

iRIC-GELATOによる豊平川の床止めと魚道を含む 流れと魚の挙動追跡シミュレーション

○濱木 道大¹⁾ , 坂本 和弥¹⁾, 森田 大詞¹⁾, 宮崎 靖¹⁾ : 株式会社 開発工営社¹⁾
今野 義文²⁾ : 公益社団法人北海道栽培漁業振興公社²⁾
上田 宏³⁾ : 北海道大学³⁾
清水 康行⁴⁾ : 北海学園大学⁴⁾

1. はじめに

- ・ 豊平川の概要
- ・ 研究概要

2. 魚類調査（バイオテレメトリー調査）

- ・ 調査概要
- ・ 調査結果

3. 数値解析による遡上シミュレーション

- ・ 計算モデル
- ・ 計算条件
- ・ 仮想魚の遊泳プロセス
- ・ 計算結果

4. まとめ



<https://kawatabi-hokkaido.com/>

1.1 豊平川概要

➤ 概要

- ・河床の安定と河川縦横断形状の維持を目的に7基の床止めを設置
 - ・現在までに5基(3, 4, 5, 6・7, 8号)の床止めに魚道を設置
 - ・毎年約1000尾のサケが遡上し、自然産卵を確認
 - ・野生サケの産卵を促進する市民活動が行われる
- ➡サケ産卵環境保全の重要度が高い

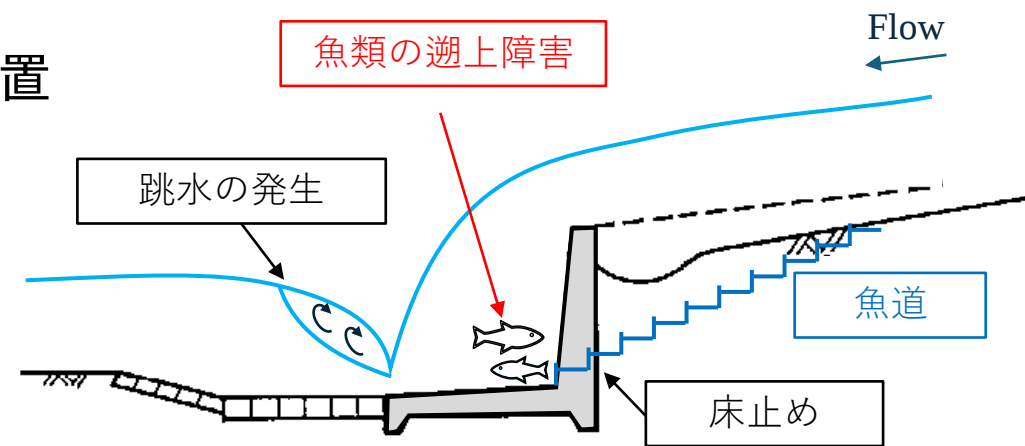


図 床止めにおける魚類の遡上

※Guide to the structural design of Grandsills, 1998.

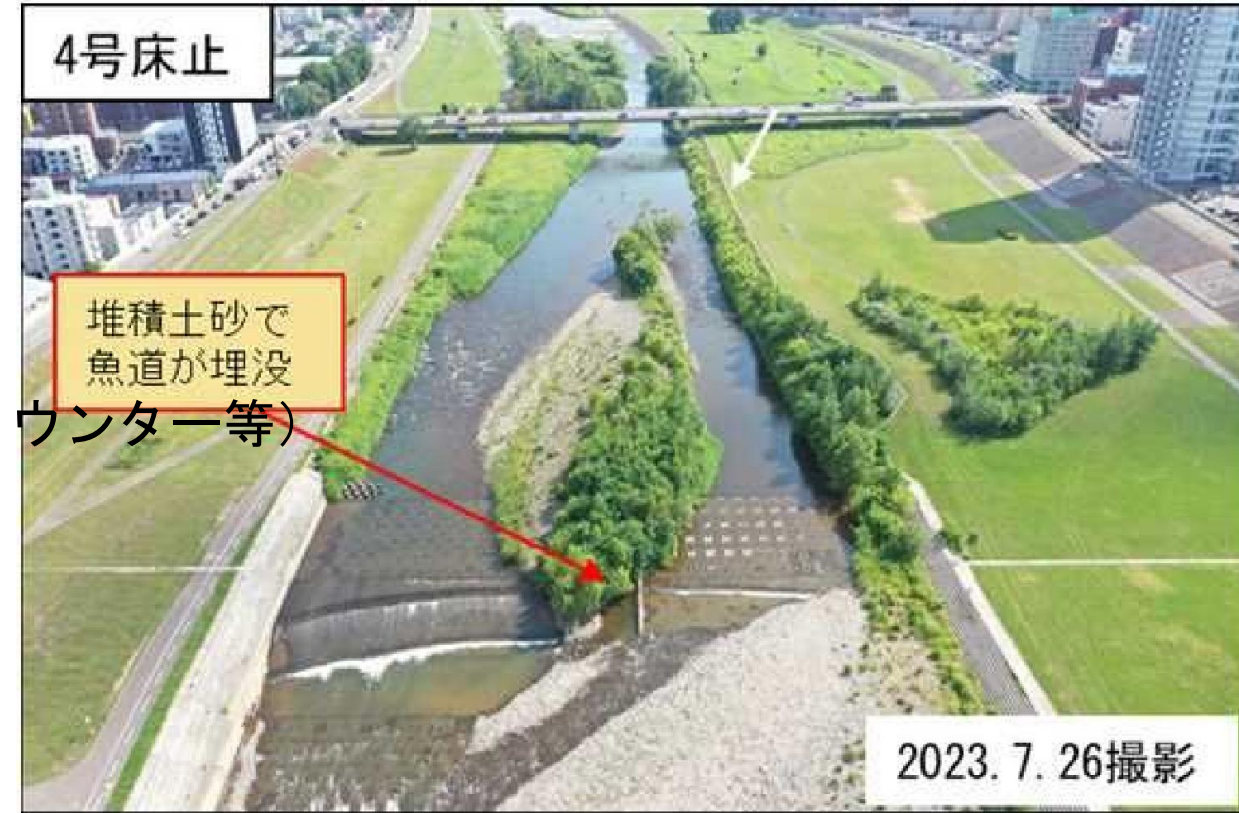


※北海道開発局 (石狩川流域委員会第18回)

1.2 豊平川における課題および検討の目的

➤ 課題

- ・ 床止区間では砂州堆積等による魚道の閉塞が発生
➡遡上阻害が懸念
- ・ 遡上状況調査は、現地モニタリング調査が主体
 - ※直接的な手法（トラップ調査、定点カメラ、魚カウンター等）
 - ※間接的な手法（生息状況調査、産卵床調査等）
 - ※事前評価手法（手引・マニュアル、模型実験等）
 - ※移動経路追跡（バイオテレメトリー、数値解析）
- ➡実河川において魚道設置前に数値解析等により事前に遡上性能を評価した事例は少ない



※北海道開発局（石狩川流域委員会第18回）

➤ 検討の目的

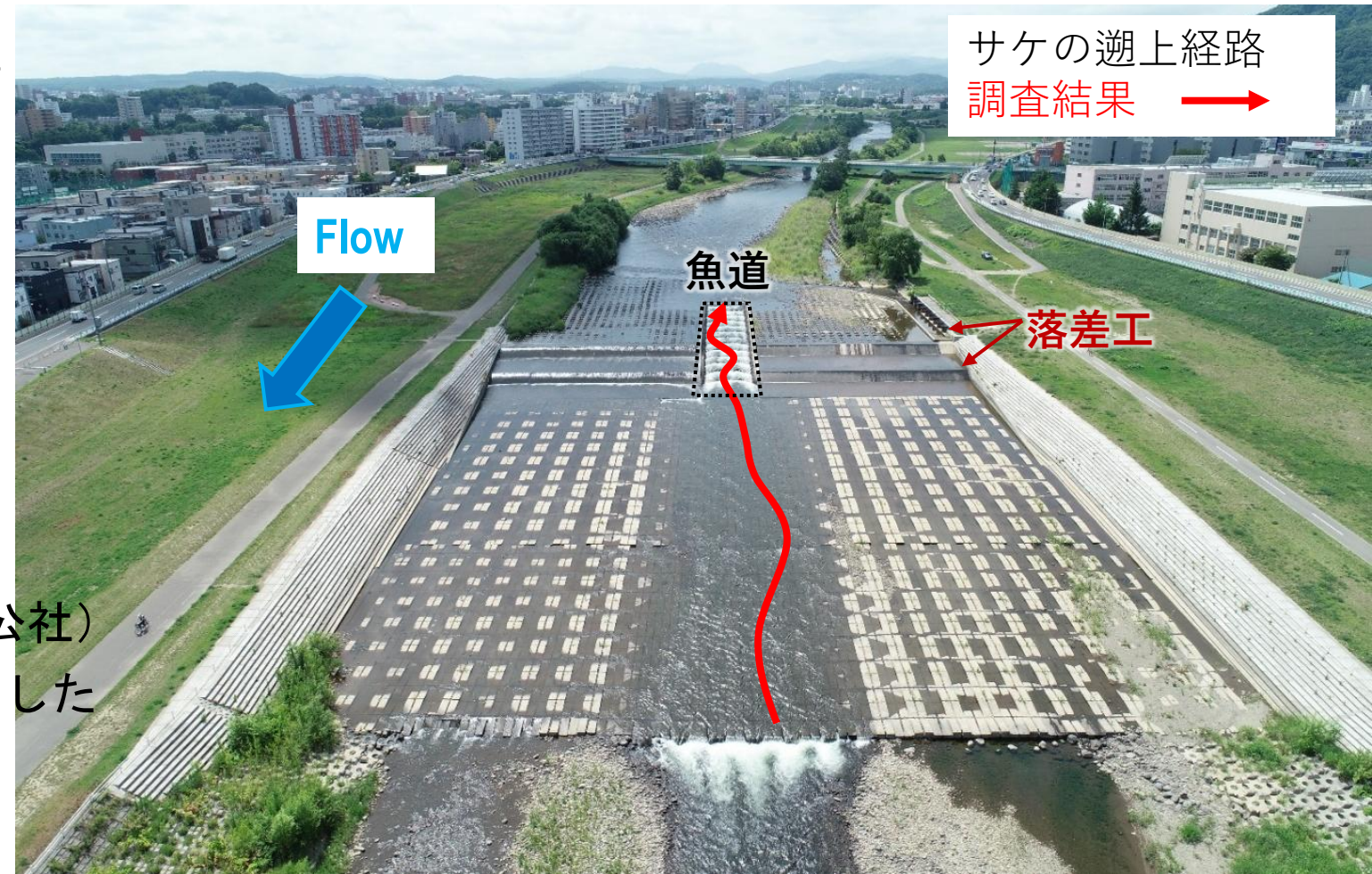
- ・ 本研究では、数値解析による魚類の遡上性能評価手法の開発および評価を目的として、既往の遡上状況調査結果を基に数値解析による遡上経路の再現を試みた

1.2 検討概要

5

➤ 概要

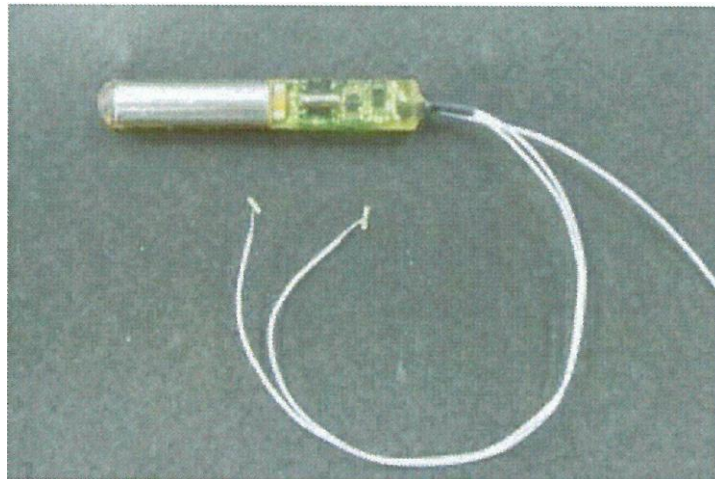
- ・ 対象の魚道は8号床止
中央部分に魚道、両側に落差工が設置
- ・ 数値解析には
物質輸送追跡モデルiRIC-GELATOを
活用し、サケ科魚類の遡上経路を再現
- ・ 遡上経路は、
サケ科魚類の テレメトリー調査結果
(H30 公益社団法人北海道栽培漁業振興公社)
を参考とし、サケ科魚類はサケを対象とした



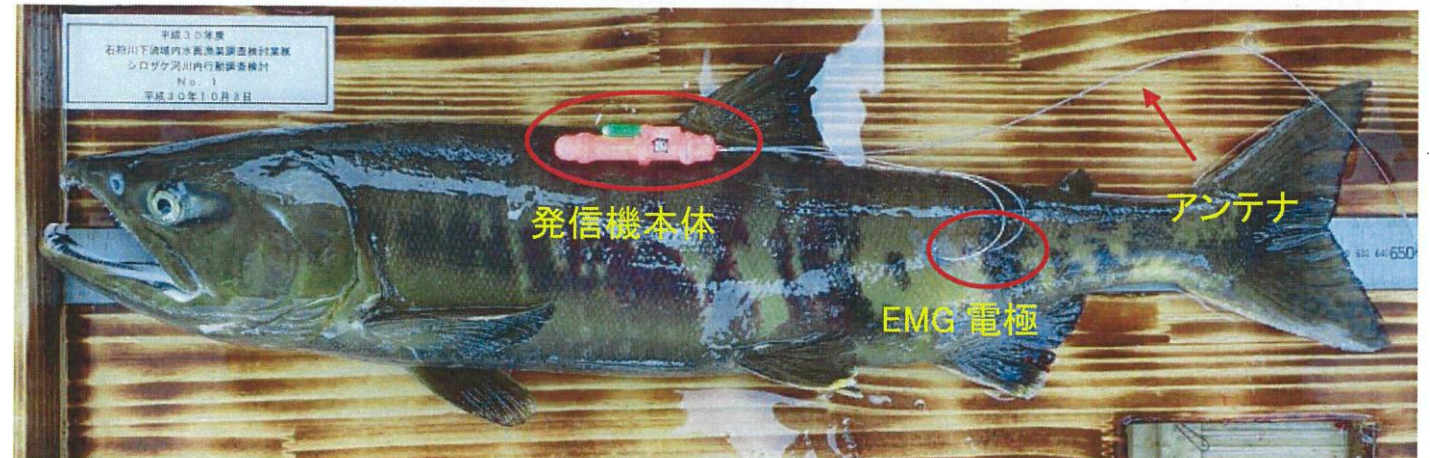
8号床止

2.1 魚類調査概要（バイオテレメトリー調査）

- 調査概要（2018/10/3～5、2018/10/9～11）
 - ・ 調査区間…5号床止下流～8号床止上流
 - ・ 調査個体数…5尾(1回目)、6尾(2回目)
- ・ バイオテレメトリー手法を用い、各供試魚にEMG発信機を装着して遡上経路を追跡
- ・ EMG発信機により供試魚の河川内の位置および遊泳速度を把握
 - ※EMG値…赤筋に流れる微電流を感知し、0～50の相対値に換算された値
 - 既往調査で得られた相関式から遊泳速度に変換可能



EMG発信機



発信機を装着した供試魚

※ H30河川横断工作物に係わる魚類調査(公益社団法人北海道栽培漁業振興公社)

2.2 魚類調査結果（バイオテレメトリー調査）

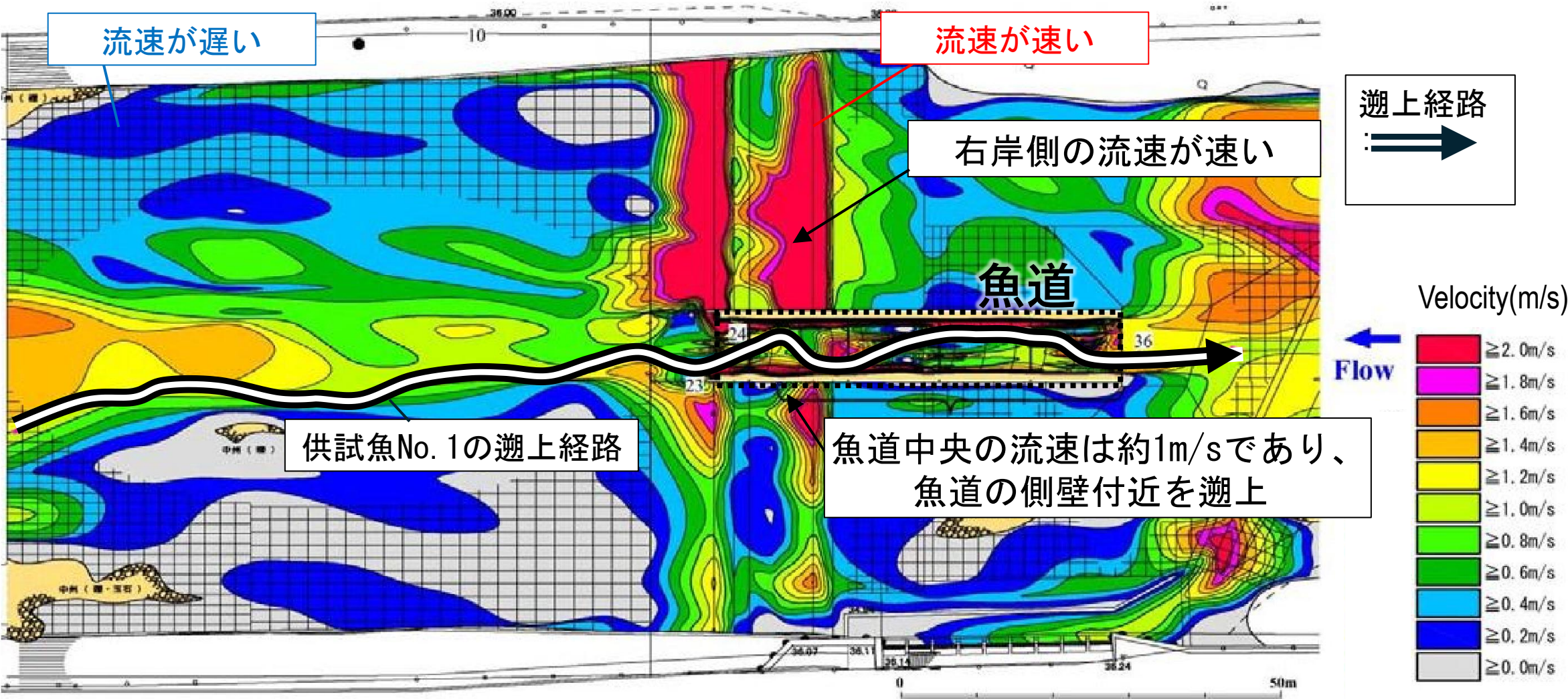


図 No. 1の遡上経路および流況調査図

※ H30河川横断工作物に係わる魚類調査（公益社団法人北海道栽培漁業振興公社）

2.2 EMG発信機によるサケの挙動分析

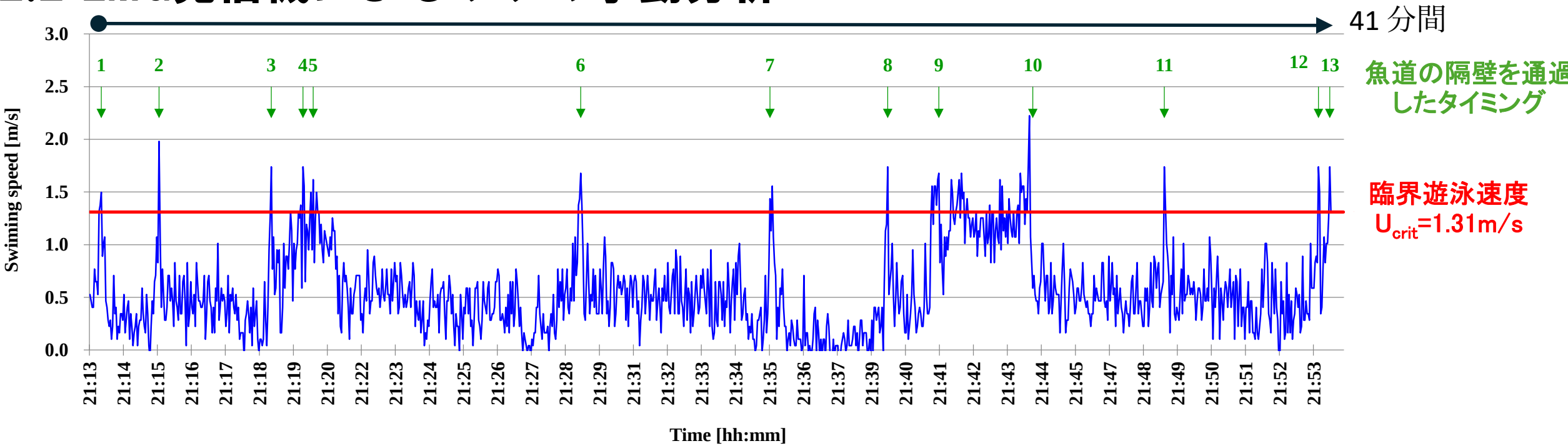
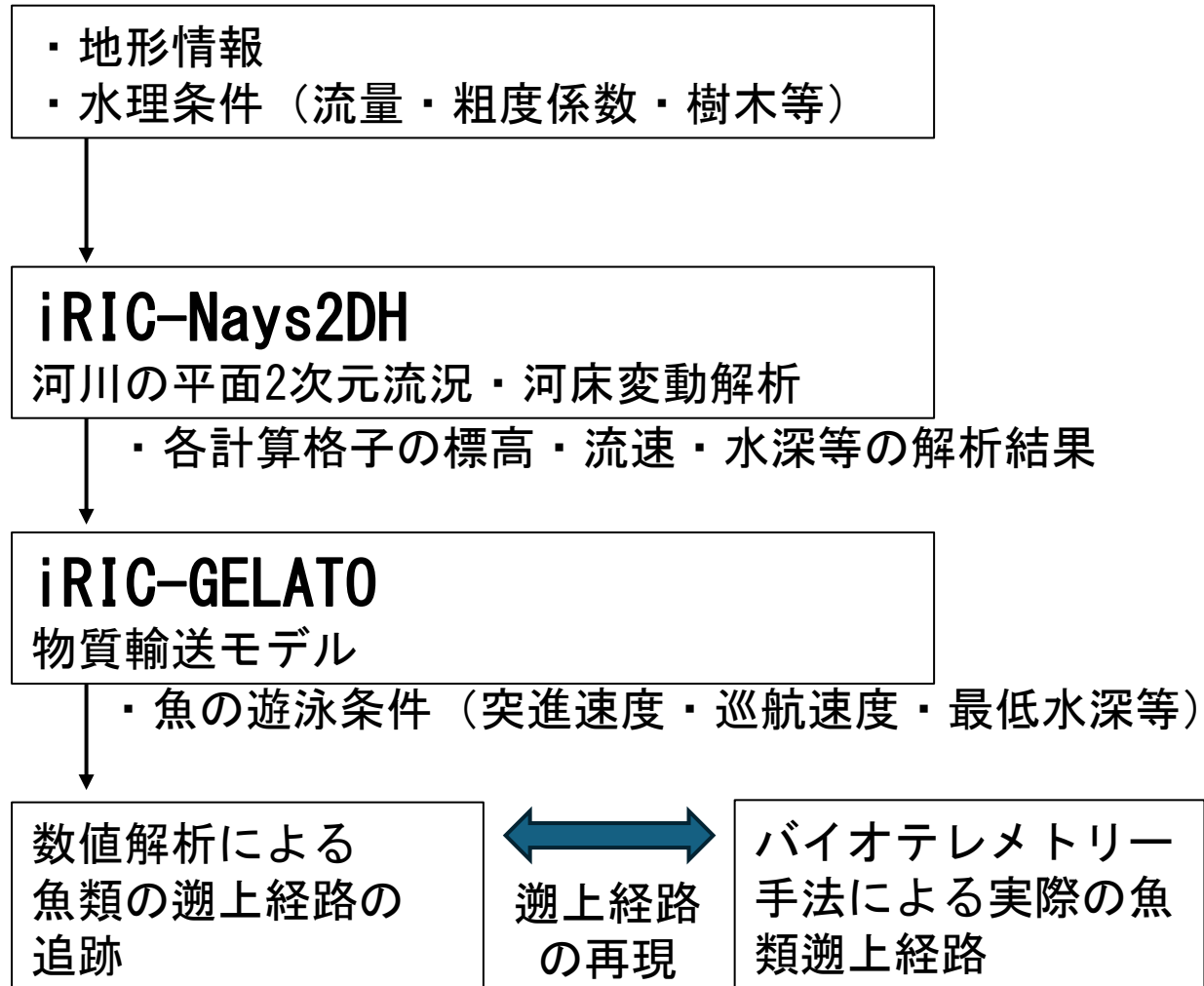


図 8 号床止めの魚道におけるEMG 値から変換された供試魚No. 1 の遊泳速度
表 EMG値による供試魚No. 1 の行動分析結果

項目	値	備考
魚道通過時間 (min)	41	隔壁13箇所
平均遊泳速度 (m/s)	0. 6	EMG値による変換値
最大遊泳速度 (m/s)	2. 2	EMG値による変換値
平均遊泳継続時間 (sec)	66. 7	臨界遊泳速度以下
平均遊泳継続時間 (sec)	4. 3	臨界遊泳速度以上

3.1 使用した数値解析モデルと検討フロー



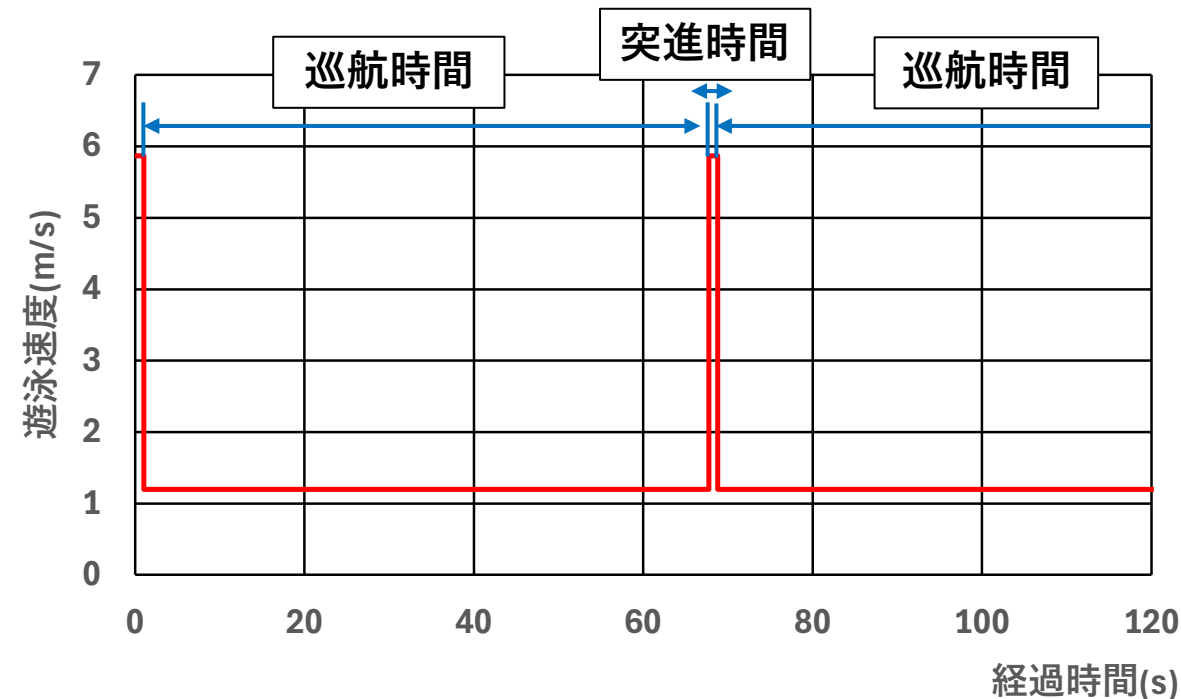
- 平面2次元流況・河床変動解析-Nays2DH
 - ・ 河川の流況や河床変動を平面的に解析するモデル
- 物質輸送解析-GELATO
 - ・ 流れとともに輸送される様々な物質の輸送、移動特性を追跡するモデル
 - ・ 魚に巡航速度や突進速度およびこれらの継続時間などを指定することで、魚の遡上シミュレーションを行うことが可能

3.2 iRIC-GELATOに用いたサケの遊泳条件

- 魚の運動特性は、文献値や8号床止魚道内における平均遊泳時間等を参考に設定

表 サケの遊泳条件

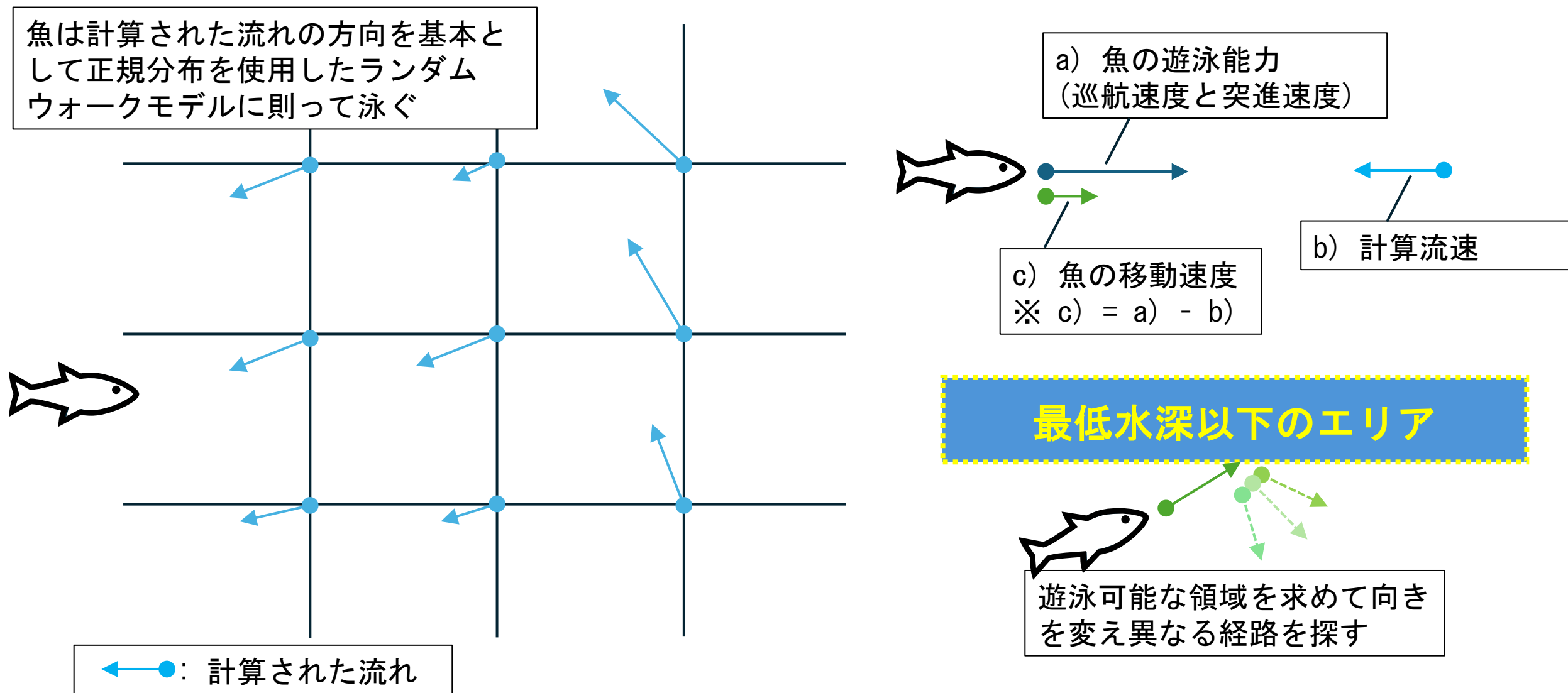
項目	設定値	備考
巡航速度 (m/s)	1.2	体長の2倍程度
突進速度 (m/s)	5.9	体長の10倍程度
巡航時間 (s)	66.7	8号床止魚道内における U_{crit} 以下の平均遊泳時間
突進時間 (s)	1.0	瞬間的な遊泳が可能な 時間として想定
1サイクル時間 (s) 〈巡航時間+突進時間〉	67.7	巡航時間+突進時間
魚が存在できる 最低水深 (m)	0.15	体高程度



魚が移動可能な水深

3.3 iRIC-GELATOにおける魚の移動方向のプロセス

➤ 魚が泳ぐ向きを変えるプロセスは、実際には様々な要因が含まれる複雑なプロセスであるため、今後改善が必要



3.4 遡上シミュレーション

- 50分間の解析期間内に14尾中12尾の仮想魚が魚道内に到達し、4尾の仮想魚が魚道上流側への遡上に成功。遡上に要した時間は11～40分間であった。

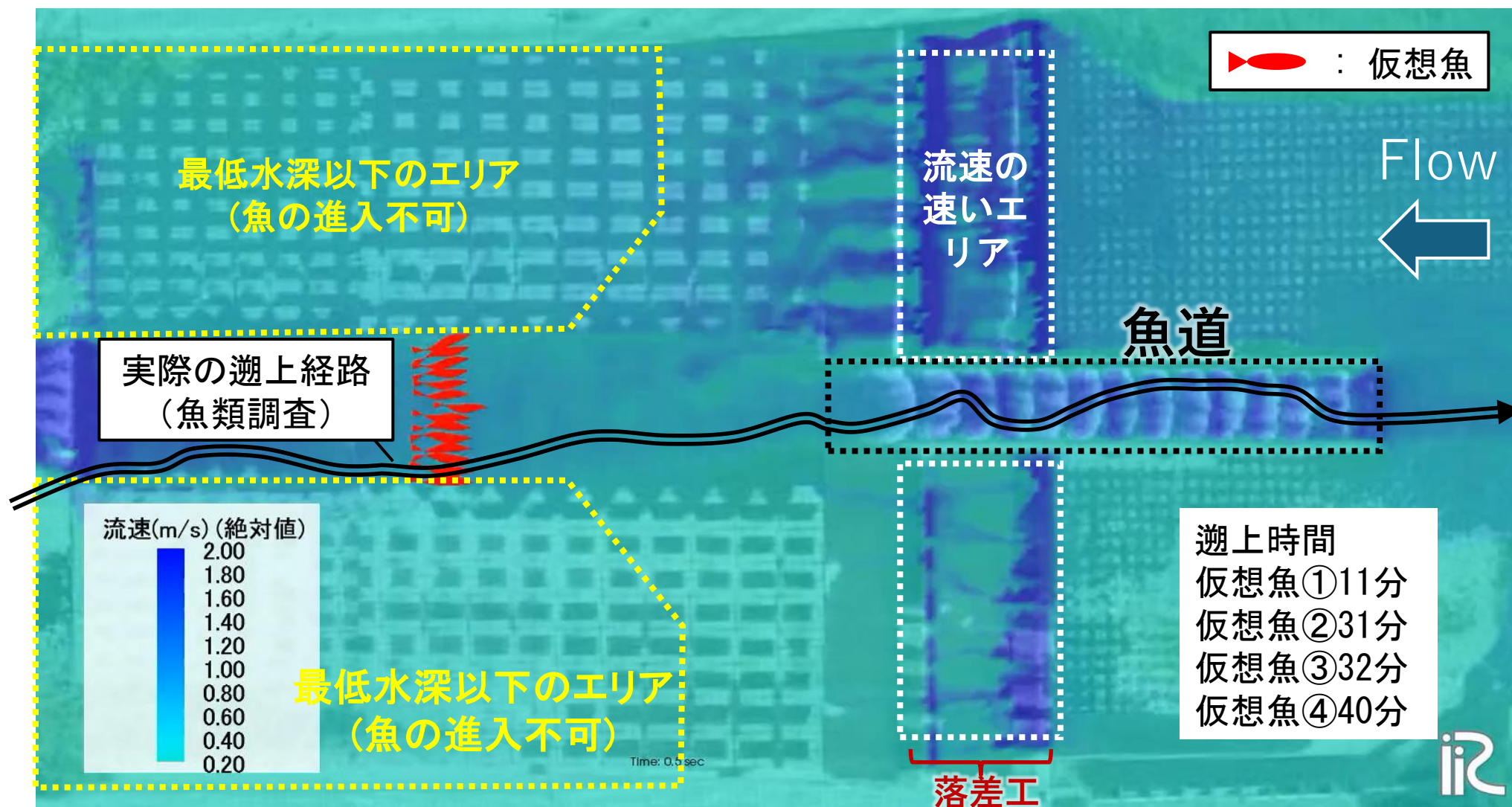
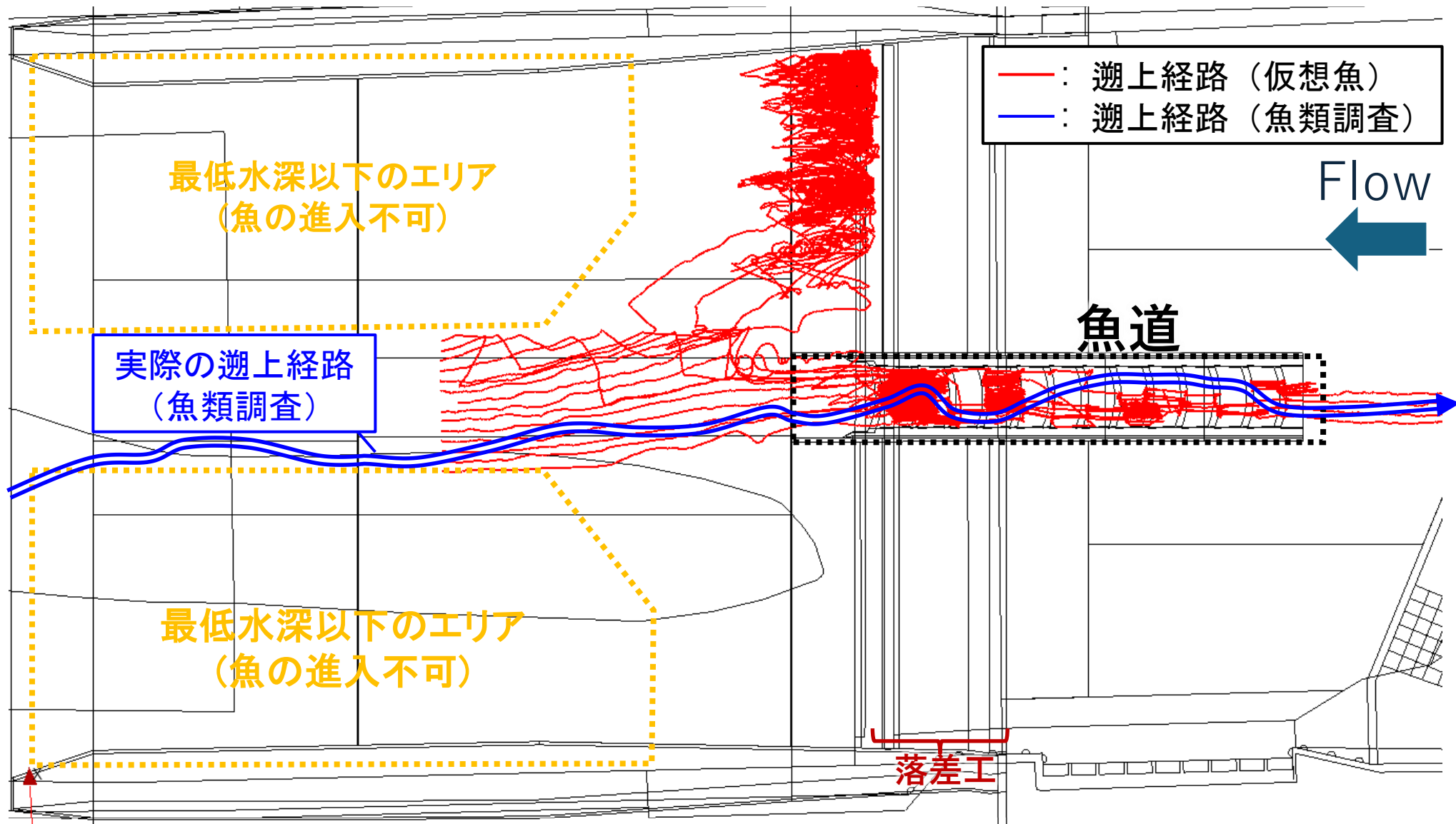


図 シミュレーション結果

3.4 遡上経路の重ね図

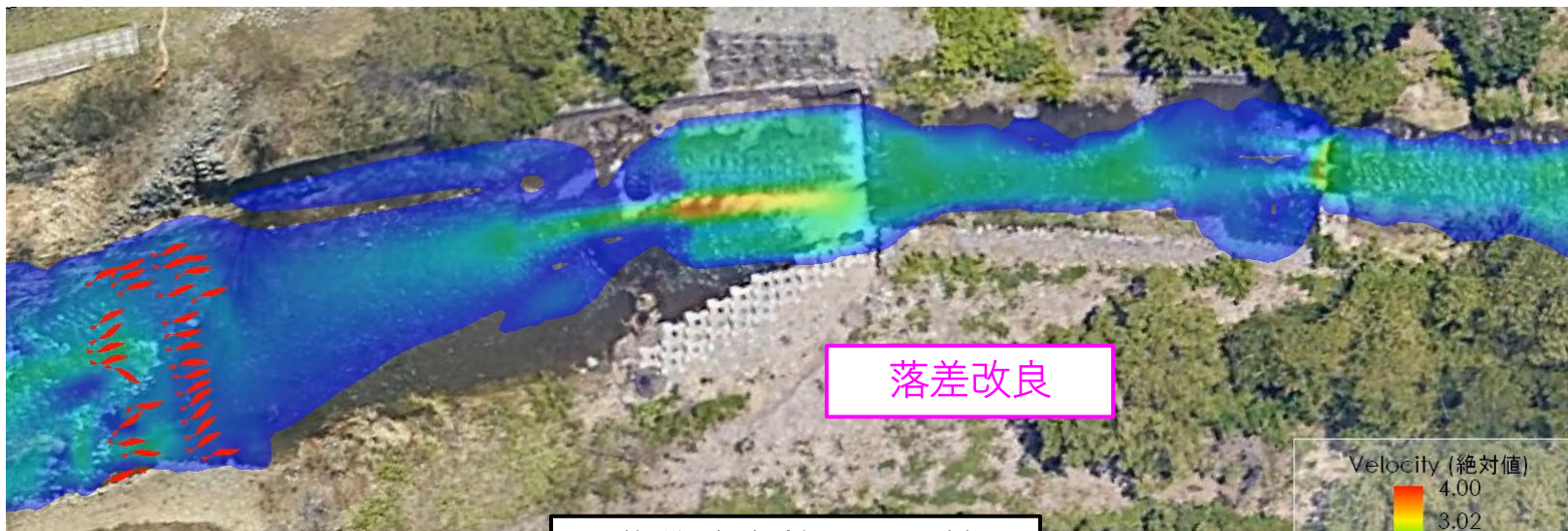
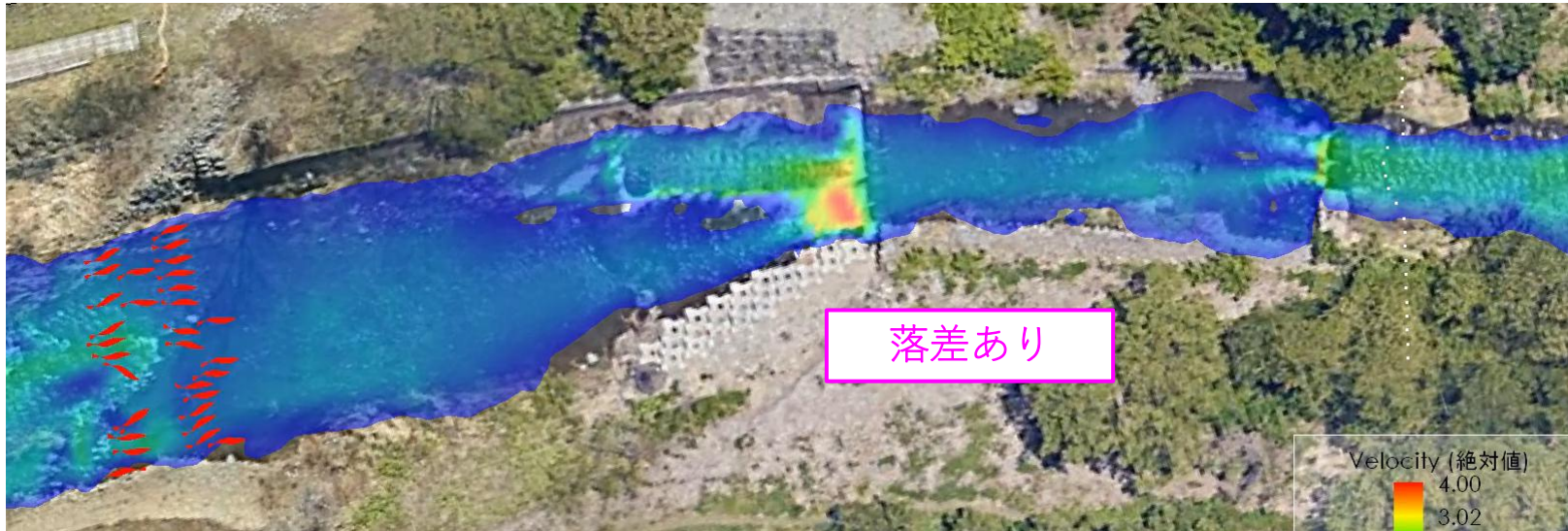
- 実際の遡上経路の傾向（①落差工ではなく魚道を選択して遡上すること，②魚道内を概ね41分程度で通過すること，③魚道内では流速の遅い側壁付近を遡上すること）を概ね再現できた。



今後の活用例

14

- 今後、再現事例を蓄積し精度向上を図ることで、魚道改修前後における魚道の遡上性能評価手法として、活用が期待される



落差改良効果の比較

4. まとめと今後の課題

➤ まとめ

- ・ バイオテレメトリー手法を用いた魚類調査を基にサケ科魚類（サケ）の遡上シミュレーションを行い、実際の遡上経路の傾向（①落差工ではなく魚道を選択して遡上すること，②魚道内を概ね41分程度で通過すること，③魚道内では流速の遅い側壁付近を遡上すること）を概ね再現できた。
- ・ 複数の仮想魚を追跡・比較することで，一定期間内における平均遡上時間や平均遡上数等の定量評価も可能
- ・ 本手法は，三次元的な挙動が支配的な魚道形式には適用が限定される。しかし，魚種や特定条件に過度に依存せず，平面二次元流況解析モデルと基本的な遊泳条件を用いることで，水路実験等のコストを抑えつつ魚類の遡上傾向を再現し遡上率等の定量評価ができる点が大きな利点である

➤ 今後の課題

- ・ 今後，遊泳サイクルやジャンプの有無等に関する設定，側壁や障害物等への挙動に関するモデル改良等，さらなる改良が必要ではあるが，魚道設置位置の妥当性検証や魚道形式の事前選定等の迅速な初期検討ツールとして活用が期待される。特に，サケ等の遡河回遊魚では，魚道設置等による改善効果検証に1年単位の期間を要するため，効果検証の評価期間短縮も期待できる