

# 雪混じり流れの構造に関する研究

北海道大学工学部 梅津智徳  
 北海道大学工学部 正員 黒木幹男  
 北海道大学工学部 正員 板倉忠興

## 1. はじめに

近年、都市内除雪を効率よく進めるための施設として流雪溝の設置が進んでいる。流雪溝の利点は、街区の中から直接雪を排出する事ができ、車両による運搬を省略できることである。しかし、多量の雪が短時間に流雪溝に投入されると、流雪溝内の雪を運搬し排出するための流水が停滞し、ついには溢水を起こす。

流水が停滞、または溢水を起こすと、その解消にかなりの時間を必要とし、流雪溝が除雪施設として機能できず、その役割を果たせなくなる。そのため、流雪溝の輸送可能である最大流雪量を知る事が重要である。

しかし、現時点においてその評価式は未だ確立されていない状況にあり、今回その基本となる雪層下部の流れの構造を雪層の代わりに発泡スチロールを用いた実験を行うことにより解明し、また実際に水路に投雪し、投雪量による流れの状態の変化を観察した。

## 2. 実験の概要～その1 (発泡スチロールを用いた実験)

水路幅 30cm の底面スチールまたは発泡スチロール、側面ガラスの水路を用いて、(1) 連結した発泡スチロール板を、水路上流端において半固定したものと、(2) 幅 25cm、厚さ3.5cm、長さ91cm、密度0.011g/cm<sup>3</sup>の発泡スチロール板を連続的に投入した2パターンの実験を行い、レーザー流速計により流速を測定した。

実施した実験をtable 1に示す。

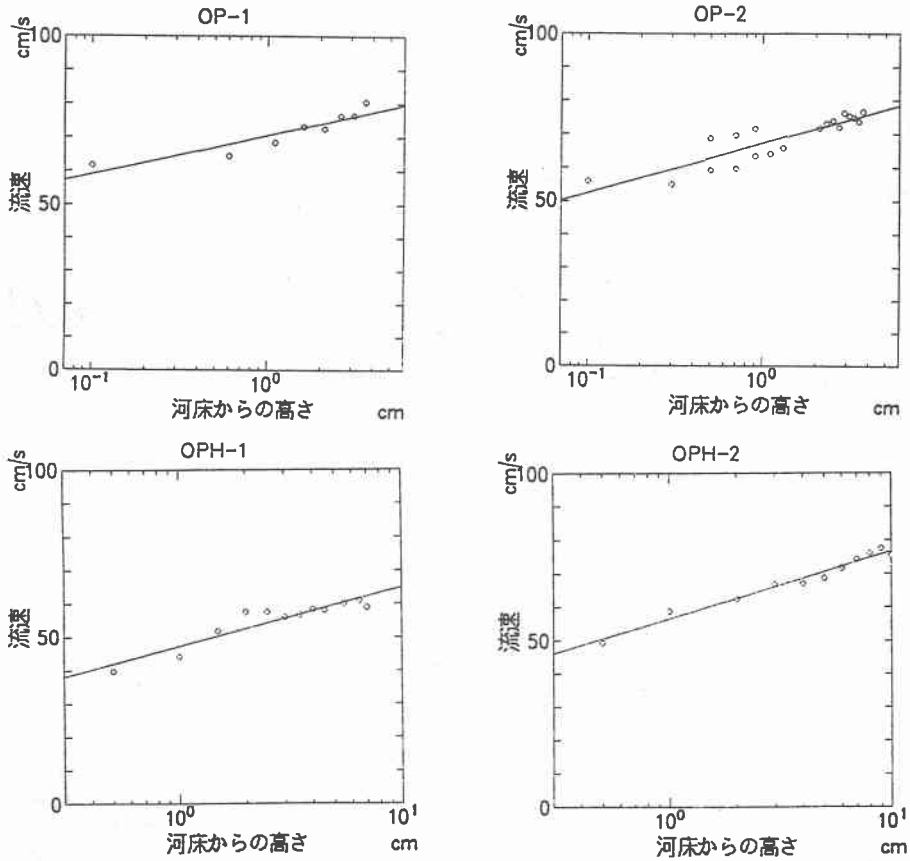
今回は、table 1 で示した実験の中から F-1, F-3, M-1の結果を掲載することにする。

OP-1及びOP-2より底面スチールの粗度係数を、OPH-1及びOPH-2より発泡スチロールの粗度係数を対数則と実測値を比較することにより求めた。

table 1 (実験一覧)

実験名	発泡スチロール	水深 (cm)	河床勾配	水路底面の材質
F-1	半固定	5.2	0.0022	スチール
F-2		10.3	1/864	発泡スチロール
F-3		10.8	1/864	発泡スチロール
F-4		10.2	1/864	発泡スチロール
M-1	連続的に投入	4.7	0.0022	スチール
M-2		4.4	0.0022	スチール
OP-1	なし (開水路)	4.2	0.0022	スチール
OP-2		3.8	0.0022	スチール
OPH-1		7.5	1/864	発泡スチロール
OPH-2		10.3	1/864	発泡スチロール

fig 1



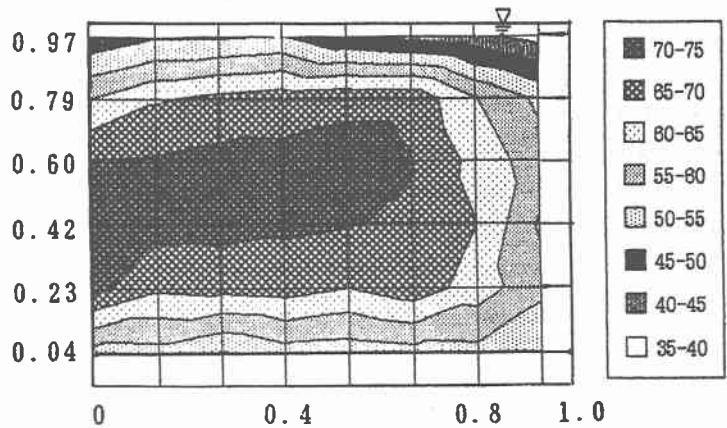
### 3. 実験の結果～その1

(1) 発泡スチロールを固定した実験 (F-3, F-1)

発泡スチロール板を水路底面に敷き詰めて実験を行った。実験1は水深10.8cm、実験2は水深10.2cmで、水深方向、水路断面方向ともに2cmの間隔において流速を測定し、その結果から流速分布を等高線グラフ (fig 2, fig 3) に描いた。

等高線グラフの縦軸は河床からの高さを河床を0、水面を1として無次元で、横軸は水路断面からの距離を断面中央を0、側面を1で無次元で表している。また、流速の単位はcm/sである。

fig 2 (F-3)



(2) 発泡スチロールを投入した実験 (M-1)

水路底面はスチールで、発泡スチロールの流下速度 46cm/s、水深は 4.7cm であった。水深方向、水路断面方向ともに 1cm 間隔で流速を測定し、(1) 同様等高線グラフ (fig 3) を描いた。

グラフの縦軸、横軸及び流速の単位は、fig 2、fig 3 と同様である。

また、F-1、M-1 の実験においては、流量一定のもとでおこなった。

したがって、fig 2、fig 3 を比べることで、同一流量においての、雪層停滞、雪層流下それぞれの条件での雪層下面の流速分布を比べることが出来る。

なお、fig 5 は、縦軸に水深、横軸に流速を取った場合の F-1、M-1 の実験における各断面の流速分布である。

fig 3(F-1)

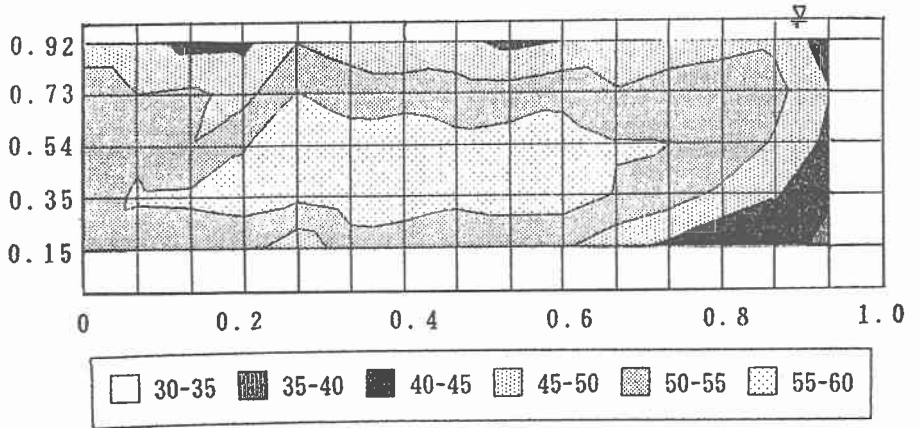


fig 4(M-1)

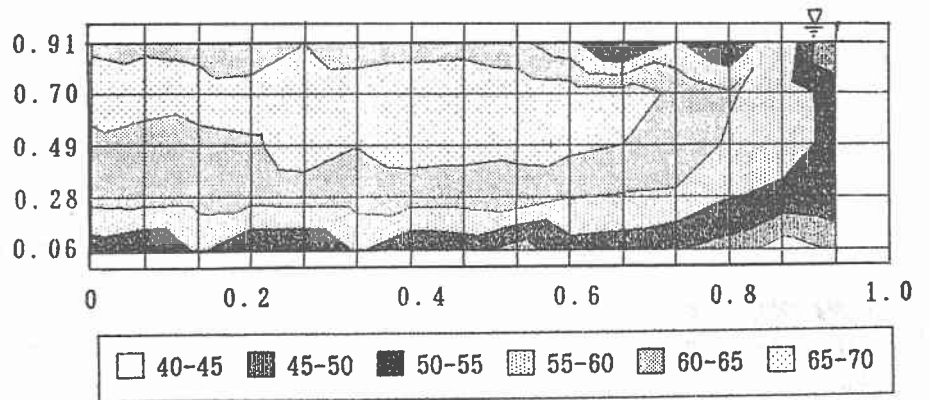
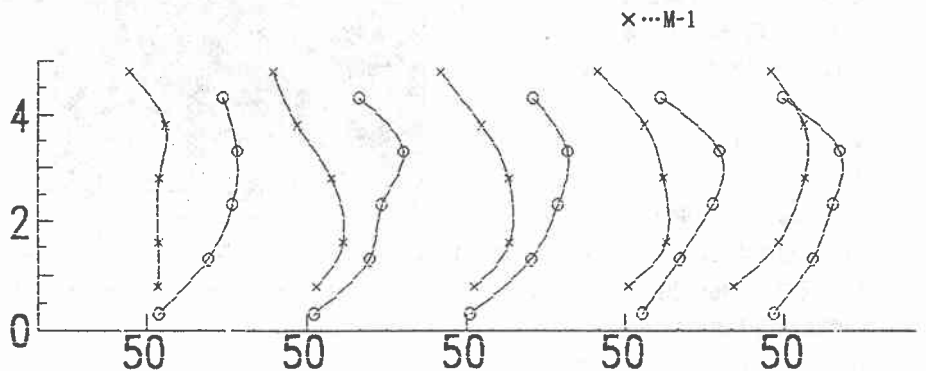


fig 5(F-1, M-1 流速分布)



#### 4. 実験の概要及び結果～その2 (水路に投雪した実験)

実験結果を table 2に示す。

水路幅30cmの底面スチール、側面ガラスの水路を用いて、人力で2mの間隔をおいて5名で周期的に水路に雪を投入し、流量および流雪量の変化によって水路が閉塞するか否か、また閉塞する場合はその位置を観察した。

雪の密度は0.221g/cm<sup>3</sup>であった。

流量は 15.3l/sおよび 12.11/s。投雪は人力で周期的に行い、その周期は各実験で変え、投雪量は投雪者5名の平均値を用いた。閉塞地点は投雪最上流地点からの距離とした。

流量 12.11/sにおいて、2.47kg/m<sup>2</sup> の投雪を行うと、水路は投雪直後に閉塞したため、投雪量を半分に減らし実験を継続した。

table 2 (実験結果)

流量 (l/s)	投雪量 (kg/m <sup>2</sup> )	投雪周期 (sec)	閉塞地点 (m)
15.3	2.47	1.0	4.0
15.3	2.47	2.0	4.0
15.3	2.47	3.0	6.0
12.1	1.23	1.0	閉塞せず*
12.1	1.23	2.0	閉塞せず

\* 閉塞には至らないが流れは鈍った

#### 5. まとめ

##### (1) 発泡スチロールを用いた実験に関して

F-1, M-1をfig 3, fig 4及びfig 5より比較すると、F-1はM-1に比べ流速が遅く、最大流速と最小流速の差も小さいことがわかる。また、最大流速を与える水深も深くなる。このことから、雪層停滞時は雪層流下時に比べ雪層が流水に与える影響が大きいたことが確認できる。

##### (2) 投雪実験に関して

現時点の段階ではデータ数不足により、この実験結果だけでは投雪量と流量の関係から流水の雪運搬能を推測するのは困難であるため、同様の実験を数多く実施しデータ数を揃えることが今後の課題である。

また、本実験は人力で水路に投雪しているため微妙な投雪量の調節や、短い周期での投雪を実施できないため、改善の余地がある。

#### 《参考文献》

- (1) 佐々木 幹夫、西田 修三 流雪溝の設計流量について 第29回水理講演会論文集 1985.2 pp191
- (2) 黒木 幹男、岡部 和憲 河川の雪氷輸送能評価の可能性の検討
- (3) 佐藤 敏之、首藤 伸夫 雪混じり流水の抵抗法則 第27回水理講演会論文集 1983.2 pp801
- (4) 岡村 康一、福嶋 祐介、早川 典生、村上 正人 流雪溝の雪輸送能力に関する水理学的検討 水工学論文集 第36巻 1992.2 pp287