

# 流動するアイスラリー中の氷粒子径の変化

## Variation of ice particle size in ice slurry flowing in circular pipe

浦城仁<sup>1)</sup>, 原崎太希<sup>1)</sup>, 浅岡龍徳<sup>2)</sup>

1) 信州大学大学院 総合理工学研究科工学専攻  
2) 信州大学 学術研究院工学系

### 1. 研究背景, 目的

#### アイスラリー

水または水溶液と微細な氷粒子が混在した固液二相流体  
冷熱輸送媒体として利用される



流動性に優れ配管輸送が可能である一方で、氷が凝集することで配管が閉塞してしまう問題もあり、アイスラリーの実用化には流動特性の把握が必要不可欠

アイスラリーの流動特性、熱伝達特性、流動様相などを氷粒子径が及ぼす影響は大きいとされている

流動中の氷粒子径の変化, および氷粒子径変化が流れに与える影響について検討

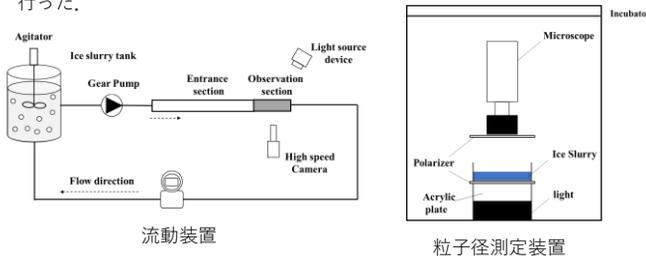
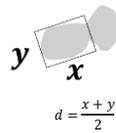
### 2. 実験方法

#### 流動様相の撮影

- 流動装置は生成装置と測定装置からなる。生成装置において、初期濃度 5mass% のエタノール水溶液からアイスラリーを過冷却方式で連続的に生成する。
- 測定装置にてアイスラリーの流動様相を撮影する。また、コリオリ流量計を用いてIPFの計測も行う。
- 生成したアイスラリーを測定装置に流し、IPFが25%, 15%, 5%程度になったときに一度流動を止め、貯氷タンクからアイスラリーを取り出して粒子径の測定を行う。

#### 氷粒子径の測定

- ガラス製シャーレにアイスラリーを取り出す。
- 8°Cに保たれた恒温室の中に置かれた透明なアクリル製プレートの上にシャーレを置き、顕微鏡で氷粒子を撮影する。
- 氷粒子は楕円形であるため、粒子の長辺をx, 短辺をyとして測定し、その平均を粒子径とした。
- 撮影画像の中から50個の氷粒子を抽出して粒子径測定を行った。



### 3. 実験結果

#### 粒子径測定方法の妥当性

氷粒子径の測定において、撮影画像から抽出するサンプル数を50個と設定した。これは、サンプル数を増やしても頻度分布の形や最頻値に影響がないと判断したためである。測定した粒子径の最小値、最大値を表に示す。どの条件においても、最小値、最大値の差は小さく、無作為に氷粒子を抽出できていると考える。

#### 氷粒子径の変化

アイスラリー中の氷は、初期IPFに関係なく、流動初期は不規則な形の比較的大きな氷粒子が凝集し合った状態であった。アイスラリーを流動させることで、氷粒子の融解が進むにつれて粒子径は小さくなり、楕円形の氷粒子が分散した状態になっていくことがわかった。また、粒子径が0.1mm以下の細かい氷は優先的に融解していきることがわかった。

粒子径の最小値と最大値

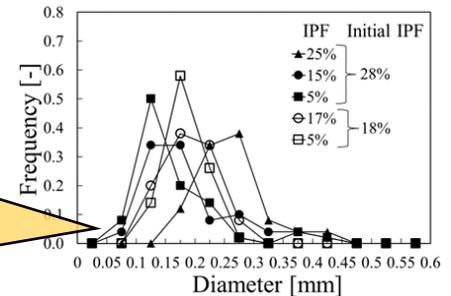
	Initial IPF 28%			Initial IPF 18%	
	IPF25%	IPF15%	IPF5%	IPF17%	IPF5%
Minimum	0.18 mm	0.09 mm	0.08 mm	0.12 mm	0.12 mm
Maximum	0.46 mm	0.40 mm	0.41 mm	0.30 mm	0.25 mm

・初期IPFが高いほど流動初期の氷粒子径が若干大きくなる

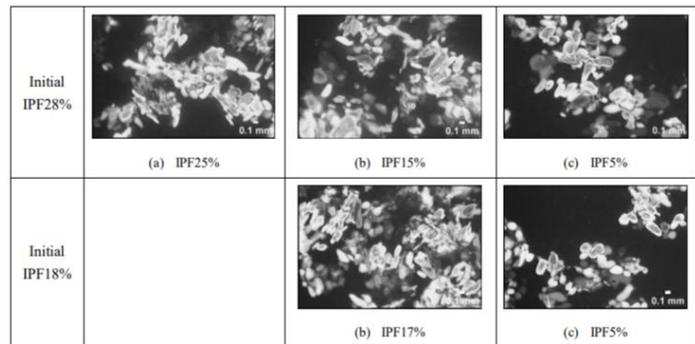
→初期IPFを高めるには生成時間が長時間必要であり、その間に貯氷タンク内で氷粒子が成長して大きくなる。

・流動に伴うIPFの減少によって径の小さな粒子の割合が高くなる

→同程度のIPFで比べると初期IPFの高いほうが小さい粒子が多い。



氷粒子径の分布



各IPFにおける氷粒子の様子

### 4. 流れに及ぼす影響

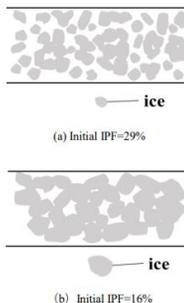
氷粒子径が小さいほど非ブロック状流れになりやすい

・付着面積が減少する影響

→粒子径が小さくなることで、氷同士が付着し合う面積が減少するため、凝集しにくくなると考えられる。

・比表面積が大きくなる影響

→粒子径が小さくなることで、比表面積が大きくなり、流れから受ける力の影響が顕著になる。流れから受ける力により粒子が分散されるため、氷粒子径が小さいほど凝集が抑制されると考えられる。



初期IPFが高いほうが同程度のIPFで比べた時非ブロック状流れになりやすい

### 5. 結論

・アイスラリー中の氷は、流動初期は不規則な形の比較的大きな氷粒子が凝集した状態であるが、融解が進むにつれて小さくなり、楕円形の氷粒子が分散した状態となることがわかった。また、粒子径が0.1mm以下の細かい氷は優先的に融解して消滅していきることがわかった。

・初期IPFを変えて氷粒子径の影響について検討した結果、氷粒子径が小さいほど非ブロック状流れになりやすいことがわかった。