

II-101

魚道プール内流れの数値計算

○東京工業大学大学院	学生員	安部智久
広島大学工学部	正 員	福岡捷二
建設省土木研究所	正 員	渡辺明英
東京工業大学大学院	学生員	矢崎剛吉

1. はじめに

近年河川の生態系保護の一環として魚の遡りやすい川づくりが求められてきている。その役割の一端を担う魚道への期待も高まりつつあるが、従来魚道は経験的に設計されているため実際に魚が遡上しやすいかどうかは明らかでない。この状況を改善し論理的な魚道設計を進めるためには、①魚の行動生態を考慮した場合どのような魚道内流況が好ましいか、②①のような流況をつくりだすには、魚道の構造をどのようにしたらよいか、という二つの面からの検討が必要であろう。本研究は②に属するものであり、従来行われていた大型模型実験に加え今後魚道設計のための有力な手段になると考えられる、魚道内流れの三次元数値計算を試み、魚道設計への適応性について検討する。

2. 計算の概要

魚道内の流れは三次元的であり、流入・流出、自由水面が境界条件を構成する非常に複雑な流れ場となる。この流れ場を、SMAC スキームを用いて三次元ナビエーストックス方程式を解くことにより表現する。境界条件は、壁面：ノンスリップ条件、自由表面：スリップ条件、流入・流出部：実測流速分布を与える。自由水面は固定壁と見なし、水面位置は実測データを与える。また流入・出は周期境界条件を用いている。計算格子はスタガードメッシュを用い、移流項が支配的な流れであることから一次の風上差分を用いる。SMACスキームは連続式を満たすようボアソン方程式解き、仮定した流速分布を修正する方法である。

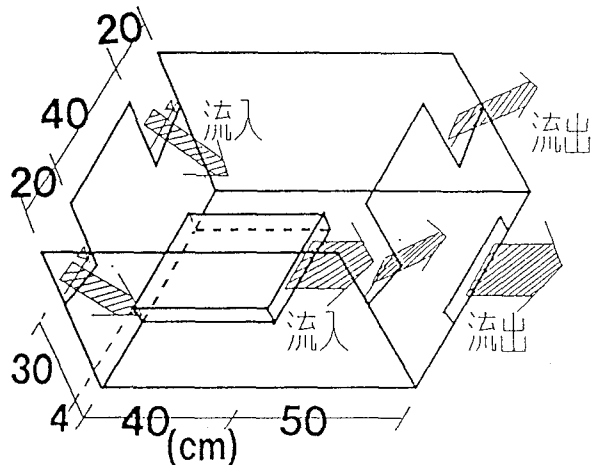
3 計算例とその結果についての考察

(a) 計算対象ならびに条件

計算例として、矢崎、安部らの提案しているアユの行動特性を考慮した魚道(年講概要集、1994)を取り上げる。諸元を(図1)に示す。この魚道は、越流・非越流部、潜孔、そして魚道内の障害物といった魚道内の流況に影響を及ぼす要素を一通り有し、本計算法の魚道への適応性を検討するのに適している。なお計算結果との比較検討を行うため、この魚道については模型実験も行い、流速分布の測定を行っている。計算メッシュ幅は、 $dx=2.0$ 、 $dy=2.0$ 、 $dz=1.5$ (cm)である。時間刻みは 0.015 (s)とし、流入・出は計算の安定性を考慮し $t=20$ (s)で定常となるようにして流速を漸増させ与えた。なお与えた実測流速は、越流部約 80 (cm/s)、潜孔部約 35 (cm/s)であり、水深は 30 (cm)である。計算は $t=30$ (s)まで行っている。

(b) 計算結果とその考察

計算結果の3次元流速ベクトル図を(図2)に示す。これを実測値(図3)と比較すると、大まかな流況は再現できている。すなわち、非越流部後ろの緩やかな流れ(図2、図3のA部)、潜孔後ろの若干きな流速の領域(同じくB部)、そして流入部直下の逆流域(同じくC部)といった、アユの遡上形態を考



(図1) 計算対象とした魚道の諸元

慮した魚道において重要となる流況は再現できている。魚道内に入ったアユは、B部の流れに導かれA部へ達し、ここで休息した後、越流部をC部の逆流を利用しつつ遡上する、という意図から本魚道は設計されており、本計算法により魚道設計に必要な魚道内の平均的流況は十分再現可能である。しかし細部では流速分布、絶対値に差異が見られる。この原因を考察する。

魚道内の流況に対しては、越流部で与える流入ベクトルの大きさ、向きが非常に支配的である。しかし越流部では、流速を流下方向と鉛直方向成分に分けて与えているのに加え、鉛直方向の分割数が不十分であった。このため特に流入部付近において流入の影響が魚道内に正しく伝わりにくくなり、全体の流況にも差異が生じたと考えられる。また全体的に流速が小さいのは、魚道内の流量を規定する越流水深を、計算では実測値より若干小さく与えたためである。

その他計算においては隔壁を鉛直壁にした点、泡や乱れの影響を無視した点などによる影響も考えられるが、本計算例においてこれらの影響は小さいと思われる。

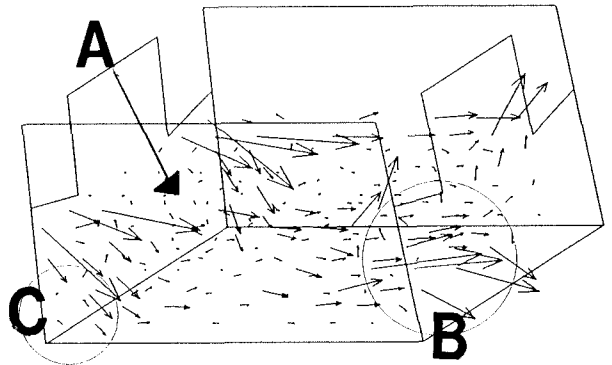
本計算では自由表面は壁面と見なしスリップ条件としているが、この影響についても検討した。水面での圧力水頭の計算結果を(図4)に示す。自由表面では本来圧力はゼロでありゼロからの偏差値は水面固定により余分にかかる圧力を示すものである。全体に絶対値は非常に小さい。平均的流況を再現することが主目的である本計算において、この程度の圧力の影響は無視できるものと考えられる。

4 終わりに 本計算法により、実測水深、流入・流出部の流速分布を与えれば、ここで示した魚道内の流況をほぼ再現できることが分かった。SMAC法では越流・潜孔による流入・流出の境界条件や、魚道内障害物による境界条件の扱いが比較的容易である。よって今回計算対象とした魚道の他、一般の階段式魚道、アイスハーバー式魚道などの流れに対しても適用が容易であると考えられる。今後、より詳細な流速分布まで再現しようとする場合には、特に越流による流入の影響が魚道内に正しく伝わるよう、流入部付近での取扱いに改善を加えて行く必要がある。

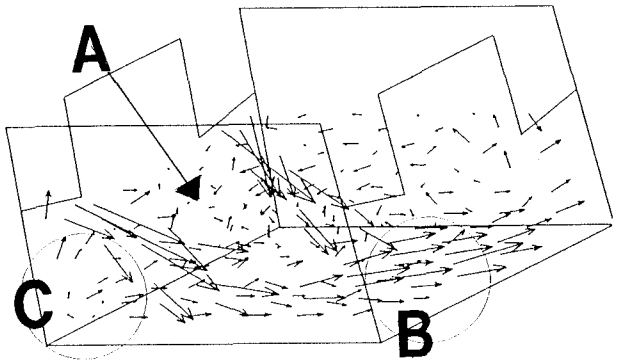
5 参考文献 1) 高橋亮一「コンピュータによる流体力学」構造計画研究所編、1981

2) 中村中六、広瀬利夫「魚道の設計」山海堂、1991

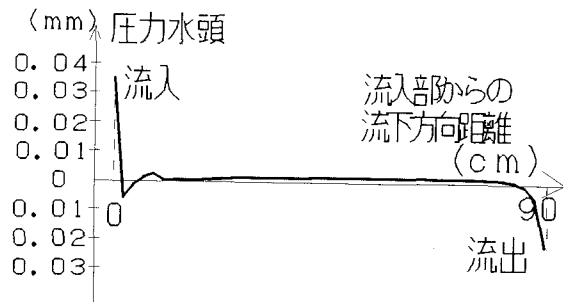
3) 中村俊六「魚道の設計理論試案」



(図2) 魚道内流況(計算)



(図3) 魚道内流況(実測)



(図4) 水面での圧力水頭(越流部中央縦断面)