

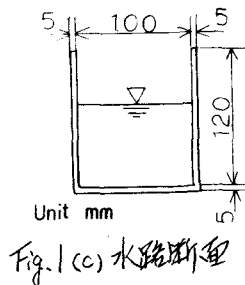
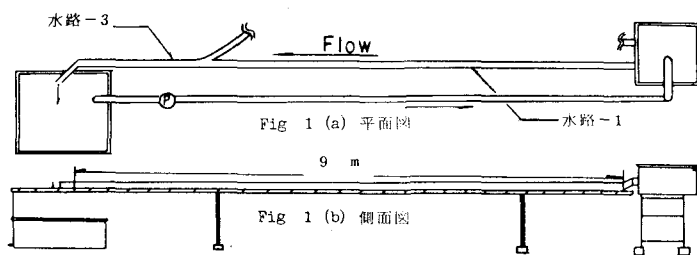
流雪溝の水理 — 雪水混相流体の粘度について —

八戸工業大学 正会員 佐々木 幹夫
 “ 学生会員 O 功 刀 智

1. はじめに. 流雪溝内の雪混じり流れに関する理論的研究は, 佐藤・首藤 (1983), Sato and Shuto (1983) 佐々木・西田 (1985) および佐々木 (1985) によってなされている。佐藤・首藤, 佐々木・西田 および佐々木の流体モデルは雪水混相流をビンガム流体とみなしている点は同じであるが, 佐藤・首藤, 佐々木・西田は比較的雪塊の多い雪混じり流れを, 佐々木は少ない雪塊量の混相流を中心に行っているように思われる。Sato and Shuto は水, 混相流, 雪塊の平均流速で雪塊混入による壁面摩擦係数を取扱っている。ビンガム流とする場合, 混相流体の粘性係数と流動を始める限界のせん断応力およびその位置が新たな未知量となる。前述のような理論的研究はあるが, これらの点の解明はまだ不十分である。本研究はこの点に着目し, 雪塊の流れの様子を調べることにより, 雪混じり流れの理論モデルの検討を深めようとするものである。

2. 雪塊の体積混入率の低い流水 ——— 雪塊流運速度に関する実験 ———

(1) 実験装置 Fig. 1 に示す水路を用いた。水路はアクリル板で作られており, 水底勾配は $\beta = 1/105$ である。



(2) 測定方法 雪塊の速度は 2m 間隔に設けた測定の通過時間より, 各区間の速度を出し, これらの平均を雪塊の速度とした。水深は各区間の中央の水深を読み取り, これらの平均値を水深とした。投雪は一箇所に 2 人が付き, 連続投入で行った。

(3) 結果 Case 5 は雪温と雪質の関係で, 雪玉をにぎることが不可解だったので, おわんを用いて, 投雪を行ったものである。おわんは直径が 11.4 cm である。表 1 に実験条件と結果を示した。

表 1 実験条件および結果

	雪 温 (°C)	水 温 (°C)	雪の密度 (g/cm ³)	雪玉の直径 (cm)	投雪量 (Kg)	投雪時間 (sec)	排雪量 q (l/s)	水 深 h (cm)	流 速 V (cm/s)	流 量 Q (l/s)	雪塊相対 速度 vs/v	投雪比 q/Q
CASE1	-4	10	0.366	5.8	36.706	---	---	2.7	0.882	2.37	0.683	----
CASE2	0	11	0.540	6.1	19.00	80.0	0.44	4.0	1.204	4.10	0.987	0.107
CASE3	-6	10	0.350	6.0	13.826	80.4	0.49	6.2	1.188	7.37	1.150	0.066
CASE4	0	11	0.540	6.1	24.870	111.2	0.41	8.5	1.299	11.04	1.063	0.037
CASE5	-4	9	0.431	おわん D=11.4	28.680	172.0	0.39	4.95	1.098	5.49	0.865	0.071
CASE6	-2	9	0.462	5.7	22.370	154.7	0.31	7.3	1.273	9.29	1.079	0.033
CASE7	0	8	0.616	5.2	-----	127.6	-----	3.25	0.949	3.08	0.983	----

Fig. 2は雪塊の相対速度 v_s/v ,ここに、 v は投雪前の流速,を縦軸に 相対水深 h/D ,ここに、 D は雪玉の直径,を横軸に取って表わしたもので、相対水深が小さいと底面の作用が出てくるので、相対速度 v_s/v が1より小くなるものと解釈されよう。相対速度 v_s/v が相対水深 h/D が $h/D \approx 1$ より大きくなった場合に、大きくなるのは、相対水深 h/D がさらに大きくなり 1.4 近くになると相対速度が1に近寄る傾向にあることより、水深の増加が 度の増大に寄与しているからであろう。

雪塊の混入が少ない場合、水位上昇による相対速度の増加はマンニングの式で与えられるものとする、 $v_s/v = \{ \frac{h}{h_0} \cdot \frac{(2h_0 + B)}{(2h + B)} \}^{2/3} = \{ \varepsilon \frac{2 + \beta}{2\varepsilon + \beta} \}^{2/3}$, ここに、 $\varepsilon = 1 + 4h/Dh^*$, $h^* = h_0/D$, $\beta = B/h^*D$ となる。Fig. 2の実線はこの v_s/v を図示したもので、 $h/D > 1$ では判定値と傾向が一致している。

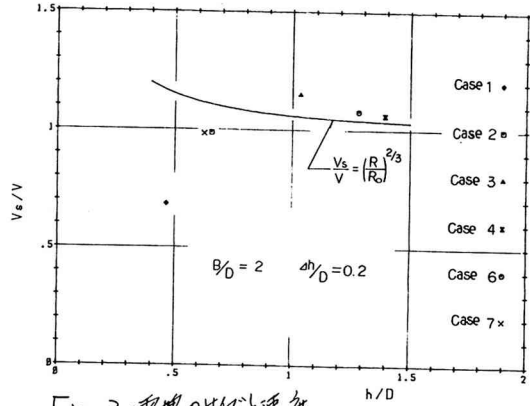


Fig. 3 雪塊の形状と深さ

3. 円筒水路による雪水混相流の観測

(1) 実験装置 雪塊の流動を観測するために、Fig. 3に示す円筒水路を作成した。水槽底のアロペラは4段階の回転速度の切換えが可能で、水だけの場合、最大で約50cm/sの流速が出て、壁面近くを除けば、半径方向には一様な速度分布となり、深さ方向にも内側の円筒と同じ深さ付近までは一様な速度分布となる。

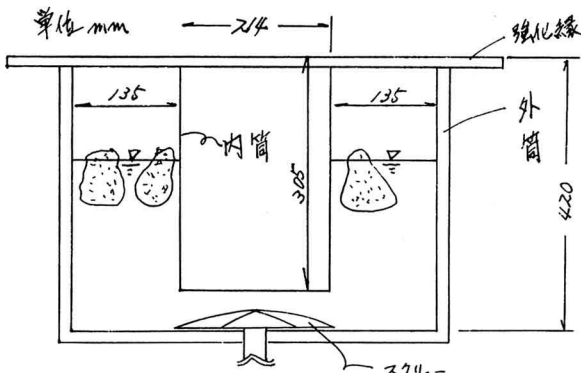


Fig. 4(a) 水槽

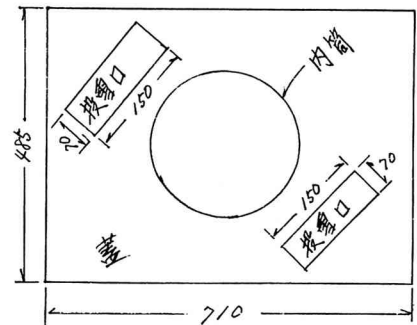


Fig. 4(b) 水槽蓋

(2) 結果 本実験水槽の場合、雪塊は少ない場合、内側に移動、集まる傾向にあるようである。また、深さ方向への雪塊の動きは、密度の小さい雪塊は一度下に深く入るとその付近で流動していくようである。したがって、密度の小さい雪塊が混入する場合には、水路断面全体にわたって、雪塊が流下していくのではないかと予想される。

4. おわりに、円筒水路で実際の流雪溝をどこまで再現できるか、今後の課題としたい。

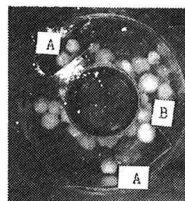


Fig. 5(a)

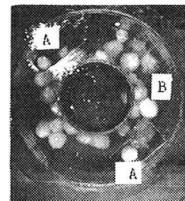


Fig. 5(b)

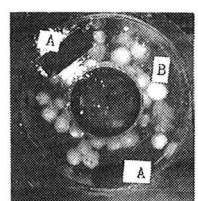


Fig. 5(c)

Fig. 5 雪塊の流動の様子。AはFig. 4(b)に示した投雪口、Bは雪玉を示す。時間間隔 $\Delta t = 1/3$ sec, $v_s = 23$ cm/s