

実氷の枚数と形状が堰周辺のアイスジャム現象に与える影響

北見工業大学工学部 学生員 ○山田隆司
 北見工業大学工学部 正員 吉川泰弘
 北見工業大学工学部 学生員 小池太郎

表-1 実験条件

		流量 Q(L/s)	氷体積 A(cm ³)	水温 °C
ケース 1	100枚	1.899	928	11.6
ケース 2	200枚	1.899	1856	11.6
ケース 3	300枚	1.899	2784	11.6
ケース 4	600枚	1.899	5568	13.6
ケース 5	1回目	1.899	5568	15.5
ケース 6	2回目	1.899	5568	13.4

1. はじめに

寒冷地河川では、河水が下流へと流れ河道内で堆積することによりアイスジャムが発生し、水位が急激に上昇して災害が発生する。アイスジャム発生箇所の内、堰周辺によるアイスジャム現象は十分には解明されていなかったが、既往研究¹⁾により限界水深より氷模型厚が厚い場合にアイスジャムが発生し、限界水深よりも氷模型厚が薄い場合にアイスジャムは発生しないことが推察されている。

本研究では、さらにアイスジャム現象の知見を得るために、実際の氷を用いて、限界水深よりも一枚の氷の喫水が薄い条件において氷の枚数が異なる実験と氷の体積が同一で氷の形状が異なる実験を実施した。

2. アイスジャム実験

2.1 実験条件

実験の水路形状(水路長 14.5m, 水路幅 0.3m), 下流端から 6.5m の位置に堰(高さ 0.08m)の設置, 計測箇所等については既往研究¹⁾と同様とした。実験は表-1 に示す 6 ケース実施した。実氷(1 枚 4cm×4cm×0.58cm)の投入枚数を 100 枚から 600 枚に変化させた 4 ケース, 600 枚のケースと同一体積の氷塊を任意にハンマーで破碎させた 2 ケースとした。実験では、水深の経時変化, 基点を通過する氷塊の氷厚, 実氷の流下速度を計測した。なお, 2018 年 3 月に辺別川で発生したアイスジャムを参考にして流量及び実氷サイズを設定した。限界水深は 1.78cm である。水温計は実験水路の下流端から 4.5m の位置に設置した。

氷塊を任意にハンマーで破碎させたケースについて述べる。氷塊は 3 つのアルミ製のバットを用いて作製した。それぞれ 32.5cm×23.5cm×5cm に沸騰水 3068ml, 32.5cm×24.5cm×5cm に沸騰水 1500ml, 25.5cm×19cm×3.5cm に沸騰水 1000ml を注いで冷凍庫で凍らせて任意にハンマーで砕いた。破碎した氷を目測で大中小に偏りが無いように選別し, 長径, 短径, 厚さを測定した。1 回目では 24 サンプル取り, 長径平均 9.6cm, 短径平均 5.9cm, 氷厚平均 3.1cm であった。2 回目では 19 サンプル取り, 長径平均 11.7cm, 短径平均 6.3

cm, 氷厚平均 2.7cm であった。氷厚は堰の限界水深よりも厚い。

実氷の投入方法は、堰より上流 1m と上流 1.3m の間の位置に金網 2 枚で実氷を停滞させ、金網を外すことによって流下させる方法とした。この方法とした理由は、現地調査より推測された現象である堰上流の砂州に河水が堆積したのちに再流下したことを想定しているためである。

2.2 測定方法

水深, 流下時の氷塊の氷厚, 実氷速度を測定するために、ハンドヘルドカメラ (DJI 社製 Osmo Pocket) を 3 か所に設置した。堰の上部に平面撮影として 1 台, 堰より 1m 上流の氷投入位置の上部に平面撮影として 1 台, 堰より上流に側面撮影として 1 台を設置した。この側面撮影において、画像内にスケール(堰より上流 0.4m)を設置し、映像より水深と氷塊の氷厚を 1 秒毎に目測にて判読した。実氷速度の計測は市販のソフトウェア(カトウ光研株式会社製 FlowExpertD2C)を用いて PIV 解析により求めた。解析は堰から上流 16cm, 水路幅 30cm の区間の 480cm² の範囲において行い、この範囲の平均値を実氷速度とした。

3. アイスジャム実験における水深, 氷速度

3.1 水深の経時変化

水深変化において、実氷枚数 100 枚, 200 枚, 300 枚, 600 枚の計 4 ケースの結果を図-1 に示し, 氷塊破碎の計 2 ケースの結果を図-2 に示す。

限界水深(1.78cm)よりも実氷厚(0.58cm)が薄い条件の実氷枚数変化の計 4 ケースの実験において、アイスジャム現象

キーワード 寒冷地河川, 結氷河川, アイスジャム実験, 実氷, 堰

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 TEL 0157-26-9481

は発生しなかった。一方で、図-1 より実氷枚数が増加するに従い水深が上昇した。本実験において、実氷枚数が増加する場合、言い換えると氷量が増加する場合、アイスジャムが発生しなくとも実氷流下時に水深が上昇する。

実氷枚数 600 枚 1 ケースと氷塊破碎 2 ケースは、氷の体積が同一であるが氷の形状が異なる。図-1, 2 の同一氷体積のケースの最大水深を順にみると、11.26cm, 11.16cm, 11.26cm であり、その差は 0.1cm と小さい。一方で、アイスジャムが発生している氷塊破碎実験では、実氷枚数 600 枚と比べると上昇水深の継続時間が長い。氷体積が同一の場合、水深の上昇量は同一になるが、アイスジャムの発生と非発生については実氷の形状の影響が大きいことが推察された。

3.2 実氷の流下速度

実氷枚数を変化させた実験の実氷の流下速度の結果を図-3 に示す。実氷速度が 0.5cm/s に達した時の時間は、実氷枚数 100 枚で 8.2 秒、200 枚で 5.9 秒、300 枚で 4.5 秒、600 枚で 1.2 秒である。なお、流下時の氷塊の氷厚の最大値は、実氷枚数 100 枚で 1.3cm, 200 枚で 3.7cm, 300 枚で 4.8cm, 600 枚で 5.5cm である。本実験において、実氷枚数が増加する場合、言い換えると氷量が増加する場合、実氷の到達速度が速くなり氷塊の氷厚が厚くなる。図-3 の最大速度は、実氷 100 枚で 11 秒の時 2.3cm/s, 200 枚で 13 秒の時 6.0cm/s, 300 枚で 13 秒の時 5.6cm/s, 600 枚で 6 秒の時 2.5cm/s である。本ケースの中間の枚数 200 枚と 300 枚で最大速度が現れた。この要因として、氷体積の大きい方が速度は速いが、堰を通過できる氷の枚数は限られるため、枚数が多くなるほど、堰上流部で一時的に堆積する実氷が増加し、平均速度が遅くなったことと推察される。

氷塊を破碎させた実験の実氷の流下速度の結果を図-4 に示す。氷塊破碎実験は 2 ケースともアイスジャムが発生しており、アイスジャム発生時は図-4 の速度が 0cm/s となる。最大速度は 2.1cm/s と 1.8cm/s であり実氷枚数 600 枚の値と近い。図-4 と図-2 を比較すると、速度が 0cm/s の時に水深が上昇し、速度が速くなると水深が下降している。これは、アイスジャムが発生すると実氷速度が遅くなり一方で水深が上昇し、アイスジャムが解消されると実氷速度が速くなり一方で水深が低下することを示している。

4. まとめ

堰周辺のアイスジャム実験を実施し以下の知見が得られた。実氷枚数が多いほど、水深は上昇し実氷の到達速度が速くなり氷塊の氷厚が厚くなる。実氷最大速度はある枚数までは速くなるが、さらに枚数が多くなると遅くなる。氷体積が同一の場合、水深の上昇量は同一になるがアイスジャムの発生と非発生については実氷の形状の影響が大きい。

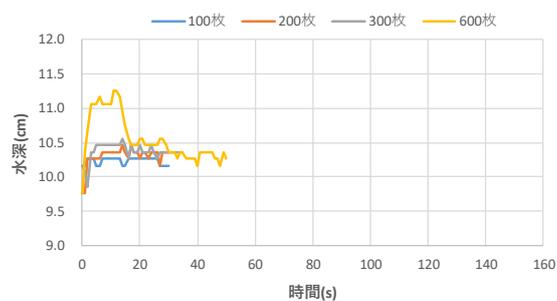


図-1 水深の経時変化 (実氷枚数変化)

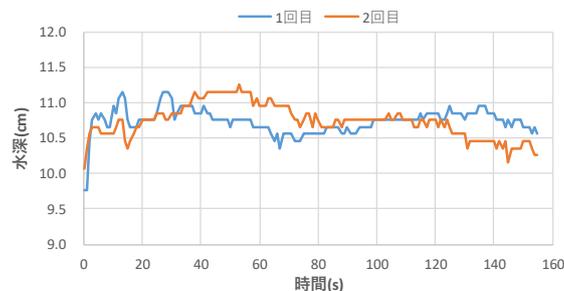


図-2 水深の経時変化 (氷塊破碎)

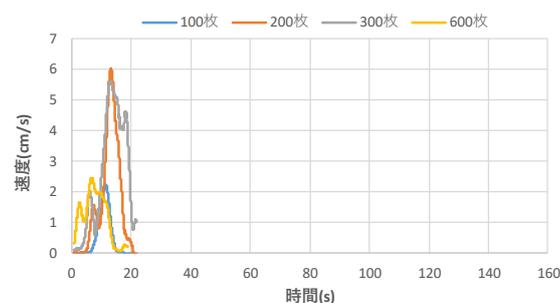


図-3 実氷の流下速度 (実氷枚数変化)

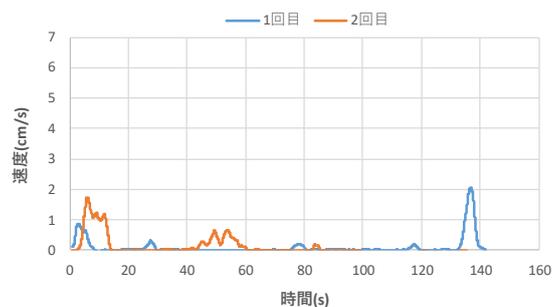


図-4 実氷の流下速度 (氷塊破碎)

謝辞：本研究は、新潟大学災害・復興科学研究所共同研究費（2019-23）の助成によって行われた。

参考文献

- 1) 山田隆司, 小池太郎, 吉川泰弘, 横山洋：堰におけるアイスジャム発生条件に関する実験的研究, 土木学会北海道支部, 年次技術研究発表会論文報告集, 第76号, 2020.