

実務利用を想定した河氷厚予測プログラム作成と現地適用について

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

1. はじめに

北海道では多くの河川が冬期に結氷する。これら結氷河川における河川管理上の問題の1つに、河川を流下する氷板や晶氷が河道内で閉塞するアイスジャム現象があり(写真-1,2参照)、急な水位上昇、氾濫、取水障害、流下河氷への巻き込まれ等、解氷期の河川管理上の懸案となっている。アイスジャム被害軽減対策として、アイスジャム発生箇所及び時期の予測手法の開発が望まれるが、現状では実務面への広範な適用には至っていない。

本報告は、実務利用を想定した河氷厚予測プログラムを作成するとともに、アイスジャム発生がみられた道内河川において、河氷厚変化を試算した。また試算結果をもとに、アイスジャム発生危険性の事前予測の可能性を検討した。

2. 河氷厚予測の基本方程式及びプログラム概要

河氷厚の時間変動に関する基本方程式は、大気、河氷、河川水間での熱収支(図-1参照)に基づき、以下の式(1)、(2)で与えられる¹⁾。

$$h_i = h'_i - \left(\frac{65.2}{10^5}\right) \alpha \frac{T_a}{h'_i} - \left(\frac{45.8}{10^2}\right) \beta^{4/5} T_w h_w^{1/3} \quad (1)$$

$$h_w = H - Z - \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} h_s + \frac{\rho_i}{\rho_w} h_i + \frac{\rho_f}{\rho_w} h_f\right) \quad (2)$$

ここで、 h_i : 氷板厚(m), h'_i : Δt 前の氷板厚(m), T_a : 気温($^{\circ}C$), T_w : 水温($^{\circ}C$), H : 水位(m), Z : 河床高(m), ρ_s : 雪の密度(kg/m^3), h_s : 積雪深(m), ρ_i : 氷板密度(kg/m^3), ρ_f : 晶氷密度(kg/m^3), h_f : 晶氷厚(m), h_i : 有効水深(m)である。計算出力は1時間間隔、最小河氷厚は0.001mとした。

計算対象地点の河道条件は以下のとおり設定した。水面幅は流量観測断面の横断図及び結氷直前の河川水位をもとに設定した。河道縦断勾配は地理院地図から河岸付近の標高値を取得して算出した(地理院マップシート使用)。係数 α , β は参考文献¹⁾で示す標準値をもとに設定した。境界条件として、流入水温は計算期間中 $2^{\circ}C$ で一定、水位は近傍水位観測所がある場合は水文水質データベースから毎時値、ない場合は計算期間中の一定の水位を与えた。気象データは近傍アメダスの毎時気温、風速、日照時間、降雪深を与え



写真-1 常呂川でのアイスジャム (2018年3月10日忠志橋付近: 国土交通省北海道開発局網走開発建設部提供)



写真-2 河道内に集積した河氷 (常呂川, 2018年3月12日撮影)

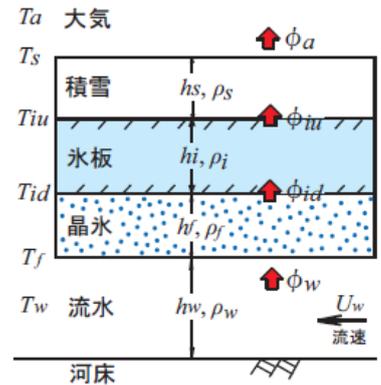


図-1 河氷厚予測の熱収支模式図¹⁾

表-1 試算箇所の河道条件・アイスジャム発生日

河川・地点名	水面幅	河川縦断勾配	入力アメダス地点	アイスジャム発生日
雨竜川・幌加内観測所	30m	1/378	幌加内	2018年3月30日
嶮淵川・嶮淵観測所	7m	1/1430	恵庭島松	2018年3月9日
常呂川・忠志観測所	50m	1/810	北見	2018年3月9日

キーワード: アイスジャム, 河氷厚計算, MS Excel VBA, 解氷予測

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目 寒地土木研究所寒地河川チーム Tel:011-841-1639

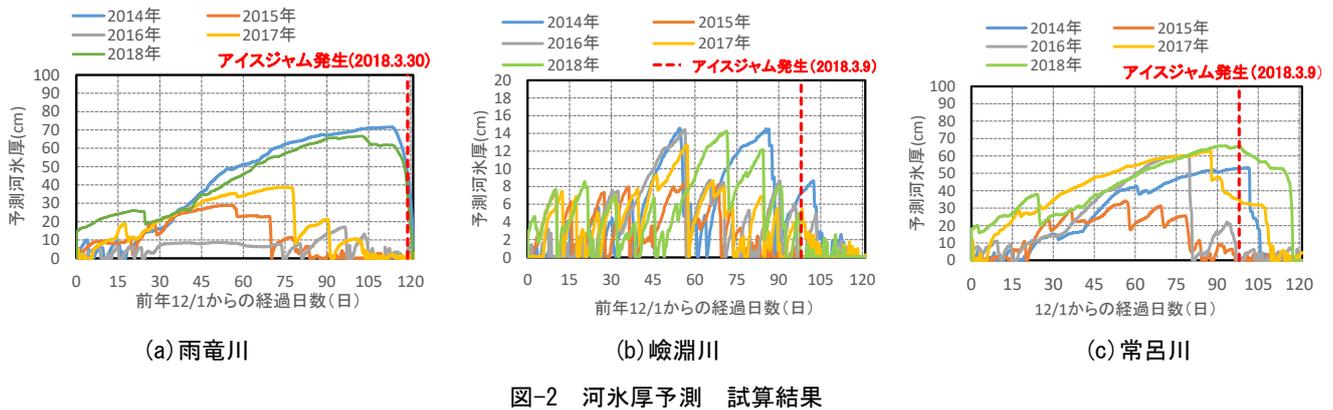


図-2 河氷厚予測 試算結果

た。なお、プログラムは現場担当者の日常利用を想定し、Microsoft Excel VBA を用いて初期値設定及び毎時データ入出力をエクセルシートから行えるようにした。

3. 予測プログラムによる試算結果

アイスジャム発生河川を対象に予測河氷厚の試算を行った。表-1 に計算対象箇所の河道条件とアイスジャム発生日を示す。試算対象年は2014年から2018年までの過去5年間で、計算期間は前年12月1日から当年3月31日まで4ヶ月間である。

図-2 に予測河氷厚の試算結果を示す。計算期間内の最大河氷厚は2014年及び2018年が大きく、2015年及び2016年は小さい。これは年による冬期気温の差が反映していると考えられる。雨竜川、常呂川では河氷厚が緩やかに増加を継続する傾向にあり、経過日数90日以降（3月以降）も河氷厚増加がみられる年もある。最大河氷厚の到達日も明確な年が多い。一方嶮淵川は河氷厚が数日単位で増減を繰り返す、最大河氷厚の到達日も明瞭でない年が多い。これは内陸に位置する雨竜川、オホーツク地方に位置する常呂川は冬期低温が継続する一方、嶮淵川が位置する道央地方は冬期でも一時的な気温上昇が散見されるためと考えられる。最大河氷厚到達後、河氷厚は各河川で減少に転じており、状況によっては1～2日で数10cm急減することもある。

各河川のアイスジャム発生日は、雨竜川では河氷厚急減時、常呂川では河氷厚の漸減開始時、嶮淵川は河氷厚の再増加後の減少期に当たる。氷厚減少開始とアイスジャム発生にはある程度関係がうかがえる。

続いて予測プログラム自体の精度検証を行う。図-3 に雨竜川の2017年12月から2018年3月にかけての河氷厚実測値と予測値を示す。実測値は冬期流量観測時の平均河氷厚である。実測値と予測値で増減傾向は概ね一致している。経過日数90日以降の河氷厚低減期では、予測値は実測値に比べ過大である。今回の予測プログラムは計算期間中のパラメータは一定値としたが、実際は流入水温等、期間中に変動する要素がある。

今回のプログラムの主目的は解氷時期の定性的予測である。解氷の進行時期はある程度予測可能といえるが、実際のアイスジャム発生条件とどう関係付けるか、今後検討を進めたい。

4. まとめ

アイスジャム発生日前後で河氷厚予測値が急に低減している河川があることを確認した。一方で河氷厚予測値は実河川の河氷厚変化の傾向は表現できるものの、精度は今後改善が必要である。今後は予測気象データを利用した場合の河氷厚予測結果を検証し、解氷予測への適用性について検証を進めたい。

謝辞：本研究はJSPS 科研費 JP18K04361 の助成を受けたものである。また関係機関の方にはデータ提供等、様々な協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

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, pp.21-34, 2012

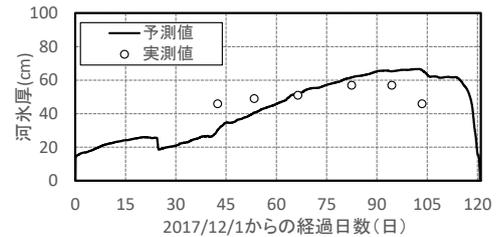


図-3 河氷厚予測値と実測値比較（雨竜川）