

気液スラグ流における気相膨張とスラグ流速について

日本大学大学院 学生会員 ○後藤 吉範
 日本大学大学院 学生会員 山田 泰正
 日大生産工学部 フェロー会員 遠藤 茂勝

1. はじめに

気液二相流は発電プラント、化学工業、原子炉冷却装置などに多く見られる。また、気相と液相の分離が容易であり粘性摩擦の低減が計れることから、低圧力で高速輸送が可能となりアオコ水の輸送に期待される。淡水域で発生するアオコ水は水域から回収する必要があるが、アオコは加圧することで生命活用をつかさどる細胞のガス胞や細胞そのものを破碎されることが明らかとなっているため、スラグ流で輸送する事でアオコを処理することが可能である。また、タンカーのバラスト水の O_3 による殺菌にもスラグ流が応用できる。しかし、従来の研究において冷却装置など短距離の研究が多く、アオコ水の輸送など長距離を対象とした研究が少ないため未解明の部分が多い。また、気液二相流は間欠流のため液相と気相の界面で複雑な流動特性を持っている。そこで、本研究では管路全長を変化させていくことで、長距離気液二相流の流動特性を把握する目的で管路全長を変えて管路内におけるスラグ流速を検討した。

2. 実験概要及び実験装置

本研究で使用した実験装置は Fig-1 に示すように管内径 $d=38\text{mm}$ の透明なビニールパイプを用い、気相である空気と液相である水を同時かつ連続的に供給することによりスラグ流を発生させた。実験条件は Table-1 に示した 30 条件と管路全長 70m, 150m, 310m, 420m, 620m の 5 条件で行った。測定内容は、スラグ流速 $V1 \sim V6$ の 6 地点、圧力は圧力計を用いた $P0 \sim P6$ の 7 地点で測定をした。スラグ流速は Fig-2 に示した光透過量測定装置を用いて測定した。これは、長さ 1.50m のアクリル板を箱状に組み合わせ、赤色 LED と受光センサーをアクリル板の側面に 1m の間隔に取り付けた物を二カ所に配置し、光の透過量を計測した。これらから、液相が通過した時間で、スラグ流速、気液相長の長さを算出した。

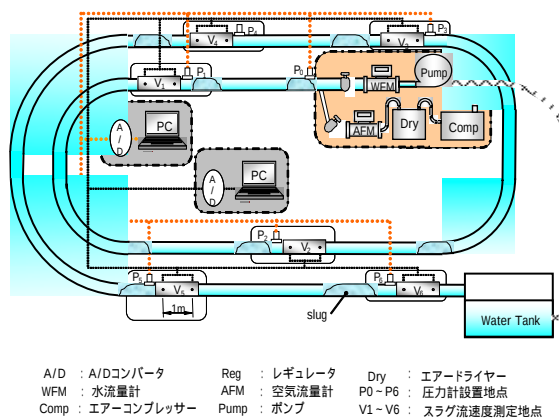


Fig-1 実験装置概要

Q_a (Nl/min)	Q_w (l/min)	Q_a (Nl/min)	Q_w (l/min)	Q_a (Nl/min)	Q_w (l/min)
20	12.0	60.0	12.0	140.0	12.0
	20.0		20.0		20.0
	28.0		28.0		28.0
	36.0		36.0		36.0
	44.0		44.0		44.0
	52.0		52.0		52.0
40.0	12.0	100.0	12.0	180.0	12.0
	20.0		20.0		20.0
	28.0		28.0		28.0
	36.0		36.0		36.0
	44.0		44.0		44.0
	52.0		52.0		52.0

70mのみ $Q_a=20$ (Nl/min) を使用

Table-1 実験条件

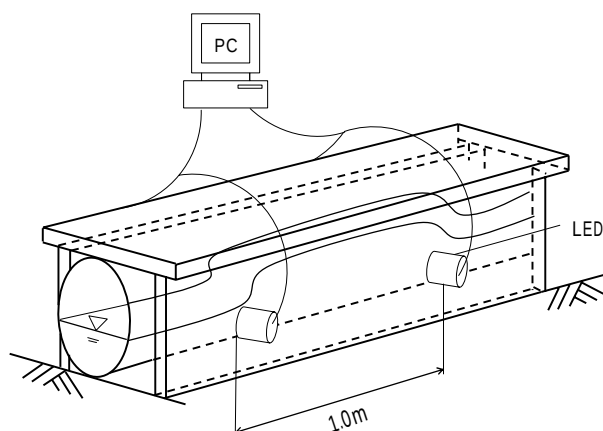


Fig-2 光透過量測定装置

キーワード： 気液二相流、スラグ速度、 気相膨張

連絡先 〒272-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL047-474-2445

3. 実験結果及び考察

全長の異なった管路による管内圧力を示したものが Fig-3 である。横軸に無次元化した流動距離 l/L と縦軸に管内圧力 P をとり流動距離による変化を示したものである。これを見ると、流動距離が長くなるにつれて圧力が低下していることが分かる。また、管路全長が長いほど初期圧力が高いことが分かる。これは、管路全長が長くなるほどスラグの個数が増加し液相の粘性抵抗が多くなり気相が圧縮するために、初期圧力が増大していると考えられる。また、供給口付近と比べて出口付近では管路内のスラグ個数が減少し出口が大気開放されているため圧力が低下すると考えられる。

次に、各地点における気相の圧縮・膨張性によって、スラグ流速が変わるので流動距離との関係について調べた。Fig-4 ~ Fig-6 は横軸に無次元化した流動距離 l/L と C_2' 、 C_2 の値の変化を示し、管路全長を変化させた。ここで C_2' 、 C_2 の値は Dukler and Hubbard の次式で示されるものである。

$$V_s = C_2 \times J_T$$

ここで、 V_s : スラグ速度 C_2 : 係数

$$J_{T0} : \text{容積流束} (Q_a/A + Q_w/A)$$

$$J_{Tn} : \text{容積流束} (Q_a'/A + Q_w/A)$$

この式で C_2 は J_{T0} に対応し C_2' は J_{Tn} を用いたものである。 Q_a' は圧力を考慮した流量である。

Fig-4 のグラフを見ると C_2 の値は流動距離が長くなるにつれて増加していることが分かる。これは、流動距離が進むにつれて、気相が膨張しスラグ流速を増加させていると考えられる。また、Fig-5 を見ると C_2' の値は管路の各地点においてほぼ一定値となっている。これは、 C_2' の値が気相の膨張でスラグ流速に反映されているものと考えられる。また、Fig-6 に示した管路長が長い場合は気相の圧縮性の影響が顕著に表れる。

4. まとめ

気相スラグ流では、気相の圧縮性の効果により管路の出口付近にいくほど流速が増大することがわかった。これは、気相が膨張した事によるもので、各地点の圧力を考慮した容積流速の関係をみるとスラグ流との比 C_2' は、ほぼ一定値でスラグ流が気相の膨張により速度増加していることが裏づけられた。

参考文献

- 1) 山田泰正、落合実、遠藤茂勝：遷移流動を伴う気液

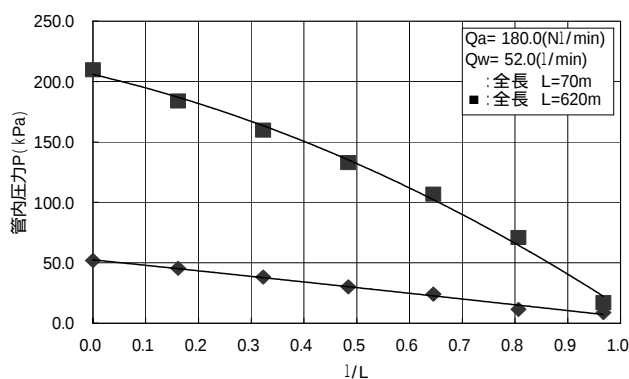


Fig-3 流動距離と管内圧力

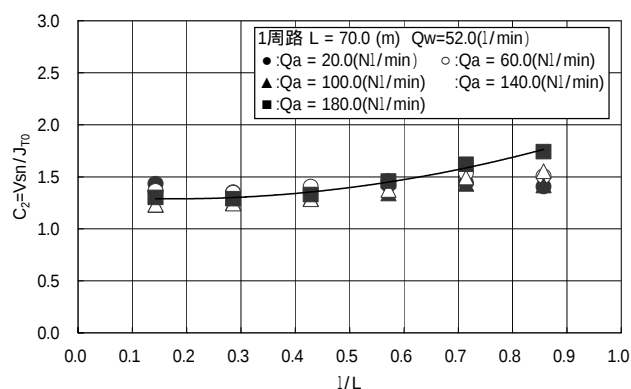


Fig-4 流動距離と C_2

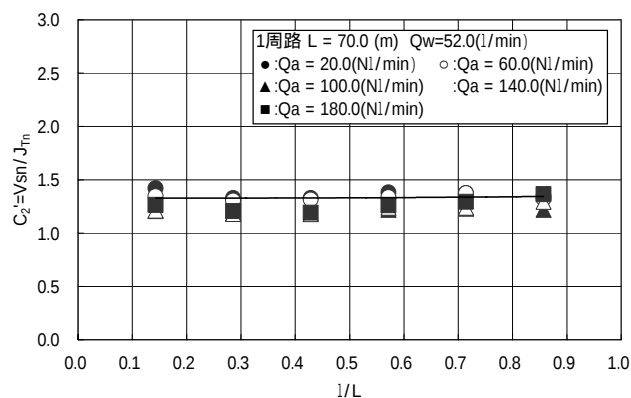


Fig-5 流動距離と C_2'

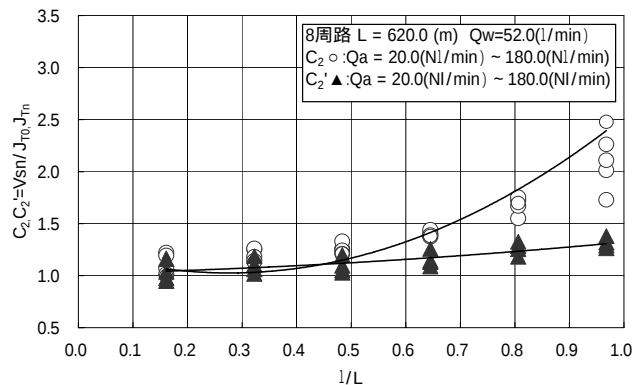


Fig-6 流動距離と C_2, C_2'

スラグ流における加速損失について、土木学会海岸工学論文集、Vol.53. pp911-915、2006 年