

飯島スタンダードシリーズ①

常水路工のスタンダード

（太田切川床固工群）

バージョン：H211225

平成 21 年 12 月

飯島いいものつくろう会編集

天竜川上流河川事務所 飯島砂防出張所 監修

発刊（H210517 版）によせて

天竜川上流河川事務所長 草野 慎一

天竜川上流部の地域では、中央・南の両アルプスからの多量の土砂によって、古くから土砂災害を被ってきました。昭和 12 年 6 月、内務省名古屋土木出張所が小渋川砂防工場として直轄砂防事業に着手して 70 年余年が経過しました。太田切川、中田切川、与田切川、片桐松川の竜西砂防も昭和 36 年 6 月の梅雨前線豪雨（三六災害）以降、土砂災害の防止に注力してきたところです。その一方で、豊かな自然環境・山岳景観を有しているため、観光としての駒ヶ根高原菅の台を中心とした訪問者も多く、自然景観と強度を兼ね備えた河床の巨石を多く利用し、景観とともに魚類に配慮した施設づくりを進めてきました。

砂防の施設を調査・計画し、施設の設計、工事の発注・監督をしてきたのは我々発注者ですが、実際に現場で堅固で品質の高い施設をつくってきたのは、地元を中心とした建設会社の方々です。そんな中で、発注者たる我々と、飯島砂防出張所で監督する関連建設会社の若手技術者が「飯島いいものつくろう会」という場で、品質向上のために議論してきたことは、他に例を見ない素晴らしい取り組みだと思っています。工事の品質向上を考える場合、現場での多くの経験と技術を積み重ね、試行錯誤で会得したノウハウを生かしていくことが重要と考えます。また、この取組みが発注者にきちんと伝わり、次の設計や監督に生かされてこそ高い品質の施設が可能とも言え、この点でも本会の役割は大きいでしょう。

砂防施設の施工詳細について、図面や仕様書で表現の難しい施工に至る背景や実例を交えた「標準化（スタンダード）」に官民を越えて取り組んでいることは、砂防施設構造物の品質向上にとって画期的な取組みといえます。今回は暴れる溪流での魚類に配慮した常水路に取組み、このスタンダードの作成は多くの苦労があったと想像されます。常水路工は魚道としての機能をもっとも優先して設計されているもので、平成 13 年から現在のスタイルになっています。今までその性能についての検証がされておらず、まさに今後の施設設計を見直す必要性を感じているところでした。設計を見直すあたり、改良をおこなうための試験施工あり、新設する常水路あり、魚類遡上の調査あり、現地の踏査、他地域の視察など、多くの活発な活動によってこの標準化が可能になったことと思います。この常水路スタンダードをみると、新設する常水路だけでなく改良する常水路にも適応できる内容になっており、これからの施工にあたって、便利で有用な情報が整理されていると感じました。

今後も経過を観察しながら議論を深め、さらなる常水路スタンダードの充実をはかっていただきたい。常水路工の他にも標準化するテーマは多く、継続した取組みを期待するものです。

序 文 (H210517 版)

飯島いいものつくろう会 会長 小沢 公彦

昭和 60 年～平成 9 年の飯島技術検討会を経て、平成 14 年度から「飯島いいものつくろう会」として工事の品質向上、現場の技術向上を目的に活動してきました。メンバーは出張所の職員、現場の若手土木技術者を中心に、設計施工上の課題を自由に議論し、時には他の先進的現場を見て、時にはテーマを絞った部会での議論、それぞれの分野の専門家を呼んで講演会を企画するなどの活動をおこなってきました。

しかし、ただ勉強する場ではなく、過去には「飯島砂防施工参考書《マスコンクリート編》」「安全巡視チェックリスト」などを作成し、現在の砂防現場で多く利用されている成果を残してきました。平成 19 年度からは、成果をインターネットに掲載するなど、新しい取組みも始まりました。活動を通じて個人の技術力を向上させるだけでなく、これからの現場施工の技術や品質向上につながるしくみとして、成果をきちんと残すことを目的としたものです。

今回は常水路工の施工にあたっての標準化に取り組み、この冊子の作成となりました。魚類の遡上調査や改良の施工は天竜川上流河川事務所に協力いただきました。平成 19 年の白馬松川での魚道見学、平成 20 年の富士川水系での魚類保全施設の見学を行い、長野県水産試験所研究員を招聘しての魚類生態の勉強や、南信州フィッシングクラブ会長との釣り人の視点との意見交換など、ものづくりの背景から取組んできました。現地の溪流調査も 8 月の暑い中で行い、メンバーから幅広い意見交換をおこないました。

常水路工は太田切川から検討、施工が始まり、与田切川、片桐松川もほぼ同様な構造の常水路工を設置している現状があります。溪流の多くに広げるのではなく、まずは太田切川をモデルに作成しました。他の溪流でも、アレンジしながら利用できると思っています。内容は、太田切川溪流の特徴、溪流環境整備計画、現在の施設の現状をまとめ、現在の施設の問題点を洗い出し、解決への方向性を検討しています。提案した構造での新設設置はもとより、既存施設の試験施工も取り込んでいるので、施設改良にも対応できるものです。10 月の魚類の遡上調査結果も掲載し、効果の判定としても、満足なものと思っています。

このように総合的な取り組み活動が、結果に十分に反映できたのかはお読みいただいて判断していただきたいと思います。このスタンダードはできたら終わりではありません。今できたものは始まりを意味し、今後の経過調査や施工での問題、利用者の意見などをくみ上げて改良して育てていくものと考えています。このスタンダードを読んでいただいていた感想をお待ちしております。

改訂の足跡

目次（Table of Contents）

1. 検討の背景.....	1
2 溪流環境整備計画.....	2
3 太田切川と特性.....	6
3-2. 床固工群のインパクト.....	9
3-3. そのレスポンス.....	11
3-4. 溪流のポテンシャル.....	11
3-5. 溪流河川利用.....	12
3-6. 景観.....	12
4 床固工の現状.....	13
5 改善の方向性.....	15
6 常水路の構成.....	16
6-1. 集水転石.....	16
6-2. 制御転石.....	16
6-3. 常水路.....	16
6-4. 下流淵.....	16
7 常水路の機能.....	17
7-1. 魚類の遡上確保.....	17
7-2. みお筋の安定化.....	17
8 集水転石.....	18
9 制御転石.....	19
10 常水路本体.....	20
10-1. プール.....	20
10-2. ステップ.....	20
10-3. 水路.....	22
10-4. 設計図.....	23
11 下流の淵.....	24
12 改良の試行（第一次）.....	26
12-1. ステップ.....	26
12-2. 水路.....	26
12-3. 制御転石.....	27
12-4. 下流淵.....	27
12-5. 性能の調査.....	27
12-6. 改良の評価と修正改良の方向性.....	27
12-6. 出水による被害.....	29

1. 検討の背景

太田切床固工群（太田切流路工）が昭和 51 年 2 月に着手され、0 号から 14 号と 17 号の実績を数えるまでになった。太田切川はこれより上流に山小屋や山頂ホテルを除き住家をもたず、それゆえ清流で神聖な雰囲気まで醸し出す。近年の菅の台の開発で毎年多くの観光客が訪れる地でもあり、一方で多量の土砂生産を誇る太田切川の土石流扇頂部という防災上の要注箇所でもある。そのような場所で国土交通省 天竜川上流河川事務所が直轄砂防事業を行うことができるのは、大きなよろこびである。

太田切川の素晴らしい環境面を損なわず、諸先輩が苦勞して築き上げてきた独特のスタイル「斜路工 + 常水路 + 巨石張護岸」は年月を経て、景観との馴染みも出てきたところとを感じる。その苦勞の一端は、「生態系を考慮した流路工整備に関する考察」（平成 5 年 3 月 飯島砂防出張所）でまとめられた冊子にも伺うことができる。

床固工の整備を始めて 32 年、床固工 16 基。今、ここで再び太田切川の溪流環境を見つめ直し、評価とさらなる改善への提言を踏まえ、今後の床固工整備への標準的ガイドラインとなる「飯島スタンダード」シリーズとして、まとめていくこととした。発注者側の視点だけではなく、請負者（施工者）の視点も生かされるべきとして、「飯島いいものつくろう会」で現地調査、議論、編集を行ってきた。これまでの施工の経験や過去の経緯、現場での貴重な経験と技術は、きっとこのスタンダードを充実させたに違いない。このスタンダードは今後の施工の標準となることを念頭にしつつも、現在の砂防施設の改善も視野に入れている。まずは太田切川を評価の基準とし、順次他の溪流を包括することも考えている。さらに、最新のスタンダードは Web 化で更新・公開することを前提に、より充実したスタンダードのための、生きたスタンダードとなることを信じたい。

ここでは、常水路を取り上げる。常水路とは床固工に常に水が流れる場所を意味し、実体的には魚道のことである。太田切川床固工群は、管内では先駆的に魚道の検討・設置を進めてきた。それから約 15 年、太田切川の魚道施設は「常水路」というひとつのスタイルをとって現在に至っている。

しかし、同じように見える常水路も、その設置当時の発注者や施工業者の考え方により若干のバリエーションが存在するだけでなく、その後の河道内の微地形の変化が生じ、その違いが魚類の遡上性能に大きな違いを与えていると考えられる。この常水路の違いを分析し、より性能の安定した常水路を残したい。そんな思いから、新しく設置する常水路へのスタンダードはもちろん、今ある常水路の改良を視野に入れているところが特徴であると考えている。

2 溪流環境整備計画

環境問題に対応する法律といえば、公害としての公害対策基本法と自然環境としての自然環境保全法があったが、複雑化し、地球規模としての環境問題に対応するため、環境基本法（平成 5 年 11 月 19 日）が成立した。これを受け、建設委大臣が諮問する「豊かな環境づくり委員会」の提言をもとにとりまとめたものが「環境政策大綱」（平成 6 年 1 月）である。

この環境政策大綱の中で、

- (1) 建設行政の各々の分野において環境計画を作成し、良好な生活環境の創造、自然との共生、省エネルギー、リサイクルをはじめとした環境施策を実施する。
- ・河川環境管理基本計画等 河川水辺の国勢調査等の基礎的環境調査により把握された河川等の特性、利用形態等を踏まえ、地方公共団体等の意見を広く求めて、河川等の良好な環境の保全と創出に係る基本的事項を河川等の管理者が定める河川環境管理基本計画、溪流環境整備計画、沿岸域保全利用指針を策定し、施策の総合的な推進を図る。

として、溪流環境整備計画を策定することが求められた。

この環境政策大綱を受け、平成 6 年 9 月 13 日河川局砂防部長から「溪流環境整備計画の策定について」「溪流環境整備計画策定要綱」、同日河川局砂防部砂防課長から「溪流環境整備計画の策定推進について」が出され、本格的に溪流環境整備計画策定に進むことになる。ただし、法的に義務づけられた河川整備計画とはちがい、溪流環境整備計画は熟度も作り方も公開のあり方も様々である。

天竜川上流河川事務所では、平成 11 年 3 月に北澤修司信州大学教授（当時）を委員長に迎え、8 名の委員により「天竜川上流域の溪流環境整備計画」を策定した。その後、平成 17 年 3 月に一部改訂を行った（この時は委員会形式ではない）。

当出張所は「竜西ゾーン」に分類され、次のように定められた。（新宮川ゾーンは参考として掲載する）

■ 基本方針、基本理念

基本方針：

- ① 自然環境への配慮（保全）
- ② 自然・文化・伝統を知り融合する（利用）
- ③ 安全な暮らし・活動の場として（安全・安心）

基本理念：

アルプスの豊かな自然の恵みを尊重し、いきものとの共存、文化・風景と調和を図るとともに、安全で活力ある、魅力あふれる溪流づくりを推進する

■ 基本的な方針：

- ① 各生物要素の生態を踏まえ、その生育・生息環境全体を保全するようにつとめる。例えば、溪流における植生の横断方向・縦断方向の連続性、動物の移動経路の確保等溪流の各地点において自然環境が必要とする条件を踏まえ、砂防事業の実施によって、それらの条件が阻害されないように検討する。
- ② 山岳ゾーンにおける原生的な自然環境はきわめて貴重な自然資源である上に回復力が弱いデリケートな自然環境であるため、極力保護・保存につとめる。
- ③ 山麓・里山ゾーンにおける二次的な自然環境の持つ多様性を認識し、自然の回復を利用した共存の方法を検討する。

ゾーン	基本理念	計画単位	整備方針
竜西ゾーン	中央アルプスの豊かな自然の保全と、優れた景観との調和、生き物との共存	上流域	中央アルプスの原生的な自然を保全し、山紫水明の奔流と調和する。
		中流域	中央アルプスと田切の風土をうるおいで結ぶ水辺の創出。
		下流域	田切地形の風土と調和し、見せる、触れる、遊ぶ溪流づくり。
新宮川ゾーン	新宮の里山に清流と身近な生き物にふれあう水辺の創出	新宮川流域	里山に伊那山脈の生き物とふれあう溪流づくり

出展：平成 17 年 3 月版 天竜川上流環境整備計画

表：配慮すべき環境要素（中下流・魚類と植物を抽出）

溪流名	溪流魚(着色は放流魚でないもの)	植物(着色は河原に関連)
太田切川	ヤマトイワナ、アマゴ、カジカ、ウグイ、アユ、ニジマス	(ツメレンゲ、イヌハギ)
中田切川	アマゴ、カジカ	トウゴクミツバツツジ
与田切川	ヤマトイワナ、アマゴ、カジカ	マンネンスギ、ウスギヨウラク、コミネカエデ
片桐松川	ヤマトイワナ、アマゴ、ウグイ、カジカ、オйкаワ、ヨシノボリ	トウゴクミツバツツジ、イナノギク(カワラノギク・ツツザキヤマジノギク)
新宮川	イワナ、アマゴ	クロクモソウ、ミツバツツジ、クガイソウ、フクシマシャジン、ヤマホタルブクロ、エンレイソウ、オニノヤガラ

出展：平成 11 年版 天竜川上流環境整備計画を加筆

注 1) 太田切川のツメレンゲ、イヌハギは砂防エリア外で確認したもの。

注 2) 太田切川ではヒカゲツツジ、シロガネスミレが確認されている。

□ 整備方針及び主な配慮事項

計画単位	整備方針	自然環境	社会環境	防災環境	主な配慮事項
松川上流域 (竜西ゾーン上流域(太田切川・中田切川・与田切川・片桐))	中央アルプスの原生的な自然を保全し、山紫水明の奔流と調和する。土砂流出ポテンシャルが高いため、生産源対策として土砂生産の抑制が必要である。また、原生的な自然植生や特徴ある動物相の保全を図り、さらに山岳的な景観との調和を図る。	<ul style="list-style-type: none"> ・3,000m級の高峰が連なり、カール、モレーンといった氷河地形がみられる。 ・植生はシラビソ、コメツガなどの亜高山性の自然植生が分布する。 ・大部分が中央アルプス県立自然公園に指定されている ・特定植物群落である木曾山脈の自然植生や原生流域があり、高山蝶や猛禽類など貴重な動物が生息する。 ・花崗岩の白と四季の植物との構成が見事な山岳景観を構成している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・尾根、谷沿いには中央アルプスへの登山ルートがある。 ・千畳敷へは年間35万人もの入り込みがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・花崗岩質の脆弱な地半が広く分布し、急峻な地形でもあるため、土砂流出ポテンシャルが高い。 ・現況において崩壊面積率が高い。 ・オンボロ沢等、平常時にも土砂流出の激しい流域もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆猛禽類 施設配置・工事用道路のルートの選定は十分検討する。繁殖期には施工時期をずらすなどの配慮を行ない極力騒音の発生等を抑える。 ◆高山蝶 食草の群落単位での保全が必要である。 ◆高山植物 わずかな人工物でも大きな損傷を受け、全滅する恐れがあるため保全する。 ◆景観資源と利用 渓流沿いの視点場などから見上げる位置には極力施設配置を避ける。登山道やロープウェイから見下ろす箇所に施設を設置する場合は色調や明度の調和に配慮する。
田切川・片桐松川中流域 (竜西ゾーン中流域(太田切川・中田切川・与田切川))	田切の4溪流をうるおいで結ぶ溪流づくり。上流部からの土砂を地形や樹林を活かし効率よく捕捉する。良好な広葉樹林とそこに生息する動物相を保全するとともに、 <u>溪流の利用にも配慮する。</u>	<ul style="list-style-type: none"> ・植生はミズナラ・コナラなどの比較的自然的性の高い代償植物が分布する。 ・中御所溪谷、黒川溪谷等の溪谷美はこの流域の景観を特徴づけている。 ・良好な広葉樹林が存在し、多様な動物、鳥類が生息する豊富な動物相を有する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・観光資源としては駒ヶ根高原、宮田高原、シオジ平自然園、片桐松川第2堰堤キャンプ場等が存在し、多くの観光客が訪れる。 ・溪流釣りも盛んである。 	<ul style="list-style-type: none"> ・太田切川、中田切川、与田切川には土石流危故溪流が多く存在する。 ・自然の地形を利用したサンドポケットや樹林を活かした砂防が求められている。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆移行帯としての植生 上流域と下流域を結ぶ溪畔林とその周辺の樹林地を遮断しない。 ◆動物の繁殖地 動物が繁殖地として利用する広葉樹林では繁殖期には施工時期をずらすなどの配慮を行ない極力騒音の発生等を抑えたり、伐採を最小限に抑えることにより繁殖環境を保全する。 ◆観光資源・景観資源と利用 施設設置に際しては周辺の溪谷美になじむよう自然石を表面に用いる等、背景との調和を図る。

計画単位	整備方針	自然環境	社会環境	防災環境	主な配慮事項
松川下流域 竜西ゾーン下流域 (太田切川・中田切川・与田切川・片桐)	田切地形の風土と調和し、見せる、触れる、遊ぶ溪流づくり 管内で最も資産が集中しているため、氾濫対策とともに侵食防止対策が必要である。 里山環境を創造するとともに特徴ある地形の景観を保全する。 さらに本川からの生態的回廊としての機能を維持し、溪流の利用にも配慮する。	・田切地形と呼ばれる河岸段丘がみられる。 ・植林・水田などの人為的要素の高い代償植物が分布する。 ・里山から連続した溪畔林が分布している。	・中央自動車道、国道 153 号、広域農道、JR 飯田線等、主要道線や集落、観光・レクリエーション施設等、管内で最も資産が集中している地域である。	・各溪流とも田切地形を有するため、縦横浸食を防止する対策が必要である。 ・保全対象が多く存在する。	◆里山に生息・生育する動物・植物 里山的環境を保全し、そこに生息・生育する動物・植物の生息地・生育地を確保する。 ◆天竜川からの生態的回廊としての機能 断丘崖の樹林の伐採は最小限とすることで生態的回廊機能を維持する。また、水辺では魚類の遡上を妨げないよう魚道等の設置が必要である。 ◆独特な地形と景観 施設設置に際しては自然石を表面に用い、周辺の景観との明度差を少なくする等の配慮をする。 ◆観光資源と利用 親水性を高め、来訪者が安全に利用できる空間を創造していく。
新宮川ゾーン全流域 (新宮川全流域)	新宮の里山に清流と身近な生き物にふれあう水辺の創出 流域全体に占める土石流危険溪流の割合が高く、保全対象より上流で土砂を捕捉する必要がある。 さらに里山に生息する身近な動植物との共存を図る。	・カラマツ、アカマツの植林地とコナラ、・ミズナラなどの広葉樹林、さらに水田、伐採跡地などがモザイク状に分布している。 ・下流域には段丘地形が形成され特徴ある里山風景を有している。	・駒ヶ根市において、今後発展の可能性をもった地域である。	・36 災害では小渋川支川の四徳川流域に次いで崩壊土砂量が多く発生し、大きな被害を受けた。 ・流域内には集落が散在し、土石流危険溪流が数多く存在している。	◆独特な地形と景観 新旧複数の河岸投丘で形成された特徴的な地形を有しているため、施設配置時には自然石を表面に用いるなど周辺の無税との調和を図る。

3 太田切川と特性

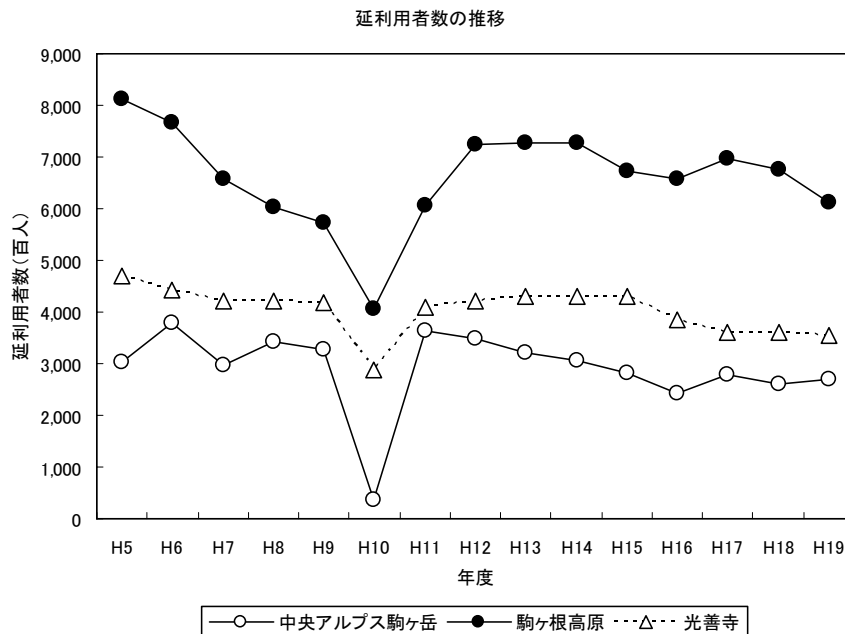
3-1. 概要

天竜川の右支川でおおよそは左岸側（北）に宮田村、右岸側（南）に駒ヶ根市。市村界は河川で分かれてはおらず、市村界は河川より北側である。国土地理院の地形図でも、境界を明確にしていない。太田切流路工は太田切川の土石流扇状地扇頂部にあたり、河床勾配約 1/17 (1/18 という文献もある)、河川でのセグメントは M (山地) に分類される。

流域面積は 61.5km² とされ、流路延長約 15.6km、標高差 2,400m。河床材料は大粒径花崗岩転石(領家帯花崗岩類)で、硬く緻密な木曽駒花崗岩が多く見られる。洪水による強く、高頻度の攪乱作用が特徴である。

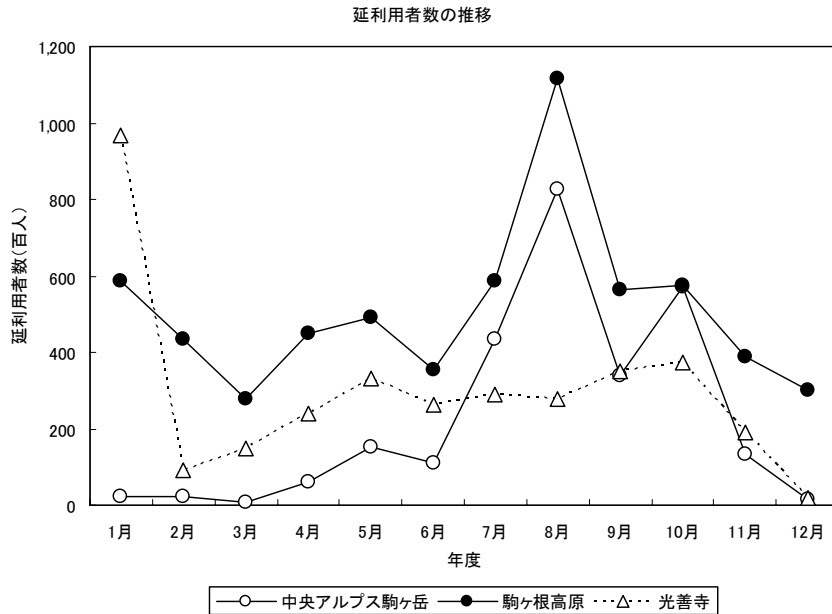
駒ヶ根高原で知られる観光スポットであり、上流域は中央アルプス県立公園となっている。駒ヶ根高原開発・中央アルプス山麓開発計画が行政的な計画としてかかっており、観光ホテル・ペンション群、駒ヶ根ファームス（農産物直売・観光案内所・地ビールレストラン）、温泉施設、駒ヶ池・大沼池、こまくさ橋（吊り橋）、キャンプ場、マルスウィスキー駒ヶ根工場、キャンプセンター、マレットゴルフ場、切石公園等が配置されている。宮田(みやだ)高原遊歩道整備との関連も期待されている。やや離れるが光前寺（郷土環境保全地域、霊犬早太郎(=はやたろう)・ヒカリゴケ・シダレ桜で有名)がある。

駒ヶ根高原の観光利用者は若干減少傾向にある。月別では夏休みシーズンの避暑が際だって多く、新緑シーズンと紅葉シーズンが両脇を固める。河川利用者では、夏のシーズンはつり客も多いが、涼を求めたグループが水際まで降りる姿が目につく。1月に多いのは、光前寺初詣に関連しているかもしれない。



図：観光利用者数の経年変化（平成 19 年長野県 観光統計）

注) 平成 10 年はロープウェイの運休年



図：観光利用者数月別 (平成 19 年長野県 観光統計)

当該区間 (キャッチ&リリース区間) の生息魚類はイワナ・アマゴ・カジカ・ニジマスで、カジカ以外は放流によって維持されていると考えられる。魚類の生息は駒ヶ根橋付近の調査でイワナ 10~20 尾/100m²、アマゴ 10/100m² 以下であった。当該区間はイワナ域とされている。

表：H12-H14 年漁期後のピーターセン法による資源推定結果 (100m² 当たり)

調査区間 (調査面積)	魚種	H12.10.9-10	H13.10.11-12	H14.10.29-30
駒ヶ根橋下の左岸側の流路 (917.4m ²)	イワナ	-	21.3	14.3
	アマゴ	-	1.1	2.3
駒ヶ根橋下の真ん中の流路 (720.0m ²)	イワナ	12.6	15.5	23.5
	アマゴ	18.3	6.9	7.2
こまくさ橋下の左岸側の流路 (1952.2m ²)	イワナ	1.9	3.7	9.9
	アマゴ	0.9	-	4.1

(出典：長野県水産試験場への聞き取り調査時における提供資料)

放流は、毎年行われているが、数は年によって増減がある。

表：成魚及び稚魚の放流実績 (H12 年-H19 年)

放流年	イワナ				アマゴ				ニジマス
	太田切川		黒川		太田切川		黒川		太田切川
	成魚	稚魚	成魚	稚魚	成魚	稚魚	成魚	稚魚	成魚
H12	161	16	83	104	79	38	42	9	
H13	318	6	75	34	67	20	10	-	
H14	160	-	40	-	-	13	-	7	
H15	290	10	80	-	100	32	15	10	
H16	117	18	20	3	294	50	-	-	
H17	153	-	30	-	80	-	15	-	
H18	90	-	40	-	228	105	-	-	50
H19	236	8	20	2	100	-	10	-	50

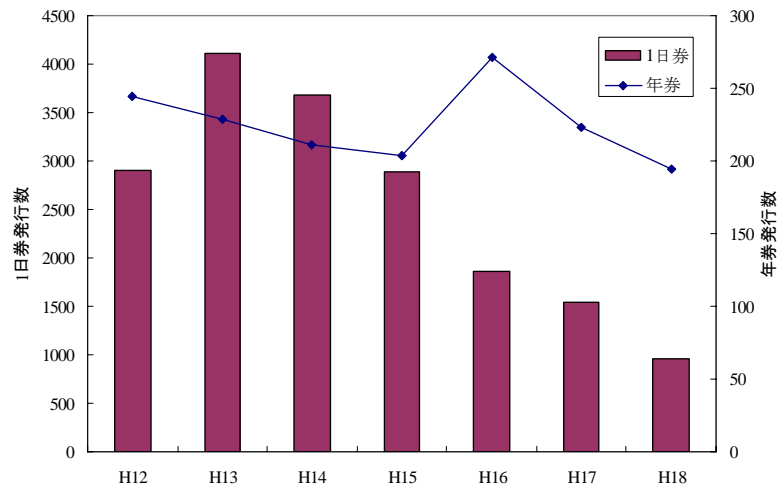
(単位:kg)

表：イワナ、アマゴの発眼卵の埋設状況

実施年	イワナ		アマゴ	
	太田切川	黒川	太田切川	黒川
H12	—	—	20,000	—
H13	10,000	20,000	19,500	2,500
H14	20,000	20,000	14,500	5,000
H15	15,000	15,000	6,500	3,000
H16	20,000	8,000	9,000	1,000
H17	22,000	—	7,000	
H18	—	—	—	—
H19	—	—	—	—

(単位:粒数)

遊漁（つり）状況は近年減少傾向にある。



図：天竜川漁協 4 区における釣券の発行数

注 1：4 区における発行数であるため、太田切川以外に天竜川（駒ヶ根市付近）、新宮川、中田切川なども含む
 注 2：一般魚を対象とし、アユ釣りによる遊漁者数は含まれない。

底生生物にはオオナガレトビケラ（準絶滅危惧種 NT）が平成 19 年度の調査で新たに確認され、コカゲロウ属、トゲマダラカゲロウ属、ヒロバナアメメカワゲラなどで比較的現存量は少ない。本来、クロカワゲラ科等のシュレッター（破碎食者）が多く現存する方が溪流バランスとしてよさそう。

表：湿重量からみた環境毎の優占種（上位 3 種）

環境	第一優占種	第二優占種	第三優占種
瀬の礫底	トゲマダラカゲロウ属 76.5	コカゲロウ属 73.4	ヒラタカゲロウ属 52.7
淵の礫底	コカゲロウ属 18.2	トゲマダラカゲロウ属 17.8	ミドリカワゲラ科 12.9
淵の落葉堆積	ヒロバナアメメカワゲラ 315.2	ミドリカワゲラ科 28.5	トゲマダラカゲロウ属 25
瀬の床固礫堆積	トゲマダラカゲロウ属 79.6	コカゲロウ属 53.9	ミズジアアメメカワゲラ 40.9



左：若齢個体（現地採集）

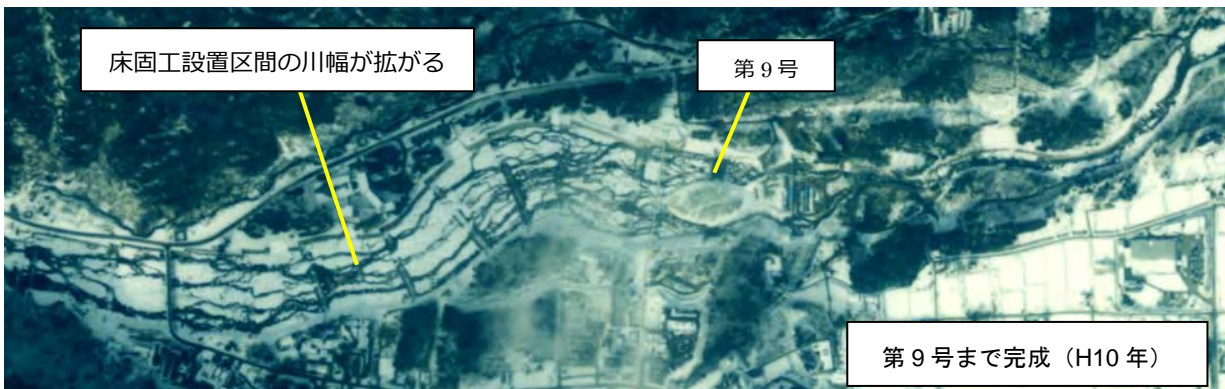
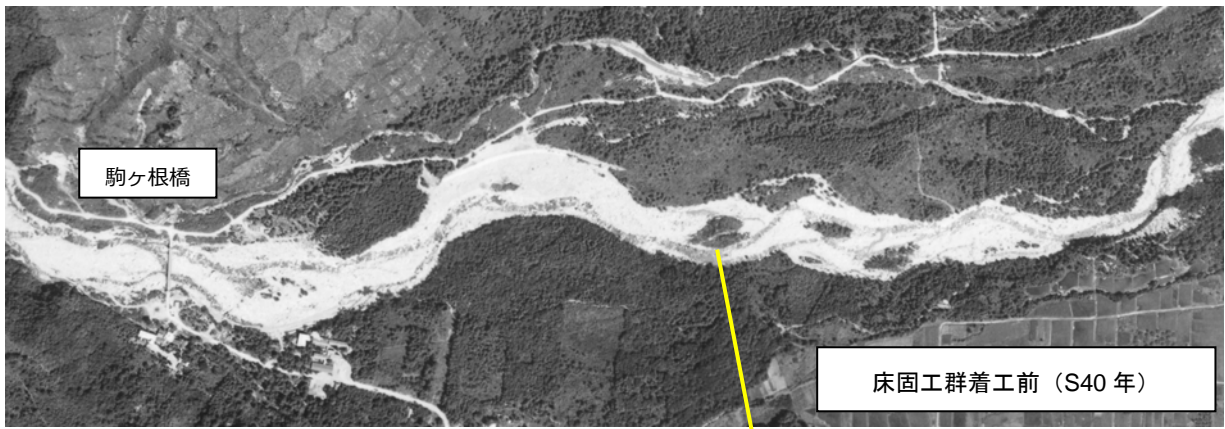
右：終齢幼虫（県内別河川）

*1 オオナガレトビケラ（環境省 RL・長野県 RDB：準絶滅危惧）

3-2. 床固工群のインパクト

昭和 36 年 6 月洪水の影響のある昭和 40 年の写真を別にすれば、昭和 53 年がイニシャルと考えても良いだろう。その航空写真を比較すると、床固工群整備後は河床幅の拡大したため、流水と樹木の隔離が起こっていると考えられる。昭和 36 年 6 月洪水のような大きなイベントで土石流が樹木を倒して河道を覆い、その後樹林化が進むという自然のサイクルがあったと考えられる。流路工整備は土石流にも似たインパクトを与え、樹木伐採と河道の拡大をもたらした。

さらに、横断構造物により縦方向の侵食抑制となることと工事後の河床整正で、平面的流路化するといわれている。おそらく単列砂州が複列砂州化することになる。また、工事により一度はアーマコートが破壊され、細流分の流出とともに締切りに利用される。その後、締切りに利用された土砂の多くは系外に搬出されたり利用されたりするため、細粒分の喪失が考えられる。



図：床固工群の着工前後における空中写真

3-3. そのレスポンス

年最大流量はあまり変わらないので、元の河道に戻ろうとする作用がある。しかし、細流分の喪失や侵食抑制、上流ダム群による土砂流出量の平滑化で攪乱の頻度は減少し、その作用のスピードは緩やかと考えられる。

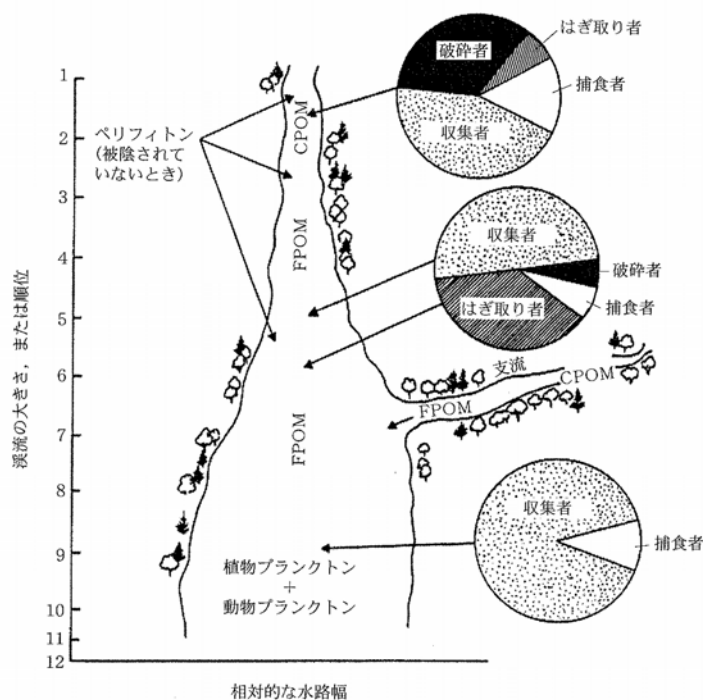
元河道への復元作用は、河道内の樹林化として現れてくると考えられる。経過年の大きい駒ヶ根橋付近や宮田観光ホテル前の樹林化は、その作用の発現とも考えられる。

3-4. 渓流のポテンシャル

原河川の渓流環境にポテンシャルを求めるとすれば、比較的容易に得られることもある。

物質循環の視点では、河川連続体仮説というものがある。この仮説は Vannote が提唱し、大阪府立大学の谷田一三が日本に紹介した。仮説自体は賛否両論あるといわれているが、大まかに河川の物質循環を考える上では有効と思われる。光エネルギーによる生植物食物連鎖と外来有機物による腐食食物連鎖の基本エネルギーと、上流から下流への物質エネルギーの流れに着目した河川生態系の枠組み。有機物の通過と形態変化を考えるに、住家のない上流からの大型有機物 (CPOM) の供給は、リター (植物落下)、デトリタス (動物遺骸) である。主に水生昆虫はシュレッダー中心となり、大型の植物をかみ砕く。下流でのグレーザ (はぎ取り者)、濾過コレクタを助けるため、上流部で十分シュレッダーしておくことが必要。

しかし、太田切川床固工群付近は大型有機物 (CPOM) の滞留場所が少ないことと、流速が速いために滞留時間が短く、十分なシュレッダーの活躍場所がないと考えられる。このようなシュレッダーの生物ニッチは、大量のリターパックが貯蔵される淵である。



円内は水生昆虫の摂食機能群別の構成を示す。上流では落ち葉などの大型有機物 (CPOM) が供給され、破碎者 (Shredders) が特徴的である。その下流側の中流部では上流側から供給された細かい有機物 (FPOM) を摂食する収集者 (Collectors) と繁殖した付着藻類を摂食するはぎ取り者 (Grazers) の生息量が多い。

図：河川連続体仮説 (J.V.Ward (1992) より引用)

また、この区間は大きな支川の合流が無く、上流から下流までほぼ統一の流量と考えて良い。この点で、流路として多様性はやや単調とならざるを得ず、例えば有効な魚類の再生産場所としての小支川を持つには至っていない。

3-5. 溪流河川利用

駒ヶ根高原を訪れる観光客は、平成 19 年統計で 61 万人程度。そのうち、県外からは 43 万人と約 70%を占める。いいかえれば、県内から 18 万人もの利用者があり、地域の観光地として親しまれている場所であろう。夏を中心とした水辺利用は多く、地区の飯盒炊さんや家族や友人との水浴で多くの河川水辺の利用がされている。清流で水温が低いこと、自然景観が豊かであることのほか、市街地と近く駐車場が十分あること、階段工など水辺へのアクセスが容易であること（親水性）も水辺利用をより容易にしている。ただし、真夏の炎天下では、木陰のない河道内は長時間の滞在が難しいだろう。タープなどで日陰をつくる姿も見られる。



写真：14号下流（H19.8.15）

3-6. 景観

太田切床固工群周辺の全体的な景観としては、両アルプスの眺望、周辺の森林、巨レキの河原、清流など良好な自然景観を有している。一方で、非自然的景観もあり、例えば舗装された遊歩道と木柵、直線的な護岸ライン、斜路に整列配置した巨レキ、床固工の横断などである。見方を変えると、人間の手が入った安心感を創出することもあり、一概に否定的なものではない。ただし、直線、整列の緩和はもう少し吟味する必要があると思われる。

巨石張護岸は、人による印象が色々あるようだ。太田切川の洪水時のようすを知っている人ほど安心感を得ているように感じる。やや威圧感があると見る目も多い。威圧感を押さえ、自然風景とのなじみを重視して、不自然さの軽減が課題となっている。

また、施工したばかりのようすと、10年ほど時間が経過したようすでは、風合いが異なり、与えるイメージに大きな差が生じることがある。流水に触れない位置に石を置いておくと、降雨の pH のぐあい、徐々に酸化したような黒ずんだ風合いとなる。これは比較的どっしりとして落ち着いた印象を与え、肌白いきたばかりの巨石張護岸とは違う。完成直後の評価だけではなく、エージング（朽ちない老化）により風味や風合い、馴染み、親しみの変化を考えていくことが必要であろう。

4 床固工の現状

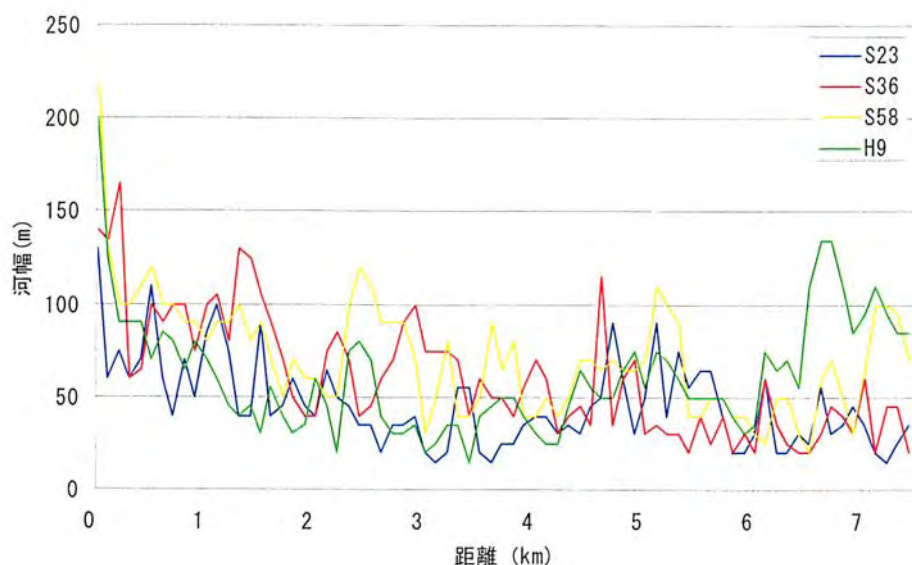
太田切流域の直轄砂防事業は、昭和 36 年 6 月の伊那谷災害が契機になって開始された。直轄編入当時から、一貫してまず上流部における大規模な貯砂ダムの施工を優先させて上流部からの流出土砂を押さえ、次に下流部の床固工、護岸工を施工するという基本方針で進められている。

現在、太田切川流域に設置されているこれらの施設を表に示す。

表：太田切川流域の直轄砂防施設

河川名	堰堤名	竣工年	計画貯砂量 (m ³)	摘要
太田切川	太田切ダム	昭和 42 年	150,000	
中御所川	太田切第 2 ダム	昭和 46 年	470,000	
本谷	中御所ダム	昭和 51 年	55,000	
	中御所第 2 ダム	平成 6 年	56,000	
	本谷ダム	平成 8 年	363,000	
	切石床固工	昭和 49 年	-	水叩工、側壁、護床工、六脚ブロック
	太田切流路工	昭和 51 年着手(施工中)	-	床固工 16 基、帯工 2 基、護岸工
黒川	黒川ダム	昭和 41 年	78,000	
	黒川第 2 ダム	昭和 48 年	83,000	
	黒川第 3 ダム	昭和 56 年	238,000	
	黒川第 4 ダム	(施工中)		

全域で時期によって変化しているが、0km から 4km 付近では狭くなる傾向があり、床固工群のある 6km から 7.5km 付近では逆に川幅が広くなる傾向がみられた。



図：太田切川の川幅

出典：H14 年度 砂防施設による最適河床形成に関する検討業務委託報告書

床固工群はこれまでに計 16 基の床固工 (0~14、17) が設置あるいは施工中であり、それぞれの床固工には自然石階段式魚道、あるいは全面石張り魚道が設置されている。

表：床固工及び魚道の構造一覧¹

床固工	完成		魚道の構造		
	本体	常水路	右岸	中央	左岸
切石床固工	S49		●		
第0号床固工			●		●
第1号床固工					
第2号床固工	S62		●		●
第3号床固工	H1	H16	●		●
第4号床固工	H1				
第5号床固工					
第6号床固工	H3				
第7号床固工	H5	H5			
第8号床固工	H7				
第9号床固工	H9	H13			●
第10号床固工	H10	H14			●
第11号床固工	H10	H14	●		
第12号床固工		H14		●	
第13号床固工		H14		●	
第14号床固工	H20	H19		●	
第15号床固工				○	
第16号床固工				○	
第17号床固工	H20	H20			●

● 自然石階段式魚道(常水路)
 前面石張り魚道

常水路では、次のような点について改善の余地がある。

- ・一部（12号）で通水していないものがある。
- ・一部（11号など）で剥離流や入口の構造など遡上しにくいものがある。

通水していないのは常水路の性能とはあまり関係がないので、ここでは、遡上しにくいものを対象とする。

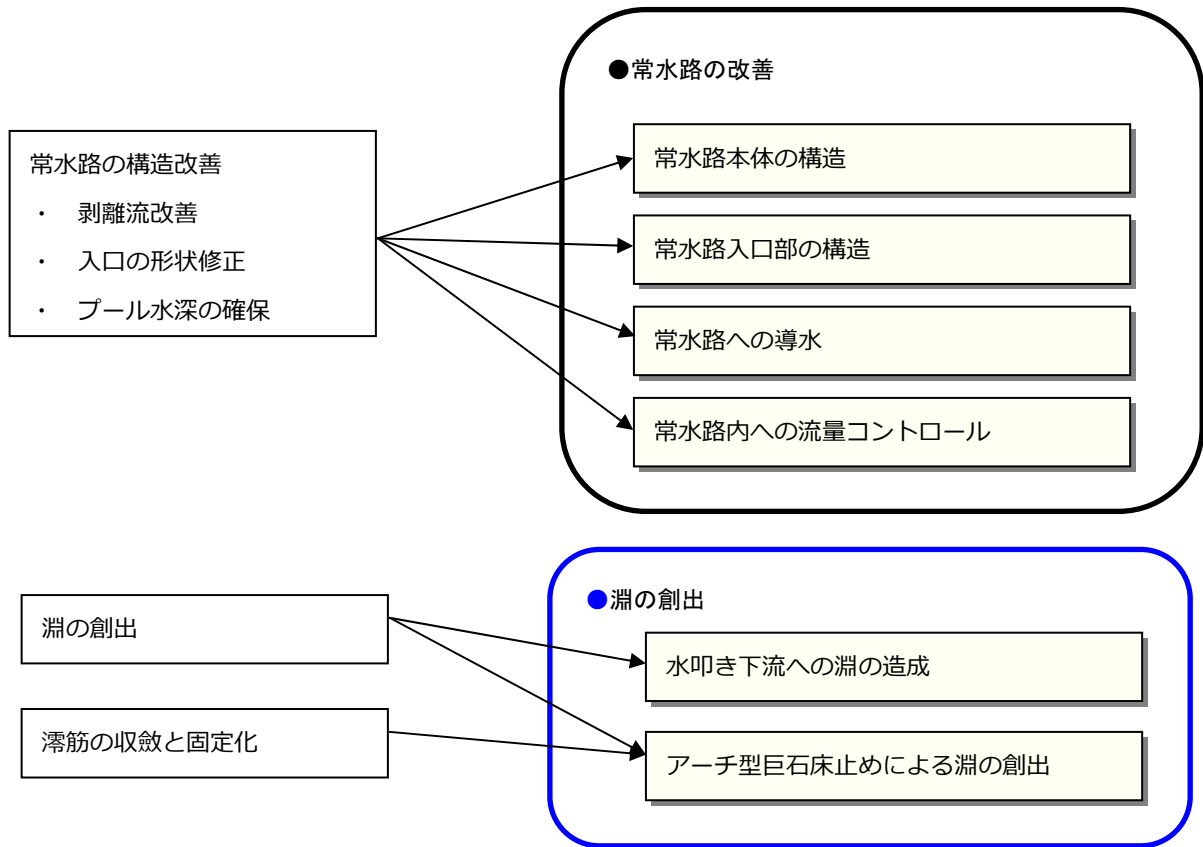


写真：太田切 11号床固工

¹ 14号は平成20年3月に中央部分に配置完了。17号は平成19年度からの施工だが、平成20年度に右岸に常水路を施工予定。

5 改善の方向性

常水路の改善に関して、その具体としては次のような改善を行うべきと考えた。



図：課題解決のための溪流環境改善メニュー（常水路関係）

6 常水路の構成

まず、常水路とは、常に水の流れるところを意味し、天竜川上流河川事務所固有の名称である。常水路は単独では存在せず、床固工本堤と副体工もしくは垂直壁にまたがって設置される。その両サイドは斜路工である。構造としては 1/7.5 勾配の階段式水路で、1~1.5m ピッチに巨石 (0.75~1.0m) でステップが設けられ、底張は小粒径の転石を配置する。斜路が約 1/4 なので、常水路との勾配差を巨石張したウイングを持つ。

常水路を魚道と命名しないのは、魚道としての効果に当初から自信がなかったためと思われるが、この太田切川の溪流環境を鑑みれば、現実的な解として常水路は立派な魚道といえる。

常水路を魚道としての効果を発現させるためのパーツは、集水転石、制御転石、常水路本体、下流淵の4つである。この4つは自然に存在することも多くあるが、手を入れる必要を認められる場所も多い。

6-1. 集水転石

今回新たに提案するもの。上流側に拡散しているみお筋を集約・安定化し、プールに呼び込むためのもの。あまりにも離れた場所を流れるみお筋には効果がない。この場合は、植物アイランドなどの検討を行った方がよい。アーチ型巨石の設置による集水を行いたい。

6-2. 制御転石

今回新たに提案するもの。魚類の遡上が困難と思われる常水路の多くは流量過多が認められる。集水転石とプールで集めた水を適度の流量にコントロールし、常水路に誘導する分とはねる分に分散させる。

6-3. 常水路

常水路本体。床固工本体から斜路を経由し垂直壁までの約 1/7.5 勾配の魚道。水路はステップアンドプールで階段状に構成される。現在の発注図面でのステップは 0.75~1.0m の巨石で、1.125m 間隔。斜路工との勾配差をやはり巨石のウイングで解消させる。本堤工・副体工・垂直壁を渡るところは副断面となっている。

これまでの施工実績から、1.125m 間隔のステップは細かすぎるとの評価があるため、3~4m 間隔にしてみたい。したがって、既存の水路は 2 段撤去し、3 段ピッチに修正したもので検証する。

6-4. 下流淵

今回新たに提案するもの。下流の淵。粗度の変化で淵を維持させ、魚類遡上の発信基地となるもの。

7 常水路の機能

7-1. 魚類の遡上確保

太田切川床固工群の周辺に生息する魚類には、イワナ、アマゴ、カジカ、ニジマスがいる。

このうちニジマスは外来魚であり、この他にイワナ、アマゴが放流されている。イワナとアマゴは棲み分けがあるとされているが、周辺はイワナ域と考えられている。再生産はカジカのみが確認されており、放流によって維持されている魚類環境である。

対象区域はキャッチ・アンド・リリース（C&R）区間に設定されており、釣った魚のリリースが義務づけられている。放流している数は年の変動が大きい。イワナは年間 200kg 前後の成魚、同じ程度のアマゴ、50kg 程度のニジマス。イワナは上中流部、アマゴは中下流部に放流。ニジマスは C&R 区間のイベント時に放流。このほかに平成 17 年までは発眼卵の埋設が行われていた。（3-1 に詳しい）

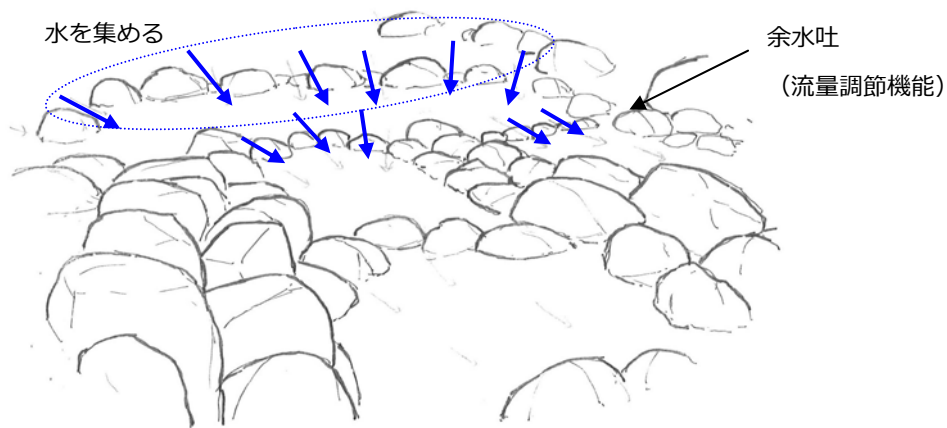
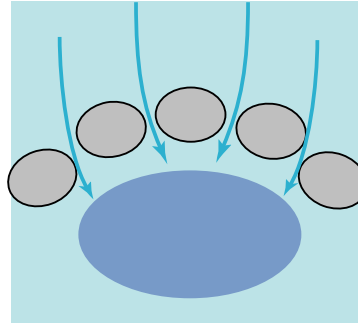
これら魚種のうち、上下移動の少ない生活史のカジカを除き、イワナ域であることから、イワナの遡上性能を中心に考える。

7-2. みお筋の安定化

ほとんどの常水路設置位置には流水が流れている。つまり、常水路はみお筋の誘導に有効で、みお筋の安定化に一役買っていると考えられる。

8 集水転石

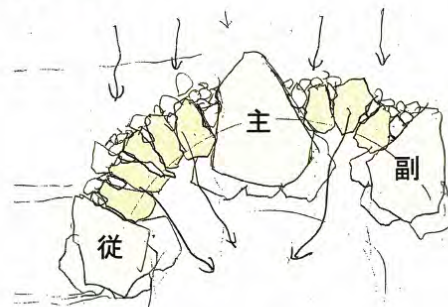
常水路に流水を呼び込むため、上流に凸のアーチ転石を配置する。転石の配置にあたっては、鳥居川方式に準拠した石組み形式とする。石の設置にあたっては、「砂防河川 鳥居川 近自然河川工法ハンドブック」(長野県長野建設事務所)を参考に行う。



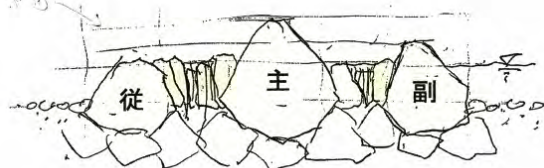
図：集水転石の配置イメージ

*福留氏のイメージ図(直筆)

<床止め平面図>



<床止め断面図>

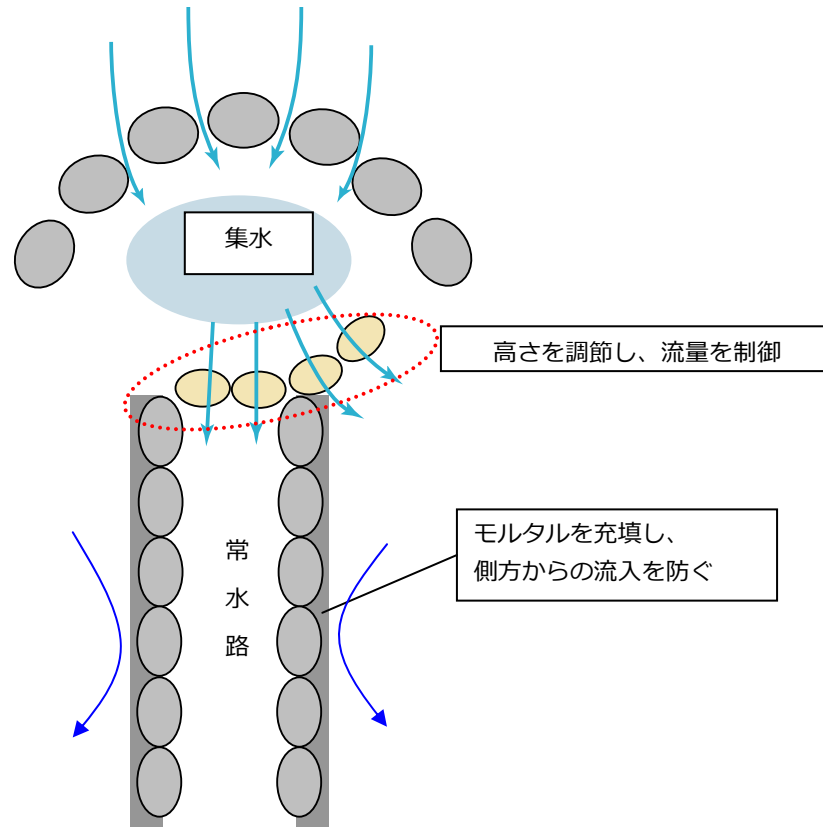


図：転石の配置配慮

「近自然工法の石組み技術」(福留脩文監修,2002)より

9 制御転石

集水転石のすぐ下流、常水路の入口に斜め状の転石を配置し、常水路への流量をコントロールする。転石の配置にあたっては、鳥居川方式に準拠した石組み形式とする。石の設置にあたっては、「砂防河川 鳥居川 近自然河川工法ハンドブック」(長野県長野建設事務所)を参考に行う。



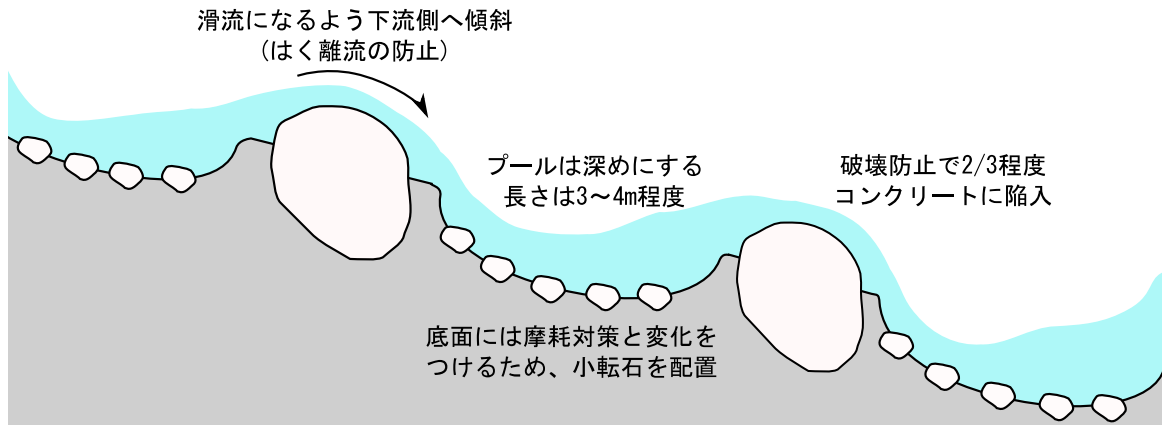
図：流量調節のイメージ

10 常水路本体

10-1. プール

一つのプールは長さ 3~4m を確保し、深いところの水深を 0.4~0.5m とする。

プールの底面には長径 0.2~0.3m、短径 0.1~0.15m の扁平なレキを配置し、レキの方向は下流上がりとして、粗度を上げてプール内の流速を落とし、微小緩流部を創出する。



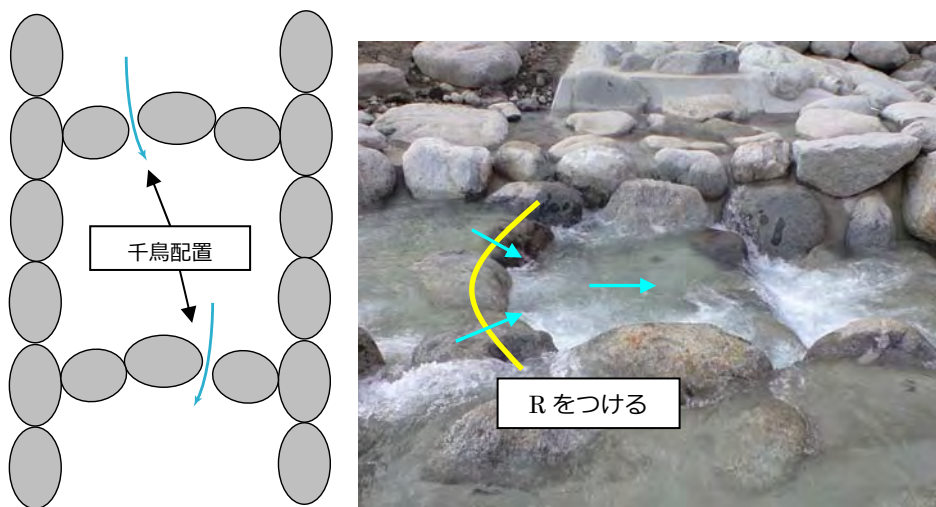
図：縦断構造における配慮事項

10-2. ステップ

使用する巨石は周辺の河床から採取する。控えは図面どおり 0.5m ほど嵌入させる。レキは長径 0.7m 以上、短径 0.5~0.6m を標準とし、滑流を生むよう表面は丸みがある下流下がりとする。レキの大きさはあまり環境に作用せず、配置や使い方に依存するようだ。大きいレキは、できる限りなめらかな面を水あたりに利用し、下流へ傾斜させる。

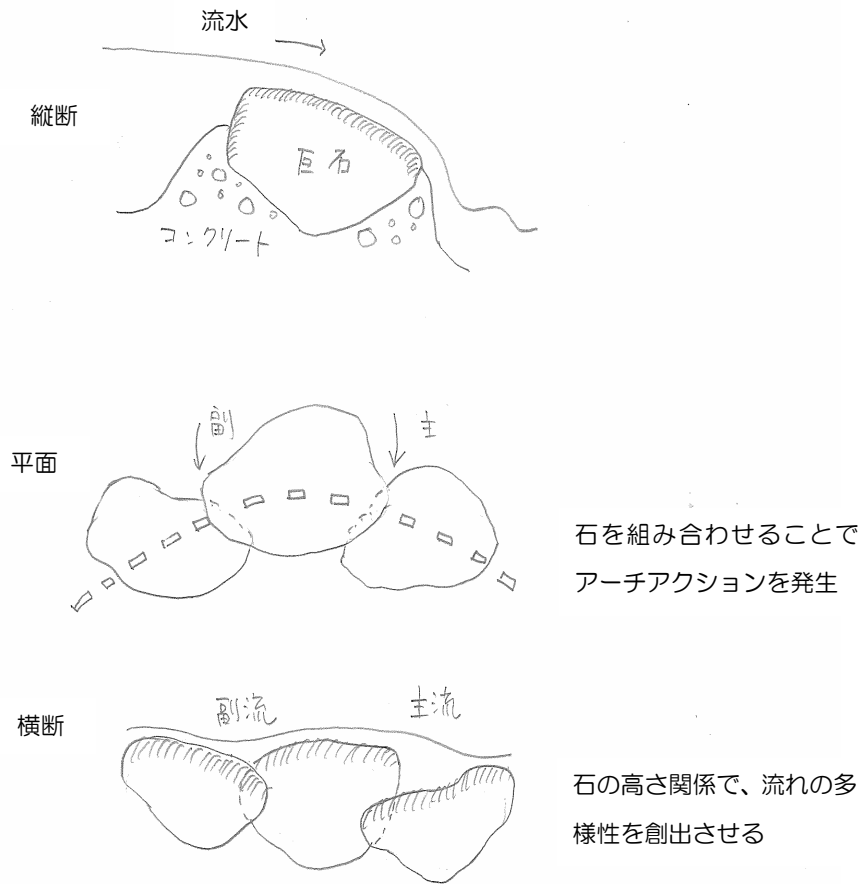
巨レキの間には 0.1m の隙間を設けるが、1箇所は 0.15~0.25m のやや広い隙間とする。広い隙間は流向方向に千鳥配置とし、流れの複雑さを創出する。広い隙間が主流となるので、両側の巨石は主流へ傾斜させる。3m 幅の水路なので、巨石は横断方向に 2~4 個使いとなる。

平面配置は上流側へ凸のアーチ配置を基本とする。



図：階段のアーチ構造

石の配置の工夫として、次のように施工を行なう。はく離流を防止するため、流水滑流面を下流方向に傾斜させる。コンクリートの巻立てで強度を確保するのではなく、石のかみ合わせで強度を確保する。ステップを作る巨石の洪水・土石流等による破損・欠損を防ぐため、石のかみ合わせを行なう。かみ合わせは脇を下流側、中心に据える石を上流側とする。



図：ステップの石配置に関する配慮事項

ステップとなる石の高さが高くなる場合、左右岸どちらかに二次的なステップを設けることも検討する。



写真：二次ステップを設けた例

10-3. 水路

制御転石などで入口でのコントロールした流量を変化させないため、側方からの流水の合流を防ぐよう、石の配置を工夫してモルタルなどで目張りする。現在の標準水路幅が 3.0m であり、やや狭いと思われるので、5~6m を提案したい。



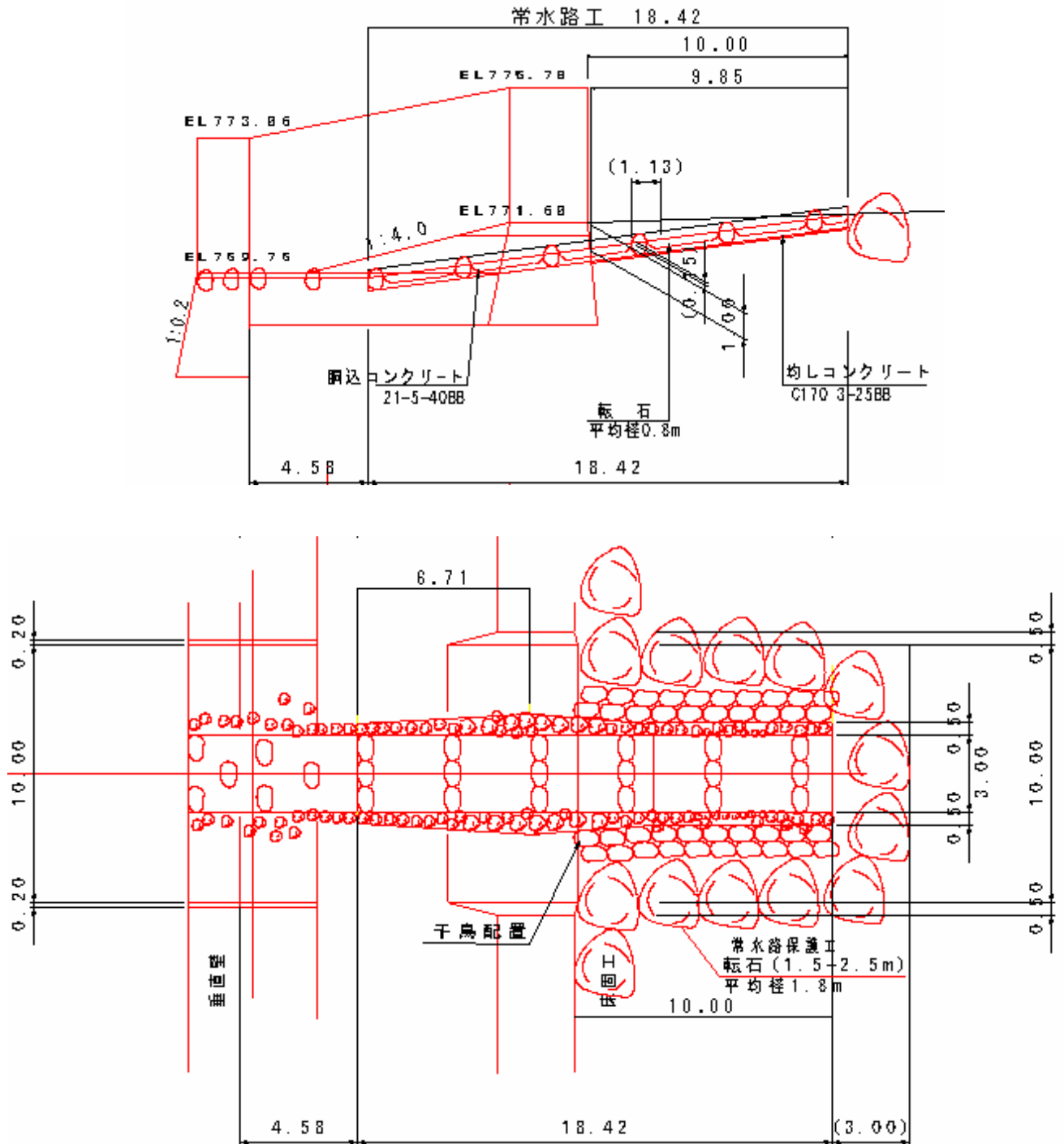
側方からの流入

乱流となり、激しい流れ

写真：側方からの流入がある常水路の例

10-4. 設計図

新規常水路工設置の場合、次の図を標準とする。ただし、プール底部分でも 500mm の摩耗厚を確保する。



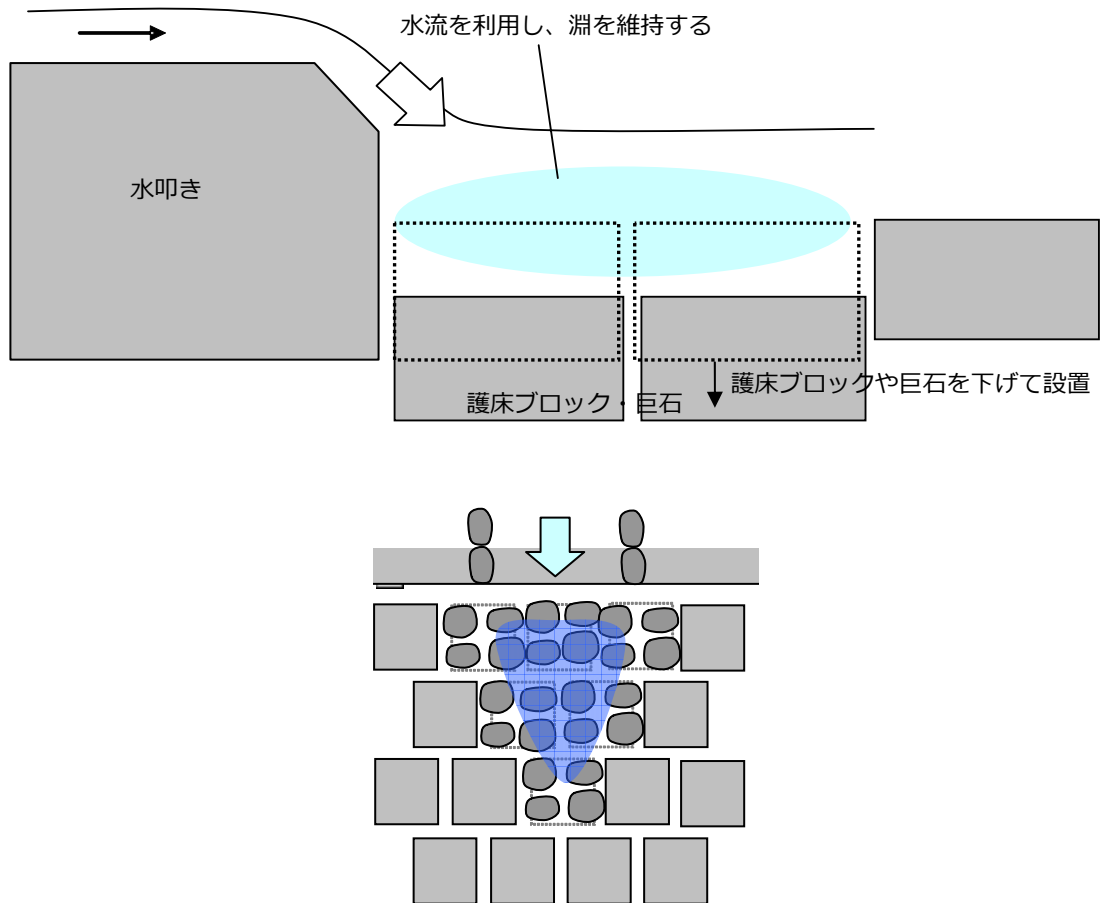
図：例) 太田切 17号床固工の常水路

11 下流の淵

垂直壁部分は水深が極端に浅くなることから、構造検討する必要がある。垂直壁下流に設置する巨石や根固めブロックによる護床工は、5m 四方程度の淵を用意するため、その部分を 0.5~1.5m 程度深く設置する。

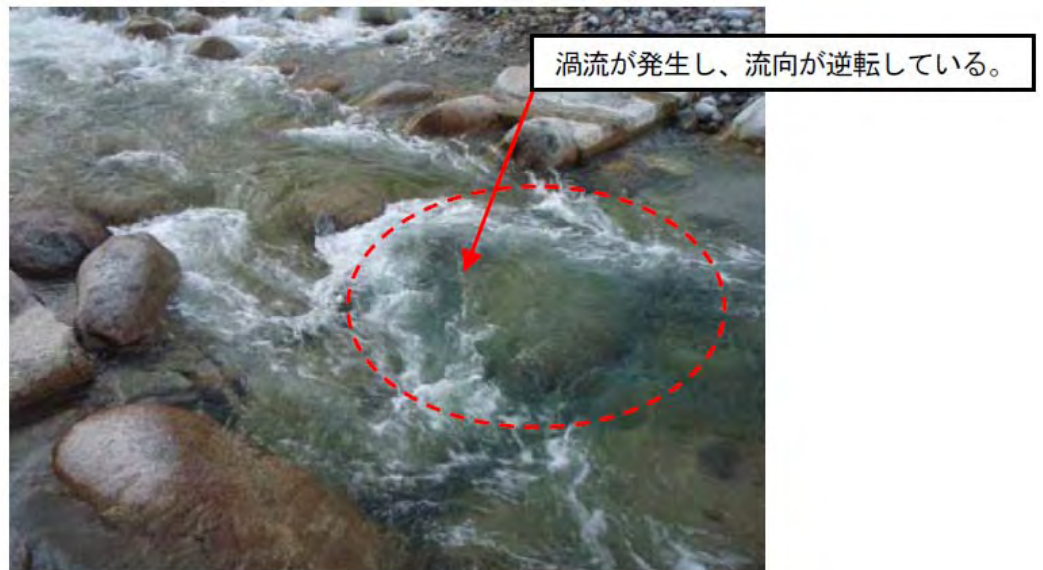
帯工は落差がないが、粗度の違いにより淵が維持できる可能性がある。

垂直壁や水叩き部分は流速が速く、水深の低い部分となりやすいため、転石を配置するなど、流れに変化を持たせるなどの工夫を行なう。



図：護床工の設置方法

下流の淵作成時に、淵内部で渦が発生する場合、魚が迷走することが考えられる。常水路への魚の進入をスムーズに誘導させるため、渦の発生については注意が必要である。渦を十分観察し、渦の発生のトリガーとなる石の配置を変更するなど、渦流の発生を抑制することが必要である。



写真：渦の発生



写真：迷走するアマゴ

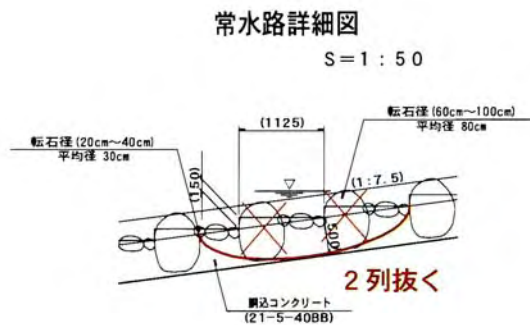
12 改良の試行 (第一次)

太田切 11 号床固工工事の常水路をモデルにし、スタンダード形式に近い形に修正した。既設 11 号床固工の常水路は平成 14～15 年度小平建設株式会社の施工によるもの。発注図面に忠実な施工となっており、モデルとして理想的である。選定のもっとも重視した点は、白濁が多いこと、流量が多く集まっていることなどで、見た目に魚類の遡上の困難と判断したことによる。改良は平成 20 年 9 月 29 日～10 月 17 日に行った。

12-1. ステップ

これまでの施工実績から、1.125m 間隔のステップは細かすぎるとの評価があるため、3～4m 間隔を目安に改良する。したがって、既存の 11 号の水路では 2 段分を撤去し、3 段ピッチに修正したもので検証した。

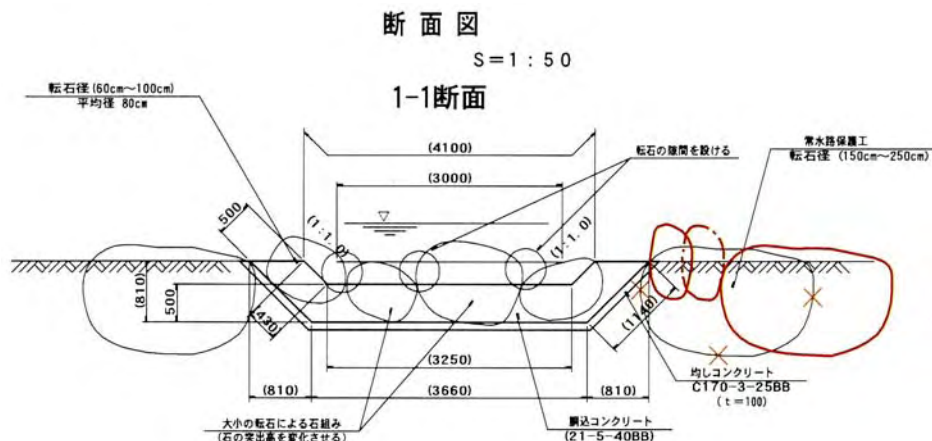
改良後のおそらく平成 21 年 3 月 14 日の洪水により、床固工本体上流部分ではプール部分の底が摩耗し、抜けた。コンクリートの充填により補修しているが、床固工上流部ではコンクリートの厚みが不足するので、摩耗対策について考慮が必要である。



図：常水路ステップの改良

12-2. 水路

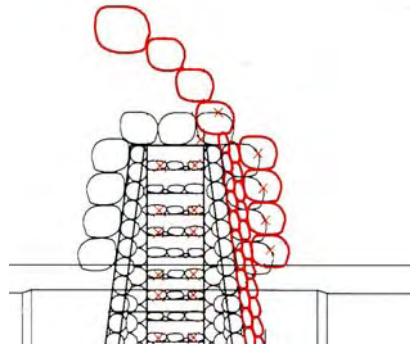
常水路上流で取りこぼした水が側方から再流入し、常水路内の流量過多が見られることから、再流入させない隔壁を転石とモルタルで作成する。



図：再流入防止の隔壁

12-3. 制御転石

集水転石は自然に配置されたものがあり、制御転石を今回配置した。この転石により、常水路内に進行する水流を制限し、適切な流量の維持を行うもの。通称水はね転石。



図：制御転石配置図

12-4. 下流淵

下流淵は自然に配置されたものがあるため、11号床固工では経過を観察するのみ。

12-5. 性能の調査

改良前としての魚類遡上能力は、8月8日～19日に株式会社 建設環境研究所がアマゴとイワナを用いて調査を行った。改良施工後、株式会社 環境アセスメントセンターが10月28日～11月4日にかけて調査を行った。結果を下表に示す。

表：遡上調査結果

	改良前調査	改良後調査	備考
調査日	8月8日～8月19日	10月28日～11月4日	
放流魚種	イワナ、アマゴ 120尾	イワナ90尾、アマゴ90尾	
再捕獲率	8尾 6.7%	24尾 13.3%	
遡上個体	0尾	イワナ1尾（10月31日） イワナ2尾（11月4日）	11月4日の1個体は、10月31日の再確認個体
常水路内個体	0尾	イワナ5尾（10月31日） イワナ2尾（11月4日）	

12-6. 改良の評価と修正改良の方向性

遡上調査では、改良前の0尾から比較し、遡上中の7尾を含め9尾の遡上個体が確認された。これは、改良の方向性が間違っていなかったことを示唆している。

遡上中7尾のスムーズな遡上性能を確保するため、常水路内の転石ステップ直下流にある流れの速い区間の改善を目標にする。転石下流部の形状を現在のスロープ状からもう少しコンクリート部を削り、流れの速い部分の短縮を図る。この改良は平成21年3月に実施した。

施工性は比較的良好。作業にあたっては、河床土では透水性が高いため、上流部の締切り土が必要。大型土のうと併用が望ましい。床固工本体コンクリートに影響の内容、慎重にブレーカで転石とコンクリートを破碎しながら常水路ステップ、側方の転石を割り進める。締切り撤去時には、一気に撤去するのではなく、大型土のうの一部を外して通水性能を確認すると良い。



改良施工前



仮締切り



ブレーカによるステップの撤去



プール内の清掃



隔壁のやり換え



通水確認

12-6. 出水による被害

平成 21 年 3 月 14 日の出水は、まとまった降雨（約 70mm）と暖かい気温による融雪で、太田切川に季節はずれの増水があった。工事施工中の帯工工事では仮締切りを破壊し、他の工事でも一時的な越水が見られた。第一次改良後の太田切 11 号床固工常水路を再改良のために締め切ると、ステップの転石が 2 箇所はずれ、2 箇所のプールの底は摩耗で穴が空いていた。

これは、ステップの転石が群ではなく独立しているために衝撃が当たりやすくなっていることと、ステップからプールへの落差が増えたために衝撃力と摩耗速度が増したためと考えられる。今後の改良に当たっては、次のような対策が必要と考えられる。

- 1) 床固本体工の上流部は触らない
- 2) プール底面に小転石を張るなど、耐摩耗性を確保する
- 3) プール底面を一度壊し、コンクリートを増打するなど、十分な摩耗厚を確保する

新規設置での設計についても、十分な摩耗厚を確保できるよう、設計を行なう必要がある。

既設常水路工を本スタンダードで改良する場合、コンクリートを打つ時に浸透水や湧水により打設が困難なケースが考えられる。このことを考慮して施工計画を立案する必要がある。

A. 改訂履歴

- | | |
|-------------------|--|
| 平成 21 年 5 月 17 日 | 初版のリリース |
| 平成 21 年 12 月 25 日 | 常水路ステップの石について、かみ合わせ重視を記載。
二次的ステップの配置を記載。
常水路下流淵での渦流発生について記載。 |