

ショートカット河道における増水時の魚類の避難場所特性

佐川志朗* 萱場祐一* 秋野淳一** 青木繁幸* 大森徹治***

1. はじめに

河川の増水は良好な生態系の維持に必要である¹⁾。例えば、孤立した溜まりが一時的に連続して移動交流の機会が得られることにより、魚類の現存量や群集の多様性が増加する²⁾。しかし、過度の増水は河道地形を改変し、生息魚類を死亡、流出させ³⁾、時には個体群の消失を招く⁴⁾。特に、直線的で川幅の変化が乏しく、植物の繁茂も見られない単調な河道では、出水による魚類群集構造の改変度合いが大きく、特に生まれたばかりの稚仔魚は出水によって流出しやすい⁵⁾。従って増水時の避難場所は、魚類個体群、稚仔魚の保全のために不可欠であり、特に河川改修により河道が単調となった河川では出水時に冠水する堤外地全域を対象として避難場所を評価することが望ましい⁶⁾。増水時の魚類の避難場所についての研究は地形的多様性に富んだ自然河道で多く行われているが⁷⁾、河川改修が行われた単調な河道に関する研究はみられない。

本研究は、砂鉄川でショートカットされた改修河道において、増水時の稚仔魚の避難場所に必要な物理環境特性を検討したので、ここに報告する。砂鉄川は一級河川北上川の左支川で岩手県南部を流下する延長46Km、流域面積375Km²の河川である。本河川は北上川の増水による砂鉄川への逆流によりたびたび浸水被害を受けてきたことから、国土交通省岩手河川国道事務所は1999～2004年度に床上浸水対策特別緊急事業を実施し、北上川合流点から2Km上流部の蛇行部（延長約1Km、平均河床勾配1/885）をショートカット（延長約600m、勾配1/500に改修）して、完全バック堤方式の築堤を行った。

2. 材料と方法

2.1 調査地

ショートカット河道の河岸環境はⅠ：左岸（護岸

を設置していないヤナギ植生域）と右岸（低水法面に蛇カゴを敷設している草本植生域）に大別される（図-1a）。さらに後者は水際部工法の相違により、Ⅱ：カゴマットのみの区間、Ⅲ：カゴマットに覆土をした区間、Ⅳ：水制工に木杭を併用した多自然区間⁹⁾に区分される。以上を踏まえ、調査地はこれらⅠ～Ⅳの4地区とした。

2.2 調査時期

増水直前調査を2007年7月3、4日に、増水時調査を2007年7月5日に実施した（図-1、2）。なお、本調査時期は砂鉄川におけるコイ科魚類の産卵、孵化時期に該当する。



図-1 平水時、増水時の調査地の様子

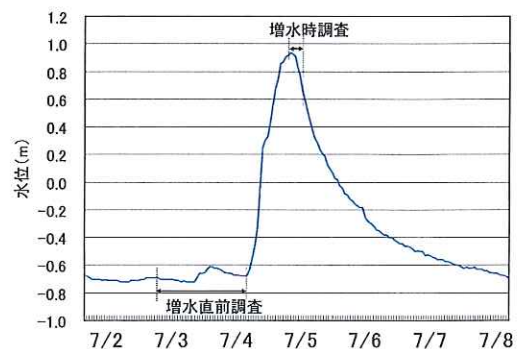


図-2 調査期間のハイドログラフと調査タイミング
（水位観測所は調査地の約2Km上流に位置する）

2.3 増水直前調査

Ⅰ～Ⅳの4地区の水辺部に縦断方向10m、横断方向2mの方形区（採集面積20m²）を原則、3調査区/地区設けて（以下、「平水調査区」と記す）、エレクトリックショッカーおよびタモ網を用いたコイ科稚仔魚（全長30mm以下と定義）の捕獲調査を実施した。捕獲は各平水調査区で3回繰り返し、各回の魚類の捕獲数および捕獲減少量から生息密度の推定を行った（除去法：Pollock and Otto法）。

Characteristics of fish refugia during a flood in the altered cut-off channel

* 土木用語解説：ピアソンの相関分析、時空間平均、Tukey-Kramer検定

2.4 増水時調査

増水時には平水調査区の水深が167・321cm（平均233cm）、流速が34・147cm/sec（*時空間平均101cm/sec）に増加した。さらに濁りが生じており、多自然区間の工法はすべて水没した。以上より、平水調査区と同一場所での調査、および同様な捕獲手法での調査は出来なかった。従って、I・IVの4地区の水辺部（平水時には陸地であった場所）に調査地を無作為に20箇所/地区設けて（以下、「増水調査箇所」と記す）、柄付きのタモ網（柄長：100cm、網部：高さ33cm、幅35cm、目合い2mm）を用いたコイ科稚仔魚の代替捕獲調査を実施した。捕獲は各増水調査箇所の水際からの横断距離が1mの地点にタモ網を静かに入水させ、水際まで一気に引き抜く方法によった。従って1増水調査箇所の採集面積は0.35m²である。捕獲調査に併せて、増水調査箇所の水際から10cmおよび50cmの位置（以下、2定点と記す）において水深および6割深度地点の流速を計測した。流速は、各定点の時間的流速差（最大値－最小値、図-3）を定量比較できるように、電磁流速計の計測表示間隔を1秒として、連続3回の値を記録した。なお、2定点の流速差は空間的な流速のばらつきと捉えることができるため、本論では2定点計6データの流速の最大値と最小値の差を時空間的流速差と定義した。

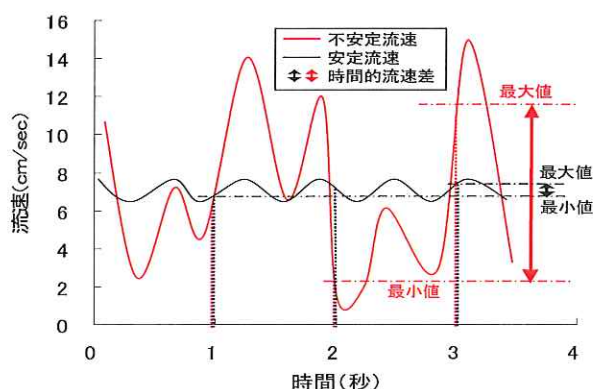


図-3 安定、不安定流速の流速差のイメージ
（両方とも流速の平均値は7cm/secだが、変動幅が異なる）

3. 結果

3.1 増水直前の稚仔魚の密度

除去法におけるコイ科稚仔魚の推定個体数は1037個体/200m²にのぼった。0.35m²あたりに換算した魚類密度は、IIの蛇カゴ区が平均0.04個体、IIIの蛇カゴ覆土区が平均0.34個体と少なく、Iの

左岸のヤナギ区が2.8個体、IVの多自然区が平均4.75個体と多かった。

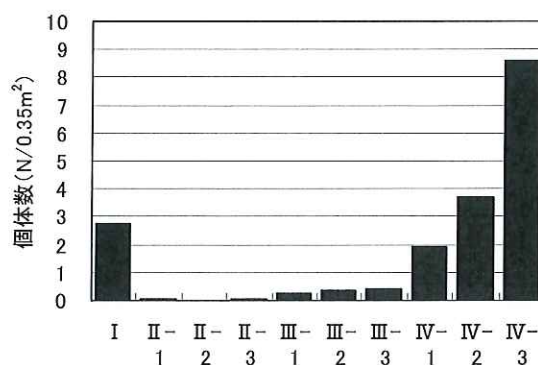


図-4 増水直前調査時のコイ科稚仔魚の密度

3.2 増水時の稚仔魚の密度

各増水調査箇所におけるコイ科稚仔魚の個体数を用いて、地区間で*Tukey-Kramer検定を行った結果、地区IおよびIVの密度が地区IIおよびIIIより有意に多かった（ $P<0.01$ ）。調査した80増水調査箇所の内、稚仔魚が確認されなかったのが45箇所、確認された箇所が35箇所であった。また、20個体/0.35m²より高密度の箇所は5箇所であった。このように増水時の稚仔魚の定着は増水直前と同様にIおよびIVで多かったが、その中でも高密度で定着する箇所は限定された。

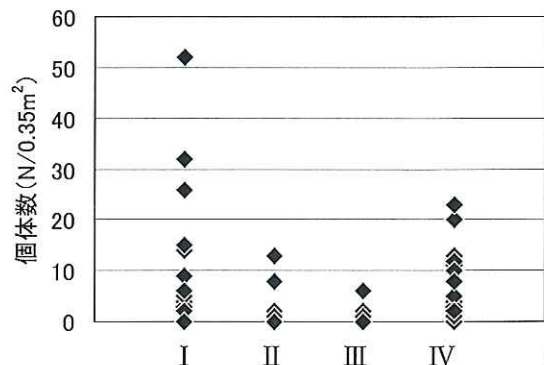


図-5 増水時のコイ科稚仔魚の密度(N=20/地区)

3.3 稚仔魚の密度と物理環境との関係

増水時の稚仔魚の密度と算出した物理環境要因（以下①から⑩）との間で*ピアソンの相関分析を行った結果、流速差（④、⑦および⑩）との間にのみ有意な負の相関（ $P<0.05$ ）が確認された（図-6）。物理環境要因は、①2定点の水深の平均値、②2定点の水深のばらつき（標準偏差）、③2定点の流速の平均値、④2定点の時空間的流速差、⑤50cm定点の水深、⑥50cm定点の流速の平均値、⑦50cm定点の時間的流速差、⑧50cm定点までの河岸傾斜、⑨10cm定点の水深、⑩10cm定点の流

速の平均値、⑩10cm定点の時間的流速差、および⑫10cm定点までの河岸傾斜、である。

流速差と稚仔魚個体数の関係をみると、時空間的流速差が14cm/sec以下、時間的流速差が5cm/sec以下で稚仔魚の定着が認められ、流速差が小さくなるほど稚仔魚が多数出現する箇所が増加した。なお、水深や流速の平均値とは有意な関係はみられなかったが、増水時の水際部（増水調査箇所）の平均水深は32cm、平均流速は6cm/secと、水深200cm以上、流速100cm/sec以上を呈した増水時の平水調査区（「2.4 増水時調査」参照）より極端に小さい値を示した。

4. 考察

4.1 避難場所形成のための河岸植生域の重要性

本研究では単調河道であっても増水時の水際部（平水時は陸域の陸上植物生育箇所）は稚仔魚の避難場所として機能し得ることを確認した。また、稚仔魚の高密度避難場所は限定されることが示唆された。水際部の水深の平均値は32cmと小さく、流速の平均値は6cm/sec以下であり、平水調査区の増水時と比較すると値は顕著に小さかったが、稚仔魚の個体数との間には有意な相関関係はみられなかった。従って、避難場所は相対的には流速や水深が小さい空間ではあるが、値が小さければ小さいほど（大きければ大きいほど）避難場所に適しているという訳ではない。それよりも流速差が避難場所の適否に与える影響の方が大きいことが解析から明示され、避難場所の条件としては、時空間的な流速差が14cm/sec未満、時間的な流速差が5cm/sec未満であることが示唆された。また、その値が小さくなるほどに定着個体数が増加する関係があるため、時間的にも空間的にも流速のばらつきの小さい空間、すなわち安定緩流域であるほど稚仔魚の避難場所としては適していることになる。このような空間は遊泳力の極めて小さい稚仔魚にとっては、少ないエネルギーで自身を安定させるのに好都合であると考えられる。安定緩流域は、上流から流下してきた倒木や枝等の枯死した植物体（流下有機物体）が河畔樹や高茎草本等の生きた植物体に引っかかり、本流の速い流れが進入しにくい空間に形成されていた（写真・1）。以上より、単調な河道においては、避難場所の形成要因として河畔林を含めた植生域の存在

が重要であると考えられる。

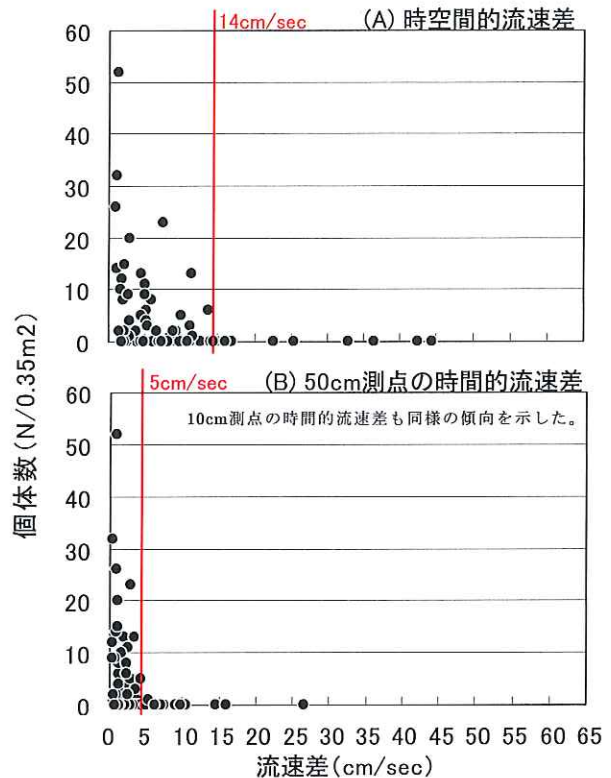


図-6 流速差とコイ科稚仔魚密度との関係
(赤ライン以上の流速差では稚仔魚は確認されなかった)



写真・1 コイ科稚仔魚の増水時の避難場所

4.2 避難場所創出の必要性

河床勾配の小さな蛇行河川では、稚仔魚は湾曲水裏部や連続した湿地氾濫原等の流速の小さい水際域に避難する⁸⁾。しかし、直線的で川幅の変化に乏しい河道では地形的多様性が低いため、避難場所が形成されにくい。さらに、前述した流下有機物により形成される稚仔魚の避難場所は壊れやすく、大出水の際には流出する危険性が高い。従ってこのような河道では、人為的に避難場所を創出する試みも必要だろう。例えば、ワンドの創出や水制の設置により、水位に応じて水裏緩流域

が形成され避難場所としての機能が期待できるだろう。また、排水樋門の水路部等の既設の施設を少し改築することによっても効果が得られるかも知れない。特に、産卵、孵化が行われ、平水時に稚仔魚が高密度で生息する場所近傍では、このような配慮がより重要になるだろう。本研究では平水時も増水時も稚仔魚の密度はヤナギ区と多自然区に多く、遊泳力の乏しい稚仔魚達は遡上も流下もせずに、水位上昇に伴って横断方向にだけ移動した可能性もある。今後は、本研究では確認できなかった多自然工法本体の避難場所効果や、避難場所への到達過程に着目した研究が必要である。

5. まとめ

単調化した河道におけるコイ科稚仔魚の避難場所を調査した。稚仔魚の密集がみられた避難場所は、時空間的な流速差が14cm/sec未満、時間的な流速差が5cm/sec未満の浅く流速の遅い緩流域であり、上流から流下してきた植物枯死体が河畔林や高茎草本等の生きた植物体に引っかかり本流の速い流れが進入しにくい場所であることを示した。そして、避難場所の形成材料となる河畔林を含めた植生域の保全が重要であることを述べた。河道が直線化し、河幅の変化に乏しい河川では、稚仔魚の避難場所は地形的要因では形成されず、本研究で明らかとした植物枯死体による避難場所も増水で流出する危険性が高いため、土木的手法によって人工避難場所を創出することを考える必要がある。増水時に冠水する水際から法面までを視野に入れ、ワンドの創出、水制の活用等により低流速域を確保することが必要である。

謝 辞

岩手河川国道事務所の辻井祐治係長、同加藤早

瀬さんには現地調査を終始お手伝いいただいた。また本研究の協力者である岩手河川国道事務所の職員諸氏、名古屋大学の田代喬助教には様々な御配慮をいただいた。心からお礼申し上げたい。

参考文献

- 1) Resh, V. H., Brown, A. V., Covich, A. P., Gurtz, M. E., Li, H. W., Minshall, G. W., Reice, S. R., Sheldon, A. L., Wallace, J. B. and Wissmar, R. C.: The role of disturbance in stream ecology, J. North. Am. Benthol. Soc. Vol.7, pp.433-455, 1988
- 2) Taylor, C. M.: Fish species richness and incidence patterns in isolated and connected stream pools: effects of pool volume and spatial position, Oecologia Vol.110, pp.560-566, 1997
- 3) Harrell, H. L.: Response of the Devil's River (Texas) fish community to flooding, Copeia Vol.1978, pp.60-68, 1978
- 4) Grossman, G. D., Moyle, P. B., and Whitaker, J. O. Jr.: Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: A test of community theory, Am. Nat. Vol.120, pp.423-454, 1982
- 5) Pearsons, T. N., Li, H. W. and Lamberti, G. A.: Influence of Habitat Complexity on Resistance to Flooding and Resilience of Stream Fish Assemblages, Trans. Am. Fish. Soc., Vol.121, pp.427-436, 1992
- 6) 佐川志朗、田代喬、松間充：出水時におけるオイカワ稚仔魚の避難場所－災害が魚類の生息に与える影響－、多自然研究、第111巻、pp.3~7、2005
- 7) 佐川志朗、萱場祐一、荒井浩昭、天野邦彦：コイ科稚仔魚の生息場所選択－人工増水と生息場所との関係－、応用生態工学、第7巻、pp.129~138、2005
- 8) Schwartz, J. S. and Herricks, E. E.: Fish use of stage-specific fluvial habitats as refuge patches during a flood in a low-gradient Illinois stream, Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol.62, pp.1540-1552, 2005
- 9) 佐川志朗、萱場祐一：木杭群による水際部修復の試みとその効果－北上水系砂鉄川への適用事例－、土木技術資料、第50巻10号、pp.53~54、2008

佐川志朗*



独立行政法人土木研究所水環境研究グループ
自然共生研究センター
専門研究員、農博
Dr. Shiro SAGAWA

萱場祐一*



独立行政法人土木研究所水環境研究グループ
自然共生研究センター
総括主任研究員、工博
Dr. Yuichi KAYABA

秋野淳一**



共和コンクリート工業株式会社（前独立行政法人土木研究所水環境研究グループ自然共生研究センター 交流研究員）
Junichi AKINO

青木繁幸*



独立行政法人土木研究所水環境研究グループ
自然共生研究センター
交流研究員
Shigeyuki AOKI

大森徹治***



国土交通省中部地方整備局中部技術事務所環境共生課環境技術係長
Tetsuji OOMORI