滋賀県犬上川中下流部における

熱赤外画像および二次元不定流解析を用いた 湧水性希少魚種のハビタット保全計画の検討

〇泉野珠穂(株式会社ウエスコ)・金尾滋史(滋賀県立琵琶湖博物館)・瀧健太郎(滋賀県立大学)

1. 背景と目的

1)保全対象種:ハリヨ (Gasterosteus aculeatus subsp.)

・希 少 性:絶滅危惧 I A類(自然分布は滋賀県・岐阜県のみ)

生息条件:一年中20℃以下の冷水域(湧水環境依存種)

流れが緩やかな止水域・営巣するための水草等

2) 対象地域:滋賀県犬上川中下流域

- 特徴:扇状地(セグメント1)に位置

・湧水:かつては豊富、かつ複数箇所に存在

• 現況:河床掘削や護岸・護床工等で生息地が消失

生息環境及び個体数が減少(図-1)

目的:ハリヨの生息適地の保全・再生(順応的管理)

4)調查•検討手法

①湧水地点の把握:UAVに搭載した熱赤外センサーを使用

②ハリヨ生息適地の推定:水理諸量や水温等の物理環境を

Maxentにより推定(在データが少ない場合でも有効な解析手法)

可視画像

2023年5月

熱赤外画像

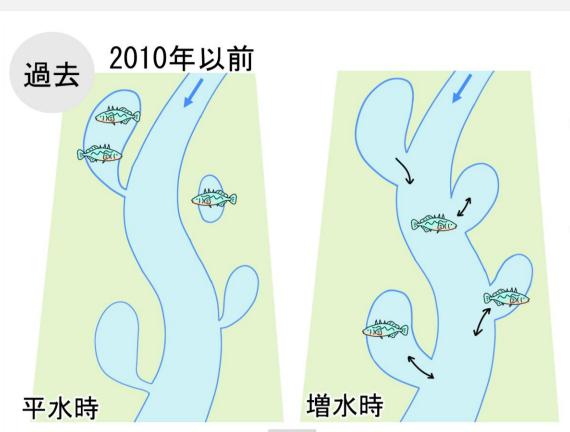
2023年1月

図-2

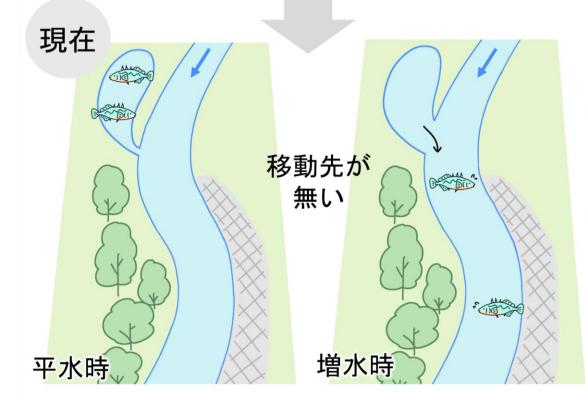
③生息地再生方法の検討:ブロック等の設置による生息確率の向上を推定

blockA

より温度が高い



- ・かつては河道内に 湧水のあるワンド が無数に存在
- ・増水時に、本流と 止水域を行き来し 分布を変化・拡大



- ・河床掘削や護床工 設置等によって、 ワンドが消失
- 今では、ひとつの 小水域にのみ生息

図-1

犬上川でハリヨが棲める場所を増やしたい!

Point1 夏でも冷たい湧水の回復 Point2 複数箇所のワンドの形成

2. 河川の中の湧水地点を探す

方法

1) 水温分布図の作成

• UAVに熱赤外センサー搭載

→空撮画像処理

温度差により 湧水地点を可視化

夏:本流より冷 冬:本流より温

・月に一度の撮影 (2023年11月~5月)

→ 継続的に水温データを取得

- 2) 水温データの評価
 - 各地点ごとに水温の 標準偏差を算出
 - → 水温安定性

3) 現地調査 夏季・冬季に各1回 水温の実測値を取得



結果

- 1) 広範囲の水温分布を面的に把握した 1月は気温が低く、本流よりも高温に 評価された地点がある(図-2中段)
- 2)標準偏差が小さい
 - ≒季節間の水温差が小さい
 - → 湧水の恒温性を表現する指標

3) 水温分布図で本流との 温度差が表れた地点は 現地で湧水の存在が確認できた

本流と下流側で接続

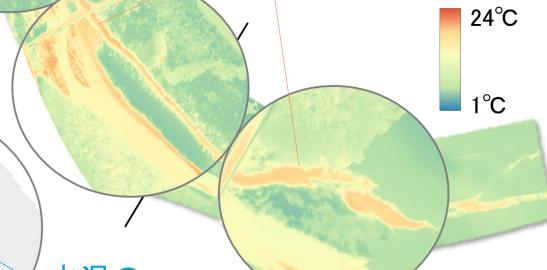
K橋

するワンド(地点No.2)

blockB

熱赤外画像をもとに湧水地点を ある程度特定できることが示された





より温度が高い

表面温度

水温の ばらつきが小さい 標準偏差(℃)

5以上

3. ハリヨの生息適地を推定する

方法

・生息適地モデルの構築 Maxent を使用(解像度1m四方)

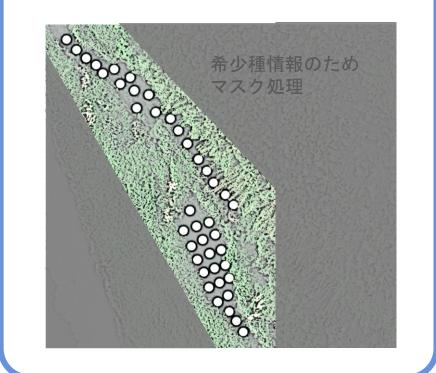
在データ

ハリヨの生息条件

- 湧水・ある程度の水深
- 緩やかな流速

環境変数

生息が確認されている 水域にポイントを作成



1/3年洪水時の水深分布

(矢印は流速を示す)

水温分布

(温度差がわかりやすい 12・1・5月のデータ)

水温安定性 (半年分の水温の標準偏差)

最大水深•最大流速 (平水時 • 1/3洪水 • 1/10洪水) AUC 0.98

M橋

・水理諸量データの抽出

→ 洪水流解析ソフト: iRIC Nays2DH

変数 寄与率 10 20 30 40 水温安定性 42.6 1月水温 15.7 平水時水深 13.3 1/10洪水時流速 12.8 8.5 1/10洪水時水深 2.3 5月水温

各環境変数の寄与率

<u>Maximum Entropy model</u> 機械学習の一種

不在データが不要でサンプル数が少ない場合でも

モデルの構築に有効(あるデータから推論できる

"最も妥当"な予測分布を作る)

2.2 12月水温 1/3洪水時水深 ■寄与率 (%) 平水時流速 0.5 1/3洪水時流速

水温安定性の寄与率が最も大きい → 湧水の特徴を表す指標として有用

図-3

洪水時は流路になる K橋 湧水地点を抜粋・拡大

地形データ: DSM(2021年測量) メッシュサイズ:約1.5m×1.5m 上流端流量:確率水位→HQ換算 (洪水規模:1/3・1/10・1/100年確率)

(平水時: 0.5㎡/s×5時間)

ハリヨの生息確率と 図-5 環境変数の関係(応答曲線) 12月 水温 1月 水温 5月 水温 0.5 53.35(°C) 31.876(°C) 17.18 1.72 1/10 洪水時水深 1/3 洪水時水深 平水時水深 1.0 0.5 0.0 3.401(m) 4.435(m) 4.121(m) 1/10 洪水時流速 1/3 洪水時流速 平水時流速 1.0 0.5 0.0 5.743(m/s)5.532(m/s)3.948(m/s)

0.5 0.0 2.037 16.16(°C)

水温安定性(標準偏差)

選好された環境条件

水温安定性: ±2.2℃まで

• 1月水温:温度が高い

- 平水時水深:深すぎない

・洪水時流速:大きすぎない

本流と陸域で隔て られたワンド内は 洪水時でも比較的 流速が抑えられている 3m/sU橋 100m 平水時の流路 洪水時も流速が大きい Depth(m) 0.0100 0.758 1.51 2.25 3.00

結果

図-6 生息確率マップ

湧水地点を抜粋・拡大

生息が予測された部分が少ない → ハリヨの生息地がほとんど 残されていない犬上川の現状

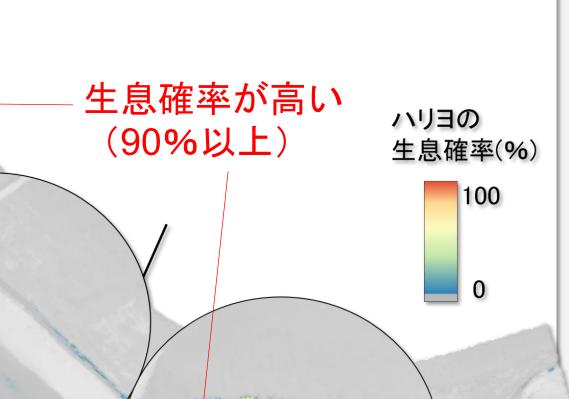
生息確率が高い (70%以上)

- ・ 湧水のあるワンドで生息確率が高い(70%以上)
- No.10は湧水があるものの生息確率が低い
 - → 水深・流速も生息適地の成立に関与することが示された

ハリヨの

ハリヨの生息条件をよく表現できている

限られた在データから湧水地点について ハリヨ生息地としてのポテンシャルを評価 洪水時でも流速が大きい → 好適環境ではない



4. ワンドの形成過程を考察する

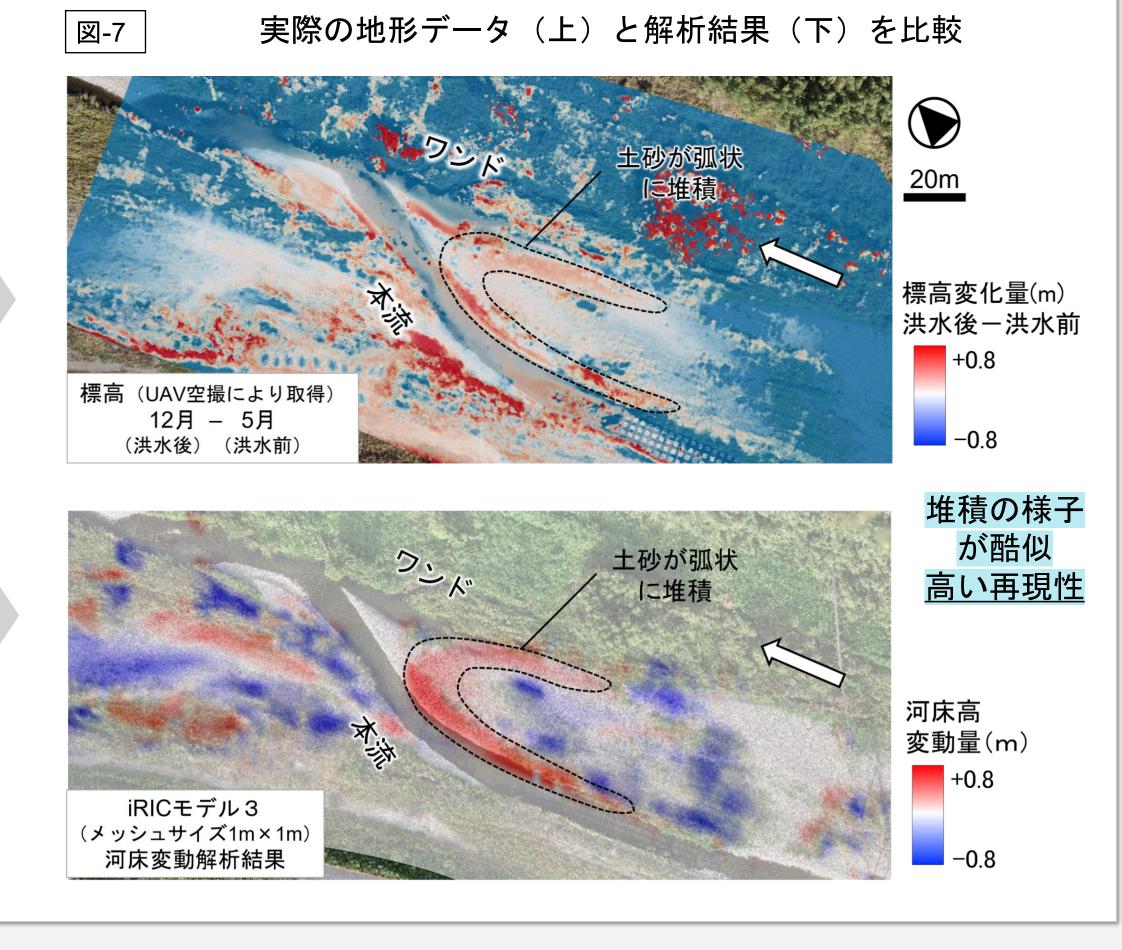
- ■洪水流下後にワンド内の水深が変化(約50cm増) (2023年8月24~26日、平均年最大流量に近い増水)
- 1)8月洪水以降、月に一度UAV空撮・水深計測 (Phantom 4 RTK、航空写真・地形データ取得)
 - → 標高の差分を算出:洪水後一洪水前
- 2) 河床変動解析で洪水時の地形変化を再現
 - → iRICで境域詳細モデルを構築

地形データ: DSM(2023年5月測量、洪水前最新)

メッシュサイズ:約1m×1m

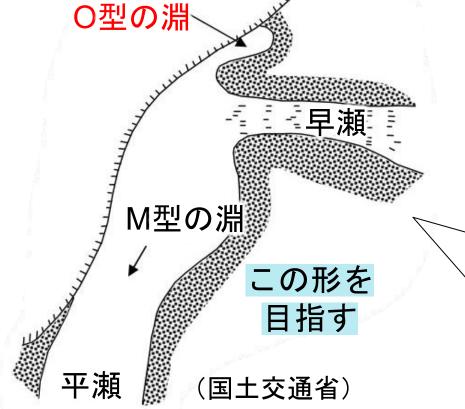
上流単流量: 2023年8月24~26日水位 → HQ換算

本流との間の陸域に土砂が堆積することで 相対的に深くなりワンドが発達する



5. 生息地再生方法を検討する

- ■河川工事が行われる中でハリョの生息地を残すためには
 - → 湧水のあるところにワンドを形成する
 - → ブロックを設置して地形を変化させる
 - ①場所の選定(No.2、No.10)
 - 湧水があり、開放的で本流との距離が近い
 - ②現場にあるもの(余剰材料)で
 - ③河川維持管理の一環で施工可能な方法
- 1)ブロック(高さ1m)設置を想定してiRICで再計算 (地形高を変更しその他計算条件は同様)
- 2) 生息適地モデルで再計算(在データ・水温の環境変数は同様)
- 3) ブロックの設置前後で比較(生息確率の差分を算出)



- ・両地点とも生息確率が20%向上
- No.10では本流と二次流路の間に土砂 が堆積 → ワンドに発達する可能性

「旧澪筋の名残や人為的な掘削による 本流から入り込んだ深み」 No.2(洪水時の地形変化を再現)、 No.11(安定したワンド)と同じ地形

No.2: 自然にワンドが成長 → 人為的改変不要、以後経過観察 No.10:バーブエを2基設置することでO型の淵の形成を促進

6. まとめ

- ① UAVと熱赤外センサーを使用し湧水地点を特定
- ② 水温と流況データを組み合わせて適地を推定
- ③-1 洪水時の地形変化・ワンドの形成過程を再現
- ③-2 ブロック設置前後の生息確率の変化を比較

以上の組み合わせで具体的な対策を計画することができる

今後:データの蓄積・モデルの検証 → 順応的管理

(令和7年春の段階で回復の兆しを確認中)

