

岩尾別川の河川構造多様化事業と成果

岩瀬 晴夫

065-0043 札幌市東区苗穂町4-2-8, (株)北海道技術コンサルタント

Progress and Accomplishment of the Project to Improve Habitat Diversity of Iwaobetsu River

IWASE Haruo

Hokkaido Gijutsu Consultants Inc., 4-2-8 Naebo-chō, Higashi-ku, Sapporo 065-0043, Japan *✉waseh@dogi.co.jp

はじめに

岩尾別川では河川構造多様化を意図した小規模の試験施工を、6つの工区に分けて実施した(図1)。実施期間は2011年から2015年の5年間である。当該地は知床自然遺産区域にあり、自然に配慮することが前提となる。そのため、河川構造多様化の実施では、人工資材は使用せず、河床の土砂を使った小規模な地形変化を試行する程度となる。

今回、河川構造多様化を試行した区間の河床勾配は1/30という急勾配区間である。当該区間のような急勾配地形の人工改変に必要な工学的知見はほとんど無い。したがって手探り状態で始めることになった。手探り状態に加え、限られた時間と費用から、科学的データの入手には限りがある。そこで主に、目視による観察と観察結果をフィードバックする「見試(みため)し」(作業前に仮説をもち実施後に観察し、不具合がでると仮説を修正し、次の改良につなげる)で行うことになる(大熊2004)。

通常、考察とは、結果から結論を導くプロセスの記述である。この場合の結果とは科学的で定量的なものが望ましい。しかし、岩尾別川河川構造多様化では、数値データの結果はなく、目視による経過観察であるため、考察も定性的となる。結論においても、今回の見試しから明らかになったと断定できる知見は少ない。それでも今後の河川

構造多様化につながるように、できるだけ見試しの現象を解説する記述とした。本文は、前半で基礎的な雨と地形・地質を、後半で見試しの結果と考察(解説)、という構成でまとめている。

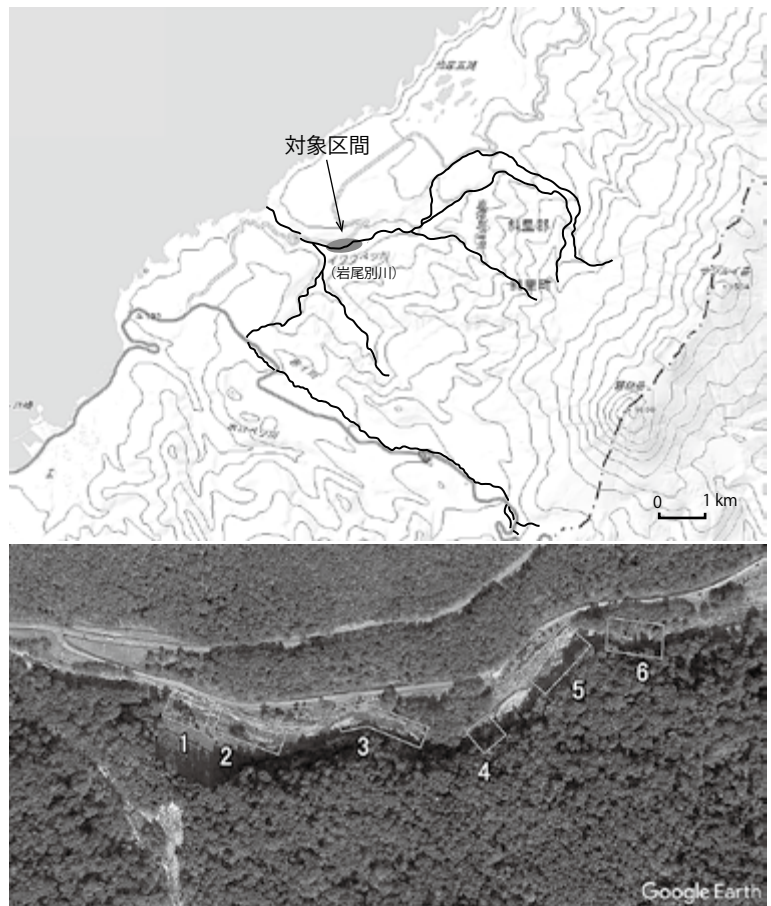
事業地の概要

1. 豪雨をもたらした河道変化今後の可能性

川は高いところに降った雨をあつめ、徐々にその規模を大きくしながら流れくだる。その過程において土砂を運び、その土砂が下流で水成地形を形成する。川を流れる水量(流量)は雨の量に並び流量の変動を伴う。多様な流量変動の流れが生物のすみかとなる空間をうみだす。豪雨のような大雨は、水流による土砂の侵食、運搬、堆積作用を介して河川地形を形成、更新する。岩尾別川は以上のようなシステムによって、現在のような川の形態・河相に推移してきた。大雨が降ると、地中に浸透にする間に多くの雨が、地表流として直接流出し河川流となり洪水をひきおこす。土砂を巻き込んで流下する洪水はその足跡を現地に残す。

現地の単調な河道区間は、1981(昭和56)年8月3日から6日にかけての前線と台風12号による豪雨(以下、1981年豪雨とする)によって形成された場所である。1981年豪雨は宇登呂観測所において、日降水量241 mm、日最大1時間降水量58 mmで、ともに観測史上1位という記録の豪雨であった。1981年豪雨によって上流では山腹崩壊、溪岸

図1. 事業地と工区地図. 事業地地図(上)は、国土地理院長の承認を得て同院発行の電子地形図タイルを複製したものである(承認番号: 平28情複第1351号). 工区地図(下)はGoogleマップ, Google Earth, ストリートビューの使用に関するガイドライン(Google. 使用許諾. Googl, https://www.google.com/intl/ja_ALL/permissions/geoguidelines.html, 2017年3月15日閲覧)に従って, Google earth proを使用して作成した.



崩壊が発生した。この豪雨は多量の土砂や流木を伴う土石流や洪水とともに下流へ流下した。このような多量の土砂や流木は河川への流下にとまない下流の河道に堆積し、河道内氾濫を引き起こす。河道に上流からの土砂が堆積し、流路が不安定な状態のため今後発生する洪水で並走する道路(町道岩尾別温泉道路)の通行に支障が出る可能性がある。このため、交通に支障のない河道の流路を確保するため、堆積土砂を左岸寄りのほぼ直線流路形状で掘削している。その結果、川は単調になり、魚類の産卵場や生息場が劣化したと考えられる。この産卵場・生息場の劣化を改良する目的で今回の河川構造多様化が企画され試行にいたった。その試行が工区1から工区6の見直しである。

1981年豪雨がどの程度の確率規模であったか、宇登呂観測所での確率雨量強度曲線図(北海道2017)をもとに推定すると、おおむね50年に一度

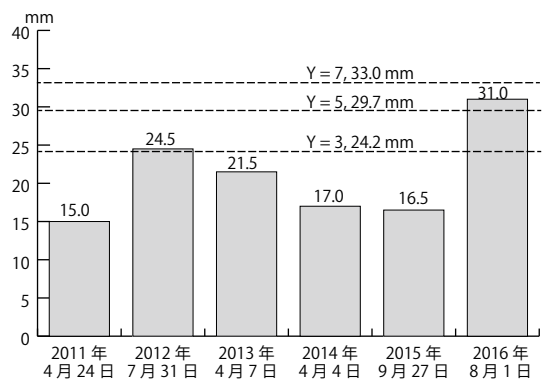


図2. 宇登呂における2011-16各年の日最大1時間降水量(mm)と確率雨量強度の比較. 北海道(2017)の確率雨量強度曲線に基づき, 3年に一度のレベル=24.2 mm/h, $Y_3 = 29.76 / (\tau 0.51 + 0.23)$; 5年に一度のレベル=29.7 mm/h, $Y_5 = 52 / 2 + (\tau 0.50 + 0.76)$; 7年に一度のレベル=33.0 mm/h, $Y_7 = 89.08 + (\tau 0.73 + 01.70)$ と算出した.



図3. 河道内に堆積した土砂, 2011年10月13日撮影.



図4. 谷止工にたまった砂(満砂), 2011年10月13日撮影.

発生する確率の高い規模の雨であったといえる。現在—2017年は、1981年豪雨からすでに37年経過しているが、この間、同規模の豪雨は来襲していない。遠からず岩尾別川が1981年豪雨と同規模の豪雨による自然改変を受ける可能性を考えておく必要がある。河川構造多様化事業を始めた2011年から2016年の各年で、日最大1時間降水量の記録を気象庁データ（気象庁、過去の気象データ検索、気象庁、<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2017年1月23日閲覧）から抽出し、北海道の大雨資料に含まれている確率雨量強度曲線図（北海道建設部土木局河川砂防課、北海道の大雨資料（第12編）、北海道、<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kss/ksn/ooameshiryou12.htm>, 2017年1月23日閲覧）をもとに確率評価をおこなった。その結果、最大の1時間降水量は2016年の31.0 mmで、おおむね確率6年程度、次に多かった2012年の24.5 mmは確率年3年程度であった（図2）。

2. 地形・地質（土砂生産）と河道

岩尾別川（対象区間：河口からの1.4-2.6km）の河岸および河床を構成している土砂は、上流の山腹崩壊、溪岸崩壊、そして既に堆積していた渓流内堆積物が運搬されてきたものと考えられる。増水で運搬された対象区間直上流の岩尾別川本流にも大量の河道内土砂が堆積している（図3）。また河口から3.1 km上流の谷止工は満砂で盛り上がっ

ていて、今後の大きな洪水によって、不安定土砂が流下すると考えられる（図4）。

岩尾別川の土砂は、地形および地質構造上から推定すると今後も溪流等から生産され続けるであろう。そのため、豪雨時には相当量の土砂が上流から下流に運搬され、対象区間から河口までの河道に堆積すると考えられる。岩尾別川に堆積する土砂は、岩尾別川流域の地形が形成される場の条件のうえに成立している。岩尾別川流域をふくむ知床半島は、半島軸に沿って折り曲げられたアーチ状の構造をなしている。このことから、知床半島は地殻が北西—南東方向に圧縮され、知床火山帯が形成された（後藤2009）。知床火山帯は第四紀後半の成層火山群で構成されていて、新しい地質

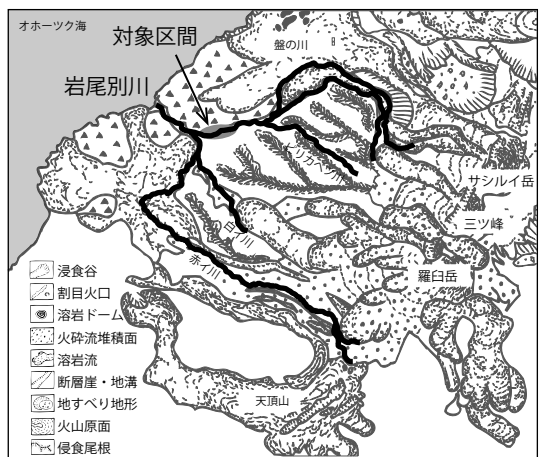


図5. 岩尾別川の地形分類。守屋(2003)を改変.

表1. 岩尾別川河川構造多様化作業の概要.

工区	実施作業内容
-	現地調査, 対象区の測量および計画
1	河床河岸凹凸改変, 礫列による瀬淵づくり
2	流路改変, 河床河岸凹凸改変, 礫列による瀬淵づくり, 左岸寄り河道を中央に誘導
3	流路改変, 河床河岸凹凸改変, 右岸寄りの河道を左岸側に誘導
4	流路改変, 河床河岸凹凸改変, 右岸寄りの河道を左岸側に誘導, 左岸崖侵食防止のためバンプ, 掘削で中央誘導
5	流路改変, 河床河岸凹凸改変, 右岸寄りの河道を左岸側に誘導, 右岸侵食防止のため河道を左岸側に誘導
6	流路改変, 河床河岸凹凸改変, 右岸土堤を撤去, 川幅拡幅, 河床縦断勾配修正
-	現地観察, 全体測量, とりまとめ

時代に活動した火山が峰をつらねている。岩尾別川流域はこの知床火山帯の一部である。羅臼岳は最近も活発に活動していて、活火山に指定されている。

対象とした岩尾別川区間は、羅臼岳(標高1,661 m, 以下同じ)、三ツ峰(1,509 m)、サシルイ岳(1,564 m)に源を発している。流域を地形分類(図5)すると、流域の大半は溶岩流、火砕流堆積、侵食尾根、侵食谷に分類でき、地形は急峻である。地表を覆う

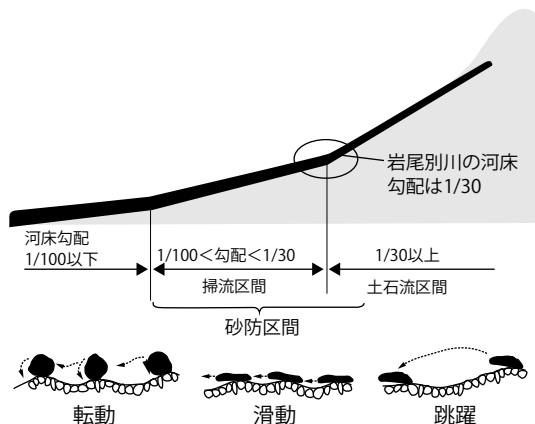


図6. 砂防の土石流区間と土砂の移動(断面図). 北海道土木協会(2008), 星田・濱野(1988)を改変.

岩質は、大きくみると火山噴出物、火山砕屑物および火山岩類である(守屋2003)。地形が急峻であり岩質が露出しているところが多く、雪(雪崩)、雨水、水(凍結融解)、風による膨張・収縮現象がおこる。これら岩体を崩壊させる物理的風化作用を常にうけている。重力作用そして生物(樹木等)の作用や高熱や温泉による化学的風化作用もうけている。したがって、岩尾別川上流は以上のような過酷な環境条件下で活発な土砂供給が今後も繰り返されると考えられる。

3. 川の構造多様化の概要

岩尾別川の河川構造多様化とは、「岩尾別川が本来有していた多様な流路と凹凸のある河床河岸の地形に現在の単調な流路を変えること」と解釈できる。このような多様化がサクラマスの産卵、サクラマス幼魚(ヤマメ)の生息やオショロコマの産卵および生息環境復元に通じる。河川構造多様化は5箇年事業として2011年から2015年に実施された。初年の2011年は、現地調査と測量、計画をおこなった。実際の作業をともなう翌年の2012年から2014年までの3年間は、小規模な現地操作実験程度であったが、6つの区間(工区1-6)で、下流から順次行った。最終年の2015年は、現地での経過観察と今まで行ってきた作業のとりまとめをおこなった。以上の概要を一覧すると、表1の通りである。次章からこれらを作業内容ごとに記述してゆく。

4. 礫列(リブ)による瀬淵づくり(工区1)

対象地域は赤い川合流点より170 m上流にある底部取水(岩尾別孵化用水)から上流の区間で、ここで礫列の見直しをおこなった。当該地の河床勾配は1/30と急勾配である。洪水時に流下する土砂の生産を抑制する場合、砂防法により砂防区間と規定されるが、砂防区間は概ね河床勾配が1/100より急な区間である。この点から判断すると、工区1は砂防区間に該当することになる。砂防区間は掃流区間と土石流区間に大別でき、その境の勾配は、図6に示したように、おおむね1/30である(道土木協会2008)。当該地の勾配は1/30なので、

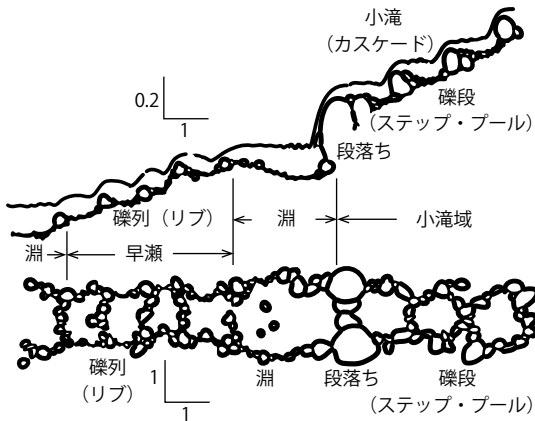


図7. 礫列の構造模式図(平面図), 長谷川(1997)を改変.



図8. 岩尾別川で自然に形成された階段状の礫列構造. 2011年10月13日撮影.

掃流区間と土石流区間の境に位置する。このような区間は上流で発生した土石流や流路に堆積した土砂が掃流状態で活発に流下する区間といえる。

急勾配の掃流状態は、河床付近を滑動・転動・跳躍しながら河床礫が移動する現象である(星田・濱野1988, 図6)。このような滑動・転動・跳躍は、1/30のような急勾配では比較的大きな礫も移動する。このため急流河川には、大きな礫が横断方向に1列に並び階段のような独特の河床形態が発達する(図7)。この形態は礫列下流の浅いプール部分とセットである(長谷川1997)。礫列は小さな瀬淵の連続となり、浅いプールは魚類の生息場として利用される。岩尾別川にも形成されている(図8)。小段落差のような人工礫列を実施したのが工区1である(図9)。しかし、4箇月後には人工礫列は崩れ始めた(図10)。

現地にある大きな石を横1列に並べたのだが、人工礫列を維持することは困難であった。なぜ維持できなかったのか？ その理由を自然の礫列の成因から考えてみる。自然の急流で礫列が形成されるのは、射流域での反砂堆の発生と分級によるとかんがえられている。射流とは水理学の専門用語で、川の速い流れのことである。射流にたいし普通の流れは常流に分類している。当該河川は洪水時に射流が発生し、洪水流の営力で河床に瀬淵(礫列, 礫段)を形成している可能性が高い。普通の川の流れは常流で、水面形と河床形状(砂堆)は



図9. 人工的に礫列を設置した直後. 2012年7月25日撮影.



図10. 損壊した人工礫列. 2012年11月28日撮影.

各々の山(瀬)と谷(淵)が逆になっている反位相である(図11)。水面波と河床波は反位相のまま、

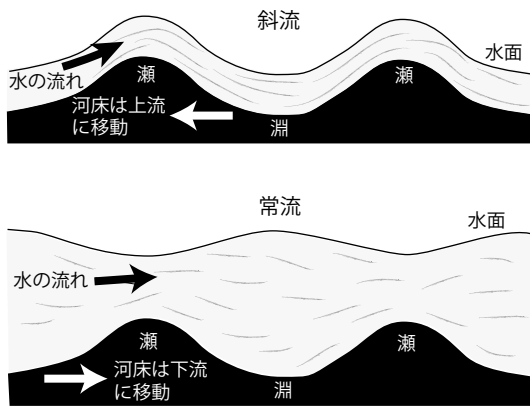


図11. 常流と斜流による河床形状への影響(断面図).

下流に移動する。ところが急勾配の射流の流れは、図11に示すように、水面形と河床形状(反砂堆)は各々の山と谷が同じになっている同位相であり、水面波は下流に移動するが河床波は上流に移動する(瀬津ら2000)。この河床波が上流に移動する力が礫列の成因と考えられる。反砂堆は限界流(常流と射流の境界あたりの流れ)で発生しやすい。図8の箇所の断面で試算してみる。礫列幅を5m、洪水時水深1m、径深 $R = 5/7 = 0.71$ m、勾配 $I = 1/30$ 、粗度 $n = 0.045$ と仮定し、マンニングの式で平均流速を求める。

$$\begin{aligned}
 V &= 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \\
 &= 1/0.045 \times 0.71^{2/3} \times 1/30^{1/2} \\
 &= 3.2 \text{ m/s} \\
 \text{単位幅流量 } q &= 1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 3.2 \text{ m/s} = 3.2 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \text{限界水深 } hc &= (q^2/g)^{1/3} \\
 &= (3.2^2/9.8)^{1/3} \\
 &= 1.04 \text{ m (重力加速度 } g = 9.8 \text{ m/s}^2) \\
 \text{限界流速 } Vc &= (g \cdot hc)^{1/2} \\
 &= (9.8 \times 1.04)^{1/2} \\
 &= 3.19 \text{ m/s} \approx 3.2 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

水深1 m程度の洪水が岩尾別川で発生した場合、ほぼ限界流で流れていることから、礫列ができやすいことがわかった。以上のことから、次回、人工礫列による瀬淵構造をつくるときは、限界流が発生しやすい断面形状の形成が留意点となる。

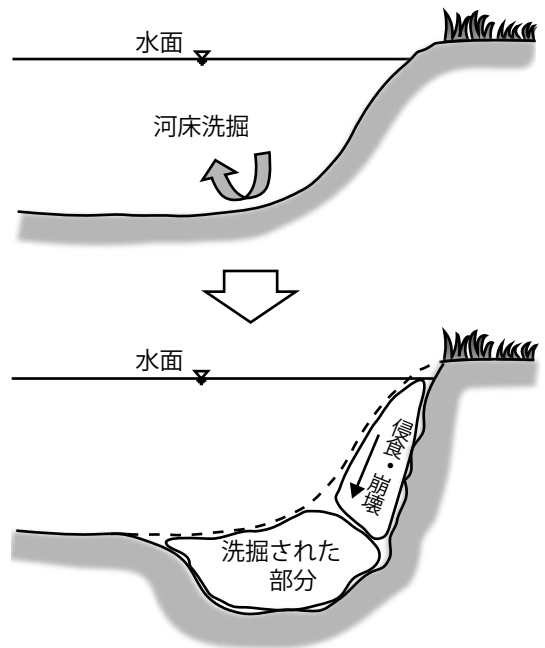


図12. 河床洗掘による河岸侵食断面図(国土交通省水管理・国土保全局2014)。

さらに注意点として、限界流の断面を検討する際、現地の自然に形成された礫列ピッチと横断形状を調査し、それに見合った断面形状内ににせた人工礫列をつくと、人工の礫列も維持される期間が長くなるであろう。

5. 河岸侵食防止(工区2, 3, 5)

河川構造多様化対象区間の岩尾別川の河岸は護岸されておらず、全て土砂が露出する自然河岸である。この自然河岸や河床土砂は、上流域で生産されたものである。当該区間に堆積している土砂の発生源は火山噴出物、火山碎屑物および火山岩類であることは前述したとおりである。これらは山腹崩壊、崩壊残土(さきに崩壊して山腹の途中で止まっていた土砂)となり、山腹や溪岸・溪床に堆積していて不安定土砂状態にある。大雨によって山腹、溪岸・溪床の堆積物が侵食され運搬してきたものが、現在の河岸・河床を構成している、と考えられる。

自然の河道を重機で流路を掘削すると、掃流力が増加することが多い。掃流力が増加すると、洪



図13. 右岸河岸の侵食を防止する寄せ石, 2013年7月23日撮影。

水流が河岸と衝突するような箇所では図12のように河床洗堀と同時に河岸侵食が発生する(国土交通省水管理・国土保全局2014)。この図で確認しておきたいのは、洪水流が河岸に衝突して河岸が侵食されるのではない。河岸根元の河床洗堀が河岸侵食を引き起こすのである。洪水時には濁流が河岸を侵食しているように見える。しかし、それはごく一部の侵食現象でしかない。濁流で見えない河岸底部の洗堀対策が河岸防御では大切である。

岩尾別川のような河床勾配が急勾配(1/30)な河川において、河道内氾濫や流路の左右移動を容易に許さないような掘削流路(一部掘削土砂による土堤あり)は、一度洗堀・侵食が発生すると、その後も同じ場所で洗堀・侵食箇所が拡大することがある。そのような箇所が工区2, 3, 5であった。

河岸侵食を抑制する対策として、現地の河床に点在する大き目の石混じり土砂を河岸沿いに「寄せ石」で河岸保護を試行した(図13)。寄せ石による河岸侵食防御は、すでに3年経過したが施工完了時のまま維持できている。その理由を推測する。

河岸侵食抑制策の寄せ石が現在も機能している最も大きな理由は、寄せ石の幅を広く確保しているから、と考えられる。前述のとおり、河岸侵食は一般に底部の洗堀からはじまる。その後、洗堀で足元をすくわれた河岸底部が侵食される。底部が侵食されると、その上部の河岸はバランスを崩す。河岸は自立できず、河岸上部も崩壊する。だ

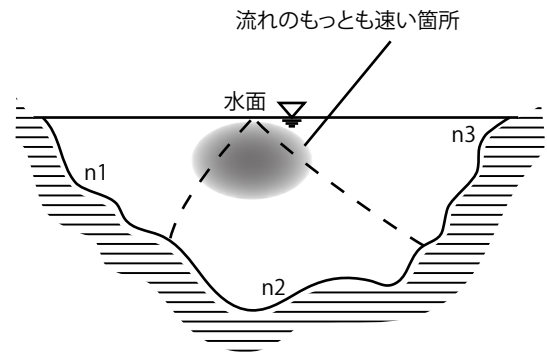


図14. 複数の粗度(河床・河岸等の抵抗)が河床に与える影響と場所による流速の違い(断面図)(国土交通省水管理・国土保全局, 河川砂防技術基準: 調査編, 国土交通省, http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/chousa/index.html, 2017年1月23日閲覧)による。

が、寄せ石の幅が広いと寄せ石の小さな石は流失するが、大きな粒径が存置、アーマーコート状態(粗粒化した石で装甲された状態)となる。アーマーコートされると河岸底部の耐力が向上する。

河岸に衝突する洪水流を見ていると、洪水流が河岸を攻撃し、侵食しているように見える。しかし、洪水流による河岸侵食量はそれほど多くは無い。洪水濁流で底部を見通すことはできないため、わかりづらいが、実際は河岸底部の土砂が移動し、不安定となった河岸上部が崩れるように河岸土砂が流失しているのが実態である。

河岸侵食のはじまりである河床の洗堀はどのように起こるのか。川の流れは抵抗がなければ加速するが、河床・河岸等の抵抗(粗度)によって、加速が減勢される。水理学上、河床・河岸は潤辺(じゅんべん)と呼ぶ(図14のn1, n2, n3)。潤辺の粗度(正しくは有効粗度)によって流水が抵抗を受ける。各潤辺が影響をあたえる領域が図14の破線で示されている(国土交通省水管理・国土保全局2014)。各潤辺と最も離れた位置の流速が図14のように速くなる。

また底層の潤辺と浅い潤辺の流速分布を比べると、深いところが速い流速分布となる。洪水時には、そこがさらに速くなることになり、河床変動が起こる。なお、川の流れの抵抗は潤辺(粗度)だけ

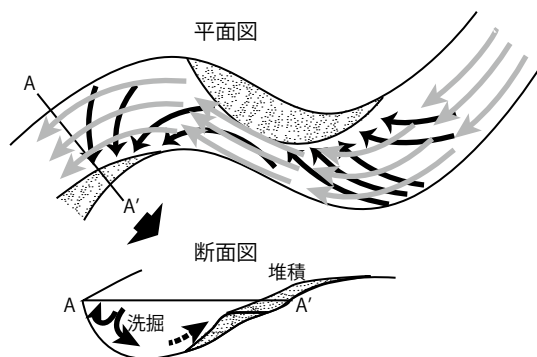


図15. 湾曲(蛇行)の流れによる洗掘作用のしくみ(萱場2013をもとに作図).

ではない。川の形状(狭窄部や拡幅および湾曲=蛇行)でも発生する。図15のような湾曲=蛇行では、外カーブの水位が水位上昇するため上層の水面は内カーブに向かう。しかし底部では外カーブの静水圧が内カーブの静水圧より上回るため、外カーブの上部から下部に向かう下降流がラセン流に発展し、洗掘が発生する。その洗掘された土砂は内カーブに運搬される。(萱場2013)。見掛け上は「水は高いところから低いところに」流れる。しかし河道が湾曲=蛇行していて、外カーブの水面が高くなると、中層と底層では水圧の関係で水面の流れと逆回転方向に流れる。湾曲=蛇行も川の流れだから上流から下流に移動する。この上流から下流の縦断方向の流れと湾曲でせり上がった外岸から内岸に向かう横断方向の流れが合成され、図にある黒線のような斜め方向の流れが中層と底層では発生する。その斜め方向の底層の流れが、洗掘を引き起こす。以上のように、河床と河岸の抵抗(潤辺の粗度)と湾曲=蛇行など(形状による

乱流等)によって洗掘が起こる。この洗掘を抑制することが河岸侵食の抑制につながる。そのための留意事項を示す。

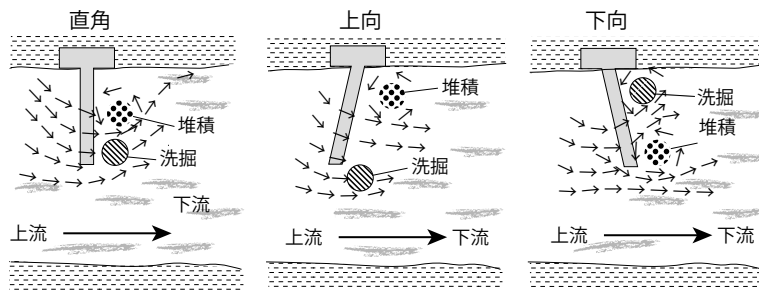
1. 潤辺(粗度)から考えると寄せ石する場合、河岸底層と接する河床に大きい石をできるだけ配置すること。
2. 湾曲=蛇行の在り方から考えると寄せ石する場合、湾曲の上流から寄せ石を行い、湾曲の曲率を小さくして、外岸の水面這い上がりをしてできるだけすくなくすること。

6. バープ(工区4)

直線河道を湾曲=蛇行河道にすることも河川構造多様化の一つであり、その手段の一つとしてバープがある。バープは河岸から突き出す水制(図16)と似た形状である(日本河川協会1980)。しかし、バープが水制と異なる点は上向き角度が鋭角(図17)だという点である。水制は流水の方向規制、又は水勢緩和を目的とした構造物である。これに対し、バープは流砂(上流から運搬される土砂)の捕捉(トラップ)を確実に行う構造物である。バープが流砂をトラップすることで、水制の目的である流水の方向規制と水勢緩和も可能となる。水制の場合も流砂をトラップすることがあるが、確実とはいえない。水制上流側では、流れが水制に衝突すると反転流が生じる。堆積しようとする流砂が攪乱を受け、堆積せず流下する。また、水制下流では、洪水が水制を乗り越え越流水が水制下流に堆積し始めた流砂を攪乱し、流下させてしまう。

バープは方向を鋭角にすることでバープの直上流は静穏域となるためバープ上流では、反転流が

図16. 水制と河川構造への影響(日本河川協会1980をもとに作図).



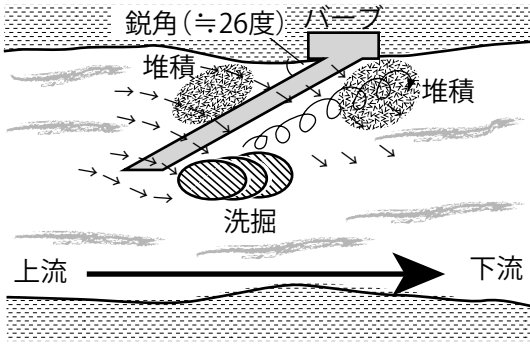


図17. バークと河川構造への影響(日本河川協会1980をもとに作図).

ほとんど生じない。また、バークの高さは平水位より50 cm未満の高さに抑えるため、バークを乗り越えた越流水もバークの直下流に堆積し始めた流砂を越流水が流出させる可能性が低い。以上のようにバークの要点は方向を鋭角にすることと、バークの高さを低くして、スムーズな越流を促すことで寄州の形成が可能となる。寄州(よりす)が流れを阻害するため、寄州を迂回して流下する。このように寄州ができると水の流れは湾曲=蛇行が形成される。

岩尾別川の工区4では、バークを1基施工した。通常、根付部(河岸とバークの接点)の高さは通常平水位から0.5m程度の高さにしている。しかし当該地では根付部の自然河岸が侵食される可能性があるため、洪水がバークを越流しない高さを考えた。結果として根付部の高さを現況河岸高とおなじ1.5mとした。根付部から先端部に若干下り勾配

をつけたが、先端の高さは平水位より0.8 m以上の高さとなった。このため、先端の流れは落差のある流れが発生した。この落差のある流れが、バーク先端部流失の一因であったようである。施工したバークの写真を示す(図18)。

バークは3箇月後の増水で、先端から半分が流失し、半壊状態となった(図19)。半壊の原因はバークの高さも一因であろう。より本質的な理由は、現地の石を寄せただけのバーク構造は、洪水の流体力に壊される、弱い構造であった、ということになる。ここで、河床礫(寄せ石も含む)の移動メカニズムを述べる。図20-Aのように河床上に静止している1個の大石に働く力を考える。重力の加速度と質量の積からなる重力Gは鉛直方向に働く。水によって大石に働く力はF(抗力と揚力の合成力)で表す。水の力が強くなればFの力と方向が変化する。水の力がどんどん大きくなればFの力が増大し、ついに大石は浮き上がる(椎貝1985)。

大石が移動する要因に小石の移動も考えられる。図20-Bのように河床上に静止している大石と接している一個の小石を考える。小石も大石同様にGとFの力を受け、水の力がどんどん大きくなればFの力も増大し、ついに小石は浮き上がる。もしくは滑動で移動する。大石の安定を一部支えていた小石が移動すると、支えを失った大石は不安定になり下流に転動・滑動する。この他に、大石からの落下水が小石の足元を洗掘し、小石が転動・滑動することで、連鎖的に大石も転動・滑動する場合もある。いずれにしても、水による力が



図18. バーク設置直後の様子。2013年7月23日撮影。



図19. バークの半壊した状況。2013年10月4日撮影。

大きくなると、大石は不安定になり移動する可能性が高い。

以上のように、水による力は水理学上、流体力と称し、抗力と揚力の合成力として表されている。流体力の計算から大石が安定する結果になった場合でも、図20-Bのように大石を取り巻く小石が動いただけで、大石が移動する場合が多い。計算が全てでないことに注意しなければならない。またバープのような突起物を川に設けると、突起周辺では水深が変化する。不思議に思うかもしれないが、図21(玉井ら1997)のように、突起周辺では水位が下がり、流速が速くなる。その結果、流体力が増大する。この現象は常流の場合だが、岩尾別川の場合、大きな河床礫の粗度の影響で、洪水の水深が1m未満だと、常流の流れに近いので、バープ先端では増大した流体力の作用を受ける。

水位が下がると流下断面積が小さくなる、流下する流量は変化しないので、水位が下がった場所の流速は急に速くなる。バープは突起状のため上下流の流速より急に速くなる。急に速くなった突起を越流する流れは、バープ先端の流れと衝突する。衝突で乱流が発生するため、バープ先端部分の河床は攪乱を受ける(図21)。その結果、バープ先端周辺の寄せ石が移動しやすくなる。今回、寄

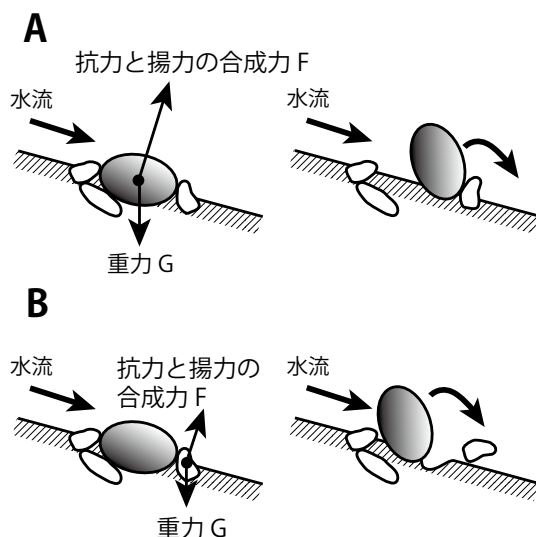


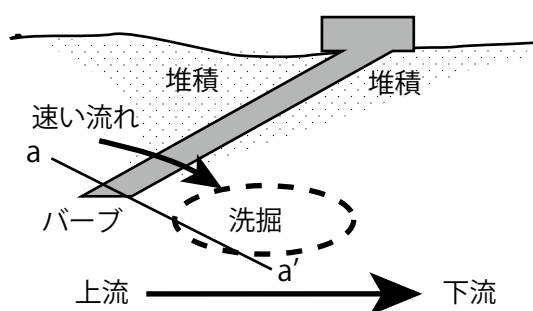
図20. 河床の石が動く仕組み。椎貝(1985)をもとに作図。

せ石だけでバープを設けた構造だが、増水時に機能することは不可能なことがわかった。岩尾別川で寄せ石のバープを計画する場合は、石が移動しない工夫、たとえば流木を木杭に使うような仕掛けが必要であろう。

7. 土堤撤去、川幅拡幅、河床縦断勾配修正(工区6)

昭和56年洪水で河道内に土砂が氾濫したが、そのままにしておくと、次に来襲する洪水で川が氾濫をおこし、町道が被災を受ける恐れがある。そのため、河道内の氾濫土砂を重機で掘削し、直線流路を形成していた。発生した大量の掘削土を河道内に土手のように盛り立てている。流路は粗い大石で覆われ、アーミング状態である(図22)。このような流路は、魚類の生息場として良好とはいえない。図22の狭い水面は約6m幅であり、この断面の模式図を図23上に示した。図24は、土手を切り崩して川幅を20mに広げ、河床勾配を1/30から1/60に緩くした工事直後を写したものである。この断面の模式図を図23下に示した。すなわち、工区6の見直しは、40m区間の土手を崩して、広

A バープと河川構造(平面図)



B バープ先端部(a-a')の構造(断面図)

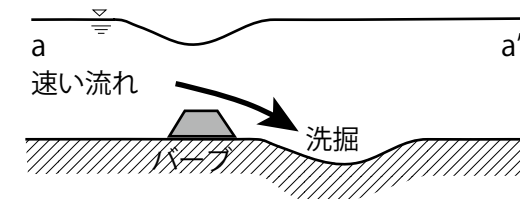


図21. バープによる河床攪乱の状況。玉井ら(1997)をもとに作図。



図22. 土手切り崩し前の工区6. 2013年10月4日撮影.

い川幅 (6→20 m) と緩やかな勾配 (1/30→1/60) の改良である。本来の岩尾別川の形状に近い河川断面を想定したものである。

本来の形状とは、(1) 河床礫径が大小バランスよく構成されている、(2) 河道内に細流や二次流が形成されている、と推定した。(1) と (2) から、本来の岩尾別川は、現状より、広い川幅と緩やかな勾配であった、と考えられる。(1) と (2) を条件とした河川断面の決定は、図25に示すように、河岸満杯流量の考え方 (山本1994) を採用した。

自然河道の断面形成に影響を与える流量が河岸満杯流量といわれている。例えば昭和56年洪水流量は大量の土砂を運搬・堆積させ河道を大きく変更したが、その後の中小洪水や融雪出水で河道内の土砂は移動し自然の断面が形成される、という考え方である。地形の変化は徐々に動的平衡の河

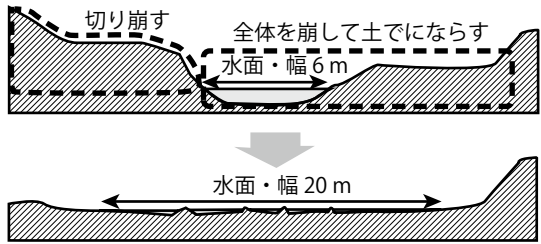


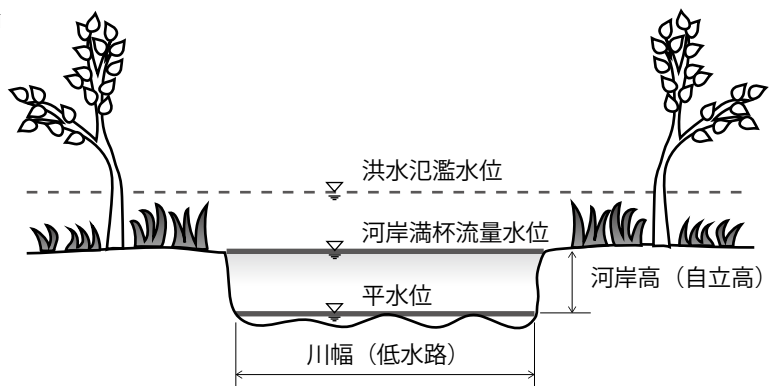
図23. 土手切り崩しの実施前後の変化 (断面図).



図24. 土手切り崩し後の工区6. 2014年7月16日撮影.

道断面に落ち着く、と考えられている。この動的平衡の河道断面を形成する代表流量が河岸満杯流量である。河岸満杯流量は現地の断面から判断するためわかりづらい難点がある。河岸満杯流量は平均年最大流量とほぼ同じ値であることがわかっているため、平均年最大流量がよくつかわれる。平均年最大流量の確率率は2-3年程度であり、年

図25. 河岸満杯流量の概念図。山本(1994)をもとに作図.



1回生じる洪水流量の3倍程度である。

ここで、河岸満杯流量を平均年最大流量として、計算してみる。河岸満杯流量は概ね平均年最大流量と同じとし、合理式で算出する。なお、流域最遠点から赤い川流入点までの洪水到達時間は1.0時間とする。

$$Q = (1/3.6) \cdot A \cdot f \cdot r \cdots \text{合理式}$$

ここに、Q: 平均年最大流量 (m³/s); A: 流域面積 16.0 km² (赤い川合流より上流区間); f: 流出係数 0.7 (河川砂防技術基準計画編, 山地より); r: 洪水到達時間内の降雨強度 24.2 mm/h (宇登呂, 確率3年の1時間降雨強度)。

$$Q = (1/3.6) \times 16.0 \times 0.7 \times 24.2 = 75.3 \text{ m}^3/\text{s} \cdots \text{河岸満杯流量} \approx \text{平均年最大流量}$$

次に河岸満杯流慮が流下する本来の断面を推定する(図26)。岩尾別川の自然河岸高すなわち河岸の自立高は現地河岸高より1.0 m程度と判断できる。川幅の目安は、対象区間の流域面積(16.0 km²)と保全工幅の関係図(道土木協会2008)に基づき、20 mと仮定する

以上より、河岸高1.0 m, 川幅20.0 mの横長断面を岩尾別川の河岸満杯流量断面と仮定する。河岸満杯流量を流下させると仮定した断面(図25)の流下量を計算する。

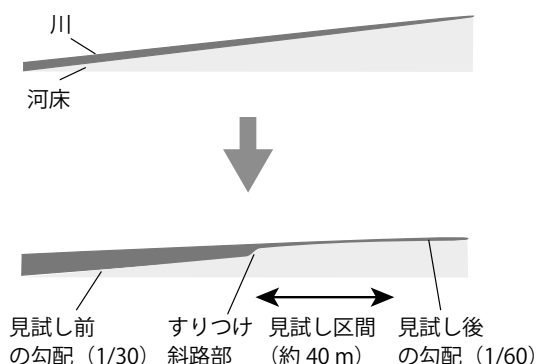


図26. 工区6の河床勾配。

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdots \text{マンニングの平均流速式}$$

ここに、V: 平均流速 (m/s); n: 粗度係数 0.30–0.35 (洪水時); R: 径深 0.9 m; I: 勾配 1/60。

$$V = 1/(0.03-0.035) \times (0.9)^{2/3} \times (1/60)^{1/2} = (33.3-28.6) \times 0.93 \times 0.13 = 4.03-3.46 \text{ m/s} \cdots \text{岩尾別川の河岸満杯流量流速} \approx \text{平均年最大流量流速}$$

この時の流下量(Q)は、ほぼ河岸満杯流量と同じである。

$$Q = A \times V = 20.0 \times (4.03-3.46) = 80.6-69.2 \text{ m}^3/\text{s} \approx 74.9 \leq 75.3 \text{ m}^3/\text{s} \cdots \text{河岸満杯流量} (= \text{平均年最大流量})$$

仮定した断面形状(河岸高1.0 m, 低水路川幅20.0 m, 勾配1/60)の流下量が、推定した河岸満杯流量(=平均年最大流量)とほぼ同じ流量であることがわかった。ゆえに仮定断面が岩尾別川の本来の自然河道断面に近いと考える。実際の岩尾別川は、低水路幅20 mの仮定断面を基本に、狭くなったり広がったりしながら、一部では2次流路を形成しつつ、動的平衡河道を維持してきた可能性がある。以上の計算結果をふまえ工区6では見直しを行った。しかし、設置後の、2016年8月の台風による大雨(確率6年程度)で、元の流路幅に戻ってしまった。理由は工区6の勾配1/60と現況勾配1/30をすりつけた斜路部(図26)で河床洗堀がおこったため、と考えている。

すりつけ斜路部は、現地河床材料のうちできるだけ大きな石を用いたのだが、洪水で一部の石が流失した。流失箇所には洪水が集中し、そこが洗堀された。土手を崩し、20 mの広い川幅となった河床も、すりつけ斜路部の洗堀によって、見直し前の低水路幅となった(図27, 28)。

どの程度の大石であれば、すりつけ斜路が壊れなかったのか、大石の粒径を求めてみる。

マンニングの平均流速式から斜路部の流速を想定する。計算を簡便にするため径深(R)を水深(h)とする。粗度係数はn = 0.035と仮定する。水深は



図27. すりつけ斜路部, 2014年10月8日撮影.



図28. 洗堀されたすりつけ斜路部, 2016年9月9日撮影.

0.5 m, 1.0 m の2パターンとする.

すりつけ斜路部の勾配は1/10, 1/15, 1/20の3パターンとする.

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = 1/n \cdot h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$= 1/0.035 \times h^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots \text{マンニングの平均流速}$$

無次元掃流力の式から移動しない大石の粒径を計算でもとめる.

$$\tau_c = h \cdot I / s \cdot d \dots \text{無次元掃流力の式}$$

この式を粒径dの式に変換する.

$$d = h \cdot I / s \cdot \tau_c = h \cdot I / (1.65 \times 0.06) = 10.10 \times (h \cdot I)$$

ここで、洪水水深 $h = 0.5 \text{ m}, 1.0 \text{ m}$, 勾配 $I = 1/10, 1/15, 1/20$, $s = 1.65$ (石の水中比重), 無次元掃流力 $\tau_c = 0.06$, 以上から大石の移動しない場合の計算結果は表2のようになった.

現地ですりつけ斜路部勾配は1/10程度である. 斜路部が侵食された2016年8月洪水の水深は、洪水痕跡から1.0 m程度であった. この水理条件だ

と、移動しない大石の粒径は $d = 1.01 \text{ m}$ である. 現地に1.01 m粒径の大石はほとんど無い. 従ってこのような斜路部を設ける場合、現地の材料だけで壊れない構造をつくることは、不可能だった、といえる. すりつけ斜路部に使用する1.01 m以上の大石が無い場合は、別途斜路部の石が移動しない工夫をしなければならなかったことになる.

8. 川の構造多様化のまとめ

岩尾別川の河川構造多様化を実施した結果を表3にまとめた. 実際に操作実験レベルの見直しを行ったのは2012年から2014年の3年間で、6つの工区にわけて実施した. 見直し当初の意図どおり機能している(2016年12月時点)のは、工区2, 3, 5である. これら3つの工区はすべて河岸侵食防御として寄せ石を行った工区である. 寄せ石によって、河岸沿いの流速が減勢されたこと、加えて増水時流心が河道中央に移動し、河岸に直接衝突する流体力が弱まったから、と考えられる. 一方、見直し当初から懸念していた工区1(礫列), 工区4(バープ), 工区6(拡幅, 縦断変更)の3つの工区は洪水で破壊された. すべて現地にある大きな河床礫を寄せ石した構造である. 小さな規模の洪水

表2. 大石の移動しないレベルを想定した計算結果.

勾配I	1/10	1/15	1/20
水深h(m)	0.5	1.0	0.5
流速V(m/s)	5.7	9.0	4.6
粒径d(m)	0.51	1.04	0.34

表3. 岩尾別川河川構造多様化作業の結果。○は成功，×は失敗，△はどちらともいえない状態をさす。

工区	流路改変	河床河岸 凹凸改変	実施時期	実施作業の内容，結果等
-	-	-	2011年	現地調査，対象区の測量および計画
1	-	×	2012年7月	礫列による瀬淵づくり→小洪水で礫列は破壊された
2	○	○	2012年7月	左岸寄り河道を中央に誘導→ほとんど状態は変わらず機能している
3	○	○	2013年7月	右岸寄りの河道を左岸側に誘導→ほとんど状態は変わらず機能している
4	×	△	2013年7月	左岸崖侵食防止のためバープ，掘削で中央誘導→バープの先端半分が流失
5	○	○	2013年7月	右岸侵食防止のため河道を左岸側に誘導→ほとんど状態は変わらず機能している
6	×	×	2014年7月	右岸土堤を撤去，川幅拡幅，河床縦断勾配修正→勾配すりつけ斜路部の洗掘で元の流路に戻る
-	-	-	2015年	現地観察，全体測量，とりまとめ

には耐えても，河岸満杯流量（＝平均年最大流量：平均して3年に1度の割合でその値を超過するという規模の流量）以上の流量では破壊されることがわかった。今後，再度見直しを行う場合は，寄せ石が移動しづらい工夫が必要であろう。

河道内の場の多様化をめざし単純な河道を改変したところ，数箇月から1年くらい多様な場の維持が可能だが，その後の洪水が単純な場に戻ってしまうことがわかった。その理由として，改変区間延長が1工区50m程度で短いことから，河道の動的平衡スケールからみると短すぎた可能性もあるが，現在の河道勾配が急なことが大きく影響していると考えられる。単純化された河道を洪水が流下すると，水位上昇とともに流れの勢いが増す。ところどころ見直しをおこなった実験規模の河床と河岸の凹凸改変にともない，洪水の流れも，改変地形に順応しながら新たな動的平衡状態の河道地形に落ち着くことを期待していた。しかし，岩尾別川の洪水は，寄せ石で形成した改変地形を無視できる流下エネルギーで流れることがわかった。

以上のことから，今後の岩尾別川の河川構造多様化を試行するのなら，発想をかえざるをえない。そこでまず，岩尾別川の単純河道に至った経緯を

ふりかえる。岩尾別川の単純化は1981年豪雨で土砂堆積した河道を流路掘削したためである。掘削の理由は，河道内に堆積した大量の土砂をそのままにしておくと，その後の洪水で，岩尾別川右岸と併設された町道岩尾別温泉道路が被災する可能性が高いためであろう。1981年豪雨の流量を計算で求めると， $180 \text{ m}^3/\text{s}$ であった。図29は岩尾別温泉道路に町道が近接している箇所である。この箇所の断面を模式的に示した図30では，1981年豪雨時の推定水位である $180 \text{ m}^3/\text{s}$ の流下水位を示している。すなわち1981年豪雨時の流量 $180 \text{ m}^3/\text{s}$ は，現況の岩尾別川断面で流下できることがわかった。また，町道の高さ（余裕0.6m考慮）まで河川の流下断面とすると，計算上では $426 \text{ m}^3/\text{s}$ が流下できる計算結果となった。この流下流量は1981年豪雨洪水の流量 $180 \text{ m}^3/\text{s}$ の2倍以上である。

このように，計算上では洪水による土砂堆積で河道が埋まったように見えたとして，町道被災を起こす断面になったとは考えにくい。ただし，堆積土砂の偏りや大量の流木が堆積するような場合は計算とは異なる現象が発生する。また，1981年豪雨時には右岸の町道寄りに河道があった可能性が高く，洪水が町道間近に迫ったのかもしれない。

このため、町道が被災した可能性もある。現在の岩尾別川河道は重機で開削したため、町道から離れた左岸山沿いを流下しているの、治水は安全な川といえる。

一つ気になるのは町道不通の情報である。町道岩尾別温泉道路は1994年に全線アスファルト舗装整備工事が行われた。1981年豪雨では土石流災害が発生。岩尾別温泉の宿泊客が孤立して翌日に救出される騒ぎがあったようである（斜里町2004）。孤立の原因が、岩尾別川本流で土石流災害があったためなのか、それとも町道に接する山腹溪流の土石流大害で町道が不通になったのか不明である。孤立原因が後者であれば、岩尾別川本流以外の対策が必要となる。

以上のような不確定要素はあるが、現在の河川断面は1981年豪雨レベルの水量を流下できるという前提で議論をすすめる。知床は若い地形・地質であり、物理的・化学的作用により風化され土砂は生産される。1981年豪雨時のような大きな洪水に限らず、小さな洪水でも上流で生産された土砂は下流に運搬され、町道と接近してくる下流区間の河道に堆積する。このため、現在は洪水にたいし流下能力があっても徐々に土砂堆積は進行し、流下能力は年数をかけて低下する。しかし当面、流下能力は確保されると考えられる。このような前提で今後の対策を発想すべきであろう。

今後の対策として、6つの工区で行ってきた工法のうち工区6のように、可能な限り低水路幅を広げることが効果的だと考える。これから洪水で発生する河道堆積土は全て、河道内ではなく町道沿いに寄せ石を行うべきである。低水路幅をひろげることで2次流路の形成も可能となり、オショロコマのような小型魚の生息・産卵場もふえるだろう。現在のように、流路確保のため単純に重機（バックホウ）の作業半径内の狭い幅で掘削し、掘削土を河道内に土手をつくる工法は、河川環境の劣化をまねくだけである。本事業で行った地形測量の図面がこれからの検討する際の基本情報となる。今後の洪水による土砂堆積量および流下能力の低下も地形測量の地形線と対比することで、必要な土砂移動量が算出でき、過度な河道掘削を抑



図29. 岩尾別川と隣接する町道。2013年7月23日撮影。

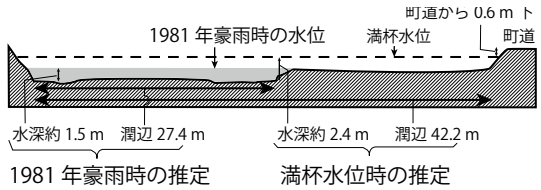


図30. 1981年豪雨時および満杯水位を想定した岩尾別川の流下断面図。

制することができる。検討の基礎となる測量地図が完成したので、岩尾別川河道内維持管理計画をたて、河岸沿いの樹木や河道内地形および魚類の生息産卵環境が地図情報上で管理していくことがのぞまれる。

9. 川の構造多様化と魚類について

川の構造多様化にむけ、6つの工区で見直しをおこなってきた。その目的は、オショロコマの生息・産卵環境改善やサクラマス産卵環境改善がはかれるよう、川の流れをより自然な流れへと誘導するような河道の修正であった。6つの工区の見直しと魚類調査は平行して実施したため、魚類調査結果を見試しする際に、フィードバックする時間がなかった。これからの岩尾別川の多様化と魚類の関係について、馬谷ら（2015）、山本ら（2017）の魚類調査結果と考察を参考にしながら、検討をくわえる。魚類の推定生息魚類数が最も多い川は、岩尾別川支流のピリカベツ川である。これは、岩尾別川との合流点近くにあった谷止工（1992年完成）に、2007年にスリットをいれた（図31）効果と判断している。



図31. ピリカベツ川谷止工につけられたスリット, 2014年10月6日撮影.



図32. 盤の川橋梁の下流にある落差工, 2015年5月30日撮影.

岩尾別川は、本流であるにもかかわらず、支流のピリカベツ川や白イ川の魚類推定生息尾数よりも低く、支流の重要性がわかる。2012年に比較的大きな洪水があった影響なのか、魚類調査からは、岩尾別川本流でおこなった6つの工区の多様化事

業効果はほとんど無かったように見える。盤の川では調査回数が少ないため、推定生息数を算出していないが、岩尾別川との合流点上流にある橋梁(1982年完成)護岸下流端の落差工(図32)を改良することで、岩尾別川水系としての生息数の増加

表4. サクラマス稚魚および発眼眼放流数, 馬谷ら(2015)および斜里町未発表データによる.

放流実施年	幌別川		岩尾別川		備考
	稚魚	発眼卵	稚魚	発眼卵	
1999	5万	3万	5万	3万	稚魚は春に、発眼卵は秋に放流を行った
2000	-	10万	-	7万	
2001	-	5万	-	5万	
2002-07: 放流を中断, モニタリングのみ継続					
2008	-	-	-	15万	白イ川へ放流
2009	-	-	-	20万	白イ川へ放流
2010	-	-	-	10万	白イ川へ放流
2011	-	-	-	20万	白イ川, ピリカベツ川, 盤ノ沢に各約6万7千粒放流
2012	-	-	-	5万	盤ノ沢に放流. 天候不順のため, 白イ川等には放流できず
2013	-	-	-	-	発眼卵の確保が困難だったため放流は行わず
2014	-	-	-	6.3万	白イ川(2万5千粒), 盤ノ沢(3万8千粒)放流
2015	-	-	-	20万	ピリカベツ川, 盤ノ沢に各約10万粒放流
2016	-	-	-	12万	白イ川, ピリカベツ川, 盤ノ沢に各約4万粒放流

が期待できる。

今回見直しを実施した6つの工区の調査地点は、山本ら(2017)の調査地点I06-10に該当する。この表を見ると、水系全体としてもヤマメの採捕数は少ないが、支流のS(白イ川), P(ピリカベツ川), B(盤の川)と比較して、広い川幅があるにも関わらず岩尾別川本流で捕獲数の少ないことが気になる。

岩尾別川水系のサクラマス卵の放流数は表4の通りである(馬谷ら2015; 斜里町未発表)。支流の採捕個体数が比較的多かったのは、発眼卵放流地点が支流であることが影響している可能性が高い。

図33は岩尾別川における過去のサクラマス捕獲数である(水産庁北海道さけ・ますふ化場1956, 1973, 1988)。これに対して近年、岩尾別川水系でサクラマス幼魚・発眼卵を放流しているが、サクラマスの回帰は激減したままであることが表5からわかる(馬谷ら2015; 斜里町未発表)。知床

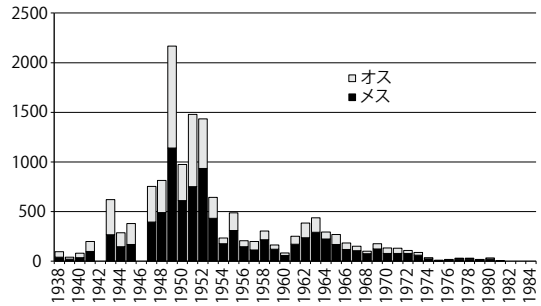


図33. 岩尾別川における1938-84年のサクラマス捕獲数の推移。水産庁北海道さけ・ますふ化場(1956, 1973, 1988)をもとに作成。

の河川でサクラマスが激減した要因として小宮山(2003)は、砂防ダムなどの河川工作物の建設、サケ方式の人工増殖方法、法律で禁止されているサクラマス親魚釣り、数に規制のない幼魚釣りを挙げている。馬谷ら(2015)は、斜里町在住者の聞き取りから、1940年代-50年代前半に岩尾別川が河畔林で覆われて水量、蛇行区間、瀬・淵が多く、

表5. サクラマス産卵状況。馬谷ら(2015)および斜里町未発表データによる。

調査実施年	幌別川		岩尾別川		備考
	親魚	産卵床	親魚	産卵床	
2001	1	0	5	2	1999年春に放流した個体(稚魚)の回帰遡上年
2002	5	4	0	0	1999年秋に放流した個体(発眼卵)の回帰遡上年
2003	8	7	7	9	2000年秋に放流した個体の回帰遡上年
2004	9	24	6	17	2001年秋に放流した個体, 自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2005	2	3	1	0	2002年に自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2006	2	1	2	0	2003年に自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2007年	1	0	2	1	2004年に自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2008年	2	1	0	0	2005年に自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2009年	0	0	0	0	2006年に自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2010年	1	0	1	0	2007年に自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2011年	3	0	5	1	2008年秋に放流した個体, 自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2012年	0	0	2	1	2009年秋に放流した個体, 自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2013年	0	0	2	5	2010年秋に放流した個体, 自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2014年	0	0	3	4	2011年秋に放流した個体, 自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2015年	-	-	2	1	2012年秋に放流した個体, 自然産卵で生まれた個体の回帰遡上年
2016年	-	-	1	0	2013年秋の自然産卵(放流未実施)で生まれた個体の回帰遡上年

サクラマス幼魚が半日で100–200尾は釣れたという情報を得ている。過去の捕獲数推移(図33)を見ると1947年から1953年に多く捕獲されているので、聞き取り結果と符合する。町道岩尾別温泉道路の整備(1963年)にともない河畔林の伐採が行われ、岩尾別川の河道も人工的に移動・改変した可能性が高い。とはいえ、谷止工もふくめ河川工作物が、サクラマス捕獲数の衰退とどのように関係しているのかは不明である。

河川横断工作物が魚類生息往來の支障物であり、生息数の減少と関係することは理解できる。河口付近に3基低落差の河川工作物があるが、サクラマス遡上に支障はないであろう。では支障のある工作物はどこにあるのか？ 岩尾別川本流で支障となる河川工作物は、河口から3.1 km上流のピリカベツ川合流の直上流にある谷止工(落差2.5 m, 1991年設置, 北海道森林管理局)である。3.1 km区間にサクラマス産卵床の適地が多いとはいえないが、それなりにあるように見える。しかし、3.1 km区間で親魚や産卵床の確認数が少ない。岩尾別川本流にある谷止工にスリットや魚道を設けたら岩尾別川本流3.1 km区間で親魚や産卵床の確認数が増えるかもしれないが、サクラマス激滅の理由が河川だけの問題に絞ってよいのか現時点ではなんともいえない。以上、岩尾別川では過去にサクラマスが多数生息していたことは確からしいが、今後サクラマスの生息数と河川構造多様化の関係解明が必要と考える。

次にオショロコマについて述べる。山本ら(2017)の表3では、オショロコマの採捕個体数が示されている。この表のうち見直しを実施した6つの工区の調査地点はI06–10に該当する。オショロコマもサクラマス同様、支流(S, P)および岩尾別川谷止工の上流では多数捕獲されているが、岩尾別川本流では支流より広い川幅にも関わらず採捕個体数は少ない。山本ら(2017)は、淵とそれを繋ぐ早瀬といった瀬淵構造よりも流れを2分割や3分割し、オショロコマの産卵に適した浅くて緩やかな流れの場所をつくる必要があるとの考えを述べている。この提案を具体化するには、現存する町道近くにある2次流路跡の復元が有望であ

る。ただし、この2次流路が洪水流によって主流路になると、道路被災の恐れがある。このような問題をかかえつつ、2次流路の復元は優先的に今後実施検討を進めるべきである。

岩尾別川の河川構造多様化の取り組みは、手探り状態ではじまったが、5年間の事業期間を終えて、わかったことは河川構造多様化の難しさである。予測できない状態なので、岩尾別川の河川環境の劣化が今後も進むのであれば、慎重な手入れが求められる。その際、今回の河川構造多様化事業では検討対象としなかったが、岩尾別川環境の質を向上させるためには、2次流路(2分割)、3次流路(3分割)が川の営力で形成・維持できるような復元、および広い低水路の創出が必要と考える。その場合、右岸の町道と左岸山腹崩壊を、ともに防御するような、河床礫を集積した寄せ石による防御が有効である。このことは、今回の見直し(工区2, 3, 5)で実証済みである。また今回試行しなかったが、工区3, 6の経験をフィードバックさせ、土砂以外の流路コントロールの工夫をする必要がある。

岩尾別川(水系)の河川環境保全、河川構造多様化は、不確実性が高い内容を含む。このようなケースは、順応的管理(アダプティブマネジメント)で対応することになる。河川関係者は経験を重視した伝統的な川の管理をとりがちなため、順応的管理(適応可能な管理, 中村1998)をめざすことが重要である。順応的管理では、不確実性を前提とするがゆえ、コトを始める前に、仮説をたてることに特徴がある。仮説とは、入手できる数少ない情報や知識から導いた結論である。この仮説から導かれた結論から、「○○をしたら□□になる(だろう)」と決めて実施することになる。そして、仮説をもとに状況に応じて修正しながら行動するという、柔軟な考え方を採用する。ここでいう修正とはなにか？ 修正とは失敗と同意語である。仮説は不確かな結論(推論)なので、仮説にもとづいて行うと失敗することが多い。だから修正をとまなう。河川関係者に順応的管理が知れ渡ってすでに20年になるが普及しているとはいいがたい。それは順応的管理が失敗に裏打ちされた手法である

ためだろう。しかし、順応的管理上の失敗は、通常の失敗とは異なるはずである。なぜなら、失敗したことでその仮説を破棄でき、新たな仮説を立てることができるからだ。仮説は、だれでも立てることができるが、その実施時点で確からしい仮説を立てなければ、いつまでたっても「やってみなければわからない」という態度や、不作為に陥る。残念ながら「やってきなければわからない」姿勢で得た技術は、やった人だけのもので、客観と普遍性とは無縁の応用のきかない属人的な技能習得で終わる。

川を管理する技術に限らず、技術は原則として没個性的である。梅棹(1969)は技術について、だれでもが、順序をふんで練習してゆけば、かならず一定の水準に到達できる性質をもつものとしている。それは、客観的かつ普遍的で、公開可能なものである。岩尾別川の河川構造多様化に必要な技術も、没個性的で公開可能なものでなければならない。没個性的で公開可能な新しい技術を入手するには、不確実な情報と知識から出発した上で、失敗を通じて不確実さを確実に変える過程、すなわち不確実さを潰す過程が必要である。この繰り返しによって確実性が増す。

失敗には大きな失敗と小さな失敗がある。できるだけ大きな失敗をさける配慮に気を配りながら、やむを得ない失敗が常につきまとうていことを念頭をおき、順応的管理を進めることになる。自然に負荷をかけない河川管理技術がなければ、町道岩尾別温泉道路に隣接する岩尾別川は、いずれ固い人工物で守られるようになるであろう。そのような事態とならぬよう、経験を活かしつつ、順応的な管理技術を基本にして岩尾別川の保全と整備を行うことを望む。

引用文献

- 石川幸雄・佐藤謙. 2006. 知床半島の森林植生. 斜里町立知床博物館(編), 知床の植物2. しれとこライブラリー7. pp. 74-112. 北海道新聞社, 札幌. 大熊孝. 2004. 技術にも自治がある. 293 pp. 農山漁村文化協会, 東京.
- 馬谷佳幸・松林良太・増田泰. 2015. 知床半島岩尾別川および幌別川におけるサクラマス個体群の現状. 知床博物館研究報告37: 21-32.
- 梅棹忠夫. 1969. 知的生産の技術. 218 pp. 岩波書店, 東京.
- 萱場祐一. 2013. 河川地形の特徴とその分類. 中村太士(編), 河川生態学. p. 32. 講談社, 東京.
- 国土交通省水管理・国土保全局. 2014. 美しい山河を守る災害復旧基本方針. 165 pp. 国土交通省, 東京.
- 後藤芳彦. 2009. 知床半島の生い立ち. 斜里町立知床博物館(編), 知床の地質. しれとこライブラリー8. pp. 12-25. 北海道新聞社, 札幌.
- 小宮山英重. 2003. 知床の淡水魚. 斜里町立知床博物館(編), 知床の魚類. しれとこライブラリー4. pp. 10-141. 北海道新聞社, 札幌.
- 椎貝博美. 1985. 流水中の砂粒運動. 吉川秀夫(編), 流砂の水理学. pp. 1-18. 丸善, 東京.
- 斜里町. 2004. 生活史. 斜里町史第三巻編纂委員会(編), 斜里町史3. pp. 855-1,110. 斜里町, 斜里.
- 水産庁北海道さけ・ますふ化場. 1956. 鮭鱒捕獲採卵数1927-1955水系別. 147 pp. 水産庁北海道さけ・ますふ化場, 札幌.
- 水産庁北海道さけ・ますふ化場. 1973. さけ・ます捕獲採卵・ふ化放流数: 昭和31年-昭和47年水系別. 241 pp. 水産庁北海道さけ・ますふ化場, 札幌.
- 水産庁北海道さけ・ますふ化場. 1988. さけ・ます捕獲採卵・ふ化放流数: 昭和31年-昭和47年海区・水系別. 241 pp. 水産庁北海道さけ・ますふ化場, 札幌.
- 田代喬. 2013. 生物からみた水文学と水理学. 中村太士(編), 河川生態学. pp. 1-13. 講談社, 東京.
- 玉井信行・有田正光(編). 1997. 水理学. 175 pp. オーム社, 東京.
- 中村太士. 1998. 予測できない生態系の応答を前提とした新たな管理指針: Adaptive Management(適応可能な管理)の必要性. 河川(公益社団法人日本河川協会発行)628: 57-63.
- 日本河川協会(編). 1978. 解説・河川管理施設等

- 構造令, 404 pp. 山海堂, 東京.
- 長谷川和義, 1997. 溪流の淵・瀬の水理とその応用, 水工学シリーズ97-A-9, 20 pp. 土木学会水理委員会・海岸工学委員会, 東京.
- 星田義治・濱野啓造, 1988. 水理学の基礎, 288 pp. 東海大学出版会, 東京.
- 北海道土木協会, 2008. 北海道砂防技術指針(案): 技術基準編(平成20年7月改定), 624 pp. 北海道土木協会, 札幌.
- 守屋以智雄, 2003. 南千島と知床半島の火山: 鴈行する火山群, 小疇尚・野上道男・小野有五・平川一臣(編), 北海道: 日本の地形2, pp.91-109. 東京大学出版会, 東京.
- 禰津家久・富永晃宏, 2000. 水理学, 328 pp. 朝倉書店, 東京.
- 山本晃一, 1994. 河道特性を規定する主要因子の特性, 沖積河川学, pp.17-33. 山海堂, 東京.
- 山本敦也・上釜智彦・海老沢洋平・馬谷佳幸・松林良太・金岩稔, 2017. 知床岩尾別川における魚類および物理環境調査, 知床博物館研究報告 特別号2: 41-49.