自由水面近傍における混入気泡の挙動について

日本大学大学院　　学生会員　○合田和弘
日本大学生産工学部　正会員　　落合　実，遠藤茂勝，和田　明

1.まえがき

貯水槽内などに水噴流が流入した場合、側壁、終端面や自由水面への衝突、そして水槽を一巡する循環流れなど比較的高い Reynolds 数の流れ現象となる。また局所的な流動変動や水面動揺の程度によって水面から空気が巻き込まれたり、自励的なスロッシング現象などが生じることが知られている。本研究はそれらの現象の発生メカニズムを捉える一連として、自由水面からの空気巻き込み現象に着目し、循環流れにおける水面近傍の流動特性と混入気泡の挙動について、2 次元矩形水槽を用いた水理実験結果を報告する。

2.実験装置および方法

実験はヘッドタンク方式を用いて実験水を供給する。実験水槽概略図および座標系を Fig-1 に示す。また流下方向 X、幅方向 Y および鉛直方向 Z とし、流速を u、v および w とする。空気巻き込みの流量条件を決めるため、巻き込まれた気泡数を水槽両側から目視観測を行った。Fig-2 はその結果を示したもので、水深が低く流量が大きいほど多く空気巻き込みを生じることが確認できる。得られた実験条件より水槽全体の流況を把握するため、水面付近流速は LDV システムを用いて流量 Q=210、240、270l/min の場合を計測する。また、PTV 画像を用いて Q=240、270l/min の気泡移動速度を計測し、流れ場の流況を検討する。

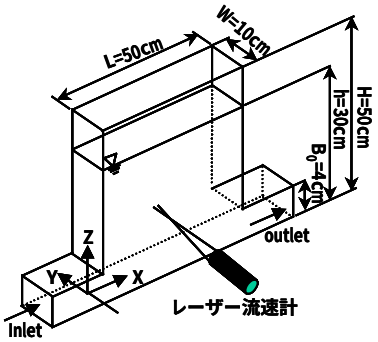


Fig-1　**実験水槽概略図**

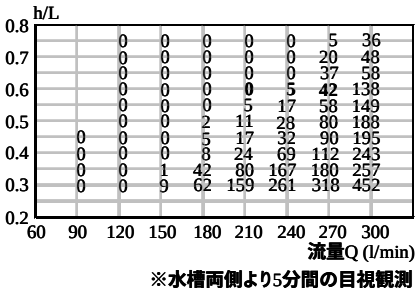


Fig-2　**気泡混入数マップ**

3.実験結果および考察

Table-1 で示した実験条件において目視観測を行った結果、空気巻き込みは Q=240l/min で流入した噴流が下流側壁に衝突し水面を上昇させ、その流れによって気泡が沈み込むように混入する形態が確認できる。また Q=270l/min では、これらに加え潜り込む循環流によって水面が渦糸状になって混入する形態が認められる。Fig-3 は LDV システムを用いて Q=240l/min における X-Z 断面の平均流速を示したベクトル図である。水槽内に流入した噴流は、入口から出口へそのまま放出される流況と,入口から出口端壁に衝突し上向き流れとなり、水面では逆向き流れとなり水槽の中心よりやや出口側に循環流れとなる。またこの流況は、空気巻き込みの有無に関わらず流量の違いによるで明瞭な違いはなく、またそれらの流況には、出口近傍で流出流塊に流引流れが確認できる。Fig-4 は、流量 Q=210、240、270l/min における平均水面波形と水面近傍平均流速ベクトル図を示し、Fig-5 は鉛直流速と水平流速成分に分けて,それぞれ表したものである。図より鉛直および水平流速は流入流量が大きいほど平均的に大きくなり,X=0.35~0.42m 付近

Table-1　**実験条件**

流入流量Q(l/min)	210	240	270
巻き込み	なし	あり	あり
流入Froud数Fr	1.4	1.6	1.8
水槽幅W=10cm　L=50cm　B_1=B_0=4cm			
水深h=30cm　平均流入流速U　Fr=U/(g·B_0)^(1/2)			

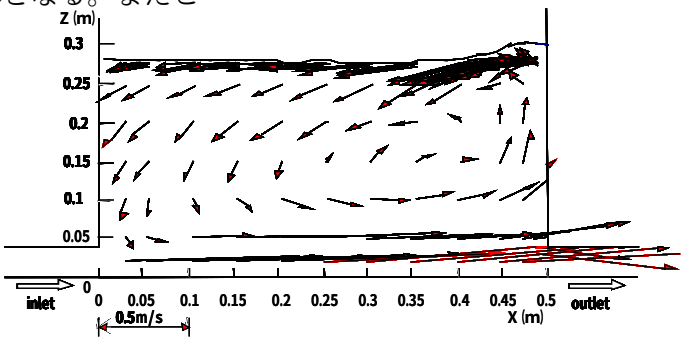
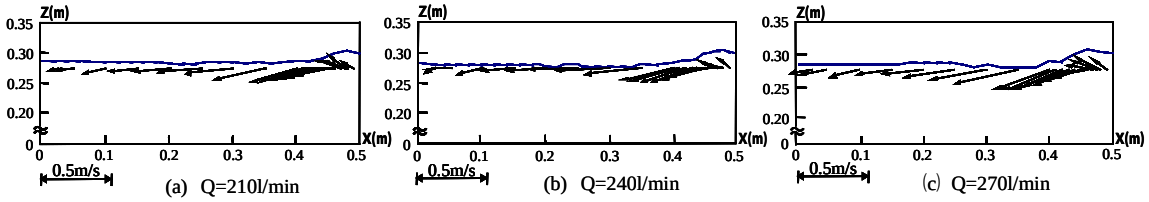


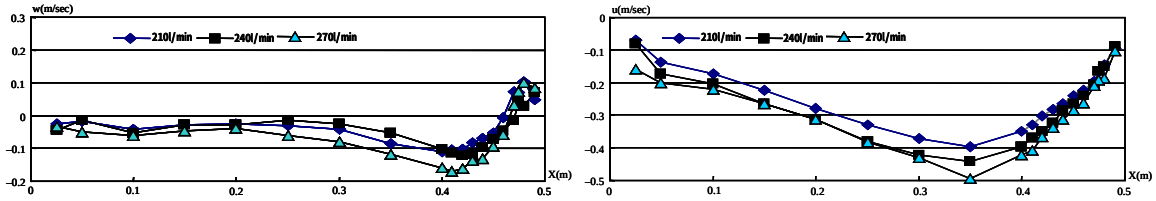
Fig-3　**流量Q=240l/min時のベクトル図**

キーワード　空気混入　循環流　LDV　PTV
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



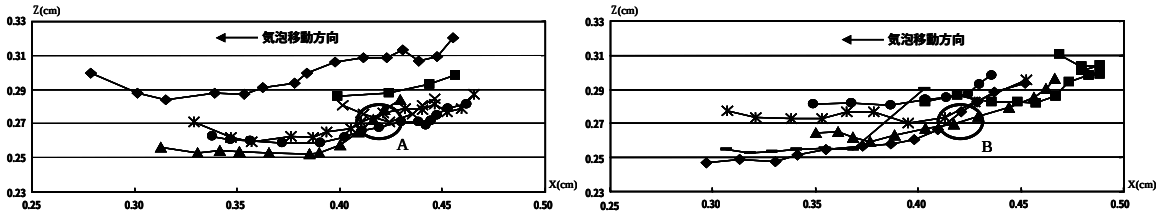
(a) Q=210l/min (b) Q=240l/min (c) Q=270l/min

Fig-4 水面波形およびベクトル図



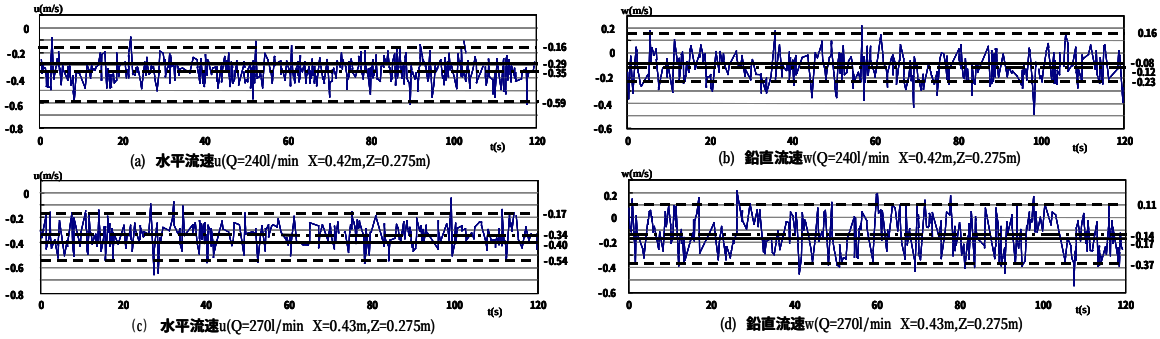
(a) 鉛直流速w (b) 水平流速u

Fig-5 平均流速分布図



(a) Q=240l/min (b) Q=270l/min

Fig-6 巻き込み気泡の軌跡



(a) 水平流速u(Q=240l/min X=0.42m,Z=0.275m) (b) 鉛直流速w(Q=240l/min X=0.42m,Z=0.275m)

(c) 水平流速u(Q=270l/min X=0.43m,Z=0.275m) (d) 鉛直流速w(Q=270l/min X=0.43m,Z=0.275m)

Fig-7 水面近傍流速の時系列と気泡速度の関係

で極小値を示していることが認められる。また、目視観測から X=0.42m 付近で空気巻き込みが確認でき、鉛直下向きおよび水平逆向きの流速勾配が共に大きいほど巻き込みが生じやすく、鉛直下向き流速が極小となる X=0.42m 付近で巻き込みが生じることが認められる。Fig-6 は巻き込まれた気泡軌跡を表したもので、気泡が混入する位置は一定でなく、鉛直下向きおよび水平逆向き流速が小さくなると浮力の影響によって上向きに移動することが認められる。Fig-7 は LDV 計測による流速時系列と気泡速度の関係を表している。ここで流速測定点(X=0.42m、Z=0.275m および X=0.43m、Z=0.275m)近傍領域を A および B とする。実線が測定点を通過する気泡速度、破線がその領域を通過する気泡速度の変動幅を示している。また、一点破線は LDV システムによる平均流速を示している。図より気泡速度は流れ場流速とほぼ同様の値となっているが、流量が少ない Q=240l/min では一点破線より実線の方が若干大きく、気泡の浮力の影響が考えられる。

4.終わりに

本研究では、2 次元矩形水槽を対象とし LDV システムと PTV システムを用いて水槽全体の平均流速を計測した。これらの結果から流れ場の平均流速特性と巻き込まれた気泡流動特性を把握することができた。今後は、これら 2 次元水槽における流速乱れ量と気泡流速の関係から巻き込み現象の基本的な発生要因を検討する必要がある。さらに水槽幅を検討するため 3 次元水槽での検討も必要である。

参考文献 落合他：第 48,49,51,52,53,54,55 回土木学会年講 他