

急減圧下における高粘性流体 の流動挙動

石川 千博

研究背景

火山噴火

爆発的火山噴火

火山灰や噴石を吹き飛ばす
噴煙柱が成層圏まで達する



非爆発的火山噴火

マグマを噴水のように噴出する
火口からマグマが溢れ溶岩流となる



高圧高粘性マグマ
 $1 \sim 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
 $10 \sim 100 \text{ MPa}$

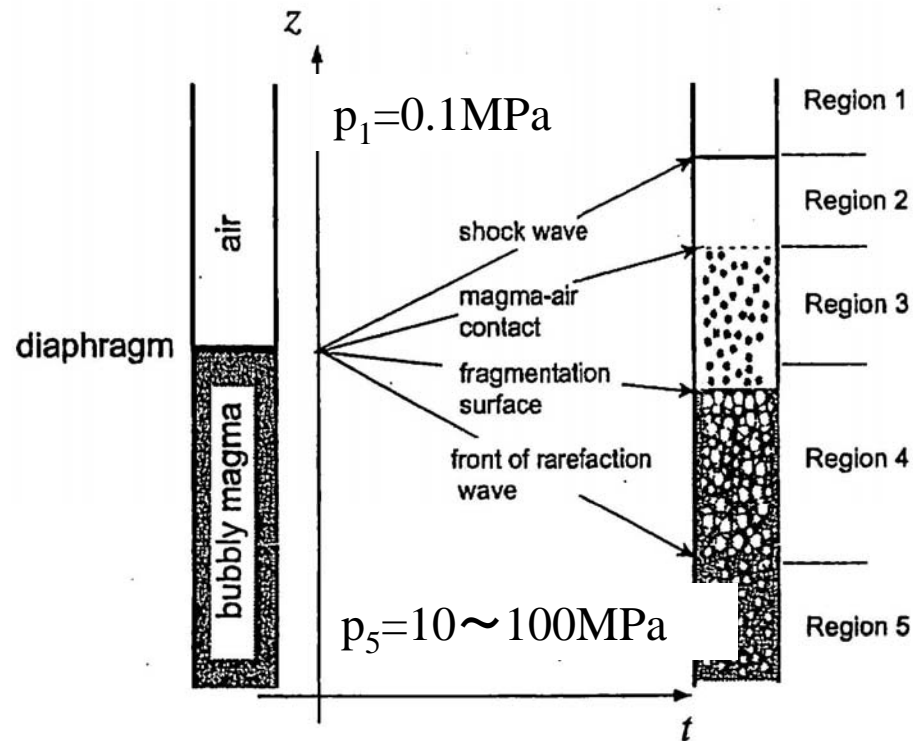
爆発的噴火
↑
マグマの破碎
↑
流動発生
↑
マグマの発泡
↑
急減圧

爆発的火山噴火の流動メカニズム解明が重要

過去の研究

Koyaguchi and Mitani (2005).

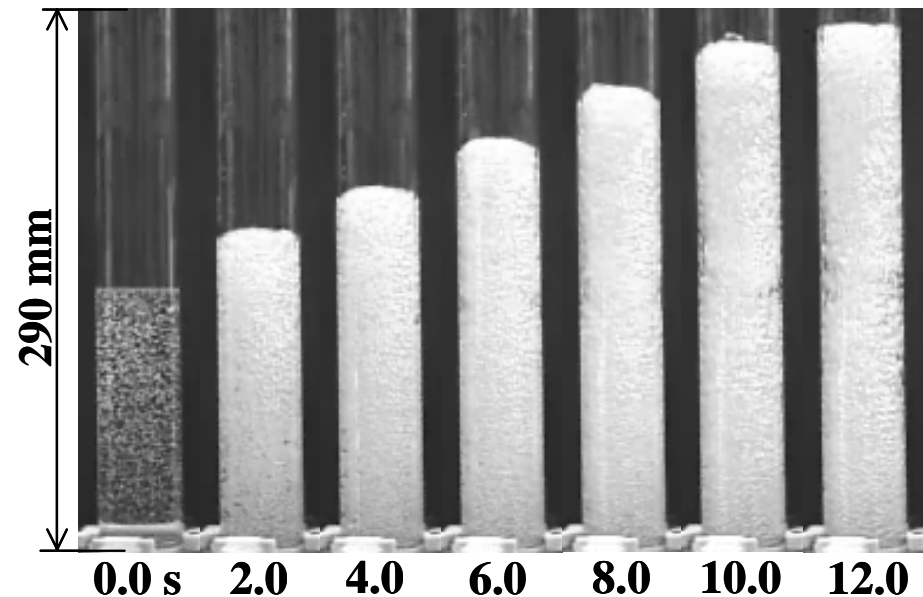
衝撃波管モデルを用いた
気液二相流の数値解析



火山噴火での急減圧→衝撃波管実験模擬

- ・ 上昇速度 … 数100 m/s

可視化衝撃波管装置を用いた
マグマ模擬物質の急減圧実験
【(2006)若林ら】



大気圧からの急減圧実験

- ・ 上昇速度 … ~ 1 m/s
- ・ 揮発性物質 … 0.01 wt%



高圧力からの急減圧が必要

研究目的

本研究では、高圧可視化衝撃波管およびマグマの粘性を模擬した物質による火道内流動の模擬

研究目的

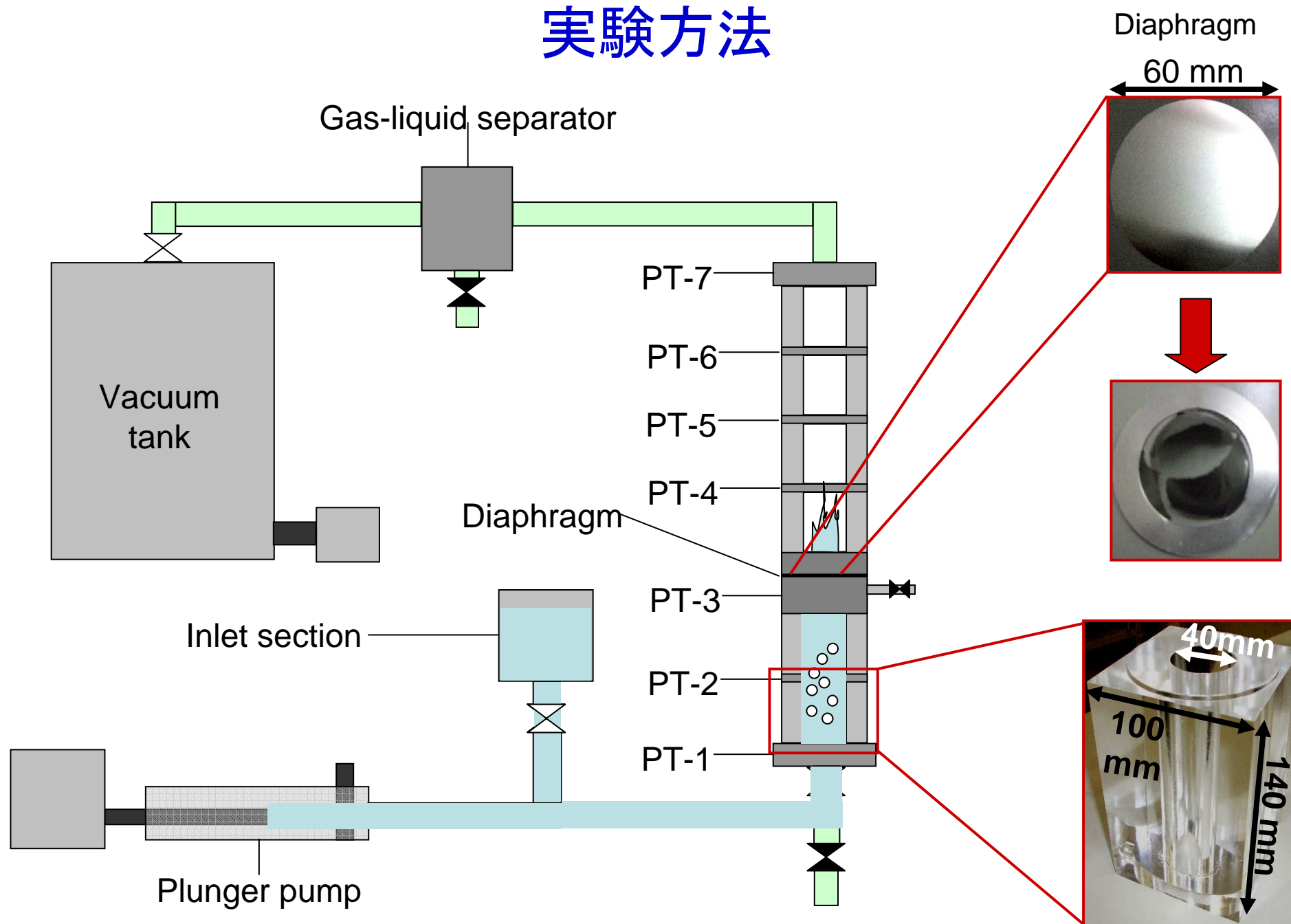
- ・マグマ模擬物質の粘性と火道内圧力が火道内で発生する噴出流動に与える影響の評価
- ・流体中の不純物が流体内の気泡の生成に与える影響を評価する



アプローチ

衝撃波管の詳細可視化観測および圧力変動観測。
得られた可視化観測画像から、圧力やマグマ模擬物質の粘性や流体中の物質が流体の流動に及ぼす影響を評価

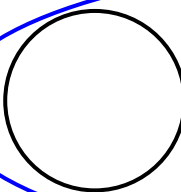
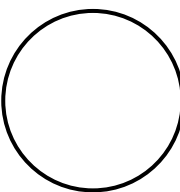
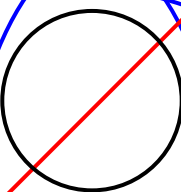
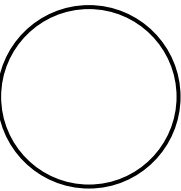
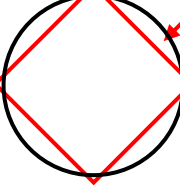
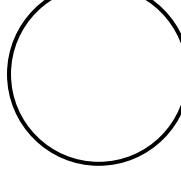
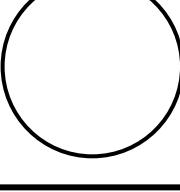
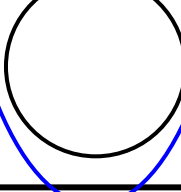
実験方法



実験条件

- 1, 噴出流動観測実験
- 2, 流体内部流動観測実験

実験試料: シリコンオイル (1, 10, 100 Pa·s)
ダイアフラム: SUS304 $\phi 60 \times 0.05 \sim 0.15$ mm

圧力 粘性	3MPa	5MPa	10MPa
1Pa·s			
10Pa·s			
100Pa·s			

噴出流動
観測実験

内部流動
観測実験

噴出流動
観測部

流体内部流動
観測部

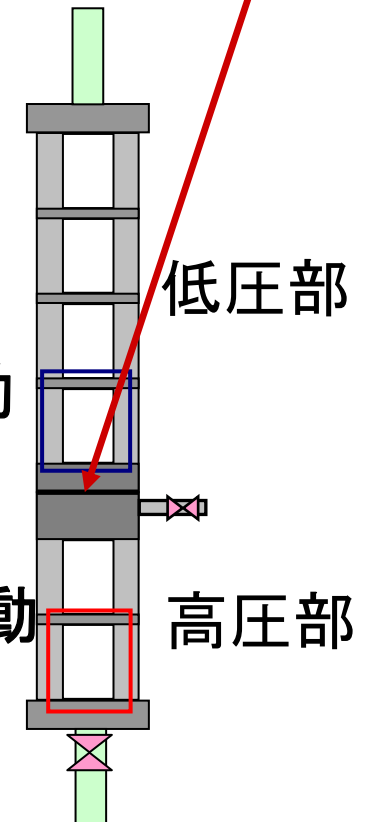
Diaphragm

60 mm



低圧部

高圧部



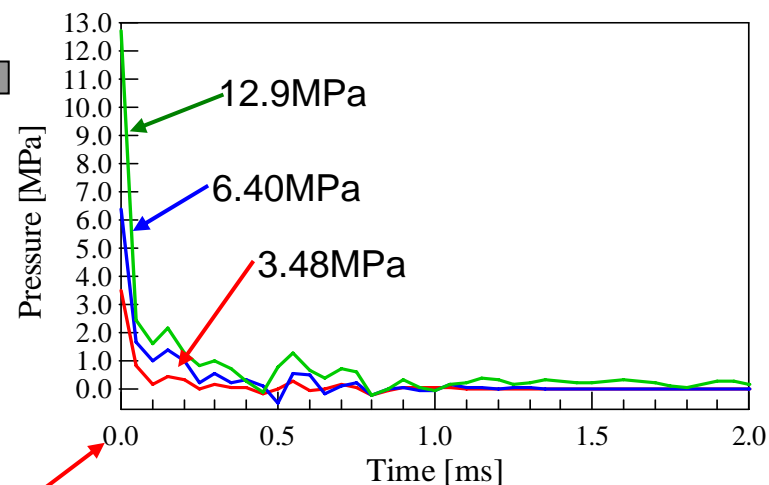
噴出流動に対する圧力の影響

撮影速度; 8000fps
再生速度; 30fps

圧力
 $P=3.48\text{MPa}$ $P=6.40\text{MPa}$ $P=12.9\text{MPa}$

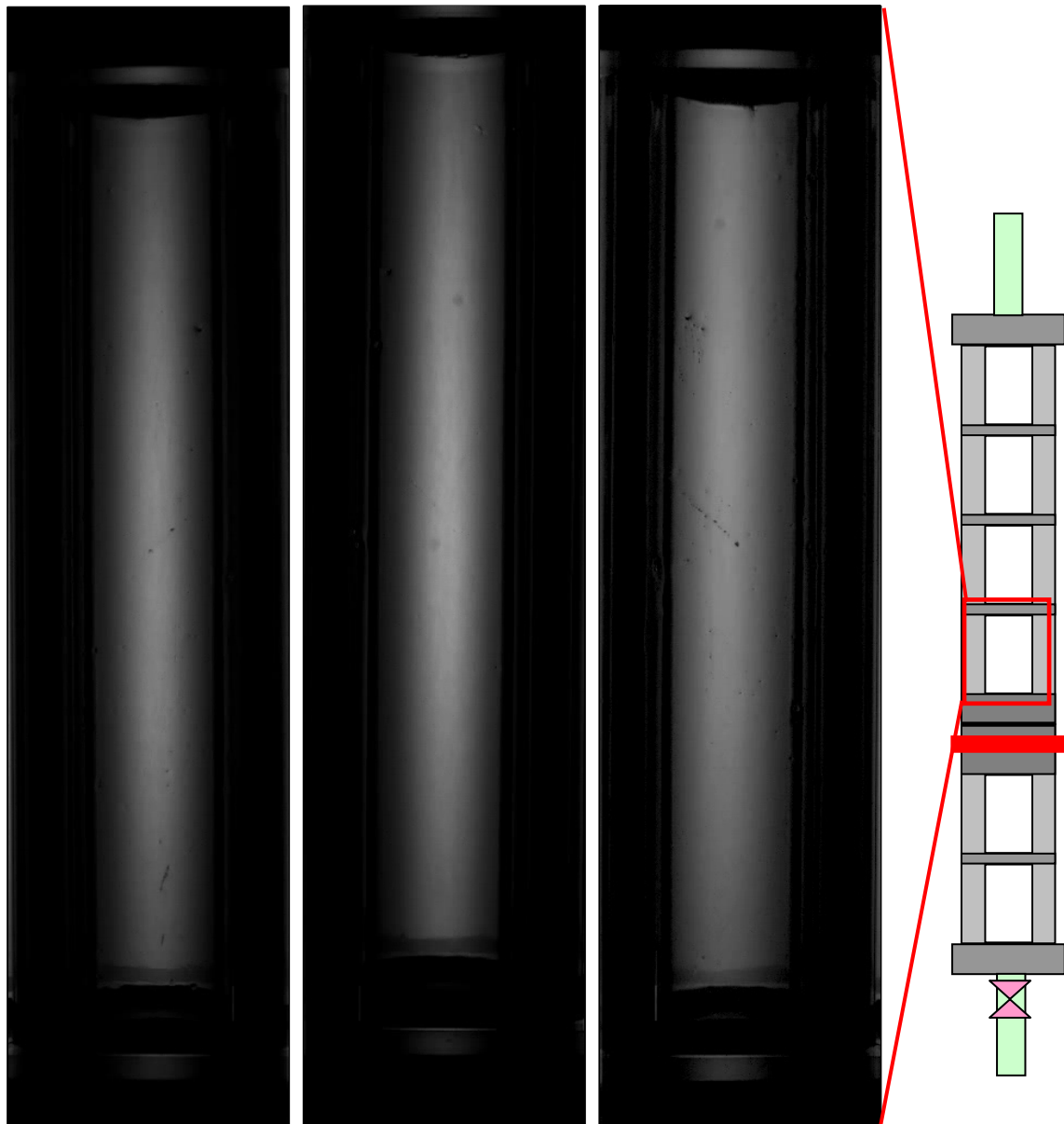
実験条件

P ; 高圧部圧力
低圧部圧力; 0.01MPa
実験試料;
シリコンオイル($1\text{Pa}\cdot\text{s}$)



ダイアフラム直下部の圧力変動

高圧力条件で、噴出速度が速くなり、噴出量も増加する



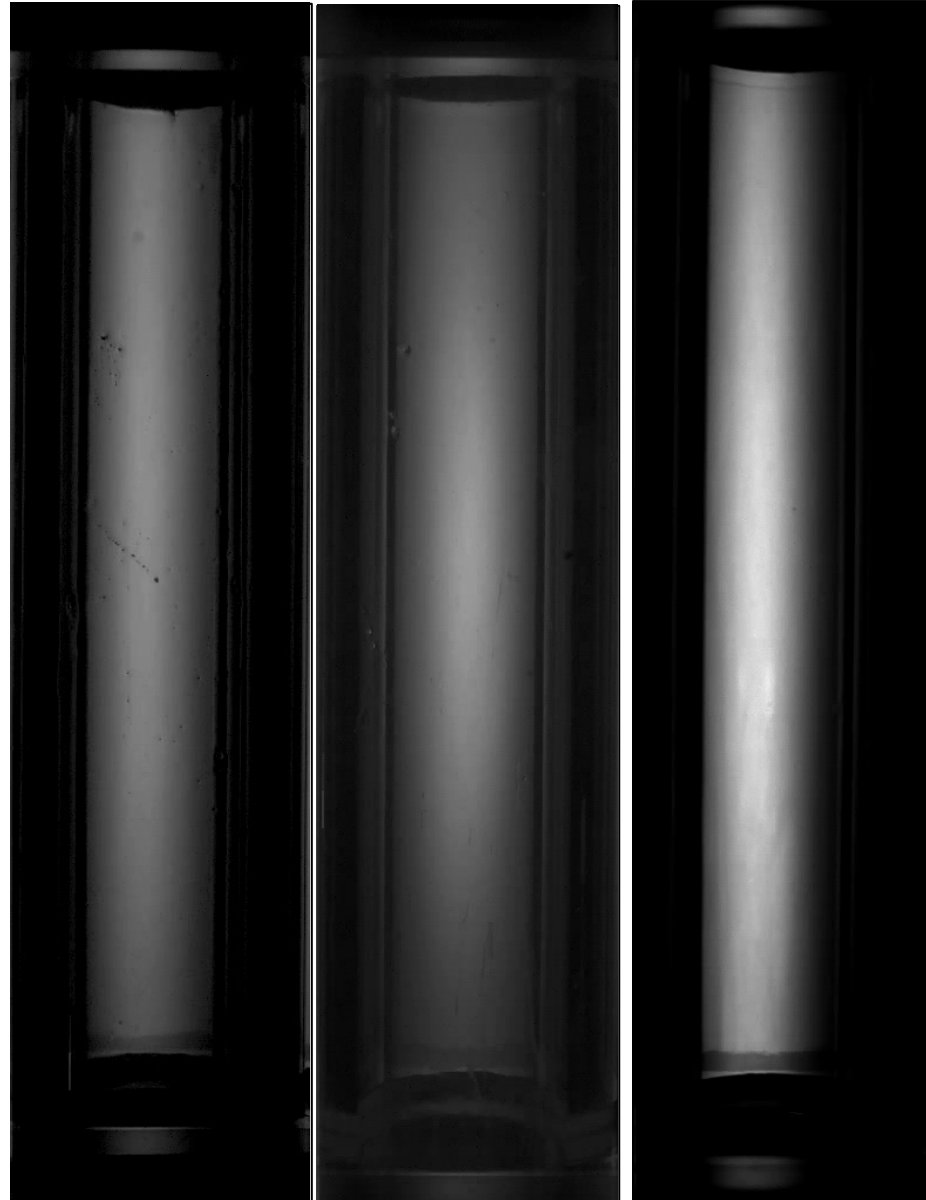
噴出流動に対する粘性の影響

撮影速度; 8000fps
再生速度; 30fps

$\eta=1\text{Pa}\cdot\text{s}$
 $P=12.9\text{MPa}$

$\eta=10\text{Pa}\cdot\text{s}$
 $P=10.5\text{MPa}$

$\eta=100\text{Pa}\cdot\text{s}$
 $P=12.7\text{MPa}$



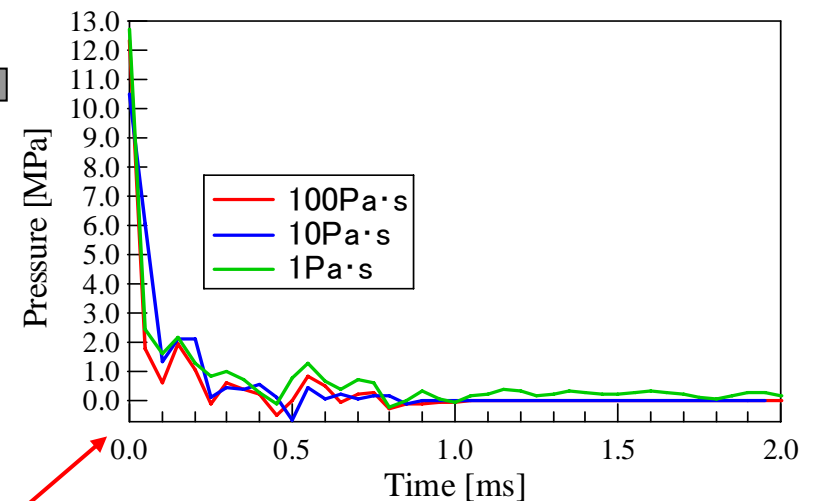
実験条件

P ; 高圧部圧力

η ; 粘性

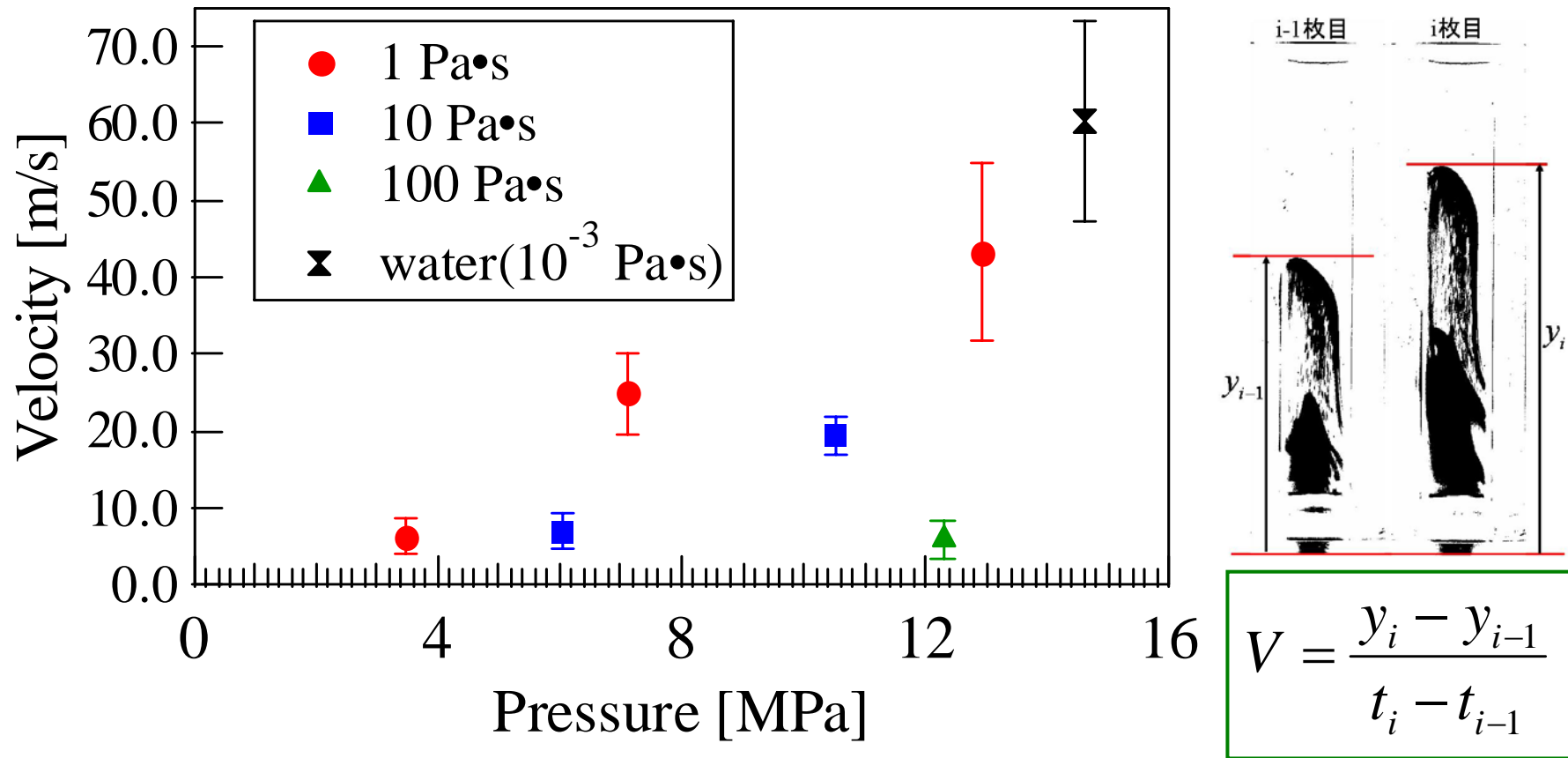
低圧部圧力; 0.01MPa

実験試料; シリコンオイル



近い圧力でも噴出挙動に差が出る結果となった
粘性により噴出挙動, 速度が変わる

噴出流動速度算出結果



噴出流動速度は圧力が上がることで駆動力が増すため速度が速くなり、粘性による運動の抵抗により遅くなる結果となった

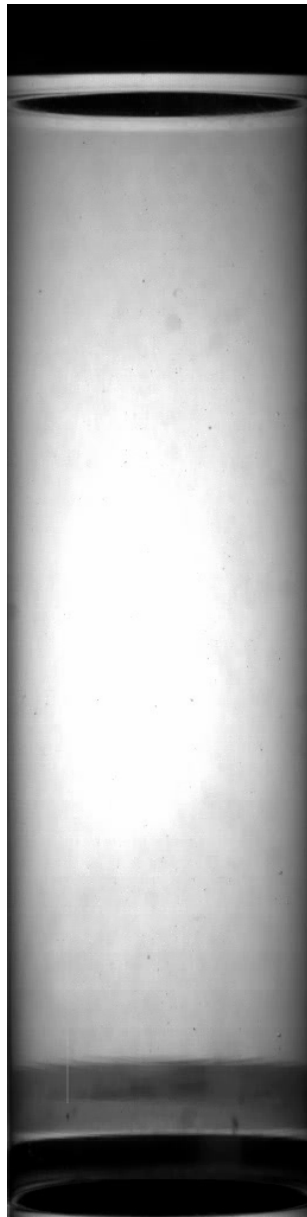
流体内流動観測結果

撮影速度; 8000fps
再生速度; 30fps

脱気条件

飽和条件

粒子混入条件



実験条件

高圧部圧力; 5MPa
低圧部圧力; 0.01MPa
実験試料;
シリコンオイル(10Pa·s)

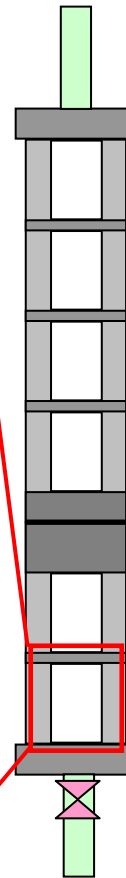
脱気条件; 2日間放置して
脱気

飽和条件; 気泡をミキサー
で混入

粒子混入条件;
ナイロン粒子
(50 μ m, 0.08 g)混入

急減圧が開始後, 流体内部
で気泡が発生し, 成長する

気泡の生成数, 気泡の成長
挙動に違いが見られた

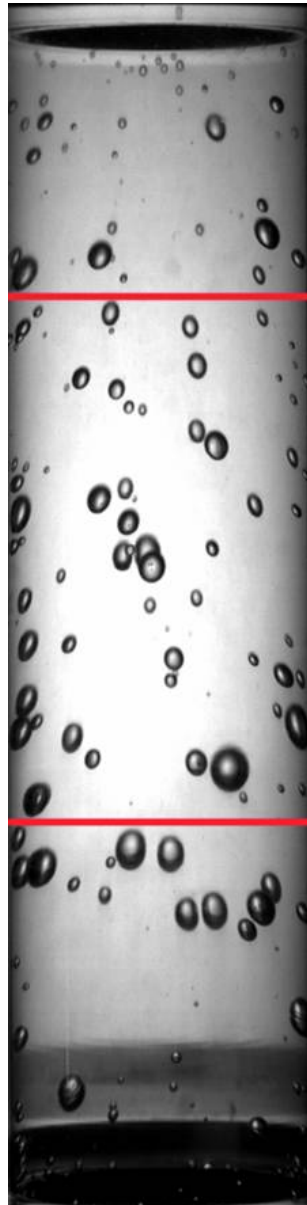


気泡数密度評価

脱気条件



飽和条件



粒子混入条件



脱気条件;2日間放置して脱気
飽和条件;気泡をミキサーで混入
粒子混入条件;ナイロン粒子
(50 μm , 0.08 g)混入

	気泡数	数密度
脱気	86個	$9.8 \times 10^5 \text{m}^{-3}$
飽和	71個	$8.2 \times 10^5 \text{m}^{-3}$
粒子	149個	$17.1 \times 10^5 \text{m}^{-3}$

飽和と脱気で気泡数が同程度

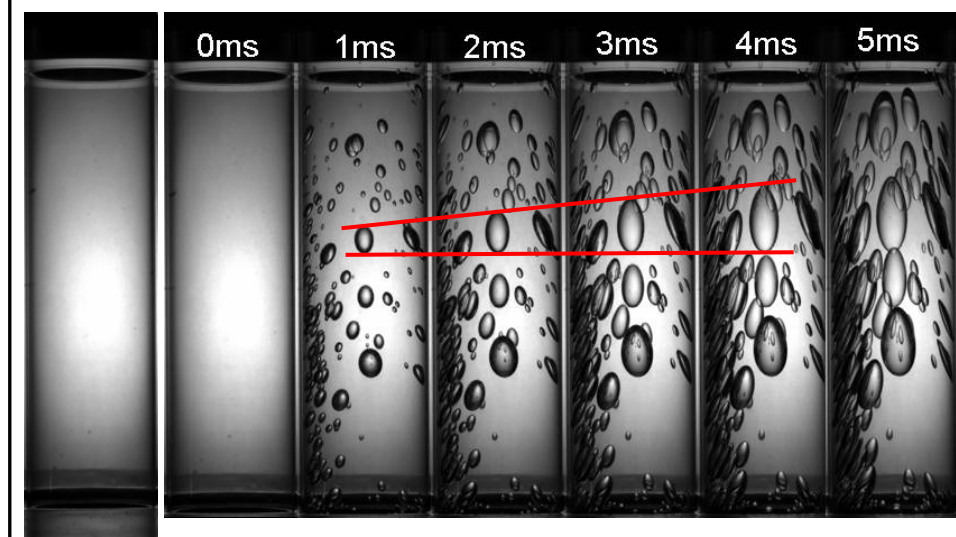
↓
脱気条件において微小気泡が
混入している

粒子混入の場合

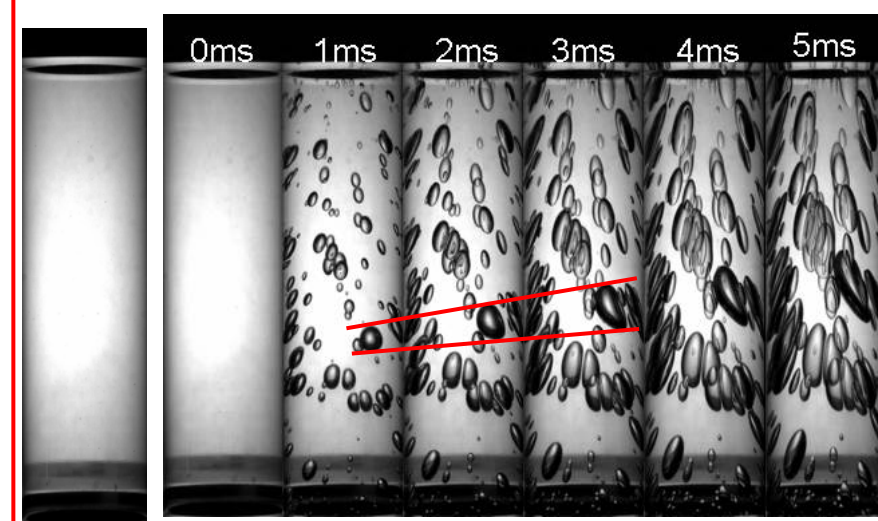
粒子が核となり発泡することで
気泡数が増える

脱気, 飽和, 粒子混入条件下における気泡成長挙動

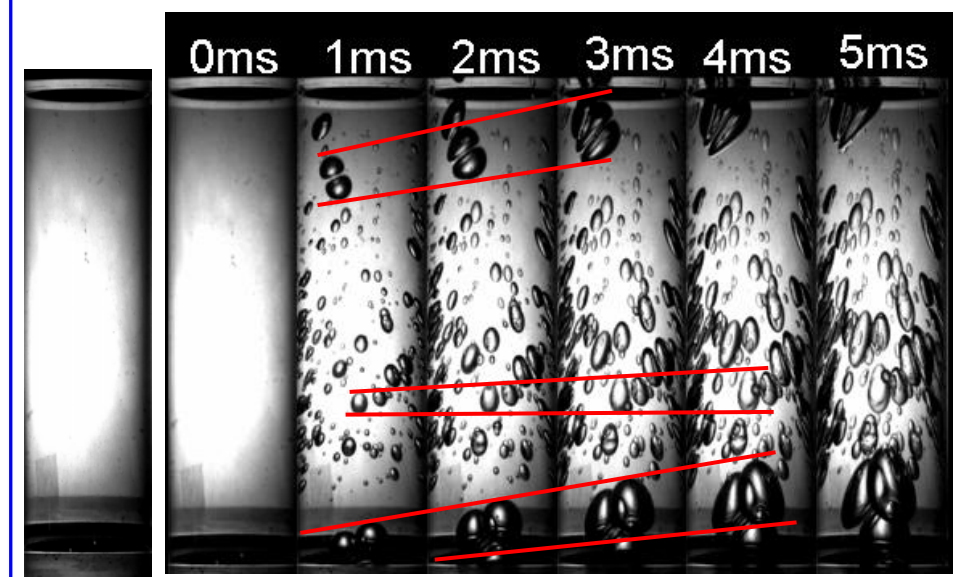
脱気条件での気泡成長挙動



飽和条件での気泡成長挙動



粒子混入条件での気泡成長挙動



脱気条件; 2日間放置して脱気

飽和条件; 気泡をミキサーで混入

粒子混入条件; ナイロン粒子

($50\mu\text{m}$, 0.08g) 混入

飽和, 粒子混入条件では, 脱気条件
では観測されなかった気泡の成長が
観測された

▶ 飽和度や混入した粒子により
管中央で気泡が発生している