

# 破堤拡幅の推定手法

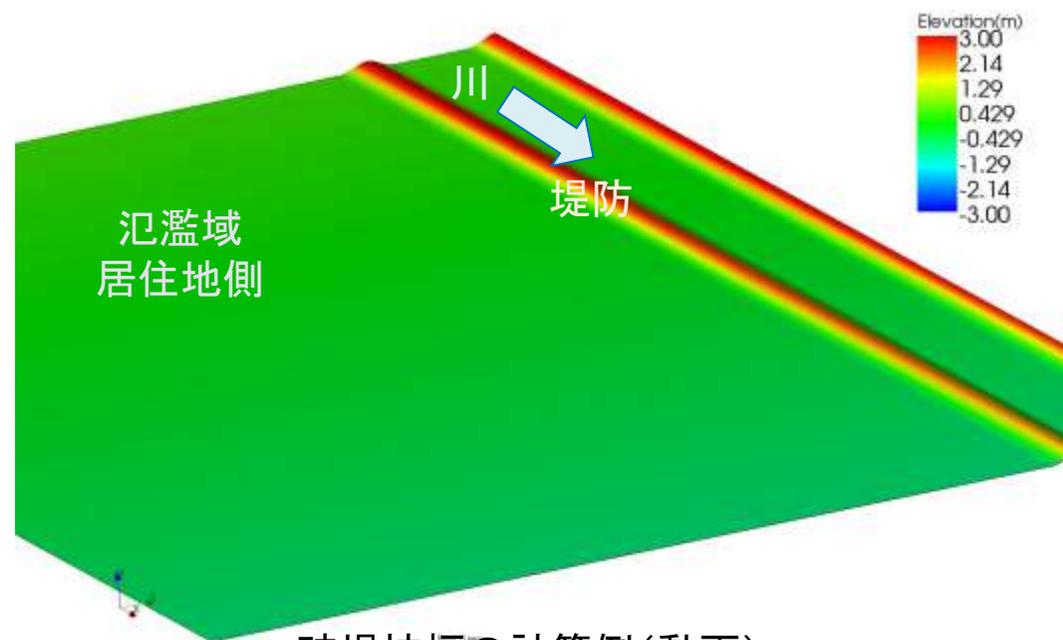
## － 破堤計算ソフト(Nays2D Breach)の紹介 －

この技術の売り

このソフトを用いることで  
破堤拡幅の計算を  
職場のパソコンで実施できる

※破堤: 堤防決壊

破堤拡幅: 堤防決壊後に決壊口が広がっていくこと



破堤拡幅の計算例(動画)



土木研究所 寒地土木研究所  
寒地水圏研究グループ 前田俊一

# 堤防決壊が多発

## 2019年～令和元年東日本台風

堤防決壊箇所一覧(2019年12月3日16:00時点)

国管理河川 6水系 7河川 14箇所

都道府県管理河川 20水系 67河川 128箇所

**合計 142箇所**

出典:国土交通省 令和元年台風19号による被害状況等について 堤防決壊箇所一覧  
[https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai\\_191012.html](https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_191012.html)

## 2020年～熊本豪雨

## 2018年～西日本豪雨

## 2017年～九州北部豪雨

## 2016年～北海道豪雨

## 2015年～関東・東北豪雨

2016/08/31 空知川での堤防決壊

空知川破堤状況  
(南富良野町)

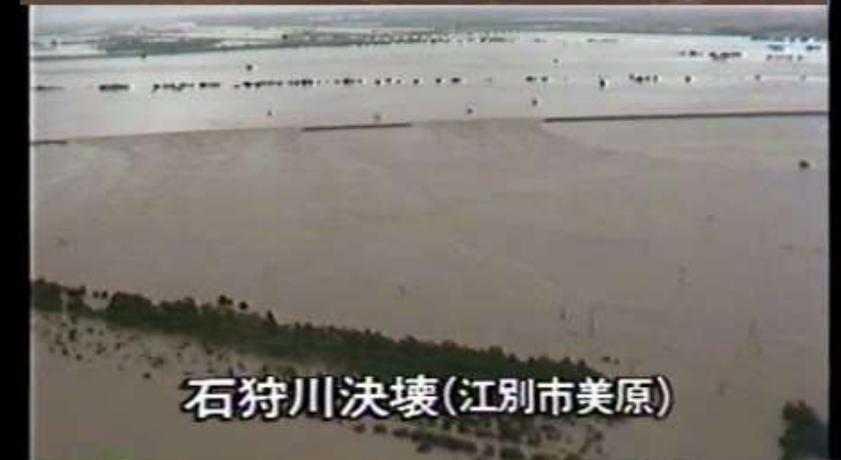


出典:国土交通省北海道開発局HP、  
<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/saigai/ud49g700000075big.html>

2015/09/10 鬼怒川での堤防決壊



出典:国土地理院ウェブサイト、  
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27/saigai18gov.html>



石狩川決壊(江別市美原)

もし皆さんが管理に関わっている河川の堤防が決壊したら？

破堤幅は？

災害協定業者は？

緊急工事に必要な資材は？

- 
- 
-

# 破堤幅の考え方は？（堤防決壊時の緊急対策シミュレーション等）

- ・最終的な破堤幅は川幅のみで決まるものとする
  - ・越水直後に最終的な破堤幅の半分まで一気に破堤するものとする
  - ・その後1時間かけて最終破堤幅まで達し、破堤の進行は止まるものとする
- ⇒河床勾配や洪水継続時間等によって破堤幅は変わらないのか？

そもそも、破堤拡幅はどのようなメカニズムに基づいて進行していくのか？

## 【参考】

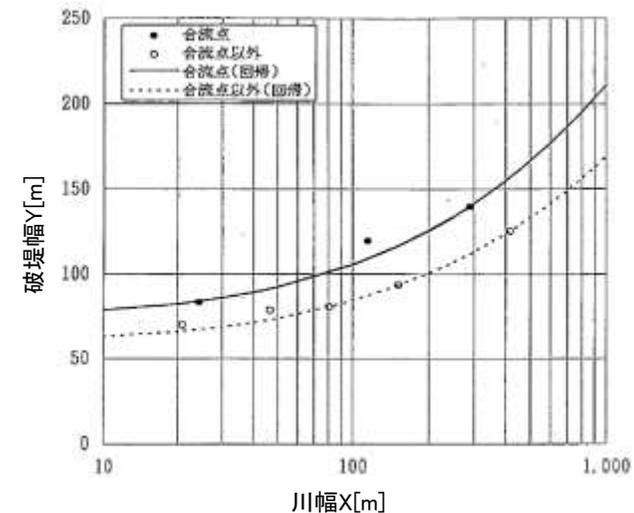
現在の最終破堤幅は下記のように設定することが多い  
（破堤幅の実績値が無い場合）

$$\text{最終破堤幅[m]} = 2.0 \times (\log_{10} \text{川幅[m]})^{3.8} + 77$$

～合流点付近の場合

$$\text{最終破堤幅[m]} = 1.6 \times (\log_{10} \text{川幅[m]})^{3.8} + 62$$

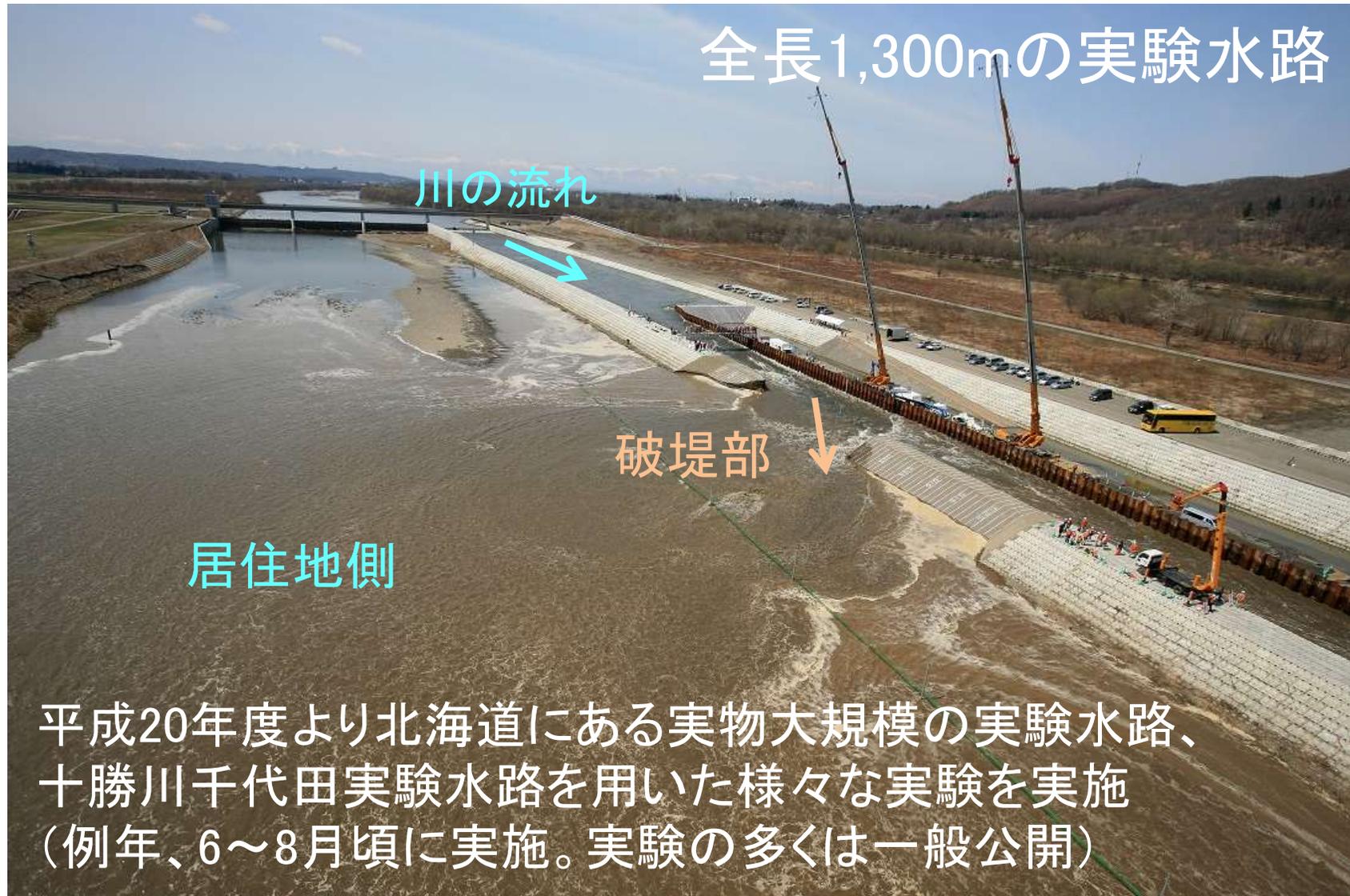
～合流点付近以外の場合



氾濫シミュレーション・マニュアル(案)-シミュレーションの手引き及び新モデルの検証-土木研究所資料第3400号、平成8年2月

# 破堤メカニズム解明のための破堤実験

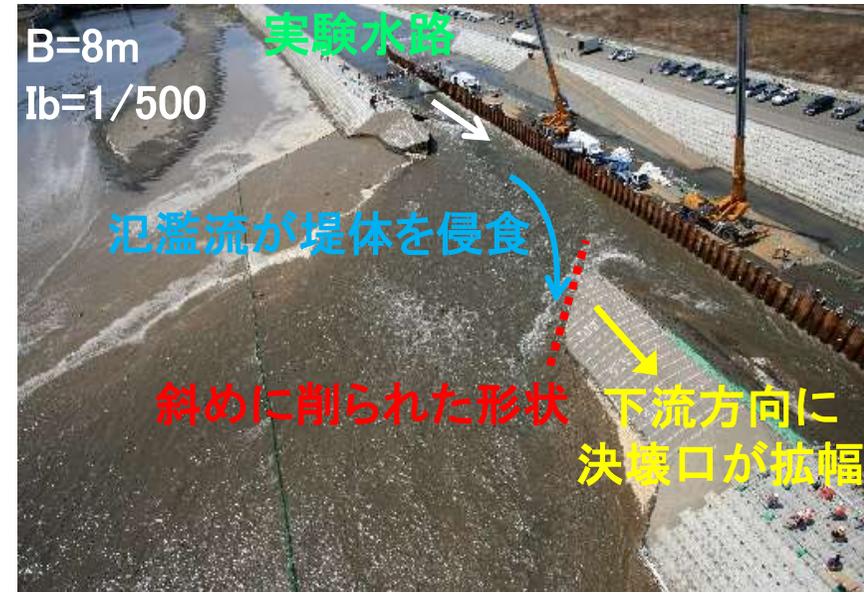
## 実物大規模の模型実験水路を使った破堤実験



# 破堤実験の様子

## 急勾配河川での堤防決壊

- ・氾濫流の主流部は決壊口内の下流側に位置
- ・決壊口の拡幅は下流方向に卓越
- ・下流側堤体の先端が斜めに削られた形状



## 破堤拡幅の進行過程

以下の過程を繰り返して破堤拡幅が進行  
(①→②→③→①→②→③→①→……)

- ① 氾濫流が水面下にある堤体下部を徐々に侵食
- ② 水面下の堤体が侵食された結果、不安定になった堤体上部が間欠的に崩落
- ③ 氾濫流が崩落した堤体土砂を押し流す



千代田実験水路における決壊口の拡幅状況

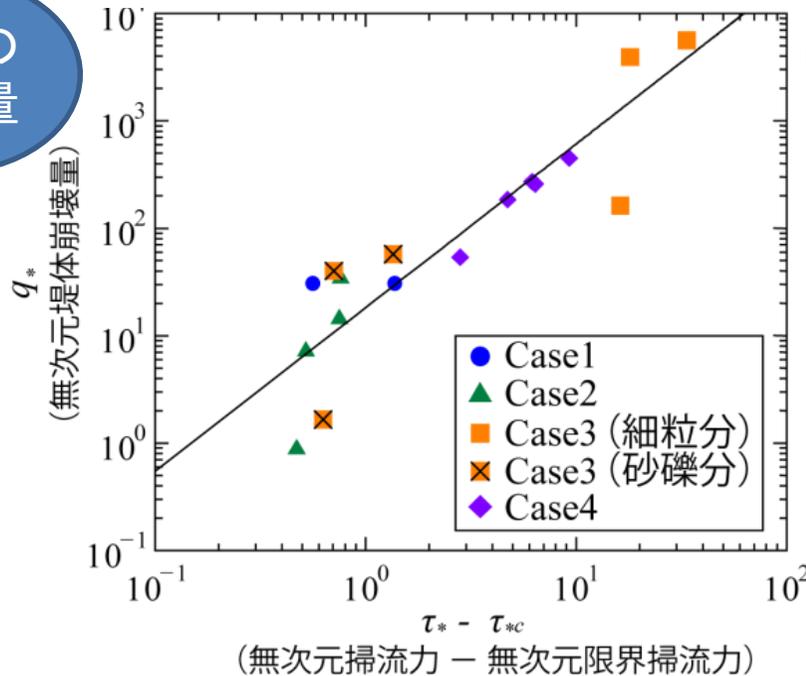
# 水理量と堤体崩壊量の関係式

・決壊口内の氾濫流が水面下の堤体を侵食したり、崩落した堤体土砂を押し流す力が大きいほど、破堤拡幅は早く進むことになるので、千代田実験水路での実験結果より以下の式を導出。**この式を用いることで、破堤拡幅計算が可能となる。**

・この式は**急勾配河川だけでなく、緩勾配河川でも活用できる**ことが確認されている。

$$q_* = \frac{dV}{dt} \frac{l}{(\sqrt{sgd_{50}^3 \cdot B_m})} (1 - \lambda) = \alpha_* (\tau_* - \tau_{*c})^{\beta_*}$$

堤防の崩壊量



氾濫流が土砂を押し流す力

河川堤防の越水破堤現象のうち  
破堤拡幅機構に関する実験報告書

平成24年10月

国土交通省北海道開発局

独立行政法人土木研究所寒地土木研究所

ここで、 $q_*$ :無次元堤体崩壊量、 $V$ :堤体崩壊量、 $t$ :時間、 $s$ :砂粒の水中比重、 $g$ :重力加速度、 $d_{50}$ :砂粒の50%通過粒径、 $B_m$ :堤体下幅、 $\lambda$ :空隙率、 $\tau_*$ :無次元掃流力、 $\tau_{*c}$ :無次元限界掃流力、 $\alpha_*$ ・ $\beta_*$ :係数

研究成果は国土交通省北海道開発局と土木研究所寒地土木研究所が共同で取りまとめてHP上で公開中  
<http://river.ceri.go.jp/contents/tool/chiyoda.html>

ここから計算ソフトの使い方と事例紹介です

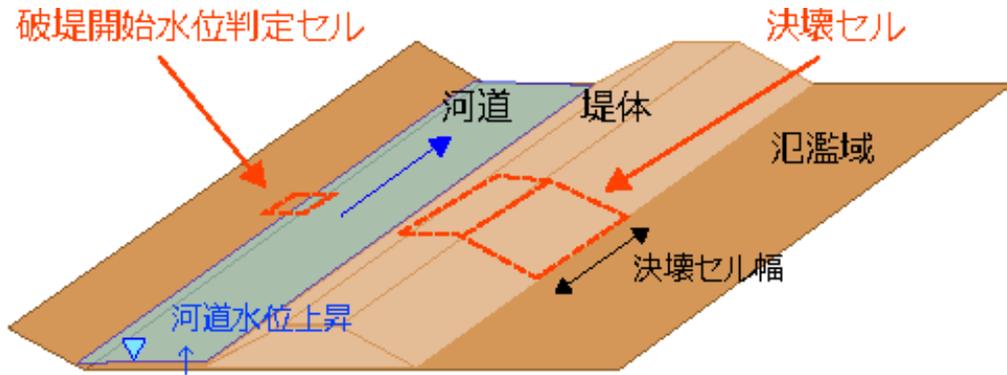
破堤計算ソフトの名前



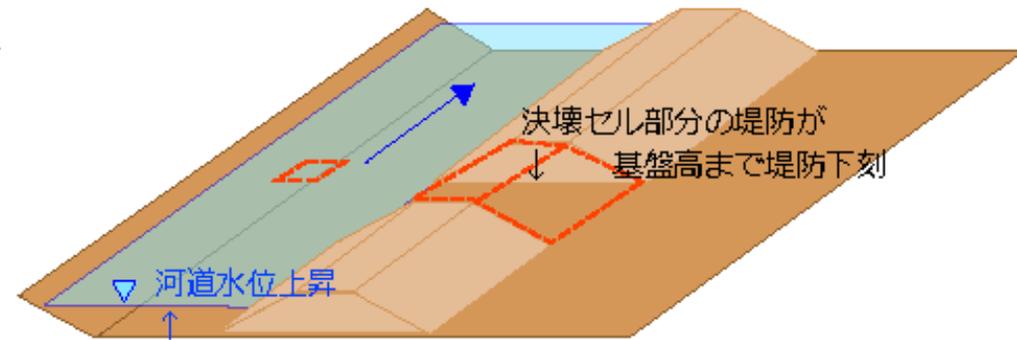
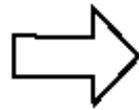
ナイス ツーディー ブリーチ

Nays 2D Breach

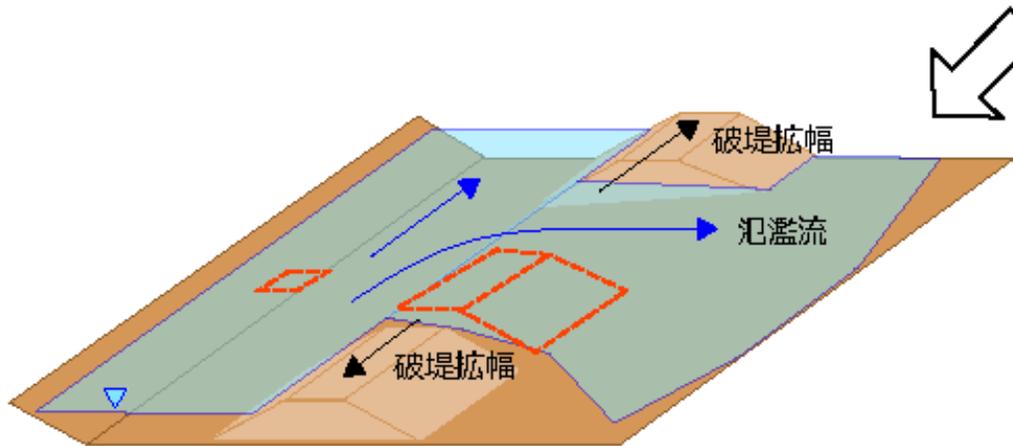
# Nays 2D Breachの基本コンセプト



①河道水位が上昇し、  
破堤開始水位判定セルの水位が



②設定した破堤開始水位に到達すると、  
指定した決壊セル部分の堤防が基盤高まで下刻



③破堤拡幅が始まる



(1) 堤防セル(堤体箇所)

破堤拡幅の実験式を用いて、氾濫流に接している堤防セルの崩壊量を求めて、堤防の侵食・崩壊(=破堤拡幅)を表現

(2) 通常セル(河道、氾濫域及び堤防消失箇所)

平面2次元河床変動計算で地形変化を表現

※堤防から越流が始まり、越流水によって堤防が侵食されていく過程の計算は行っていません。

その部分は破堤開始水位に到達した瞬間に決壊セルの堤防を消失させることで計算を簡略化しています。

# Nays2D BreachはiRICというソフトウェア上で動く数値計算プログラム

## iRICソフトウェアとは？

- ・無償で利用できる。数値計算のプログラムを作成する必要なし。
  - ・使用する数値計算プログラム(ソルバー)を選択した後に、マウス操作やキー操作でデータ入力、計算前処理、計算実行、計算後処理を行えば、河川の流れ等の計算結果の図を得ることができる水工学に関する数値計算のプラットフォーム
  - ・河川の流れ、河床変動、氾濫、津波、土石流、水環境の評価等の様々なソルバーが用意されており、水に関する様々な数値計算が可能
- ・Nays2D Breachは既存の平面二次元河床変動計算ソルバーに、破堤拡幅の計算機能を追加したもの



# 計算環境の構築

まずiRICをダウンロードして、パソコンにインストール

Google **iric** ① 「iRIC」で検索

約 1,250,000 件 (0.40 秒)

**iRIC | 河川の流れ・河床変動解析ソフトウェア**  
https://i-ric.org > ...

iRIC (International River Interface Cooperative) ソフトウェアは河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアです。これまでUSGS (アメリカ地質調査所) で開発してきたMD\_SWMSと(財)北海道河川防災研究センターで開発してきたRIC-Naysの機能を統合した ...  
このページに 4 回アクセスしています。前回のアクセス: 20/01/05

**ダウンロード**  
iRICのダウンロード一覧. iRICのダウンロードのご紹介です。

**ムービー**  
動画一覧. iRICの機能や成果を、動画でご紹介いたします. 2019年 ...

**ソルバー**  
iRICのソルバー一覧. iRICのソルバーのご紹介です。

**一覧を見る**  
台風19号安達太良川氾濫シミュレーション(東京理科大二瓶教授提供 ...

**iRICについて**  
iRICについてiRIC (International River Interface Cooperative) は ...

**フォーラム**  
iRICのフォーラム一覧. iRICのフォーラムのご紹介です。

② ダウンロードをクリック

ダウンロード

ダウンロードするにはログインが必要です。  
[無料会員登録](#)、または[ログイン](#)してください。

Version3.X

**Version2.X**

Tips&Tools

③ ダウンロード  
注) 破堤計算ソフトを使う場合はVersion2.Xを!

# 次にNays 2D Breachを寒地土木研究所 寒地河川チームのHPからダウンロード

## ① 「寒地河川チーム ツール」で検索



## ② ここをクリック

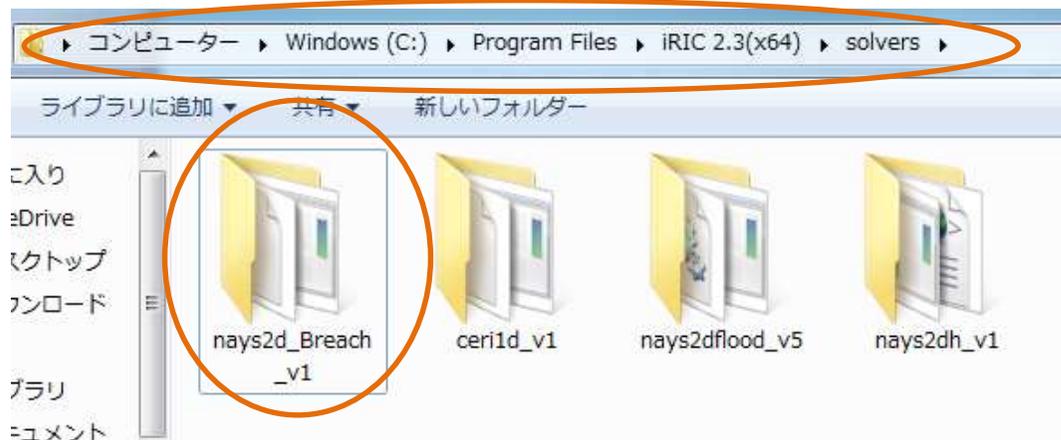
ツール - 寒地河川チーム - 寒地土木研究所  
river.ceri.go.jp > contents > tool >  
このコンテンツでは、現場で役立つマニュアルやプログラムをダウンロード頂けます。ぜひご利用ください。3Dハザードマップ 札幌市及び近郊における3D浸水ハザードマップ 技術基準・マニュアル類 中小河...

破堤計算ソフト (Nays2D Breach) ...  
破堤計算ソフト (Nays2D Breach) は、北海道大学の清水康行教授らが...

中小河川を対象とした洪水 ...  
ここでは、北海道開発局と寒地土木研究所が共同で作成した「中小

ダウンロード画面に直行

## ④ ダウンロードしたファイルをiRICのソルバーの フォルダーに格納



## ツール

このコンテンツでは、現場で役立つマニュアルやプログラムをダウンロード頂けます。ぜひご利用ください。

### 技術基準・マニュアル類

- 中小河川を対象とした洪水はん濫計算の手引き(案)
- 結氷河川における流量観測時の留意事項(河川砂防技術基準調査編)
- 大規模出水時調査要領(案)
- 樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン(案)
- 津波河川遡上予測の手引き(案)
- 河川結氷時の流量推定手法マニュアル(案)
- 結氷河川解析マニュアル(案)
- 岩盤河床における河床低下危険度評価の手引き(案)
- 2wayによる蛇行復元ガイドライン(案)
- 寒冷地河川域の津波痕跡調査マニュアル(案)
- 堤防決壊時に行う緊急対策工事の効率化に向けた検討資料(案)

## ③ ここをクリックして ダウンロード

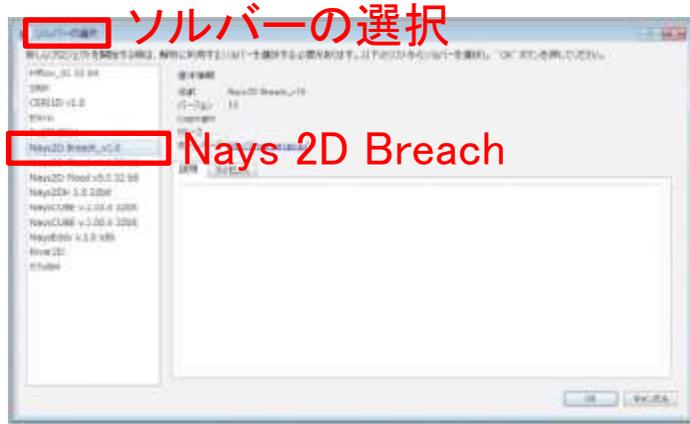
### ソフトウェア系

- 破堤計算ソフト (Nays2D Breach)
- 合成合理式による流出計算プログラム
- 汎用一次元不定流計算ソフト
- 汎用二次元汎濫計算ソフト

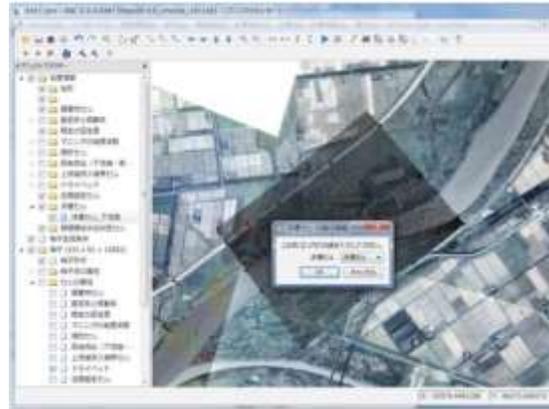
iRICもNays 2D Breachも  
無料で利用できます。

# 計算の手順

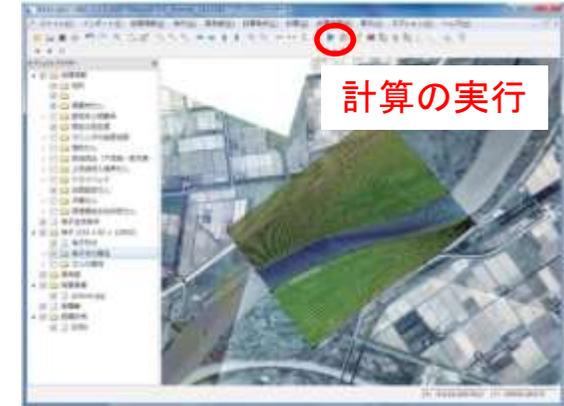
プログラムの作成は不要。画面の指示に従って操作。



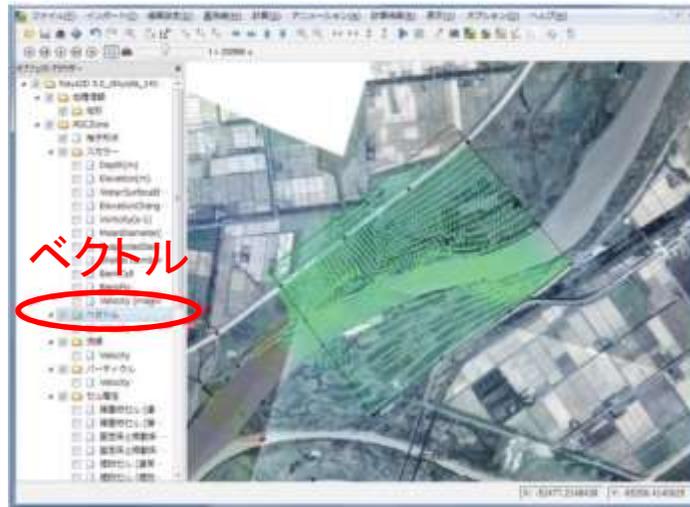
① ソフトを立ち上げて



② データ入力や計算条件等の設定をして



③ 計算を実行



④ 計算結果の可視化もできます



破堤計算ソフトNays2D Breach本体  
[32bit版](#) (zipファイル: 7.05MB)  
[64bit版](#) (zipファイル: 7.08MB)

[ソルバーマニュアル](#) (1.38MB)

[事例集](#) (7.23MB)

[サンプルデータ](#) (6.44MB)

寒地河川チームのHPからマニュアルや事例集をダウンロードできますので、詳細はこれらをご覧ください

# Nays2D Breachのお薦めの活用方法

Nays2D Breachは、全国の河川系事務所が毎年実施している  
**堤防決壊時の緊急対策シミュレーション**などでも活用可能

## 堤防決壊時の緊急対策シミュレーション

- 破堤箇所や位置や運搬路等の諸条件を設定
- 被災から緊急復旧までの一連の行動を議論
- 問題点の抽出、改善策の検討など

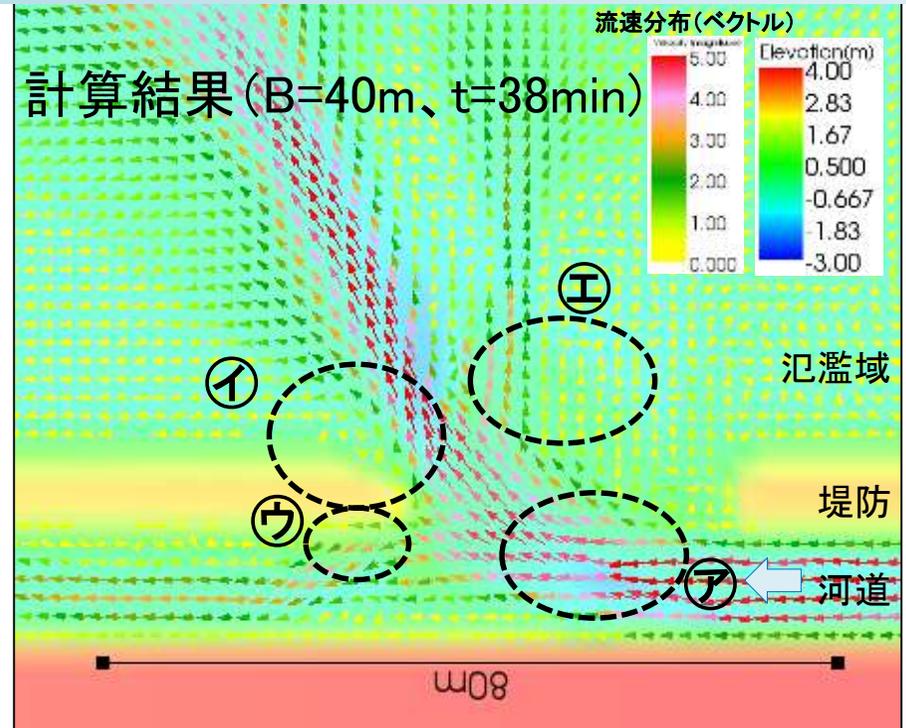
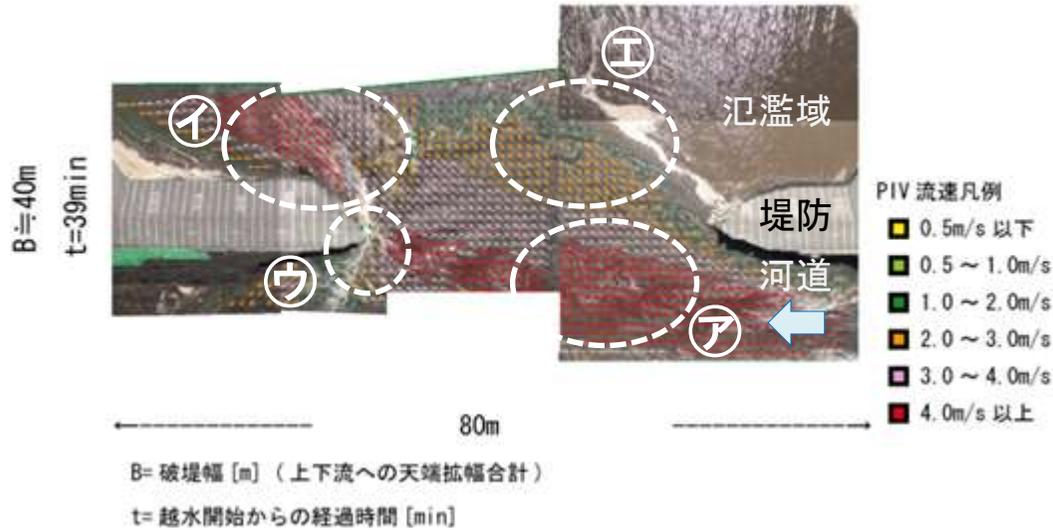


堤防決壊時の緊急対策シミュレーション勉強会の様子  
(国土交通省北海道開発局帯広河川事務所より写真提供)  
※写真の勉強会でNays2D Breachの計算結果を用いているわけではありません

**Nays2D Breachの活用により、実際の河道諸元や出水規模に応じた破堤拡幅や  
氾濫流量が推定できるため、より実際に近い状態でのシミュレーションが可能**

# 計算事例①(千代田実験水路での破堤実験)

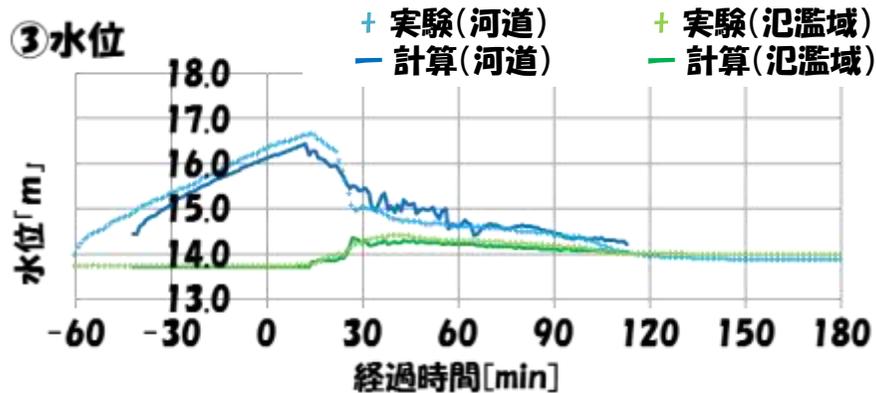
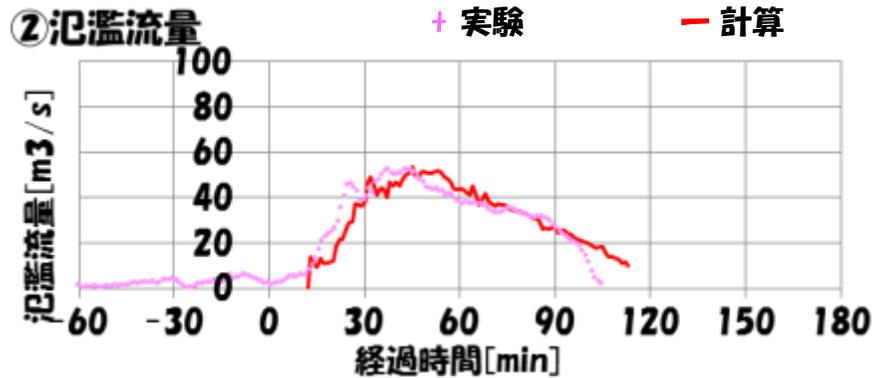
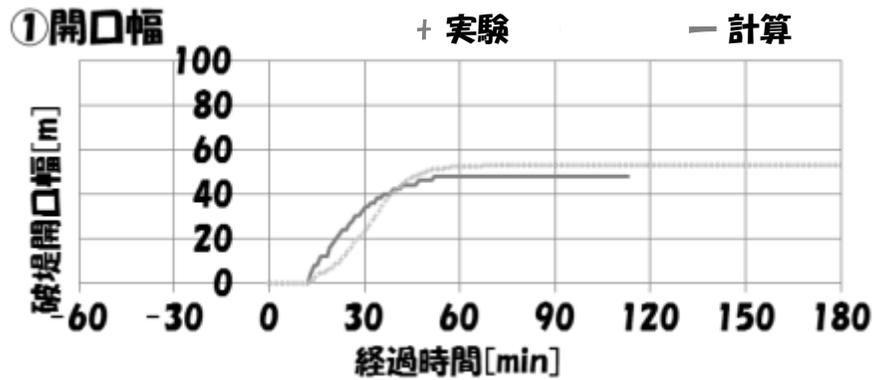
## 実験結果 (PIV観測)



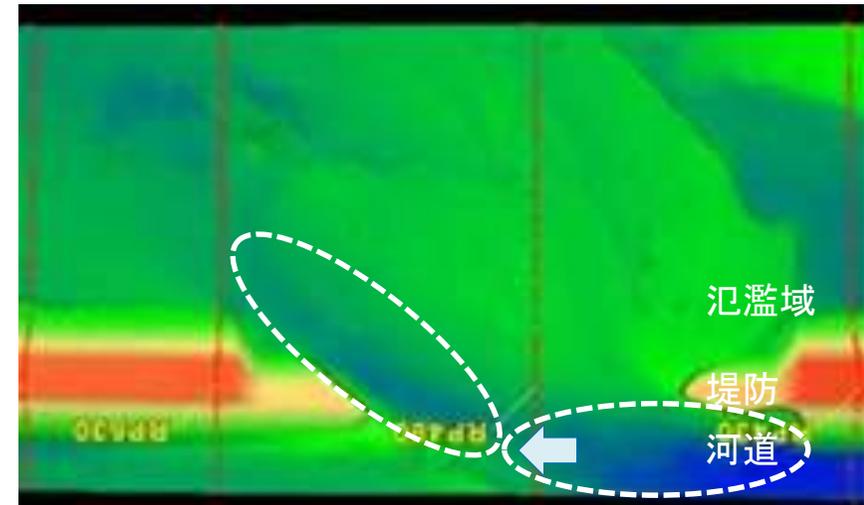
iRIC Software  
Changing River Science

- ㊦ 河道から開口部への流れ
- ㊩ 開口部から氾濫域への高流速 (主流部)、堤体裏法尻部は斜めに侵食
- ㊵ 表法部にぶつかった流れは河道へ
- ㊥ 開口部の上流部は低流速
- ⇒ 破堤開口部周辺の流況、堤体侵食過程を再現できている

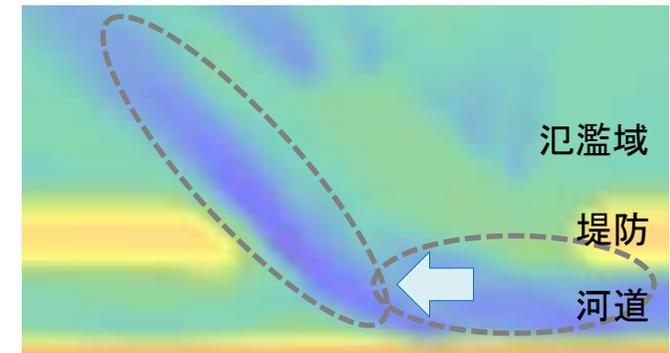
# 千代田実験水路での破堤実験のうち、破堤開口幅などの比較



## 実験結果(レーザー測量)～最終形状



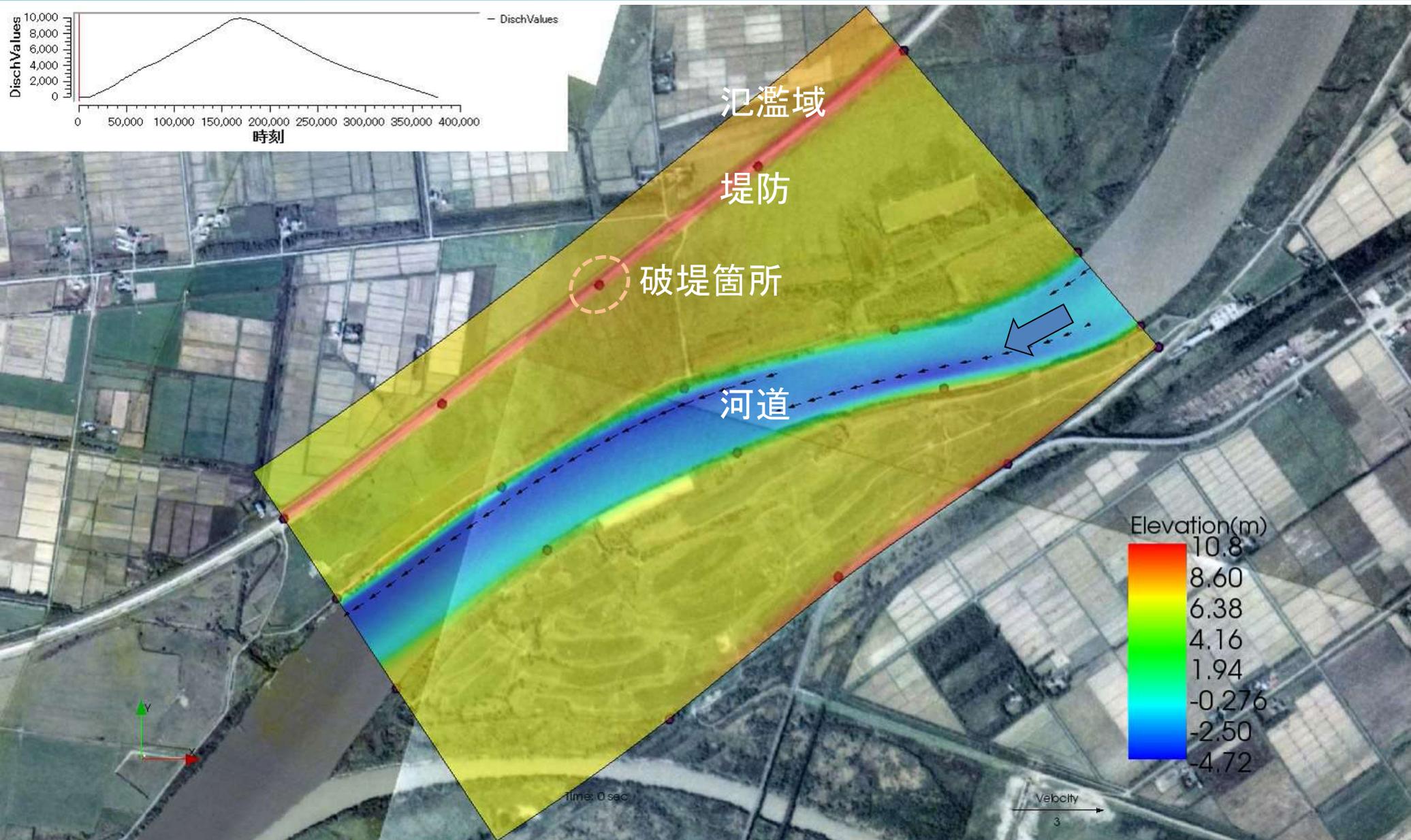
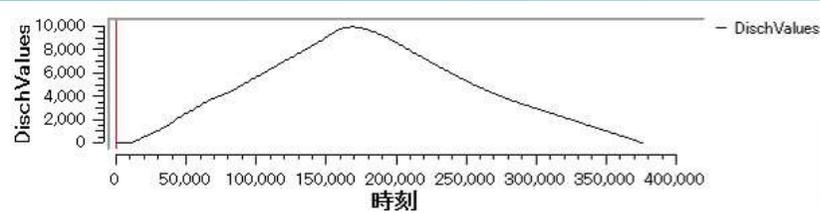
## 計算結果



iRIC Software  
Changing River Science

時系列での変化、流況、  
最終形状等を良好に再現

# 計算事例②(実河川への適用)事例集より



破堤計算モデル「Nays2D Breach」を用いることで、  
河川堤防が破堤拡幅するシミュレーションを  
皆さんが持っているパソコンで行うことができます

- 技術相談窓口（総合窓口）  
寒地技術推進室 TEL : 011-590-4050  
MAIL : [gijutusoudan@ceri.go.jp](mailto:gijutusoudan@ceri.go.jp)
- 研究チーム直通  
寒地河川チーム TEL : 011-841-1639

ご清聴ありがとうございました！