

## 4. 魚類相保全に向けた農業水路の改善事例

本章では、スコアが1～2と評価が低い水路区間の魚類生息環境の改善を目指した事例を紹介する。魚類の移動ネットワークに断点がある場合には、断点の解消方法として4-1. ネットワーク断点の簡便な修復事例や解消方法、を参照してほしい。幹線、支線、末端の各水路タイプ別に事例を紹介している。また、水路中に断点がなかったり断点が解消されてもスコアが低い場合には、4-2. 水路内の生息環境の簡便な修復事例や解消方法、を参考に魚が棲みやすい水路に改善してほしい。さらに、水害等で被災した水路や劣化した水路を自らの直営施工で修復する場合についても、4-3. 被災・劣化水路における生態系配慮の修復事例、を紹介した。

なお、水路に生息する魚類は、12～16ページで述べた要因のほか、水質などの影響をうけることがある。ネットワーク断点や生息環境の修復や解消を行っても魚類の種構成や個体数に変化がみられない場合には、その他の影響について専門家等に相談するとよい。

### 4-1. ネットワーク断点の簡便な修復事例や解消方法

#### ① 幹線排水路での修復事例 ～粗石付き斜路型魚道

(主な対象水路 **幹線排水路** **幹線用水路** )

既存の幹線水路については落差工を取り壊し新たに移動障害とならないタイプの落差工を造成することは困難である。なぜなら断点修復を目的とした事業化が難しいこと、直営施工等で対応するには工事費が高すぎるためである。

このような中、流路方向に傾斜をつけてコンクリートを打設し、表面に石を埋め込む「粗石付き斜路式魚道」は、水路を取り壊さずに施工できるため、既設水路の落差工解消に適した工法と考えられる。農業水路で本工法が施工された例を挙げると、栃木県の鬼怒川水系では水域ネットワークの断点を修復するために粗石付き斜路式魚道が造成され、魚類の遡上効果が検証されている。以下に、施工された魚道の構造およびその効果について紹介する。

粗石付き斜路式魚道（以下、魚道という）は、鬼怒川の佐貫頭首工（栃木県塩谷町）から流下する、市の堀幹線用水路のほぼ中流、芳賀町の放流工を兼ねたコンクリート三面張り水路（水路幅=3m）の落差工（県営圃場整備事業で整備）に設置された。この魚道を含む複数の排水路において、魚類の遡上調査が2011年、関東農政局資源課（現農村環境課）が実施した「環境配慮施設の効果的な配置手法確立調査」に合わせて行われた。

図4-1に施工前の落差工と施工後のコンクリート本体工の構造を示す。魚道の横断面には、小流量時にも水深を確保することを目的として、左岸に向かって傾斜がつけられている。縦断方向の傾斜は左岸で1/24、右岸で1/20、横断方向の傾斜は上流クレスト部で1/20、下流のエンド部で1/30である。

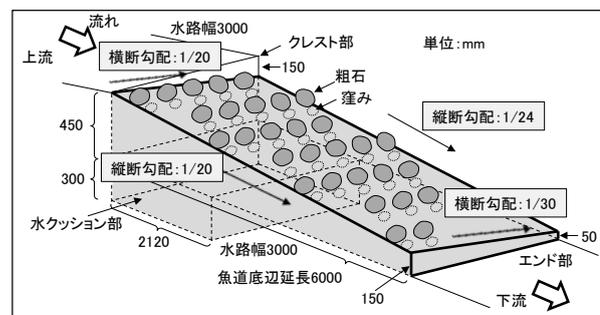


図4-1 粗石付き斜路式魚道の構造

魚類を遡上させやすくするには、水の流れを減勢する粗石によって水面が堰上げられ、流水方向に水深のある連続した階段状の水面が形成される必要がある。このためには、（粗石の幅/水路幅）を60%程度にする必要がある。このため直径30～40cmの粗石を5個ずつ、千鳥状に7列配置した。



図4-2 粗石付き斜路式魚道の概観



図4-3 粗石付近の流れの状況

粗石の埋め込み深さは15～20cmである。横断方向に傾斜を付けたことから、左岸エンド部付近は粗石の基盤となるコンクリート厚が薄くなり、下流二列では十分な埋め込み深さが確保できなかったため、右岸側のみ2～3個を配置した。縦断方向の粗石の間隔は80～120cmである。粗石の直下流を一部深くすることは魚の休息域を確保する有効な手段であることから、粗石下流側に10cm程度の窪みを設けた。竣工後の概観を図4-2に示す。

粗石付近の流れを図4-3に示す。石と石の間隙の上流側で水深が大きく流速は小さく、間隙の下流側では射流となり、石にぶつかって階段状の水面が形成されていた。平常時は水面が玉石を乗り越える箇所はほとんどみられなかった。

採捕調査ではドジョウ、タモロコ、オイカワ、カワムツ、フナ類、ギバチ、シマドジョウ類、ウグイが採捕された。遡上個体数は全部で445尾だった。50尾以上採捕されたのはドジョウ（310尾）、タモロコ（52尾）およびオイカワ（52尾）で、この3種が全体の93.0%を占めた。採捕日ごとの採捕個体数データを図4-4に示した。

なお、調査期間中、流量と遡上量が他の日に比べて著しく少なく、流速が明らかに遅い日が延べ3日間あった。この時の基準水深は9cm（1日間）および9.1cm（2日間）であった。

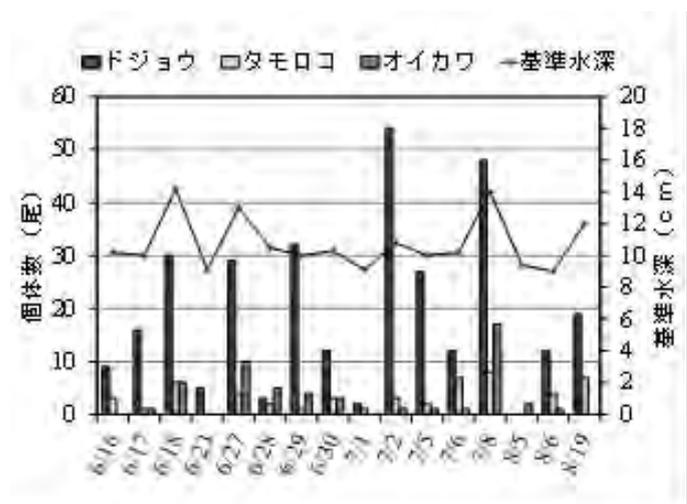


図4-4 魚類の遡上状況

粗石付き斜路式魚道で生じる失敗の多くは、勾配が急で粗石によって流速を抑えることに失敗し、魚の選好流速や突進力を越えてしまうことによる。本魚道（図4-1）では前述の階段状の水面形が形成され、粗石間の上流部に流速が小さく水深が大きな部分が創出された。図4-5は粗石の間隔が広いため水深が大きな部分が創出されていない。この例は粗石が小さく、数も少ないため、（粗石の幅/水路幅）が 0.6 より大幅に下回っている。



図4-5 減勢が不十分な例

また粗石が水面下に没すると流速はあまり減勢しないため、魚類は遡上しにくい。本魚道では高水時以外は粗石が水面下に没することはなく、減勢に成功している。

② 支線排水路での修復事例 ～玉石やベニヤ板を用いた落差工解消  
（支線排水路 末端排水路）

末端から支線排水路（幅が 300 ～ 1,000 mm 程度のU字溝、柵渠など）に生じている 40 ～ 50 cm 程度の落差工に人力で設置可能な玉石とベニヤ板を材料とした断点修復工を紹介する。ベニヤ板を堰板として玉石の間に挟み、ピットを設けることにより、ピット間の落差を小さくするとともに、越流水深を確保した（図4-6）。流況は、上記で紹介した粗石付斜路型魚道の流況に似ており、遡上実験ではオイカワの遡上を確認している。

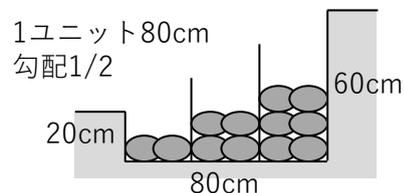


図4-6 ベニヤ板とグリ石を利用した落差解消工

また、流況の変化が激しい水路では、流況に応じて設置および取り外しが簡易となるように、玉石を使わずにベニヤ板で製作したユニットを連結することによって勾配を解消できる（図4-7）。ユニット化によって、施工しやすさに加えて、現地への運搬も容易となった。さらに落差工に応じて現地で魚道の勾配を調整するため、魚道 1 ユニットの延長を 50 cm ～ 80 cm、勾配を1/2から1/5程度まで対応可能とした。落差が大きい場合には複数のユニットを連結させることによって対処する。ま

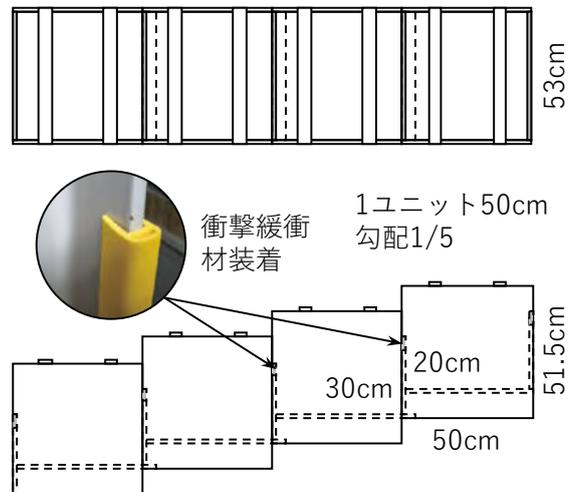


図4-7 ベニヤ板のみの落差解消工例



図4-8 落差工解消対照の支線排水路

た、直角の隔壁天端が水の剥離を起こす現象を防ぐために、市販の衝撃緩衝材を装着し、隔壁天端の面取りを行っている。このベニヤ板のユニットボックスを実際の支線排水路（落差工の高さ 55 cm、平水時における水深は 15 cm、水位差は 40 cm）に設置した（図4-8）。施工は台風シーズンなどが過ぎ、流況が安定する11月とした。設置作業（ユニット連結、ブロック敷設による高さ調整、ロープによる魚道固定等）は二人で約半日ほどである（図4-9）。設置時の水路の水深は 20 cm（水位差は 35 cm）、各魚道ユニットの水深は 25 cm となり、非灌漑期に関してはユニットの水深は安定して推移した。



図4-9 施工の様子と施工後の状況

### ③ 末端排水路と水田間の断点解消事例

圃場整備事業などで用排分離された水路、あるいは暗渠排水の施工時に、水田と排水の間の水域ネットワークは分断される。従来、魚類は用排兼用水路と水田の間を自由に行き来し水田を繁殖、成長の場として利用していたが（図4-10上）、用排分離後は魚類が末端排水路から水田に遡上することはほとんど不可能となる（図4-10下）。また排水改良のためにしばしば用いられる暗渠は、排水効果を確保するために排水路との水位差を一定以上に保つように施工される、これが水域ネットワークの断点となり水田への魚類の遡上を阻害することになる。

この末端排水路と水田間に生じた断点を解消するために開発されたのが水田魚道である。水田魚道には、水田と排水路を直接つなげる水田直結型と排水路を上下二段に分離した二段式排水路型、一時的に水位を堰上げる水路堰上げ型とに大別される。水田直結型の水田魚道には、鈴木ら（2000）が開発した千鳥X型と称する魚道内に隔壁を千鳥上に配置

したものなどが提案されている。千鳥X型の利点としては、隔壁により小流量でも越流水深が確保され、多くの魚種の遡上が期待されることなどが挙げられる。他にもさまざまなタイプの水田魚道が設置されており、その種類と特徴は、農林水産省から「水田魚道づくりのすすめ」としてまとめられている。以下のサイトからダウンロードできるので、ぜひ参考にしてほしい

([http://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyoo/kankyoo\\_hozen/attach/pdf/index-7.pdf#search=%27%E6%B0%B4%E7%94%B0%E9%AD%9A%E9%81%93%27](http://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyoo/kankyoo_hozen/attach/pdf/index-7.pdf#search=%27%E6%B0%B4%E7%94%B0%E9%AD%9A%E9%81%93%27))。

これらの水田魚道は、農業農村整備事業施工時だけではなく既往地区においても簡単に後付けで施工でき、しかも安価だという特徴がある。森ら（2016）は千鳥X型の魚道を設置した水田と設置していない水田において水田魚道の効果を検討し、落水時における魚道区からのドジョウの降下数が対照区の約9倍、両区の面積比を乗じれば約13倍に達し、水田魚道の効果が大きいことを明らかにしている。

水田魚道の効果は、農家の水管理に負うところが大きい。特に堰における越流水深は魚類の遡上数を大きく左右する。ドジョウやメダカ、モツゴ等の体高の低い魚は1～2cmの越流水深（堰を越える部分の水深）が適当であり、水面が堰板の幅の2/3程度となるように水量を調整すると遡上に適した水深が得られる。



図4-10 用排兼用水路（上）  
と用排分離された排水路（下）

## 4-2. 水路内の生息環境の簡便な修復事例や解消方法

### ① 生態系の遷移による生息環境の改善（主な対象水路：幹線排水路 支線排水路）

一般的に水路に成立していた生態系が農業農村整備事業などでいったんリセットされたのち、魚類の生息環境としてどのように変化するかを推測することは難しい。底質がコンクリートのままの状態が続く水路は、竣工後一定以上の時間が経過しても土砂の堆積とこれが促進する生態系の遷移が起こりにくいと考えられる。農業排水路の目的は農地や後背地からの排水を速やかに排水することであり、計画通水量は水田等の農地や流域の山林の面積をもとに計算されている。このため土砂の堆積は通常、水路の本来機能を損なうものである。

一方、コンクリート水路に土砂が堆積すれば植物群落の生育などを通じて生息環境としての質の向上につながることも多く、土砂の堆積は生態系の修復を図るうえで重要な因子となる。土砂が一定以上堆積しないようにすることができれば、余裕高の範囲内で水路の安全性を確保できる。土砂の堆積が見られる排水路では、排水路の機能を損ねない程度に土砂の堆積を許容し、生態系の遷移による魚類生息環境の改善を期待することができる。

例えば、図4-11は岩手県の農地再編整備事業いさわ南部地区の幹線排水路である原川の二面張り区間である。土砂が適度に堆積し、植物群落の生育を促している様子がわかる。この区間ではギバチを含む多様な魚類が再生産されていることが確認されている。3-1③で示したようにタイムラプスカメラや水位計等を設置し流況を観測することにより、年間を通じた流況の変化はある程度把握できるので、土砂の堆積をどの程度まで許容できるか、地元との話し合いを通じて慎重に合意形成を進めていくことが肝要である。



図 4-11 土砂の堆積により遷移が進んだ幹線排水路

② コンクリート三面張水路におけるバープ工法（主な対象水路：幹線排水路 支線排水路）

生息環境を簡便に修復する方法としてバープ工法がある。これは、河岸から短い水制工を設置し、上流から供給される土砂を貯めるものである。このことで寄り洲が形成され、生態系の遷移が促進される。

農業排水路においてもバープ工法を適用することにより、生態系の修復が期待できる。図4-12は上述の原川においてコンクリートの水制工を設置した後の状況を示している。バープ工法の上流側に土砂が堆積しているのがわかる。図4-13はその上流側に設置したバープ工の堆積状況を水中で撮影したものである。上流から運ばれてきた粗石に藻類が付着している。これは水生昆虫の生息場として機能しており、トビケラやユスリカなどを確認できた。これらは魚類の餌として重要な生物である。

このような土砂の堆積を促進させる工法は、河積断面の阻害が懸念される。図4-14のように水路壁とバープ工法の間隙を作り、隙間を土嚢で塞いで土砂の堆積状況を観察し、堆積する速度が速いようであれば土嚢を撤去して堆積量をコントロールする方法が有効と考えられる。



図 4-12 幹線水路内に設置された  
コンクリート水利工



図 4-13 バープ工法上流側の堆積状況



図 4-14 水路壁とバープ工法の間隙に設置された土嚢（左）と堆積土砂の状況（右）

### 4-3. 被災・劣化水路における生態系配慮の修復事例

#### ① 二面張り柵渠水路の改修時における生態系配慮の事例

関東地方のS地区の排水路では、二面張り柵渠における土壌流出が深刻化している。これは、施工時の設計基準上板柵の打ち込み深度が河床面と同等程度となっていたためであり、水路の経年劣化により河床が洗掘された結果、板柵の下より土壌が流出する事態となった。こうした箇所は水利施設としての機能が損なわれるのに加え、水路法面の草刈時等に足場が不安定となり水路に落ちる危険性があった。

そこで同地区では、土壌流出箇所を多面的機能支払交付金により直営施工にて改修を行った。さらに、改修に際して生態系に配慮した工法を用いた。それは、土壌流出部を利用し、魚類など水生生物の生息空間を創出するものである（図4-16）。



図 4-15 土壌流出をおこし水路法面が崩壊した二面張り柵渠水路

#### 1) 生態系配慮工法 1

土壌流出部を埋め戻す際、板柵の下段を撤去し、ベンチフリュームが設置できるスペースを確保する（図4-17）。ベンチフリュームは柵渠の長さに合わせてカットし、横倒しの形で設置する（図4-18）。カットしたベンチフリュームの端材でベンチフリュームの両端を土留めして完成した（図4-19）。これにより、水路壁面に水生生物の生息空間が確保され、魚巢ブロックと同様の役割を持たせることができる。

#### 2) 生態系配慮工法 2

土壌流出部を埋め戻す際、板柵を片岸の1区画分撤去し、玉石による空石積みとする。ただし、空石積みによる強度不足を補うため、空石積みの背面に、撤去した板柵を設置し、強度を維持することとした。従って、万が一空石積みが崩壊した場合でも、水路の強度は従前と同じとなる。これにより、水路壁面に水生生物の生息空間が確保されるとともに、景観にも配慮した構造となる（図4-20）。

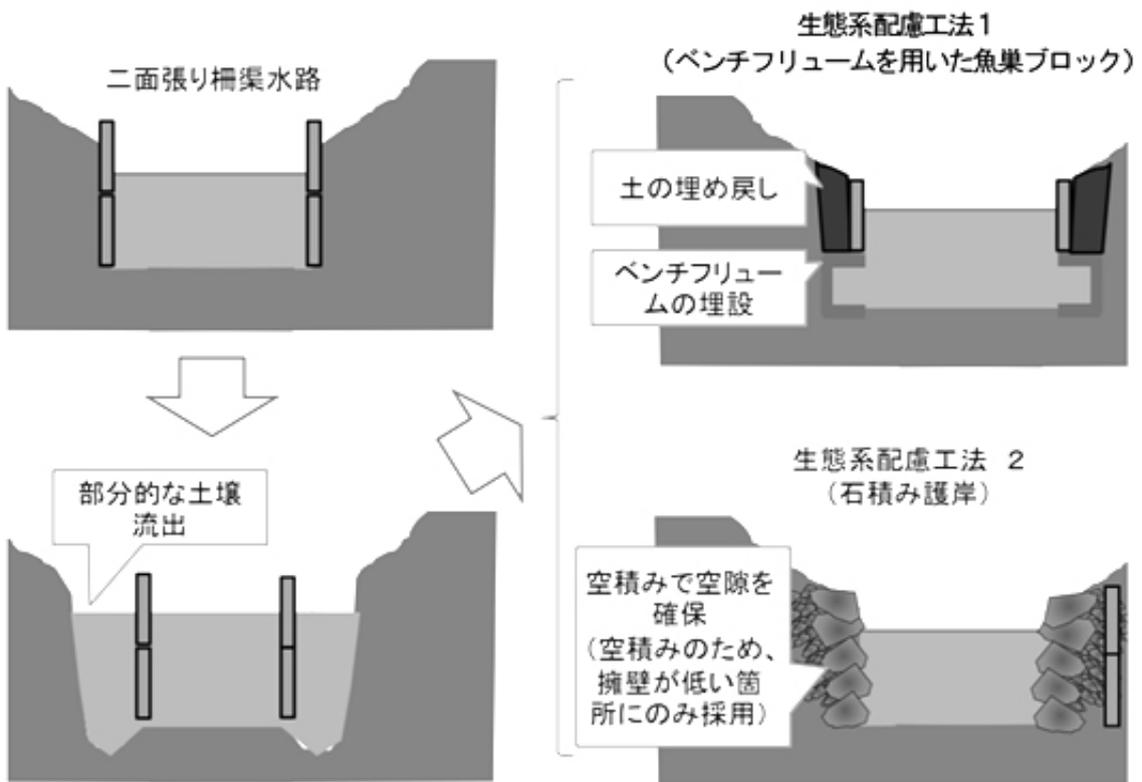


図 4-16 二面張り柵渠の土壌流出に対応した生態系配慮工法 1 および 2 の概念図



図 4-17 ベンチフリューム設置場所の掘削



図 4-18 ベンチフリュームの設置



図 4-19 生態系配慮工法 1 完成状況



図 4-20 生態系配慮工法 2 完成状況

## ② 間伐材を利用した護岸工事の事例

青森県上北郡七戸町の七戸川水系の用排水路（水路幅約 2 m）では、台風による増水で被災した区間（延長 10 m）に現場付近の林地から伐採した間伐材を用いて杭柵工を施工した。計画から施工までの手順は、以下のとおりである。なお、本施工現場の周辺すべての農地は耕作放棄地であった。また、施工する際には管轄行政の許可を得たことを付記する。

### 1) 山主との打合せ

山主との打合せと対象林地での踏査によって、林齢の確認および伐採から丸太持ち出しまで算段する。打合せは、山主と齟齬があるといけないので、対象林地で行えるとよい。杭に使用する丸太は、 $\phi 10$  cm を超えると人力では打ちづらくなる。間伐材から製材可能な丸太を得るのに丁度よいものを選び、林業テープで印をつけると伐採時に効率がよい。

杭材に適しているのは、なるべく真っ直ぐであり、太さが急に变化していないものがよい。対象林地の全体を間伐するわけではないが、山主の管理意向に沿って、間伐してほしい範囲を中心に伐採する（図4-19）。



図 4-19 対象林地での打合わせ

### 2) 被災現場の確認と簡易測量

被災現場では、杭を打ち込む地盤が最も低い場所から護岸しようとする高さまでの直高を計測する。また、被災現場の延長を計測する。これらの計測は、杭柵工を行う際の丸太の本数割り出しを行うためにも必要である。さらに、被災現場付近に切り出した丸太を置くためのヤードの有無や被災現場の植生を確認し、将来、杭柵状でも成立するかどうか検討することも重要である（図4-20～22）。



図 4-20 被災現場の確認



図 4-21 被災現場の確認 その 2



図 4-22 被災現場での簡易測量

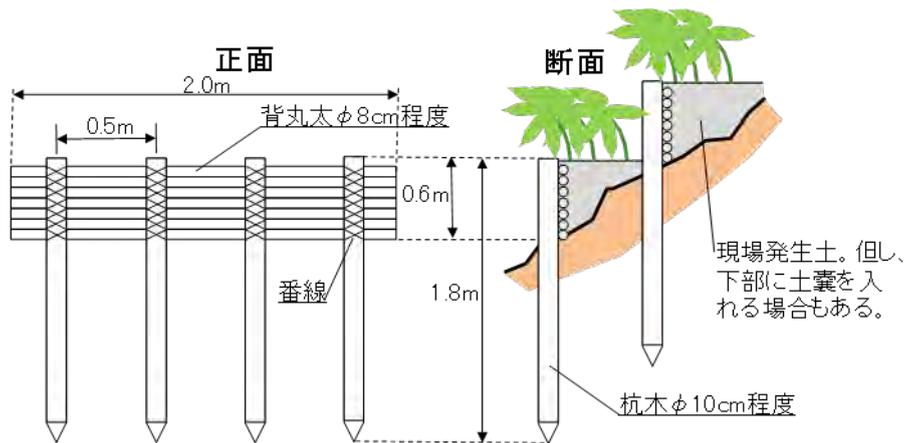


図 4-23 杭柵工の設計概念図

### 3) 簡易設計

簡易設計では、施工で用いる杭木および背丸太の切り出し本数をおおよそ把握することが主目的である。本施工では、土圧を考慮して杭木（ $\phi 10\text{ cm}$ ）を 1.8 m とし、全長の2/3を打ち込むこととした。また施工区間がほぼ直線であったことから、背丸太を 2 m とした。杭木の後に背丸太（ $\phi 8\text{ cm}$ ）を設置し、番線で結束することとした。背面には、現場発生土をそのまま入れるには容量が大きかったことから、強度と効率を考慮し、下部には現場発生土を投入した土嚢を配置することとした。イメージは、図4-23のとおりである。

### 4) 試験杭の作成と試し打ち

せっかく杭を揃えても、打ち込めなければ施工できないので、1本ないし数本作成し、試験することが望ましい（図4-24～27）。杭先は、丸太の上部（細い方）に設け、太い方をカケヤで打ち込めるようにする。杭先は、チェーンソーで尖らせる。被災現場では、杭を打ち込む区間に大きな巨礫がないかなど、打ち込む地盤を確認しておくといよい。



図 4-24 試験杭用の丸太切り出し



図 4-25 試験杭の作成



図 4-26 試験杭の完成 (φ10cm、L=1.8m)



図 4-27 試し打ち

#### 5) 間伐および杭の製作

複数人が林地内で作業をしているので、大声を掛け合いながら安全第一で行う。チェーンソーを使用すると大声でも聞こえないことがあり、「ホウ！ホウ！」と裏声で大きく声かけすると気づきやすい。ヘルメット、保護衣、手袋、保護眼鏡等の防護具の着衣・使用が必要である。樹木の伐採については、チェーンソーによる伐採等作業の安全に関するガイドライン

(<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudouki-junkyokuanzenseiseibu/0000149342.pdf>) に準じて行うことが求められる (図4-28～31)。

杭木や背丸太の径がφ10 cm、φ8 cm にぴったり合わなくても、杭木と杭木との間のピッチを0.5 m あけているので、おおよその径で構わない。細すぎる場合は、杭木としての使用をな



図 4-28 切り出し丸太の枝落とし



図 4-29 間伐作業風景



図 4-30 杭の製作



図 4-31 杭の積み込み

るべく避けるようにした。但し、細い杭木は、地盤に打ち込みにくい箇所を使うと打ち込むことができるので、そのような時に活用できる。杭木や背丸太が準備できたら、ストックヤードまで運搬する（図4-31）。

#### 6) 運搬とストックヤードでの据置

伐採する林地と被災現場が離れている場合は、運搬作業が生じる（図4-32）。移動途中に傾斜がある場合は、運転に十分注意しなければならない。ストックヤードでは丸太が腐敗しないように、また、施工時に杭を運びやすいように、縦に丸太を2本敷設し、その上に直角に据置きするとよい（図4-33）。



図 4-32 杭の運搬



図 4-33 スtockヤードでの据置

#### 7) 本施工

カケヤで杭木を打ち込む際には、事故がないよう安全に十分注意する。カケヤの打ち手は、疲労がないうちに交代しながら打ち込むと継続作業しやすい（図4-34）。結束では、番線縛りで行い（図4-35、36）、カケヤで打ち込んだ杭木や背丸太を少したたきながら隙間がないように調整する（図4-36）。杭柵の背面には、下部に土嚢を2段積み、人力タコを用いて、念入りに締め固めた（図4-37）。施工前後で比べると被災区間がほぼ護岸された（図4-38、39）。この数日後の降雨による増水後も大きな影響は確認されなかった。



図 4-34 杭打ち



図 4-35 結束



図 4-36 結束 その 2



図 4-37 土嚢の締め



図 4-38 施工前



図 4-39 施工後

以上、10 m の施工延長に対して施工完了まで材料準備等の日数を含めて、延べ 6 日間で完了した。購入した主な資材は番線や土嚢袋のみであった（表4-1）。最も人数を要したのは、施工時の 2 日間であった。このうち、専門的な作業は、番線による結束であった。杭柵工で最も労力を要したのは杭打ちであった。杭の径は、 $\phi 10$  cm を越えると地盤に対して極めて打ちづらかった。本施工を通じて労力や必要資材量が整理されたことは、地域で意欲のある住民が地元的生活・生態環境を保全するために活用できるモデルとして意義があったと考えられる。

中山間地域の典型的な地形である谷津内の農業水路は、水田の不耕作に伴って管理されないことが多い。一方で、山林等に近く護岸工事に利用できる資材が豊かであるため、多面的機能支払交付金事業等を活用した意欲ある地域住民による地域や被災現場に適した補修事例が増えるよう期待したい。なお、どのくらい時間が経過すると周辺植生と一体化するのか、その後の魚類など水生生物の生息分布に影響を与えるような環境構造が形成されるのかは、地域ごとに異なってくる。

表 4-1 実験施工に用いた工具、資材および作業ごと  
にかけた日数

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用材料、伐採具等： <ul style="list-style-type: none"> <li>混合油（チェーンソー用；4L）、チェーンソー（2台）</li> <li>切り出した丸太：<math>\Phi 8\text{cm} \times 2.0\text{m}</math> 50本、<math>\Phi 10\text{cm} \times 1.8\text{m}</math> 60本</li> </ul> </li> <li>・購入資材：番線<math>3.2\text{mm} \times 45\text{m}</math>、2セット）、土嚢袋</li> <li>・工具：人カタコ（1つ：締め用）、木槌、シノー（3つ：結束用）、梯子</li> <li>・施工完了までにかかった日数および人数： <ul style="list-style-type: none"> <li>現地打合せ、計画立案：半日（1名） ※地権者を含めず。</li> <li>杭の切り出しおよび現地までの運搬 2日（1日目；5名、2日目；3名）</li> <li>杭柵工の施工日数：2日（1日目；16名）、2日目；14名）</li> </ul> </li> </ul> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|