

網走川における河氷の流下に関する研究

(国研) 寒地土木研究所 正会員 ○伊波 友生
 (国研) 寒地土木研究所 正会員 横山 洋
 (国研) 寒地土木研究所 正会員 矢部 浩規
 北見工業大学 正会員 吉川 泰弘

1. はじめに

厳寒期において寒冷地河川では河川の全面結氷や河氷の流下が生じる。したがって HQ 曲線の精度の低さ、河氷の堤防への衝突といった問題を有する。また、アイスジャムは取水に影響を与えるほか、流下能力を減少させ水位の上昇を引き起こす。しかしながら、実現象が十分に観測されておらず、知識や知見に未だ乏しい実情にある^{1,2)}。

筆者らは北海道網走市にある網走川(図-1)において河氷の流下状況と流況を明らかにする目的で、網走湖を含む網走川河口(KP 0)から水位観測所のある本郷(KP 21.7)までの範囲において、一次元不定流計算(CERI1D)を用いて流れ場と氷板の形成融解の再現計算を行った。さらに、海面の上昇により海水が河川を遡上し流況に影響を与える感潮域においては、河氷の形成融解・流下に関する知見が十分には得られていない。そこで、本研究は河氷の形成融解に着目して研究を行った。

2. 再現計算

計算モデルは吉川^{1,2)}らが提案している1次元河氷変動計算モデルを用いた。本計算モデルは河川水の流れ、河氷の流れ、河川水温、氷板の形成融解、河氷の破壊に関する計算で構成されている。河氷は大別すると硬い氷板とその下に存在する柔らかい晶氷に分けられる。河川水における連続の式は式(1)、河氷における連続の式は式(2)、河川水における運動の方程式は式(3)、河氷における運動の方程式は式(4)で表している。

$$\frac{\partial A_w}{\partial t} + \frac{\partial Q_w}{\partial x} + \frac{\rho_i}{\rho_w} \frac{\partial A_{is}}{\partial t} = 0 \cdots (1) \quad \frac{\partial A_{if}}{\partial t} + \frac{\partial Q_{if}}{\partial x} - \frac{\partial A_{is}}{\partial t} = 0 \cdots (2)$$

$$\frac{\partial Q_w}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_w^2}{A_w} \right) + g A_w \frac{\partial}{\partial x} \left(z + h_w + \frac{\rho_i}{\rho_w} (h_{is} + h_{if}) \right) + \frac{g n_b^2 u_w^2 S_w}{R_w^{1/3}} + \frac{\rho_i g n_i^2 u_i^2 S_i}{\rho_w R_i^{1/3}} = 0 \cdots (3)$$

$$\frac{\partial Q_{if}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_{if}^2}{A_{if}} \right) + g A_{if} \frac{\partial}{\partial x} \left(z + h_w + (h_{is} + h_{if}) \right) - \frac{g n_i^2 u_i^2 S_i}{R_i^{1/3}} = 0 \cdots (4)$$

3. 結果

境界条件は、上流端は本郷(KP 21.7)での流量、下流端は網走港(KP 0)での水位とした。本郷では観測期間中の流量データがデータ解析時において公開されていないため、本郷での水位を流量に換算する HQ 式を用いた。この流量を用いたときの本郷での水位の実測値と計算値を図-2に示す。図-2より、ピーク水位が上がり切れていないものの、平水時や2月4日11:00~12:00での出水、2月21日11:00~12:00での出水は良好に再現できている。また、このときの2乗平均誤差は0.054 mであった。したがって与えた流量は適当であったと言える。平水時と出水時における流速の断面図を図-3に示す。網走湖の断面平均流速は平水時、出水時ともにほぼ0 m/sであった。このことから、網走湖内は滞留時間が長いことが考えられる。

4. 考察

氷板の形成融解計算の結果を図-4に示す。出水前(2017年3月15日)には、網走湖より上流の箇所において、川幅は狭いものの、勾配が急であり流速が相対的に高いため氷板が形成しにくいことが分かる。一方で、

キーワード 結氷河川, 河氷形成, アイスジャム

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 TEL011-841-1111

網走湖内では氷板が形成されていることが分かる。これは網走湖において流速が低く、一度形成した河氷が滞留し徐々に大きくなるためと考えられる。網走湖より下流の箇所では、網走湖より上流の箇所と同様に、川幅は狭く流速は相対的に高いが氷板が形成されていることが分かる。出水後（2017年4月30日）には網走湖の水位が上昇するとともに、河氷が形成されていないことが分かる。一方で、網走湖より下流側で河氷が形成発達している。これは出水に伴って網走湖内の河氷がフラッシュされ下流へ流下したためと推察できる。このことから、出水時は水位が上昇するだけでなく、アイスジャムが発生しやすい状況であり、より水位を上昇させる恐れがあることが示唆される。

網走川の下流において氷板厚が特に発達している地点は KP 0.64, KP 2.08, KP 3.68 であった。これらの地点は蛇行の閉塞部であり、氷板が閉塞しやすい地点において氷板の形成が進むことがわかった。

5. 主要な結論

- ・湖のように流速が低く滞留しやすい地点は、河氷の生産源となりやすい。
- ・滞留していた河氷が出水時にはフラッシュされるため、アイスジャムが生じるなど水位上昇のリスクが増大することが考えられる。
- ・蛇行の閉塞部は氷板が閉塞しやすく、氷板の形成が進むことがわかった。

6. 参考文献

- 1) 吉川泰弘, 渡邊康玄, 早川博, 平井康幸: 結氷河川における解氷現象と実用的な氷板厚計算式の開発, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 68, No. 1, 21-34, 2012.
- 2) 吉川泰弘, 渡邊康玄, 早川博, 平井康幸: 河川解氷時の河氷の破壊と流下に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 67, No. 4, I_1075-I_1080, 2011.
- 3) Liu L, Li H and Shen H. T. (2006). A Two-Dimensional Comprehensive River Ice Model, *Proceedings of the 18th IAHR International Symposium on Ice*



図-1 網走湖の位置

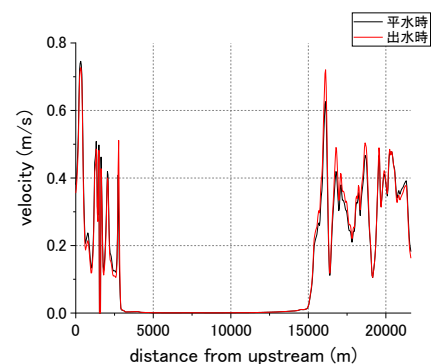


図-3 平時時と出水時における流速の断面図

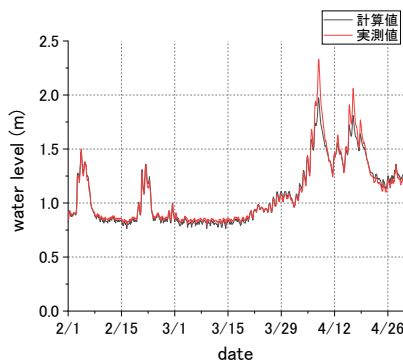


図-2 本郷での水位の実測値と計算値

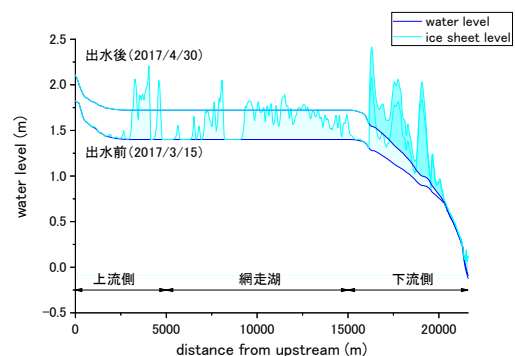


図-4 河床高さ、水位、河氷面の断面図