

2020年3月に網走川で発生したアイスジャム現象の観測

Observation of the ice jam phenomenon in the Abashiri River in March 2020

北見工業大学工学部	学生員	小池太郎 (Taro Koike)
北見工業大学工学部	学生員	高花清美 (Kiyomi Takahana)
北見工業大学工学部	正員	吉川泰弘 (Yasuhiro Yoshikawa)
寒地土木研究所	正員	横山洋 (Hiroshi Yokoyama)
北海道開発局	非会員	川邊和人 (Kazuhito Kawabe)

1. はじめに

北海道では気温低下に伴い多数の河川が年間約100日程度結氷する¹⁾。春先の気温上昇や降雨により解氷が進み、河水が破壊され流下し、河道内に堆積する。堆積した河水は融解及び流水などにより再度破壊され、下流で再び堆積することもある。河水変動現象の過程は①河水の形成、②河水の解氷(融解、破壊)、③河水の流下、④河水の堆積(アイスジャム)、⑤アイスジャムの決壊、⑥河水の再流下、⑦河水の再堆積と区分できる。

河水が堆積することで急激に水位が上昇し、氾濫、取水障害、雪泥流等の人的・物的な被害が発生する。過去²⁾には2018年3月北海道旭川市・上川郡美瑛町を流れる辺別川で、上流で堆積していたと考えられる河水が流下したことによって工事作業前の現場確認をしていた工事請負会社の現場代理人が河水とともに流れてきた雪と氷の塊に巻き込まれ死亡した事故が発生した。このような現象が発生した要因として、気温上昇と道内の季節外れの大雨等が考えられる³⁾。河川防災及び維持管理を行う現場では、アイスジャム現象による人的・物的被害を防ぐために、アイスジャム現象の解明が求められている。

既往研究では、現地観測、水理実験、再現計算が実施されており、以下のことが分かっている。アイスジャムは砂州、蛇行・湾曲部、勾配変化点、河川構造物、本川合流点付近といった流速が遅い箇所が発生する³⁾。アイスジャムによる水深の上昇は初期水深に対して約3倍と同程度である⁴⁾。狭窄部では河水が形成されるため、アイスジャムの規模を大きくする要因となる⁵⁾。一方で過去の現地観測の事例⁶⁾⁷⁾⁸⁾は事後調査のものが大半であり、

破壊、流下の事例は少ない。また、破壊、流下をとらえた現地観測の事例⁹⁾はあるが縦断的な長距離の現地観測は実施されておらず、再流下・再堆積の観測事例はない。

そうした中で、2020年3月に網走川において、まとまった降雨と気温上昇によりアイスジャムが発生した¹⁰⁾。このアイスジャム現象において、既存の施設を利用した複数の定点カメラにより河水の破壊、流下、堆積、再流下、再堆積を撮影することが出来た。

本研究では、2020年3月に網走川で発生したアイスジャムについて、図-1に示す観測水位、UAV画像、CCTV画像、及び気象データ、流下速度のデータを整理し、アイスジャム現象の解明を試みた。

2. アイスジャム発生前後の気象

図-2は2020年3月1日から3月16日の津別観測所、美幌観測所、女満別観測所における気温および日降水量、日降雪量である。津別観測所付近のアイスジャムは3月11日9時から12時に発生している。アイスジャム発生を3月11日11時に赤破線で示す。気温は8日以降プラスに転じ、9日および11日の最高気温は10℃以上となった。アイスジャム発生前日である10日は日降水量が20mmを達した。気温がプラスであることと、女満別観測所の10日の日降雪量は0mmであるため、津別観測所および美幌観測所の降水は雨である推測できる。

8日から11日にかけて気温上昇したこととアイスジャム発生前日に降水量が増加したことによって、河水が解氷されて下流へと流下し堆積したためアイスジャムが発生したと考えられる。

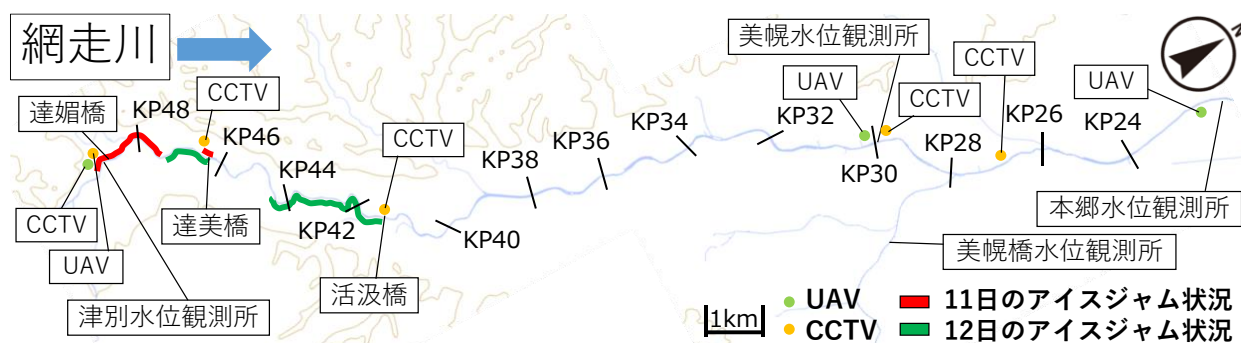


図-1 網走川の観測状況 (KP22 から KP49)

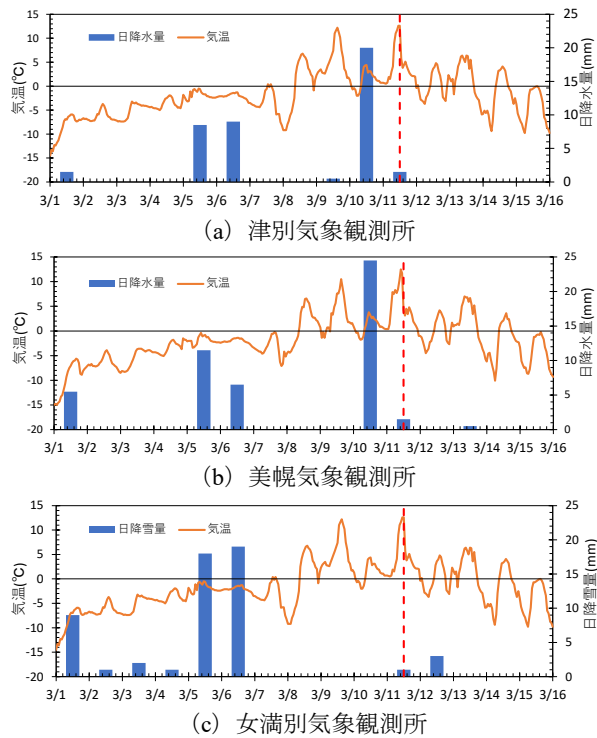


図-2 アイスジャム発生前後の気象

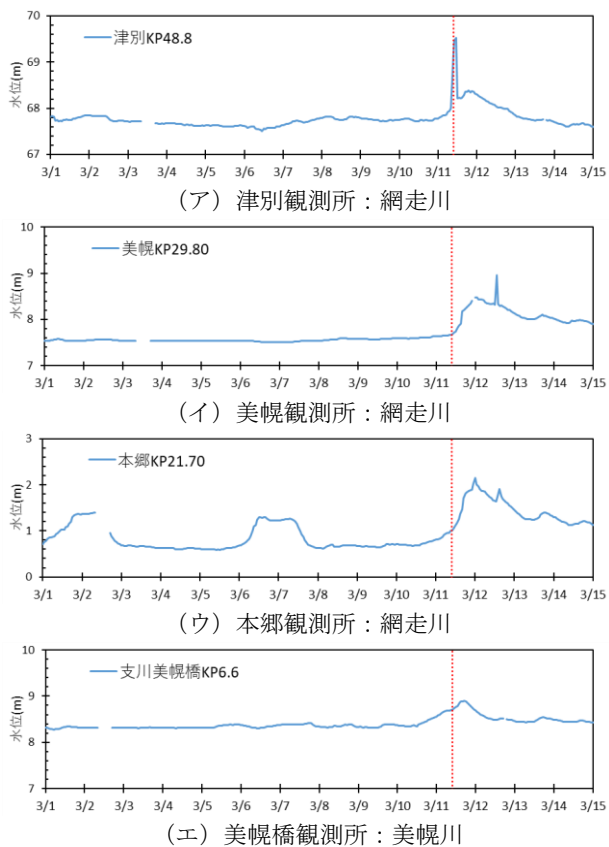
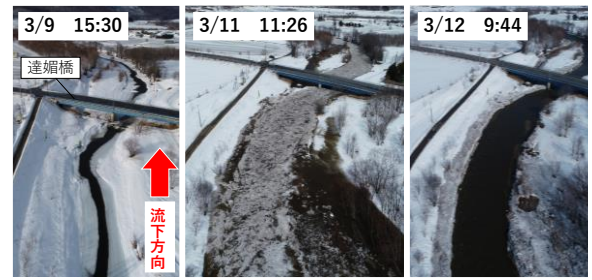


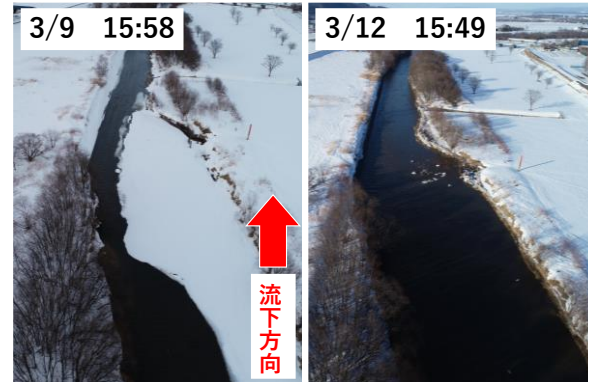
図-3 網走川と美幌川の観測水位

3. 観測水位

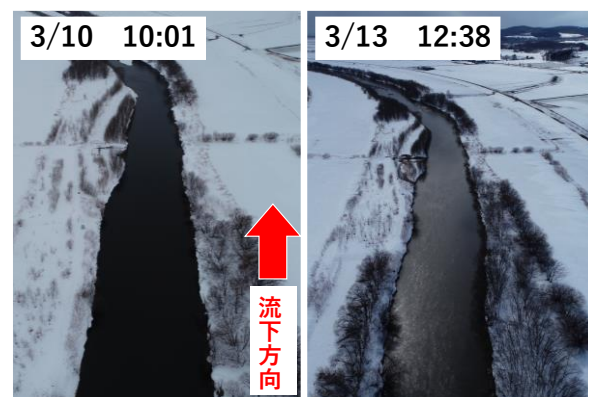
図-3 は 2020 年 3 月 1 日から 3 月 15 日の津別水位観測所 (KP48.8)、美幌水位観測所 (KP29.8)、本郷水位観測所 (KP21.70)、美幌橋水位観測所 (KP6.6) の 1 時間毎の観測水位である。なお KP は河口からの距離である。美幌橋水位観測所は支川である美幌川の観測所であ



(A) 達姫橋付近 KP49



(B) 美幌観測所付近 KP30



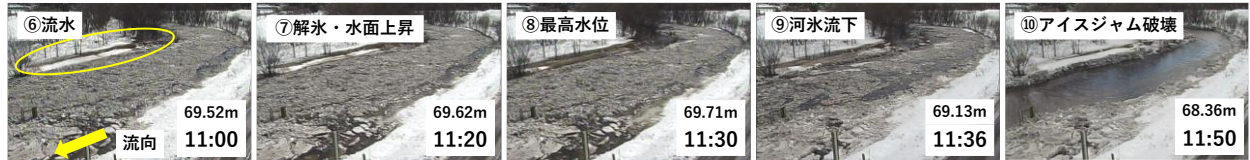
(C) 本郷観測所付近 KP22

図-4 UAV 空撮画像

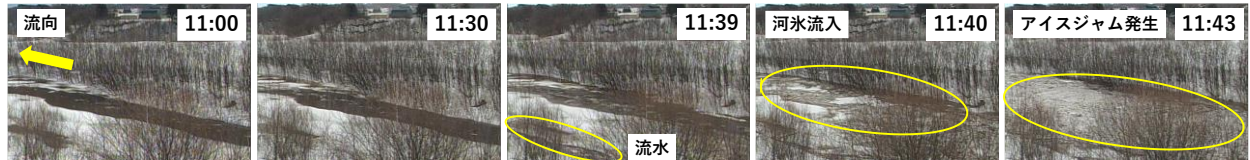
る。アイスジャム発生を 3 月 11 日 11 時に赤破線で示す。津別観測所では 3 月 11 日 11 時に最高水位 69.52m になり、3 時間で約 1.5m 水位が上昇している。約 19km 下流の美幌観測所では 3 月 12 日 13 時に最高水位 8.96m になり、1 時間で 0.6m 上昇している。美幌、本郷では 3 月 11 日 18 時頃から平常時水位より高くなっている。支川である美幌橋観測所は 17 時に最大水位 8.8m となり、平常時より約 0.5m 上昇していた。津別観測所では急激に水位が上昇しているが、美幌観測所と本郷観測所では、津別観測所と比べて水位上昇量は小さい。また、この期間中は出水により流量が増加している。津別観測所のピークを持つ水位上昇の要因は、河氷の堆積による影響と推察できるが、美幌観測所と本郷観測所は、出水による水位上昇と推察できる。美幌観測所で 3 月 12 日 13 時に一時的に水位が 1m 弱上昇している。CCTV 映像より美禽橋 (KP29.7) で 12 日 13 時頃、美禽樋門 (KP27.2) で 12 日 13 時半頃に河水流下が確認できたことから、河氷の流下により水位が一時的に上昇したと考えられる。



(i) 津別観測所 (KP48.4) のアイスジャム発生までの河氷河氷変動 (2020 年 3 月 11 日)



(ii) 津別観測所 (KP48.4) のアイスジャム破壊の河氷変動 (2020 年 3 月 11 日)



(iii) 達美橋 (KP46.6) のアイスジャム発生までの河氷変動 (2020 年 3 月 11 日)

図-5 CCTV (定点カメラ) 画像

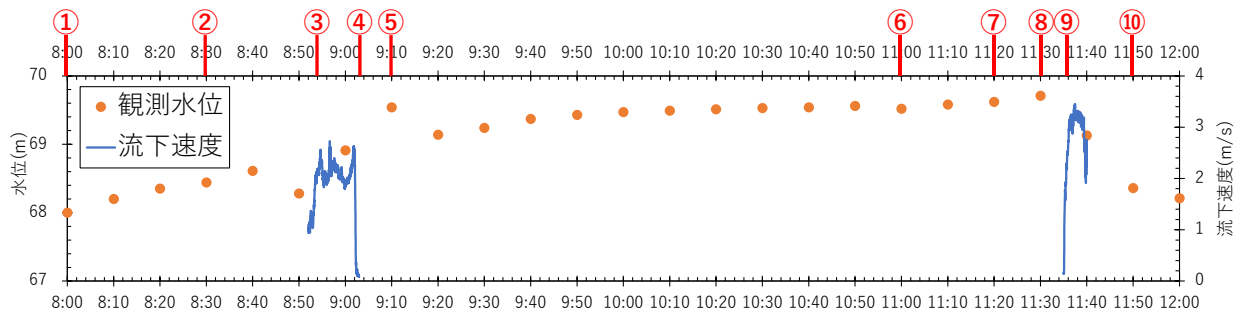


図-6 津別観測所 (KP48.8) の 10 分毎の観測水位と河氷の流下速度

4. アイスジャム発生状況

a) UAV による観測

3 月 9 日, 11 日, 12 日に網走川において UAV による空撮を行った。空撮画像から河道内に堆積する河氷でアイスジャム下流端及び上流端を判断した。アイスジャム状況を図-1 に示す。赤線で 11 日のアイスジャム状況, 緑線で 12 日のアイスジャム状況を示す。11 日は KP47.5~49, 46.6~46.7 にアイスジャムが存在した。この日のアイスジャム発生場所は, それぞれ湾曲部, 砂州である。12 日は KP46.6~47.4 にアイスジャム, 41.5~45.5 にまばらにアイスジャムが存在した。この日のアイスジャム発生場所は, 11 日に発生したアイスジャム, 橋脚, 砂州, 湾曲部であった。11 日の KP47.5~49 に存在したアイスジャムは暖気や降雨により破壊され流下し, KP46.6 にあるアイスジャムに再堆積したと考えられる。

図-4 (A) は達姫橋付近 (KP49) の UAV 空撮画像である。9 日は河道内に河氷が形成している。この時, 河道は河氷により狭窄され, 水面は低水路幅の 3 分の 1 程度である。11 日はアイスジャムが発生し, 破壊された河氷が河道全体を覆っている。12 日はアイスジャムが破壊され河氷が流下し, 低水路に河氷は存在しない。

図-4 (B) は美幌観測所付近 (KP30) の UAV 空撮画像である。9 日は河道内に河氷が形成している。水面は低水路幅の 4 分の 1 程度である。12 日は解氷し, 河道内に河氷は存在しない。

図-4 (C) は本郷観測所付近 (KP22) の UAV 空撮画像である。10 日, 13 日いずれも河道内には河氷は存在しない。

b) CCTV による現象把握

3 月 11 日の 8 時から 12 時までのアイスジャム発生および再流下現象及び河道内河氷の様子を, 津別観測所 (KP48.4) の CCTV カメラ画像と 10 分ごとの観測水位および達美橋 (KP46.6) の CCTV カメラ画像から把握を試みた。

図-5 (i) はアイスジャム発生約 1 時間前の 8:00 から 9:10 までの CCTV 画像である。図中の矢印は流下方向を示す。①8:00 は河岸に河氷が存在し, 河道が狭窄されている。水位は 68.00m であり, 上昇前である。②8:30 に水位が 68.44m に上昇し, 河岸の河氷が浸水する。③8:54 に上流から大量の河氷が流入する。8:50 の水位は 68.28m である。河氷が流入流下しているが, 堆積して

いないため、水位が低下したと考えられる。その後、河氷は河道全体を覆いながら流下し続け、河氷の流下流速が低下し、水面が上昇する。④9:03に河氷の流下が止まり、アイスジャムが発生した。9:00の水位は68.91mである。水位は上昇し続け、⑤9:10に69.54mになり、発生時より水位が1.54m上昇した。

図-5(ii)はアイスジャムが発生している11:00からアイスジャムが破壊・流下する過程を含む11:50までの画像である。図中の矢印は流下方向を示す。⑥11:00には右岸側に流水がみられることから、さらに水位が上昇していることがわかる。水位は69.52mである。⑦11:20は河氷の色調が変化し、解氷及び水面が上昇していると判断できる。水位は69.62mである。⑧11:30に水位は69.71mと最高水位に達し、8:00から1.71m上昇している。⑨11:36は河氷が流下し、水位が低下している。11:40には河道を覆っていた河氷は流下し、水面が見える。水位は69.13mである。水位は低下し続け、⑩11:50に68.36mとなり、最高水位より20分で1.35m低下した。

図-5(iii)は津別観測所より約1.8km下流の達美橋CCTVにおけるアイスジャム発生前の11:00からアイスジャム発生過程を含む11:43までの画像である。図中の矢印は流下方向を示す。11:00は河岸に河氷が存在し、流下する河氷はまばらである。11:39に水面は上昇し、左岸に流水が見える。11:40に多くの河氷が流入してくる。これは上流の津別観測所CCTVの流下と同時刻である。11:43に河氷の流下が止まり、アイスジャムが発生する。発生要因として、砂州が考えられる。

図-6は津別観測所における10分毎の観測水位とCCTV映像からPIV解析を用いて算出した河氷の流下速度である。図-5(i)①に、PIV解析のキャリブレーションに用いた点と解析範囲を示す。校正点はN(x, y)で示すと、I(0, 0), II(34.35, 2.89), III(53.56, 2.40), IV(6.40, 18.02), V(38.75, 14.01), VI(55.21, 14.69)である。単位はメートルである。解析範囲は流心部とし、赤枠内において計6点の流速を平均した。速度の計測期間は津別観測所のCCTVからアイスジャム発生は11日の8:52から9:03、アイスジャム破壊は11:35から11:40であった。アイスジャム発生時の流下速度は最大値2.7m/s、アイスジャム破壊時は最大値3.5m/sであった。2018年3月に常呂川で発生したアイスジャムの破壊時の流下速度は最大値3.5m/sであった¹¹⁾。破壊時のほうが速度は速い理由は、河氷が堆積し、流下が阻害されたことにより水位が上昇したため、水面勾配が大きくなったことが考えられる。

その他、活汲橋(KP41.5)で11日18時半頃、美禽橋(KP29.7)で12日13時頃、美禽樋門(KP27.2)で12日13時半頃に河氷の流下を観測している。

5. まとめ

本研究は、2020年3月に網走川で起きたアイスジャムの現地観測により、出水が要因となるアイスジャムの発生、破壊、再流下の現象を把握することができた。また、アイスジャム破壊後、下流でのアイスジャム再形成を観

測することができた。CCTVによる映像から、河氷の流下速度はアイスジャム発生時に最大値2.7m/s、アイスジャム破壊時に最大値3.5m/sであった。

謝辞：本研究は、北海道河川財団の研究助成、JSPS 科研費 JP18K04361, JP17H01870 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 土木研究所寒地土木研究所編、結氷河川解析マニュアル(案)(<https://river.ceri.go.jp/contents/tool/keppyocerid.html>)
- 2) 北海道新聞 2018年3月10日朝刊
- 3) 横山洋, 吉川泰弘, 伊波友生, 前田俊一, 矢部浩規: 2018年3月北海道アイスジャム洪水による被害の現象解明と今後の課題, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.5, pp.1039-1044, 2018.
- 4) 小池太郎, 吉川泰弘, 横山洋: 橋脚部における実氷を用いたアイスジャム氾濫実験, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.75, No.2, I_1411-I_1416, 2019.
- 5) 伊波友生, 横山洋, 吉川泰弘, 矢部浩規, 前田俊一, 鳥谷部寿人: 嶮淵川におけるアイスジャムと河道狭窄の影響に関して, 河川技術論文集, 第25巻, pp.91-96, 2019.
- 6) Beltaos, S., Burrell, B. C.: Ice-jam model testing: Matapedia River case studies, 1994 and 1995, Cold Regions Science and Technology 60, pp.29-39, 2010.
- 7) Tamlin Muir Pavelesky, Laurence C. Smith: Spatial and temporal patterns in Arctic river ice breakup observed with MODIS and VHR time series, Remote Sensing of Environment 93, pp.328-338, 2004.
- 8) Shahramanjan M. A.: Ice Jams forecast and technologies of their destruction on the rivers of the Russian Federation, International Association of Hydraulic Engineering and Research, International Symposium on Ice, 17th, pp. XXVII-XLII, 2004.
- 9) 吉川泰弘, 渡邊康玄, 早川博, 平井康幸: 2010年2月に渚滑川で発生したアイスジャムに関する研究, 河川技術論文集, 第17巻, pp.353-358, 2011.
- 10) 横山洋, 吉川泰弘, 伊波友生, 矢部浩規: 2020年3月に発生したアイスジャムの現地調査および発生リスクの評価, 土木学会論文 B1(水工学) Vol.76, No.2, I_157-I_162, 2020.
- 11) 小池太郎, 吉川泰弘, 横山洋, 伊波友生, 川邊和人: 2018年3月に常呂川で発生したアイスジャム現象の解明, 土木学会論文 B1(水工学) Vol.76, No.2, I_163-I_168, 2020.