

CTC 931107

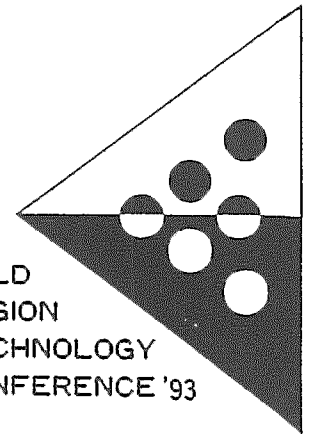
フラジルスラッシュの滞留状況に関する研究

- 宮 昭彦 (岩手大学工学部)
- 小林 正隆 (")
- 笹本 誠 (")
- 堺 茂樹 (")
- 平山 健一 (")
- 山下 彰司 (北海道開発局開発土木研究所)

Accumulative Frazil Slush Under the Ice Covered

- A.Miya (University of Iwate)
- M.Kobayashi (")
- M.Sasamoto (")
- S.Sakai (")
- K.Hirayama (")
- S.Yamashita (Civil Engineering Research Institute)

COLD
REGION
TECHNOLOGY
CONFERENCE '93



1 はじめに

北海道など積雪寒冷な地域の河川では、冬期に外気温により乱流域の水温が百分の数度の過冷却になった場合、フラジルと呼ばれる微小な氷の粒が発生し、その粒が流下していくにつれて互いに付着してフロック状となり浮力を得て水面に上昇していく。そして、フラジルスラッシュ、さらにパンケーキアイス等に発達していく。フラジルスラッシュは開水面に滞留し固化して全面結氷を生じる原因となったり、結氷板形成後は結氷板下に滞留してアイスダムを形成して流れを妨げ、河川の流積を狭めて水位の上昇を引き起こしたりする。フラジルスラッシュの流下は河川結氷には不可欠であり、河川の結氷時期に大きな影響をもたらす。そのためフラジルスラッシュの性質を知ることが重要となる。

本報告では、北海道の天塩川水系の流量観測データをもとに、結氷前後の流況の変化の比較検討し、実験水路において流速の変化による滞留状況の変化について検討した。

2 北海道の河川結氷状況

北海道は最大積雪寒度の分布(図-1)や1月の平均降雪量(図-2)からもわかるように積雪寒冷地であり、冬期には河川の結氷がみられる。図-3は山下と平山による北海道の河川結氷図を示している。12月下旬頃から留萌川、鶴川、沙流川下流、十勝川下流、天塩川下流より河川の結氷が始まり、3月に入ると道南やオホーツク海側の河川下流部、十勝川上流部から開氷していく。天塩川、留萌川などの道北の河川や渚滑川、湧別川、常呂川などのオホーツク海地方の河川で結氷率が高くなっている。

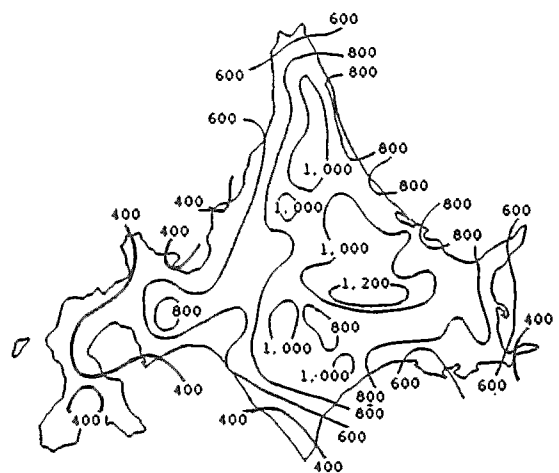


図-1 北海道の最大積算寒度分布図

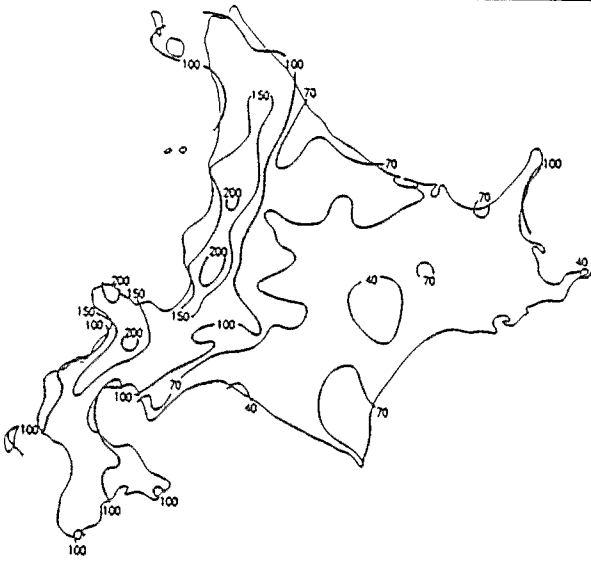


図-2 北海道の1月平均降雪量

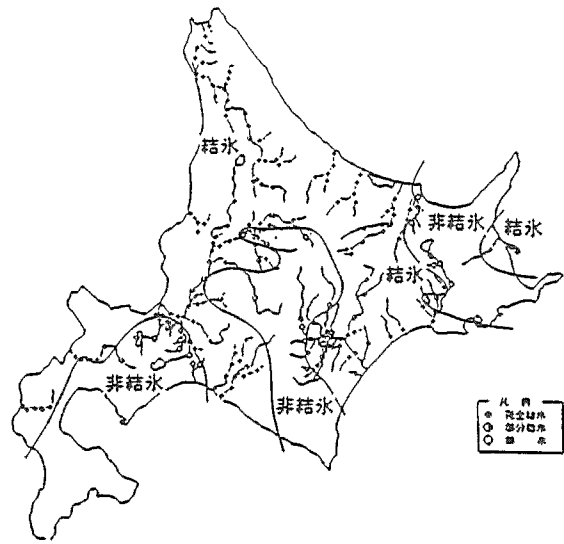


図-3 北海道の河川結氷図

北海道では、一般に次の2つのタイプの形態が観測されている。

① Dynamic ice formation

多量のフラジルスラッシュ、パンケーキアイス、雪泥等が流下していて、それらが固化してできるような穏やかな水理条件をもった時に、河川に滞留し、すぐに全面結氷を形成する結氷過程で、そのため、氷板表面が粗くなっている。

② Static ice formation

流速が速く、フラジルスラッシュ等が滞留せず氷板は形成されないが、緩流部である岸に沿ってのみ氷が張り出し、岸氷が発達していく。岸氷はゆっくり発達するので氷厚は一様ではなく、岸に近づくほど厚くなる。

流量観測所の観測データより12月の日平均気温と河床勾配からDynamic ice formation と Static ice formationはおおよそ図-4のように区別される。

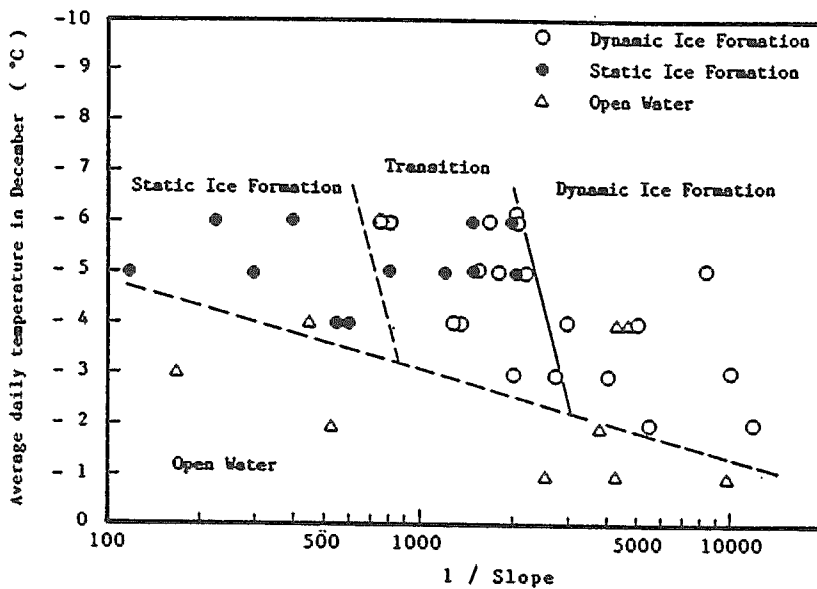


図-4 Dynamic ice formation と Static ice formation の判別

第9回寒地技術シンポジウム (1993)

また、沙流川、網走川、天塩川の3河川の測線流速におけるフラジルスラッシュの滞留の有無をみると、 0.8 m/s を越えると滞留がほとんどみられなかった (図-5)。

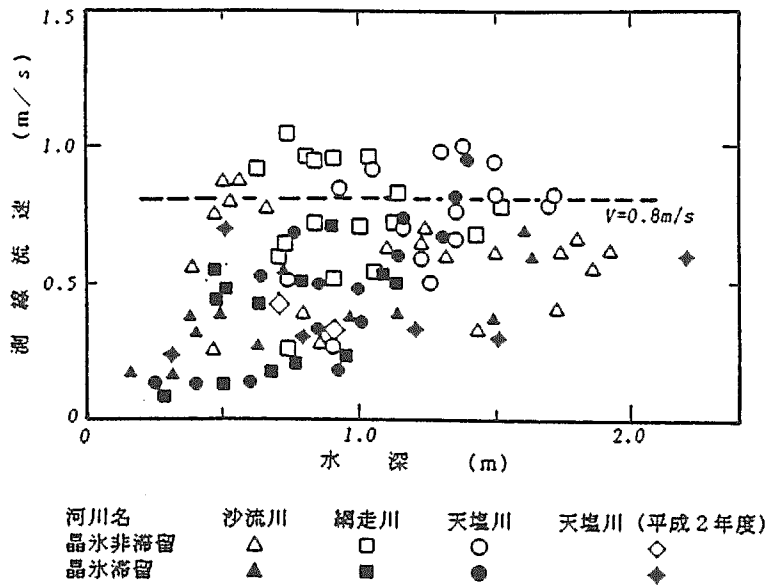


図-5 北海道河川の晶氷滞留限界速度

3 結氷前後の流況変化

平成2年度に北海道北部に位置する天塩川の河口より58.80kpの誉平観測所と94.20kpの茨内観測所で行われた流量観測データをもとに、結氷前後の流況変化を比較検討する。ここでの12月から3月までの月平均気温は約 -7°C である (図-6)。

表-1 にそれぞれの観測所における結氷前後の水理条件を示す。

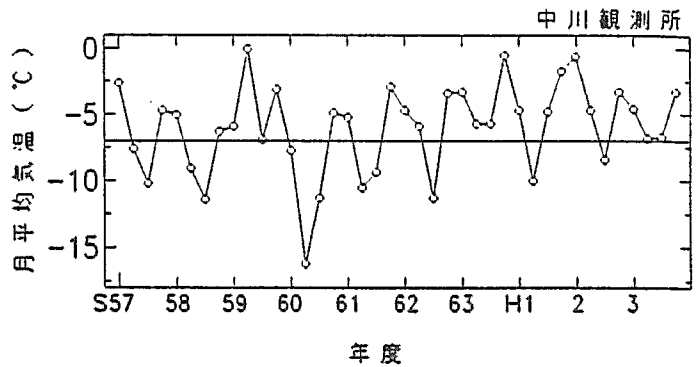


図-6 中川郡の月平均気温 (12月~3月)

表-1 水理条件 (誉平・茨内)

流量観測所	誉平		茨内	
	日付	日付	日付	日付
日付	12月19日	1月24日	12月18日	2月14日
流量 (m^3/s)	115.55	69.67	77.92	73.58
流下有効断面積 (m^2)	130.94	115.09	179.29	106.57
水位 (m)	9.12	10.32	36.24	37.30

第9回寒地技術シンポジウム (1993)

誉平観測所では、流下有効断面積は結氷前後でほぼ同じであるが流量比は低下しており、結氷およびフラジルスラッシュの滞留による摩擦抵抗の増大が考えられる。フラジルスラッシュは河川中央部に大量に滞留し、結氷後の流れの主流部は中央やや左側から兩岸近くへと移動し、平均流速は結氷前より小さくなっているが、 0.90 m/s を越えている。また、結氷前後で著しい水位の上昇がみられる(図-7)。

茨内観測所では、流量比はほぼ同じであるが流下有効断面積が結氷後小さくなっている。フラジルスラッシュは結氷前に主流部であった河川中央部に滞留するが、右岸近くで開水面が存在するため主流部がこの場所になり、流速が2倍程度になっていることが原因と思われる。ここでも、結氷後著しい水位の上昇がみられた(図-8)。

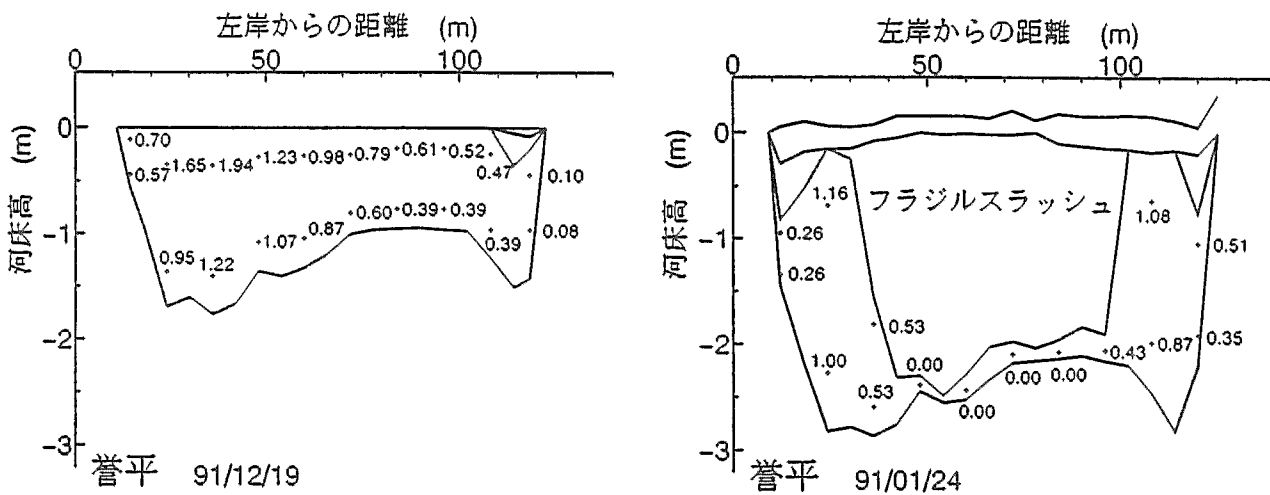


図-7 結氷前後の流況変化(誉平)

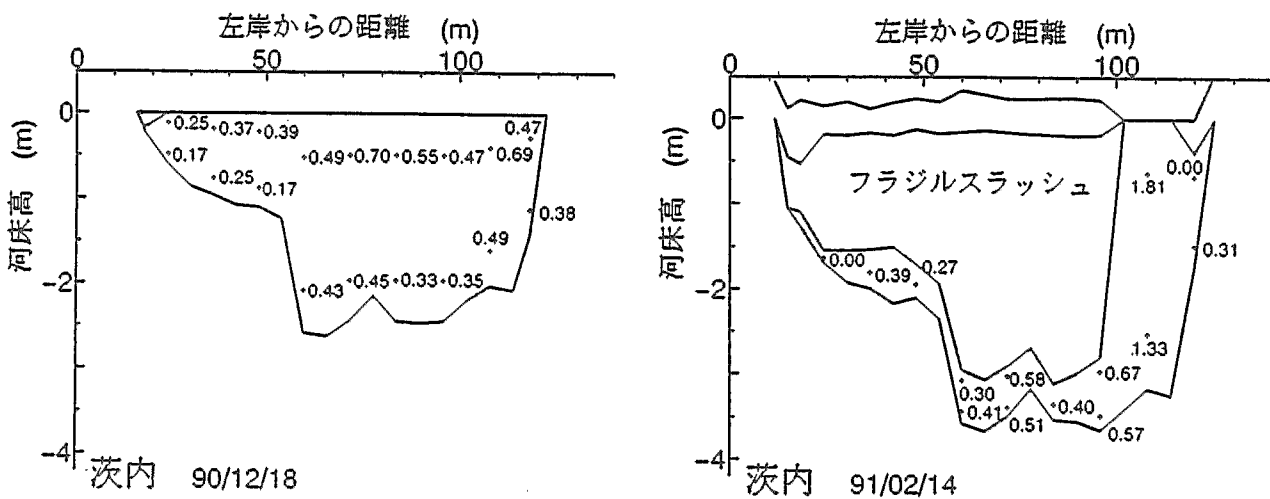


図-8 結氷前後の流況変化(茨内)

4 模型実験による滞留状況

実河川における全面結氷時のフラジルスラッシュの滞留状況を把握するために、室内実験を行った。実験には全長700.0cm、幅30.0cmの矩形断面水路を用いた。水路側面はガラスで、水路底面はペンキで塗布した鉄板である。模型氷板は透明なアクリル板、模型氷粒には氷に非常に近い比重をもつポリプロピレン粒子を用いた。ポリプロピレン粒子は比重0.90、粒子1個の平均質量は0.25mgの赤血球型の形状をもち、粒子の体積を球に換算するとその直径は0.375cmになる。

最初に模型氷板を設定し、上流部より模型氷粒を投入して、流速を変化させて滞留状況を調べてみた。流速の変化による滞留状況は、流速が速くなるにつれ次のように変化していく。

- ①氷粒が氷板下に入らず上流部へ発達する(図-9上)。
- ②氷粒は氷板下に入るが途中で止まり平衡状態になり、上流部へ発達する。
- ③氷粒は氷板下に入り切れ目なくゆっくり流下していき、上流部へ少しずつ発達していく(図-9中)。
- ④はじめは氷板下に入り切れ目なく氷粒が流下しているが、上流部には発達せず、途中で先端が切れ、塊となって流下していく(図-9下)。
- ⑤すぐに氷板下に入りそのまま流下していく。

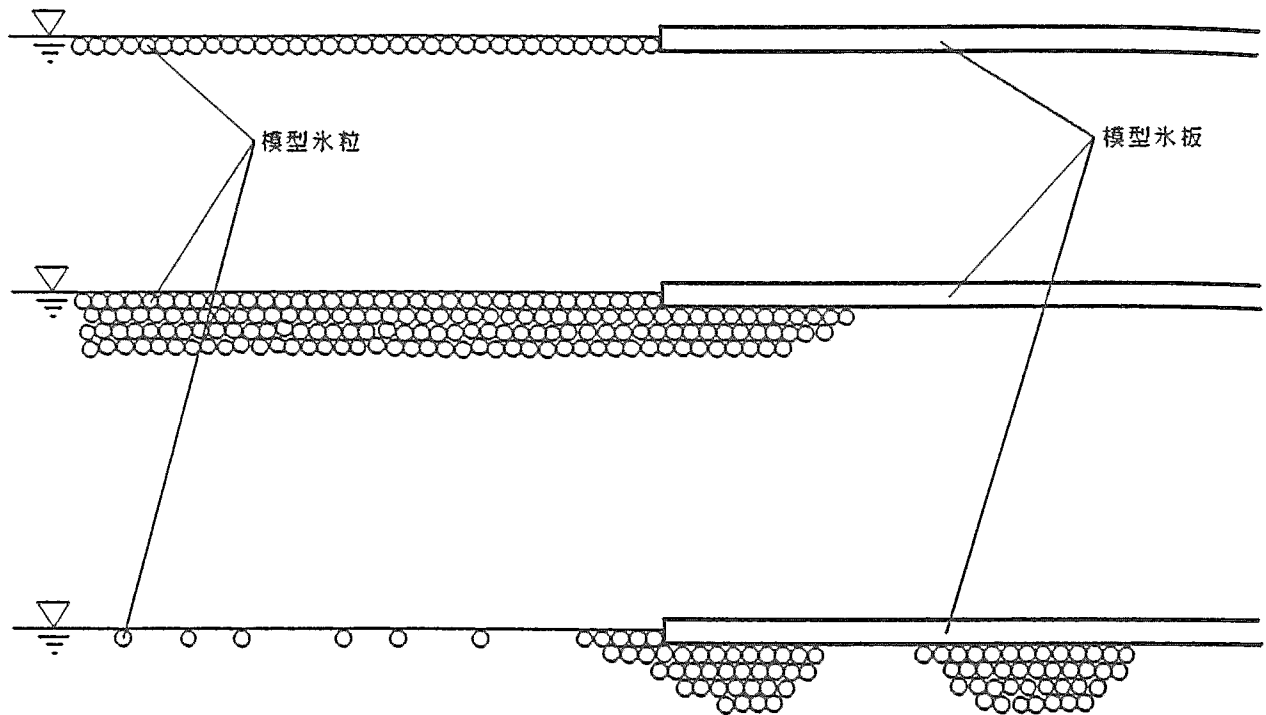


図-9 流速の変化による滞留状況側面図

①～③の滞留状態で固化し全面結氷を形成するのは、実河川で観測されたDynamic ice formationの状態であり、④～⑤の非滞留状態がStatic ice formationの状態であると考えられる。その結果、図-10のように 0.24 m/s を境界にして区別された。実験結果では流速が 0.24 m/s で区別されたが、実河川では粗度が大きく、流下してくるフラジルスラッシュ等の形状が一様でないので実験値よりも速い流速で区分されると予想される。

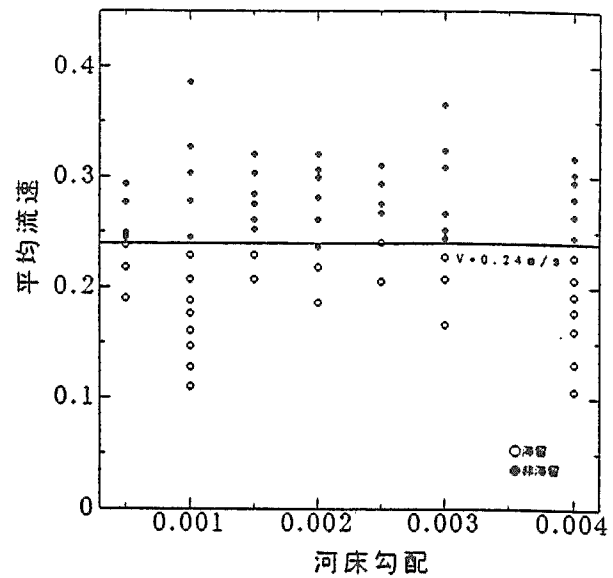


図-10 滞留限界平均流速

5 あとがき

本報告では、2カ所の流量観測所について開水面から結氷河川に変化することによる流況の変化について検討してみたが、両観測所とも開水面の流れで主流部となる箇所によく滞留する傾向や結氷前後での著しい水位の上昇がみられた。また、模型実験では、流速により滞留と非滞留がはっきりと区別された。今後は、水路断面を変化させ、主流部の位置の変化による滞留状況について検討していくつもりです。

参考文献

- (1) Yamaguchi, H., K. Hirayama: "Measurements of Flow Velocity under the ice cover", Proc. of IAHR Ice Symp., pp.1155-1170, 1989.
- (2) 山下彰司, 平山健一: 北海道における河川の結氷特性と結氷下の水理特性について 開発土木研究所月報 vol.480, pp.2-16, 1993