

II-153 流雪の水理 - 流送雪塊の観測 -

八戸工業大学 土木工学科 正会員○ 佐々木 幹夫
(社)茨城県建設コンサルタント " 小野瀬 修司
八戸工業大学 土木工学科 " 川島 俊夫

1. はじめに 流雪溝内の雪水混相流については、佐藤・首藤（1983）、Sato and Shuto（1983）、佐々木・西田（1985）、佐々木（1985, 86）などによる研究があり、Sato and Shutoの論文には雪水混相流体の壁面抵抗係数に関する貴重な実験結果が示されている。実用的な面で問題となるのは排雪限界付近の抵抗係数の算定であるが、実用に供しえるほどの段階に達していない。雪混じり流れの粘性係数、壁面抵抗係数等解明すべき点は多いが、ここでは、雪塊の流動状態の解明に不十分な点があったので、流動雪塊の観測を行ってみた。

2. 実験装置および実験条件 定位置で雪塊の流動現象を観測できるように、エンドレス水路として図1に示すような円筒水路を作成した。水槽となる外筒は約50cmの亚克力管よりなり、水槽底中央のスクリュウは4段階の回転速度の切換えが可能となっている。内筒は中央の渦による影響がないように設置したもので、これにより、水路幅 $B=13.5\text{cm}$ にわたり、ほぼ一様な速度分布となる流れを作れるようになっている。深さ方向の速度分布は内筒と同じ深さまでは一様に近い分布となる。

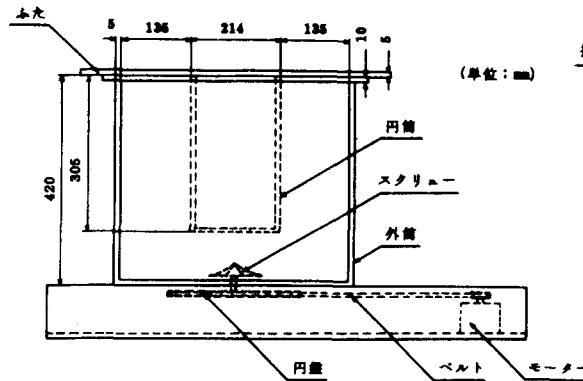


図1 (a) 水槽側面図

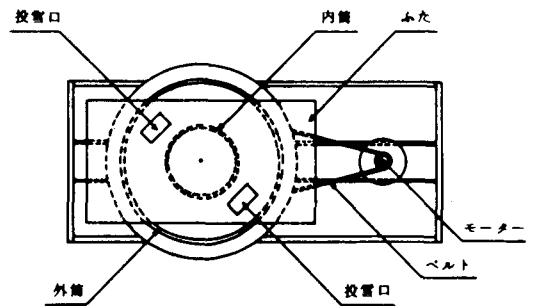


図1 (b) 水槽平面図

表1 実験条件・（内筒下端までの深さ=20.5cm）

	雪温	気温	水温	密度	雪塊数	雪塊平均径	$v_{\theta 0}$	$-\partial v / \partial t$	ϕ	C_B	雪層厚
	($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)	(g/cm^3)	(個)	(cm)	(cm/s)	(cm/s^2)	(%)		(cm)
Run 1	-1.0	6.0	0.5	0.39	1	5.2	26.6	0.34	1.0	0.0066	5.2
2	-1.0	6.0	0.5	0.39	2	5.6	23.4	0.31	2.4	0.0077	5.6
3	-1.0	6.0	0.5	0.39	10	5.4	25.2	0.48	10.2	0.0100	5.4
4	-1.0	6.0	0.5	0.39	50	5.4	25.8	1.90	36.8	0.0464	7.6
5	-1.0	6.0	0.5	0.39	80	5.2	17.0	2.60	44.7	0.0958	8.9

実験条件は表1に示したが、雪の密度はビニールで包んだ雪玉を水中に入れた際に排除した水量より算定した体積を用いて求めた。表中の記号は v_θ ：雪水混相流体の平均回転速度（幅全体）、 ϕ ：雪塊容積濃度、 C_B ：壁面抵抗係数であり、雪層厚はRun104および105の場合には平均厚を取り、Run101～103の場合には雪玉の平均寸法Dに等しく取り、これらの層内の体積と雪塊全体積でそれぞれの ϕ を表わしている。

3. 結果 実際の流雪溝では1 m/s前後の流速であるから、今回の実験はおおよそ1/4の流速となっており、流速比で単純な現地対応水路幅を考えると2 m前後の幅の流雪溝となるが、流速の遅い（約50 cm/s）、水路幅70 cm前後の流雪溝には対応がとれる。雪塊の流動状況を観測した例を写真1および2で示した。雪塊数が少ない場合（写真1（a））、雪塊は内側を移動していく傾向にある。これは、水だけの場合の外と内の水位差は6 mm程度であるが、水面勾配よりは前述（実験装置、水槽内速度分布）の半径方向の速度差が小さいために内側の方が早く円周方向に進むからで、現地流雪溝でみられるように雪塊の水路中央集中流動下現象に対応していると思われる。写真2に示すように、一度下に深く入った雪塊はその位置でそのまま下流に流動する傾向にあり、浮力の作用により、雪層が一定厚になるようなことはない。この点、流雪溝の閉塞と局所的な容積濃度の関係を明らかににする必要がある。図2は定常な流動流れを作った後、モーターを停止し、回転速度 v_θ の観測をした結果の1例を示したもので、水槽内の流動現象は、微小角 $\delta\theta$ 、幅B、雪層厚hより作られる体積要素を考えることにより、次式で与えられる。

$$\begin{aligned}
 \partial_\theta \partial v_\theta / \partial t &= -2\tau_\theta / \rho B + \tau_B / \rho h \quad \text{---- (1)} \\
 \tau_\theta &= C_B \rho v_\theta^2 / 2, \quad \tau_B = C_f \rho v_s^2 / 2
 \end{aligned}$$

ここに、 τ_θ は側壁の摩擦力、 τ_B はスリップ速度 v_s による底面摩擦力である。式（1）より、 C_B と ϕ の関係を示すと図3のようになる。

今後は多くの実験値より C_B と ϕ の量的な関係を把握する必要がある。

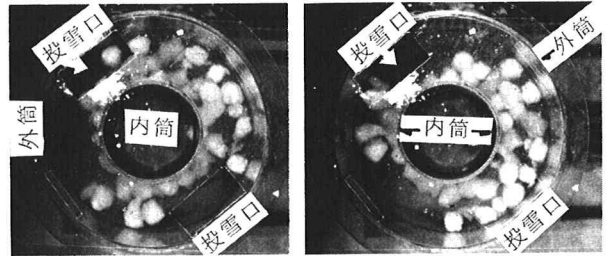
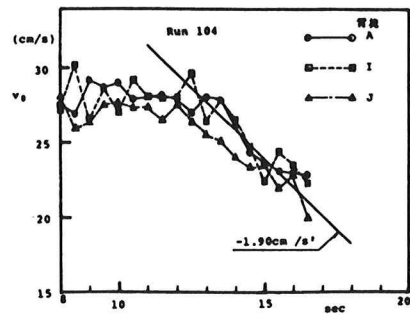
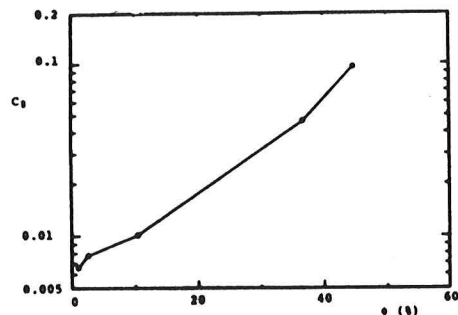


写真1 雪塊の流運状況



写真2 流動雪塊の鉛直構造


 図2 v_θ の測定例

 図3 壁面抵抗係数 C_B と容積濃度 ϕ の関係