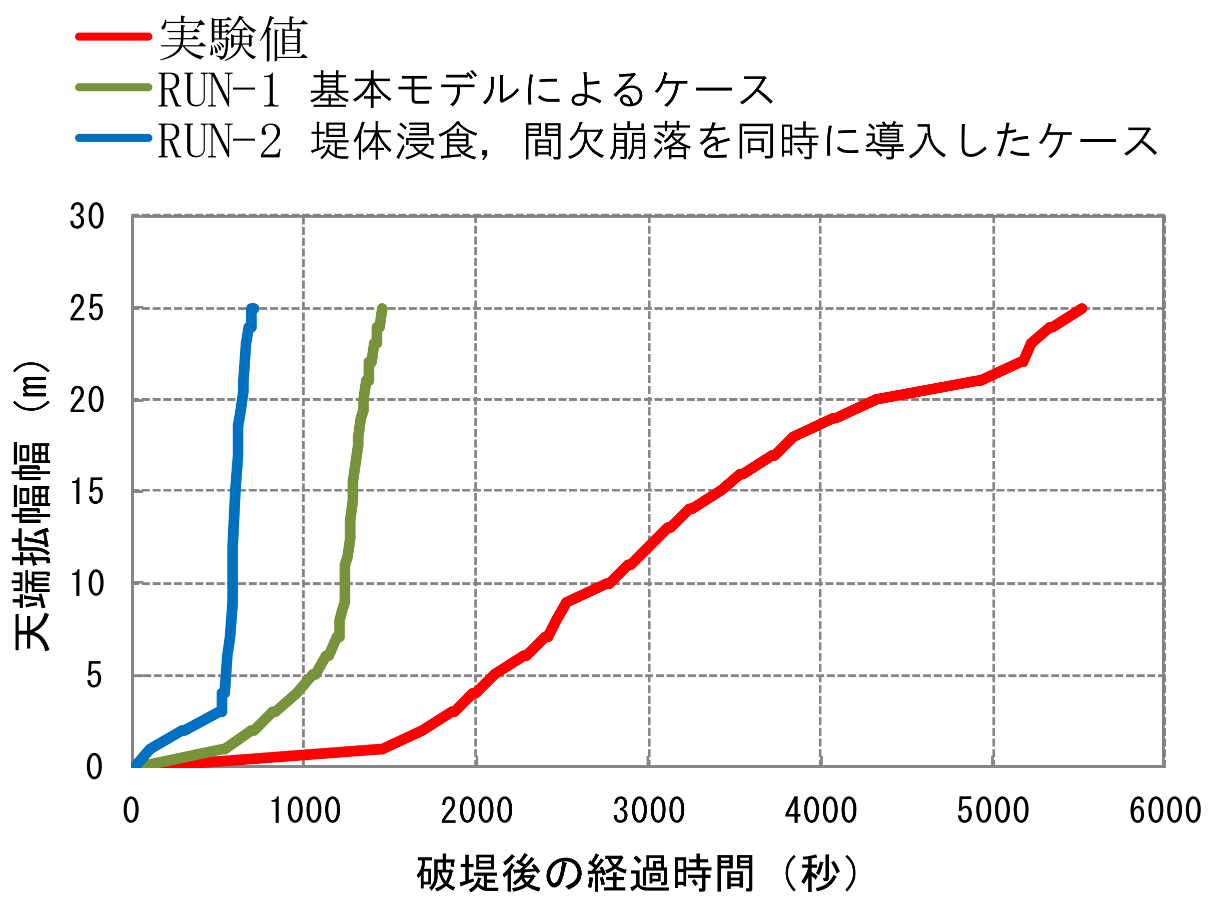


切欠部の横断面

切欠部から下流に2mの横断面

切欠部から下流に4mの横断面

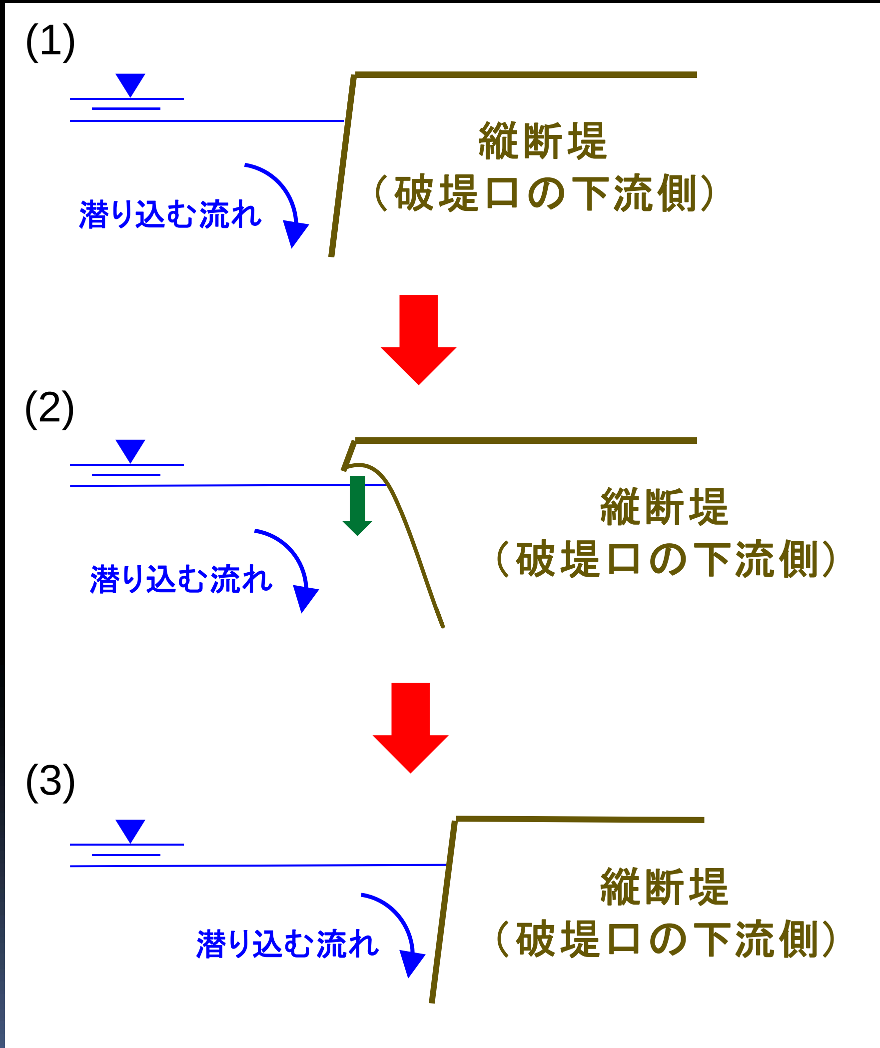
計算結果 – 堤体浸食，間欠崩落を同時に導入した場合の検討 –



天端拡幅幅の時間変化

iRIC Software
Changing River Science

再現性を低下させる要因



(1)潜り込む流れが発生する.

(2)潜り込む流れにより堤防下部が浸食され，堤防がオーバーハングする.
(3)オーバーハング下部分が自重に耐えきれず落下し，堤防浸食が進行する．

「潜り込む流れ」
「オーバーハング」
上記の2つの現象を平面二次元モデルで再現できないことが大きな要因であると考えられる.

iRIC Software
Changing River Science

まとめ – 横越流破堤実験 –

1)本研究で行った再現計算では,
計算結果が実験結果よりも破堤の進行速度が大きい.
今後は浸食速度式とは異なる手法で堤体浸食を
再現することを検討することも視野に入れなければならない.

2)今後はオーバーハングと潜り込む流れを
平面二次元モデルで擬似的に再現できる
モデルの構築が望ましい.

iRIC Software
Changing River Science

まとめ　– 横越流破堤実験 –

1)本研究で行った再現計算では,
計算結果が実験結果よりも破堤の進行速度が大きい.
今後は浸食速度式とは異なる手法で堤体浸食を
再現することを検討することも視野に入れなければならない.

2)今後はオーバーハングと潜り込む流れを
平面二次元モデルで擬似的に再現できる
モデルの構築が望ましい.

iRIC Software
Changing River Science