

新潟大学災害・復興科学研究所  
共同研究報告書

## 実氷を用いたアイスジャム実験手法の確立

吉川 泰弘<sup>1)</sup>, 安田 浩保<sup>2)</sup>, 山田 隆司<sup>3)</sup>, 小池 太郎<sup>2)</sup>

- 1) 北見工業大学・工学部・地域未来デザイン工学科・准教授  
2) 新潟大学・自然科学研究科・環境科学専攻・准教授  
3) 北見工業大学・工学部・社会環境工学専攻

### 研究要旨

本研究は、アイスジャム現象を解明することを念頭に置き、その第一歩として、実氷を用いたアイスジャム実験手法を確立する。堰におけるアイスジャム現象に着目して実験を実施し、現象の解明を試みた。実験の結果、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。

### A. 研究目的

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うち、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。しかし、本報告書のF. 研究発表, 2. 学会発表の1)の論文によって、堰周辺によるアイスジャム現象は、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た。この実験は実氷と同等の比重のポリプロピレンを用いている。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、実際の氷を用いた実験手法を確立し、堰周辺におけるアイスジャム現象について、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。

### B. 研究方法

表-1 実験条件

		流量 Q(L/s)	氷体積 A(cm <sup>3</sup> )	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) アイスジャム実験の条件

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, 計測箇所等の詳細については, F. 研究発表, 2. 学会発表の 1)に掲載した。実験条件は表-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砕させた 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。実氷の作製は、シリコンにより型枠を作成し、型枠内に沸騰させた水道水を注入し冷凍庫に入れて作成した。氷内に気泡が入らないように、出来るだけゆっくりと冷却した。

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 6.3cm, 氷厚平均 2.7cm であった。氷厚の平均値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氷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) 実験値の測定方法

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 FlowExpert2D2C)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 480cm<sup>2</sup> 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。

## C. 研究結果

### 1) 水深の経時変化

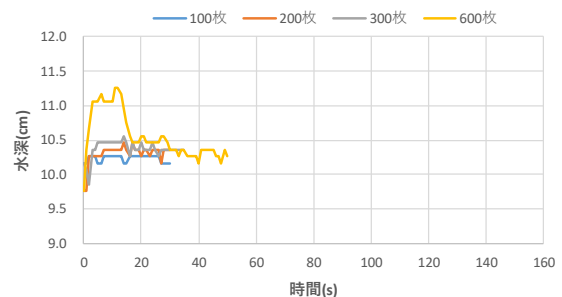


図-1 水深の経時変化 (実氷枚数変化)

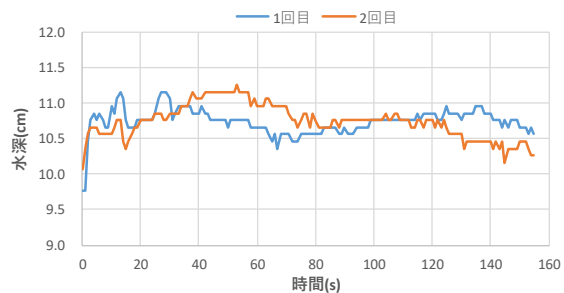


図-2 水深の経時変化 (氷塊破碎)

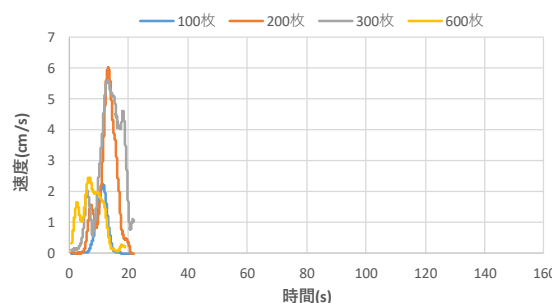


図-3 実氷の流下速度 (実氷枚数変化)

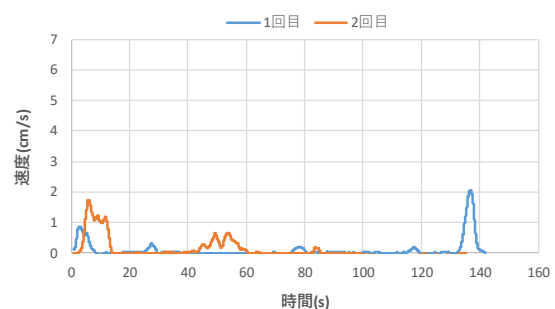


図-4 実氷の流下速度 (氷塊破碎)

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。

図-1 の限界水深(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、アイスジャム現象は発生しなかった。一方で、実氷枚数が増加するに従い水深が上昇し

た。

図-1 の実氷枚数 600 枚 1 ケースと、図-2 の氷塊破碎 2 ケースは、氷の体積が同一であるが氷の形状が異なる。この同一氷体積の 3 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。

## 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。

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。

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 枚の値に近い。

## D. 考察

### 1) 水深の経時変化

図-1 より、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。

図-1 と図-2 より、氷体積が同一の場合、水深の上昇量は同一になる。一方で、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。

### 2) 実氷の流下速度

図-3 より、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 において、実氷枚数 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くなるが、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。

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。

## E. 結論

実氷を用いたアイスジャム実験手法を確立した。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。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表 (学会名・発表年月・開催地なども記入)

- 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. 1 月, 札幌 (査読なし)
- 2) 山田隆司, 吉川泰弘, 小池太郎: 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, 土木学会, 年次学術講演会講演概要集, 第 75 回, 2020. 9 月, 名古屋 (査読なし, 発表予定)

## G. 知的財産権の出願・登録状況

なし