

ALB 計測データを用いた流況解析に基づく PHABSIM による アユの産卵場の物理環境の評価

岡山大学 学生会員 ○高橋 幸生
岡山大学 正会員 吉田 圭介
岡山大学 フェロー会員 前野 詩朗
岡山大学 正会員 赤穂 良輔

1. はじめに

近年、岡山県のアユの漁獲量が激減している。原因として供給土砂の減少及び異常多雨・異常少雨の増加による河川流量の不安定化等により、アユの産卵環境が悪化していることが考えられる。アユの産卵場の条件として、瀬であること¹⁾、河床環境が浮き石状態であること²⁾が好ましいとされているが、そのような箇所を判断する基準は明確ではない。地形、流量、水温、水質等、住処を決める上で重要な要素は生物によって様々である。その中でもアユの産卵場には、河道の物理環境が大きく影響しているため、良好な産卵場を知るためには、詳細な河道形状の把握が必要不可欠である。従来の生息環境評価の研究で用いられてきた地形データは、陸域は定期横断測量、小型無人機(UAV)によ

る写真測量、航空レーザ (Laser Profiler, 以下 LP とする) 計測により取得され、水域はボートに GPS 測深機をつけて取得している。しかし、それぞれの測量法は水域の地形を取得できないもしくは適用範囲が限られているため、河道全体の面的な地形情報を正確に反映できていないのが現状である。一方、近年、航空レーザ測深(ALB)技術の向上により、広範囲で陸域と水域を連続で面的に取得できるようになっている。

そこで本研究では、まず、旭川祇園地区を対象に、ALB データと定期横断測量データを用いて、地形の違いが平水時の流況解析及び生息場環境の評価に及ぼす影響について検討を行う。次に、洪水前後の ALB データを用いて流況解析を行い、中小規模の洪水が生息場環境の評価に及ぼす影響を確認した。

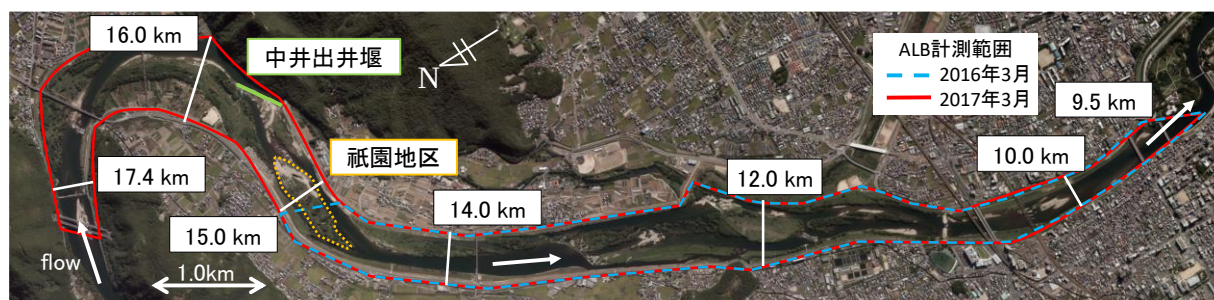


図-1 ALB 計測対象区間

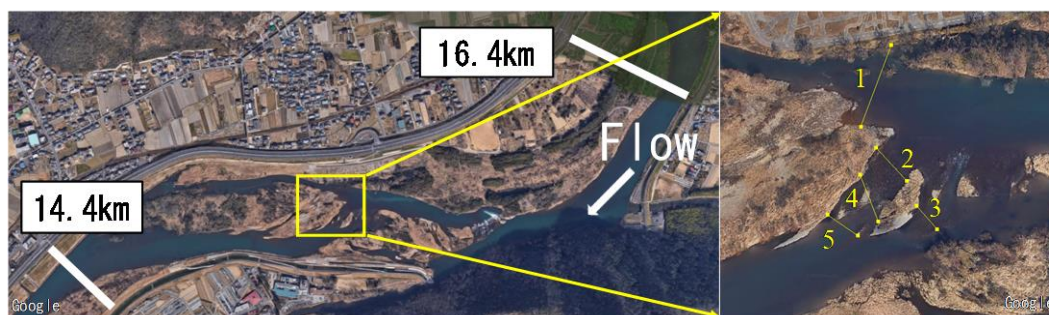


図-2 (a) 解析対象範囲(祇園地区)

(b) 現地調査箇所

キーワード ALB, PHABSIM, アユ, iRIC

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科

TEL 086-252-1111

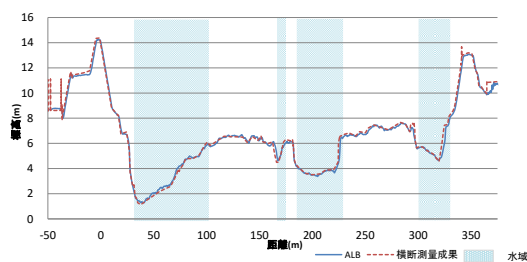


図-3 13km 横断面図比較

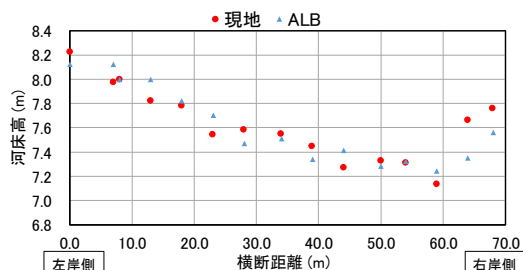


図-4 現地(河床高)比較：側線 1

計算格子	4m
流量	33.6m ³ /s
水位	6.9m
粗度係数	砂州・高水敷：0.026m ^{-1/3} s, 低水路：0.028m ^{-1/3} s

表-1 解析条件

Case	陸域	水域
(a)	ALB (2017年3月)	定期横断測量 (2013年)
(b)	ALB (2017年3月)	
(c)	ALB (2017年11月)	

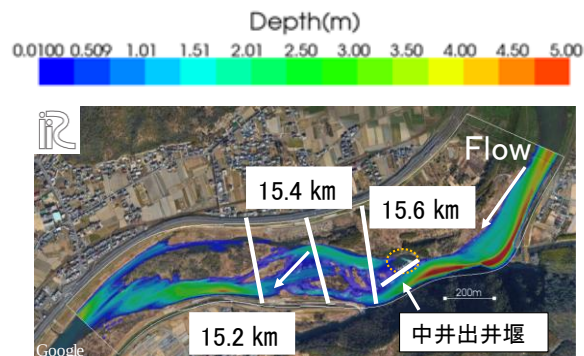
表-2 地形データ

2. 現地調査

岡山県農林水産総合センター水産研究所の岡山県アユ資源調査報告書³⁾より、旭川河口から 14.4km～16.4km に位置する祇園地区において、アユが産卵する可能性があることから、図-1 より、2017 年 11 月 15 日に祇園地区を対象に、平水時の水深、河床高を調査した。祇園地区の調査箇所は図-2 (b) に示す。河床高と水深の調査結果は 4.1 で示す。

3. 数値解析モデル

本研究では、表-1 の解析条件を基に、河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアである iRIC⁴⁾に含まれる平面二次元ソルバーNays2DH を使用した。アユの産卵場としての生息場環境評価を行うために、PHABSIM モデル(Physical Habitat Simulation System)を採用した。PHABSIM は、水深や流速などの物理量を用いて魚類が好む生息場の位置や面積等を評価する方法として広く知られている。アユの産卵場の選好曲線は、永矢ら⁵⁾が検討した式を用いた。用いた式を以下に示す。



(a) 陸域：ALB，水域：定期横断（2013 年）



(b) 陸域，水域：ALB（2017 年 3 月）

図-5 水深コンター図（色無し：水深 0.01m 未満）

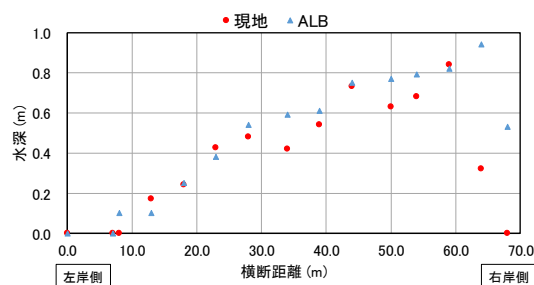


図-6 現地（水深）比較：側線 1

$$CSI = SI(h) \times SI(v) \times SI(s)$$

ここには、それぞれ水深、流速及び底質に対する選好値であり、次式に示す。

$$SI(h) = 33.3h \quad (0 \leq h(m) < 0.03)$$

$$SI(h) = 1 \quad (0.03 \leq h(m))$$

$$SI(v) = 0 \quad (0 \leq v(m/s) < 0.3)$$

$$SI(v) = 3.3v - 1 \quad (0.3 \leq v(m/s) < 0.6)$$

$$SI(v) = 1 \quad (0.6 \leq v(m/s) < 1.0)$$

$$SI(v) = -1.4v + 2.4 \quad (1.0 \leq v(m/s) < 1.7)$$

$$SI(v) = 0 \quad (1.7 \leq v(m/s))$$

$$SI(s) = 0 \quad (0 \leq u_*(m/s) < 0.05)$$

$$SI(s) = 1 \quad (0.05 \leq u_*(m/s) < 0.12)$$

$$SI(s) = 0 \quad (0.12 \leq u_*(m/s))$$

4. ALB 計測から得た地形データの有用性の検討

図-1 に示す区間で、2016 年 3 月と 2017 年 3 月、11 月に ALB 計測が実施された。2017 年 3 月と 11 月の間

に二度出水が生じた。旭川では $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 規模の洪水は年一回のペースで起こるが、9 月に最大流量 $1142 \text{ m}^3/\text{s}$ 、10 月に最大流量 $1317 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。

4.1 ALB 計測の精度検証

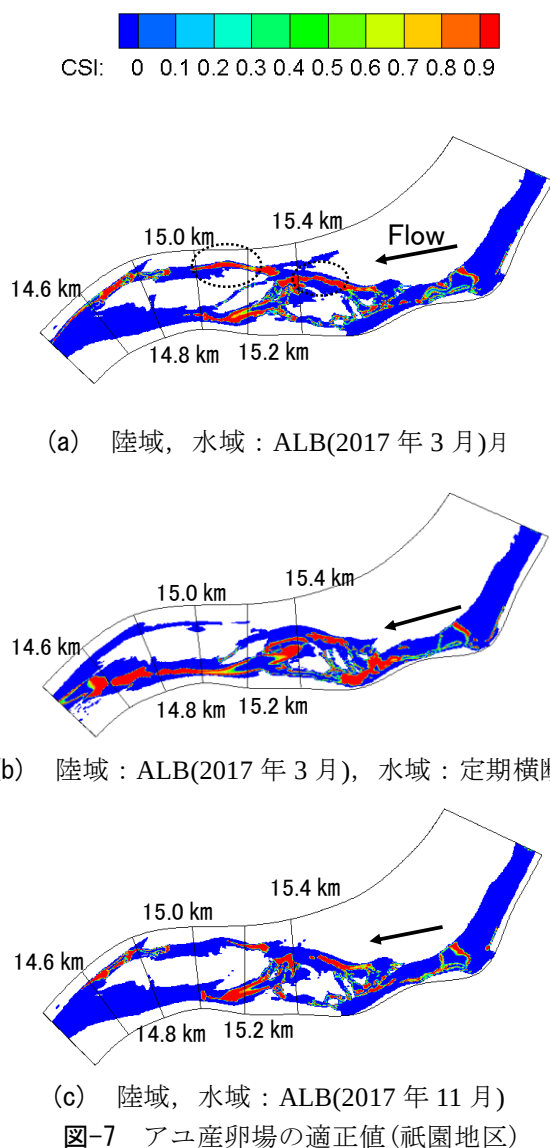
ここでは、計測時期に近い 2016 年 3 月の ALB データと 2013 年定期横断測量成果の比較を図-3、2017 年 11 月の ALB データと現地での側線 1 の実測値の結果の比較を図-4 に示す。その結果、細かい形状などの再現性に課題は残ったものの、横断形状を誤差数 cm～20cm 程度で精度良く再現することができた。

4.2 ALB データを用いた流況解析

今回対象とする河川の旭川祇園地区は、河道が湾曲し、中洲が存在する複雑な河道形状となっている。定期横断測量成果を内挿して地形を再現する手法が一般的に用いられてきたが、陸域と水域の連続的なつながりや、水域の連続的な形状を再現することは容易ではない。一方で、ALB データは面的な河道形状を取得できるため、祇園地区のような河道形状が複雑な箇所でも、水域を含めた地形を詳細に再現することが可能である。以上を踏まえ、祇園地区において、異なる地形データを用いることで、水深や流れにどの程度違いが生じるのかを検討する。その後、ALB データを用いて流況解析から算出された水深と、祇園地区の現地での実測値の比較を行い、解析結果の妥当性を検討する。表-2 は陸域と水域で用いる地形データをまとめたものである。

4.3 地形の違いが流況に及ぼす影響

表-2 より、Case(a)と Case(b)の地形データを用いて、解析から得られた水深のコンター図を図-5 に示す。図-5(a)は、中井出井堰下流の橙丸部と $15.2 \text{ km} \sim 15.4 \text{ km}$ に位置する分流箇所において水が流れていないことがわかる。橙丸部と分流部ともに、上下流の側線が陸域データの影響を受けることで、内挿する際に河床高が大きくなってしまったことで、水が入らなくなったと考える。また、橙丸部に水が入らなかったことで、その分の流量が左岸側にも影響を及ぼしてしまい、平水時でも $15.4 \text{ km} \sim 15.6 \text{ km}$ に位置する砂洲に水が流れてしまっている。図-5(b)は定期横断データでは再現性が不十分だった中井出井堰上流側や直下流の水域、中洲で分岐する流れを再現できている。堰上流側では、定期横断データを使ったケースの場合、水深が大きい箇所が低水路の形状に沿って続いていたが、ALB の場合



は不連続であることが分かる。また、中洲周辺では、右岸側の低水路は、流下方向に比較的同程度の水深が続いているのに対し、左岸側の低水路は、一部で浅瀬が広がっている様子が確認できる。このような水深の分布の不連続性は、低水路内の微地形を再現できているからである。

4.4 解析結果と現地調査の比較

図-6 に、現地調査した側線 1 の水深と ALB 計測から得られた地形データで流況解析を行い、算出された値の比較を示す。数か所で大きく差があるのは、格子幅が 4 m のため、現地の座標から一番近くても数 m 離れている可能性があること、その周辺の地形が急に変化していることが挙げられる。祇園地区の他の点では、概ね数値が近い値を表示しているので解析結果の妥当性が検証された。

5. PHABSIMによるアユの産卵場環境の評価

前章の流況解析によって算出された物理量を用いて、アユの産卵場環境としての生息場環境評価を行う。異なる地形データを用いることで、アユの産卵場環境の評価にどの程度違いが生じるのかを検討する。その後、祇園地区にて出水前後のALBデータを用いて、流況解析に基づくPHABSIMによるアユの産卵場環境の評価の変化を考察する。

5.1 地形の違いが産卵場環境に及ぼす影響

図-7は、それぞれの地形データを用いて、解析を行った結果を基にPHABSIMによって、アユの産卵場環境を評価した。まず、14.6km～15.4km区間に存在する中洲周辺において、図-7(a)では、右岸と左岸の両方に産卵場として良好な場所と判断されたのに対し、図-7(b)は、左岸側に良好な場所が集中した。定期横断のデータを用いて流況解析した際に、分流しなかったため、流れが片方に集中したことで流速及び摩擦速度が、大きくなったことにより、このような違いが生じた。次に、図-7(b)の中井出井堰周辺で良好な場所として判断されているのは、前述したように中井出井堰上部に水が入らなかったため、その分の流量が中井出井堰下部に流れてしまい、上記と同様の結果になったと考えられる。

5.2 出水が産卵場環境に及ぼす影響

祇園地区で3月と11月のALB計測から得られた地形データを用いて、産卵場環境の評価を行った。3月から11月までの間に1000cm³/s規模の出水が二度起こったため、出水による産卵場環境の評価の変化を示した。祇園地区では、図-7(a)の黒点線で囲った好適な産卵箇所が、図-7(c)ではなくなっていることが分かった。

6. 結論

以下に本研究で得られた結論を示す。

- 1) ALB計測の精度検証として、定期横断測量や現地での実測値と比較した。その結果、一部を除き数cmから数十cm程度で河道形状を再現でき、河川を対象とした数値解析に必要な地形精度を満たすことを示した。
- 2) 定期横断測量データによる平水時の流況解析結果では、低水路内で水が流れない箇所が生じた。これは、内挿時に上下流の側線が陸域データの影響を受けることで、低水路内の河床高が大きくな

ったことにより水が流れなかったためである。一方、ALBデータを用いた解析では、面的に詳細な河床形状の再現により、中井出堰上流側や直下流の水域、中州で分岐する流れを再現できている。また、流況解析の結果の違いが、生息場環境評価に影響を及ぼし、産卵場環境として好適な箇所が大きく異なることが確認できた。

- 3) 出水前後のALBの地形データを用いることで、出水前後の適正值の変化を面的にとらえるが出来、祇園地区では産卵に好適な河道面積が二割程度減少した。

参考文献

- 1) 石田力三：アユの産卵生態-II，産卵魚の体型と産卵床の砂礫の大きさ，日本水産学会誌，Vol.27，No.12,pp.1052-1057,1961.
- 2) 石田力三：アユの産卵生態-IV，産卵水域と産卵場の地形，日本水産学会誌，Vol.30，No.6,pp.478-485,1964.
- 3) 岡山県農林水産総合センター水産研究所：岡山県アユ資源調査報告書，2016.
<http://www.pref.okayama.jp/page/383872.html>.
- 4) 河川シミュレーションソフト iRIC,
<http://i-ric.org/ja/>.
- 5) 永矢貴之，釜瀬明日香，白石芳樹，鬼束幸樹，東野誠，高見徹，東均，秋山壽一郎：アユ産卵場の保全と創出を目指した河道掘削断面の選択手法の提案，河川技術論文集，第15巻，pp.79-84，2009.