

### 1. 研究の目的

本研究は、雪害による除排雪システム（流雪溝）の管内の様子を実験装置で流動観測し、解析することである。近年、北海道や東北地方の豪雪都市では大雪による被害が増加している。そこで除排雪システムが解明されることにより、管水路と開水路を併用し河川まで排雪する除排雪システムが利用できるようになる。そのために固液混相流における固体粒子の流動観測を行う。実験には、夏季でも流動観測を行えるよう雪塊の代わりにポリスチレン粒子を用いて行う。画像解析を行うことで、固体粒子の上下動変化、速度変化など管内の粒子の特性を詳細に把握することができる。

### 2. 実験条件

本研究では、管内に水と固体粒子を同時に流した。管に対して水平方向からハイスピードカメラで固体粒子の動きを観測した。また、管内の固体粒子を詳細に把握するために、管上部にレーザーを設置した。実験条件は、管径  $D=49.7$  の円管を使い、固体粒子比重  $S=1.06$ 、固体粒子体積  $v = 6\text{mm}^3$ 、水温  $9^\circ\text{C}$  で実験を行った。固体粒子濃度 2.5% と 5% で行い、流速を  $0.6 \cdot 1.0 \cdot 1.5 \cdot 2.0 \cdot 2.5\text{m/s}$  にそれぞれ変えて行った。また、管上部に設置したレーザーは管の  $1/4$ 、 $1/2$ 、 $3/4$  の部分に鉛直方向に設置した。その中でも、特徴のあるケースの解析を行った。

### 3. 観測結果及び考察

#### (1) 固体粒子上下動変化

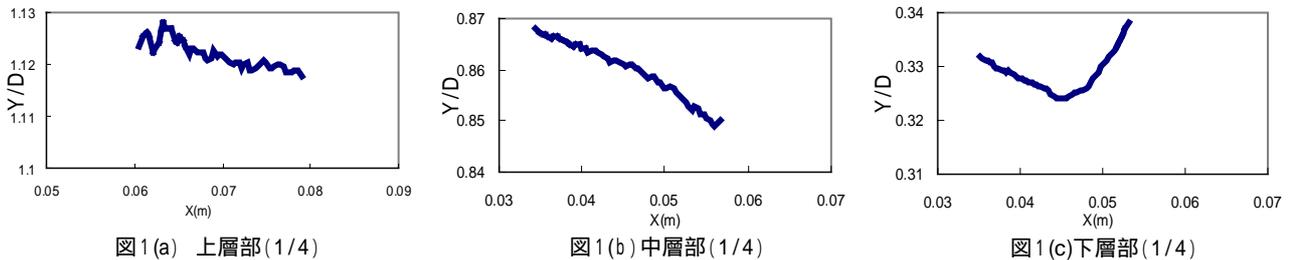


図 1 ケース 7  $1.0\text{m/s}$  2.5%(管径  $1/4$  の管内部を通る粒子)

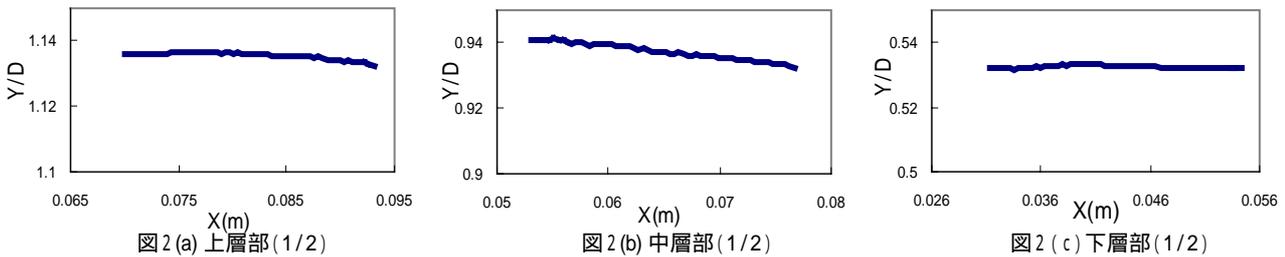


図 2 ケース 8  $1.0\text{m/s}$  2.5%(管内部の中心を通る粒子)

図 1 は、管径  $1/4$  の管内部を通る粒子の上下動変化をグラフにしたものである。上層部では粒子が大きく変動していることがわかる。中層部では、進行方向に対して急激に沈降しながら流れていることがわかる。下層部の粒子は、進行方向に対して上昇、沈降を繰り返しながら流れていることがわかる。

図 2 は、管径  $1/2$  の管内部を通る粒子の上下動変化をグラフにしたものである。図 1 と比べると上層部に大きな変動は見られない。中層部は、図 1 ( b ) に比べると急激な沈降は見られないが、沈降しながら流れていることがわかる。下層部の流れは図 1 ( c ) と比べると緩やかな流れであるといえる。このような結果から、中層部は粒子の変動が少ないといえる。上層部、下層部は壁面摩擦抵抗を受けているため変動が大きいといえる。

## (2) 固体粒子速度変化

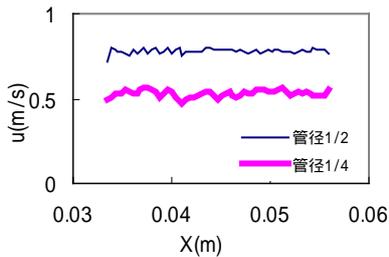


図3(a) 上層部

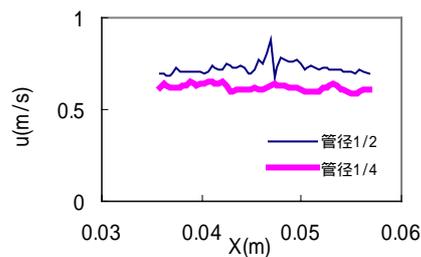


図3(b) 中層部

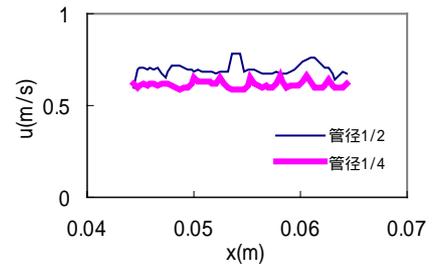


図3(c) 下層部

図3 ケース 17、ケース 18 0.6m/s 5%(管径 1/4 と 1/2 を通る粒子の比較)

図3は、管内の最も端を流れる粒子(管径 1/2)と、最も中央を流れる粒子(管径 1/4)の固体粒子速度変化のグラフである。上・中・下層部とも管径 1/2 の管内部を通る粒子の流速が速いことがわかる。壁面摩擦抵抗を受けていないことが理由だと考えられる。また、この結果から最も壁面摩擦抵抗を受けるのは、管径 1/4 の上層部だということになる。

## (3) 固体粒子速度分布



図4. 1.5m/s 5% PIV ベクトル画像

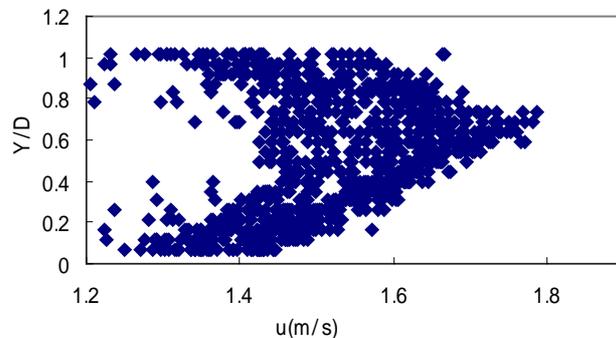


図5. 1.5m/s 5%の速度分布

図4は、流速 1.5m/s 固体粒子濃度 5%の画像を、PIV 解析ソフトで解析した画像である。これにより、管内の粒子の流体がわかる。上層部、下層部ではベクトルが短いのにに対して、中層部のベクトルは長いことがわかる。これは、中層部では他に比べて流速が速いということである。しかし、中層部では、ベクトルの向きも一定でないことがわかる。これは、中層部の流れに乱れが多いということになる。

図5は、解析画像を元に固体粒子速度分布を表したものである。粒子速度は管の中央部が最も速く、中央部から徐々に離れていけば、粒子速度が遅くなっていることがグラフからわかる。これは、水に粘性があるために壁面摩擦が起こり、壁面に近い粒子が遅くなっているといえる。また、稀に中央部でも粒子速度が遅い部分がある。これは、管の手前の壁面摩擦を受けたものだと考えられる。

## 4. 結論

固体粒子上下動変化のグラフより、最も管内部の中心を流れる粒子は上・中・下層部ともに一定の軌道を保ち流れていることがわかる。一方で、管の端を流れる粒子は、上・中・下層部ともに大きな変化が見られた。このような結果から、固体粒子上下動変化は、壁面近くで大きく上下に変化し、管の中心部では上下の変動はみられない。固体粒子速度変化では、上・中・下層部ともに管の端を流れる粒子より、最も管の中心を流れる粒子の流速が速いことがわかる。しかし、端を流れる粒子よりも速度変化にばらつきがある。これは、流速が速い粒子と、遅い粒子の差が大きいためだと考えられる。固体粒子速度分布では、PIV ベクトルが画像より、中層部のベクトルが上・下層部より長いため、中層部の流速が速いことがわかる。また、固体粒子速度分布グラフからも見ての通り、中層部の最大流速が 1.8m/s 付近にある。このような結果より、中層部の中心は壁面摩擦が小さいので、上・下層部に比べ、流速が速くなることがわかった。