

真駒内川における礫河床の復元に関する実験的研究について (中間報告)

Experimental research on restoration of the gravel bed of the Makomanai River,
Sapporo Hokkaido (interim report)

研究第四部 主任研究員 高橋 浩揮
企画部 部長 丸岡 昇
企画部 参事 竹内亀代司
(株)北海道技術コンサルタント 渡辺 恵三

真駒内川は、河床低下により岩盤が露出した河床(岩盤河床)が広域にみられる。これは、流域幅の狭い谷底地形、軟岩の地質に加え、昭和50年代に建設された砂防ダムによる土砂供給の減少、昭和30年代の河川改修によるみお筋の固定などの複合的な作用によるものと考えられる。河床低下による岩盤河床の河道には、礫(土砂)の運搬、洗掘-堆積によって形成される河川構造はなく、底生動物や魚類の生息環境に適した瀬や淵が形成されない。また、護岸基礎周辺の洗掘など治水上の問題も懸念される。

このため、真駒内川において岩盤河床の礫河床への復元に向けて、順応的管理(Adaptive Management)の考え方にに基づき技術的な方策について検討しているところである。

本研究では、礫の堆積を促す施設の構造と配置に関する模型実験をおこない、その結果から実験施設の構造と配置を絞り込み、現地実験を実施した。そして、モニタリングをおこない検証し、岩盤河床の礫河床への復元に向けた方策を検討した。

キーワード：岩盤河床、礫河床、自然再生、実験的管理、モニタリング

The Makomanai River has many rock-bedded sections where the bedrock has been exposed as a result of riverbed degradation. This is thought to have been caused by a combined effect of the narrow valley flat, soft rock, decreases in sediment supply due to the check dams constructed in the 1980s, and the fixed water route of the river due to the river improvement carried out in the 1960s. The rock-bedded river channel, lacks river structures created by gravel (sediment) transport and scour-deposition processes and does not have shallows or pools suitable as habitat for benthos and fishes. Flood control problems caused by the scouring of revetment foundations are another matter of concern.

This study is underway, therefore, on technical measures to restore the gravel bed of the Makomanai River based on adaptive management approach.

In this study, a series of model experiments was conducted on various structures and configurations of facilities for accelerating gravel deposition, and, according to the experiment results, possible structures and configurations of experimental facilities were narrowed down and on-site experiments were conducted. Then, after monitoring-based verification, measures to be taken to restore the gravel bed of the Makomanai River were identified.

Key words : rock bed, gravel bed, nature restoration, experimental management, monitoring

1. はじめに

真駒内川は、昭和37年から河川改修工事が開始され、その後、昭和56年の大水害を契機に計画流量の見直しや自然環境に配慮した計画の策定を行い、3.6km区間の整備が完了している。また、「魚がのほりやすい川づくり推進モデル事業」により、落差工に魚道が設置された。これらの河川整備によって、サクラマスなど魚類の遡上などの効果を確認している。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）が広域にみられるようになった。岩盤河床は、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ないなどの環境上の問題が懸念される。また、護岸基礎周辺の洗掘など治水上の問題も懸念される。

このため、平成17年度より岩盤河床における礫河床の復元に向けた検討をおこなっている。ここでは、岩盤河床において礫の捕捉・堆積を促がす実験的な取り組みについて報告する。

2. 河川の概要と岩盤河床の形成要因の想定

2-1 地形・地質

一級河川石狩川水系真駒内川は、空沼岳（標高1251m）に源を発し、札幌市郊外の住宅地を流れ豊平川に流入する流域面積37.1km²、流路延長20.8km、平均河床勾配1/60の急流な河川である。

豊平川流入地点付近は扇状地を形成する沖積層であるが、下流域の約8km区間は、標高150～250mの丘陵地に挟まれた谷底平野であり、流域幅が1km程度と狭く流入する支川はない。この谷底平野は更新世の支笏火山堆積物（溶結凝灰岩）により形成され、その上部を河川堆積物（玉石混じり砂礫）が覆っている。中流から上流にかけての山地は「木の葉」状で山腹では非常に急峻となる。

2-2 河川整備の変遷

下流域は、昭和37年から災害関連による河川改修が開始された。その後、昭和56年の大水害を契機に計画流量が見直され、また、自然環境に配慮した河川整備により平成3年から平成11年までに3.6km区間の整備が完了している。さらに平成12年度から計画区間が2.7km延伸され、引き続き整備がおこなわれている。上流域では、昭和53年から砂防事業が実施され、8基の砂防ダムと約2.0kmの流路工が完成している。

2-3 岩盤河床の形成要因の検討

一般に、河床低下によって岩盤が露出した河床は、扇状地河川（とくに扇頂部）で顕著にみられる。これは、砂利採取による影響、貯水ダム、治山ダム及び砂防ダムによる土砂の捕捉によるもの、並びに、みお筋固定によるものと考えられる。改修によりみお筋を固定し、さらに上流からの土砂供給が減って河床が低下しはじめれば、露岩する可能性は高い（中村2006）。

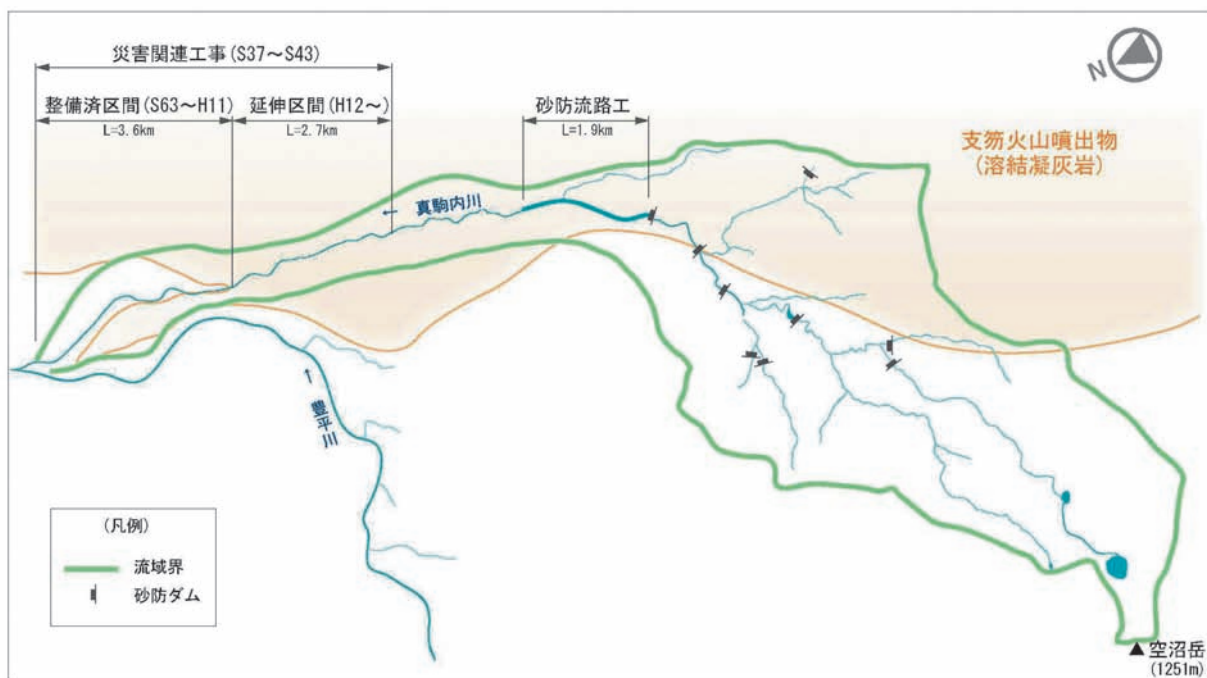


図-1 真駒内川の地形地質

真駒内川は、流域幅の狭い谷底地形、軟岩（溶結凝灰岩）の地質に加え、昭和50年代に建設され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岩盤河床がみられるようになったと考えられる。なお、真駒内川周辺においてこの溶結凝灰岩は石材（札幌軟石）として切り出されていた時期があるが、河床の砂利採取の記録はない。



写真-1 岩盤河床の現況

3. 現状の把握

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おこなった。

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かった。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岩盤の亀裂にわずかに生育しているのに対して、河原では多くの種を確認した。

表-1 岩盤河床と礫河床の動植物の違い

	礫河床	岩盤河床
魚 類 [個体数/(10m×5m)]		
ハナカジカ	44	3
底生動物 [個体数/(25cm×25cm)]		
カワゲラ目	28	0
カゲロウ目	124	0
トビケラ目	90	4
ユスリカ目	164	141
河岸の植物相		
出現種数	30	7
植被率(%)	10%	1%未満

4. 目標設定

4-1 長期目標

真駒内川における岩盤河床の礫河床への復元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^①の生息環境の創出」とした。つまり、岩盤河床に礫が堆積し、瀬-淵構造をもつ河川の階層構造が形成され、サクラマスの河川生活期（産卵、稚魚・幼魚および越冬）の生息環境を創出することを目標としている。

4-2 当面の目標

いったん岩盤が露出してしまおうといくら上流から土砂が供給されても、礫河床に戻ることは困難である（中村2006）。これは、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るものと考えられる。このため、岩盤河床の礫河床への復元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」を当面の目標とした。

長期目標

- ・ 礫河床の復元による河川構造の形成と維持
→サクラマスの河川生活期における生息環境の創出

当面の目標

- ・ 現況の岩盤河床における礫の捕捉

図-2 目標の設定

5. 実験的な取り組み

5-1 実験計画

本研究では、順応的管理（Adaptive Management）の考え方（例えば、中村2001）により、技術的な方策の検討を行っている。

岩盤河川に関する知見（例えば、池田1998）や礫河原の復元の事例（例えば、藤本ら2006）はあるものの、岩盤河床を礫河床へ復元する技術的な検討事例はない。このため、当面の目標に対して、礫の堆積を促す施設の構造と配置に関する模型実験をおこない、その結果から施設の構造と配置を絞り込み、現地実験を実施した。そして、モニタリングをおこない検証し、岩盤河床の礫河床への復元に向けた方策を検討した。

5-2 屋外模型実験

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おこなった。ここで、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（長谷川・上林1998）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た。

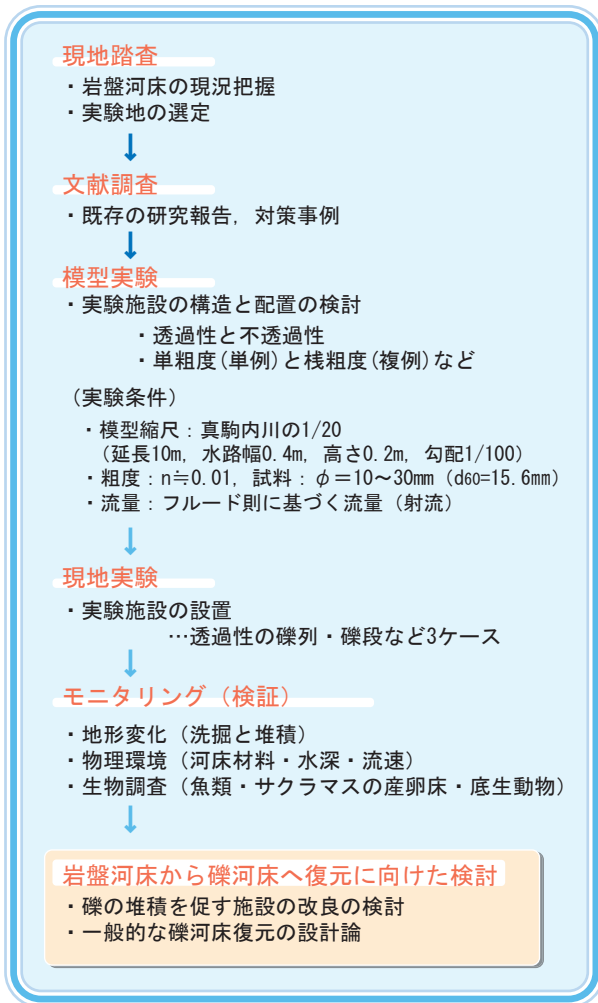


図-3 実験計画フロー

5-3 現地実験

現地実験は延伸計画区間において岩盤河床化の著しい箇所とした。実験地の河床勾配は1/70～1/100で増水時には射流で流下する。礫の堆積を促す実験施設は、屋外模型実験の結果を参考に次の3つのタイプとした。ここで、各施設ともに玉石を連結させたものなど透過性のある構造としている。これらの施設は、平成17年11月に設置した。

(1) 6列礫列

礫列（リブ）構造を基本に、約2mの開口部を設けた帯工の6列配置により、礫列間および6列の上流側に堆積することを意図している。なお、配置間隔は、帯

工下流に生じる剥離流を考慮して施設の高さに対して10倍とした。

(2) ステップ礫段

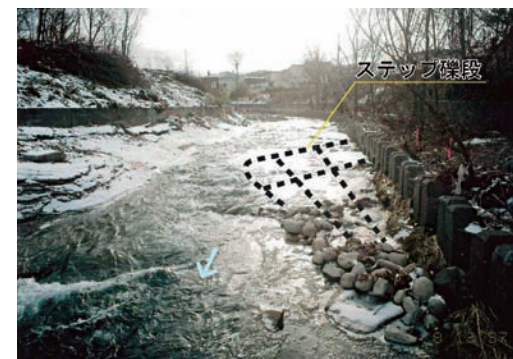
礫段（ステップ・プール）構造を基本に、河岸を底辺とする三角形のなかに矩形の格子をもつ構造により、ステップ礫列の内部および上流に礫を捕捉することを意図している。

(3) 中島—礫列水制

現地の礫をネットで包んだ中島により河道内に狭窄部をつくり収縮と拡散による分級作用と水制により礫の堆積を促すことを意図している。



(1) 6列礫列



(2) ステップ礫段



(3) 中島—礫列水制
写真-2 実験施設

5-4 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）をおこなった。これらの調査は、平成17年11月の実験施設設置直後を含め約1年間に計4回実施した。この間に融雪時など40m³/s程度（計画流量300m³/s [N=1/100]）の増水を経験している。なお、実験施設の流出はなかった。

6. 現地実験の効果の検証

6-1 礫の堆積

実験施設の設置直後から設置から約1年後における河床の堆積傾向を示した（図-4(1)）。この堆積傾向は、平成18年の融雪増水後に強くみられた。堆積域は、特に、6列礫列の上流、中島-礫列水制の上流に広く

堆積域が形成され、元河床より50cm程度上昇しているところもみられた。また、ステップ礫段の内部とすぐ上流側にも堆積域が形成された。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た。

6-2 岩盤河床の減少

実験施設の設置直後と設置から約1年後における河床材料と礫河床の分布と割合を示した（図-4(2)）。岩盤河床は、実験施設設置直後は河道内に広く分布していたが、約1年後には減少した。特に、実験施設周辺における河床の割合をみると、6列礫列と中島-礫列水制では設置直後は約70%を占めていた岩盤河床は、約1年後には40%程度にまで減少した。また、ステップ礫段周辺の礫河床の割合は、設置直後の約60%を維持していた。

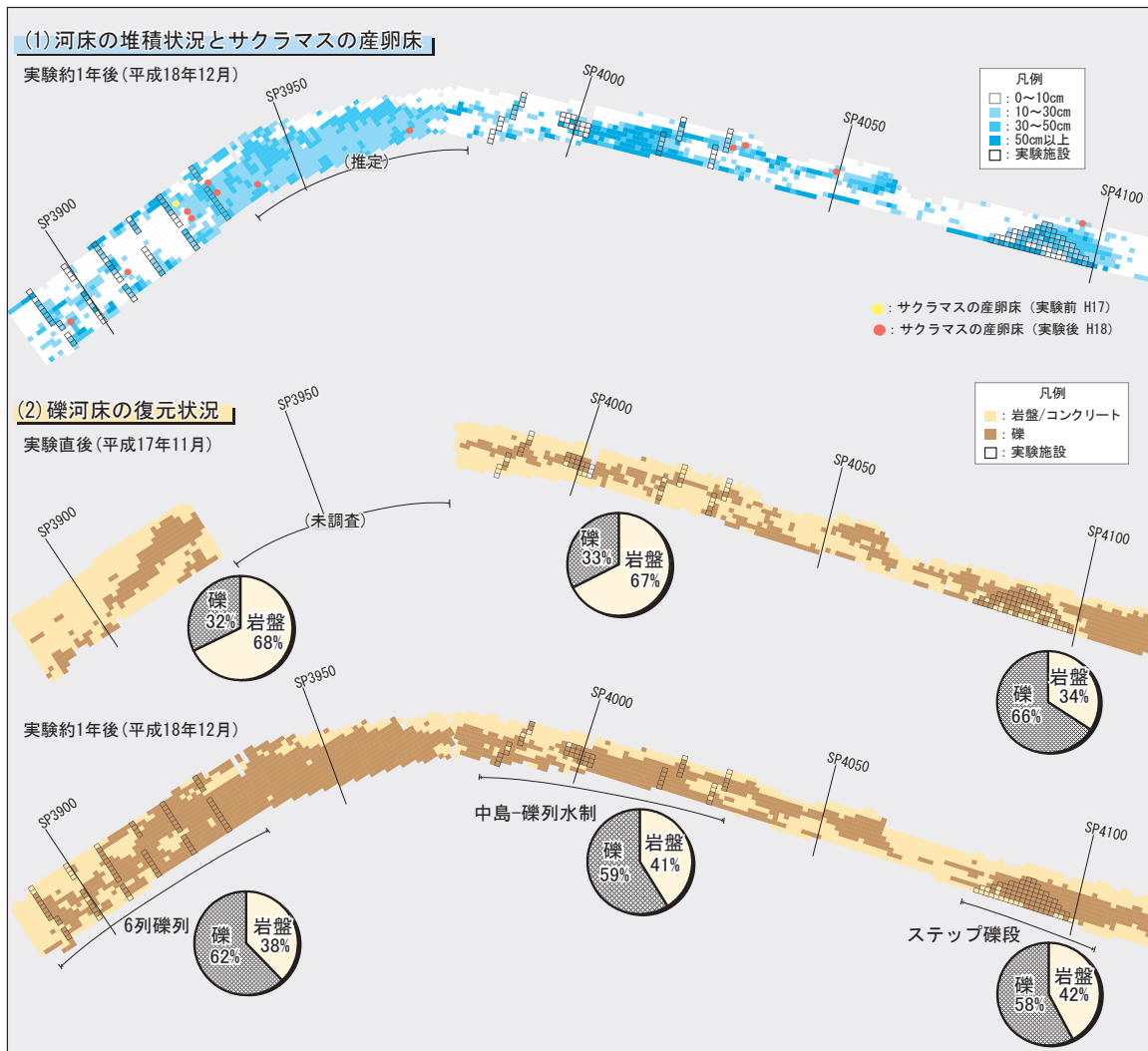


図-4 現地実験による堆積と礫河床の復元およびサクラマスの産卵床の分布

6-3 ハナカジカの生息環境の創出

施設設置から約1年後におけるハナカジカの生息状況について、施設ごとにハナカジカの生息密度(10m²あたりの生息数)を整理した。また、施設による生息環境の向上を示すため、岩盤河床のハナカジカの生息密度と比較した。各施設ともに岩盤河床に比べてハナカジカの生息密度は高く、施設の設置により堆積した礫によってハナカジカの生息環境が向上したことが考えられる。

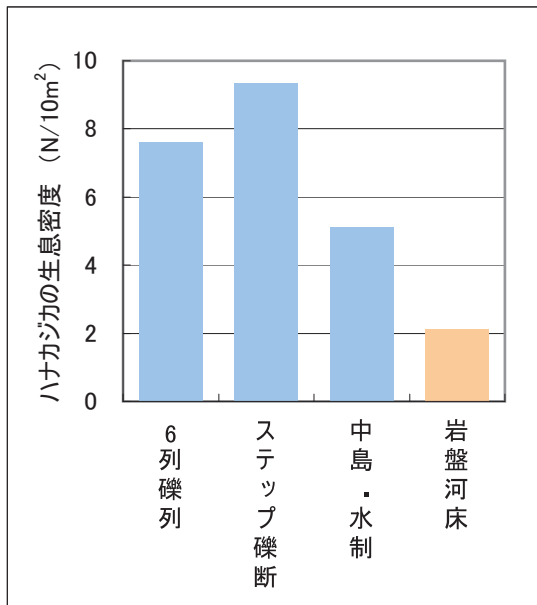


図-5 ハナカジカの生息状況

6-4 サクラマスの産卵環境の創出

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年、平成17年)は1箇所確認されていたが、施設設置後(平成18年)には、12箇所の産卵床を確認した(図-4(1))。これらの産卵床がつくられていた個所は、実験施設周辺に形成された礫の堆積域であった。



写真-3 礫の堆積状況とサクラマスの産卵床

7. 岩盤河床の礫河床復元の対策(案)

岩盤河床の要因とその対策について、流域スケールの観点では、上流域から土砂供給されるよう砂防ダムや流路工の構造に関する検討が必要である。

また、河道計画・設計で対象となるスケールでは、みお筋が固定されることなく、流路が左右に振れる変動(蛇行)によって、河岸や砂州からの土砂供給がなされ、複列砂州を形成・維持できるような低水路幅の適正な拡幅について検討しなければならない。

また、狭窄部と拡幅部をつくることによって、狭窄部下流での分級作用による砂州の形成を図る対策が考えられる。そして、本研究で実施してきたような掃流されてきた礫を捕捉できるような構造の施設が有効であり、これらの対策を複合した対策が望ましい。

8. 今後の予定

実験施設周辺の礫の捕捉は、粗度(損失)を増加させたことによる増水時の水面の上昇に伴い掃流力が低下したため考えられる。今後は、増水時(洪水減水期を含む)の水面形、流量等を調査し、岩盤河床における礫の堆積メカニズムを検証のうえ、一般的な礫河床復元の設計論にまで高めてゆきたい。あわせて粗度上昇に伴う、水位上昇の治水上の評価も行いたい。

また、礫の洗掘と堆積による河川構造の形成とサクラマスの生息環境の創出について検証していく予定である。

9. おわりに

最後に、本報告にあたって、実験前(平成16年、平成17年)のサクラマスの産卵床に関する情報は、札幌市豊平川さけ科学館から提供いただいた。また、ご指導・ご助言をいただいた北海道札幌土木現業所および調査・実験に協力いただいたコンサルタントの関係各位に対して深く感謝を申し上げます。

<参考文献>

- 1) 中村太士: 流砂系から考える国土の保全 FRONT16 (2006)
- 2) 中村太士: 実験的管理の構想と実践. 河川3月号(2001)
- 3) 池田宏: 「軟岩と河川地形-デブリ・コントロールの見方」水辺環境の保全と地形学 日本地形学連合編(1998)
- 4) 藤本真宗・五道仁実・内田誠治: 多摩川における礫河床再生について リバーフロント研究報告第17号(2006)
- 5) 長谷川和義・上林悟: 溪流における瀬・淵(ステップ・プール)の形成機構とその設計指針 水工学論文集 第40巻(1998)