

米代川における鮎の産卵床となる砂州が 融雪出水から受ける影響

IMPACT OF SNOW-MELTING FLOOD TO DEFORMATION OF SANDBAR AS SPAWNING GROUND FOR AYU IN YONESHIRO RIVER

橋本 尚棋¹・安田 浩保²・渡邊 康玄³・堺 茂樹⁴

Naoki HASHIMOTO, Hiroyasu YASUDA, Yasuharu WATANABE and Shigeki SAKAI

¹ 学生会員 北海道大学大学院北方圏環境政策工学専攻 (〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目)

² 正会員 博(工学) 独立行政法人 寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目)

³ 正会員 博(工学) 北見工業大学大学院土木工学専攻 (〒090-8507 北見市公園町 165)

⁴ 正会員 工博 岩手大学土木工学専攻 (〒020-8551 岩手県盛岡市上山 4-3-5)

The Yoneshiro river has very good and many spawning grounds for ayu. The river experiences snow-melting flood every year from begin of March to end of May. After 2006 snow-melting flood, the river form is extremely changed and the good spawning around 22km from the mouth disappear. We think that that main reason is that the duration of 2006 flood is longer than normal year. Recently, the river researcher indicate that sandbar deformation process is affected the duration time of flood with flume experimental study and theoretic analysis. In this study, the deformation process is reproduced with 2d numerical model for river bed fluctuation to investigate the deference of the duration of flood in natural river. The results of long flood shows that river bed fluctuation is larger than the short flood like normal year.

Key Words : sandbar, Yoneshiro river, ayu, Numerical analysis, Nays

1. はじめに

秋田県内を東西に流れて日本海に注ぐ米代川は、鮎の産卵場に相応しい砂礫床の浅瀬が多数存在し、鮎の豊かな生息環境を提供している貴重な河川の一つである。しかし、2006 年春季の融雪出水を経て河道形状が大規模に変形し、砂州の波高が増大してそれまで良好な産卵床として機能していた早瀬の大部分が消失した。この河道形状の変形のうちもっとも注目すべき点は、毎年春季に米代川は融雪出水を経験するにもかかわらず、このような大規模な河道形状の変形が生じたのは 2006 年春季の融雪出水だけであった点である。

この特徴的な河道形状の変化は、近年、水理実験結果に基づき指摘されるようになってきた中規模河床波の発達に対して洪水などの水理量の非定常性や洪水継続時間が大きく影響していることから説明できるものと考えられよう。流量が変化する洪水時の砂州の形成に関しては、Tubino¹⁾や渡邊ら³⁾が解析的に検討を実施するとともに、三輪ら²⁾や渡邊ら³⁾が水理実験を行い、水理量の時間変化が重要であることを指摘してきた。特に渡邊らは、砂州の発達速度と水位の時間変化速度と



図-1 米代川の概況図面 (河口～KP26)

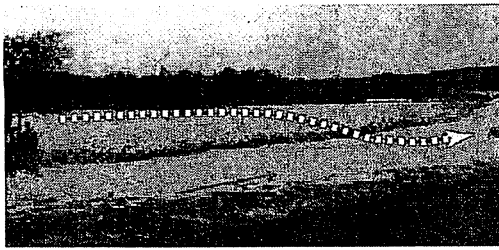
の比に着目している。

そこで、本研究では、実河川スケールにおける前述までの関係性を調べるために、流量ハイドログラフの流量規模や洪水継続時間の差異による米代川の河道形状の変形の応答についての 2 次元河床変動計算を行った。

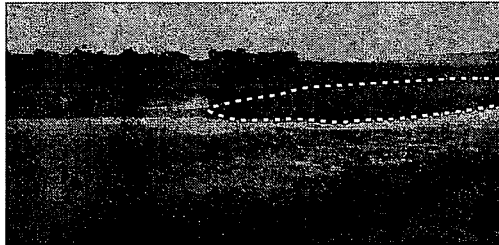
2. 解析対象河川の概要と近年の洪水流況

(1) 米代川と鮎の産卵床の概要

今回、研究対象とした米代川は、秋田県北部を流れる米代川水系の本流であり途中の支川を合流させると



a) 2005 年 10 月、二ツ井水位観測所水位：0.41m



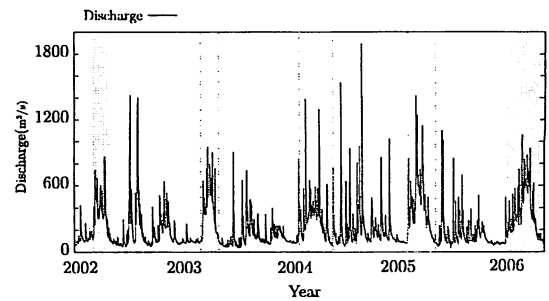
b) 2006 年 6 月、二ツ井水位観測所水位：0.43m

写真-1 KP22 地点周辺の流況を撮影したスナップショット

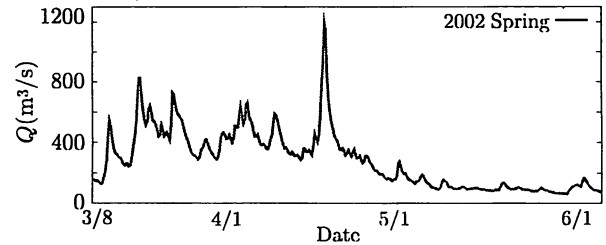
流域面積 4,100km²、流路延長 136km の 1 級河川である。米代川は河口から約 70km 上流まで遡上を妨げる横断工作物が存在しない自然豊かな川である。

2005 年に実施された鮎の生息域調査によると、河口から 22.2km 地点（以後 KP を用いる）の早瀬にはこの調査で最大級の約 35,000m² もの大規模な産卵床が存在していたことが発見されるなど、河口から 50km までにあたる広い範囲で多くの産卵床が確認され、その合計は 48,145m² に達していたことが報告されている。その後の 2006 年の同様の調査では、この地点の産卵床面積は 4,120m² にまで急激に減少していたことが確認され、この地点での産卵床面積が減少したことが一つの原因となり、米代川全域の産卵床面積は 2005 年の調査結果と比べて約 20,000m² もの減少となっていたことが報告されている。

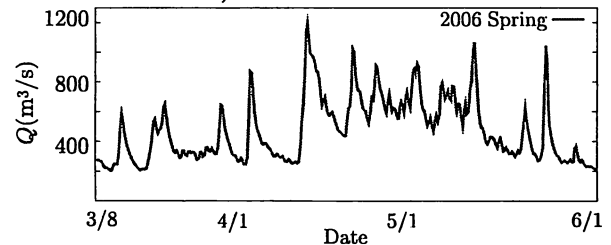
このような大幅な産卵床減少の要因としては、種々の規模の洪水などの擾乱を受けたことにより早瀬の代表粒径が大きくなったことや礫表面に汚れが多かったことなどが挙げられている。その一方で、写真-1 a), b) に示したように、この地点では 2006 年春季の融雪出水を契機に大幅に砂州波高が増大している。これらの写真から分かるとおり、2005 年 10 月時点では砂州を横切る流れが確認できるのに対し、2006 年 6 月時点では点線で囲まれた領域において顕著に砂州が発達していることが分かる。この河道形状の変形のため、良好な産卵床として機能してきた早瀬は消失し、この地点前後の産卵床面積の減少したことが推測される。



a) 2002 年から 2006 年の日平均流量



b) 2002 年融雪出水



c) 2006 年融雪出水

図-2 二ツ井水位流量観測所の流量観測値

(2) 米代川の近年の洪水流況と河道変動要因

鮎産卵床となる早瀬を流失させた河道変形の原因として、上流域での土砂掘削や護岸などの河川構造物の設置であるとの指摘がされている。

しかし、2006 年融雪出水後のみ、河道形状の変化が顕著であったことを踏まえると、洪水継続時間に着目して考えるのが妥当であろう。まず、毎年、米代川は図-2 a) に示したとおり最大流量が 1000m³/s 程度の融雪出水を毎年経験するにもかかわらず、大きな河道形状の変化が目立ったのは 2006 年の融雪出水後だけである。また、図-2 b) と c) を見比べれば分かるように、2006 年の融雪出水は最大流量 1200m³/s、期間が 100 日程度と例年に比べ 1 ヶ月以上も長期間にわたっていた。このように洪水継続時間の差異が 2006 年出水と他の出水との大きな違いとなっていることが分かる。このために砂州の発達・変形が通常の融雪出水期と比べて急激に進展して河道内の起伏のコントラストが明瞭となり、その結果として KP22 地点の近傍では局所的な洗掘が発生したことが推測される。

3. 数値解析モデル

本研究では、融雪出水の洪水継続時間の違いが砂州の発達・変形が支配的な要因であると位置づけ、河道形状の再現計算を平面河床変動モデルを用いて行った。すなわち、対象とする融雪出水は2006年、および最大流量規模は2006年と同一であるもののその継続時間がより短い2002年を対象とした。

数値解析には、北海道河川防災研究センターが開発した、計算格子生成に用いるプレスシステム、計算結果を自在に可視化するポストシステム、およびこれに付属する北海道大学で開発された2次元河床変動計算モデルの三者から構成されるNaysを使用した。

(1) 流れの基礎式

流れの解析を平面2次元浅水方程式で解いており連続の式が(1)式、運動方程式が(2)、(3)式となっている。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x \quad (2)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -hg \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + D^y \quad (3)$$

である。ただし、

$$\frac{\tau_x}{\rho} = C_d u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (4)$$

$$\frac{\tau_y}{\rho} = C_d v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (5)$$

$$D^x = \frac{\partial}{\partial x} [\nu_t \frac{\partial(hu)}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [\nu_t \frac{\partial(hu)}{\partial y}] \quad (6)$$

$$D^y = \frac{\partial}{\partial x} [\nu_t \frac{\partial(hv)}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [\nu_t \frac{\partial(hv)}{\partial y}] \quad (7)$$

$$C_d = \frac{gn_m^2}{h^{1/3}} \quad (8)$$

ここで、 x, y :直線直行座標軸、 h :水深、 u :流下方向の水深平均速度、 v :横断方向の水深平均速度、 H :水位、 τ :河床せん断力、 g :重力加速度、 ρ :水の密度、 C_d :河床の抵抗係数、 n_m :マンニングの粗度係数、 ν_t :渦動粘性係数である。ただし、計算は一般曲線座標系で行っている。

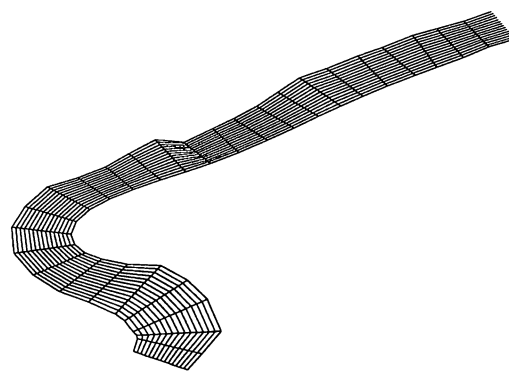


図-3 計算点配置図

(2) 河床変動計算の基礎式

河床変動計算の基礎式は流砂量式として芦田・道上の式(9)により求め、

$$q_b = 17\tau_*^{3/2} (1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}) [1 - \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}}] \sqrt{s_g d g^3} \quad (9)$$

$$\tau_* = \frac{C_d V^2}{s_g g d} \quad (10)$$

$$V = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (11)$$

河床高を(12)式の連続の式より求める。

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} [\frac{\partial q^x}{\partial x} + \frac{\partial q^y}{\partial y}] = 0 \quad (12)$$

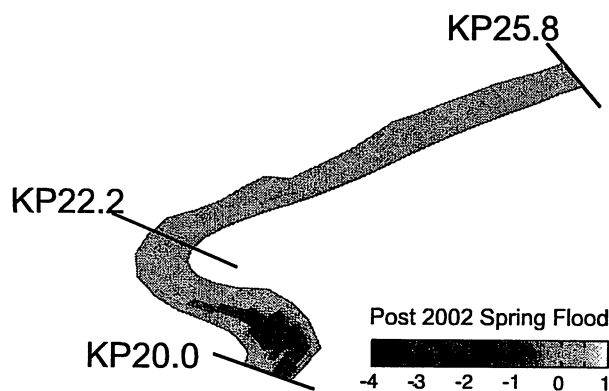
ここで、 τ_* :無次元せん断力、 τ_{*c} :無次元限界せん断力、 s_g :水中比重、 d :粒径、 V :合成流速

(3) 計算条件

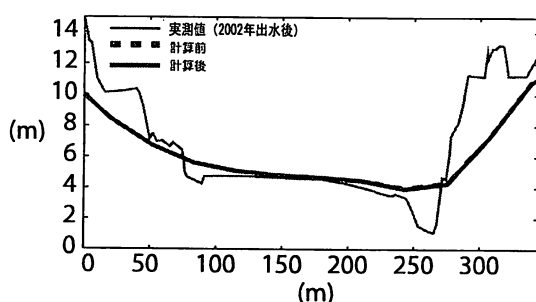
計算対象区間はKP20.0からKP25.8とし、2002年の横断測量成果に基づき図-3のように縦断方向の断面間隔はおおむね200m、横断方向にはその断面を14分割する計算点の配置とした。

計算の境界条件は、下流端は水位、上流端は流量とした。下流端水位についてはKP20.0にある富根観測所の観測値を与えた。また上流端の流量については、KP29.0にある二ツ井水位・流量観測所の観測値を与えた。対象とする融雪出水は図-2 b)とc)に示した2002年、2006年の二つとし、計算期間は両者ともに3月8日から計算を開始し、2002年は5月6日で終了とし2006年は6月7日までとした。初期条件については全区間に等流水深を与え、河床変動を無視した流動のみの助走計算を3時間行ったあとで、河床変動計算を実施するようにしている。

河床変動計算に与えた河床材粒径は、河床材料調査により得られたこの区間での平均粒径である28mmを与えた。この他に、10~26mmまで1mmずつ粒径を変化させた計算も行っており、これら粒径別の合計10

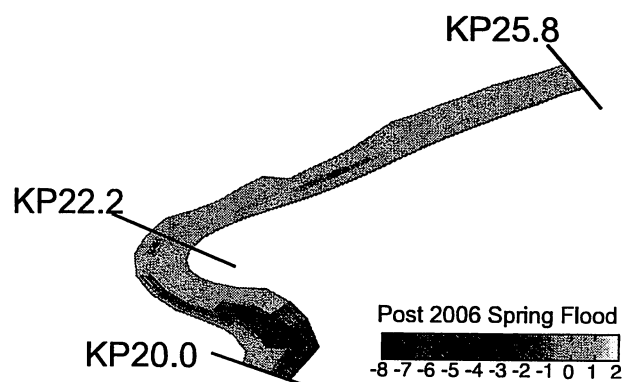


a) 融雪洪水後の累積河床変動量のコンター図

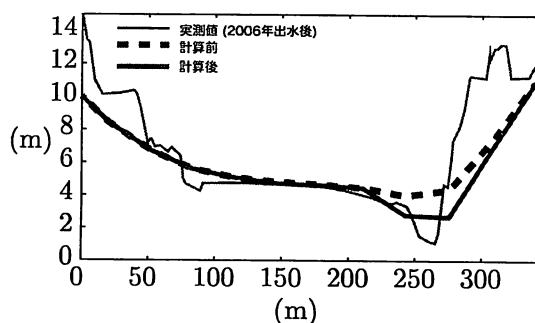


b) KP22.2 地点における測量値と計算値の比較図

図-4 計算結果 (2002 年融雪出水後)



a) 融雪洪水後の累積河床変動量のコンター図



b) KP22.2 地点における測量値と計算値の比較図

図-5 計算結果 (2006 年融雪出水後)

ケースについて 2002 年、2006 年出水のいずれに対しても実施した。

4. 計算結果

境界条件に 2002 年融雪出水を与えて計算した結果を累積河床変動量図として図-4 a) と b) に示した。同図に示したように計算対象領域の全域で河床変動量は小さいことが分かる。また、今回問題となっている KP22.2 地点の下流と上流に変動が見られるものの、同図 b) に示したとおり産卵床となっている KP22.2 付近での変動はほとんどなかった。

境界条件に 2006 年融雪出水を与えて計算した結果を累積河床変動量図として図-5 a) と b) に示した。2002 年融雪後と比べると、計算対象領域の全域で河床変動量が大きくなっていることが分かる。KP22.2 地点についても同図 b) に示したとおり、湾曲部の外岸側でおよそ 2m の深掘れが融雪出水後に生じた。これは、同図中の細線で示した 2006 年の融雪出水後に実施された測量実測値の傾向とよく一致する。

なお、全 10 ケースの計算を実施しているが、ここに掲載した図面は 2002 年、2006 年ともに河床材の粒径を 10mm とした場合のものである。実際の河床材調査と比べると小さな値となっているが、河床材調査では表面近傍の採取にとどまっていること、特に湾曲部では横断方向に粒径のばらつきがあることを考えると妥当な値といえよう。

5. おわりに

2002 年と 2006 年の 2 つの出水は、継続時間は大きく異なるもののピーク流量はそれほど変わらず、交互砂州が形成される水理量である。2 つの洪水で米代川におけるアユの産卵場である砂州の挙動が大きく異なった原因として、数値計算の結果、洪水継続時間の違いが支配的であったと想定される。すなわち、2006 年の出水は、継続時間が砂州の発達に対して十分に長く、2002 年の出水はピーク流量は同じでも砂州の発達に対して継続時間が十分ではなかったといえる。このことは、砂州の発達に関して水位の時間変化速度が重要であるとした渡邊らの結果とも一致している。

謝辞 国土交通省東北地方整備局能代河川国道事務所より資料の提供等の御尽力を御協力を頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Tubino, M. : Growth of alternate bars in unsteady flow. Water Resources Research, Vol.27, No.1, pp37-52, 1991.
- 2) 三輪浩, 池川香織, 谷和憲 : 正弦波状流量変化による交互砂州の発達・変形過程, 土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集第 2 部, pp.540-541, 2000.
- 3) 渡邊康玄, 佐藤耕治, 大山史晃 : 非定常流の下での砂州形成実験, 土木学会水工学論文集第 46 巻, pp725-730, 2002.

(2008. 4. 3 受付)