

# 3次元の多自然川づくり支援ツール (iRIC – EvaTRiP & RiTER)

---

国立研究開発法人 土木研究所  
水環境研究グループ 自然共生研究センター  
主任研究員 林田 寿文

# 本発表のながれ

自然共生研究センターでは、

3次元の多自然川づくり支援ツール

(iRIC – RiTER & EvaTRiP) の開発

1. 全体像 (iRICとは?)
2. 地形編集ツールRiTER (ライター) の概要
3. 河川環境評価ツールEvaTRiP (エバトリップ) の概要

# 多自然川づくり支援ツール

✓中小河川の環境を左右する「災害復旧」では、時間的余裕がないことで十分な検討が行われないうまま単調な河川となる場合が散見されるのが課題

**既存のソフトウェアを活用し**

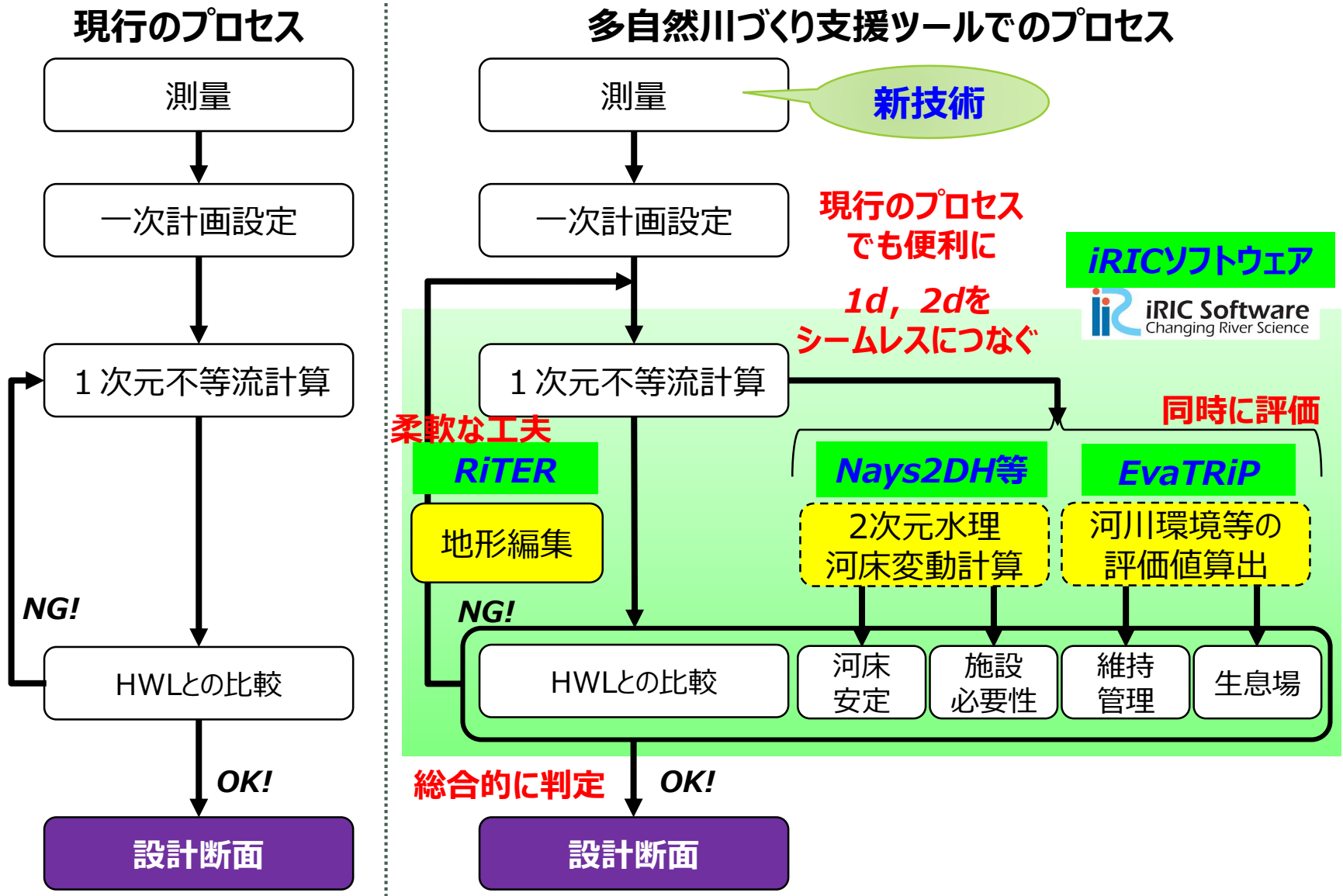
**河道計画、河道設計にも役に立つ**

**「多自然川づくり支援ツール」となるように開発を行う。**



1. 迅速に流下能力の評価ができるようにする【iRICソフトウェア】
2. 河川環境を定量的に評価できるようにする【EvaTRiP】
3. 地形を柔軟に改良でき、工夫を直ちに計算に反映できるようにする【RiTER】

# ツールを活用した河道設計プロセス



# 世界中の河川を解析

河川の流れ・河床変動計算、はん濫計算が変わる

わかる！できる！見える！

- ◆ **iRIC (International River Interface Cooperative) ソフトウェア**とは、2007年に清水康行教授（北海道大学）とJon Nelson博士（USGS）の提唱によりはじまった活動で開発された、**水や土砂などの数値シミュレーション**を行うことのできる**無償のソフトウェア**です。
- ◆ 土木研究所自然共生研究センターでは、治水と環境の調和した川づくりに活用できる「**多自然川づくり支援ツール**」の開発を目指し、iRICプロジェクトに参加し開発を進めています。

## 導入のメリット

- **高度な2次元河床変動シミュレーションが無料**で可能
- 行政職員にも住民にも**わかりやすい解析結果**を提供
- 川づくりの工夫を計算に反映する、**地形編集機能**が充実
- 洪水時の流れ（治水）だけでなく、**環境評価**も実施可能
- **CIMやICT施工**との親和性が高い

# 新時代の3次元川づくりフロー



**調査**

- ✓ 現状把握
- ✓ 測量 3次元地形  
UAV, ALB
- ✓ 被災流量



**設計**

iRIC Software  
Changing River Science


- ✓ 平面検討
- ✓ 横断検討
- ✓ 流下能力算定
- ✓ 河床変動の検討
- ✓ 環境評価

- ✓ 景観検討
- ✓ 合意形成



**維持管理**

- ✓ デジタル管理
- ✓ デジタルツイン



**施工**

- ✓ ICT施工
- ✓ 出来高管理






一気通貫のデータ利用, データの循環

# 河道地形編集ツール RiTER

## ライター

**RiTER (River Terrain Editor)** とは、  
多自然川づくりをレベルアップするための**河川地形の柔軟な処理**を実現するためのツールです。3つのツールからなります。

### クロスセクション

- ① **RiTER Xsec: 横断面ベースで編集【共生セ】** 
- ② **RiTER 3D: 3次元地形を直接的に編集** 
- ③ **\*RiTER VR: 仮想現実(Virtual Reality)空間上における地形編集【共生セ+国総研】 \*仮称** 

RiTER Xsecを活用することで、

- ✓ 慣れ親しんだ横断面ベースの作業でありながら、拡幅や法面勾配のデザインがきめ細やかにでき、直ちに3次元鳥瞰図へと展開できる。
- ✓ iRICソフトウェアのひとつの機能なので、すぐに計算に利用可能。
- ✓ デザインに役立つとともに、効率アップ・コスト縮減にも貢献します

# 3次元データを活用したICT施工に向けた連携

(土木研究所+九州技術事務所)

## VR（バーチャルリアリティ）を活用した次世代川づくり

- 土木研究所と九州技術事務所では、VR技術を用いた川づくりを本格化させ、自然環境や景観に配慮した魅力あふれる川づくりを可能とする技術開発を実施中。
- 災害復旧等の設計・施工を迅速に進めるため、災害現場を3次元化する技術や従来よりも低コスト化、短時間でVR空間を構築して編集できるようにする。

### \*RiTER VR

- ✓ **安価**に提供されるゲーム作成ソフトウェア（ゲームエンジン）を活用し川づくりを**仮想空間上**で行う
- ✓ まるでそこで見ているかのように体感可能
- ✓ 合意形成にも利用価値大



UNREAL  
ENGINE



まるでそこにいる  
かのように！



地形編集も容易



まずは、ブラシツールを使って  
フンドを作る部分の河床を掘ります

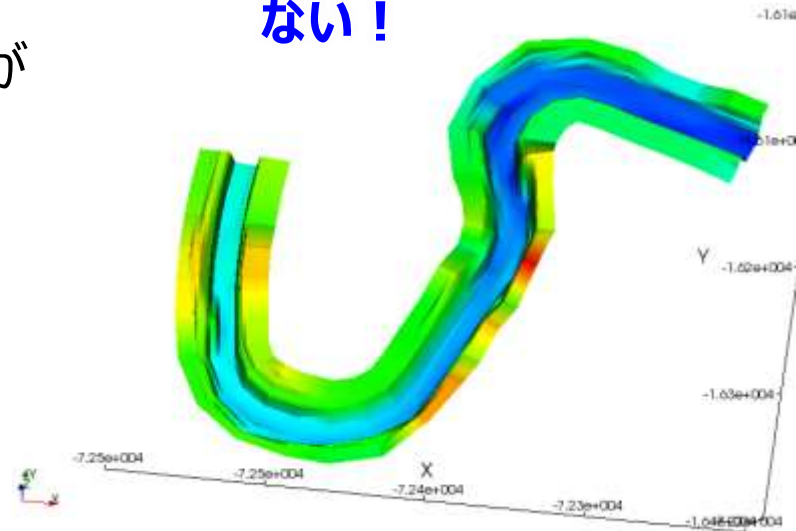


# RiTER Xsec の機能

iRICソフトウェアに備わっている格子生成機能は、**河道横断面をデータを3次元地形データに展開するための空間補間の工夫が秀逸**。  
それを活用し、さらに川づくりに使いやすいよう、機能を増強し、横断面ベースの地形編集機能RiTER Xsecとして開発を進めています。

- ◆ 工事図面と航空写真の簡単な重ね合わせ機能  
(ジオレファレンス)
- ◆ 平面図に描いたライン (官民境界など) が  
横断図にも表示される機能  
(参考情報機能)
- ◆ 横断面を簡単に編集する機能
- ◆ 横断図に水位のラインを表示する機能

河道形状がくずれ  
ない!

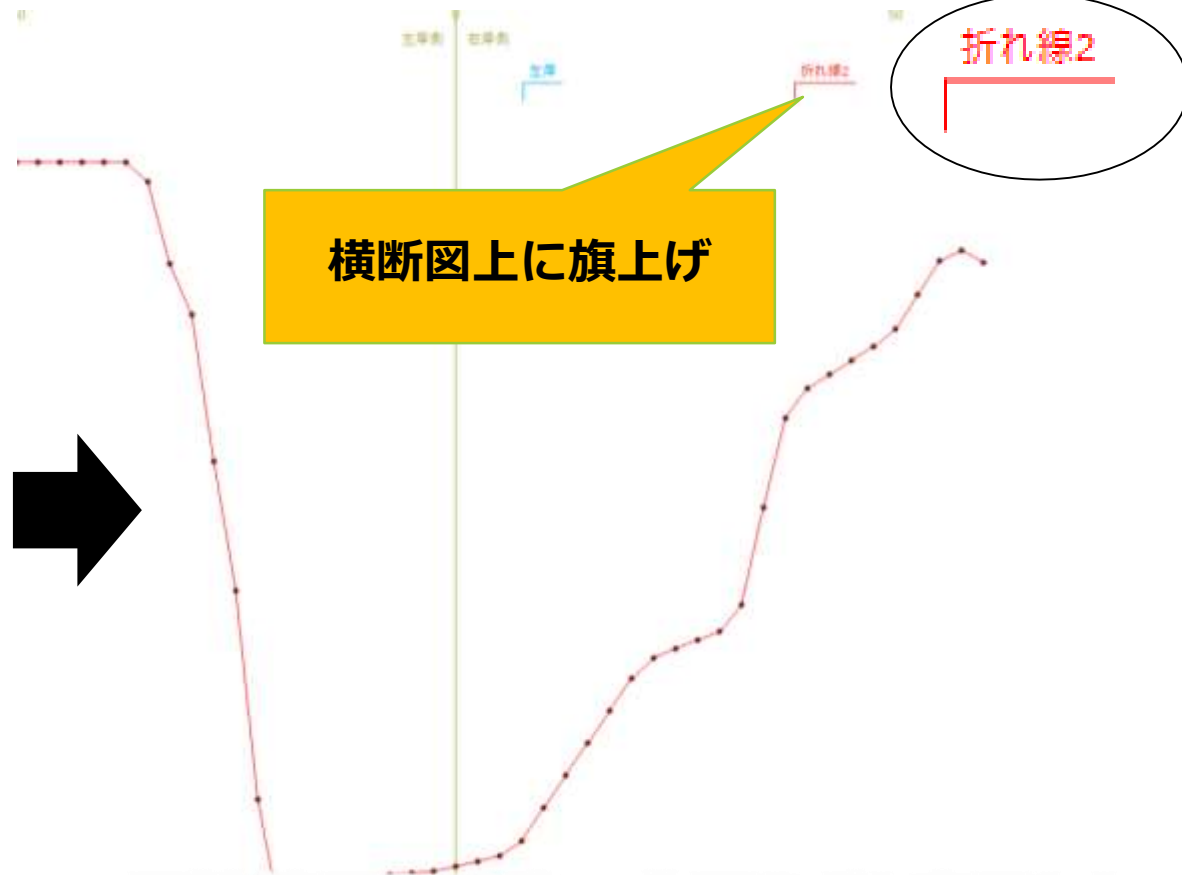


# RiTER Xsec の機能

## 平面図上の線の情報を横断面図上にも表示（参考情報機能）



平面図で「参考情報」  
となる線（赤線）を定義



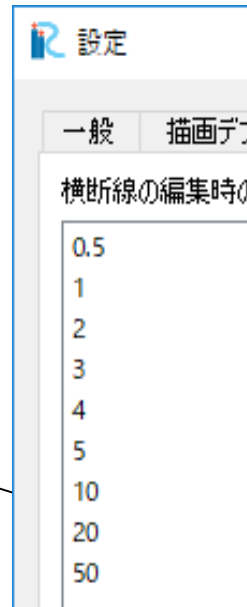
横断面図上に旗上げ

用地境界や道路，公園などを意識した  
形状設定が可能

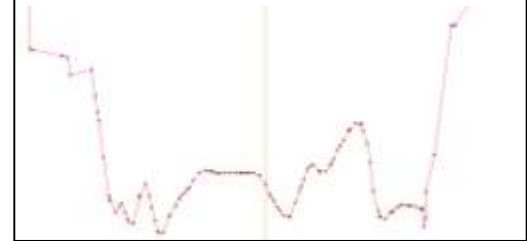
# RiTER Xsec の機能

## あらかじめ設定した法勾配での断面編集

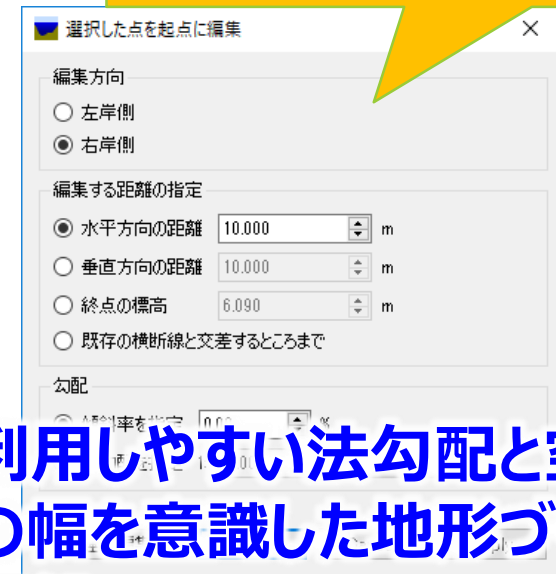
間に点があっても一気に編集  
(これまでは一点ずつ)



今まで制約条件  
これまでの編集は1点1点を動かさないと編集ができない



直接数値入力でも  
設定可能



プリセットした勾配  
にスナップ

利用しやすい法勾配と空間の幅を意識した地形づくりが可能

# RiTER Xsec の機能

- ◆ 工事図面と航空写真の簡単な重ね合わせ機能（ジオレファレンス）
- ◆ 平面図にライン（道路、官民境界など）を記入し、それを横断図にも表示する機能（参考情報機能）
- ◆ 横断面を簡単に編集する機能
- ◆ 横断図に水位のラインを表示する機能

## さらなる機能追加！

- ◆ 横断図上の背景に格子や縮尺表示
- ◆ 横断図編集時の参考断面表示
- ◆ DEMデータ（面的な地形高）から河川測量データを生成する機能
- ◆ 多彩なフォーマットに合わせたデータをインポート/エクスポート機能追加
- ◆ ICT建機に即利用できるLandXMLデータもサポート

# EvaTRiPとは

**EvaTRiP** (Evaluation Tools for River environmental Planning) とは、  
**河川環境に関する評価を簡易に行う**ためのiRICソルバ

EvaTRiPによって、

**1つのソフトウェア (iRIC) 上で、  
治水評価とともに、河川環境を定量的に評価し、  
視覚的に分かりやすく表現できます**

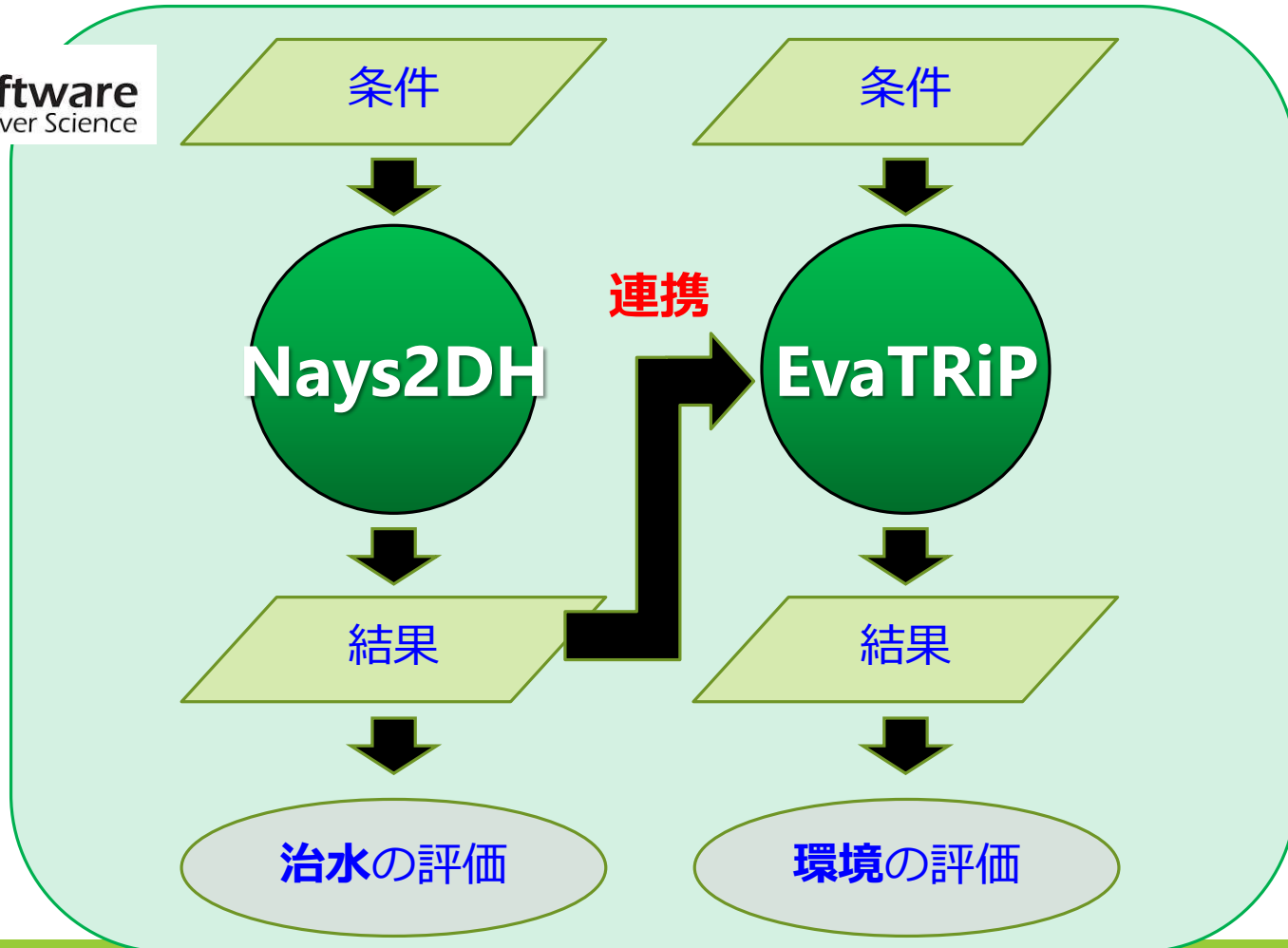
これにより、

**環境にも配慮した細やかなデザインが可能となり、  
予算要求や説明会での強力な説明材料にでき、  
作業効率アップ・コスト縮減にも貢献します**

中小河川の設計・管理に関わる行政職員やコンサルタントの方々への普及を主に目指しています。

# EvaTRiP 開発の趣旨

治水と環境を同じソフトウェアで、同時に評価できるようにする



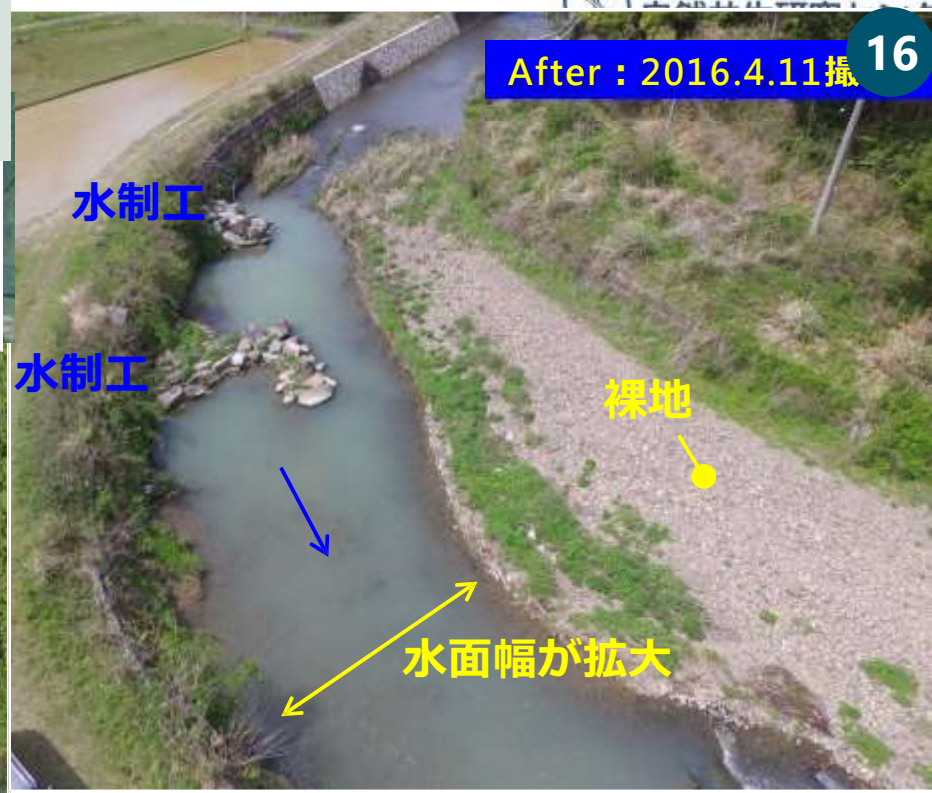
# EvaTRiP の機能

4 種類の評価値を算出.

- ① 護岸の要否の評価
- ② 移動限界粒径の評価
- ③ 河道内の陸生植物の生育評価
- ④ 魚類生息場の評価

# 高知県弘見川の水制設置の事例

After : 2016.4.11撮

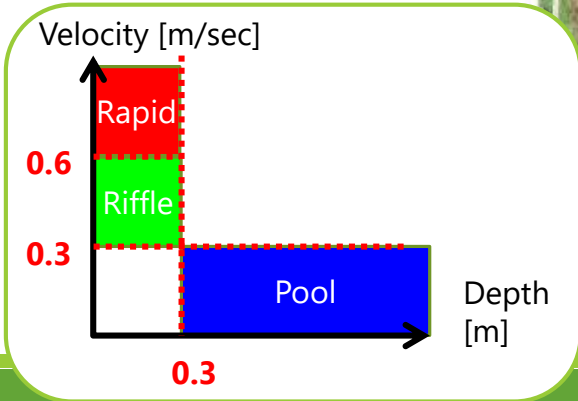
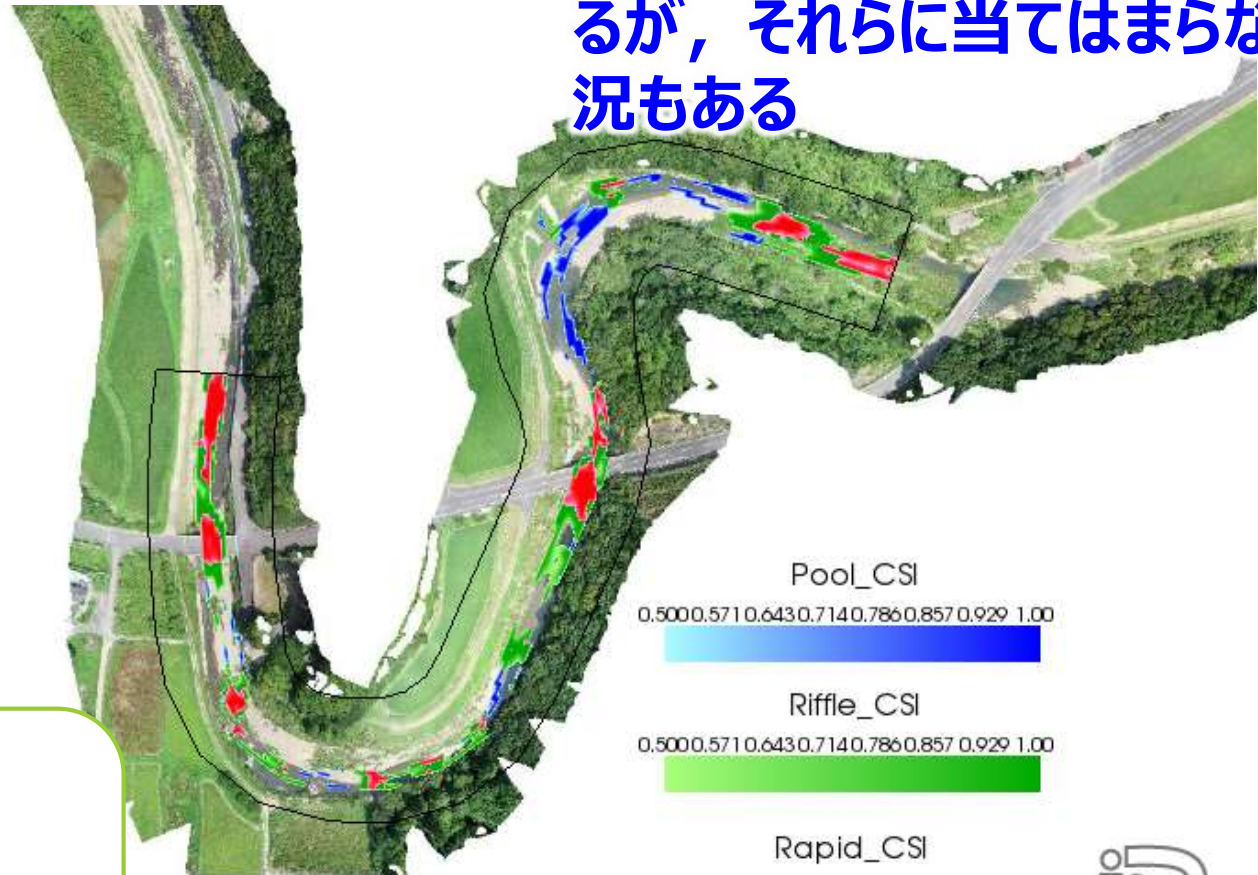




# 水制なし 河床変動あり

- 出水後の流況に対する瀬淵の分布

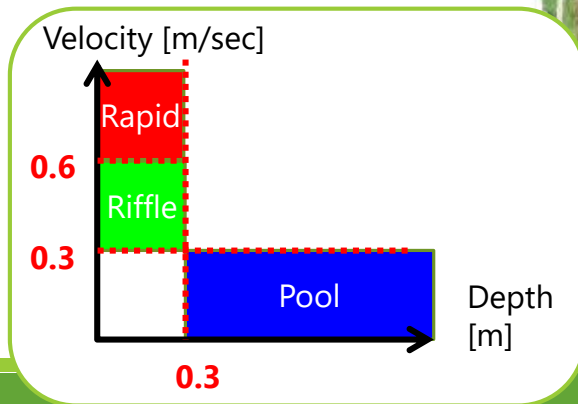
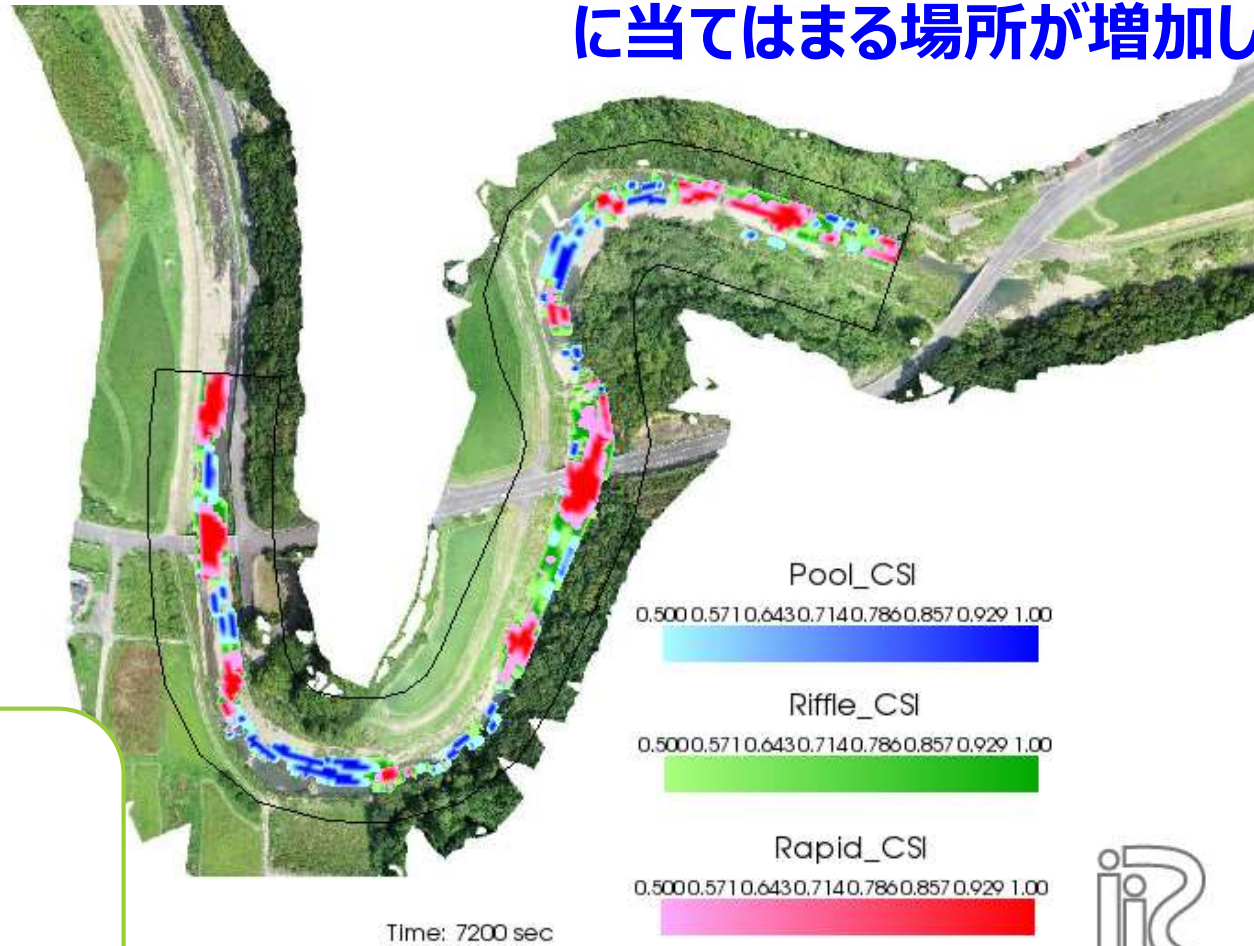
Riffle (瀬) , Rapid (早瀬) , Pool (淵) いずれもあるが、それらに当てはまらない流況もある



# 水制あり 河床変動あり

- 出水後の流況に対する瀬淵の分布

Riffle (瀬) , Rapid (早瀬) , Pool (淵) のいずれかに当てはまる場所が増加した



# 魅力あふれる河川環境の創出へ

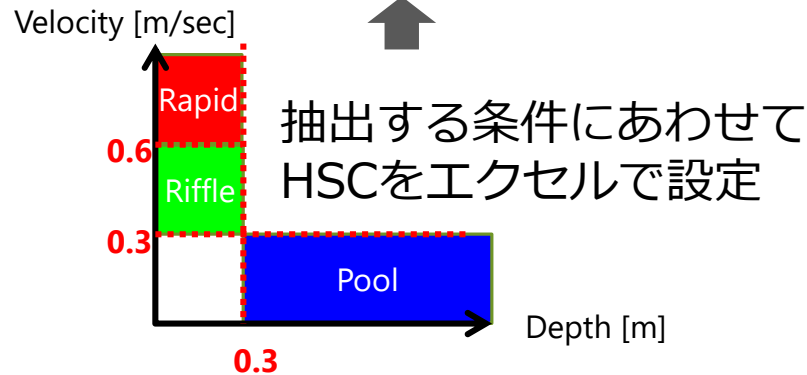
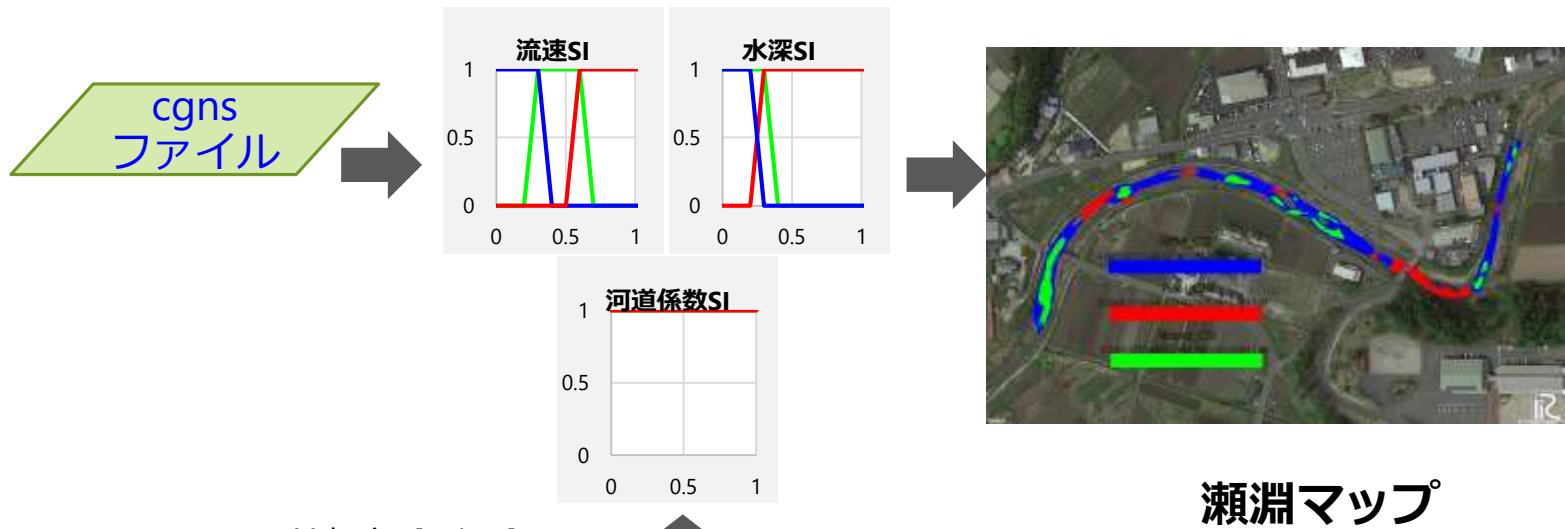


神奈川県 和泉川

断面ありき（定規断面）の検討ではこの川は作れません！

## ④ 魚類生息場の評価

抽出する条件に合わせてHSCを設定することで、簡便な方法で瀬・淵を抽出することで簡便に環境の評価を行うこともできます。



# 土木研究所 自然共生研究センター



## 水環境研究グループ

河川生態チーム

水質チーム

自然共生研究センター



岐阜県各務原市（木曽川流域）  
実験河川800m×3本

## 4つの大きな軸



### ①大河川

氾濫原環境の劣化機構の解明と保全手法に関する研究



### ②中小河川

中小河川の多自然川づくりに関する研究



### ③ダム

ダム下流域の環境評価と改善手法に関する研究



### ④情報発信

河川環境の効果的な情報発信手法に関する研究

河川環境に特化した研究を実施

# iRIC を使うメリット

河川（事業）の実態、予測、効果を分かりやすく見る・示すことができる！

## ✓ 行政のメリット（発信者として）

迅速な災害復旧、環境対策に配慮、財政の効率化、説明責任、産官民の共通理解など

- 治水と環境の両立した多自然川づくりを支援することが可能な強力なツール

## ✓ 住民のメリット（受信者として）

激甚化する気象に対する防災対策の理解と環境の創出

- 理解のしやすいデータによる避難行動の迅速化
- 治水安全度の向上+良好な環境の創出

## ✓ 建設コンサルタントのメリット（使用者として）

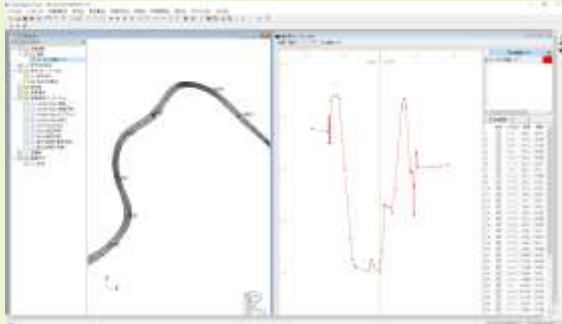
業務の効率化

- 治水&環境に配慮したきめ細やかな災害復旧案の作成が容易
- 現場への新技術の適用が容易  
(ドローン (UAV), グリーンレーザ (ALB),  
3次元モデル連携 (CIM) など)

# 河道地形編集ツール RiTERの連携

## RiTER Xsec

<横断ベース地形編集>



平面上の制約条件を横断でも確認しながら編集可能  
部分的な拡幅等，現場の整備メニューに即対応可能な編集可能

土研

iRIC の一部として実装  
土木研究所で開発

従来の抜本的な河川計画に馴染んだ方法

## RiTER VR

<仮想空間上での3D地形編集+体感>

別ソフト

国交省九州技術事務所で開発

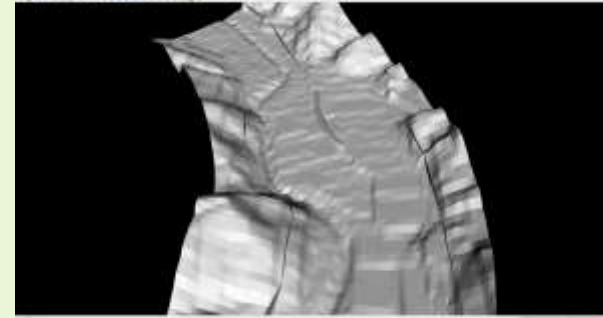
土研+九州技術事務所

次世代川づくり

- ゲームエンジンで仮想空間を構築、地形編集
- 体感しながら地形編集
- 合意形成にも活用

## RiTER 3D

<3D地形編集>



粘土模型を作り変えるような直感的操作感で細やかな地形設計

土研 → 国総研

別ソフト

β版を土研公開 →

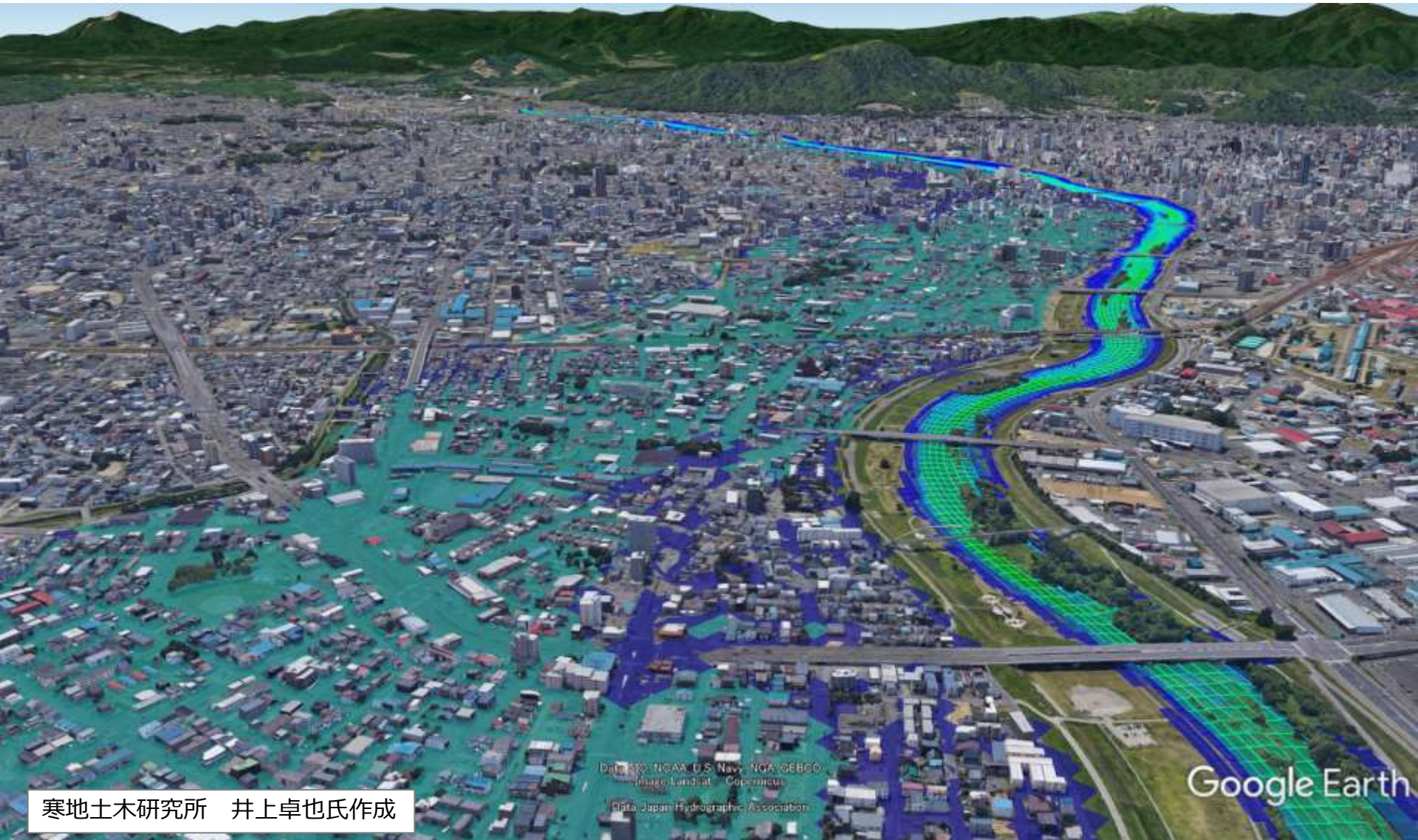
国総研で開発

ワンド造成など部分的な川づくりに活用



# Google Earth上での可視化

評価結果を分かり易く表示



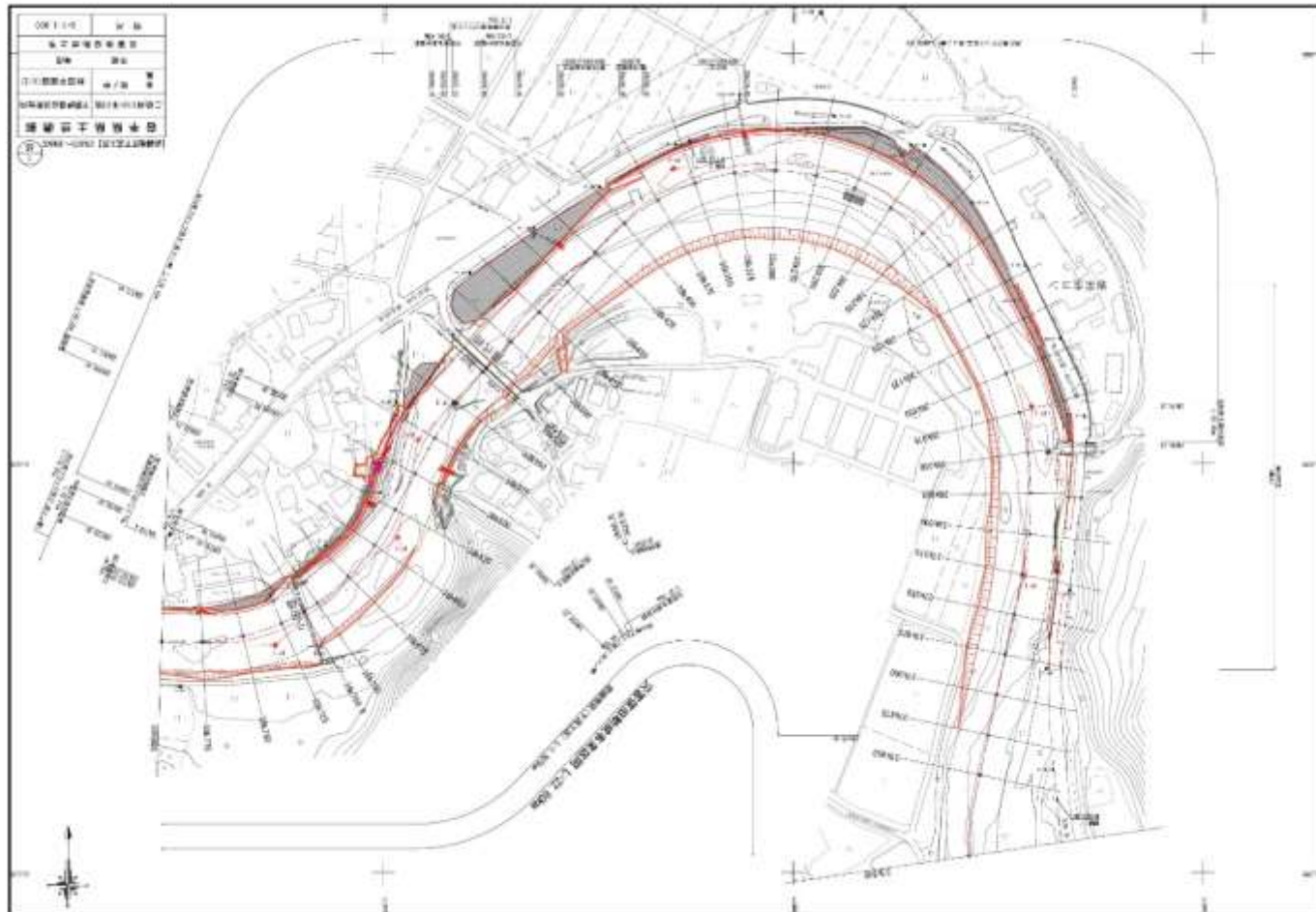
寒地土木研究所 井上卓也氏作成



# RiTER Xsec の機能

## 工事図面と航空写真を簡単に重ね合わせる機能

対応点の指定による位置合わせの機能（ジオレファレンス機能）

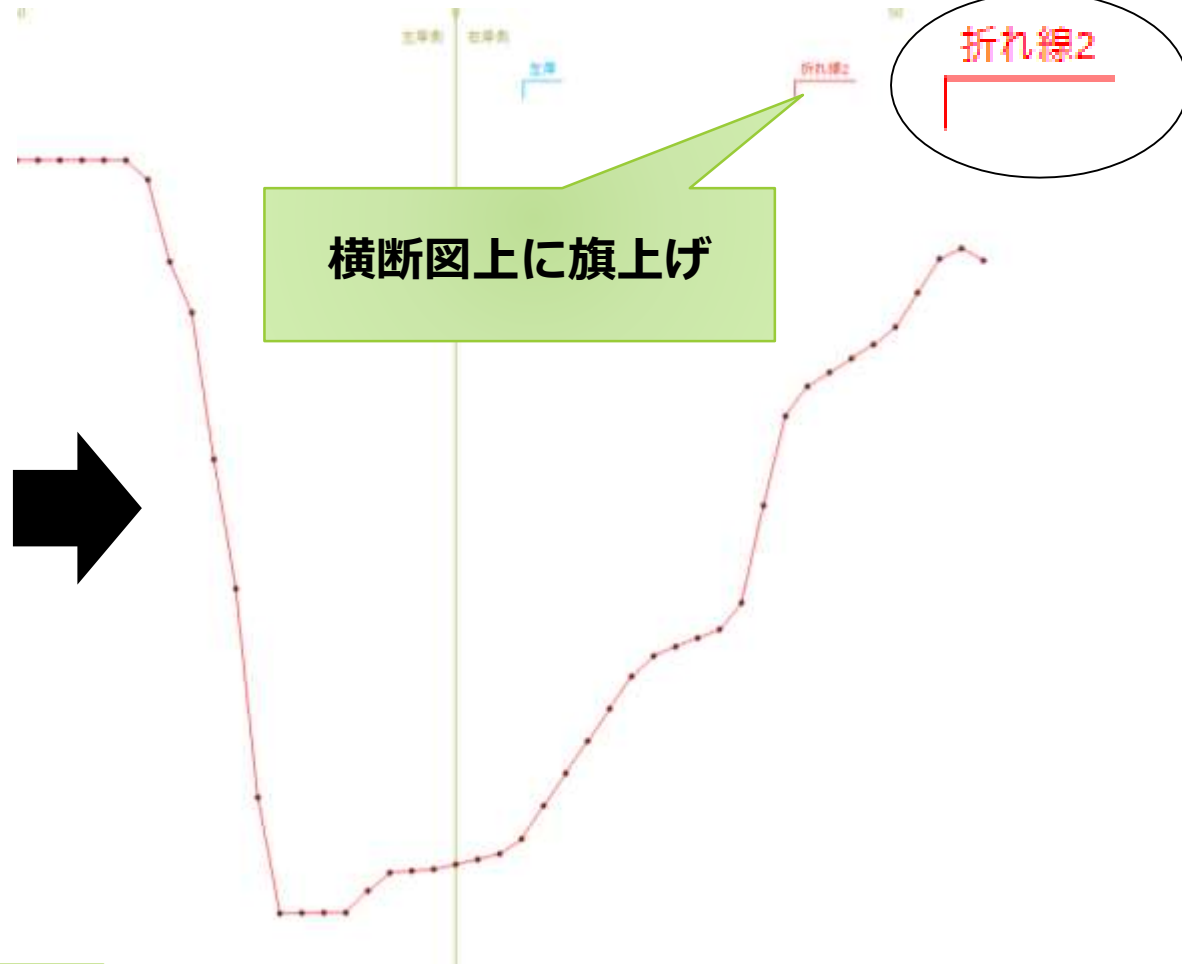
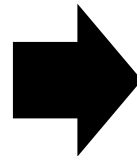


# RiTER Xsec の機能

平面図上の情報を横断図上に参照させる機能



平面図で「参考情報」  
となる線（赤線）を定義

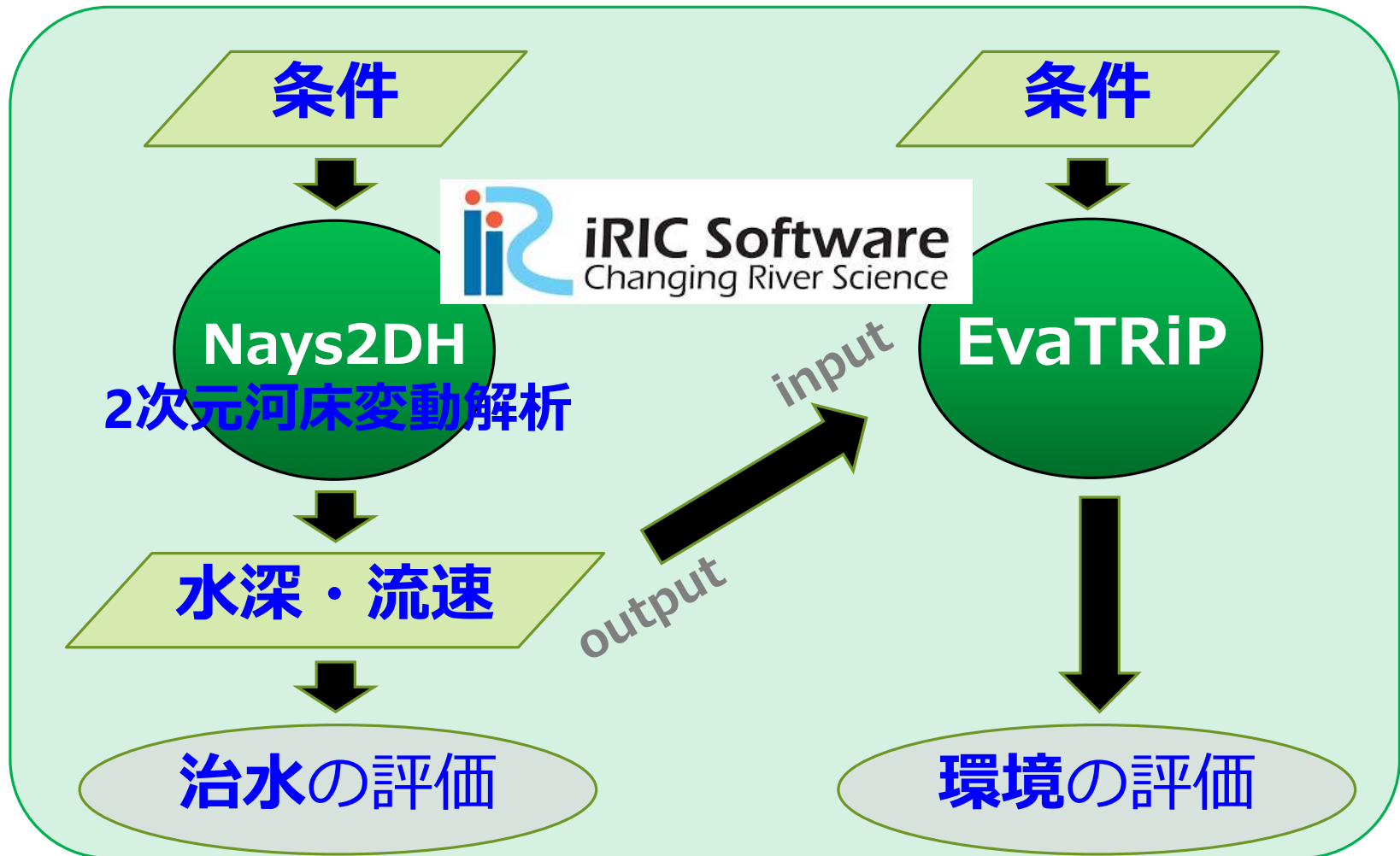


用地境界や道路，公園などを意識した  
引き堤や法勾配の設定ができる

# EvaTRiP の機能

EvaTRiPのねらいは、治水と環境を同じソフトウェアで、簡単かつ同時に評価を可能に

EvaTRiPは、Nays2DHなどの他ソルバでの計算結果を用いて5種類の評価値を算出



# 新しい河道計画・設計支援ツールの開発

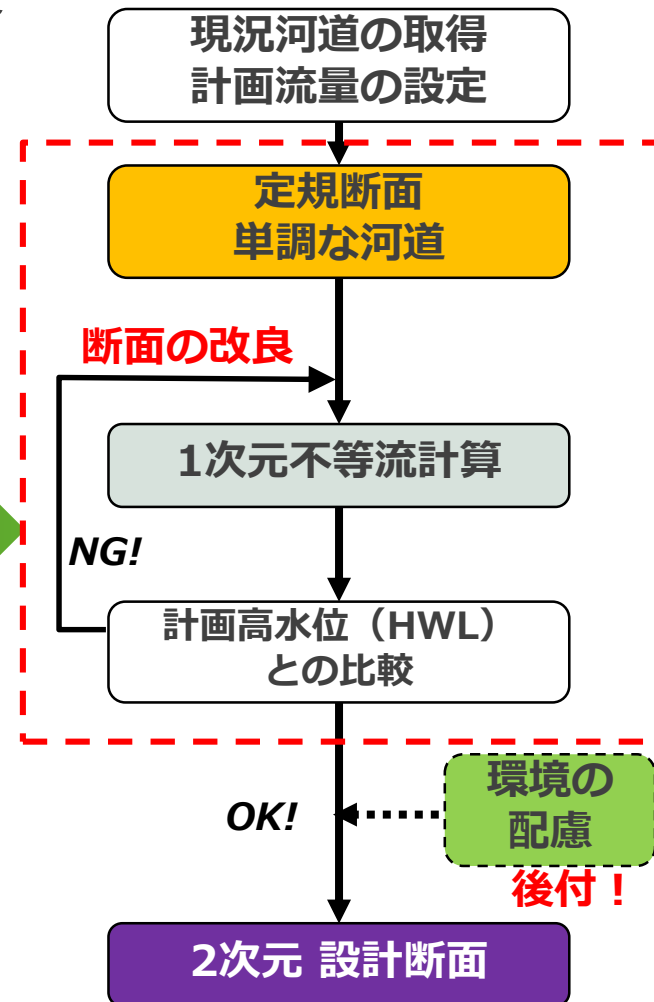
- ✓ **中小河川の改良復旧事業**では河道が大きく改変  
河川環境の抜本的改善の数少ない機会

しかしながら現状のプロセスでは、  
検討時間が足りないという理由で、  
定規断面、一定勾配の単調な河道となりがちなこと、  
**河川環境の配慮が後付け**となってしまうことが課題

## 支援ツールが必要

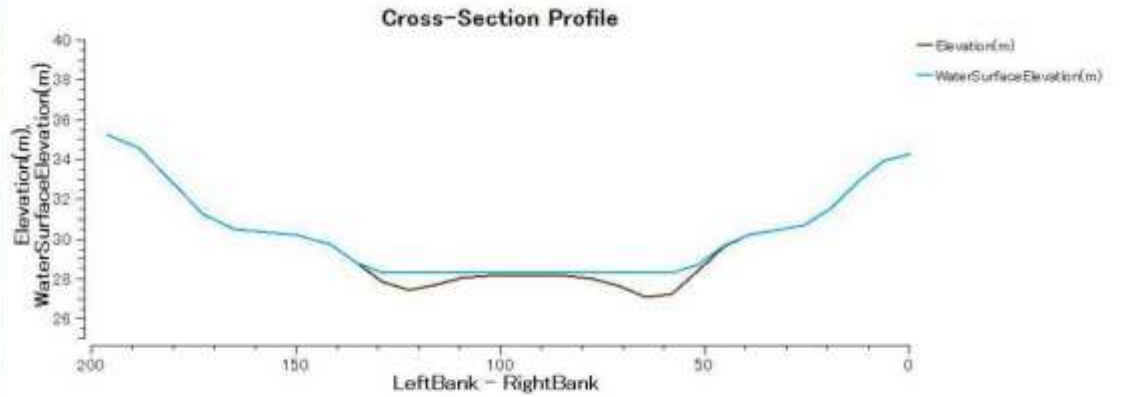
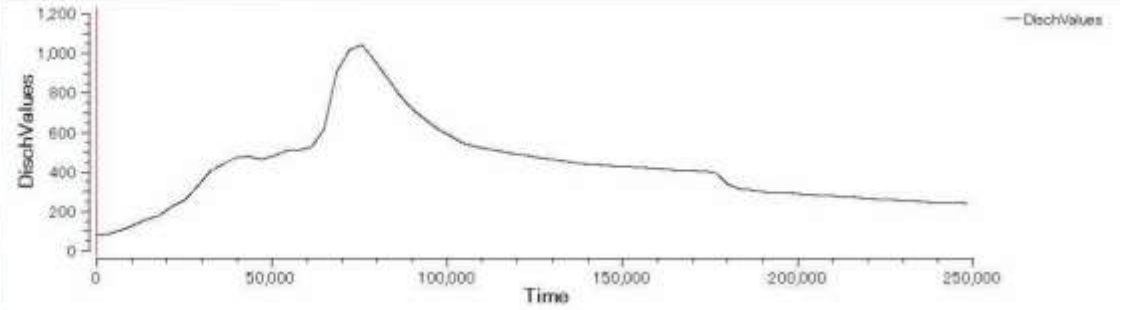
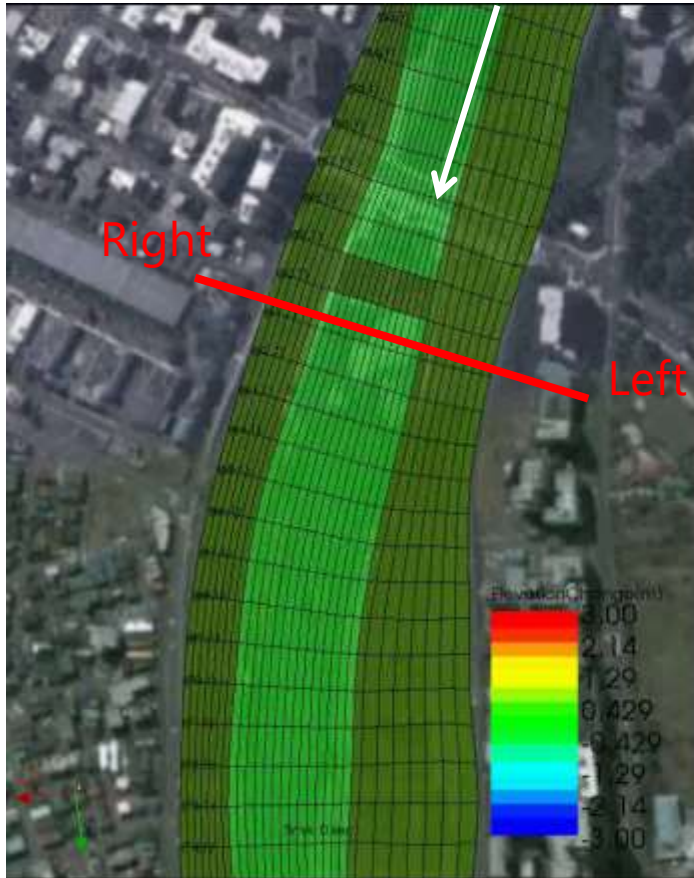
- ✓ 河道設計をスピードアップしつつ高度化
- ✓ 治水と環境を同時かつ定量的に評価
- ✓ 検討する地形を柔軟に変更、直ちに計算

## 現行のプロセス



# 解析結果の一例

(平面図・流量・横断図が連動して動く)



### ③河道内の陸生植物の生育の評価

- 改修断面によっては、水深が浅くなることなどが要因で、河道に植物が過剰に繁茂することがあります。
- EvaTRiPでは、
  - **水深・流速による河道内植物の定着可能性**
  - **掃流力と粒径の関係による植物の流失可能性**について評価することができます。
- 状況によっては詳細な検討が必要な場合もあることに留意ください。

## ③河道内の陸生植物の生育の評価

### 掃流力と粒径の関係による植物の流失可能性評価

洪水による草本等の流失は、生育基盤である河床材料の90%粒径が移動するか否かを示す「流失評価指標：**WOI (Wash-Out Index)**」によってその可能性を評価できます。

$$WOI = \frac{\tau_{*90}}{\tau_{*c90}}$$

$$\tau_{*90} = \frac{hl_e}{sd_{90}} \quad , \quad \frac{\tau_{*c90}}{\tau_{*c50}} = \left[ \frac{\log_{10} 19}{\log_{10} 19(d_{90}/d_{50})} \right]^2$$

WOIにより、以下の植生流出評価を行います。

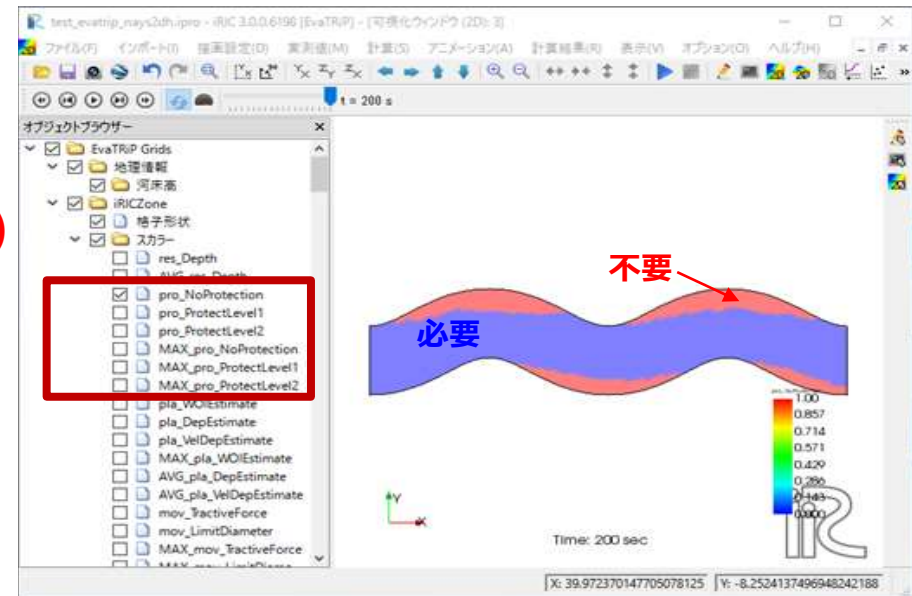
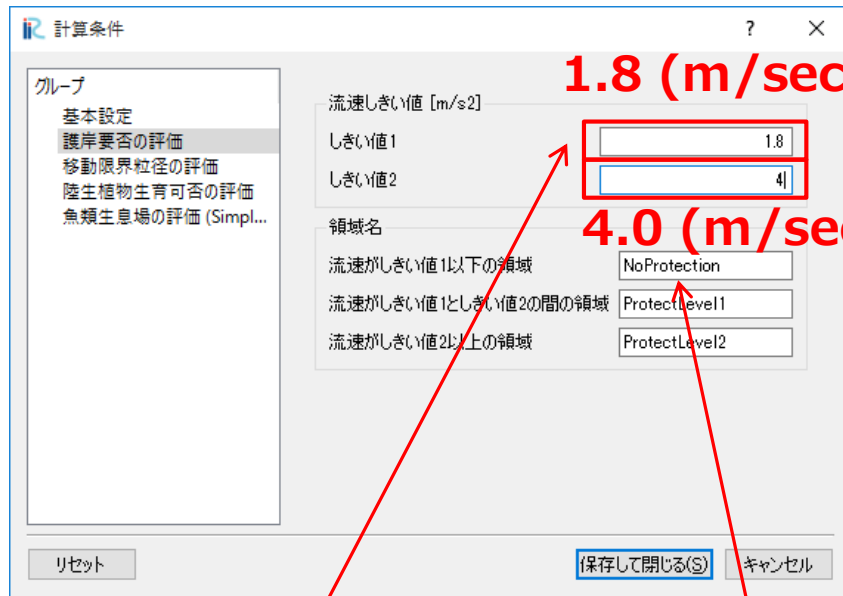
$WOI < 1$	植物の流失の可能性が低い
$WOI \geq 1$	植物の流失の可能性が高い

※詳しくは下記文献を御覧ください

田中規夫, 八木澤順治, 福岡捷二: 樹木の洪水破壊指標と流失指標を考慮した砂礫州上樹林地の動態評価手法の提案、土木学会論文集 B, Vol. 66, No. 4, 359-370, 2010.

# ①護岸の要否の評価

- 流速から護岸が必要かどうかを判定します。
- ポイントブックIIIや美山河に記された基準値がセットされているので、基準値を個別に検討する必要は基本的にはありません。



多自然川づくりポイントブックIII



植生に覆われた河岸の耐侵食流速の目安：1.8 (m/sec)

美しい山河を守る災害復旧



護岸設置の目安 4.0 (m/sec)



## ②移動限界粒径の評価

- 流況解析結果で得られる水深および流速を用いて掃流力を計算し、その掃流力で移動しうる土砂の最大粒径（**移動限界粒径**）を算出します。
- 検討している改修形状で洪水を受けたとき、河床の安定性を評価するのに役立ちます。

### 掃流力の計算

$$\tau_0 = \rho g R I_e \quad I_e = \frac{n^2 V^2}{h^{4/3}} = \frac{n^2 \sqrt{v_x^2 + v_y^2}}{h^{4/3}}$$

### 岩垣の限界摩擦速度の式

$$u_*^2 = 10000 \times \frac{\tau_0}{\rho} (\text{cm}^2/\text{s}^2)$$

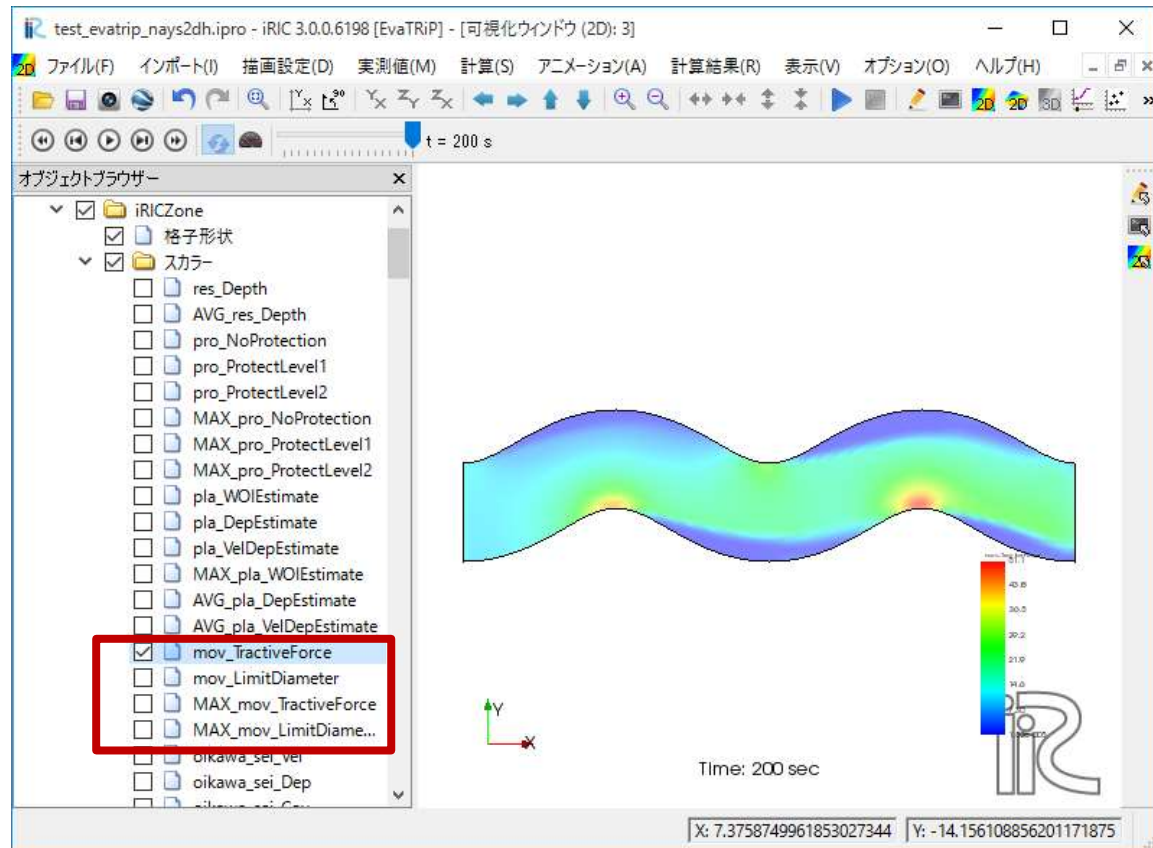
$$0.303 \leq u_*^2 / 80.9 \quad \rightarrow \quad d_{\max} = u_*^2 / 80.9 (\text{cm})$$

$$0.118 \leq (u_*^2 / 134.6)^{22/31} \quad \rightarrow \quad d_{\max} = (u_*^2 / 134.6)^{22/31} (\text{cm})$$

$$0.0565 \leq u_*^2 / 55.0 \quad \rightarrow \quad d_{\max} = u_*^2 / 55.0 (\text{cm})$$

$$0.0065 \leq (u_*^2 / 8.41)^{32/11} \quad \rightarrow \quad d_{\max} = (u_*^2 / 8.41)^{32/11} (\text{cm})$$

$$\text{else} \quad \rightarrow \quad d_{\max} = u_*^2 / 226 (\text{cm})$$



# ③河道内の陸生植物の生育の評価

## ➤ 水深・流速による草本植物（特にツルヨシ）の定着可能性評価

現地の実態調査で、草本定着の閾値を解明

### • 水深 (h) による評価

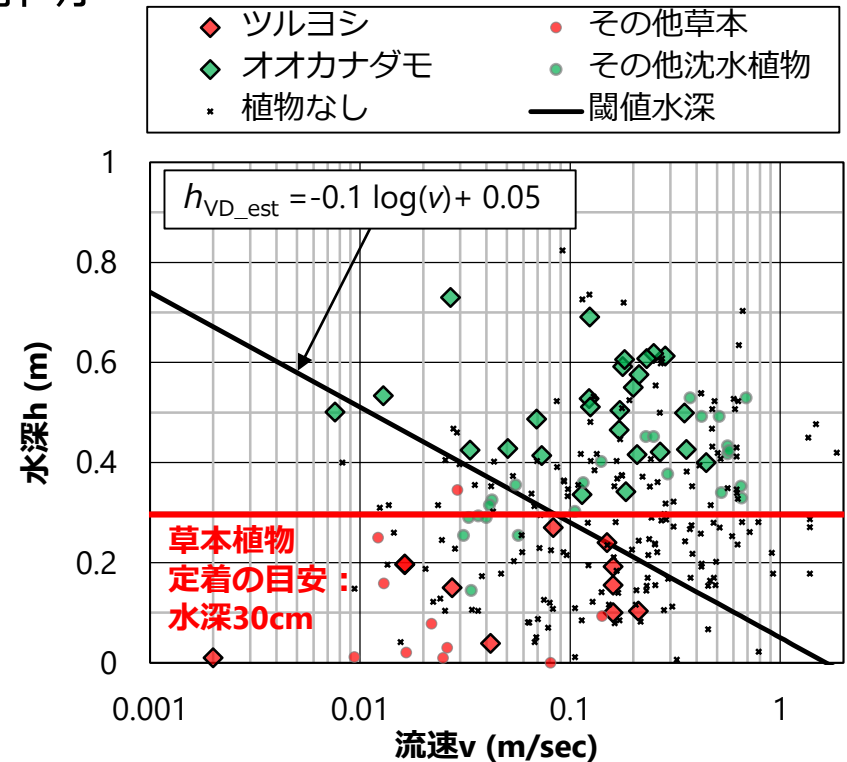
- $h \leq 20\text{cm}$  : 3 (可能性大)
- $20 < h \leq 30\text{cm}$  : 2
- $30 < h \leq 40\text{cm}$  : 1
- $40\text{cm} < h$  : 0 (可能性低)

### • 水深と流速による閾値水深( $h_{VD\_est}$ )の評価

$$h_{VD\_est} = -0.1 \log(v) + 0.05$$

$$h < h_{VD\_est} : 1 \text{ (可能性大)}$$

$$h_{VD\_est} < h : 0 \text{ (可能性低)}$$



## ➤ 掃流力と粒径の関係による植物の流失可能性評価も可能



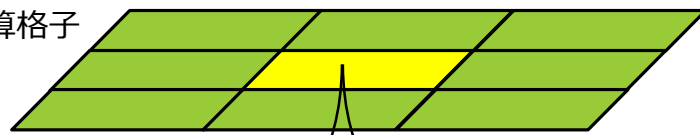
## ④ 魚類生息場の評価

- PHABSIM (Physical HABitat SIMulation) の考え方に基づいた生息場好適度の評価を行います。
- 水深・流速に加え、河道係数（植生カバー等）の分布を別途与え、それらに対応する選好曲線から生息場好適度を算出します。

### PHABSIMの考え方

生息場環境量の分布  
(Microhabitat Data)

計算格子



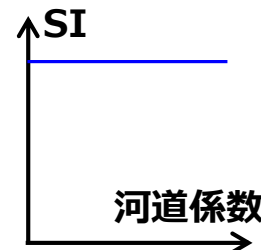
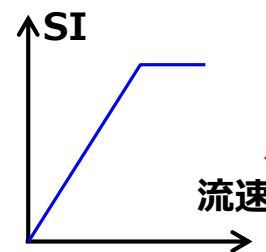
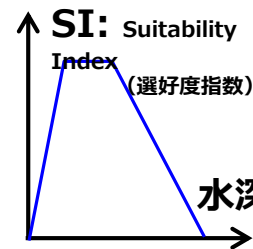
計算結果  
として  
保持



別途  
追加



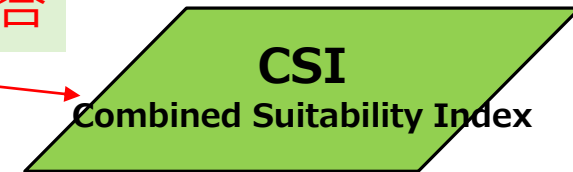
選好曲線  
(Habitat Suitability Criteria)



対応

統合

生息場好適度  
(Habitat Suitability)



(CSI : 合成適性値)

## ④ 魚類生息場の評価

- 合成適正值CSIを算出するための生息場評価の関数（HSC: Habitat Suitability Criteria）は，魚種や成長段階ごとに必要になりますが，代表的なものについては自然共生研究センターのHPからデータをダウンロードできます。
- この生息場評価の関数HSCは評価を規定する重要な設定値です．現場の状況と評価の方法を熟知した上でご利用をお願いします。



土木研究所自然共生研究センターHP

<http://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/index.htm>

Header

Parameter

level	ayyu	amago	ugui	okawa	kawamutsunigi	amedojiyo	kawayoshinobori
0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.1	1	0.6	0.4	1	1	0.5
0.2	0.6	1	0.8	0.6	1	1	1
0.3	0.6	1	1	0.6	0.9	1	1
0.4	0.7	1	1	0.7	0.9	1	1
0.5	0.7	1	1	0.7	0.8	1	0.5
0.6	0.8	1	0.8	0.7	0.7	0.9	0.2
0.7	0.8	1	0.6	0.7	0.5	0.7	0.1
0.8	0.7	1	0.5	0.6	0.4	0.4	0
0.9	0.8	1	0.5	0.6	0.3	0.2	0
1	0.6	0.8	0.5	0.5	0.2	0.1	0
1.1	0.3	0.7	0.7	0.6	0.1	0	0
1.2	0.2	0.5	0.7	0.4	0	0	0
1.3	0.1	0.3	0.6	0.2	0	0	0
1.4	0.1	0.2	-9999	0.2	0	0	0
1.5	0.1	0.1	-9999	0.2	0	0	0
1.6	0	0.1	-9999	0.4	0	0	0
1.7	0	0	-9999	0.4	0	0	0
1.8	0	0	-9999	0.4	0	0	0
1.9	0	0	-9999	0	0	0	0
2	0	0	-9999	0	0	0	0

Si1, Si2, Si3, ..., Si20  
Si1: 必須  
Si2~Si20: 任意