

自由水面近傍における混入気泡の流動特性に関する実験的検討

日本大学大学院 学生会員 合田 和弘, 上杉 知久
日本大学生産工学部 正会員 落合 実, 遠藤 茂勝

1.まえがき

水噴流が貯水槽等に流入すると、側壁、終端面や自由水面への衝突し循環流れが生じる。その噴流条件の影響によって自励的な水面変動や流速変化が起こり局所のおよび瞬間的に気泡混入が生じる。このような現象は自由液面が共存している体系、特に貯水槽、原子炉内の冷却剤流れ等において発生する可能性があり、出力低下などの影響が考えられる。このことから高 Reynolds 流れの噴流によって励起される水面変動を伴う循環流れは流速勾配の大きいことにより複雑な流れ現象となることから、それらを水理学的に把握することは工学上重要なことである。そこで本研究では水面から気泡が混入する現象に着目し、矩形断面水槽を用いて自由水面近傍における混入気泡の挙動特性について実験的に検討するものである。

2.実験装置および方法

Fig-1 は実験水槽概略図である。このアクリル製水槽にヘッドタンク式を用いて実験水を供給する。座標系は流入口において水槽中央床面を原点とし、流下方向:X、幅方向:Yおよび鉛直方向:Zとし、流速をそれぞれ u 、 v および w とする。

本研究では予め水槽両側より気泡混入状況を 5 分間、目視観測を行い、限界マップを作成した。その結果より平均水深 $h=0.30\text{m}$ におけるわずかに気泡が混入した流量 $Q=900\text{l/min}$ 、多く気泡が混入した流量 $Q=1050\text{l/min}$ の流れ場を実験条件とした。Table-1 に実験条件を示す。また気泡混入形態は目視観測結果より水面形がくずれて水槽内に気泡混入する形態、吸い込み渦によって水槽内に混入する形態に分類されるが、本研究では前者の形態に着目する。また、検討対象領域は本研究で着目する気泡混入形態が主に生じる $X/L=0.50\sim 1.00$ 、 $Y/B=0\sim -0.40$ の X-Z 断面を検討対象とする。検討対象領域において矩形水槽内に投入した平均粒径 1.40mm のナイロン粒子を CCD カメラで撮影(1/30sec、900 フレーム)し、その撮影した画像から粒子および混入気泡挙動の追跡を行うことによって粒子流速および混入気泡速度を算定した。

3.実験結果および考察

Fig-2 は断面 $Y/B = -0.25$ における混入気泡および粒子挙動を 1/30sec 毎に表したものである。ここで点線は気泡および粒子の移動方向を示す。混入直後の気泡は、周囲の粒子挙動よりも大きく移動し、その後、周囲の流れと同様の移動形態を示す。このことから気泡の混入に関しては、混入直後(1/30~2/30sec)の気泡流速を捉えることが必要と考えられる。

Fig-3 は、混入気泡の時系列変化を示したものである。Case1 において混入気泡が確認された断面 $Y/B=-0.40$ 、 -0.33 、 -0.25 の計 3 断面を示す。図において気泡が混入する

キーワード 気泡混入 粒子追跡 循環流れ

連絡先 千葉県習志野市泉町 1 丁目 2 番 1 号 Tel.047(474)2452 Fax.047(474)2449

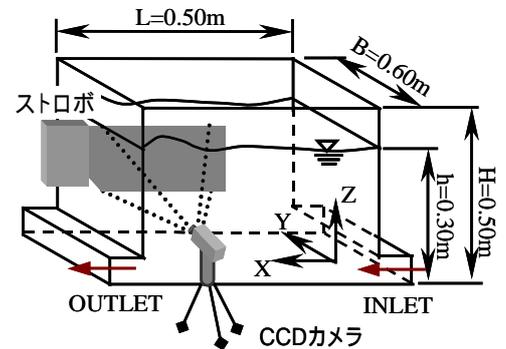


Fig-1 実験水槽概略図

Table-1 実験条件

	Case1	Case2
流入流量 $Q(\text{l/min})$	900	1050
気泡混入	あり(少)	あり(多)
流入流速 $U(\text{m/sec})$	0.625	0.729
流入 Froude 数 Fr	1.00	1.16
平均水深 $h=0.30\text{m}$	入口高 $h_0=0.04\text{m}$	
Froude 数 $Fr=U/(g \cdot h_0)^{1/2}$		

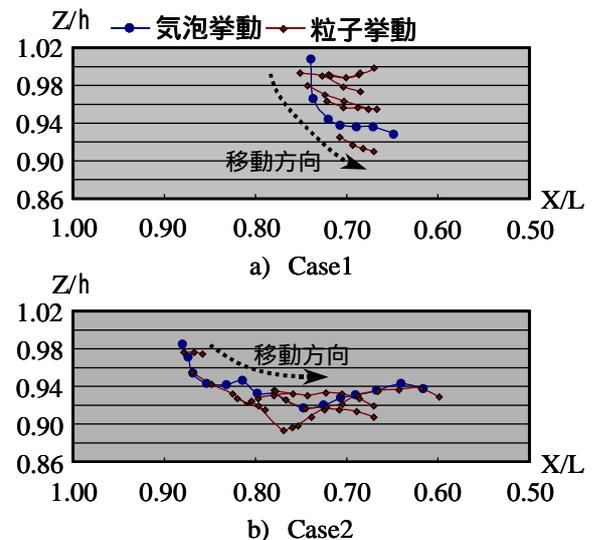


Fig-2 気泡および粒子挙動図 (Y/B=-0.25)

領域は $X/L=$ 約 0.80~0.70 と認められる。気泡は混入した瞬間、水平右向きの挙動よりも鉛直下向きに大きく移動していることが認められる。しかし壁近くである断面 $Y/B=-0.40$ では混入気泡が水槽内で挙動する時間は他に比べ短いことが認められる。Case2 において混入気泡が確認された断面 $Y/B=-0.33, -0.25, -0.17, -0.08$ の計 4 断面を示す。また、気泡が混入する領域は $X/L=$ 約 0.90~0.60 で Case1 より大きい範囲となっている。図において側壁に近づくと鉛直下向きの挙動は弱く水平逆向きの挙動が大きくなっていると認められる。以上のことから気泡は混入した瞬間、鉛直下向きに大きく移動するが、側壁に近いと鉛直下向きの移動は小さく、水平逆向きに大きく移動するといえる。両 Case の気泡挙動はその後、各断面とも

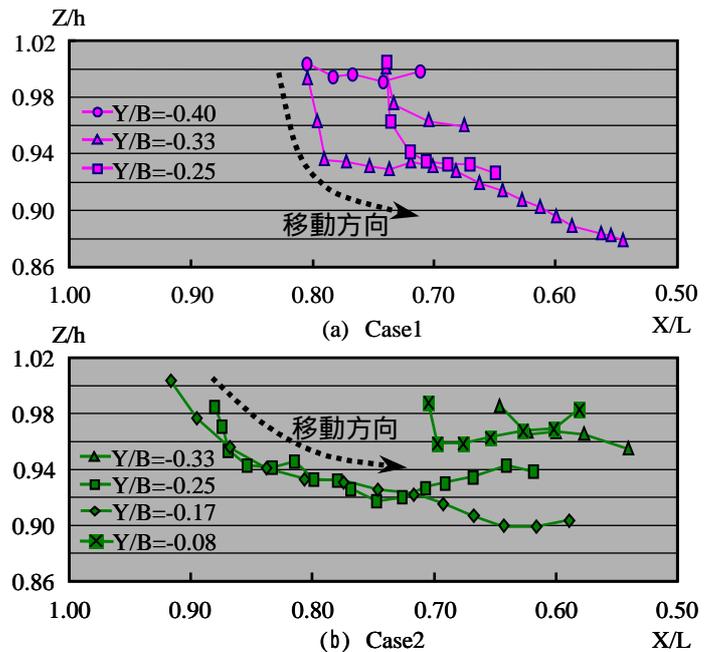


Fig-3 混入気泡挙動図

流れ場と同様な挙動を示し、水面に到達していることが目視によって確認されている。また、混入気泡挙動は約 $Z/h=-0.83$ (水面下 5cm) 以下には移動せず、すべて水面に浮上していることも認められている。

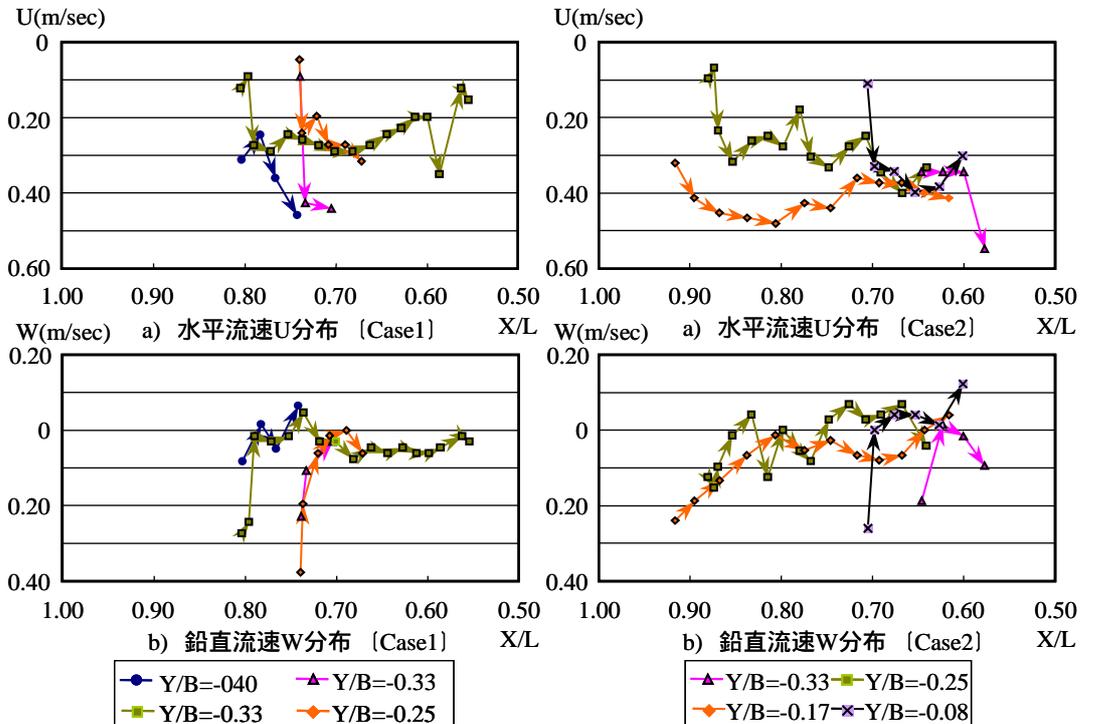


Fig-4 混入気泡流速分布図

表示したものである。混入した瞬間において水平流速がほぼゼロであるのに対して鉛直下向きの流速が大きいことが認められる。そこで気泡混入領域は $X/L=$ 約 0.90~0.60 であり、気泡混入流速は $W=$ 約 0.1~0.4m/sec であることが認められた。混入した気泡は次第に流れ場と同様な挙動を示し、鉛直下向きの流速が弱まると、その後、浮力の影響によって気泡は水面に浮上する。

4.終わりに

本研究では矩形水槽内の気泡混入を伴う循環流れ場において、混入気泡の流動特性を明らかにした。しかし気泡が混入する発生要因として流速の影響だけでなく、水面形の乱れおよび気泡形状等の影響も考えられることから、今後はそれら影響を検討に加え、気泡混入現象の発生要因を明らかにしていきたい。

参考文献 1) 落合他：第 44~55 回土木学会年講

2) 落合実：日本大学生産工学部第 29~31 回学術講演会(土木部会) 他