

鬼怒川中流部における礫河原の再生

Restoring gravel bars in the middle reaches of the Kinu River

研究第二部 主任研究員 増子 輝明
研究第二部 次 長 前村 良雄
中 央 技 術 (株) 三品 智和
(株) 建 設 環 境 研 究 所 内田 誠治

鬼怒川中流部では、本来大礫や巨石を含む広大な礫河原が存在し、そこには礫河原固有の動植物（カワラバツタやカワラノギク等）が生息・生育する全国でも希少な礫河原環境を有していた。

戦後、鬼怒川では大規模な河川整備（築堤・護岸・ダム・砂防等）により、河川全体の治水安全度は、飛躍的に向上した。しかしながら、最近、局所的に河床低下や河岸侵食等の治水上の問題が生じており、大局的には本来の複列流路から単列流路に進行する蛇行形態の変形が生じている。特に蛇行形態の変形は、冠水頻度の減少や樹林化の進行など、礫河原の減少に直接的な影響を与えている。

また、外来植物であるシナダレスズメガヤの侵入により、カワラノギク、カワラバツタなど礫河原固有生物の生育・生息環境の変化が生じ、これら生物の減少が著しい。

本報告は、礫河原固有生物の生息・生育に適した環境である礫河原の再生について、現在実施中であるモニタリングも含めて、これまでの検討内容を報告するものである。

キーワード：鬼怒川、礫河原再生計画、試験施工、モニタリング、砂礫堆、礫河原固有生物、外来植物

There used to be large gravel bars dotted with boulders and large rocks in the middle reaches of the Kinu River, and those gravel bars provided rare habitat for animals and plants (e.g., *Eusphingonotus japonicus*, *Aster kantoensis*) peculiar to gravel bars.

In the post-WWII years, the flood safety of the Kinu River as a whole was improved dramatically as a result of large-scale river improvement projects (e.g., levees, revetments, dams, check dams). Locally, however, flood control problems such as streambed degradation and bank erosion have become problems in recent years, and the general trend is toward meandering deformation accompanied by a transition from a multi-row channel to a single-row channel. Meandering deformation is directly contributing to a decrease in gravel bars by causing, for example, a decrease in submersion frequency and tree growth.

The intrusion of the exotic species *Eragrostis curvula* has also altered the habitats of species endemic to gravel bars such as *Aster kantoensis* and *Eusphingonotus japonicus*, causing those species to decrease steeply.

This paper reports on an ongoing study on the restoration of gravel bars that provide habitat for species endemic to gravel bars including monitoring that is also in progress.

Key words : *Kinu River, gravel bar restoration plan, test construction, monitoring, sand bar, species endemic to gravel bar, exotic species*

1. はじめに

鬼怒川中流部では、供給土砂の減少、河川改修(護岸・河道掘削等による計画断面化への整備)や砂利採取等の影響などにより河床低下、高水敷の陸地化・樹林化、礫河原の減少など様々な変化が複合的に生じ、加えてシナダレスズメガヤなどの外来植物の侵入によって、礫河原固有生物の減少といった環境上の問題、河岸侵食、局所洗掘による低水護岸前面の崩壊等治水上の問題が生じている。

このような状況から、鬼怒川中流部の本来あるべき姿(望ましい姿)である、「大経礫や巨石を含む混合粒径河川で見られる砂礫堆(巨石堆)が形成されて安定し、礫河原固有生物の生息・生育に適した環境」の再生について、これまでの検討内容を報告するものである。

2. 鬼怒川中流部の現況と、その課題

2-1 鬼怒川中流部の現況

鬼怒川中流部(図-1中の赤枠)は、川幅が上下流部に比べて広く、このうち、JR東北本線(83km付近)から上流は、川幅差が500~1100mと大きく鬼怒川特有の、「河道幅が広い箇所と狭い箇所」が交互に連続している。河床勾配は1/500~1/200と急勾配であり、河床材料は、一部の区間で砂利混じりの砂が見られるものの、ほとんどの区間が礫である。

確認されている植物種として、河原固有種のカワラノギクやカワラハハコなどが確認されているが、近年、外来種のシナダレスズメガヤやハリエンジュ群落の増加も確認されている。また、生物種としては、貴重種であるシルビアシジミ等のチョウ類が確認されている。

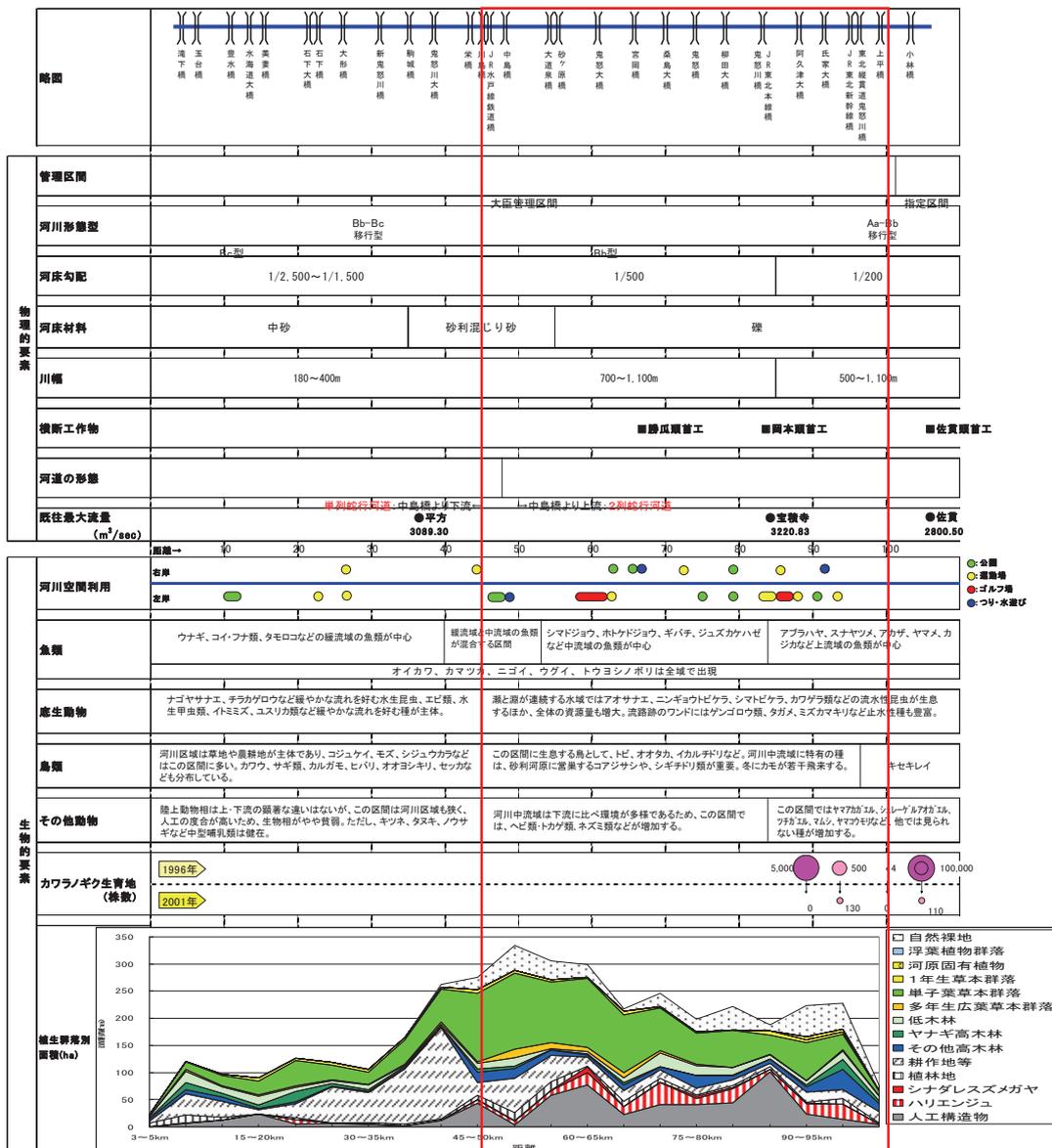


図-1 鬼怒川の現況

2-2 鬼怒川中流部の課題

(1) 治水上の課題

鬼怒川中流部の流路は、戦前では網状もしくは複列蛇行形状を呈していたが、戦後復興や高度成長期の砂利採取や上流からの土砂供給の減少などにより、流路が単列蛇行に移行し、さらに、護岸前面の滞筋の固定化が進行している。

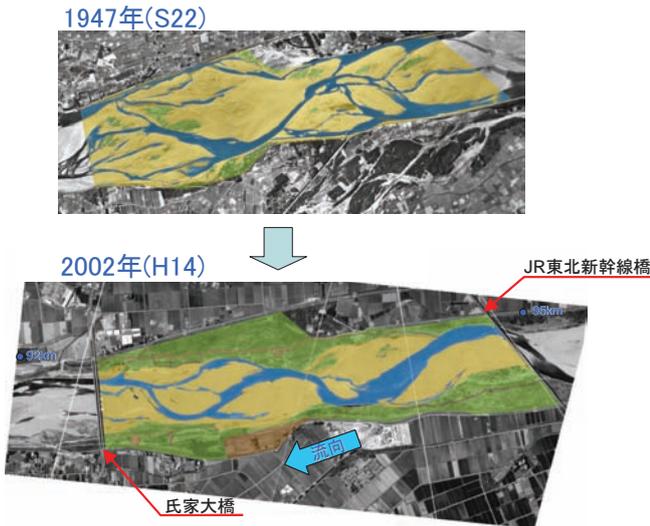


写真-1 鬼怒川中流部における流路の変化 (92k ~ 94k)

このため、河床低下や局所洗掘が随所に発生し、「低水護岸の抜け上がり」、「橋脚基礎部の抜け上がり」による構造物の安定性が低下している。

また、最近では中小洪水や大洪水の減水期において、河岸に対し鋭角な水衝流（クランクフロー）の発生が全国的に頻発している。

鬼怒川の東北新幹線橋梁付近では、平成13年9洪水において、一洪水で約100mの河岸侵食が生じ、堤防の脅威となった。（写真-2）



写真-2 局所的な水衝流による大規模河岸侵食 (平成13年洪水)

(2) 環境上の課題

鬼怒川中流部は、もともと、全国各地で減少している礫河原固有生物（植物、昆虫）が豊富に生息しており、関東地方では鬼怒川のみでしか見られないと考えられる種も複数存在する貴重な場所であった。

しかし、近年の鬼怒川では、河床低下による水面との比高差が生じ、河道内での陸地化が進み、そこへ外来植物であるシナダレスズメガヤの繁茂やハリエンジュによる樹林化等により、礫河原が減少してきている。

これにより、カワラノギクやカワラバツタ等の礫河原固有生物の減少、及びこれらの生息・生育場所（ハビタット）の減少により、鬼怒川本来の礫河原固有の生態系が失われつつある。

図-2に示すように、鬼怒川中流部では平成8年には約10万株が生育するカワラノギクの大規模な生育地があった。しかし、その後5年間でほとんどが消失し、わずか110株程度となってしまった。その原因は、礫河原の減少およびシナダレスズメガヤの急激な繁茂と、それによる在来種（カワラノギク）への駆逐による影響が大きいと考えられる。（出典：村中・鷺谷：「鬼怒川砂礫質河原における外来牧草シナダレスズメガヤの侵入と河原固有植物の急激な減少：緊急対策の必要性」保全生態学研究vol6. 2001）

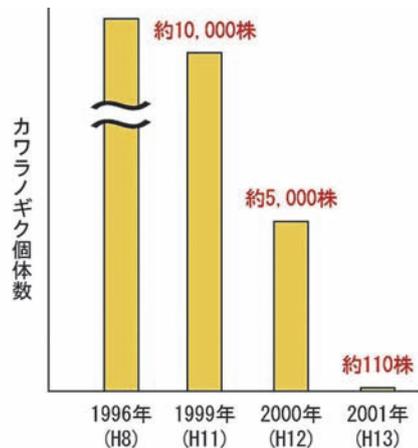


図-2 鬼怒川におけるカワラノギクの経年変化

また、かつては鬼怒川の河原に多く生息していたシルビアシジミについても、シナダレスズメガヤの繁茂により生息場所が急速に減少しており、危機的な状況にある。図-3は、栃木県におけるシルビアシジミの生息状況を示したものである。図中の「○」は1989年以前の記録で、「●」は1990年以降の記録であるが、2000年以降は鬼怒川中流部の氏家地区周辺（鬼怒川92.0k ~ 93.0k）でしか確認されていない状況である。

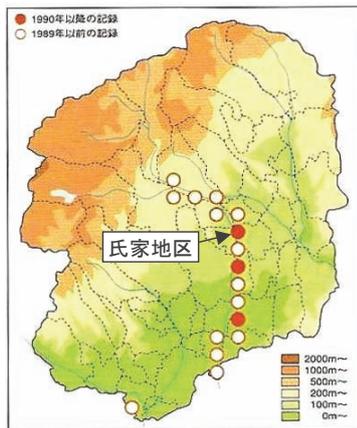


図-3 栃木県におけるシルビアシジミの分布

出典：
栃木県林務部
自然環境課（2005）
レドデーブックとちぎ

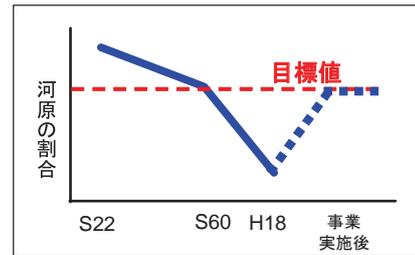


図-4 目標達成のイメージ

では“河原の割合”で評価することとし、その割合が持続的に維持継続されるものとした。

図-5は、航空写真からの判読により、低水路内の地目割合を経年別に示したものである。

昭和22年当時は、既に一部の区間で築堤が整備されていたものの殆どが堤防護岸であり、河道幅全面を網状に自由蛇行していた様子が航空写真から判読できる。

今回の礫河原再生計画では、目指すべき河原の割合（河原率）を昭和40年から60年頃（図-5の期間B）の河原の割合に設定した。これは、低水護岸整備後の礫河原環境を有し、かつ複列流路の蛇行形態を呈していた時代の河原率である。現在の低水路内において、実現可能な割合と想定している。

2-3 再生する鬼怒川の望ましい姿

航空写真に見られる過去の網状・複列の流路形状に比べ、近年の流路の固定による陸地化（礫河原の減少）、外来植物の侵入により礫河原固有生物の減少は、鬼怒川本来の姿（望ましい姿）といえる状態ではない。

したがって、本検討における鬼怒川中流部の再生する望ましい姿としては、現状の課題を踏まえ、次のとおりとした。

- ・ 砂礫堆のある安定した礫河原
- ・ カワラノギクやシルビアシジミ等の礫河原固有生物の生息・生育に適した礫河原のある環境
- ・ シナダレスズメガヤ等の外来植物が繁茂していない環境

※「砂礫堆」については、次頁3-2参照。

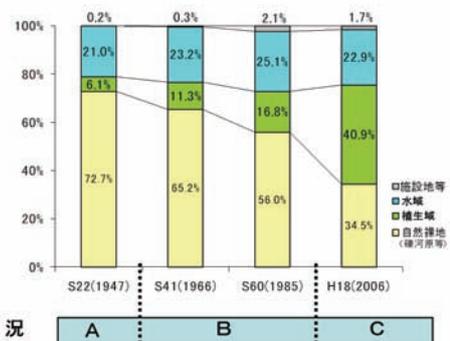


図-5 低水路内の地目の変化

3. 礫河原再生計画の概要

3-1 礫河原再生の目標

礫河原の再生にあたっては、何らかの達成度を評価する必要がある。図-4のイメージのように、本検討

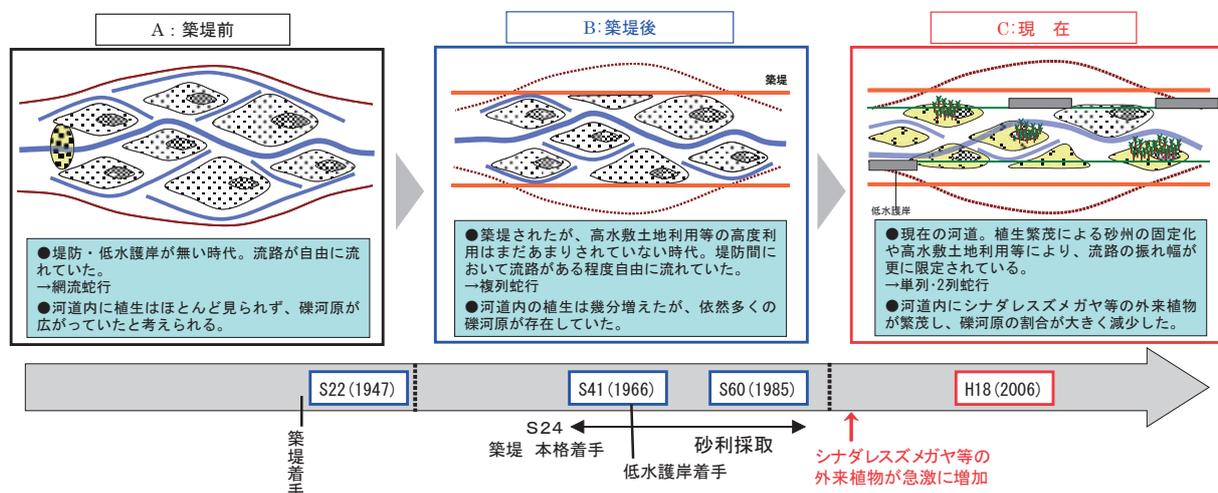


図-6 鬼怒川における河道形状の経年変化のイメージ

3-2 礫河原再生計画(礫河原の再生)

(1) 礫河原再生の考え方

鬼怒川のような大礫を含む混合粒径河道では、巨石や玉石等の大礫の集積部を介して、河道幅が発散・収束を繰り返し、その中で複数の流路が蛇行するという特徴的な地形が形成されている。このような地形は国内では鬼怒川の他に、渡良瀬川・神通川・掛保川・旭川等で顕著であり、基本的な蛇行現象の一つと考えられる。これは単に流路だけではなく、河道幅や河床材料の集積などさまざまな要因が織り交ざって生じている現象であり、一つのシステムを構成していると言える。

ところで、発散・収束の河道蛇行システムの基本概念は、図-7のように考えられる。すなわち、混合粒径の砂礫河川を縦断的に見ると、大礫の集積部(砂礫堆)が処々に存在する。この砂礫堆が発散・収束の河道蛇行システムにとっては、支配的な要因となっている。特に砂礫堆の安定性が高い場所では、砂礫堆によるステップ状の縦断地形が形成され、その上流側では河道幅が発散し下流側では収束するという、発散・収束の平面地形が形成されるようになる。(出典:須賀「大礫を含む混合粒径河川における河道システムの本質に関する考察」河川技術論文集第10巻2004)

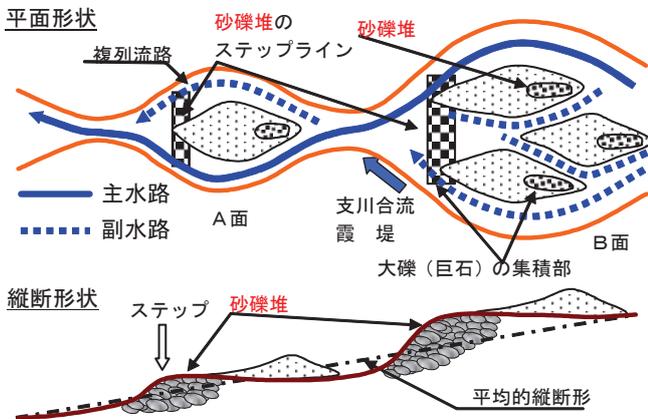


図-7 砂礫堆と発散・収束河道の概念図 (A:築堤前(S22以前)の蛇行形態)

しかしながら、戦後は大規模な人為的インパクト(築堤・護岸・高水敷の高度利用・ダム・砂防工事等)があり、徐々に蛇行形態に変形が生じている。特に発散部は、堤防建設により流路変動幅が制限された。また、流路形態は、流路の単列化が進行し、複列の流路形態が失いつつある。

そこで本検討では、礫河原再生事業上、初の試みとして、砂礫堆の復元など、鬼怒川の蛇行システムを尊重した礫河原再生計画を立案することとした。

具体的には、砂礫堆の復元以外に、砂礫砂州の切下げなどによる、冠水・攪乱頻度の増大や適正な砂堆砂

の検討を行った。特に礫河原固有の生物(カワラノギク・カワラバタ等)にとっては、礫河原環境を持続的に再生・維持することが必要であるが、それには適正な砂堆砂が重要な要素の一つとなっている。

(2) 試験施工の概要

礫河原再生の目標を達成するため、代表モデル地区を選定、試験施工を実施するものとし、その結果から礫河原再生の技術的ノウハウの蓄積(整理)を行う。

代表モデル地区は、鬼怒川中流部の望ましい姿の再生に相応しい箇所として選定を行った。

複数の候補地区の中から、選定の結果、写真-3に示す東北自動車路地区(鬼怒川95.0k~97.0k)を代表モデル地区として選定した。なお、選定のポイントとしては、以下のとおりである。

- ① 保全上重要植物が上流部に数多く生育しているが、他の区間に比べ、比較的保全上重要植物が少ないため、試験施工による影響が小さい。
- ② 砂礫堆の規模・安定性が、比較的鬼怒川の中でも比較的大きく、試験施工の結果が発現しやすい。



写真-3 東北自動車路地区

表-1は鬼怒川中流部における課題に対して、試験施工の設計にあたっての考え方を整理したものである。

試験施工の基本方針は、単列流路から複列流路へ移行することで“期待される効果”を得て、その結果、目標である砂礫堆のある安定した、鬼怒川らしい広い礫河原の再生のための技術的ノウハウの蓄積(整理)を目的とする。

表-1 試験施工の設計にあたっての考え方

課題	対応方策	期待される効果
・砂礫堆の消失	・砂礫堆の復元	・単列流路から複列流路へ
・複列流路から単列流路への変化	・低水路の掘削 ・深掘れ埋め戻し	・護岸への負担の軽減
・冠水(攪乱)頻度の減少	・砂州の掘削・整正	・冠水・攪乱頻度の増加(1回以上/年)

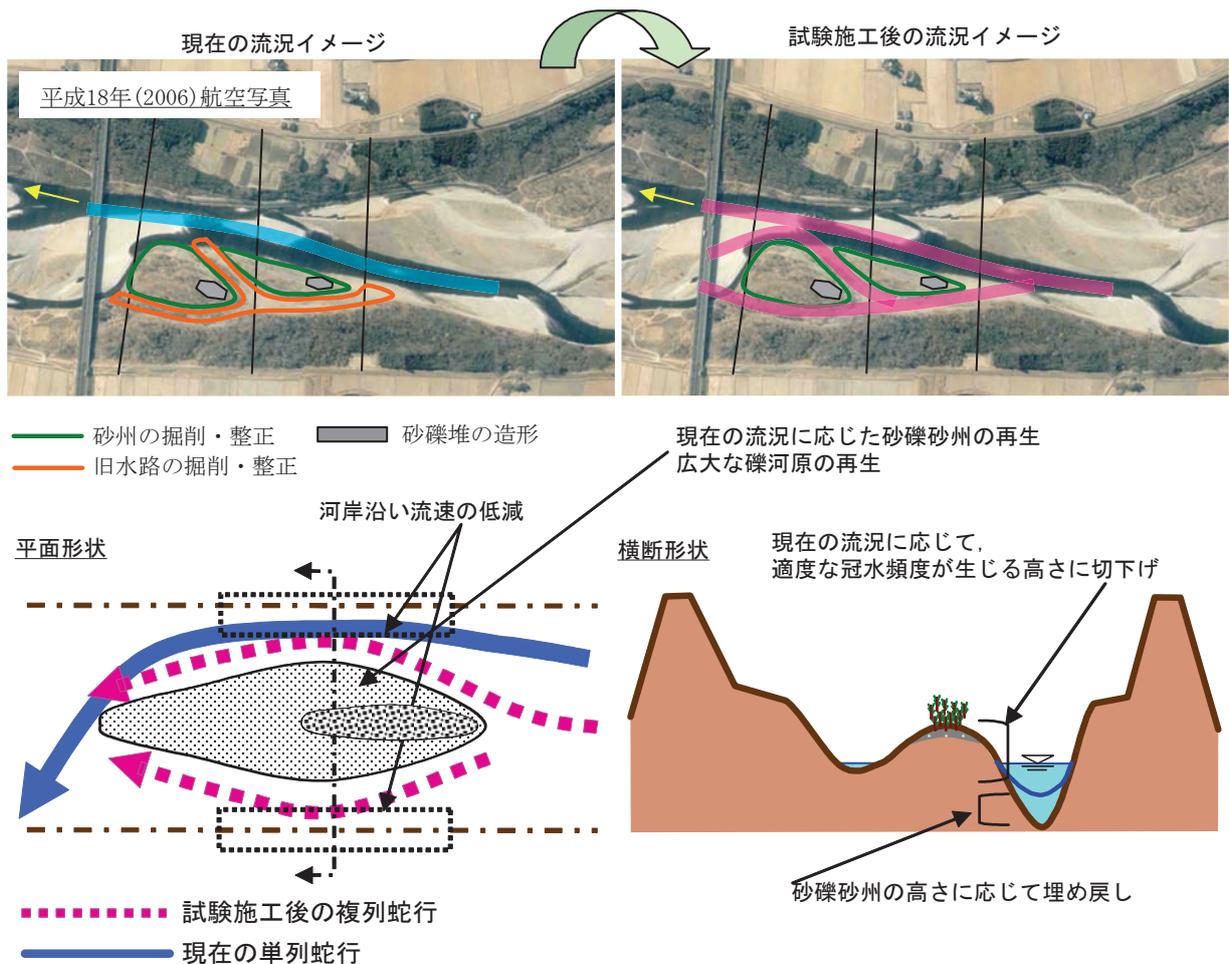


図-8 東北自動車道地区 試験施工のイメージ図



図-9 東北自動車道地区試験施工の概要図と施工後の写真

3-3 モニタリング評価（礫河原の維持）

礫河原再生の目標を達成するため、試験施工の結果から礫河原再生の技術的ノウハウの蓄積（整理）、礫河原再生に関する有効な知見を得ていくことを目的とした。よって、試験施工に対して、事前モニタリングにより現状把握を行い、さらに、施工後についてもモニタリングを実施する。

結果から、「期待される効果」が発現されていれば、その結果を基に広範囲に展開していくが、効果が得られない場合は事業内容（施工方法）へのフィードバックを行うこととし、さらに、モニタリングは、「増加した河原の割合を維持されているか」を確認していくとともに、その他指標を設定し、それぞれが「期待される効果」が得られているか、の確認も行っていくものである。（図-10参照）

モニタリング評価においては、河川工学的モニタリング（物理項目）と生物学的モニタリング（生物項目）に分け、それぞれの観点から「期待される効果」の検証を行っていく。

（1）モニタリングの内容（物理項目）

試験施工では、「砂礫堆の造形」、「旧水路の掘削・修正」等により、特に、鬼怒川本来が有するシステムに近づけるため、初の試みとして、砂礫堆の復元を行い、複列蛇行の安定化、さらに、冠水・攪乱頻度の増加によって、礫河原の再生を図った。

施工後は、実際に鬼怒川本来の蛇行システムが機能し、礫河原の変化状況を把握するため、表-2に示すモニタリングを行い、礫河原再生に関する知見を収集し、評価・検討を行うものである。

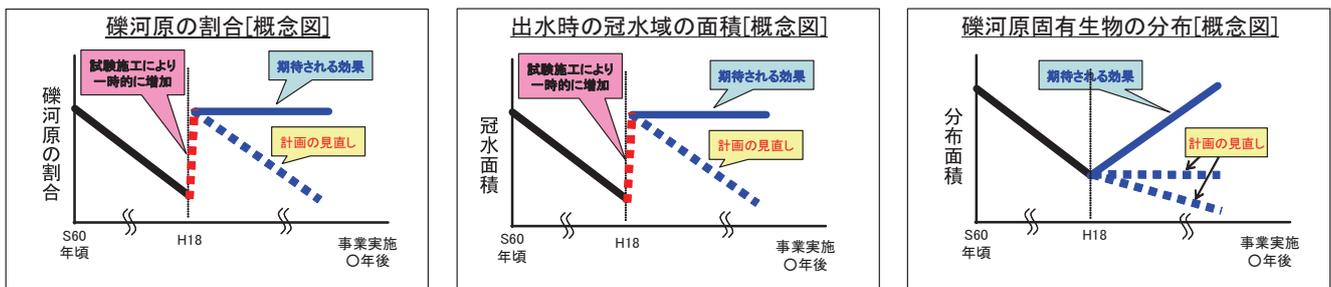
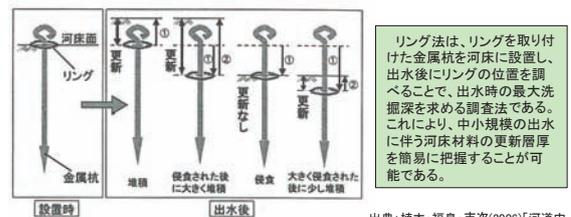


図-10 モニタリング結果の評価の考え方（基本方針）

表-2 河川工学的モニタリングの内容

調査項目	時期	調査内容
地形調査	出水後 (年1~2回程度)	各測定断面の横断形状の測定
巨石・大礫の追跡調査	出水後 (年1~2回程度)	巨石・大礫の追跡調査。(マキнг)を行った巨石・大礫の移動追跡、群体と単体、河道中央と河岸等の追跡)
流況調査	水位調査	リアルタイム(時間変化・日変化) 調査区間内に水位計を数ヶ所設置。洪水時の水位変化。数値解析による流速分布の予測に使用。
	洪水時の流況観測	洪水時 (年1~2回) 洪水時の流況観測 ・現地での流況観測 ・空撮による流況観測など
流砂調査	洪水時 (年1~2回)	・土砂トラップ調査(図-12) 河床にトラップの設置 ・更新層厚調査(リング法)(図-11) 洪水時の礫更新厚・最大洗掘深の測定

更新層厚調査-リング法-



出典：植木・福島・末次(2006)「河道内への砂礫の敷供給が下流河川の河床状態に与える影響」河川技術論文集第12巻

図-11 更新層厚計測手法（リング法）の概略図

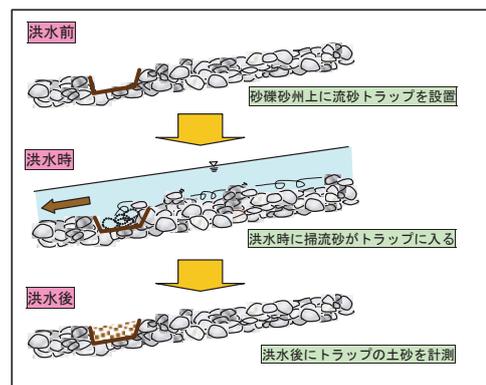


図-12 土砂トラップ調査の概略図

(2) モニタリングの内容 (生物項目)

生物学的モニタリングは以下の項目に対して実施し、本計画の最終目標である「礫河原固有種の生息・生育に適した環境の再生 (礫河原の再生)」を確認するものである。

モニタリング項目は、①礫河原固有生物など、②その他 (礫河原と直接的な関係が低い) に区分し行うものとした。

■礫河原固有生物 (植物、陸上昆虫) や貴重種の分布状況
■侵略性の高い外来植物 (シナダレスズメガヤなど) の分布状況
■礫河原固有生物の生息・生育環境の把握 (ハビタット調査)
■その他 (両生類・爬虫類・哺乳類・鳥類) の分布状況

表-3 (1) 生物学的モニタリング
(礫河原固有生物に関連した調査項目)

項目	モニタリング調査項目	調査内容	
礫河原固有生物等	植物	礫河原固有植物等の分布状況	礫河原固有植物や貴重種等の分布状況を把握する。
		外来植物 (シナダレスズメガヤ等) の分布状況	シナダレスズメガヤ等の侵略性の高い外来植物の分布状況を把握する。
	陸上昆虫類	礫河原固有昆虫等の分布状況	礫河原固有昆虫や貴重種等の分布状況を把握する。
	ハビタット	河床材料調査 (礫河原固有生物の生息・生育環境の把握)	・粒径 ・表層細粒土層厚 ・河床材料の更新状況 (更新層厚調査)

表-3 (2) 生物学的モニタリング
(その他の調査項目 (河川水辺の国勢調査に準じた内容))

項目	モニタリング調査項目	調査内容	
その他の生物	植物	植生図作成調査	当該地区の植生図を作成する。
		植物相調査	当該地区の植物相を調査する。
	陸上昆虫類	昆虫相調査	任意採集法 (スウィーピング法等)、ライトトラップ法、ビットフォールトラップ法等による捕獲調査を行う。
	両生類 爬虫類 哺乳類	両生類の分布状況	目撃法、捕獲法による調査を実施する。
		爬虫類の分布状況	
		哺乳類の分布状況	
	鳥類	鳥類の分布状況	スポットセンサス法による調査を実施する。
水	底生動物	底生動物の分布状況	当該地区の様々な環境において、定性・定量採集による調査を実施する。
	魚介類	魚介類の分布状況	投網、タモ網または定置網等による捕獲調査を行う。

4. まとめ

本検討では、鬼怒川本来のシステムに近づけるため、砂礫堆の造形 (復元) を行って複列蛇行の安定化を図り、また、これにより安定した礫河原を再生し、礫河原固有生物の生息・生育に適した環境の再生を試みた。

礫河原の再生にあたり、その目標として目指すべき河原の割合 (河原率) を、低水護岸整備後の礫河原環境を有し、かつ複列流路の蛇行形態を呈していた時代と考えられる、“昭和40年から60年頃の河原の割合”とした。

今回の試験施工によって、一時的に再生・回復させた礫河原が、持続的に維持継続されることを期待する

が、モニタリングの結果から目標の達成度を把握するとともに、礫河原再生の技術的ノウハウの蓄積し、礫河原再生に関する有効な知見を得ていくことが必要である。

<参考文献>

- 1) 村中孝司・鷺谷いづみ：「鬼怒川砂礫質河原における外来牧草シナダレスズメガヤの侵入と河原固有植物の急激な減少：緊急対策の必要性」保全生態学研究 vol6.2001 (2001)
- 2) 須賀如川：「大礫を含む混合粒径河川における河道システムの本質に関する考察」河川技術論文集 第10巻 (2004)
- 3) 植木真生・福島雅紀・末次忠司：「河道内への砂礫の施設供給が下流河川の河床状態に与える影響」河川技術論文集 第12巻 (2006)