

東北大学大学院○学生員 佐藤敏之
東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

流雪溝は、都市内の除雪に使用される有効で安価な除雪施設である。この流雪溝の送雪能力の解明の第1歩として、現在流雪溝を使用している新潟県小千谷市において現地観測を行なつたので、その実態と運用について報告したい。

2. 小千谷市の流雪溝

小千谷市は、信濃川河岸段丘上にある。地形は起伏に富み、信濃川等よりポンプアップした水を自然流下させ、流雪溝を運用する。市内の流雪溝は延長が50mから200mほどに区分され、各系統ごとに通水時間が割り当てられる。観測は通水時間中にのべ39箇所で行った。表1はそれぞれ、水深、流速、溝幅の分布である。比較的その通水断面は小さい。流量、雪投入量は図3を参照されたい。雪投入は人力で行なわれ、スコップとスノーダンと呼ばれる大型の投入器具が使用される。通水時間は限定されているので、作業能率は高い。

3. 停滞発生と流雪溝の送雪能力

投入された雪は水とともに流下するが、溝内で停滞する場合がある。その原因は複雑で判別しにくい。しかし、大別すると次の項目にわけられる。1)溝の欠陥；溝内の障害物、溝幅急縮、勾配急変、溝の大きな屈曲などによる。2)新雪投入による断面閉塞、3)機械力使用による投入量の急激な増加およびそれに伴う断面閉塞、4)流水の送雪能力の低下；流水中に雪が多くなり、流水の速度が低下して溝内の雪が同時に停滞する。

2), 3)の断面の閉塞は、今回の観測対象の小断面の流雪溝においては1回当りの投入量が大きいスノーダン使用時にも見られるが、人力補助による閉塞解消が可能なのでこの場合の停滞は特に取り上げない。

これらの停滞の発生により、雪投入作業は中止されるから、流雪溝の送雪能力の限界はこの停滞の発生により決定される。特に、溝の送雪能力を本質的に決定するのは、流水そのものの送雪能力の低下であるから、4)の型の停滞である。しかし地形の特性上りの勾配急変、溝の屈曲が避けられない場所ではこの項目が送雪能力を決定する。

4. 送雪能力限界

流水の送雪能力は、溝内雪量の増加に伴って低下する。今、図1の様な流雪溝のモデルより次の2つの量、 $\bar{V}_w$ 、 $\bar{V}_s$ を考える。

$\bar{V}_w$ (m³/m)；溝延長の単位長ご当りの水の体積

$\bar{V}_s$ (m³/m)；流水が流速 v_w (m/sec)で延長 l (m)の流雪溝を通過する間に溝延長の単位長ご当りに投入された雪の体積

t_0 を流水が流雪溝延長 l (m)を速度 v_w (m/sec)で流下する時間としてこれらの値は次式によって求められる。

表1 流雪溝諸元

水 深	度 数
～ 0.05	2
～ 0.10	3
～ 0.15	14
～ 0.20	2
～ 0.25	7
～ 0.30	8
～ 0.35	3
計	39

水深 (単位: m)

流 速	度 数
～ 0.5	8
～ 1.0	14
～ 1.5	8
～ 2.0	7
2.0 ～	2
計	39

流速 (単位: m/s)

溝 幅	度 数
～ 0.30	4
～ 0.35	19
～ 0.40	9
～ 0.45	6
～ 0.50	1
計	39

溝幅 (単位: m)

$$\bar{V}_w = B \cdot h \cdot l / l = B \cdot h \quad \text{--- (1)}$$

$$\bar{V}_s = \frac{q_s}{60} \cdot t_0 \cdot \frac{1}{l} = \frac{q_s}{60} \cdot \frac{l}{v_w} \cdot \frac{1}{l} = \frac{q_s}{60 v_w} \quad \text{--- (2)}$$

これらの値を使、て小千谷市における観測結果を整理したのが図2である。停滞、非停滞がほぼ次式によ、て区分される。

$$\bar{V}_w = \frac{1}{2} \bar{V}_s \quad \text{---- (3)}$$

式(1)は、通水断面もあらわす。したが、て、このような小断面の流雪溝の必要最小限の断面形の存在が予想されたが、明確な結果は得られない。今回の観測において雪投入量 q_s (m^3 /分)は、性別と投入器具ごとに、1分間当りの投入回数平均 m (回/分)、投入器具ごとの1回投入量 n (m^3)、投入作業人数 k (人)から次式により推定した。

$$q_s = \sum n \cdot m \cdot k \quad \text{-- (4)}$$

停滞発生原因の1つの機械力使用は、

(4)式中の n が急激に増加したものである。

る。今回の結果の整理ではこのことを考慮していない。

現在一般的には送雪能力限界として流量 Q_w (m^3 /sec)と雪投入量の間には次式が示されている。

$$Q_w = k(1 - p_s) \frac{q_s}{60} \quad \text{--- (5)} \quad \begin{array}{l} k: \text{係数 (1} \sim 1.5) \\ p_s: \text{雪密度 (g/cm}^3) \end{array}$$

(1)、(2)式より(3)式は(6)に書き換えられる。

$$Q_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_s}{60} \quad \text{--- (6)}$$

観測データも Q_w , $q_s/60$ で整理し、あわせて(6)式を記載したのが図3である。(6)式は(5)式において、 $k=1$, $p_s=0.4$ とした式とほとんど等しい。したが、て(5)式が、比較的小断面の流雪溝において使用可能であ、たとしてよい。

5. むすび

今回の観測で実際の流雪溝とその運用が確認できた。今後は(3)式、(5)式成立の背景についての研究が必要となる。又、運用に関して今後次のことを検討すべきである。i)停滞は人力補助により解消可能である。したが、て人力で補助をしなから運用した場合と、停滞が発生しないよう雪投入量を制限した場合の最終的処理量の比較。ii)運用時間内に1分間の雪投入量がその場所での平均投入量より多くなる確率。お

よびその投入量増加が停滞頻度に与える影響。

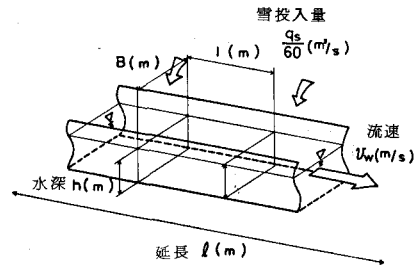


図1 流雪溝のモデル

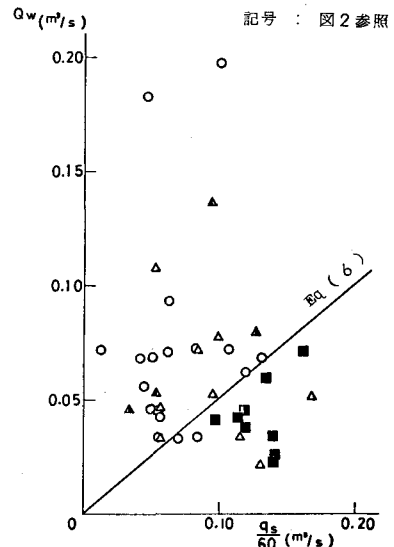
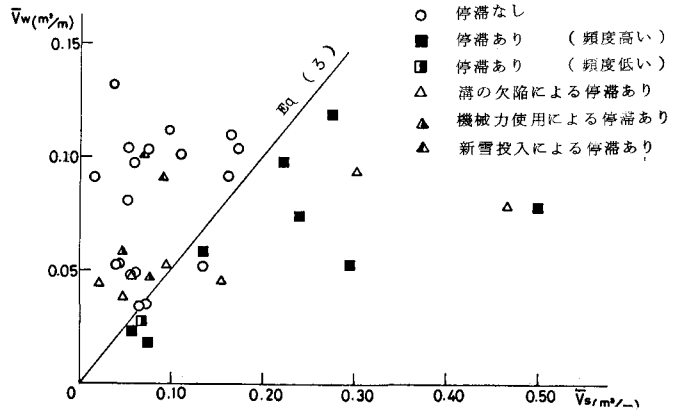


図3 雪投入量と流量による停滞発生区分