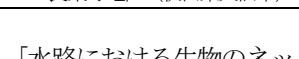
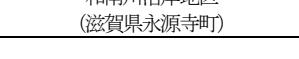


ネットワークの種類	ネットワークにおける役割	環境配慮工法の目的	工法の種類		工法の概要		工法選定に当たっての留意点
水路と水田における生物のネットワーク（主に魚類等）	生息・生育環境の確保	・産卵等、生息・生育環境となるような施設等の確保	表土（畦畔、法面等）	畦畔、法面等における表土の利用	 増田地区（兵庫県三木市）	植物の種子や根茎等が含まれた畦畔、法面等の表土をはぎ取り、整備後に利用するもの	<ul style="list-style-type: none"> 在来植物が生育している表土を利用 表土に外来植物の種子が混入しないように注意 表土の仮置きの場所が必要 畦畔、法面等の適度な草刈りが必要
水田、水路等と樹林地における生物のネットワーク（主に両生類）	移動経路の確保	・横断できるように「障害の修正」	蓋掛け	コンクリート、木材等	 西鬼怒川地区（栃木県河内町）	両生類等の生物の移動経路を確保するため、水路上部に蓋をかけたもの	<ul style="list-style-type: none"> 水路上部を営農等のため、人や農業機械等が横断する可能性がある区間は、コンクリート等強度のある材料を使用 対策区間の選定には対象生物の生息状況を十分把握しておくことが必要 木材を利用する場合、朽ちて危険となるため定期的に更新が必要
			迂回路	トンネル、橋梁	 いさわ南部地区（岩手県奥州市）	生物の移動経路を確保するため、トンネル（または橋梁）を設けたもの	<ul style="list-style-type: none"> 対策区間の選定には対象生物の生息状況を十分把握 対象生物が横断できるような規模を設定 トンネル等が見つけやすいように誘導する施設（植樹等）が必要
			防護柵	ネット等	 荒川南部地区（栃木県那須烏山市）	小動物が水路等に落下しないようネットを設置したもの。（左の写真は、動物を誘導するための移動経路を確保するためのネットとあわせて使用された事例）	<ul style="list-style-type: none"> 対策区間の選定には対象生物の生息状況を十分把握しておくことが必要 ネットであるため、重量の重い動物は不適 簡易であるため直営で施工可能

ネットワークの種類	ネットワークにおける役割	環境配慮工法の目的	工法の種類		工法の概要	工法選定に当たっての留意点
水田、水路等と樹林地における生物のネットワーク（主に両生類）	移動経路の確保	<ul style="list-style-type: none"> 登坂できるような「勾配の緩和」、「滑りにくい壁面の確保」 	緩傾斜護岸	自然石系	 長楽寺地区（秋田県大仙市）	<ul style="list-style-type: none"> 水路の護岸を自然石等による緩傾斜護岸で樹林地へのカエル類等の移動経路を確保したもの。自然石以外に布団かご、木系（粗朶柵工等）等の工法あり 現地材料が適用できる場合が適当 できない場合は、二次製品等を活用 自然石は大小を組み合わせてなるべく空隙ができるよう配置
					 「水路における生物のネットワーク（主に魚類）」の「生息・生育環境の確保」を参照（p. 62）	
			壁面	スロープ、ワンド	 会津宮川二期地区（福島県会津美里町）	<ul style="list-style-type: none"> 側溝に動物が落下した場合に這い上がられるようにスロープの設置や自然石を積んだもの 効果を発揮させるためには延長距離を長くするともに、移動経路を確保するためには這い上がり先は両側に設置する必要 水の流れがある場合に生物をワンドに辿り着きやすくするため、流れの変化や流速を遅くする等の工夫が必要 対象生物の生活史を考慮の上、適当な場所に設置 新たに構造物を設置せず現況の山際の地形の利用も検討
					 和南川沿岸地区（滋賀県永源寺町）	
生息・生育環境の確保		<ul style="list-style-type: none"> 隠れ場となるような「空隙の確保」 産卵場となるような「底質や植生の確保」 	護岸	自然石系	 「水路における生物のネットワーク（主に魚類）」の「生息・生育環境の確保」を参照（p. 62）	

ネットワークの種類	ネットワークにおける役割	環境配慮工法の目的	工法の種類	工法の概要	工法選定に当たっての留意点	
ため池周辺における生物のネットワーク (主に魚類、両生類、昆虫類)	移動経路の確保 生息環境の確保・保全	<ul style="list-style-type: none"> ・生息・生育環境となるような「多様な水深の確保」 ・産卵等、生息環境となるような「多様な植生の確保」 ・隠れ場となるような「空隙の確保」 ・産卵場となるような「底質や植生の確保」 	<p>護岸</p> <p>自然石系</p> <p>断面図 (概略図)</p> <p>複合系</p> <p>断面図 (概略図)</p> <p>かご系</p> <p>断面図 (概略図)</p> <p>木系</p> <p>断面図 (概略図)</p>	 <p>大松川ダム (秋田県山内村)</p> <p></p> <p>千葉県立中央博物館生態園 舟田池 (千葉県千葉市)</p> <p></p> <p>西鬼怒川地区 (栃木県河内町)</p> <p></p> <p>沢堤地区 (岩手県奥州市)</p>	<p>連結金具等で自然石群を強固に締結し固定したもの。自然石間の空隙部の間詰土と背面土が連続し、植物の根も定着しやすく、生物の生息空間を形成</p> <p>既設護岸の前面に土砂や捨石で緩傾斜をつくり、ヨシ等の群落を形成するもの。捨石やヨシ等の植生により、生物の生息空間を形成</p> <p>流入部等流れのある場所に蛇籠により護岸し、捨石や植栽を行うもの。捨石や植生により、生物の生息空間を形成。写真は水路において施工した例</p> <p>木杭と丸太による木柵の護岸工法であり、木柵の間にヨシ等を植栽したもの。木柵間の植生により、生物の生息空間を形成。写真は木材と石を組み合わせたもの</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・皿池等勾配が緩やかなため池で護岸を要し、水際に水草を繁殖させる場合において、地域で自然石が入手可能な場合に適用 <p>・捨石は現地での発生材を利用。盛土には浚渫土を利用</p> <p>・傾斜が緩いほど土や捨石量が多くなり、工事費が増嵩</p> <p>・緩傾斜護岸の範囲・傾斜角は、貯水量を考慮</p> <p>・蛇かごに詰める自然石や木杭に現地での発生材（伐採木や間伐材等）を利用</p> <p>・他の工法と比べて、蛇籠の間のゴミ拾い等の維持管理作業が課題</p> <p>・木杭や丸太は現地での発生材の利用を検討</p> <p>・木柵の補修等が必要</p>

ネットワークの種類	ネットワークにおける役割	環境配慮工法の目的	工法の種類	工法の概要		工法選定に当たっての留意点
ため池周辺における生物のネットワーク (主に魚類、両生類、昆虫類)	移動経路の確保 生息環境の確保・保全	<ul style="list-style-type: none"> ・生息・生育環境となるような「多様な水深の確保」 ・産卵等、生息環境となるような「多様な植生の確保」 ・隠れ場となるような「空隙の確保」 ・産卵場となるような「底質や植生の確保」 	護岸 二次製品系 		擬石や緑化機能を兼ね備えたブロック。擬石ブロック間の空隙部の間詰土と背面土が連続し、植物の根が定着しやすく、生物の生息空間を形成	<ul style="list-style-type: none"> ・皿池等勾配が緩やかなため池の護岸が必要で、水際に水草を繁殖させる場合に適用
水路、農道等の緑地における生物のネットワーク (主に鳥類、昆虫類)	移動経路の確保 生息環境の確保・保全	<ul style="list-style-type: none"> ・隠れ場、産卵場等となるような「植生の確保」 	植生工	植栽	—	<ul style="list-style-type: none"> ・蝶類等、植物を食べる生物を保全対象生物に選定した場合、その餌となる植物を植栽 ・樹木は可能な限り流域内に生育する在来種を選定 ・枝落とし、落葉の除去等の維持管理が必要

5. 1. 3 設計条件の設定

調査結果や環境配慮計画等を踏まえ、保全対象生物のネットワークの保全・形成のための条件、流域・水系等条件、用地条件、資材利用条件、維持管理条件等、個々の現地の条件から設計条件を明らかにする。

【解説】

1. 設計条件の設定の考え方

現地調査や環境配慮計画等を踏まえ、農業の生産基盤等として施設を設計するために必要な基本的な条件（計画用水量、計画排水量、計画水位、用排水系統、計画交通量、幅員等）を考慮し、保全対象生物のネットワークの保全・形成のための条件、流域・水系等条件、用地条件、資材利用条件、維持管理条件等、個々の現地の条件から、設計条件を明らかにする。

設計条件を設定するに当たっては、地元の有識者の指導・助言を得ながら、農家を含む地域住民等に説明し、合意を形成することが重要である。

2. 検討項目の例

(1) 保全対象生物のネットワーク保全・形成のための条件

保全対象生物のネットワークの保全・形成のために適した環境条件（水深、流速、流量、底質、水質、周辺の緑地や水路内の隠れ場などの環境等）を整理し、生物のネットワークに極力影響を与えないような施設構造、施工時期、施工期間、施工範囲等を設定する。

(2) 流域・水系等条件

水路と河川、水路の上下流、水田と水路、水田と樹林地の間を移動する生物の移動経路の阻害や、水路やため池の乾燥や水枯れ、水際の植物や樹林の伐採などによる生物の生息・生育環境の喪失を引き起こさないよう、施設構造、工事の仮設計画、施工方法、施工範囲等を設定する。

(3) 用地条件

水路や農道等の整備に際し、現況の用地幅と比較して施設用地や工事区域を広くする場合や、地形、周辺構造物等により環境配慮工法を導入するための施設用地や工事区域の確保が困難で、導入できる工法が限定される場合等は、用地条件として設定する。

(4) 資材利用条件

地域で採取・利用できる自然材料（石材、間伐材等）や現地発生材（水路底土、表土、ため池の浚渫土、栗石、ブロック等）を環境配慮工法の資材として利用する場合は、種類や資材としての賦存量（利用可能量）等を把握する。

(5) 維持管理条件

市町村や農家を含む地域住民等が維持管理に関与する程度を勘案しつつ、計画段階で設定された維持管理計画に基づき、作業の内容・範囲・頻度等の維持管理条件を設定する。

【参考資料】

【設計条件の検討例】 －保全対象生物ゲンジボタルの検討例－

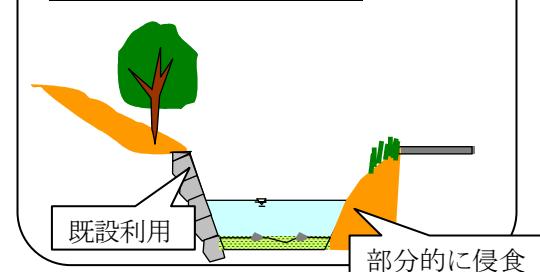
【水路の状況と基本的な条件】

- 水路の左岸はブロック積み、右岸は土羽で侵食により一部崩壊。水路底は砂利。
- 水路の右岸側を改修する計画
- 計画流量 $Q1=0.3\text{m}^3/\text{s}$ $Q2=0.2\text{m}^3/\text{s}$
 $Q1$: 代掻き期最大 $Q2$: 普通期最大

【保全対象生物】

ゲンジボタル

【現況水路のイメージ】



【個々の現地の条件】

○ホタルが生息するための条件

- ・ホタル幼虫、餌となるカワニナが生息するため年間を通じた水の確保
- ・幼虫の蛹化の場（土羽）とホタルの産卵の場（コケ）
- ・幼虫が蛹化のため土羽まで登れるような水路斜面
- ・カワニナの生息の場（土砂）、幼虫の隠れ場（石）
- ・ホタル成虫の休息場や繁殖の場として水路沿いの草木

○水路の流域・水系等条件

- ・かんがい期は、揚水機場により取水している期間以外は水路には溪流水が流れるのみ

○用地条件

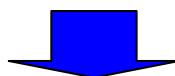
- ・水路の右岸側に道路、左岸側は山際であるなど水路敷幅に制限がある区間有

○資材利用条件

- ・地域で利用できる材料として間伐材や自然石が潤沢

○維持管理条件

- ・地域ではホタルの保護活動を行っており、草刈りがしやすい構造や水路内の観察のために水路に安全に降りるための構造



個々の現地の条件より環境配慮工法の設計条件を設定する。

【設計条件】

- ・土羽の法面、コケが繁茂する壁面の材料を使用
- ・ホタル幼虫が登れる粗く勾配のある壁面を使用
- ・水路底の材料（砂）と自然石を配置
- ・一定の水位が確保できる部分を設置
- ・水路沿いに草木を植栽
- ・管理のための階段を設置 等

5. 1. 4 環境配慮工法の決定

設計条件から整備対象となる施設の機能性、安全性、経済性、施工性、維持管理作業性等を考慮し、総合的な検討を行い、環境配慮工法を決定する。

工法の検討に当たっては、当該施設だけではなく、周辺環境も考慮することが必要である。

【解説】

1. 環境配慮工法の決定の考え方

地区事例における創意点、工夫点、考え方や文献等を参考にしながら、選定した複数案のうち、機能性、安全性、経済性、施工性、維持管理作業性等を考慮し、環境配慮工法を決定する。

2. 環境配慮工法の決定するに当たっての留意事項

(1) 工法の組み合わせ

複数の工法の組み合わせも検討し工法を決定する。例えば、水路の横断面では右岸、左岸と異なった工法を組み合わせ、水路にワンドを部分的に設置すること等により、流れの変化や断面の変化等をつけて多様な環境を創出することが可能となる。

(2) 周辺の環境の考慮

工法を検討する施設だけではなく、例えば、水路の水際の植物、農道沿いの樹林帯、ため池周辺の緑地等が、生物の生息・生育環境や移動経路として利用できるように、施設に附帯する周辺の緑地等も考慮し工法を決定する。

(3) 多様な分野の有識者等による検討

工法の選定に当たり、事業主体は協議会の場などを通じ、専門家や地域の有識者、農家、土地改良区だけでなく、施設の利用や維持管理に参加する可能性のある地域住民やNPO等を含め、様々な主体から意見を聞き検討を行う。

【参考資料】

[環境配慮工法の検討表 (例)]

工 法	① 【木材】	② 【布団カゴ】	③ 【ブロック積 (ポーラス)】	④ 【石積】	⑤ 【複合(生態系 保全型水路)】
標準断面図 (イメージ)					
設計条件	<ul style="list-style-type: none"> 左岸は既設ブロック積を存置 (構造上支障なし) 右岸は蛹化のための土羽の法面、産卵のためのコケが繁茂する壁面の材料を使用 壁面はホタル幼虫が登れるように緩い勾配 水路底の材料 (砂) と自然石の配置 一定の水位が確保できる部分を設置 水路沿いに草木を植栽 管理のための階段を設置 等 				・水路本体の上部に土砂を投入した小さな水路を設置することで左記条件に対応
農業生産上 の機能への 影響	農業用水の送水上の課題なし 法面侵食を防止するための工法を採用するため特段問題なし				
保全対象生 物 (ゲンジ ボタル) へ の影響	○	○	○	◎	◎ 水路上部を生 息環境とし て利用
事業完了後 の維持管理	○ 現状より軽減 (定期的な木材 の補修が必要)	○ 現状より軽減 (針金が切れた 場合の草刈り が課題)	◎ 現状より 軽減	◎ 現状より 軽減	◎ 現状より 軽減
施工性 (直 営施工の可 能性)	○	×	×	○	×
経済性 (維 持管理費も 含む)	△	△	○	○	△
概算 工事費	○○円／m	○○円／m	○○円／m	○○円／m	○○／m
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 保全対象生物のゲンジボタルがネットワークを保全・形成するため、工法④の空石積みの工法を採用し、部分的に改修 (ミティゲーション: 最小化、低減) 余剰地があるところは生物へ配慮するため自然石を乱積み (ミティゲーション: 最小化、低減) 冬場の水が少ない時期に水深を確保するため水路底に溝を設置。右岸側の土羽に木を植栽 (ミティゲーション: 修正) 				
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> 工事実施前にホタル幼虫を採取・移植し、工事後に戻す (ミティゲーション: 軽減・除去) 				

5. 1. 5 工法等詳細設計（ネットワーク毎の設計の考え方）

ネットワークの保全・形成における役割と保全対象生物の生息・生育条件等から設定した設計条件等をもとに詳細設計を行う。

【解説】

本指針では、ネットワークの代表例について、設計の考え方を示すが、実際の設計に当たっては、本指針を参考の上、現地の条件を考慮する。

また、水理設計や構造設計は、設計基準等に則して行う。さらに、設計は実際の仮設計画や施工を想定して行うとともに、設計により得られた施工上の留意点等を施工指針等（5. 2. 2）として整理する。

1. 水路における生物のネットワーク（主に魚類）

（1）移動経路の確保

①設計の基本的考え方

水路において、魚類等の移動を阻害する落差の大きい箇所や流速の速い箇所としては、以下のような箇所が考えられる。

- 1) 水路を堰上げて用水を取水する箇所
- 2) 勾配が大きく流速の速い路線
- 3) 落差工や急流工のある箇所
- 4) 支線排水路と幹線排水路の接続箇所

このうち、1)については、堰の一部に小規模な魚道を設置することが考えられ、「2. (1)移動経路の確保(水田魚道)」が参考になる。2)については、水路の拡幅や乱杭、置き石、水制工等により、流速を遅くすることが考えられ、「1. (2)生息・生育環境の確保」が参考になる。

また、3)、4)については、以下の考え方が参考になるが、水路の拡幅や迂回路の設置は工事費や用地費の面から困難な場合が多い。この場合、落差工等の有する通水機能や減勢機能を確保しつつ魚道の機能を確保した全断面の魚道とすることが、多種の魚類への適応性や維持管理面、景観保全面からも有利な場合が多い。

②設計流速

設計流速は保全対象生物（遡上を想定している魚類）の遊泳能力を考慮して設定する。一方、水路の流量は時期により変動し、流速も変化する。このため、大流量時に流速が遊泳能力を越えないか、また、小流量時にある程度の流れが確保されているか確認を行う。

粗石付の魚道のように施工後の流れの予測が困難な場合は、効果を検証しながら粗石を追加するなどの対応を行う。

③形状・落差

隔壁型魚道の場合、プールの幅・長さ・水深の設定に当たっては、遡上を想定している魚類の大きさと流量を考慮する。遡上に必要な最小規模は、長さ：体長の2～4倍、幅：体長、深さ：体高の2倍程度とされている^{注1)}が、流量が増えても流れが大きく乱れないような大きさを確保する必要がある。

注1) よりよき設計のために「頭首工の魚道」設計指針（平成14年10月 農林水産省農村振興局整備部設計課監修 社団法人農業土木学会発行）

また、落差を小さくすれば流速が抑えられるが魚道の延長が長くなるため、設定に当たっては、流速の低減による遡上効率と経済性のバランスを考慮する。

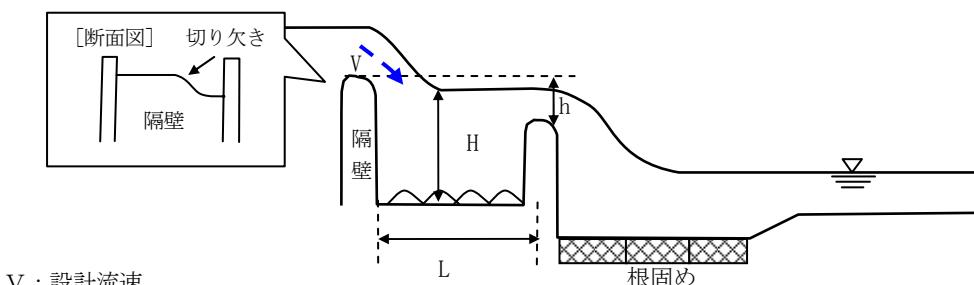
なお、落差10cm程度であれば小さな魚類の遡上も可能であると考えられている^{注2)}。

④その他

魚道の下流側に根固めとして透過性のあるフトンかご等を水路底より高い位置に設置した場合、小流量時に浸透し、遡上に必要な水深を確保できなくなる可能性がある。また、根固めは周辺より下げて設置することで深みが形成され、魚道に魚類を集めやすくなる。

また、降下対策として、魚体を傷つけないように尖った粗石やかご（金網）等を用いないことが、維持管理面や親水面からも重要である。

【魚道の設計に当たっての留意点（隔壁型の場合）】



V : 設計流速

魚類の遊泳能力以下とするためには、魚道の幅を拡幅したり、落差を小さくすることで対応する。

切欠きにより、小流量時にも対応可能である。

H : 水深、L : 長さ

魚類が休息し、遡上の勢い（助走）をつけるための水深や長さを確保する。

h : 落差（水位差）

設計流速を考慮の上、設定する。跳躍遡上にならないような高さにするのが理想的である。

その他

- ・隔壁は面取りを行い、剥離流を防ぐ。
- ・プール内の玉石等により、魚類等の休息場と粗度の確保が可能である。
- ・水を抜いての維持管理作業を考慮し、隔壁に穴を開けておくことを検討する（普段は穴を塞いでおく）

【参考資料】 [魚種別の遊泳能力（巡航速度と突進速度）]

遊泳速度は、魚種・体長・生理状態・時刻と特に流速によって異なる。遊泳速度には、長時間、継続的に出すことのできる巡航速度と、瞬間に出すことのできる突進速度がある。一般に紡錘型をした魚では、巡航速度は2～4BL (cm/s)、突進速度は10BL (cm/s)が目安と言われており（注：成魚について記載している。稚魚、幼魚については数値は小さくなる）、設計の対象となる魚種の大きさや遊泳能力を考慮の上、適当な流速を設定することが必要である。

表 水田周りに生息する魚類等の遊泳速度の一例

魚種	体長 BL (cm)	巡航速度 (cm/s)	突進速度 (cm/s)	文献
コイ	26～53	70～100	150～200	森下(1996)
ギンブナ	7～18	10～70	30～120	〃
オイカワ	8～10		100	小山(1967)
	6～14	5～15		森下(1996)
ドジョウ	5～10	10～20	100～130	〃
ナマズ	25～60	70～110	150～220	〃
ドンコ	7～9	30～50	60～80	〃

出典：よりよき設計のために「頭首工の魚道」設計の指針（平成14年10月 農林水産省 農村振興局整備部設計課監修　社団法人農業土木学会発行をもとに作成）

注2) 「小さな魚道による休耕田への魚類遡上試験」（端 憲二 農土誌 67(5)）

【参考資料】

「避難流速」と「休息適流速」

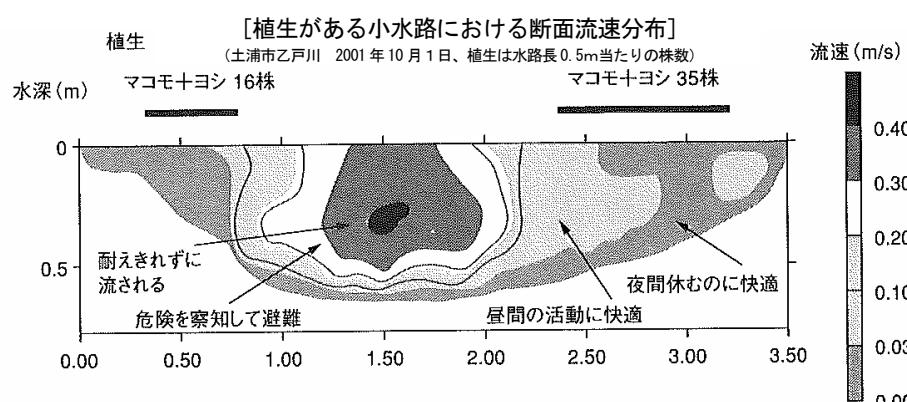
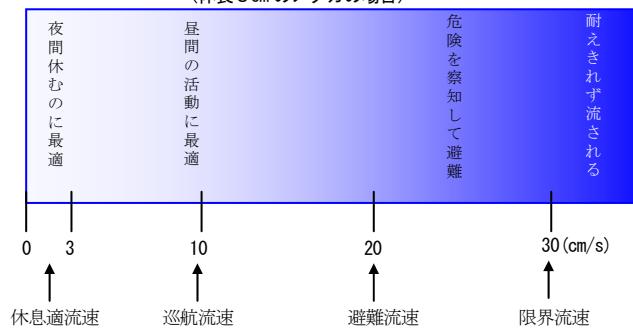
—メダカに必要な流速とは—

一般的に魚道の検討では、単に遊泳可能な遊泳速度として「限界流速」^{注1}や「定位摂食流速」^{注2}などが用いられている。(独)農業工学研究所の端憲二氏は、これら以外にも、休息や安全、危険といった日常の生活に関係する流速の概念として「避難流速」「休息適流速」をメダカの実験より明らかにしている。

実験ではメダカは「限界流速」になる前にゆるやかなところに「避難」し、夜は昼間と違い流れの殆どないところで「休息」することが確認された(右図)。

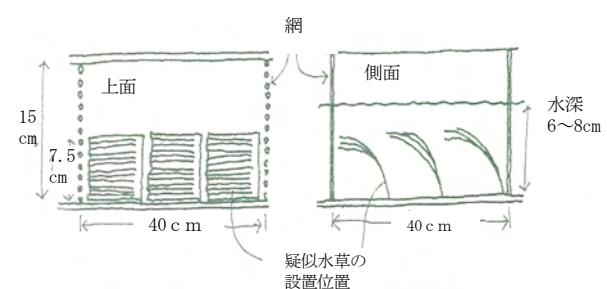
端氏はこれらの流速をそれぞれ「避難流速」と「休息適流速」と呼び、全長3cmメダカの場合「避難流速20cm/s」「休息適流速3cm/s」程度で、「限界流速」は、メダカがそれ以上流れの速い場所には出ていかない生活上の限界流速とすることが適切であるとしている。

[メダカにとっての流れの速さ]
(体長3cmのメダカの場合)

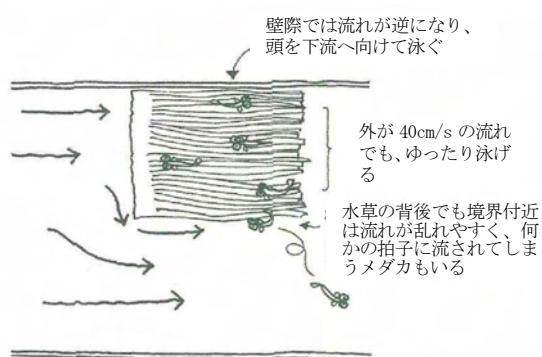


出典：端 憲二著「メダカはどのように危機を乗り越えるか」農文教

[実験装置]



[流心部の流速を40cm/sとした場合のメダカの様子]



注1 「限界流速」：それ以上速くなると瞬時に流れてしまう限界の速さ(体長の10倍程度)

注2 「定位摂食流速」：1時間程度は自分の位置を維持しながら流下してくる餌を捕食できる流速(体長の3倍程度)

【参考事例】

[環境配慮工法の設計例]

～粗石付片斜曲面式魚道～

(西鬼怒川地区 (栃木県河内町))

地区概要と工法の設定

地区概要

西鬼怒川沿いの水田地帯の中心部を流れる九郷半川においては、かつての水路整備により落差70cmの落差工が設置されており、西鬼怒川とその周辺の水域との魚類の移動経路が分断されていた。

このため、落差工の有する水の減勢機能を確保しつつ、落差の解消を図る魚道の設計を行った。

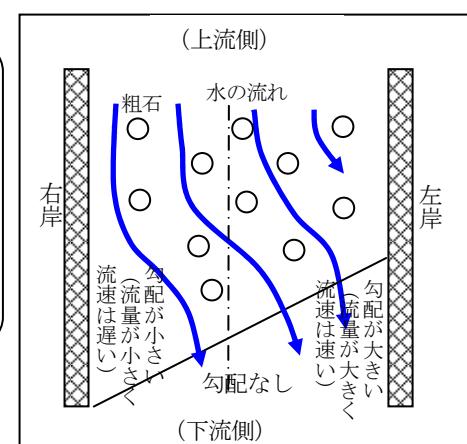
工法の設定

魚道の設計に際して設定された設計条件は以下のとおりであった。

- ①水路には、ウグイやヤマメ等の遊泳速度が大きい魚類の他、カワムツやドジョウ等の遊泳速度の小さい魚類が生息しており、これらの魚類について考慮することが必要
 - ②現況の落差工を残しつつ、別の場所に魚道を設置することは、用地や工事費の面から困難
 - ③浮遊土砂が多いため、プール式の魚道では堆砂により魚道の機能が消失する恐れ
- このため、水路全体を活用した粗石付魚道とともに、魚類が遡上に好む流速や水深を選択できるようにするため、形状を片斜式にした。



現況の状況（落差工により、魚類等の移動経路が分断されていた。）



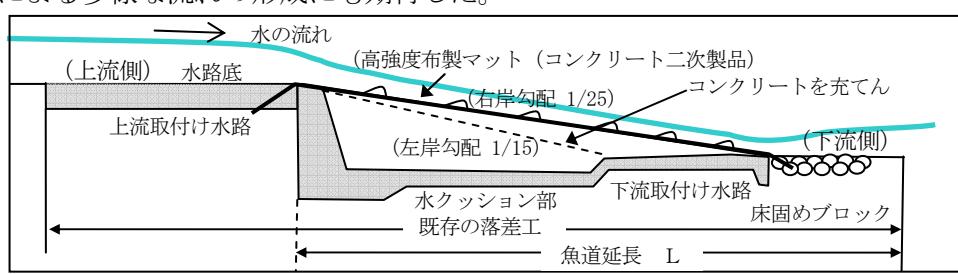
粗石付片斜曲面式魚道による水の流れ（概略図）

検討 1：魚道の設計（延長、勾配、構造）

- ・魚道は、既存の落差工の上流取付け水路や床固めブロックを有効活用することとし、落差工の水クッション部と下流取付け水路の上に敷設した。
- ・水路は、下流側が右岸側へ曲がり、左岸にみお筋が発生していた。大型の魚類はこのみお筋に沿って遡上すると考え、これを助長するように左岸を急勾配側（1/15）とした。右岸の浅瀬は、小型の魚類又は稚魚が移動すると考え、緩勾配側（1/25）とした。
- ・魚道には、斜曲面にも敷設が可能で表面仕上げが不要であるなど、工期の短縮を考慮して高強度布製マット（コンクリート二次製品）を使用した。マット表面の起伏による多様な流れの形成にも期待した。



高強度マットにより形成された斜面に粗石を設置した状況



魚道断面図（概略図）