

小規模河川における結氷面下の流速分布

Velocity Distribution Under the Ice Cover on Small River

山崎 誠*, 小山 俊**, 平山 健一***, 杉田 誠****

By Makoto YAMAZAKI, Suguru KOYAMA, Ken-ichi HIRAYAMA, Makoto SUGITA

The rivers in Hokkaido, which are situated in a snowy and cold region, contain a large quantity of flowing frazil slush and accumulation of it.

We set an ice control structure to prevent influx of frazil slush into the intake of hydroelectric power station for last three years.

This paper reports observation of hydraulic and meteorological conditions, the development of ice cover, velocity distribution under the ice cover and daily change of river discharge.

Keywords: frazil slush, river discharge, velocity distribution, supercooling

1.はじめに

積雪寒冷地の河川、特に北海道のほとんどの河川では、冬期間結氷の発達、フラジルアイスの流下および蓄積がみられる。筆者らは1992年から3年間、北海道電力(株)仁宇布川発電所において、流氷雪の流入を防止するための対策工を設置し、人工的にアイスダムを形成させ、氷板の形成過程、結氷面下の流速分布を観測するとともに気象・水象の観測を実施した。また、発電所上流のペンケニウップ川(源流から取水堰まで 約20km、流域面積 159km²)では、冬期間フラジルスラッシュの蓄積・流下により河川流量が大きく日変化していることが観測されたので、それらの結果について報告する。

2.流氷雪流入防止対策工と結氷板の発達過程

流氷雪により過去3回水圧鉄管閉塞事故が発生した仁宇布川発電所(最大出力1,850kW、使用水量7.13m³/s)において、取水堰の上流310mの位置(図-1参照)に流氷雪流入防止対策工(防氷フェンス)を設置した。これにより形成された小規模の池(上池)と本来の取水堰の池(下池)の2カ所について、測線20m毎に結氷率、結氷面の高さ、氷厚を測定した。上池の結氷面高さの変化を図-2に示す。

-
- | | | | | | |
|------|-----|--------|-----------|------------|------------------------|
| * | 正会員 | 工修 | 北海道電力株式会社 | 土木部 | (〒060 札幌市中央区大通り東1丁目) |
| ** | 正会員 | | 北海道電力株式会社 | 総合研究所 | (〒004 札幌市豊平区美しが丘4条9丁目) |
| *** | 正会員 | Ph. D. | 岩手大学教授 | 工学部建設環境工学科 | (〒020 盛岡市上田4丁目3-5) |
| **** | | | 北電興業株式会社 | 技術部 | (〒060 札幌市中央区北1条東3丁目) |

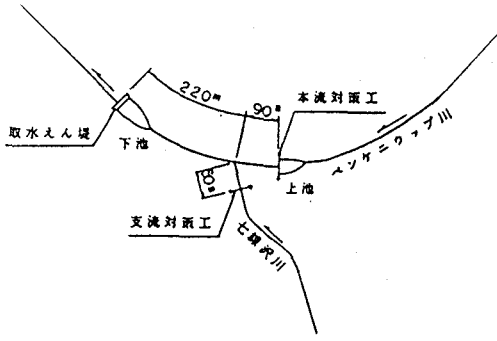


図-1 対策工設置位置

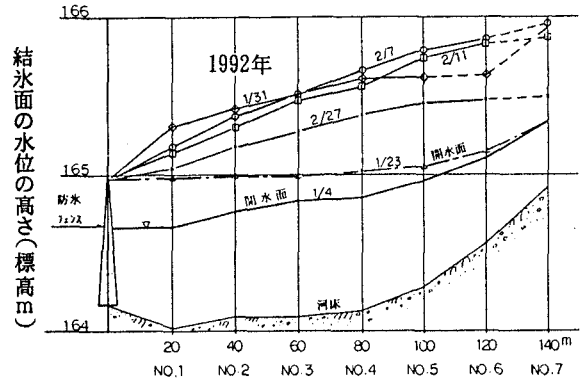


図-2 上池における結氷面の変化

1月下旬から2月までの結氷期間においては、フラジルスラッシュの蓄積・減少により結氷面の高さが変化し、1月31日～2月7日に最大の高さを示す。この変化は、図-3(中段)に示す過冷却ダイアグラム(氷点下の水温(ACTIVE)が発生した時間数とそれ以上の水温(PASSIVE)が発生した時間の比較)において、1月下旬から2月上旬までのACTIVEな状態が結氷および流氷雪の成長を促し、2月中旬の完全結氷期間から非結氷期間(部分的に解氷)となる3月上旬までのPASSIVEな状態がフラジルスラッシュの蓄積量を減少させていることを意味している。

3. フラジルスラッシュの蓄積と流速分布

対策工設置位置の上流における結氷板の形成、その下部に蓄積するフラジルスラッシュの形状、流速分布について、対策工設置位置の上流20m(NO.1測線)、60m(NO.3測線)において、対策工設置前の1992年12月から1993年2月26日まで4回観測した。図-4に2測線の流速分布の観測結果を示す。

表層氷も複雑に変化するが、フラジルスラッシュの蓄積形状も複雑に変化している。特にNO.3測線(図-4の右側)に示すように、フラジルスラッシュは河川の中央部で表層氷より河床に向かって堆積する。また、フラジルスラッシュの増加・減少により氷板が上昇・下降し、2月11日に最も高くなっている。この結果、流水は氷板、フラジルスラッシュと河床との狭い範囲を流れることになる。流心は兩岸との接岸部に偏り、卵を立てたような複雑な流速分布形状を有する管水路の流れを呈する。

4. フラジルの生成と河川流量の変化

図-3(下)に、河川流量の変化および日単位の流量変動率 $((Q_{\max} - Q_{\min}) / Q_{\text{ave}})$ を示す。なお河川流量は、発電所の時間毎の使用水量から求めたものである。岸氷の発達する結氷初期の1月と、結氷板が一部解氷し非結氷状態となる3月の変動率が大きく、完全結氷状態となる2月は変動率が小さい。これは、流下するフラジルがACTIVEな状態では河道における氷板などに付着滞留することによって河川流量に貯留がかかり、PASSIVEな状態でフラジルの蓄積が解放され、流下することによって河川流量が増加する現象が日単位で発生するためである。特に3月上旬は懸垂氷堰または閉塞氷により流水断面の狭まった区間が自然河道に生じ、時間流量は大きく変動する。また、流量が減少する一方で貯留により河川水位が上昇する区間も考えられ、通常実施している測水業務の水位-流量の関係式が、結氷期間は必ずしも成立しないことについて注意を払う必要がある。

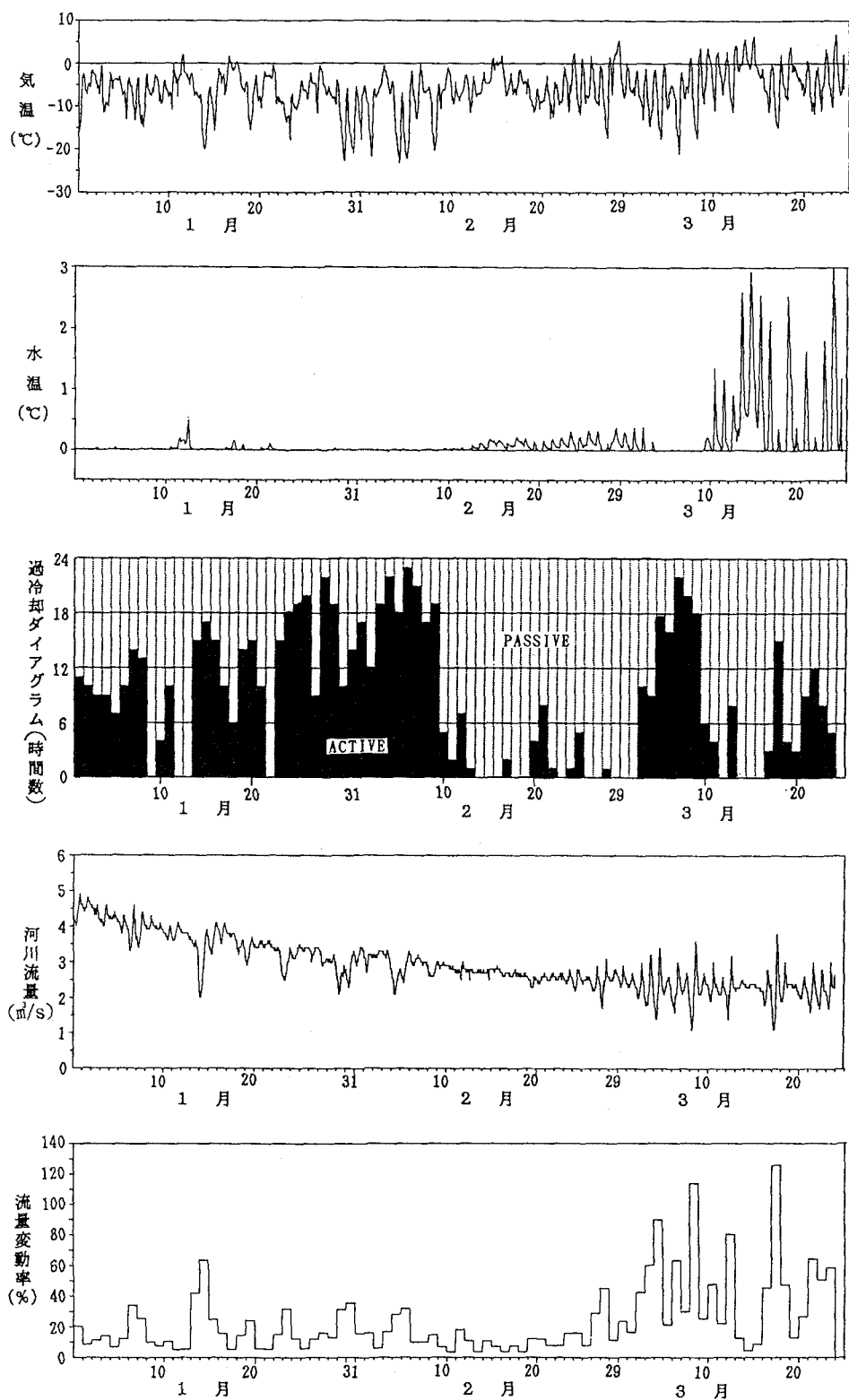
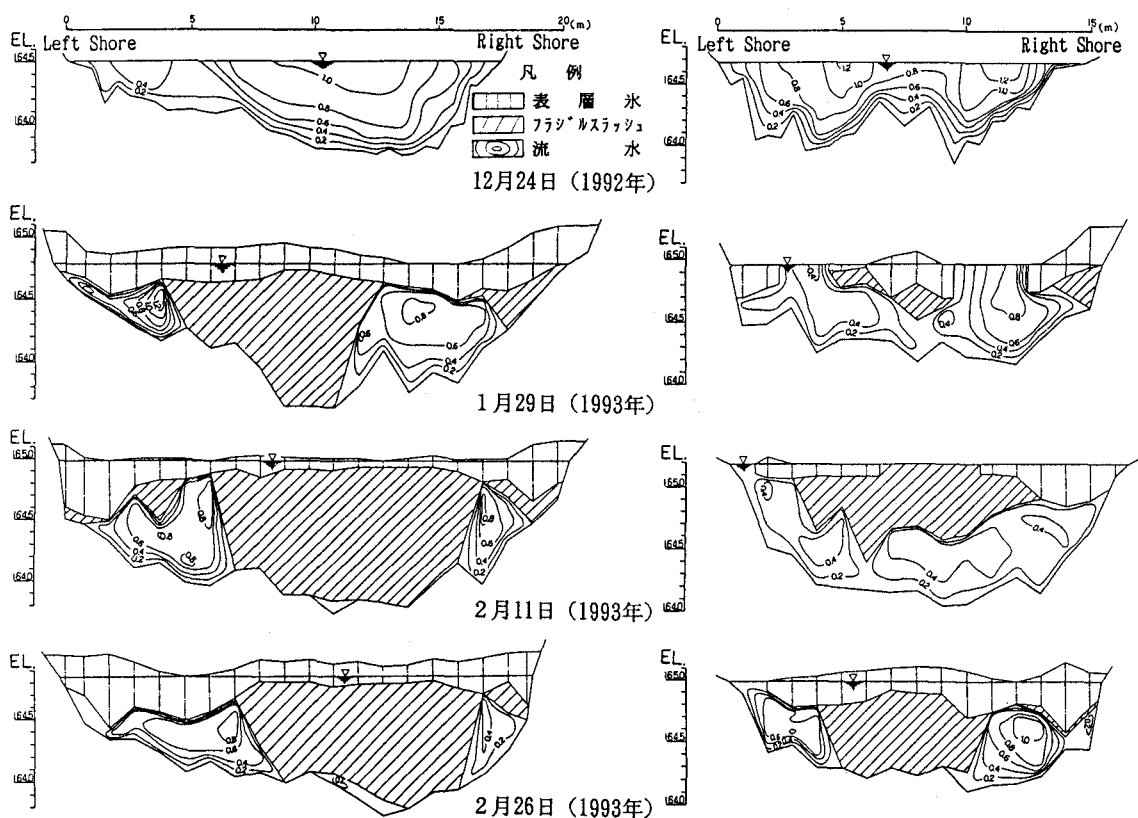


図-3 (上)気温・水温 (中)過冷却ダイアグラム (下)河川流量および流量変動率(1993年1月～3月)



対策工上流20m(NO. 1測線)

対策工上流60m(NO. 3測線)

図-4 フラジルスラッシュの堆積と流速分布

5.まとめ

今回の観測で得られた結果は次のとおりである。

- ① 流氷雪流入防止対策工を設置した3年間は、発電所取水口へのフラジルスラッシュの流入量はかなり減少しトラブルの発生が無かった。
- ② フラジルスラッシュ発生条件となるACTIVE/PASSIVEの状態を水温観測結果(白金測温抵抗体による水温計、記録計の測定分解能0.02℃)から明らかにした。
- ③ 小規模河川における結氷面下の流速分布の変化を明らかにした。
- ④ 冬期間にわたりフラジルスラッシュの蓄積・減少を繰返すが、日単位でも同様の現象が発生している。特に氷板が一部解氷し非結氷期間となる3月上旬は懸垂氷堰または閉塞氷の影響により河川の流量変動率が大きい。

参考文献

- 1) 峯田 稔, 山崎 誠, 平山健一, 杉田 誠 : 小規模寒冷地河川における流氷雪制御方法に関する研究, 水工学論文集第37巻, pp135-140, 1993
- 2) Mineta, M., Yamazaki, M., Hirayama, K. : A Field Study of Ice Control Structure on River Rapids, IAHR Symposium on Ice, Norway, 1994
- 3) Perham, R. E. : Preliminary Study of a Structure to Form an Ice Cover on River Rapids during Winter, IAHR Symposium on Ice, Iowa, 1986