

寒冷地河川におけるアンカーアイス厚計算式に関する一考察

北見工業大学 吉川泰弘

1. はじめに

気温が零下となる寒冷地の河川では、河川内に河水が形成されて結氷する。河川の底にはアンカーアイスが形成される。著者らは、藻類が付着している河川の石にアンカーアイスが付着し、石に付着していた藻類がアンカーアイスに取り込まれ、アンカーアイスが石から剥離し流下すると同時に、藻類も下流へと流下する現象があると仮説を立てて研究を進めてきた。アンカーアイスの現象解明のために、現地観測による現象の把握、現象の定式化が望まれる。

本研究では、熱収支に基づく計算式を構築し現象の再現を試みた。計算結果の妥当性を確認するために、2015年度に北海道紋別市の湧別川の現地観測データを用いた。この現地観測データを用いて、構築した計算モデルの計算結果の妥当性の確認を試みた。

2. アンカーアイス厚計算式の導出

本研究では熱収支に基づいて計算式の構築を試みた。熱収支の概要図を図-1に示す。図-1において、温度 T [°C]、アンカーアイス厚 h_b [m]、流度 U_w [m/s]、熱フラックス Φ [kg/m²]として、 λ [無次元]：晶氷の空隙率、 ρ_i [kg/m³]：アンカーアイス層の密度、 Φ_w ：流水間の熱フラックス、 Φ_{bu} ：アンカーアイスと流水の境界面の熱フラックス、 Φ_{bd} ：アンカーアイスと河床の境界面の熱フラックス、添え字は各層の値であることを示している。

アンカーアイス厚の増減は、アンカーアイスと流水の境界面および河床との熱収支、アンカーアイスの空隙率を考慮して式(1)で表した。 L_i [J/kg]：氷の潜熱である。

$$(1 - \lambda)\rho_i L_i \frac{dh_b}{dt} = \Phi_{bu} - \Phi_{bd} \quad (1)$$

式(1)の Φ_{bu} は、平衡状態と仮定し、 $\Phi_{bu} = \Phi_w$ とした。 Φ_{bd} は観測データがないため、試行錯誤を行い 120W/m²とした。アンカーアイス厚がマイナスの場合はアンカーアイス消失と考えると 0 を与えた。

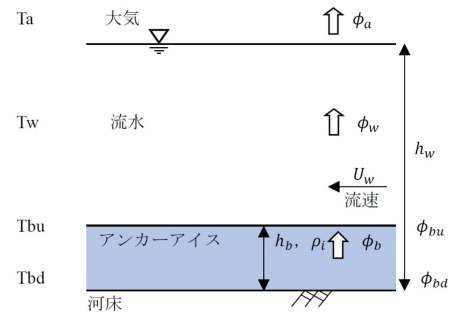


図-1 河川における熱収支の概要図

3. アンカーアイスの現地観測結果と計算値

現地観測結果と計算値を図-2に示す。現地観測結果より、アンカーアイスは水中照度が小さくなり水温と地温が低下する夜間に形成されている。計算値は、現地観測でアンカーアイスが形成されているタイミングで厚くなっており、現象を再現している。また、現地観測結果より、アンカーアイスは水中照度が大きくなり水温と地温が上昇する日中に剥離されている。計算値は、現地観測でアンカーアイスが剥離されているタイミングで消失しており、現象を再現している。

5. まとめ

熱収支に基づいてアンカーアイス厚の計算式を構築した。現地観測結果と計算値の比較から、アンカーアイスの形成と剥離現象を定性的に再現できることを確認した。一方で、実河川のアンカーアイス厚の観測データがないため、定量的な計算値の妥当性の確認はできなかった。本検討において、 Φ_{bd} の値は観測値がないため、アンカーアイス厚の変動と一致するように任意の値を入力した。今後、実際の値との検証が必要である。

謝辞：現地観測は、寒地土木研究所および福田水文センターよりご協力を頂いた。北見工業大学の奥野翔也君にはご協力を頂いた。記して謝意を表す。

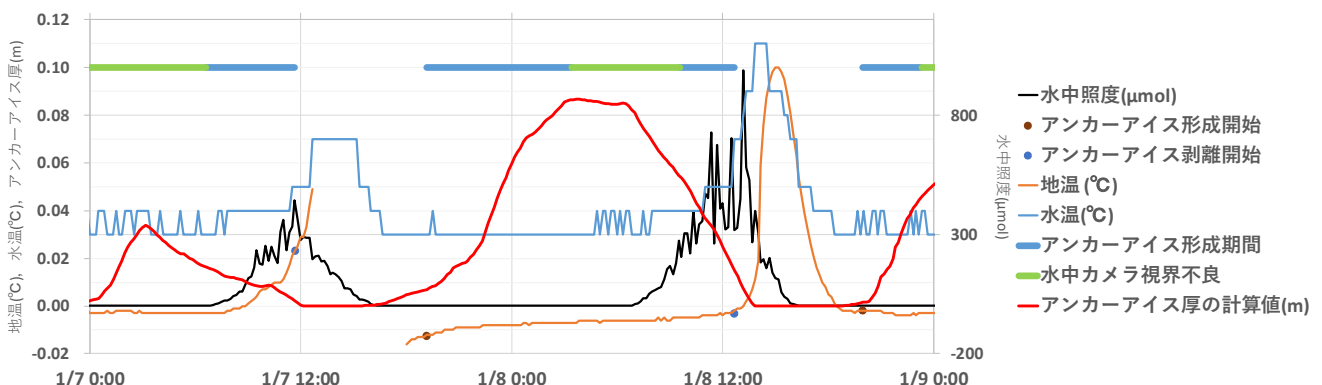


図-2 アンカーアイスの現地観測結果とアンカーアイス厚の計算値（H27年度湧別川、一部抜粋）