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

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

iRIC Software
Changing River Science

土木研究所 自然共生研究センター

国立研究開発法人 土木研究所 PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE

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

本発表のながれ

自然共生研究センターでは、

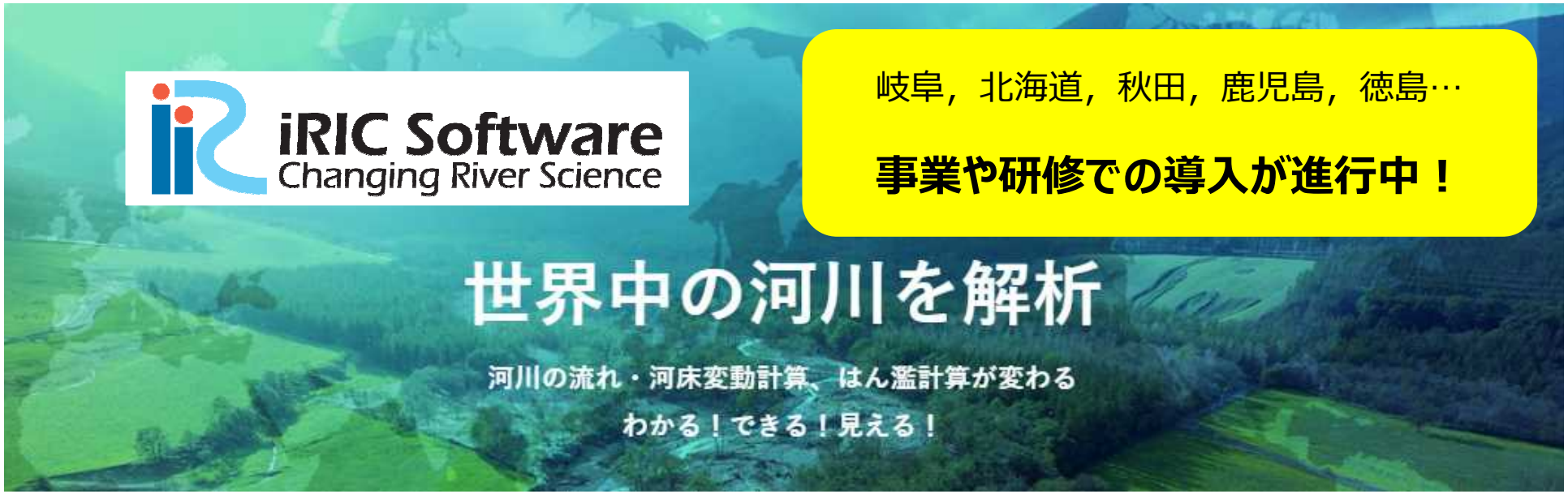
3次元の多自然川づくり支援ツール

（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



- **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）だけではなく，**環境評価**も実施可能
- **CIMやICT施工**との親和性が高い

iRIC Software
Changing River Science

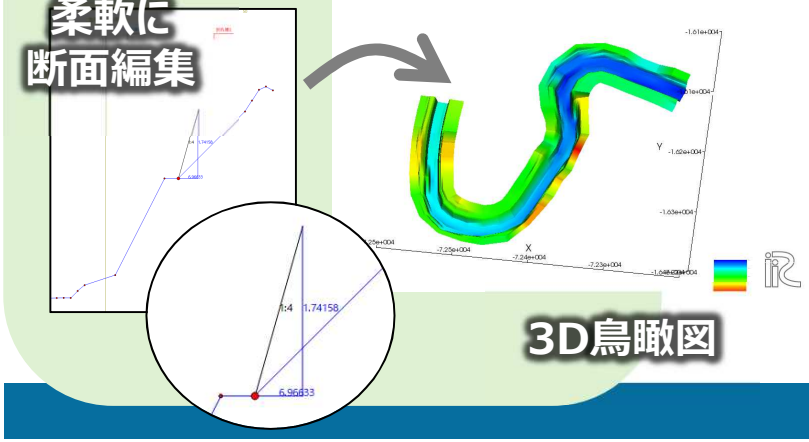
世界中の河川を解析

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！

計算準備 プリプロセッサ

- ✓ 計算メッシュ作成機能充実
- ✓ **断面を思い通りに変更. 3次元地形に展開【RiTER】**
- ✓ 地理院などの標高データの読み込み・編集可能



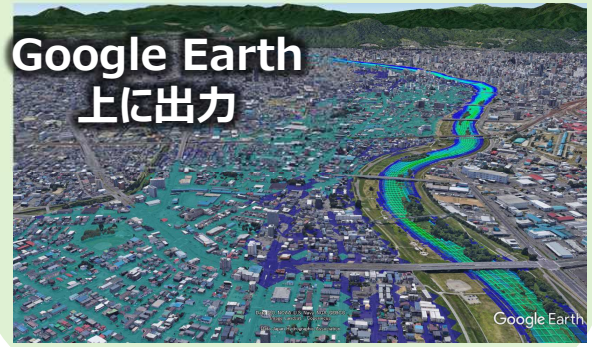
計算実行（ソルバ）

2次元河床変動【Nays2DH】
環境評価【EvaTRiP】
1次元不定流【CERI 1D】
流出解析【SRM】…

※共生セ開発

出力・グラフ化 ポストプロセッサ

- ✓ グラフ描画機能. アニメーション作成.
- ✓ googleマップ、地理院地図などの自動読み込み



新時代の3次元川づくりフロー

発災

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

UNREAL ENGINE



施工
- ✓ ICT施工
- ✓ 出来高管理



維持管理
- ✓ デジタル管理
- ✓ デジタルツイン



一気通貫のデータ利用，データの循環

多自然川づくりを支援するツールの必要性

iRIC を

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**流下能力を評価**を可能する【**iRIC ソルバ**】
2. **河川環境の定量的な評価**を可能にする【**EvaTRiP**】
3. **地形を柔軟に改良**し、

   工夫を直ちに計算への反映を可能にする【**RiTER**】

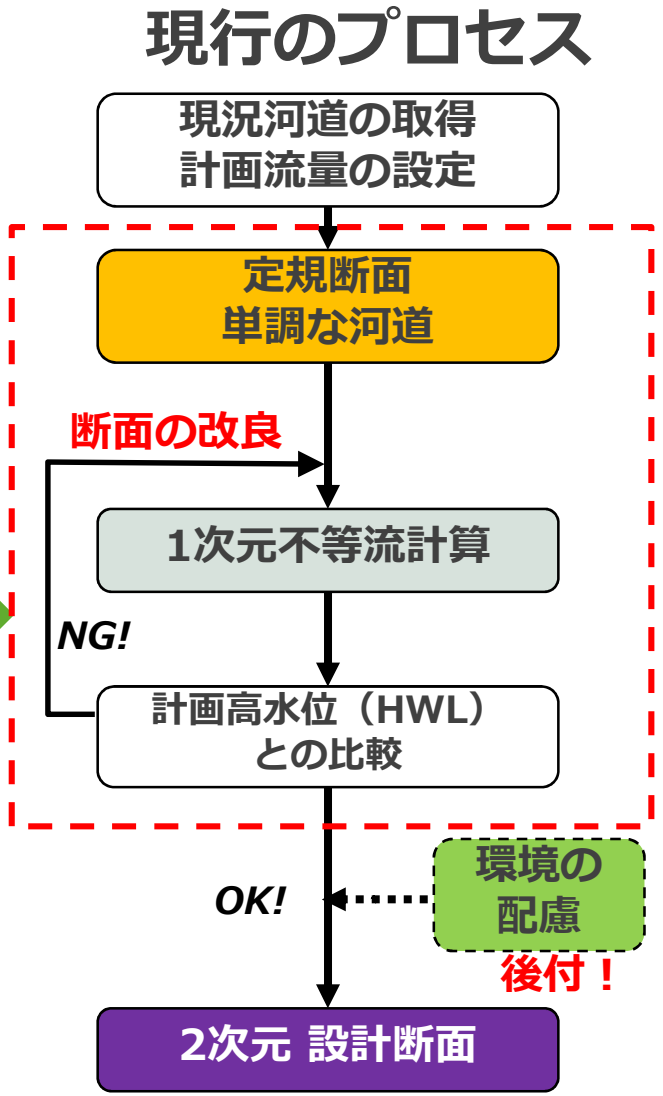
新しい河道計画・設計支援ツールの開発

✓ **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**



新しい河道計画・設計支援ツールの開発

現行のプロセス

現況河道の取得
計画流量の設定

測量

定規断面
単純な地形

断面の改良

1次元不等流計算

NG!

計画高水位（HWL）
との比較

後付！

環境の
配慮

OK!

2次元 設計断面

現状の検討方法だと
環境にほとんど配慮できず

新しく提案するプロセス

現況河道の取得
計画流量の設定

新技術！：
ドローン、グリーンレーザ、
測量など

工夫された
複雑な地形

汎用河床変動フリーソフト

RiTER

柔軟な
地形編集

iRIC Software
Changing River Science

2次元水理
河床変動計算

Nays2DH

治水と
環境を
同時に
評価

河川環境等の
評価値算出

EvaTRiP

HWL

河床
安定

生息場

護岸
必要性

植生

NG!

OK!

総合的に
判定

3次元 設計断面

2．河道地形編集ツール RiTER とは

RiTER (**Ri**ver **T**errain **E**dito**R**) 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３つのツール群です。

① 横断面ベースで編集（RiTER Xsec)：共生セ開発

② 3次元の地形を直接的に編集（RiTER 3D）

③ 仮想空間による編集（RiTER VR(仮称)）：バーチャルリアリティ

RiTER Xsecを活用することで、

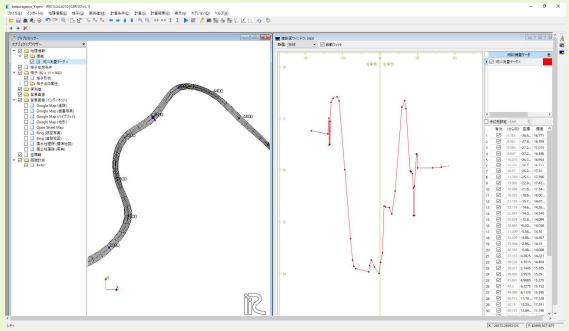
河川を俯瞰しながら河道断面の拡幅や法勾配の設定ができ、直ちに計算に利用可能です

EvaTRiPなどと組み合わせることで、

環境にも配慮した細やかな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

河道地形編集ツール RiTERの連携

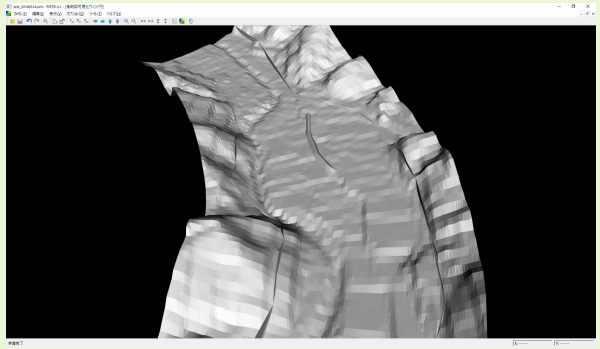
RiTER Xsec ＜横断ベース地形編集＞



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

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

従来の抜本的な河川計画に馴染んだ方法

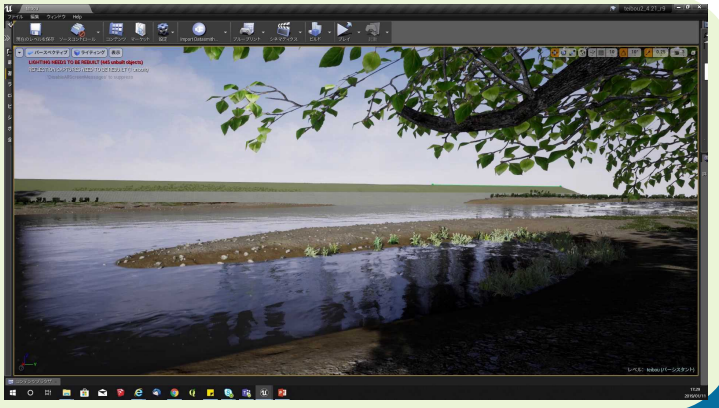
RiTER VR ＜仮想空間上での3D地形編集+体感＞

別ソフト
国交省九州技術事務所で開発

- 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

土研+九州技術事務所

次世代川づくり



河川計画・設計の策定支援ツールの開発

3次元測量結果の複雑な地形を2次元ベースで設計

→　3次元設計でのoutput

●RiTER Xsec（ver.H30年度）の主な機能

□　河川技術者が使いやすく！

✓　工事図面と航空写真の簡単な重ね合わせが可能

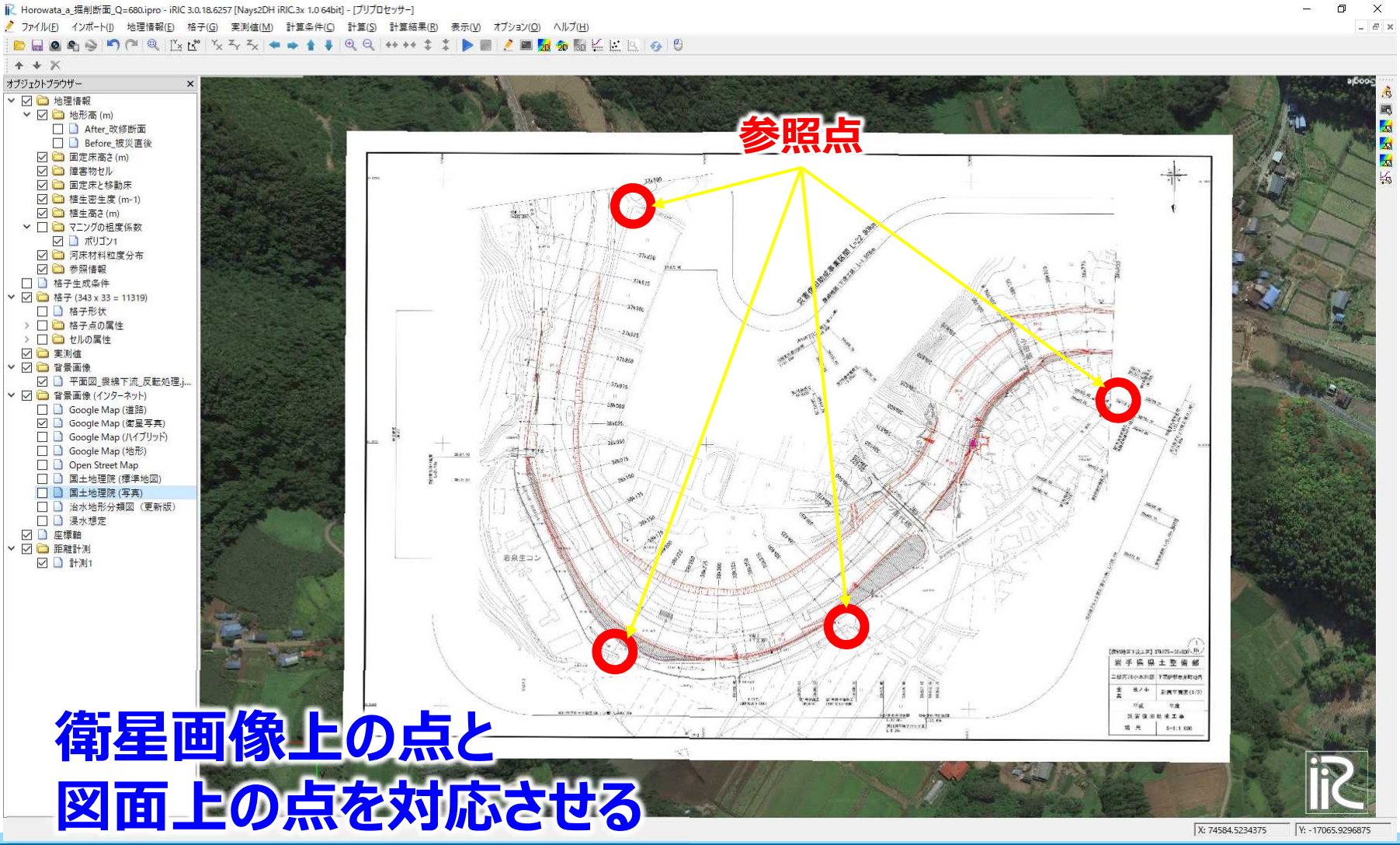
✓　平面図にライン（道路、官民境界など）を記入し、
それを横断図にも表示

✓　横断図を簡単に編集する機能

✓　横断図に複数の水位ラインを表示

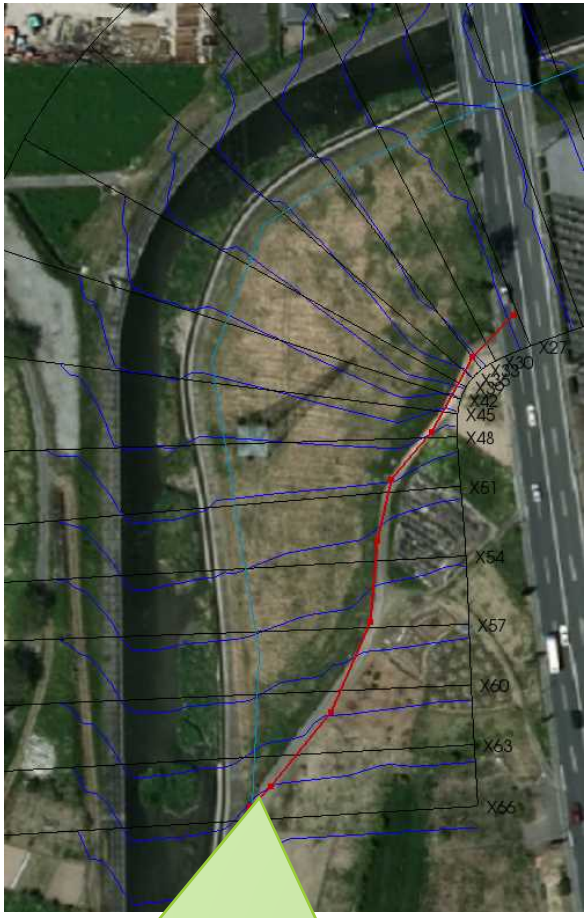
RiTER Xsec の機能

工事図面と航空写真を簡単に重ね合わる機能（ジオレファレンス）

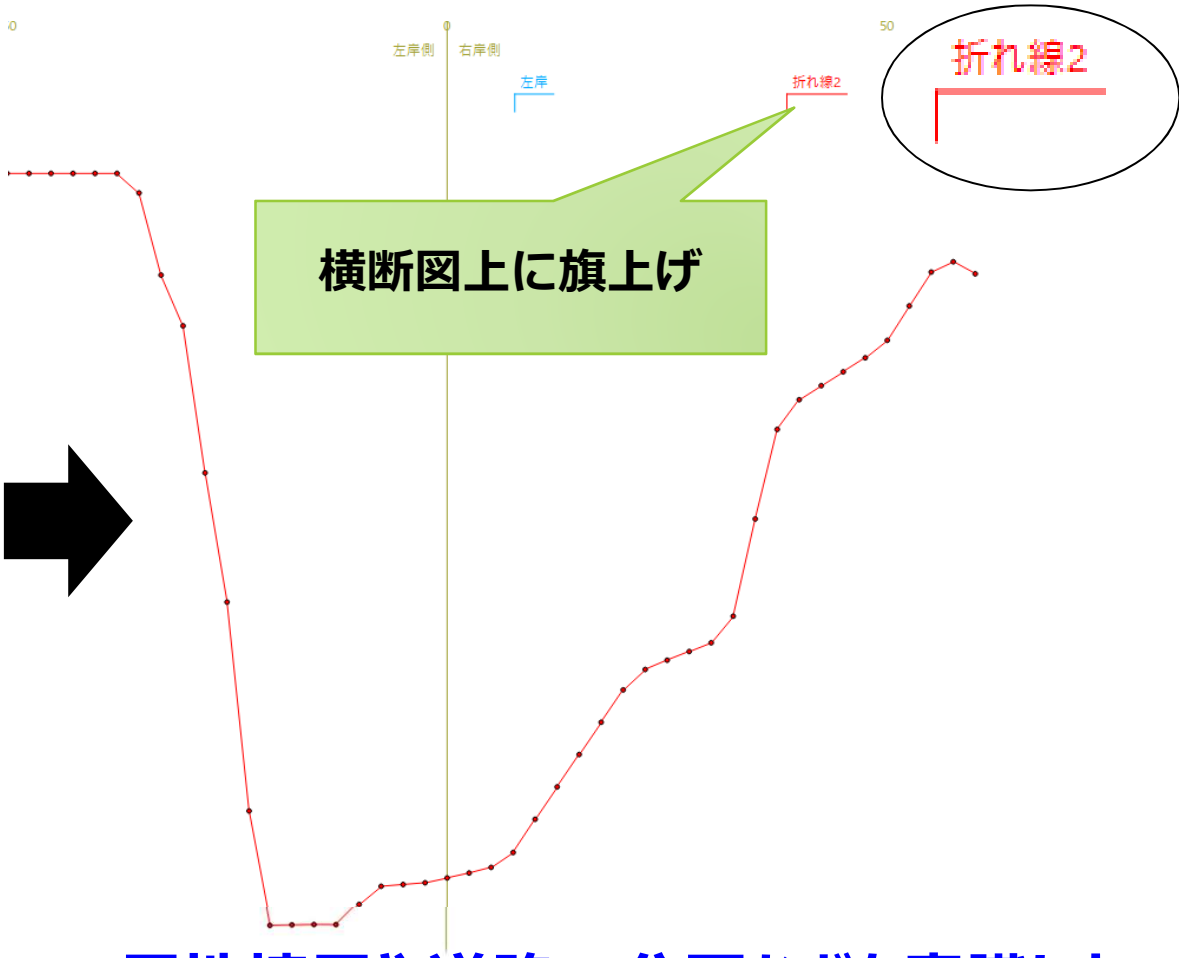


RiTER Xsec の機能

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

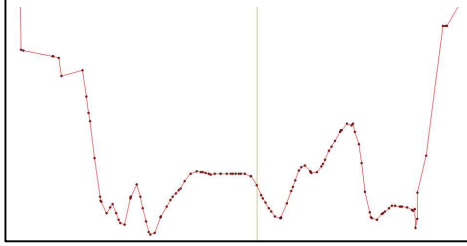


用地境界や道路，公園などを意識した形状設定が可能

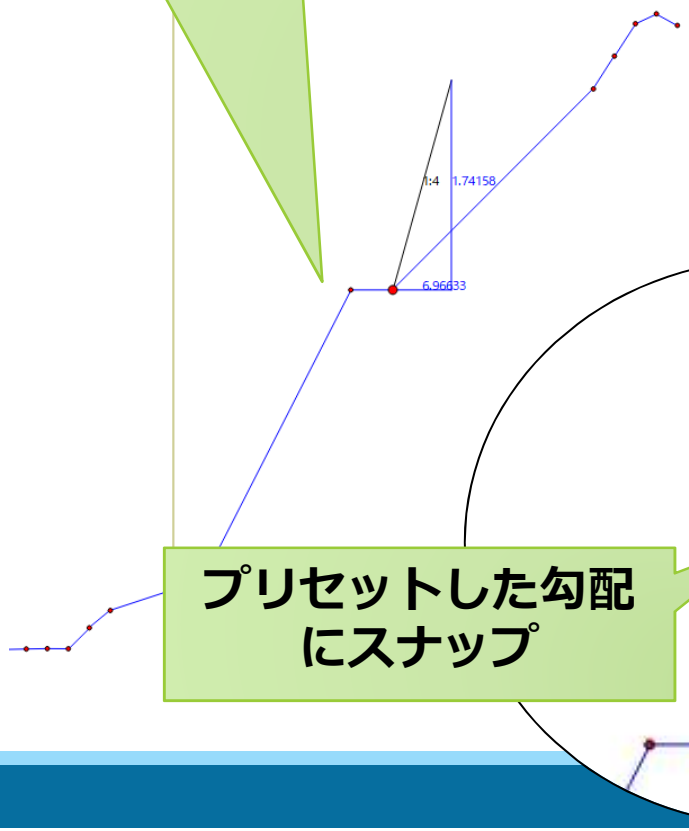
RiTER Xsec の機能

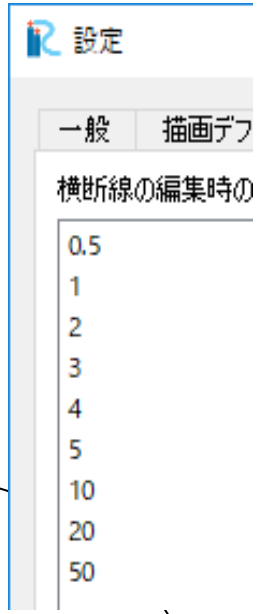
- **法勾配をあらかじめ設定した上での断面編集**

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

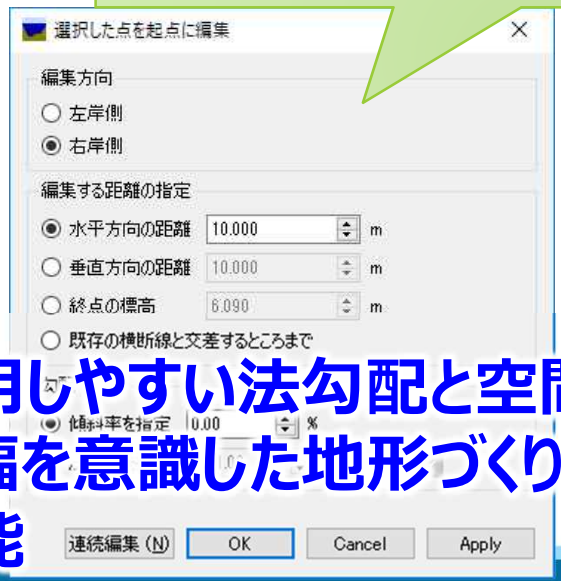


間に点があっても一気に編集（これまでは一点ずつ）

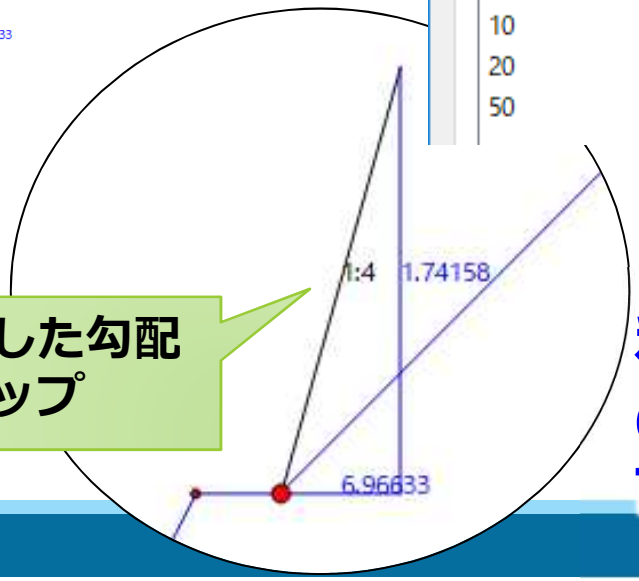




直接数値入力でも設定可能



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

3．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ソルバです.

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,

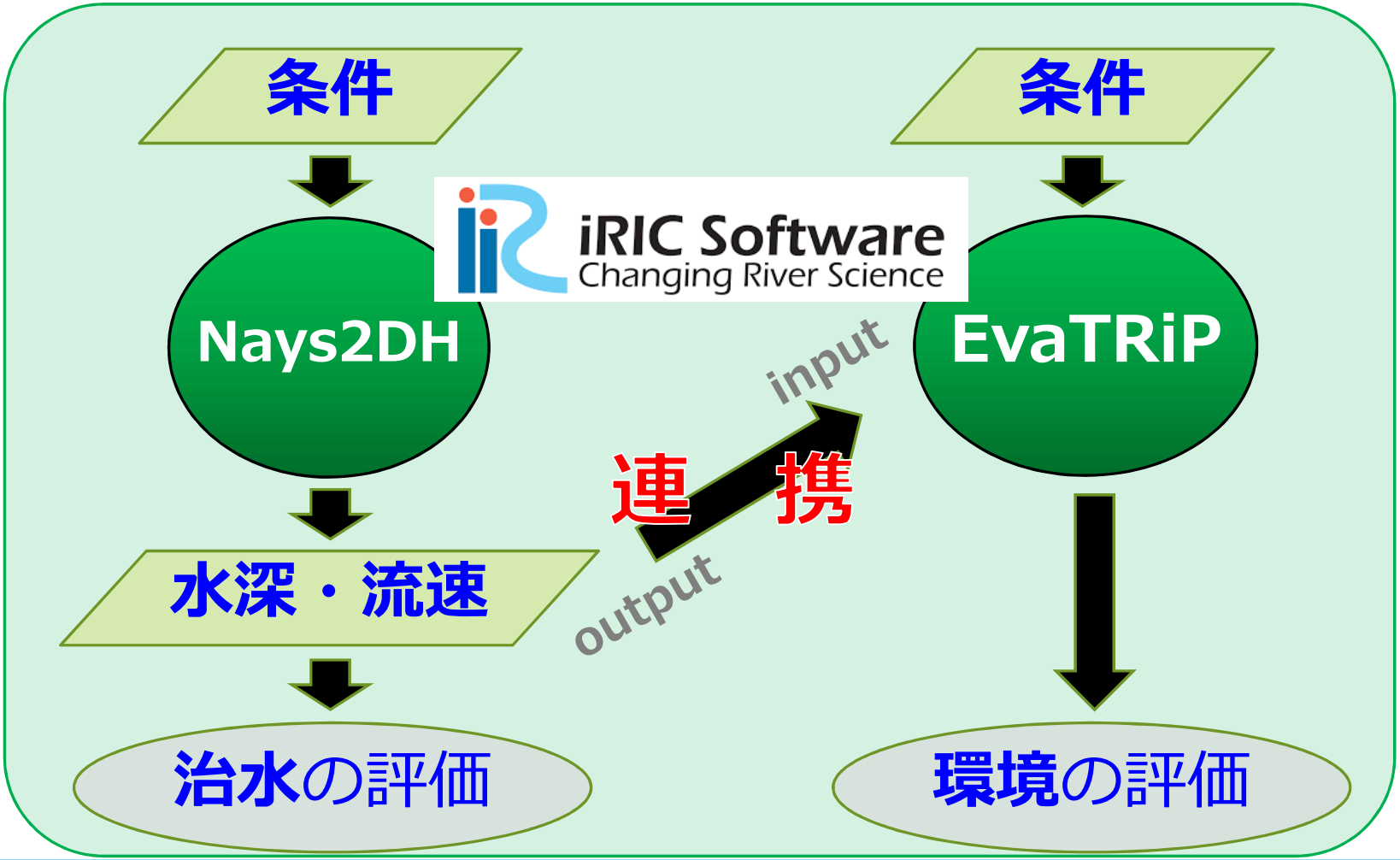
環境にも配慮した細やかなデザインが可能となり、
予算要求や説明会での強力な説明材料にでき、
作業効率アップ・コスト縮減にも貢献します

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 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



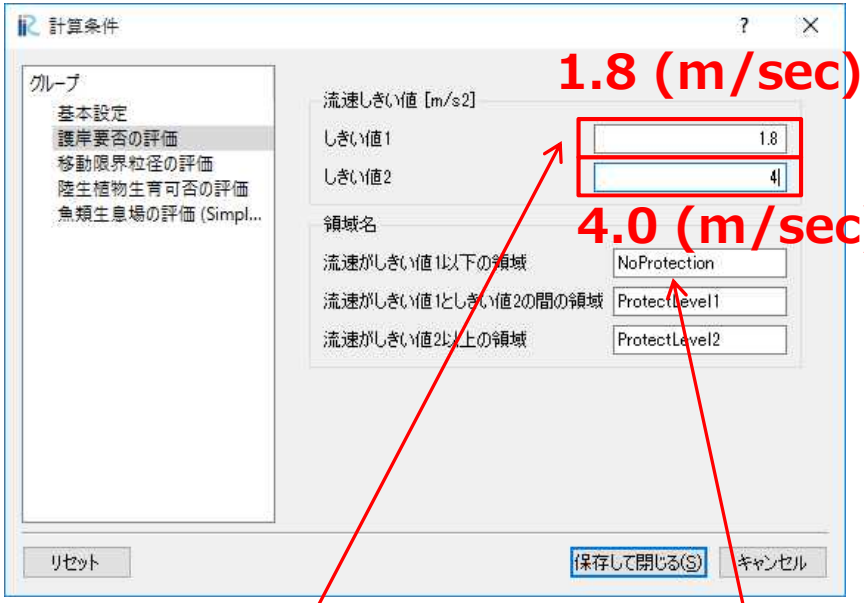
EvaTRiP の機能

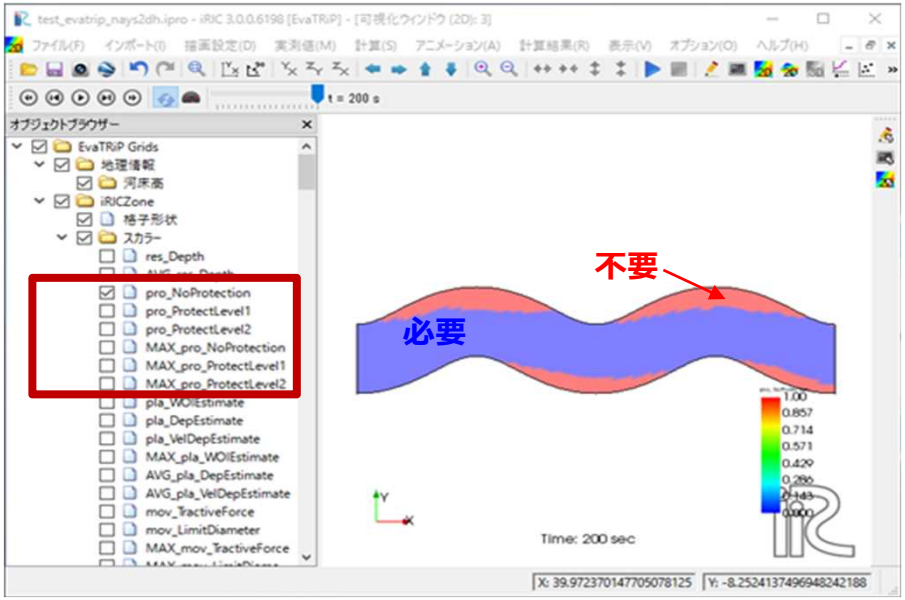
河川環境評価として５種類の評価値を算出します

1. **護岸の要否の評価**
2. **河床材料の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**
5. **瀬淵分布の評価**

①護岸の要否の評価

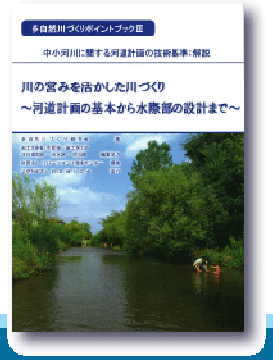
- 流速から護岸が必要がどうかを判定します.
- ポイントブックIIIや美山河に記された基準値がセットされているので,基準値を個別に検討する必要は基本的にはありません.





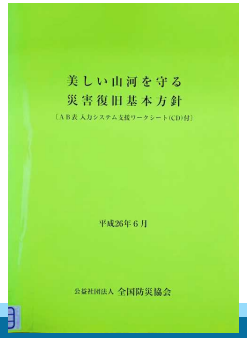
多自然川づくりポイントブックIII

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河床材料の移動限界粒径の評価

- 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

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

岩垣の限界摩擦速度の式

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

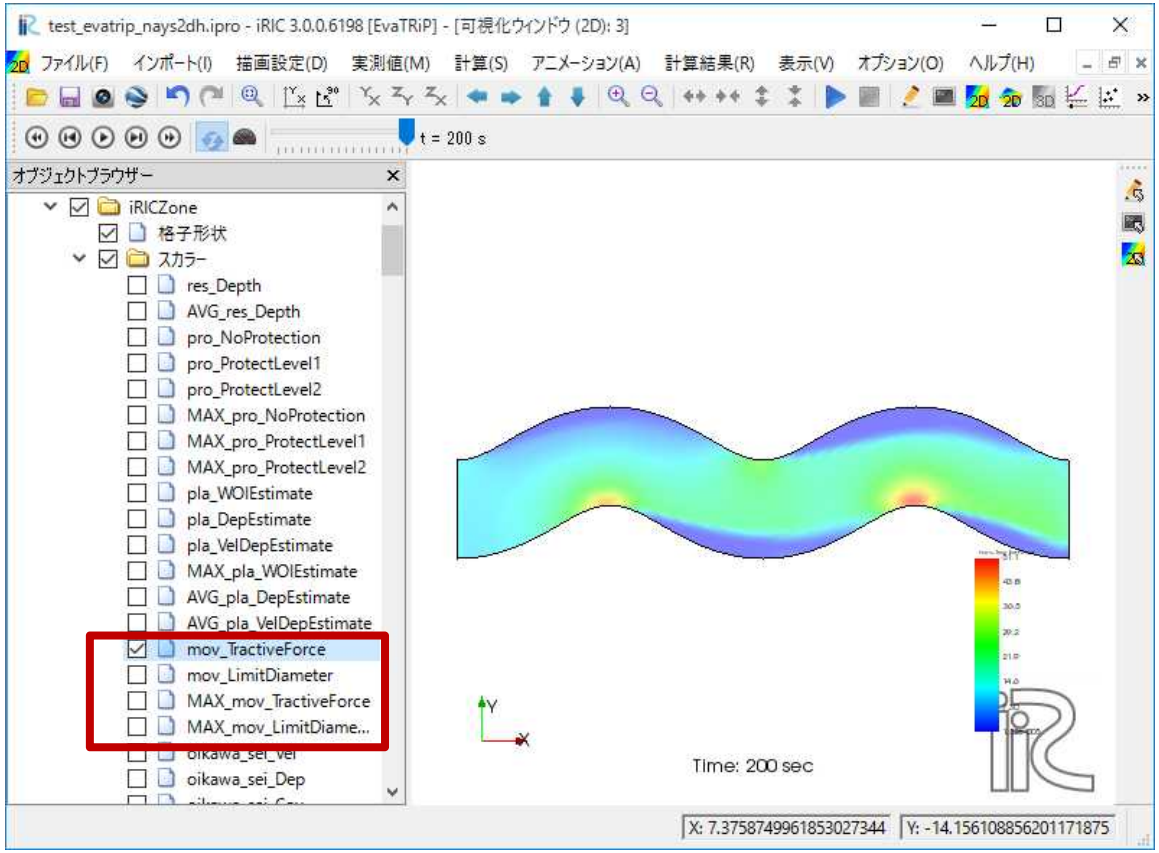
$$0.303 \le u_*^2 / 80.9 \quad \rightarrow \quad d_{\max} = u_*^2 / 80.9 (\mathrm{cm})$$

$$0.118 \le \left(u_*^2 / 134.6\right)^{22/31} \quad \rightarrow \quad d_{\max} = \left(u_*^2 / 134.6\right)^{22/31} (\mathrm{cm})$$

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

$$0.0065 \le \left(u_*^2 / 8.41\right)^{32/11} \quad \rightarrow \quad d_{\max} = \left(u_*^2 / 8.41\right)^{32/11} (\mathrm{cm})$$

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



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

➢ 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

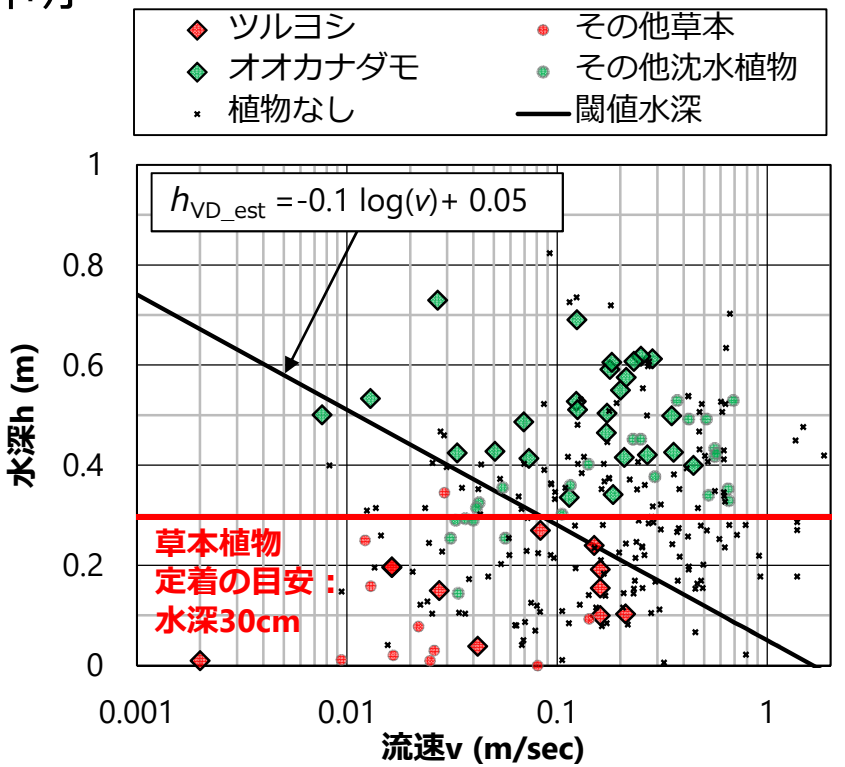
- **水深（h）による評価**

$h \leqq 20$cm :　3（可能性大）
$20 < h \leqq 30$cm :　2
$30 < h \leqq 40$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（可能性大）
$h_{VD_est} < h$:　0（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

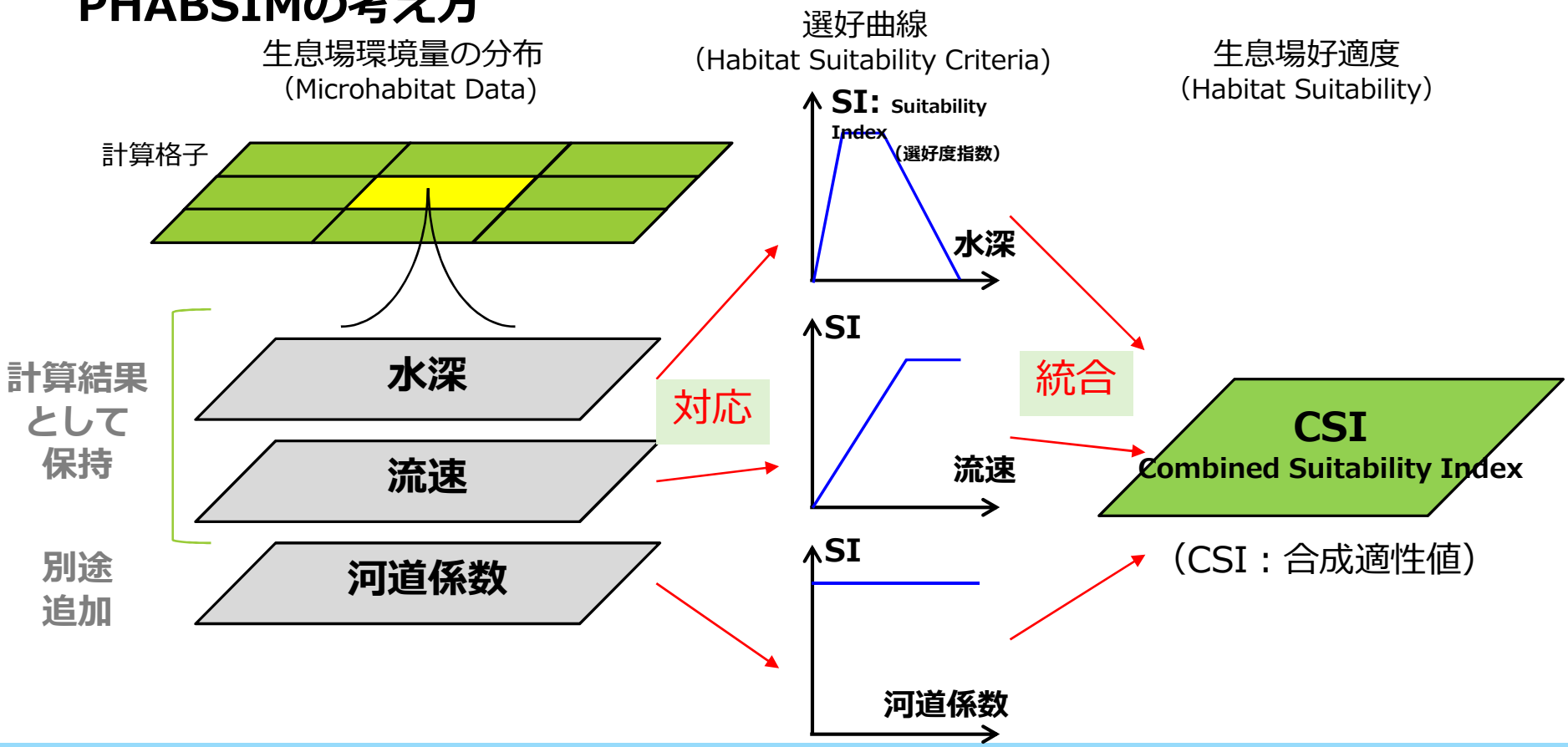




④魚類生息場の評価

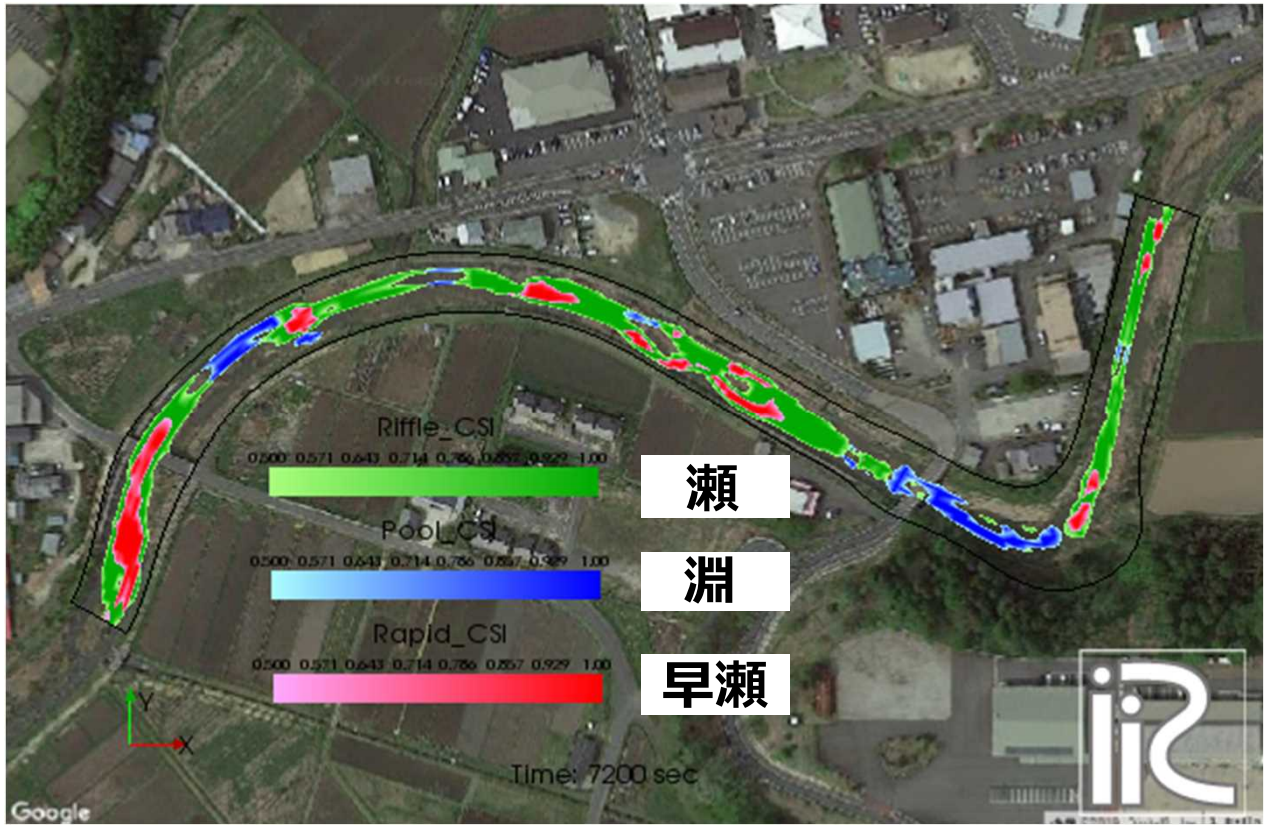
- PHABSIM（Physical HABitat SIMulation）の考え方に基づいた生息場好適度の評価を行います.
- 水深・流速に加え，河道係数（植生カバー等）の分布を別途与え，それらに対応する選好曲線から生息場好適度を算出します.

PHABSIMの考え方



⑤瀬や淵の分布評価

- 抽出する条件に合わせて生息場評価の関数を設定することで，瀬・淵を抽出することができ、簡単に工事前後の環境評価を行うこともできます．



瀬淵マップ

工事前後で瀬淵がどのように変化するか？？

高知県弘見川の水制設置の事例

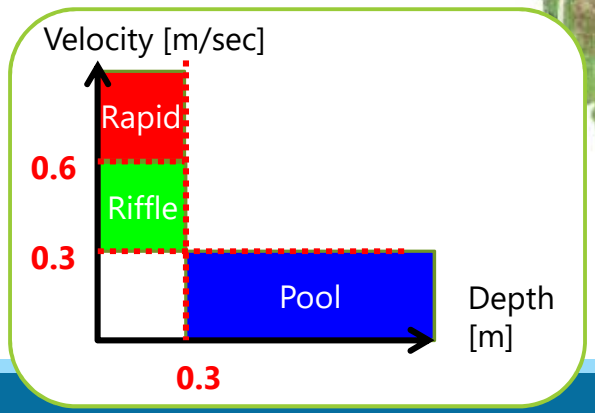


水制なし　河床変動あり

- **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

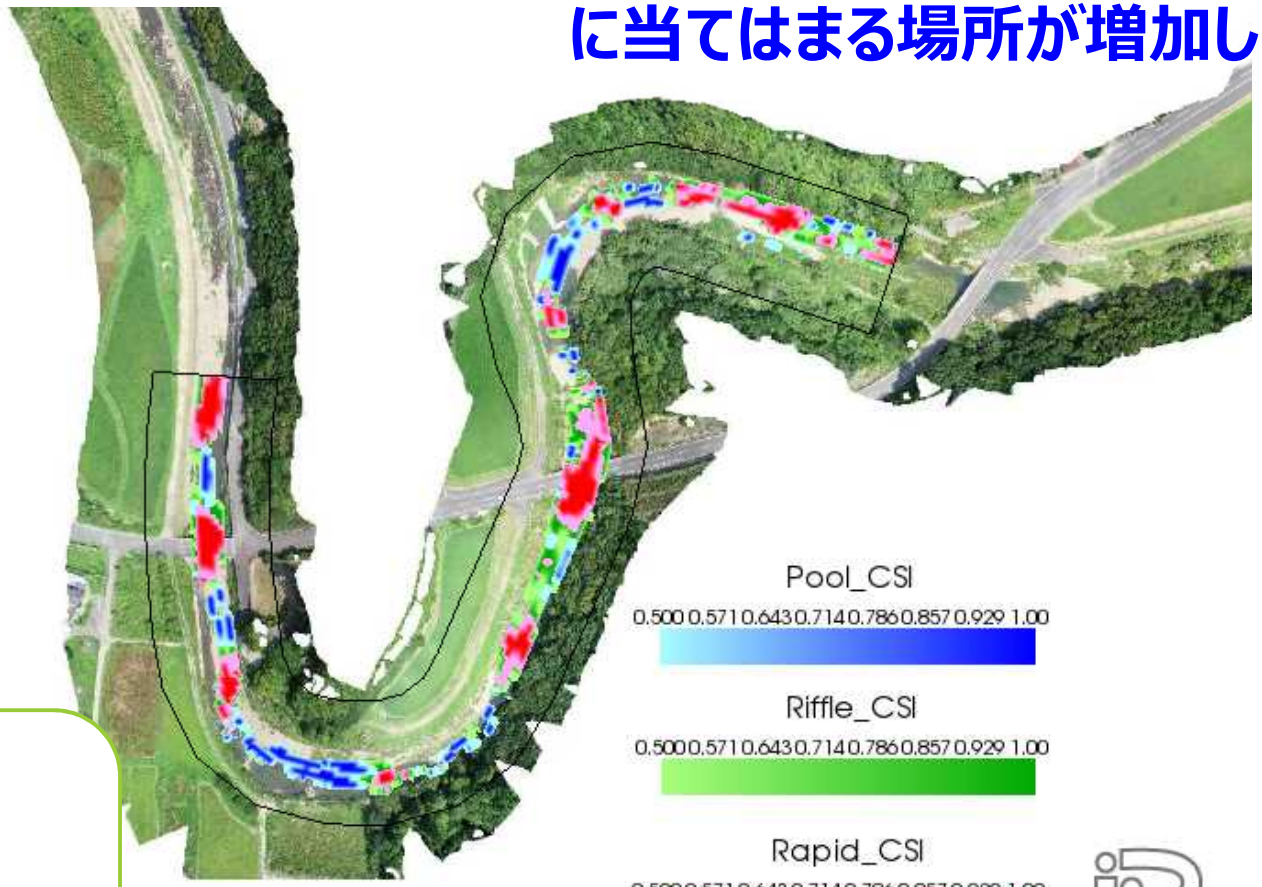


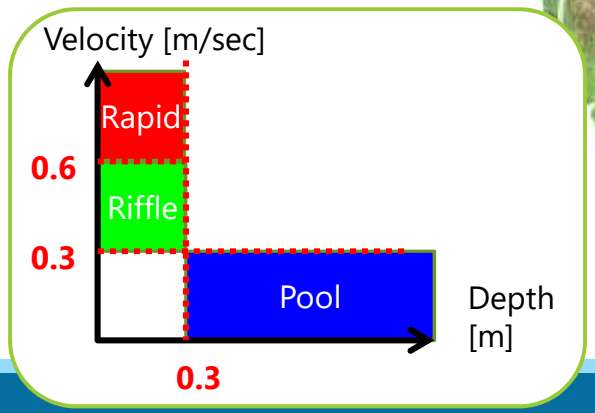


水制なし　河床変動あり

- **出水後の流況に対する瀬淵の分布**

Riffle（瀬），Rapid（早瀬），Pool（淵）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

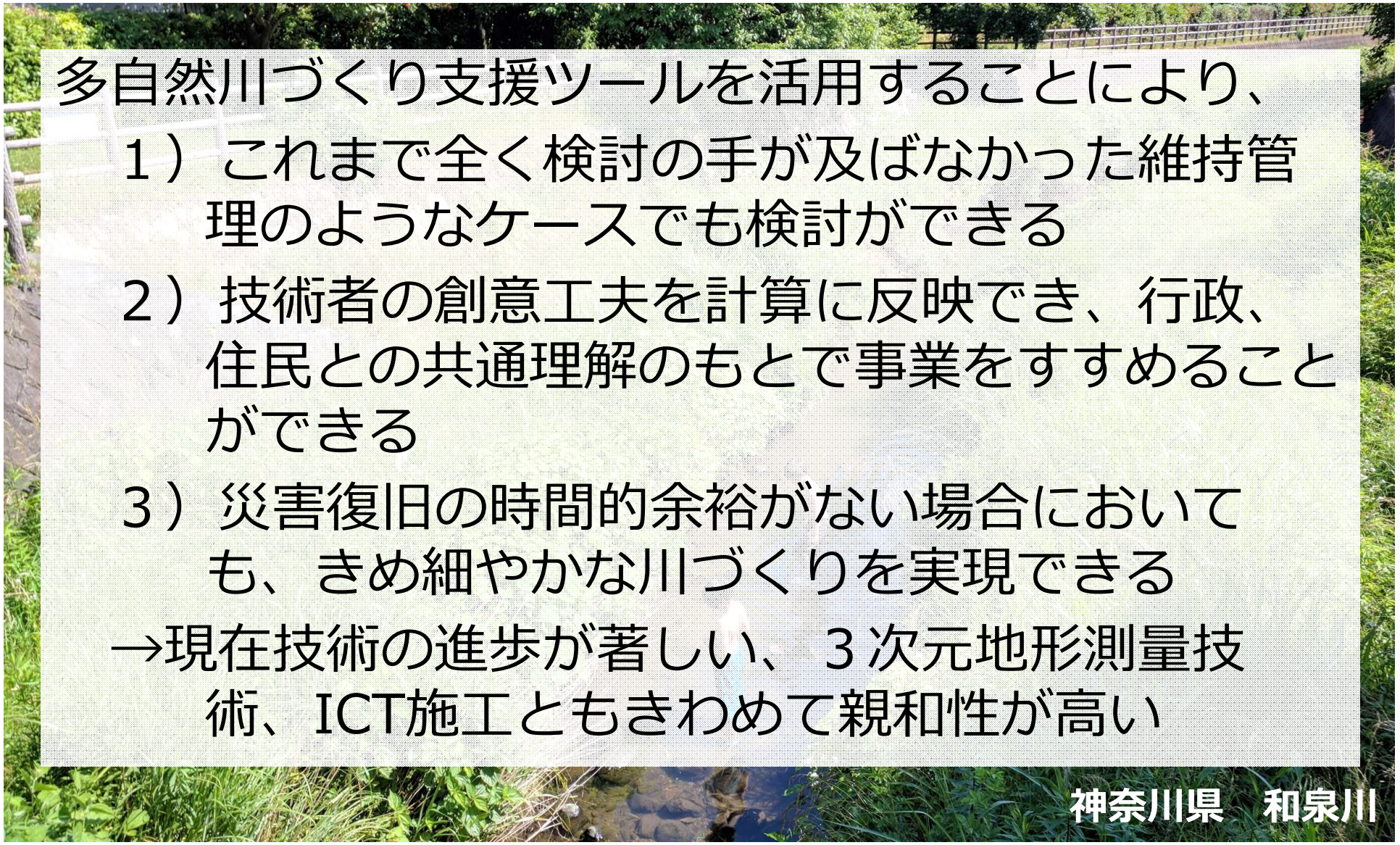
多自然川づくり支援ツールを活用することにより、

1）これまで全く検討の手が及ばなかった維持管理のようなケースでも検討ができる

2）技術者の創意工夫を計算に反映でき、行政、住民との共通理解のもとで事業をすすめることができる

3）災害復旧の時間的余裕がない場合においても、きめ細やかな川づくりを実現できる

→現在技術の進歩が著しい、３次元地形測量技術、ICT施工ともきわめて親和性が高い



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！

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

1) iRIC ホームページ ： http://i-ric.org/ja/
2) 大槻順朗、林田寿文、中村圭吾、萱場祐一：中小河川研究と多自然川づくりの深化, 土木技術資料, 60-11, 2018, pp. 8-13
3) 林田寿文、大槻順朗、中村圭吾、萱場祐一：新しい河道計画プロセスを念頭に置いた多自然川づくり支援ツールの開発、第 74 回年次学術講演会講演概要集、(公社) 土木学会、2019.9
4) 中村圭吾：グリーンレーザを用いた航空レーザ測深（ALB）による河川調査の現状と可能性、水環境学会誌 Vol.42(A), No.5, pp.174-178, 2019
5) 中村圭吾：河川 CIM で進化する多自然川づくり、RIVER FRONT vol.88、2019
6) 自然共生研究センター：簡易河川環境評価ツール EvaTRiP を用いた治水と環境を両立させる川づくり、土木研究所 WEB マガジン、Vol.53
7) 多自然川づくりポイントブックⅢ, 日本河川協会, 2011
8) 美しい山河を守る災害復旧基本方針、国土交通省　水管理・国土保全局、2018.6