

II-24 小河川を利用した融雪技術の基礎研究

新潟大学工学部 正 員 神立秀明

学生員 生田理弘

正 員 大熊 孝

1. はじめに

雪国の市街地において住み良い街づくりのために各種克雪対策が実施されている。雪処理対策は、従来、機械除雪の他に地下水を利用した消雪パイプが主に使用されてきたが、地下水の汲み上げによる地盤沈下が問題となり、現在では、河川水を利用した流雪溝、消融雪溝の使用が増加してきた。また、直接河道を利用する方法として、流雪、融雪機能を有した克雪対策河川として改修することも進んできている。

本研究は、融雪に小河川の河道を利用するものであり、魚野川の左支川刑部沢川(新潟県南魚沼郡大和町大字浦佐、勾配約1/50、底幅1.5m)を融雪河道モデルとして1989年3月6日と1990年2月27日に実験を行った。

2. 実験概要

実験に用いた河道は写真1の如くで、'89, '90の実験では、その堰板の大きさ・段数に相違がある。投入した雪の総重量、単位体積重量、含水率、純雪重量は表1に示すとおりである。流量観測は河道内に狭い水路を設け、水を集中させ、水深と流速により求めた(表2)。融雪時の流水水温の測定は堰上流および各堰の下流、計4箇所で自記記録水温計により測定した。なお、同時に気温も測定した(図1)。

3. 実験結果と考察

'90の実験の流水水温は図1に示すごとく、堰上流では6.2°Cのまま安定していた。各堰の下流では、雪を投入した直後0°C付近まで急激に低下し、融雪をほぼ完了すると徐々に上流水温まで回復した。'89に行った実験では、堰下流に設置した自記記録水温計が作動しなかったため、水温変化の詳しい解析はできなかった。

投入した雪の融解に必要な熱量を熱収支式によって算出すると次のようになる。

$$Cs \times Wi = \{Cw \times \gamma_w \times Q \times (Ti - To) + Qe + Qt + Qf\} \times t \quad (1)$$

ここに、Cs: 雪の融解熱(80cal/g), Wi: 純雪重量(g), Cw: 水の比熱(1cal/g/deg),

γ_w : 水の単位体積重量(gf/cm³), Q: 流水流量(cm³/s), Ti: 流入水温(deg),

To: 流出水温(deg), Qe: 地熱(cal), Qt: 対流熱(cal), Qf: 輻射熱(cal), t: 融雪時間(s)

大熊他(1986)によれば、天候が曇りか雪であれば輻射、対流による熱的影響は地熱と相殺される。すなわち冬期の雪国を考える場合、晴れる日が少ないため、地熱、対流熱、輻射熱の影響は無視し得るということであった。よって、次式のように表せる。

$$Cs \times Wi = \{Cw \times \gamma_w \times Q \times (Ti - To)\} \times t \quad (2)$$

(2)式の右辺に今回測定した流量、時間、水温差を代入すると1020×10³kcalとなる。

一方、投入した雪の純雪重量を融解するために必要な熱量は(2)式の左辺で992×10³kcalとなり、誤差は3%にすぎない。以上から融雪河道モデルにおいても(2)式の適合性は証明された。よって流量と水温さえわか



写真1 実験箇所の河道と堰の状況(1990年2月27日撮影)

れば融雪可能な純雪重量を知ることができる。

ただし、実際の流出流量は流入流量に融解した水を加えたものであるので、流出熱量が(2)式右辺とは異なるはずである。そこで、流入熱量 Q_i 、流出熱量 Q_o を次式で表し、 $Q_i - Q_o$ で水の消費熱量を求めた。

$$Q_i = C_w \times \gamma_w \times Q \times T_i \times t$$

$$Q_o = C_w \times (\gamma_w \times Q + W/t) \times T_o \times t$$

ここに、 W ：雪重量(g)

その結果、 $996 \times 10^3 \text{ kcal}$ となり、一層誤差が少なくなった。

次に融雪能力を高める堰の形状について考察する。融雪能力を高めるには、雪と水の接触が十分行われ、水のもつ熱量を効率的に使用する必要がある。(2)式より'89の実験と'90の実験の平均消費水温を比較すると約3倍の相違がある(表2)。また、'90の実験は'89の実験よりも少ない流量であるにも拘らず、0.6倍の時間でほぼ同量の雪を融解できた。'89年の実験で効率の悪かった理由は、堰上流の水深が深く、雪が浮いてしまい、水が熱を十分消費されないまま

流下したことにある。このことから小段を数多く設けることにより雪と水の接触が十分行われ効率的に融雪能力を発揮できたといえる。

表1 雪の条件と堰の形状

	雪総重量	平均含水率	平均単位体積重量	純雪重量	堰の形状
'89	13.7t	16.1%	0.59gf/cm ³	11.5t	90cm, 1段, 45m
'90	15.1t	18.2%	0.61gf/cm ³	12.4t	30cm, 3段, 15m間隔

表2 測定結果

	流水流量	流入水温	雪投入時刻	融雪時間	平均消費水温	平均気温
'89	0.040m ³ /s	6.5℃	11:06～11:18	3時間57分	1.6℃	5.3℃
'90	0.025m ³ /s	6.2℃	12:17～12:43	2時間26分	4.5℃	3.6℃

4. 結論

上記のごとく小河川を利用して大量の雪を融雪できることがわかった。30cm程度の堰板を数段設置することによって、大型の消融雪溝として実際の河川を利用し得るわけである。そのとき河道断面に雪を投入しても溢水する心配のない深さがあれば、消融雪溝で必要とされる消網板も不必要である。

融雪可能な純雪重量は流量、取水温、融雪時間の積を融解熱80(cal/g)で除せば求められる。なお、気温0℃以下で降雪した新雪は含水率ほぼ0%であり、雪重量はそのまま純雪重量と考えても良い。

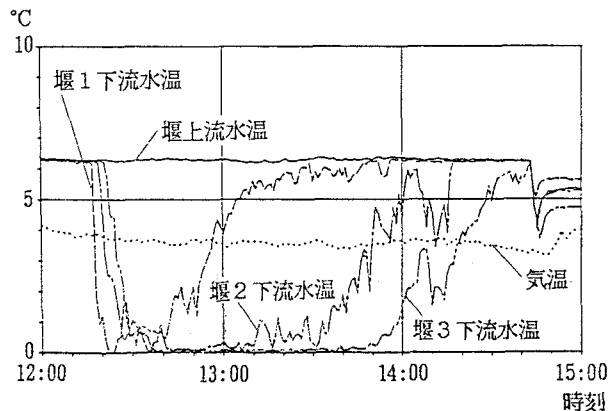


図1 '90の融雪実験における水温変化と気温(1990年2月27日)

冬期、河川流量は減少するが、この少ない流量を活用することによって十分融雪することが可能である。

最後に、従来の克雪対策河川においては景観が損なわれることが見かけられたが、今後は単に克雪を目的とするだけでなく、河川景観や自然生態系にも配慮することが望まれる。

<謝辞> この研究は、文部省の科学研究費の一部と新潟県土木部河川課からの受託研究費の一部を使用しており、六日町土木事務所の協力を得た。また、測定に際しては連盟者以外に6名の学生諸君にも手伝ってもらった。心から感謝申し上げます。

<参考文献>

- 大熊孝他、1986：消融雪溝の雪処理能力とその標準的設計法、土木学会論文集、第371号/IV-5、107-114。
大熊孝他、1989：流雪溝と消融雪溝の標準的計画・設計法に関する基礎的考察、日本雪水学会誌、雪水、51巻4号、239-251。