

VII-2

アイスハーバー型魚道の鮭の遡上特性について

北海道電力(株) 正員 神藤 謙一
 北海道電力(株) 正員 高野 準

1. はじめに

近年の河川を取り巻く環境の変化は著しいものがあるが、既設の水力発電所周辺についても自然環境との調和を求める社会的要請が高まっている。

羊蹄山麓を流れる尻別川には寒別、比羅夫、昆布、蘭越の4つの発電所と取水堰を有している。それらの最下流に位置する蘭越取水堰(堰高: 8m)については、平成元年頃から魚道設置に対する地元の要請が高まったことを踏まえ、魚道設置の効果が充分見込まれ、発電に対する影響もほとんどないことから魚類生態系の確保の目的で、平成6年に蘭越発電所にアイスハーバー型魚道を設置した。

今回の報告は、魚道設置後の効果を検証するため、設置後に実施した調査結果から、アイスハーバー型魚道における鮭の遡上特性で得られた知見を述べるものである。

2. 魚道の構造

蘭越発電所のアイスハーバー型魚道の構造をそれぞれ写真-1、図-1に示す。この魚道の設計諸元は、対象流量が0.3m³/sで、隔壁部の越流水深が15cm、魚道の勾配は、魚道入口から折り返し部が1/30、折り返し部から魚道出口までが1/8である。

アイスハーバー型魚道は、越流隔壁潜孔型魚梯の一種であり、アメリカ合衆国陸軍兵隊によって研究開発されたもので、遡上した魚が次のプールへの遡上の準備として休息することができるという特徴があり、構造的には複雑であるが、流量が少ない場合でも遡上効果が高いと評価されている。

また、越流隔壁間のプールに流速の小さな静穏域が形成される特徴を有しているが、対象魚の遡上特性に整合した流量を魚道内に形成する必要がある。魚の遡上方法としては、一般的に越流隔壁を跳躍して超えるルートと潜孔(オリフィス)を潜り抜ける2つのルートがある。



写真-1 蘭越発電所魚道の全景

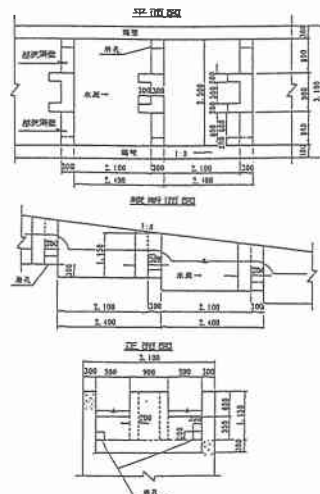


図-1 アイスハーバー型魚道の構造

Characteristics on the Migration of Salmon in the Fish Ladder (Ice Harbor Type)

by Jun Takano, Kenichi Kando

3. 鮭の遡上特性

(1) 鮭(シロサケ)の特性

国内では日本海側の九州北部以北、太平洋側の利根川以北に分布し、北海道を中心に東北、北陸地方に多い。国外では北アメリカのカリフォルニアから朝鮮半島南端部までの北太平洋と北極海の一部に分布している。シロサケは9~12月に産卵し、卵は46~135日でふ化し、ふ化後約60日の間はさい囊と呼ばれる腹部の栄養で成長する。その後、産卵床周辺に生息している昆虫を捕食し、体長が50~100mmになると降海をはじめ。稚魚はしばらく沿岸で生活した後、北太平洋などを回遊し、おもにイカや魚を食べ、3~5年で体長約700mmとなって産卵河川に遡上する。

(2) 遡上時の遊泳速度

魚類には、側線の圧力刺激(流れ)に対して抵抗するため流水方向に頭を向け泳ぐ性質があり、流水方向に向かって遡上するのを正の走流性とする。仔魚期には負の走流性を、成魚期には正の走流性を示すものが多いことが知られている。今回の魚道は、遡上(正の走流性)する成魚を対象に設計した。

遡上時の流れに反応する遊泳速度としては、長時間続けて出すことのできる巡航速度と、瞬間的にだけ出すことのできる突進速度があり、一般的には、目安として巡航速度が2~4B.L.cm/s、突進速度が10B.L.cm/s(B.L.:体長cm)といわれている。従って体長60cmの鮭であれば、6.0m/sの突進速度を出す。魚道を遡上するためには、この突進速度以下の流速が魚道内の隔壁越流部および潜孔部で保たれていれば可能となる。

4. 鮭の遡上調査

鮭の遡上調査については、以下の2項目について実施した。

①魚道の最上部に捕獲用のトラップを設置し、鮭の遡上時間と遡上位置を確認した。

②魚道の潜孔を交互に閉塞し魚道内の流量を変化させ、遡上状況と流況を確認した。

(1) 遡上時間と遡上位置の確認

鮭の遡上時間を把握するために、隔壁の越流水深がほぼ15cmとなる流量に固定し、魚道全体で2段階ある隔壁の最上段から2段目の上流側にトラップを設置した。

鮭の捕獲は左右岸越流隔壁部と左右岸潜孔部の計4箇所に分けて行い、48時間連続で、3時間毎にトラップに入った魚を回収した。

調査結果は、表-1および図-2に示すとおりである。48時間連続観察による鮭の捕獲数は合計で108尾あった。捕獲される時間は12:00~18:00に集中しており、日中の活動性が高いことが想像できる。遡上箇所については85%が越流部を遡上していた。これは、遡上部の流速が越流部で約1.1m/s、潜孔部で約2.4m/sとなり鮭の平均体長から推定した突進速度以下であったものの、越流部と潜孔部の遡上個体の体長は、潜孔部を通過した個体のほうが最大体長は小さくなっており、潜孔部からの遡上は、潜孔部の形状(20cm×20cm)の制限から魚体の大きさから通過に制限があったためと思われる。

表-1 鮭の捕獲状況

通過部	捕獲数 (尾)	体長(cm)		突進速度 (m/s)	測定流速 (m/s)	
		平均	範囲			
越流部	左岸	51	63.7	52.1~74.7	6.37	1.14
	右岸	41	62.9	54.8~74.5	6.29	1.03
潜孔部	左岸	9	62.5	56.4~69.1	6.25	2.38
	右岸	7	63.1	56.8~69.3	6.31	2.32
計	108	63.3	52.1~74.7	6.33		

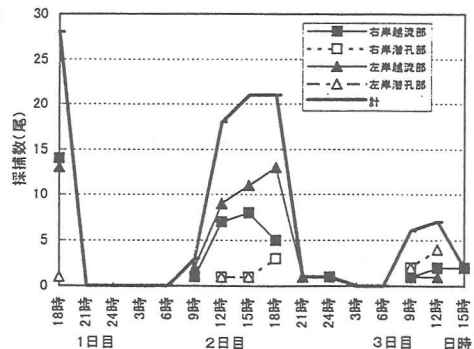


図-2 鮭の捕獲箇所別の経時変化

(2) 遡上経路の確認

鮭の遡上調査については、現状の魚道形状と潜孔を交互に閉塞し魚道内の流量を変化させた表-2に示す6ケースとし、魚道内の折り返し地点に供試魚を放流して遡上状況と流況を確認した。1回の遡上調査は、鮭が最も活動する午後を実施した。遡上調査に用いた供試魚は、尻別川を遡上した鮭を魚道内のトラップで捕獲した。採捕した鮭は、体長が54cm~88cm(平均71.0cm)、体高10~17cm(平均13.5cm)であった。なお、鮭の河川遡上特性は河川流量の増減と相関がみられ、河川流量の増加時に河川を遡上する鮭が増加したため、各ケースの供試魚数は7~25尾とバラツキが生じた。

鮭の遡上状況調査は、捕獲した鮭の体長、体高、年齢および性別を確認し、個別に遡上状況を確認するため、鮭に浮きと反射テープを貼り付けて遡上状況を確認した。

観測方法は、魚道の最上部から双眼鏡を使用して目視で実施した。また、補助的にビデオカメラを魚道内に設置して観測した。調査項目は、遡上した供試個体の標識を確認することにより、隔壁部を通過した時刻と遡上位置(左右岸越流部それぞれの側壁側、中央部、非越流部側の計6箇所)に分類)とした。

表-2 鮭の遡上調査方法

ケース	設定条件		個体数 (尾)	体長(cm)			体高(cm)			流量(m ³ /s)		水温 (°C)
	潜孔形状	越流水深		最長	最小	平均	最長	最小	平均	河川	魚道	
ケース1	両側開孔 (現状)	5cm	12	66	58	62	12	10	11	60.0	0.20	9.9
ケース2		10cm	25	71	60	66	15	11	14	49.3	0.33	8.4
ケース3		15cm	9	76	62	68	17	13	14	51.5	0.45	9.8
ケース4	片側閉塞 (交互)	10cm	12	88	54	68	17	12	14	53.8	0.25	6.9
ケース5		15cm	13	70	70	70	17	17	17	46.1	0.37	7.8
ケース6		20cm	7	68	59	64	15	14	15	42.9	0.47	7.7

a. 遡上状況

各ケースの1段当りの遡上時間の平均値を、図-3に示す。越流水深については、一般に体高の2倍程度が妥当であるといわれており今回の鮭の体高からすると26cm程度必要となるが越流水深が5cmでも遡上している。これは、魚道の形状が鮭の遡上に対し有効であるといえる。また、越流水深が大きくなるほど遡上時間が早くなっており、遡上のためには、水深が関係することが分かるとともに、15cm以上の差が小さいことから現状の設計水深15cmは妥当であったと考えられる。

次に各ケースで最も高い位置まで遡上した供試魚の追跡結果を図-4に示す。

各個体の遡上状況は、到達点に近い14~16段目に注目するとトータルの遡上時間はほぼ等しくなっている。また、連続して魚道を遡上している段数は、6段~8段程度であり、プール内で休息した後に再度遡上していることが分かる。

このことから、同種の魚道の設計においては1/8程度の勾配の場合には、鮭が休息できる現状のプールが効果的であることが分かる。

b. 隔壁部の遡上行動

隔壁上の遡上箇所の頻度を図-5に示すが、各ケースとも

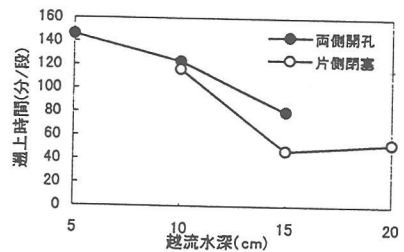


図-3 越流水深と遡上時間の関係

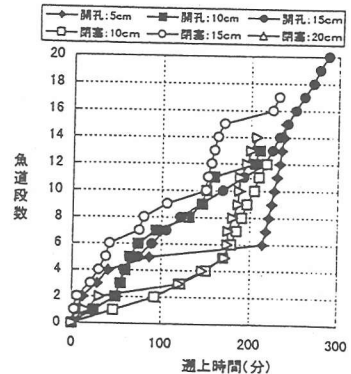


図-4 遡上追跡結果

魚道側壁側と中央部を遡する供試魚が多かった。これは鮭が越流部を遡上するとき、プール中央部の静穏域からではなく、越流水に対し正の走流性による性質と隔壁下流部の側壁側付近で発生する湧昇する波（スタンディング・ウェーブ）が鮭の跳躍に有利にはたらくためであると思われる。

次にビデオ撮影による鮭の隔壁部跳躍状況を写真一2に示す。ビデオ撮影結果によると鮭の遡上時の隔壁部跳躍行動は、以下の3パターンであった。

- ①：隔壁落水部から水脈中を遡上する。
- ②：隔壁落水部下流側から跳躍し直接上段プールに飛び込む。
- ③：隔壁落水部から水脈中を跳躍後、横倒しになって上段プール倒れ込むように入る。

また隔壁の跳躍に失敗するのは、以下の3パターンであった。

- ①：隔壁落水部から水脈中を遡上するものの、尾びれが水面から出ると推進力を失って落ちる。
- ②：隔壁落水部下流側から跳躍後、魚道側壁に激突する。
- ③：隔壁落水部から水脈中を跳躍後、横倒しになって落ちる。

鮭の遡上状況に関する調査した事例が少ないため正確な理由は分からないが、現地での観測から、跳躍の失敗原因としては、①と③の場合は、越流水深が浅く上流に突進できないためであり、②の場合は、隔壁直下の水流の乱れで方向性を失うためであると思われる。

5. おわりに

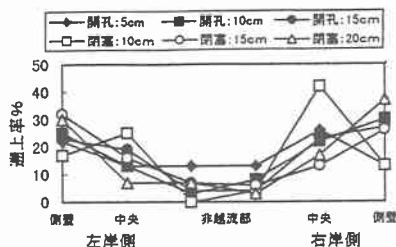
本調査により得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 魚道における鮭の遡上時間は、12時～18時の日中に集中している。
- ② 鮭のような大型魚は、越流部からの遡上がほとんどであり、潜孔部の効果は少ない。
- ③ 1/8程度の魚道勾配では、6～8段毎に鮭が休息するため、各段に設けているプールが有効にはたらくている。
- ④ 鮭の隔壁部の遡上には越流水深および流況が大きく影響し、現設計形状および越流水深15cmは妥当であると考えられる。

今回は、アイスハーバー型魚道の鮭の遡上特性についてまとめたものである。これまで魚道において遡上状況を確認した事例があまりないため、今後は、アユやヤマベなどの小型魚についても遡上調査を実施するとともに、魚道内の流況を詳細に解析し、魚類の遡上特性に適した魚道の検討を進め、今後の魚道設計に反映させる予定である。

参考文献

- 1) 広瀬利雄、中村中六 (1991) 魚道の設計
- 2) 中村俊六 (1995) 魚道のはなし、魚道設計のためのガイドライン
- 3) 中村俊六、東信行 (1996) 魚道及び降下対策の知識と設計
- 4) 高野準 (1993) 北米における水力発電設備と地域との関わりについて
- 5) 北電興業 (株) (1994) 河川環境調査 (魚道調査)
- 6) (財)ダム水源環境整備センター (1996) 河川環境調査



図一五 隔壁の遡上箇所別状況



パターン③-1. 隔壁落水部下流側から跳躍し、



パターン③-2. 隔壁上へ落下、

写真一2 隔壁部跳躍状況