

堰下流の河床低下に対応した改良魚道の遡上効果について

常住直人

1. はじめに 河川中上流域に多い農業取水堰では築造当初より下流河床が低下している事例が多く見られる¹⁾。これは、河川中下流域で治水目的等で河床浚渫される為で防災上避け得ない。したがって、河床低下に抗し取水堰を極力低コストで長期供用出来る改修法を考える必要がある。河床低下により取水堰で最初に機能喪失するのは魚道であり、本報文では魚道改修の低コスト化を図るべく考案された改良魚道について、その遡上効果を検討した。

2. 急勾配魚道 魚道を急勾配化出来るならば河床低下での落差に対し魚道延長を短縮（低コスト化）出来るうえ、魚道配置を柔軟に行える。既存の急勾配魚道としてはデニール式、ノルウェー式があるが、デニール式は浮遊流下物で閉塞しやすく、ノルウェー式は上流水位変動に対し流況変化が激しい。そこで、それら諸点を改善した急勾配潜孔式魚道についてその遡上効果を検討した（図1）。

現地調査から河床低下後の魚道勾配は最大数分の1になると推測されており¹⁾、本魚道の底勾配も1/2.5に設定した。その水理特性は既報文で明らかにされている²⁾。

3. 実験方法と遡上効果の判定方法

(1) 実験魚種等： 遡上実験には遊泳魚としてコイ、ウグイ、アユ稚魚、底生魚としてナマズ、小卵型カジカ稚魚を用いた。その他、ヤマトヌマエビも底生魚のドンコ畜養水槽（ダイライトR-150L、ポリエチレン製、高さ55.4cm）で飼育していたが、水面上に這い上がり、水槽側壁に暫く留まったり、そこから隣接する水槽へ移動する、もしくは床上の水溜まりに飛び降りて移動する等の行動が全個体で見られ（100、150匹の計2回）、魚道流況に依らず移動可能と判断されたので、遡上実験には用いなかった。

(2) 実験条件： 実験時期は、コイ10月（20～24℃）、ウグイ7～8月上旬（20～24℃）、アユ稚魚4月下旬～5月上旬（20～24℃）、ナマズ5月中旬・10月下旬（20～24℃）、カジカ稚魚6月中旬（20～24℃）で実験中の水温変化はほとんどなかった。実験模型は屋内に設置し遊泳魚の実験は昼（11～19時）に行い底生魚は夜間（17時以降）から実験を始めた。実験時の魚道上下流端水深は80cmでその際の流量は約0.10（カジカ稚魚）～0.11（その他）m³/s、縦断面水面勾配は1/2.64（プール間水位差9.5cm）であった。模型は鋼製だが左岸側壁は透明アクリル、隔壁は木製とし、魚道上面は跳躍遡上しないようにネットで被覆した。実験中、昼は水銀灯で照明し、夜間は消灯した。実験用

農業・食品産業技術総合研究機構（農村工学研究部門）

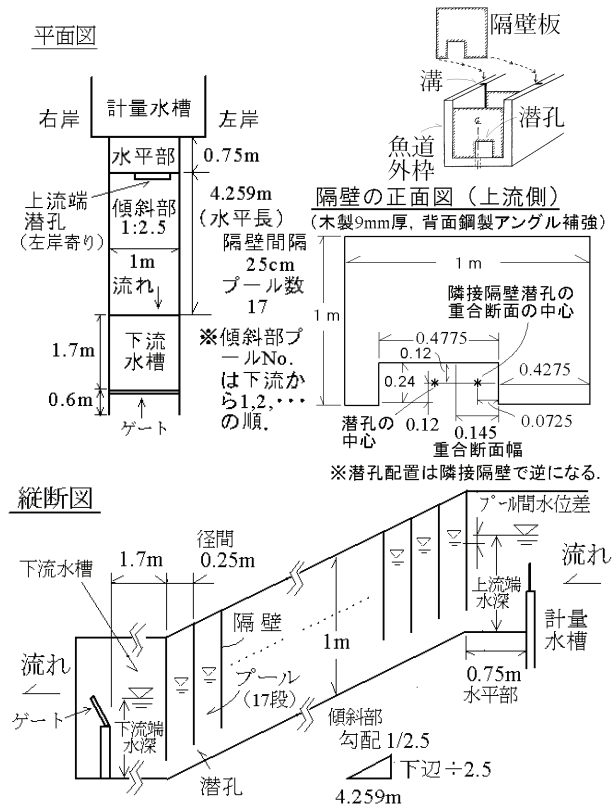


図1 急勾配魚道の遡上実験模型

水は農業用水と井戸水が流入する屋外実験用水池からの循環水を使用した。

(3) 実験手順： <コイ・ウグイ・ナマズ> 1)下流端潜孔直上に魚が通過出来ない細目の仕切り網を設置し、直下に実験個体を高密度で入れた方形カゴ網を取り付け。カゴ網は潜孔より若干広い断面（右岸側 8cm, 左岸側 4.3cm, 上方 11cm）で幅 60 × 高さ 35 × 奥行き 75

（コイ・ナマズ） / 45（その他）cm, 2)魚道上下流端水深が所定水深（80cm）で安定した時点で仕切り網を外して実験開始時刻とする、

3)所定実験時間経過時に各潜孔を仕切り網で閉鎖後、流量を止め、麻酔薬（FA-100, 日本動物薬品（株））を少量投入して各プールの個体数と体長を計測、4)採捕と体長計測に時間と麻酔を要するので、実験時間を変える場合は翌日以降、以上の作業を繰り返す。

<カジカ稚魚> 1)カゴ網敷設。各プール・潜孔底面にカジカ稚魚が潜り込める遡上補助用のヘチマロン（35BF, 厚さ 6cm）も敷設、2)カジカ稚魚はカゴ網投入では潜孔噴流直撃での斃死リスクが高いため、下流端潜孔直上流のプールに投入、3)投入プール上下流に仕切り網敷設、4)カジカ稚魚がヘチマロン内や低流速域に移動出来るよう一時間かけて所定の魚道上下流端水深に調整、5)所定実験時間経過時に各潜孔を仕切り網で塞ぎ流量を止めヘチマロンを引き上げて採捕・計測、6)上記 4)と同。

<ナマズ, case2 > 1)カゴ網敷設（ヘチマロン敷設無し）、2)第 1～4 プールに 3～4 匹ずつ投入、3)以下、カジカ稚魚実験と同。

(4) 遡上効果の判定： 潜孔式魚道は流量が安定する為、越流式魚道のように流量変動で魚の遡上意欲を惹起させ難く、遡上促進出来るのは通水初期や潜孔噴流直撃となるカゴ網内だけである。このため、遡上能力があるのに魚道内に滞留し、最上流まで移動しない個体も生じる。そうした個体では、遡上難所である潜孔の通過と魚道プール内での長時間滞留を以て遡上可能性有りと判断した。その際の滞留時間は 60 分を目安とした。これは、60 分以上滞留出来る流速以下では魚の遊泳持続時間が急激に伸びるからである³⁾。なお、カゴ網を用いず、玉網で追い立て、餌を与えず放置、上流から餌を流す等による遡上意欲惹起も行ったが、これらの効果は低く、大半の個体は下流水槽に留まり続けたことを付記する。

4. 実験結果と考察 (1) 遊泳魚 (図 2～図 4)： 実験時間が長いほど上流移動する個体割合が増えた。途中のプールで長時間滞留しつつ漸次、最上流まで遡上していく状況は予備実験（ウグイ、体長 10～15cm）でも観測されており、最長 9 時間の滞留が確認された。最上流まで遡上した後、直下の魚道プールに戻る行動も見られ、最上流プールと上流端潜孔を行き来し、潜孔直下で暫く定位遊泳する個体も観察された（目視で体長 10cm 程度）。

魚道内では遡上意欲を人工的に惹起出来ないため、上流プールへの移動はプール内の高密度化を忌避して成されていると見られ、このため、大型個体もいるウグイでは上流移動が活発と

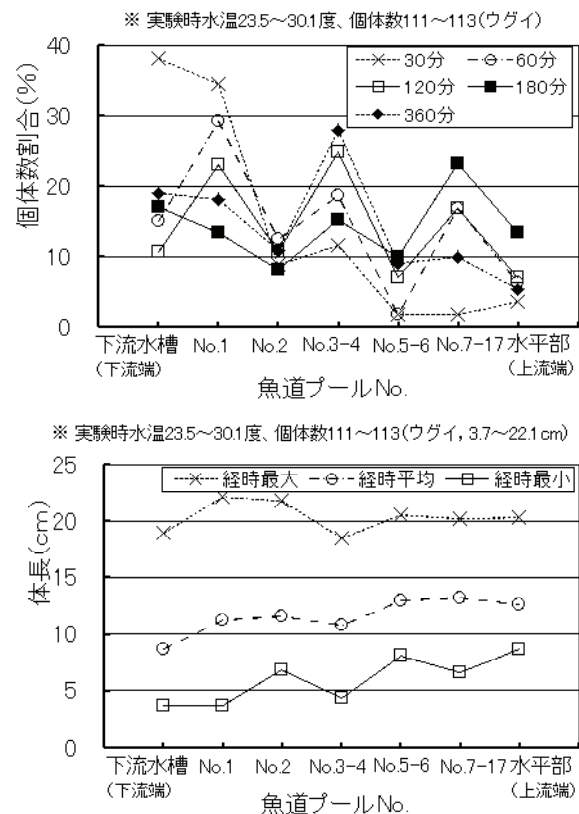


図 2 遡上位置と割合、体長（ウグイ）

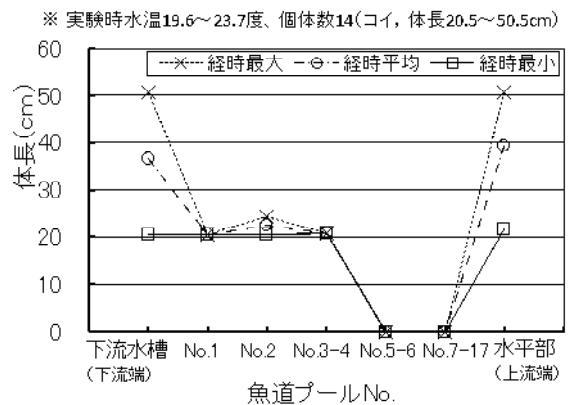
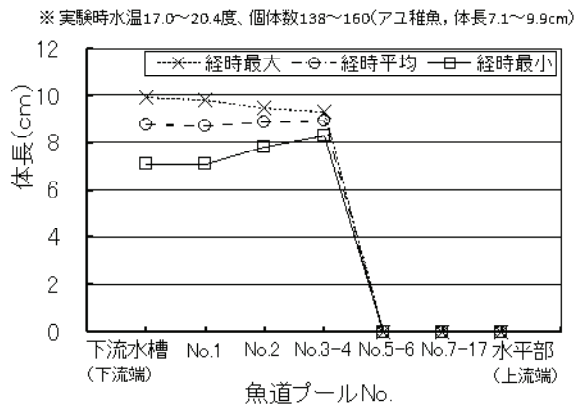
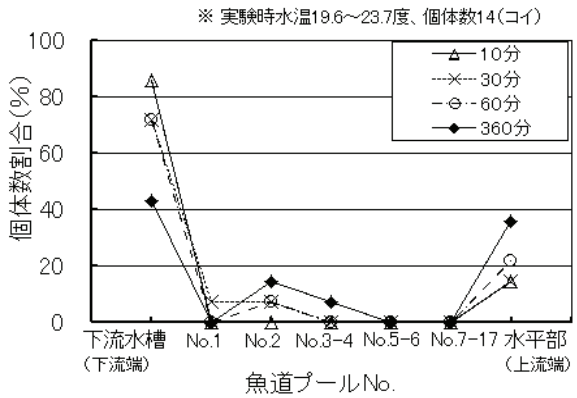
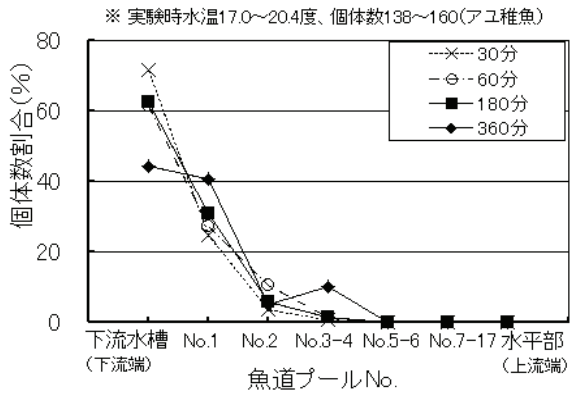


図3 遡上位置と割合，体長（アユ稚魚）

図4 遡上位置と割合，体長（コイ）

なり，小型均一なアユ稚魚では魚道下流部に長時間滞留したと考えられる。ウグイでは比較的小型の個体も上流まで遡上しているが，これは大型個体への随伴遡上だったと思われる。一方，魚道プール内に留まれない大型個体が大半のコイでは，最上流まで遡上するか，潜孔噴流直撃のカゴ網内に留まるかのいずれかになる個体が多かった。遡上位置による体長の違いほどの魚種でもほとんど見られなかったので，遡上位置の差は，遊泳力の差でなく遡上意欲の差，すなわち高密度忌避度合いの差で生じたと考えられる。なお，図2上図のウグイ・360分で魚道上流部での遡上率が下がっているのは実験水温が高かったためと推測される（約30℃）。

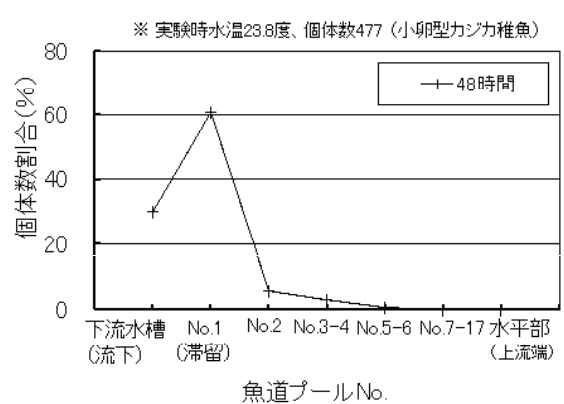


図5 遡上位置と割合（小卵型カジカ稚魚）

（2）底生魚（図5）： カジカ稚魚は投入密度が高すぎた為か投入プール（図中No.1）から流下する個体が30%と比較的多かった（図5）。それ以外は48時間経過後もプール内に滞留できたが（体長2.5～3.4cm），そのうち潜孔通過した個体は全体の10%程度に留まった（体長2.5～3.4cm）。一方，ナマズではCase2実験で潜孔通過は14個体中1個体であった（体長44.5cm）。プール内で2時間滞留出来た個体も14個体中1個体のみであった（体長31.3cm，第1プール）。滞留個体の疲弊は激しく，実験後，実験前には起きなかった共食いが頻発し，かなりのストレスがかかっている事が伺えた。

（3）遡上効果（図6～図7）： 遡上意欲を人工的に惹起出来ない潜孔式魚道での遡上実

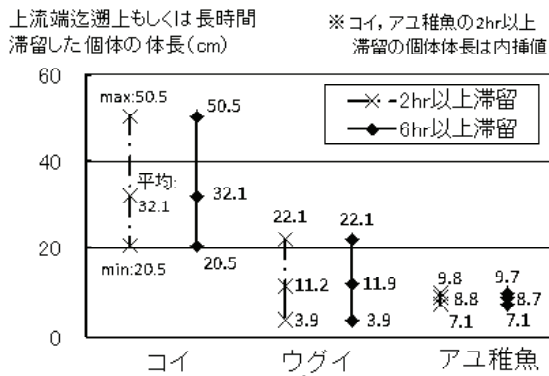


図 6 最上流遡上，長時間滞留した潜孔通過個体の体長

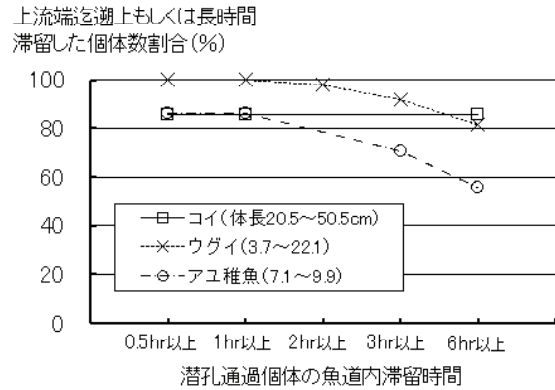


図 7 最上流遡上，長時間滞留した潜孔通過個体の割合

験ゆえ，遊泳魚でも最上流迄の遡上率は 31 % (アユ稚魚を除く。体長 8.6 ~ 50.5cm) に留まった。但し，潜孔通過かつ長時間滞留 (60 分以上) の個体を含めればその割合は 80 % 以上となり，実験した遊泳魚の体長全範囲を網羅した。小型均一のアユ稚魚を除けば，全個体の 82 % (体長 3.9 ~ 50.5cm) で潜孔通過と長時間滞留 (6 時間) もしくは最上流遡上が確認出来ており，体長 3.9 ~ 50.5cm の遊泳魚は本魚道を遡上する能力を概ね有すと考えられた。一方，底生魚ではカジカ稚魚の 10 % (体長 2.5 ~ 3.4cm) で潜孔通過と長時間滞留 (48 時間) が確認されたが，大型底生魚のナマズでは遡上，長時間滞留共に問題が見られた。

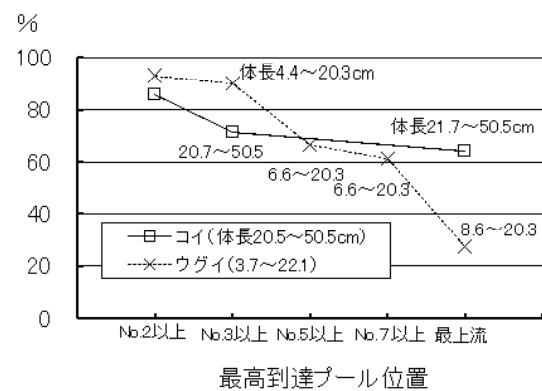


図 8 最高到達位置とその割合，体長

(4) 休息プールの間隔と長さ (図 8) : 図 8 よりウグイの最高到達プールは 90 % が第 3 プール以上，66 % が第 5 プール以上であったので，その休息プール間隔は概ね 4 プール毎で十分と考えられた。一方，大型個体が大半だったコイの場合，どの実験でもカゴ網内に留まった大型 2 個体を除き，体長 21.7cm 以上の個体全てが最上流に達していたので，今回実験魚道と同じ 18 プール毎に休息プールがあれば十分と考えられた。その休息プール長は，体長 35.8 ~ 50.5cm のコイが潜孔噴流を受けつつカゴ網内 (長さ 75cm) に 6 時間滞留出来たことから，魚道設計で想定している最大個体体長の 1.5 倍程度あれば十分と考えられた (遡上密度を考慮しない場合)。以上に基付き 4 プール毎に 75cm 長の休息プールを設けた場合，魚道底勾配は約 1/3.75 となる。

5. おわりに 今後は現場適用で効果検証していく必要がある。その際，潜孔式は流量変動が小さく魚道内流況は安定な反面，集魚効果に劣るので呼び水付設が必須となる。

参考文献

- 1) 常住・後藤・浪平(2010) : 大都市圏の農業取水堰周辺における河床変動とその影響に関する一考察，応用生態工学，12(2)，131-140
- 2) 常住(2017) : 急勾配潜孔式魚道の水理特性について，水工学論文集，61，427-432
- 3) 廣瀬・中村(1993) : 魚道の設計，山海堂，170-171 及び 200 及び 210-212