

II-133 冬期における河川水面熱収支とFrazil Iceの発生

岩手大学 学生員 ○ 竹内教浩
岩手大学 正員 平山健一

1、はじめに

冬期、寒冷地河川におけるFrazil Iceの発生は、工業用水や発電のための取水口のスクリーンをふさぎ取水不能の原因となる。本研究は、北海道網走地方の湧別川の3年間の現地観測に基づき、Frazil Iceの発生条件を水面熱収支の観点から検討したものである。

2、水面熱収支

自然状態の河川水面に関する熱収支項は、図-1に示す通りであり、それぞれ次式で表わされる。

<I：短波放射>

短波放射は、気候資料の全天日射量を用いる。

<R：長波放射>

長波放射は、水面から大気へ向う長波放射 R_1 と大気から水面へ向う長波放射 R_2 との差 $R=R_1-R_2$ であり次式で表わされる。

$$R = \sigma T_a^4(0.49 - 0.066 e_a)(1 - c n^2) + 4\sigma T_a^3(\theta_w - \theta_a)$$

σ ：Stefan-Boltzmann定数 $=4.88 \cdot 10^{-9}(\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hr}/\text{k})$

T_a ：気温(°k)、 θ_a ：気温(°c)、 θ_w ：水温(°c)、 $c=0.68$ 、 n ：雲量(0~1.0)、 e_a ：大気の蒸気圧(mb)

< Q_H ：顕熱フラックス、 Q_E ：潜熱フラックス>

風速を考慮したDevikによる次式を用いる。

$$Q_H = 0.504(v + 0.3)^{0.5}(T_w - T_a)$$

v ：風速(m/s)、 T_w ：水温(°k)、 e_w ：水面蒸気圧(mb)

$$Q_E = 0.81(v + 0.3)^{0.5}(e_w - e_a)$$

従って、水面での総熱収支は次式で表わされる。

$$HS = (1 - \alpha) I - R - Q_H - Q_E \quad \alpha : \text{水面反射率}$$

網走気象台の気候資料を用い、昭和56年1月と2月についての3時から24時まで3時間おきの平均熱

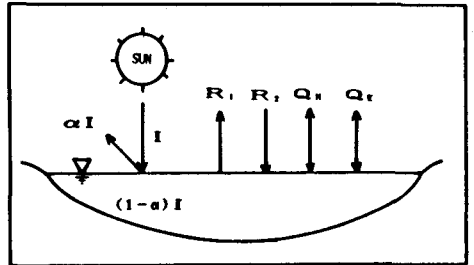


図-1 水面熱収支

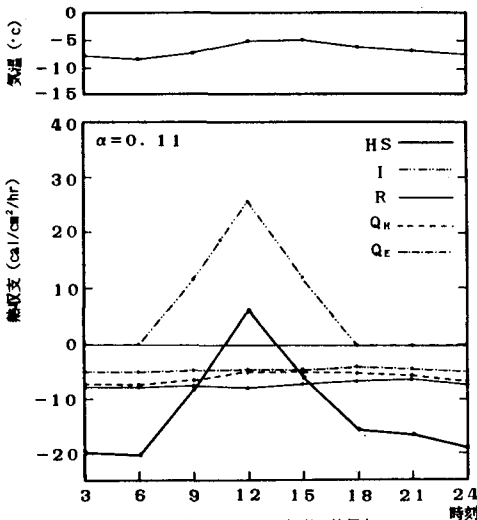


図-2 1月の気温と熱収支

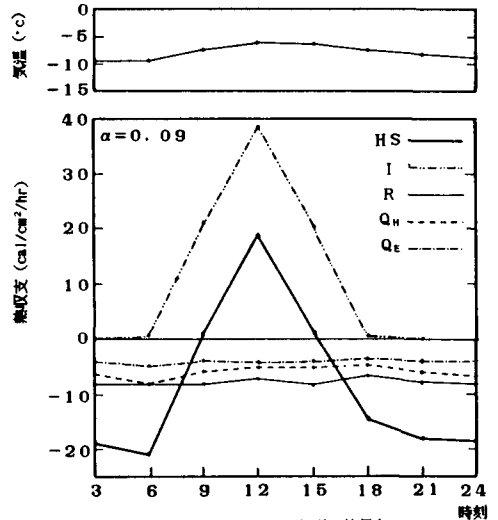


図-3 2月の気温と熱収支

収支量を図-2と図-3に示す。計算値は同時刻の値を1ヶ月間平均した値である。又、正確な水温が得られなかったため、河川水温を $\theta_w=0(^{\circ}\text{C})$ と仮定した。1月、2月ともに日中の総熱収支は短波放射の影響が大きい。夜間の総熱収支は変化が小さく、2月は1月に比べ約 $2(\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hr})$ 小さくなっている。長波放射は気温の他に雲量や水蒸気圧の関数となっているため、その変化の様子は明らかではない。顕熱フラックスは気温の上昇に伴い変化するが、潜熱フラックスは、ほとんど変化しない。又、短波放射以外の熱収支項は、1月に比べ2月の熱損失量が、大きくなっている。

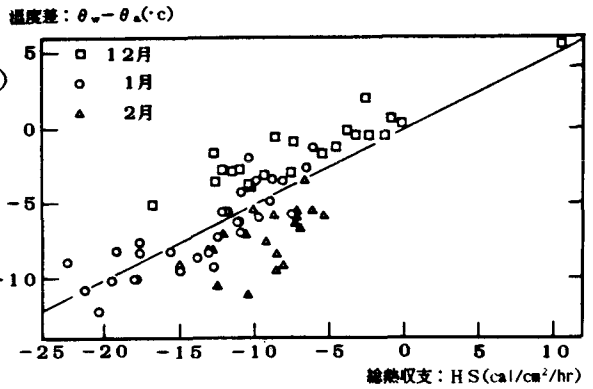


図-4 温度差と総熱収支

一般に或る日の熱収支は日平均気温と水温との差によって表わされると言われる。本地点において冬期間の両者の関係を示したのが図-4である。この図において総熱収支は日平均値を用いた。G.P.Williamsによると総熱収支は次式で表わされる。

$$HS = 2(\theta_w - \theta_a) \text{ (cal/cm}^2/\text{hr)}$$

図-4は上式とほぼ同じであることがわかるが、図中のバラツキは風速による影響と思われる。

3. Frazil Iceと水面熱収支

Frazil Iceの発生は、湧別川中流部の開盛地区で、水位観測定時に同一地点、同一方向を撮影した写真により判定した。

又、この地点の河川水理量は、河幅約25-26m 水面勾配1/700-1/3000、冬期流量 $6-10(\text{m}^3/\text{s})$ である。

図-5は、Frazil Iceの発生日とその前日午前9時から当日午前6時までの総熱収支との関係、及び同時間の平均気温、天候を示したものである。特に、Frazil Iceの量は多、少、無の3段階で分類した。Frazil Iceの発生と熱損失量との関係を見てみると、熱損失量が約 $5.0(\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hr})$ 以上の時でなければFrazil iceが発生しないことがわかる。又、Frazil Iceは、熱損失量が約 $15(\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hr})$ を境界にして、それ以上であれば多量に発生することがわかる。

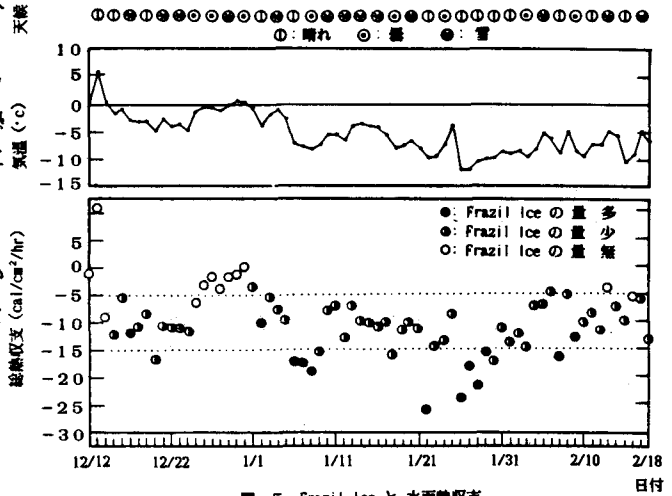


図-5 Frazil Iceと水面熱収支

以上、本研究では風速を考慮して河川での水面熱収支の計算を行ない、Frazil Iceの発生に関して検討してみた。同じ水面熱収支の観点からの報告としてはG.P.WilliamsのOttawa川での現地観測がある。この報告によると、多量のFrazil Iceの発生は熱損失量が約 $50(\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hr})$ となった時であった。本研究では日平均約 $15(\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hr})$ で多量のFrazil Iceが発生し、Williamsの報告よりも小さい値でも多量のFrazil Iceが発生することが明らかとなった。Frazil Iceの発生には熱損失に関与する上記項目以外に流速の影響も大きいと思われる。今後は流速の影響等を考慮し、各熱伝達係数を検討した熱収支計算を行ないFrazil Iceの発生について明きらにしたいと思う。

最後に、本研究を進めるにあたって村館一明君(現青森県庁)の協力を得たことを記しここに、感謝の意を表します。