

烏・神流川における 濁水によるサケの産卵床への影響と 河川工事の配慮に関する一考察

Impact of muddy waters to salmon spawning beds
and river conservation study on the Karasu-kanagawa River

佐藤祐壮¹・利根川誠²・小見一志³・野口明義⁴・並木和弘⁵・島村彰⁶
Yoshiaki SATO, Makoto TONEGAWA, Kazushi OMI, Akiyoshi NOGUCHI,
Kazuhiro NAMIKI, Akira SHIMAMURA

^{1,4}国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所 工務第一課 (〒370-0841 群馬県高崎市栄町6-41)

²国土交通省関東地方整備局江戸川河川事務所 調査課 (〒278-0005 千葉県野田市宮崎134)

³国土交通省関東地方整備局利根川水系砂防事務所 調査・品質確保課(〒377-8566 群馬県渋川市渋川121-1)

^{5,6}株式会社 建設環境研究所 応用生態部 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-23-2)

In recent years, upstream movement of salmon has been confirmed on the Tonegawa River system and Karasu-kanagawa River, which attracted interest in citizen. Therefore, field surveys have been carried out to study salmon spawning ground since 2007.

This paper shows that the impact of muddy water from river conservation work on salmon egg by conducting field test was small.

Key Words : upstream movement of salmon, spawning of salmon, effect of muddy water, Fredle Index.

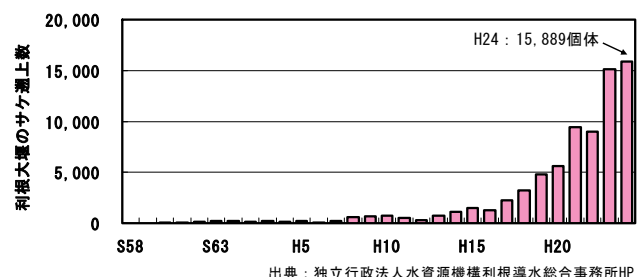
1. はじめに

利根川水系では、昭和40年代にサケの遡上が見られなくなったが、カムバックサーモン運動等の市民活動、河川の水質改善、利根大堰の魚道改修、自然産卵の増加などにより、昭和50年代にサケが戻り始め、近年では遡上数が年々増加している(図-2)。また、利根川水系は本州太平洋岸におけるサケ遡上の南限として学術上貴重であり、地域の関心も高い。しかし、サケの産卵・孵化の時期は、河川における非出水期間と重複しており、地域からは河川工事に対してサケの産卵・孵化に配慮を求められている。河川工事を行う際には、濁水を発生させないように細心の注意を払い施工を実施しているが、実際に工事の濁水がサケの産卵等に及ぼす影響について詳細に把握されてはいない。

本研究では、サケの産卵・孵化に配慮した河川工事に資することを目的に、利根川の支川、烏・神流川を対象に河川の濁水がサケの産卵場にどの程度影響を与えるかについて、現地試験を行った。



図-1 烏・神流川の位置図



出典：独立行政法人水資源機構利根導水総合事務所HP

図-2 利根大堰におけるサケ遡上数の推移

2. 烏・神流川におけるサケの遡上の現状

(1) サケの生態について

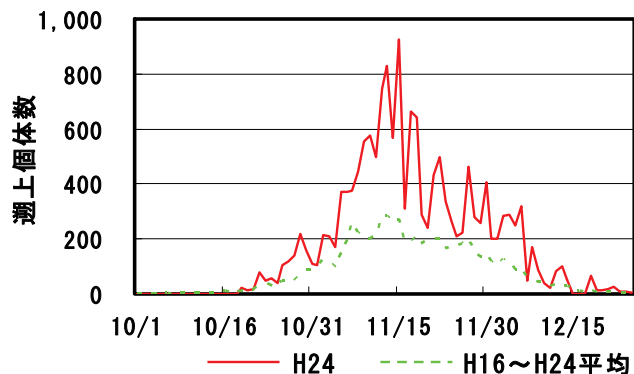


図-3 利根大堰におけるサケ遡上数の推移

サケの一般的な生態について整理する。

サケは9月頃から河川の遡上・産卵を開始し、産卵後2ヶ月程度で卵から孵化する。孵化後は臍嚢と呼ばれる袋の中の卵黄を栄養源とし、この卵黄を吸収し終えるまでの1~2ヶ月程度を産卵床の礫間で過ごし、3~5月頃に遊泳生活にはいり海へ降る。数年間海を回遊した後に、生まれた川へ帰ってくる母川回帰の習性がある。

利根川と烏川の合流点より約30km下流にある利根大堰地点におけるサケの遡上調査によると、11月中旬頃に遡上数のピークを迎えている（図-3）。サケの遡上速度は速い個体で約2km/h¹とされており、利根大堰を通過したサケは、烏・神流川においても概ねこの時期に遡上、産卵していると考えられる。

烏・神流川においては11月から5月が非出水期間のため、河川内での工事最盛期とサケの遡上・産卵・孵化等の期間が重複する。

(2) 烏・神流川におけるサケの産卵場の把握

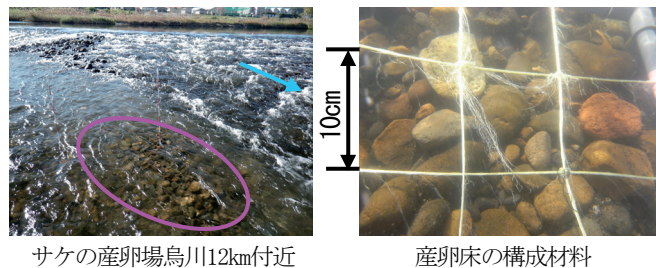


写真-1 サケの産卵場と産卵床の構成材料

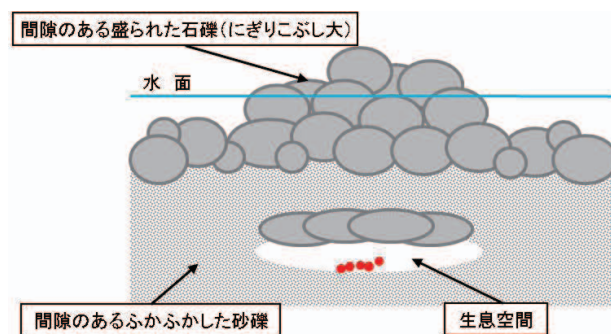


図-4 サケの産卵床の構造イメージ

烏・神流川のサケ産卵場の分布状況を把握するため、平成19~23年にかけて現地踏査及び関係機関へのヒアリングを実施した。その結果、サケの産卵場は、早瀬と平瀬の境界や淵から早瀬に変化する水際付近に分布する傾向が見られた（写真-1）。また、産卵床は図-4のような構造をしていると考えられ、2~10cmの礫が主体で、間隙が多く河床が堅く締まっていない浮石状態の箇所が多く見られた。

なお、調査で蓄積したサケ産卵場の分布情報については、今後の河川管理に資するため、瀬・淵等の情報と重ね合わせ、河川平面図上に整理した（図-5）。

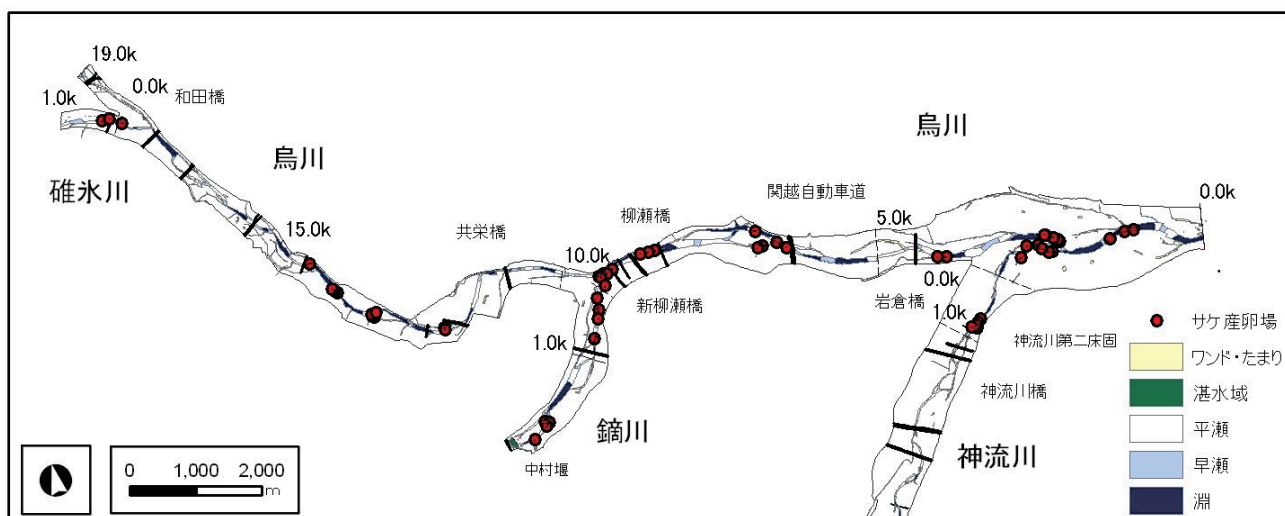


図-5 烏・神流川のサケ産卵場マップ

3. 濁水の影響把握調査

次に、河川の濁水がサケの産卵等へ与える影響を把握するために行った現地試験の概要と結果について以下に述べる。

(1) 現地試験の着眼点

a) 濁水によるサケの産卵等への影響

濁水によるサケの産卵等への影響としては、①濁りによる成魚の産卵忌避や、降下期の稚魚の鰓の閉塞・食餌量の低下などの生理的影響、②産卵後の濁水成分（細粒分）の堆積に伴う通水性の悪化や、孵化後の生息空間の減少によるサケの生残率の低下等が想定される。

本研究では、河川内での工事最盛期と重複するサケの産卵・孵化等への影響を把握するため、②の産卵床への細粒分の堆積に着目した。そして、河床の空隙状況と孵化後のサケの生残率の関係について把握するために、実際にサケの卵を烏川の河床に埋設し現地試験を実施した。

b) Fredle指数

産卵床の礫の空隙状況を表す指標のひとつとして、Fredle指数²⁾がある。Fredle指数とは、礫組成によって決まる空隙のサイズと透水性がサケ生残率に影響すると考え、粒度組成の分析結果をもとに、礫径の幾何平均を分子の変数、75%粒径と25%粒径の礫サイズの比の平方根を分母の変数として用い、算出した値である。

Fredle指数とサケの孵化・浮上期の生残率には相関があり、礫間の空隙が大きいほどFredle指数は大きい値を示し、生残率が高くなることや、Fredle指数が4.8を下回ると生残率が低下することなどの知見が現地試験²⁾³⁾⁴⁾や室内実験⁵⁾で得られている。

(2) 試験箇所

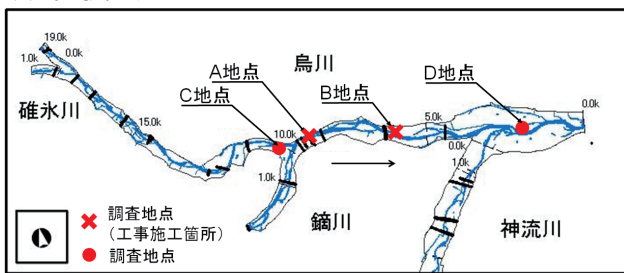


図-6 試験箇所

現地試験箇所は、河川内での工事施工箇所の直下流2箇所（A、B地点）及び工事施工による濁水発生の影響が少ない2箇所（C、D地点）の計4箇所を選定し、サケの自然産卵床の近傍に設定した（図-6）。

A地点及びB地点における工事は、橋脚補強工事及び護岸修繕工事で、施工期間は橋脚補強工事は平成23年11月～翌3月まで、護岸修繕工事は平成23年11月～翌5月まで、仮締め切りは土砂及び大型土のうで実施しており、水替えポンプで排水を行っていた。どちらも、烏・神流川においては、通常行われている施工方法であった。

(3) 試験方法

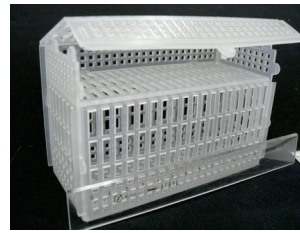
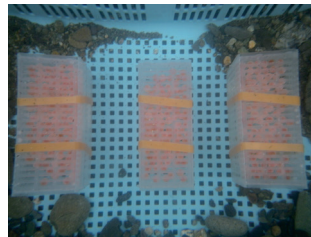
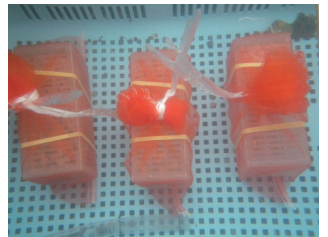


写真-2 バイパートボックス

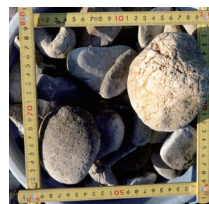


孵化状況確認用



稚魚化状況確認用

写真-3 バイパートボックス設置状況



自然河床



細粒分60%



細粒分90%

写真-4 埋設に用いた土砂

試験方法は、サケの卵を購入し、バイパートボックスに100粒ずつ分取し、カゴに設置後、河床に埋設した。

バイパートボックスは孵化状況確認用と卵黄を吸収し終えて遊泳生活にはいった稚魚（以降、稚魚化という）状況確認用の2種類準備した。稚魚化状況確認用のバイパートボックスについては、ボックスをネットで覆い、稚魚がボックスから逃げ出さないようにした（写真-3）。

カゴを河床に埋設する際には、現地の土砂を使用し、自然河床の状況を再現した。

また、河床の空隙状況と孵化・稚魚化後の生残率の関係を把握するため、濁水発生の影響が少ないC、D地点については、上記の他に、カゴを埋設する際に、現地の土砂に細粒分を重量比で「細粒分60%」、「細粒分90%」添加し埋め戻したケースを追加した（写真-4）。

設置後は、間隙水・表流水の水温、濁度等の計測を実施した。

(4) 試験結果

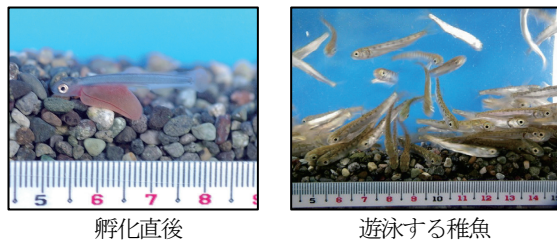


写真-5 孵化直後および遊泳生活にはいった稚魚

試験結果は、「孵化状況」と「稚魚化状況」の2回の時期に分けて確認を行った。それぞれ、孵化したもの・稚魚化したものを計測した「孵化率」・「稚魚化率」と、孵化・稚魚化した後、確認時まで生存していたものを計測した「生残率」をまとめた。

なお、パイパートボックスの設置は平成23年12月1日に行い、間隙水の積算水温をもとに、孵化や稚魚化の時期を予想し、「孵化状況」の確認は12月27日、「稚魚化状況」の確認は翌2月7日に行った。

a) 「孵化状況」(図-7, 8)

「自然河床」の状況ではA地点、B地点及びC地点の3地点で孵化率が約9割、生残率も約9割であった。D地点は孵化率が約1割と多くの卵が孵化前に死亡していた。

細粒分を加えた場合、C地点では孵化率が「細粒分60%」で約4割、「細粒分90%」で約9割、生残率はともに約3割であった。なお「細粒分90%」のケースでは孵化後に死亡する個体が多く見られた。D地点では孵化率が「細粒分60%」で約8割、「細粒分90%」で1割未満であり、「細粒分60%」のケースでは孵化率も生残率も高い結果が出たが、「細粒分90%」のケースではほぼ孵化前に死亡していた。

b) 「稚魚化状況」(図-9, 10)

「自然河床」の状況では、稚魚化率は6~9割、生残率は4~9割であり、A地点、B地点はいずれも9割であった。C地点では、稚魚で死亡しているものが比較的多く見られた。D地点では孵化前に死亡しているものが多く見られた。細粒分を加えた場合はC地点においては「細粒分60%」「細粒分90%」ともに稚魚化率約9割、生残率約8割と高かった。D地点では稚魚化率が「細粒分60%」で約7割、「細粒分90%」で約1割であり、生残率はどちらのケースも1割未満であった。「細粒分90%」のケースでは多くが孵化前に死亡していた。

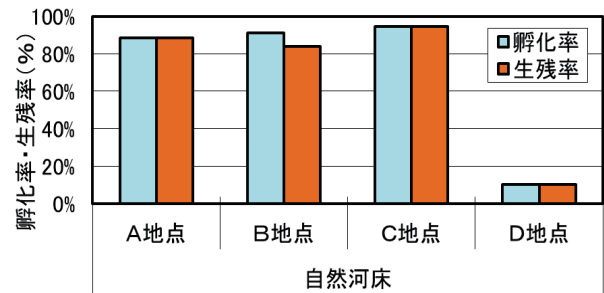


図-7 孵化状況（自然河床）

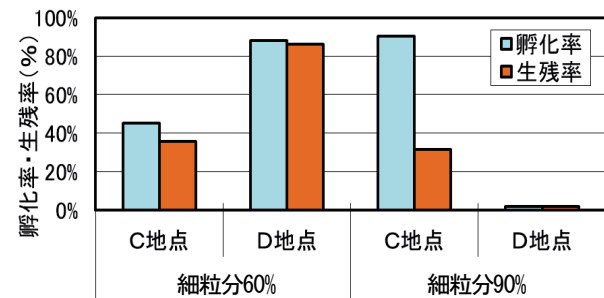


図-8 孵化状況（細粒分添加）

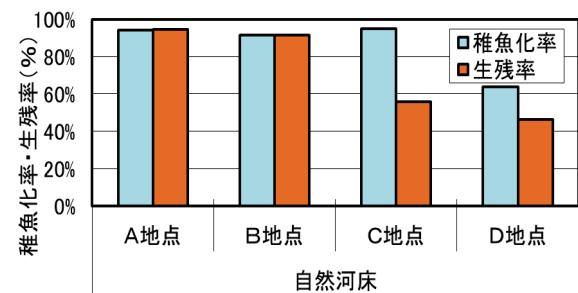


図-9 稚魚化状況（自然河床）

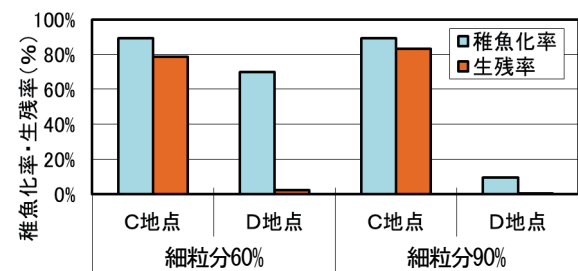


図-10 稚魚化状況（細粒分添加）

4. 考察

(1) 出水による河床の攪乱

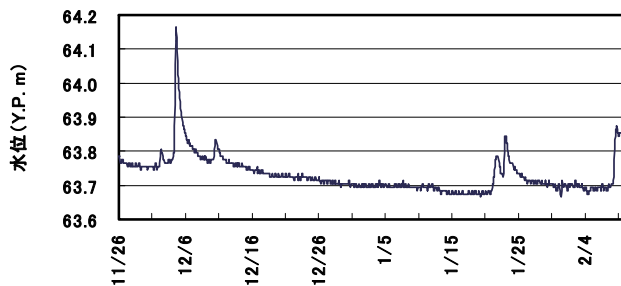


図-11 烏川の水位変動（岩鼻地点）

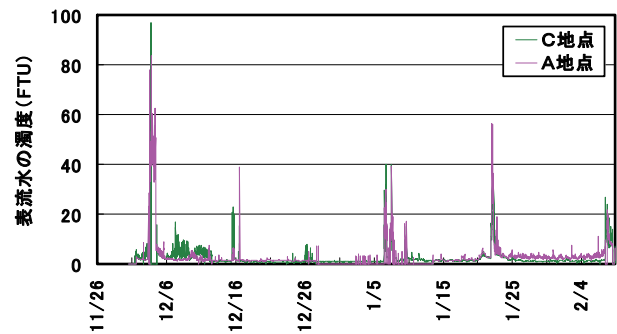


図-13 表流水の濁度の変化

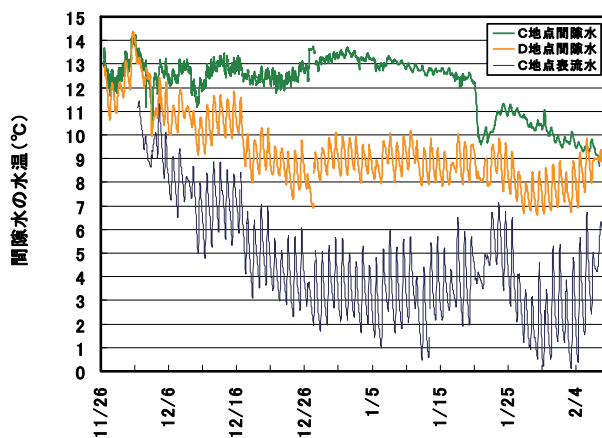


図-12 間隙水および表流水の水温変化

卵を設置した2日後の12月3日にまとまった降雨があり、烏川の水位観測地点において40～50cm程度上昇する出水があった（図-11）。出水後の間隙水の水温の変動をみると、C地点では一定に水温が保たれていたのに対し、D地点では水温の低下傾向が見られ、日変動も大きくなっており、C地点の間隙水と表流水の中間的な変動傾向を示していた（図-12）。これはD地点において出水により河床が攪乱されたことを示唆している。D地点では、自然河床の孵化率が小さく、孵化前に死亡した個体が多く見られた。水温の低下は冷水環境を好むサケにはほとんど影響しないが、河床が攪乱されたことで、D地点の河床に埋設した卵が水流で動かされて、孵化直前の卵が衝撃を受けたことにより、孵化前に多くの個体が死亡したと推定される。

(2) 工事による濁水の影響

工事施工箇所直下流A、B地点については、孵化率、稚魚化率、生残率ともに直上流のC地点の「自然河床」と変わらない結果であった。

工事施工箇所直下流のA地点と直上流のC地点における表流水の濁度の測定結果を見ると、両地点ともに出水時に濁度100程度の強い濁りが発生していた。また、平常時については、A地点の工事による濁りの発生頻度は少なく、濁りの程度も濁度10～40程度であり、出水時の濁りと比べて小さかった（図-13）。

以上から、一時的な濁度の増加については、孵化への影響が小さいことが示唆された。また、工事施工箇所においては、仮締め切りを土砂及び大型土のうで実施し、水替えポンプで排水を行うなど、濁水発生の抑制対策を実施しており、その結果、濁りの発生頻度も少なく、一時的に発生した場合においても、自然出水の濁り以下に抑制される等の効果が得られていることも確認された。

(3) 河床材の空隙状況とサケの生残率の関係

既往研究によると、礫の空隙状況を表すFredle指数とサケの孵化・浮上期の生残率には相関があり、Fredle指数が大きくなると生残率が高くなる傾向にある²⁾。A、B及びC地点におけるFredle指数は、「自然河床」では5～8程度であり、生残率は9割程度であった。一方、C地点の「細粒分」の実験ではFredle指数は1程度であり、現地試験においても孵化後の生残率は3割程度となり、孵化前や孵化直後の死亡個体が多いことが確認された。特に「細粒分90%」については、回収時のバイパートボックス内が細粒分で満たされており、卵の孵化率は高かったが、孵化後の生残率は低かった。これは、孵化後の稚魚の移動空間が確保されなかったことが要因としてあげられる。

また、「稚魚化状況確認用」においては、「細粒分60%」、「細粒分90%」でも稚魚化率・生残率共に高かった。これは稚魚逸脱防止のため、バイパートボックスをネットで覆ったことにより、ボックス内への細粒分進入が抑制され、稚魚の移動空間が確保されたことが要因としてあげられる。

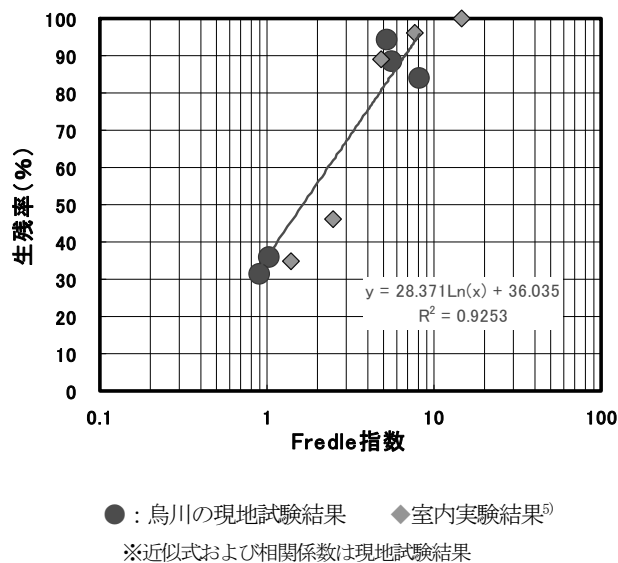


図-14 Fredle指数と生残率の関係（烏川および室内実験⁵⁾）

A, B及びC地点におけるFredle指数とサケの「孵化状況」の生残率の相関図を示す。既往文献⁵⁾と比較しても概ね同様の傾向が得られている（図-14）。

以上から、烏川の自然河床はFredle指数が5～8程度であり、生残率が高いことが確認された。また、現地試験で得られた結果と、既往文献でいわれている孵化実態⁵⁾との関係を比較した結果、有意性も確認された。

5. まとめ

本試験結果から、烏川はサケの産卵・孵化に適する河床環境を有していることが確認された。

また、比較的河床勾配があり、礫河原が形成されている烏・神流川（セグメント1, 2-1）においては、通常の河川工事で発生する表流水の濁り程度では、サケの産卵場への影響が小さいことが明らかとなった。

さらに、産卵後の孵化・浮上期におけるサケの産卵場に対しては、河川工事による濁水よりも、孵化直前の産卵床の攪乱や、細粒分の堆積による孵化後の移動空間の消失による影響が大きいことが示唆された。

なお、濁水によるサケの産卵等への影響としては、濁りによる成魚の産卵忌避や降下期の稚魚への生理的影響

も想定されることから、既往知見を踏まえた上で、烏・神流川における実態把握および河川工事への配慮について、今後も調査・検討を行う必要がある。

6. おわりに

サケの孵化等に関しては、通常の河川工事等による濁水の影響は小さいが、細粒分の堆積や河床攪乱など産卵場所への直接のダメージは影響が大きいことが明らかになった。

本成果を踏まえ、サケの生活史に配慮した河川工事を整理すると、成魚の遡上期および稚魚の降下期には、水産用水基準等に照らした従来の濁水抑制が有効であるが、産卵後の孵化・浮上期には、産卵床の攪乱抑制や細粒分の堆積抑制という観点での対策が有効と考えられる。

烏・神流川では、今回の結果を踏まえ、サケの生態や産卵場に関する特性と河川工事の関係性をまとめ、工事の実施時期、対策工法等について記載した「烏川におけるサケの保全対策マニュアル（案）」を作成している。今後も産卵場所や、工事施工後の状況について把握し、河川事業、河川管理等の実施に活かしていくことが必要である。

謝辞：本研究にご指導・ご協力いただきました、群馬県水産試験場小林係長、埼玉共第九号地区運営委員会江守事務局長、富田理事をはじめ、ご尽力いただきました皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 利根川サケ回帰遡上・産卵状況調査報告書, 群馬県, 2001
- 2) Fredric B. Lotspeich and Fred H. Everest: A New Method for Reporting and Interpreting Textural Composition of Spawning Gravel, U.S. Forest Service Research Note, PNW-369, 1981
- 3) 有賀望, 鈴木俊哉: 豊平川のサケ産卵床における環境条件と浮上までの生残率, SALMON情報No. 3, 2009
- 4) 自然産卵個体群の特性把握と保全技術の開発, 平成17年度さけ・ます資源管理センター業務報告書, 2006
- 5) 鈴木俊哉: 自然再生産を利用したサケ資源保全への取り組み, SALMON情報No. 2, 2008

(2013. 4. 4受付)