

真駒内川における礫河床の再生

北海道建設部土木局河川課計画グループ主査（環境） 高橋 浩揮

1. はじめに

真駒内川では、昭和37年から河川改修工事を開始し、その後、昭和56年の大水害を契機に計画流量の見直しや「河川環境の整備と保全」を加えた河道計画の策定を行い、河川整備を進めているところです。これまでは主に、河積の拡大に加え、「水際の保全や復元を図るなど部分的な工法や「連続性」を回復する魚道の整備を行ってきました。その結果、サクラマスの遡上・産卵範囲は上流へと広がり、毎年サクラマスの産卵を確認できるようになりました。

しかし、近年、河床低下により岩盤が露出した河床（以下、岩盤河床）が広範囲にみられるようになり、礫の間隙に生息する底生動物やハナカジカなどの魚類の生息環境に適した礫で構成された瀬、サクラマスの産卵環境に適した河床材料の瀬と淵の移行帯や幼魚の越冬に適した河岸地形が形成されていないなどの環境上の問題および護岸基礎周辺の洗掘など治水上の問題が懸念されています。

このため、平成17年度から岩盤河床における礫河床の再生に向けた検討を行っています。本稿では、岩盤河床において礫の捕捉・堆積を促す実験的な取り組み（礫河床の再生）について紹介します。

2. 流域の概要

真駒内川は、札幌市の南西部（南区）に位置し、隣接する恵庭市との市境に位置する空沼岳（標高1,251m）にその源を発し、北東から北へ流下して、石狩川水系豊平川に合流する流域面積37.1km²、幹川流路延長20.8km、平均河床勾配1/60の一級河川です（図-1）。



図-1 真駒内川の位置図

上流部は、「札幌芸術の森」を中心に近年急激に宅地化が進んでいる地域です。中流部は、本川左岸側が住宅地域で、右岸側は緑豊かな樹林帯となっています。また、下流部には、官公署施設や高層マンシ

ョンなどが立ち並び、市民の憩いの場として親しまれている道立真駒内公園内を流下して豊平川に合流します。

流域特性として、上流域では安山岩が分布し、中下流域では支笏火山性の熔結凝灰岩分布し、現況河道の一部が河床低下により岩盤が露出しています。また、水量は、一年を通して豊かで、水質も環境基準A類型を毎年達成しており良好です。

3. 河川整備の変遷

中下流域では、昭和37年から災害関連事業により河川改修（計画流量250m³/s、計画河床勾配1/68～1/100、設計流速5.4m/s）を進め、ショートカットによる直線化（改修前2.90kmから改修後2.64km）や、堤防の新設、落差工の設置（対象区間では4基）を行ってきました。その後、昭和56年8月の台風による洪水で、浸水面積5ha、浸水家屋35戸の大きな被害を受け、河川近隣のマンション基礎部の侵食や道路・橋梁などの公共土木施設の被害なども発生しました。これを契機に計画流量を見直し（計画流量300m³/s、計画河床勾配1/100～1/125、設計流速4.2m/s）、昭和63年度より豊平川合流点から常盤1号橋まで6.3km区間の河川整備を進めているところです。

また、上流域では、昭和53年から砂防事業を進め、8基の砂防ダムと約2.0kmの溪流保全工が完成しています（図-1）。

4. 河床低下による河川環境の変化

真駒内川では、近年、河床低下に伴う岩盤河床が広範囲にみられるようになりました。これは、流域幅の狭い谷底地形、軟岩（熔結凝灰岩）の地質に加え、昭和50年代に建設した砂防ダムによる上流からの土砂供給の減少、昭和30年代の河川改修による河岸からの土砂供給の減少とみお筋の固定による複合的な作用によって生じたものと考えられます（図-2、写真-1）。



図-2 河道の変遷



写真-1 岩盤河床の現状

岩盤河床が河川環境に与えている影響を把握するため、岩盤河床と礫河床において、魚類と底生動物の生息状況および河岸の植生の調査を行ないました。この結果、岩盤河床は礫河床と比較して、ハナカジカの生息数、底生動物の種組成、現存量ともに著しく少ないことが分かりました。また、岩盤の河岸と礫が堆積する河岸（礫河原）における植物相の出現種をみると岩盤の河岸では亀裂にわずかに生育しているのに対して、礫河原では多くの種を確認できました。

5. 礫河床の再生の目標

真駒内川における礫河床の再生に関する長期目標は、「礫河床の復元による河川構造の形成と維持にともなうサクラマス等の生息環境の創出」とし、岩盤河床に礫が堆積し、瀬一淵構造をもつ河川の階層構造を形成することにより、サクラマスの河川生活期（産卵、稚魚・幼魚および越冬）ごとの生息環境を創出することを目標としました。

しかし、一旦岩盤が露出してしまうといくら上流から土砂が供給されても、低下したみお筋の水深の増加に伴う掃流力の増大と露岩した河床と掃流砂との間の摩擦力の低下により、礫河床に戻ることは困難であると考え、礫河床の再生に向けた第一段階として、「現況の岩盤河床における礫の捕捉」を当面の目標としました。

6. 実験的な取り組み

6-1 屋外模型実験

本取り組みにあたって、岩盤河川に関する知見や礫河原の復元の事例はあるものの、岩盤河床を礫河床へ再生する技術的な方法を示す文献はなかったことから、現地実験に先立ち、礫の堆積を促す施設の構造と配置を検討するため、屋外模型実験を行ないました（写真-2）。実験では、水制や帯工、また、溪流にみられる河床地形を形成する礫の構成（「ステップ・プール（礫段）」と「リブ（礫列）」）の構造を基本とした不透過性と透過性のいくつかのケースについて土砂の捕捉状況を観察し、施設の構造と配置を絞り込みました。

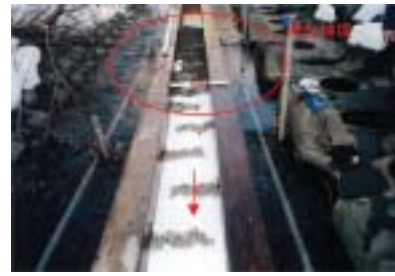


写真-2 模型実験の様子

6-2 現地実験

実験地は、豊平川との合流点から上流3.9kmに位置し、水面幅が約15m、河床勾配1/90~1/100で岩盤河床の著しい箇所を選定しました。実験施設は、ワイヤーで連結した直径35cm程度の玉石を用い、高さは最大粒径見合いの50cm、縦断方向に5.0m間隔で6列、左右交互に開口部を設けて川を横断する連結玉石水制工とし、平成18年3月に設置しました。なお、この配置間隔は、増水時において構造物下流に生じる剥離流を考慮して、高さに対してその10倍の距離としています。また、水制工の列数は、事前に行った屋外模型実験の結果から、6列配置を採用しました（図-3、写-3）。

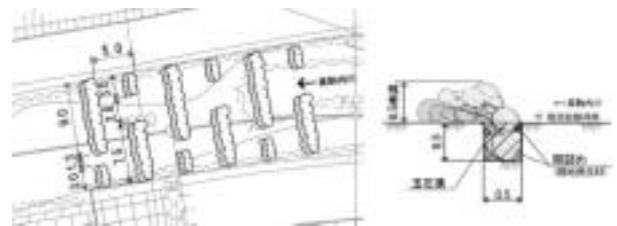


図-3 連結玉石水制工の配置



写-3 実験施設（設置前と設置直後）

6-3 モニタリングの実施

現地実験の効果を検証するため、河川水位を記録するとともに、地形変動調査（洗掘と堆積）、物理環境調査（水深、流速、河床材料）および魚類調査（魚類の生息状況、サクラマス産卵床の分布）を行なっています。これらの調査は、実験施設設置前の平成17年から実施しており、この間に融雪時など20m³/s程度（計画流量300m³/s [N=1/100] の約7%）の出水がありました。なお、実験施設設置後の平成22年12月に最大流量40m³/s程度の出水がありました。施設の流出はありませんでした。

7. 現地実験の効果と検証

7-1 洗掘と堆積

実験施設設置前から行なっている地形変動調査の結果、設置1年後（平成18年）の融雪出水から堆積傾向が強くなり、特に6列配置した水制工の上流に広く堆積し、元河床より50cm程度上昇しているところもみられました。この現象は、模型実験と同様でした。なお、礫が堆積しなかった岩盤河床では30cm程度低下しているところもみられました（写-4）。



写-4 実験施設（設置1年後）

設置5年後（平成22年）には、水制工の各列間においても堆積しており、40cm程度上昇しているところもみられました。しかし、河床高が相対的に高い右岸側は堆積しづらく、現在も岩盤がみられ、20cm程度低下しています。これは、濁水時の乾燥と増水時の流水や掃流土砂の影響を受けるためと考えられます（写-5）。



写-5 実験施設（施工5年後）

7-2 岩盤河床の減少と堆積した礫

実験施設設置前（平成17年）から設置5年後（平成22年）までの岩盤と礫の割合や河床材料の組成の調査を行いました。その結果、実験前に約70%を占めていた岩盤河床は、設置1年後（平成18年）には40%程度にまで減少しました。その後、約30%程度で推移しており、大きな変化はみられません。河床材料の組成をみると中礫（こぶし大）が多く堆積しました（図-4）。

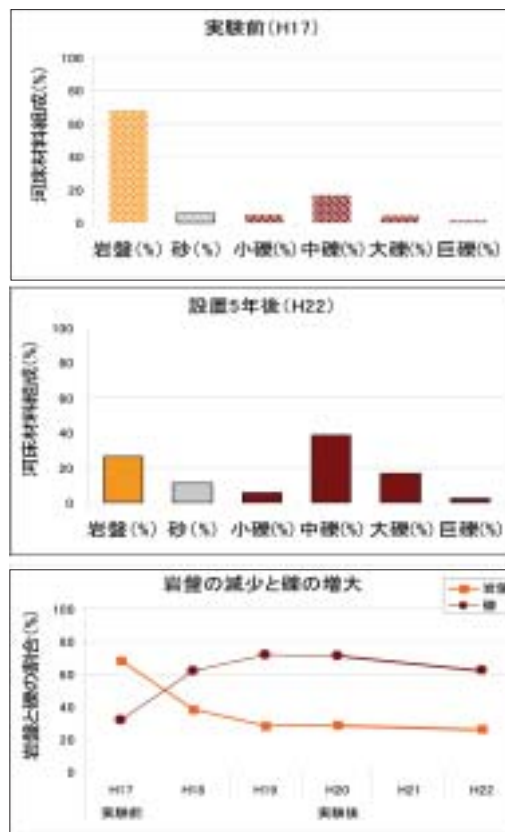


図-4 河床材料組成の変化

7-3 水理検討

平成20~21年に、現況河道および実験施設設置区間における、礫の堆積のしやすさを検証するため、水理検討を行なっています。水理検討は、準二次元不等流計算モデルの構築、粗度係数の検証を行った上で、既往洪水及び平均年最大流量時の移動限界粒径を算出しました。移動限界粒径の縦断変化を把握し、値が小さく礫が堆積しやすいと考えられる箇所の実際の堆積状況を確認し、計算結果と実際の状況が合致していることを確認しました。

実験施設を設置したことにより設置区間の洪水時の水面勾配が施設の下流側に比べ小さくなり、掃流力が低下することで、それまで捕捉できなかった礫をトラップすることができたと考えられます。なお、実験施設は、洪水時の水位を上昇させる効果がありますので、設置時に治水上の安全度を確認する必要があります。

7-4 魚類の生息状況

魚類の生息環境について、ハナカジカとサクラマス幼魚（夏期と越冬期）に着目して評価をおこなっています。実験区間のハナカジカやサクラマス（夏期）の生息数は、岩盤区間（対照区）より多く、礫区間（目標区）と同程度になりました（図-5、6）。この傾向は平成19年からみられ、その後に大きな変化はみられません。サクラマス幼魚（越冬期）は、岩盤区間と礫区間に比べて生息数は多く（図-7）、また、平成19年と平成22年を比較すると、岩盤区間と礫区間は変化がみられないのに対して、実験区間は大きく増加しました（図-8）。これは、水際に砂や小礫が堆積し、ツルヨシなどの植生が生育したことにより、カバーや緩やかな流速域など越冬環境が創出されたためと考えられます。

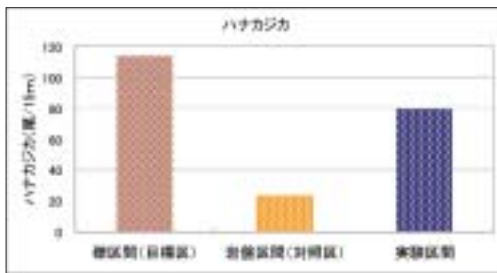


図-5 ハナカジカの比較(H22)

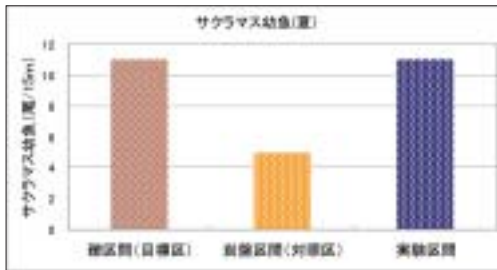


図-6 サクラマス幼魚(夏季)の比較(H22)

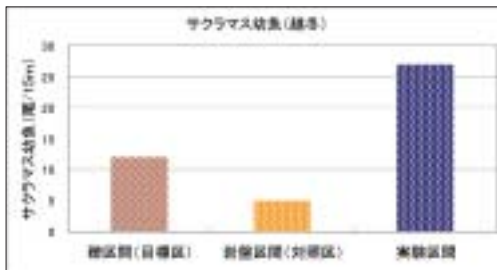


図-7 サクラマス幼魚(越冬)の比較(H22)

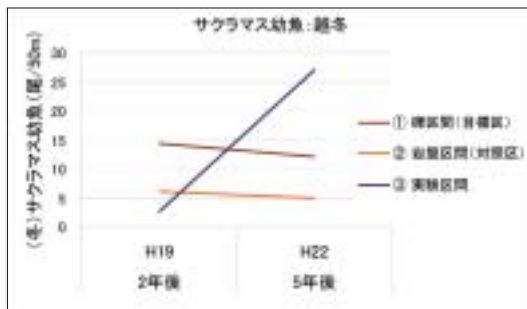


図-8 サクラマス幼魚(越冬)の経年変化

7-5 サクラマスの産卵床

実験施設周辺で確認したサクラマスの産卵床は、実験前（平成16～17年）は0～1箇所でした。施設設置2年後（平成19年）には8箇所確認されました。設置後5年後（平成22年）は2箇所になりましたが、実験施設周辺の中礫が堆積したところで毎年、産卵床がつくられるようになりました（図-9、10）。なお、近年、産卵床が少ないのは、遡上してくるサクラマスが少ないことや上流の落差工が改良され、産卵域が広がったためと考えられます。

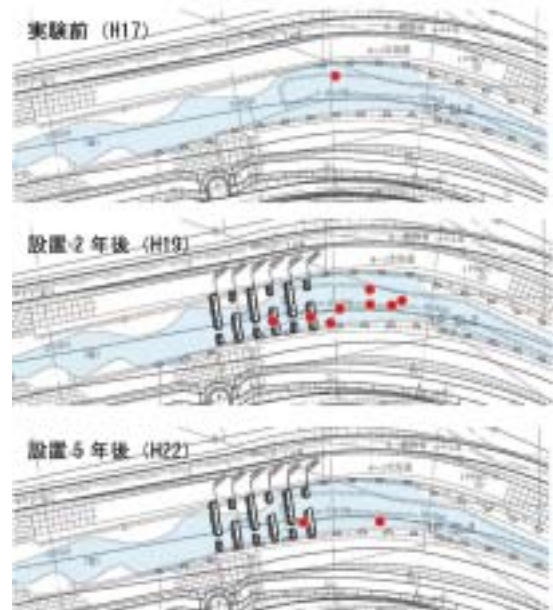


図-9 サクラマスの産卵床の位置

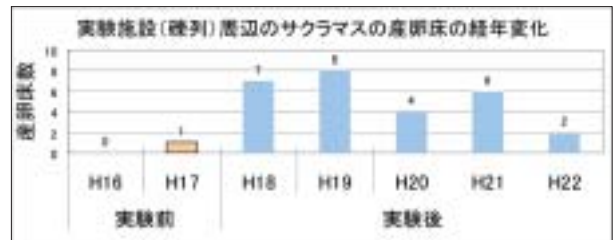


図-10 サクラマスの産卵床の経年変化

8. おわりに

以上、岩盤河床における礫の捕捉・堆積を促す実験的な取り組みについて紹介しました。真駒内川では、「多自然川づくり基本指針」および「中小河川に関する河道計画の技術基準」に基づき、河床幅の確保、片側拡幅、河岸の工夫等の取り組みも行っています。今後は、局所的な再生だけでなく、土砂供給、洗掘・運搬・堆積といった自然の特性やメカニズムを活用した川づくりを進め、効果と検証を行っていきたいと考えています。

最後になりますが、礫河床の再生の計画・実験・モニタリングに様々なご助言・ご協力を頂いている有識者、関係各位に感謝の意を表します。