



図-2 産卵期に琵琶湖北部の川に遡上したビワマス雄(上)とビワマス雌(下)

3. 魚道設計

(1) ビワマス

ビワマス(琵琶鱒, 学名: *Oncorhynchus masou rhodurus*, 英: Biwa trout) は, サケ目サケ科に属するヤマメ亜種の淡水魚で琵琶湖の固有種である。産卵期には大雨の日に群れをなして河川を遡上することから, アメノウオ(雨の魚, 鮭)ともよばれる。(図-2)

他のサケ科魚類と同様に母川回帰本能を持つため, 成魚は10月中旬 - 11月下旬に琵琶湖北部を中心とする生まれた川に遡上し, 産卵を行う。餌は, 主にイサザ, スジエビ, アユを捕食している。

(2) 魚道の設計基準

魚道の設計基準を示したのものとして, 2005年の「魚ののぼりやすい川づくりの手引き」, 2002年の「よりよい設計のために「頭首工の魚道」設計指針」, 1998年の「最新魚道の設計」, 1994年の「農業水利施設の魚道整備の手引き」などが挙げられる。また, 事例集を集めた「技術者のための魚道ガイドライン」が2011年に刊行された。

最新の魚道設計指針は2005年の「魚ののぼりやすい川づくりの手引き」であるが, 定量的に不明な点が多い。例えば, 魚道の幅員については「さほど大きな幅員は必要としない」とあり, さらに, 「階段式魚道では, 幅員に対して概ね1.5~2.0倍程度のプール長が適切」としており, 不明な幅員からプール長を決定しなければならない。また, 水深については「最浅部の水深は魚の体高の2倍以上」と記しているものの推奨値が示されていない。また, 推奨値が示されている場合でも根拠が示されていないものもある。それらについては, 対象魚種から推察し考慮しなければならない。

(3) 現地状況

今回設計したA: 下中川井堰・C: 大王寺井堰の現地状況を図-3, 図-4に示す。

1) A: 下中川井堰について

2011年に実施したビワマスプロジェクト調査により, A: 下中川井堰のビワマス遡上阻害が確認されている。

滞筋は右岸側・左岸側にあるが, 本筋は右岸側である。落差は $h=65\text{cm}$ と比較的低いが, 水叩部で薄層流が発生していること, 下流側の護床工において, 河床との落差が生じていることから, 十分な突進ができないものと考えられる。また両岸に大きく砂州が発達している。

2) C: 大王寺井堰について

滞筋は右岸側である。落差は $h=90\text{cm}$ で, 天野川の落差工落差の平均的な高さである。A: 下中川井堰同様, 水叩部で薄層流が発生していることから, 十分な突進ができないものと考えられる。また右岸側には普通河川が流入しており, 遡上してきたビワマスの迷入の可能性が考えられる。

(3) 対象魚(ビワマス)の把握

対象魚種(ビワマス)が移動できるように魚道機能を水理的に検討する必要がある。その検討に当たっては, 各々の魚種の行動特性を把握する必要がある。特に遡上機能を計算によって事前確認するために, 魚種の体長, 体高, 体高比, 突進速度を把握する必要がありその検討を行った。



図-3 A: 下中川井堰 (3.287km) 現地状況



図-4 C: 大王寺井堰 (4.024km) 現地状況

表-2 対象魚種の突進速度と体長・体高

対象魚種	体長 (cm)	突進速度 (cm/s)	体高比	平均体高比	体高 (cm)
アユ	6.6	120	4.7~5.2	4.9	1.3
	11.4	178			2.3
ウグイ	7~10	100	3.6~6.0	4.8	1.5~2.1
	15~	160			3.2~
	2~25	30~200			0.4~5.2
ヤマメ	30 (陸封型)	150~250	3.0~4.8	3.9	7.6
イワナ	14~70	150~250	4.1~6.1	5.1	2.7~13.7

ビワマスについては、基礎資料が乏しいことから、下記に基づき、遡上能力の限界値を設定した。

産卵のため遡上を始めるビワマス2才魚の体長は、概ね25~35cm程度である。ヤマメは各種文献資料によると放流試験ならびに追跡調査等の結果により平均的な数値が定数化(表-2)されている。また、ヤマメの基礎数値は、遡上を始めるビワマスの体長等と概ね合致し、ビワマスはヤマメ亜種でもあり生態的にも妥当であると判断した。

○ヤマメ

ヤマメは、サケ目サケ科に属する魚であるサクラマスのうち、降海せずに、一生を河川で過ごす河川残留型(陸封型)であり、北海道から九州までの川の上流などの冷水域に生息する。ダム湖などに下り再び遡上してくるものは40cmに達する。

○体長・体高データからの推定

ビワマスの成熟年齢(成魚)における体長は、概ね30~60cm程度である。遡上期において、天野川河口付近において60cm程度のビワマスの遡上も確認されていることから、ビワマスの体長を60cmとする。

ビワマスの体長を60cmとした場合、平均体高比(ヤマメの値を参考)は3.9であるため、 $60\text{cm} \div 3.9 = 15.38\text{cm} \approx 15\text{cm}$ となることから、ビワマスの体高は15cmとした。

上記推定値と魚道設計指針2005を基に、下記魚道設計値を設定した。

a) 最大遊泳力(=突進速度)

一般的には体長に比例し、紡錘型をした魚では、体長をBL(cm)として表すと、 $V=10\text{BL cm/s}$ 程度。しかし例外も多く、例えばアユの突進速度は $V=12\sim 18\text{BL cm/s}$ 程度であり、一般的な目安よりもかなり大きい。

ここで、表-1より、ヤマメの値を参考とした場合、突進速度は $V=150\sim 250\text{cm/s}$ (5BL~8.3BL)となる。ビワマスの成熟年齢(成魚)における体長は、概ね30~60cm程度であることから、最大遊泳力は2才魚でも遡上できるような $V=50\text{cm/s}$ とした。

b) 遊泳に必要とする最小幅: BLの1/2程度

ビワマスの体長を60cmとした場合、遊泳に必要となる最小幅は、 $W=60 \times 1/2 = 30\text{cm}$ 以上必要となる。

c) 遊泳に必要とする最小水深: 体高の2倍程度

ビワマスの体高を15cmとした場合、遊泳に必要となる最小水深は、 $h=15 \times 2 = 30\text{cm}$ 以上とする。

d) 休息場所として最小限必要な広さ

長さ(2~4BL)×幅(BL/2)程度、回転しながらの休息を考えるのであれば、長さ(3BL)×幅(3BL)程度。

ビワマスの体長を60cmとした場合、回転しながらの休息を考慮し、長さ(=3×60cm=180cm)×幅(=3×60cm=180cm)以上を確保するものとする。

(3) 魚道の設置位置・魚道形式

魚道は入口と出口の設定が最も重要である。河川の流況、現場条件から設置できる魚道形式を選定し、そのうち最も効果を発揮する位置に設置する必要がある。

a) 魚道規模

通常魚類が集まりやすいのは、河川流況のうち、滞筋位置である。河川幅がひろい場合や複数滞筋が存在する場合、魚道を複数設置することが望ましい。しかしながら、限られた予算内では、設置費用はなるべく抑え、最大限の効果を発揮させる必要がある。

そこでA:下中川井堰・C:大王寺井堰では、今回の対象魚種がビワマスであることを考慮し、プールタイプ魚道の一つである棚田式魚道(図-5)を採用することで、落差工の中央部に1箇所魚道を設置するものとした。棚田式魚道は縦断方向(川の流れの方向)より横断方向の勾配を急にして流れが集まるように工夫しており、これにより流れが少なくなった時も水が浅く広がらず、床面直下の「集水溝」に水が集まって流れるため、これが「呼び水」となって魚類の、遡上を誘うことができる。

棚田式魚道は構造物形式については、経済比較の結果、現場打ちコンクリートに自然石を埋め込む構造を採用した。

また今回の設計内容については学識経験者のヒアリングを実施し、ビワマスプロジェクト内においても協議を重ねた。



図-5 棚田式魚道設置事例(岐阜県 根尾川)

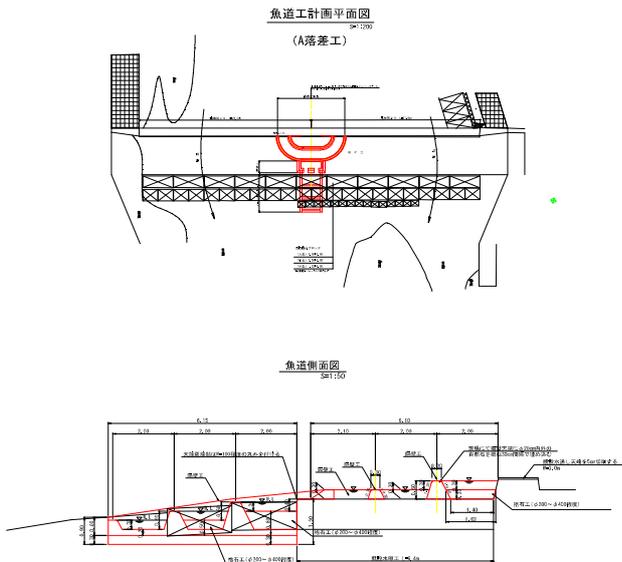


図-6 A: 下中川井堰 平面・横断面図

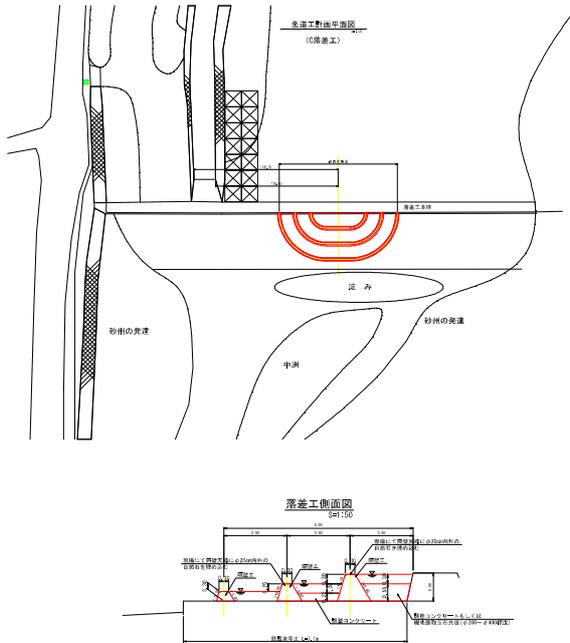


図-7 C: 大王寺井堰 平面・横断面図

(4) 施工図面

今回設計した魚道図面を図-6, 図-7に示す。

管内の河川においても、魚道は設置してあるものの、そのうちいくつかは、摩耗による破損、プールの水抜け、堆砂等が原因により、機能不全となっているところも見

られる。

今回の設計では、それらを解消すべく、対策を行った。

a) 摩耗対策 摩耗に対する明確な基準等はないが、コンクリートの摩耗に関する研究³⁾によると、水セメント比が大きくなるに従って、摩耗の進行速度が増加するとの報告があるため、水セメント比を低くするため、今回設計強度 $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ の使用とした。

4. 考察

今回、ビワマス対象魚道について類似魚種ヤマメから想定することで、設計を行い、現在A: 下中川井堰魚道の設置工事の準備中である。魚道設計について、理論的設計値を設定したが、相手は自然・生物であるため、現実では異なる河川流況の変化、対象魚種の動き・遡上状況等を注意深く観察し、またモニタリング調査を実施し、ひとつひとつ改善しながら、上流落差工等に魚道を設置する必要があると考えられる。また、モニタリング調査の結果や対策等について報告したい。

今回の設計対象のA: 下中川井堰・C: 大王寺井堰については、比較的落差の低い落差工であり、薄層流対策を主に念頭に置いた設計としたが、上流域では、170cmの落差が控えており、魚道形式を含めさらなる検討が必要である。

5. おわりに

多くの方がビワマスやビワマスプロジェクトに興味を持ち、河川のそばに来ていただいている。魚道の維持管理についても、手を挙げていただいている団体もあり、魚道の設置を契機に、地元間のつながりの強化や河川愛護を取り組んでいただける環境作りができるのではないかと期待している。

参考文献

- 1) 平成 22 年度 第 605-4 号天野川単独河川改良調査業務委託
- 2) 尾田 昌紀：琵琶湖流入河川におけるビワマス産卵床分布,2009
- 3) 石上 暁郎ら：農業用水路コンクリートに生じる摩耗現象と促進試験方法に関する検討,2005
- 4) 平成 23 年度 第 62-15 号天野川みずべみらい再生 (河川環境保全) 設計業委託