

(Ⅱ-23) 水面からの空気混入に関する基礎的検討

— 空気混入時の流況特性について —

日本大学生産工学部 正会員 ○落 合 実
 “ “ “ 遠 藤 茂 勝
 “ “ “ 三 浦 晃

1. はじめに 高速増殖炉(FBR)内の冷却材流れにおいて、自由液面からガスが巻き込まれる現象が想定される。その現象が生じると計測系の誤操作、伝熱性能の低下や炉心反応度の増加などが発生する可能性がある。このためこのようなガス巻き込み現象が生じない構造形式を開発するための基礎的なデータを得ることが必要となっている。そこで本研究は、ガス巻き込み現象を把握するための基礎研究として水流体中に空気が巻き込まれる場合の水理学的条件を捉えようとするものである。本文では、比較的単純な矩形断面水槽を対象として水槽幅の影響と流速分布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 実験は図-1に示すような矩形断面水槽を用い、試験水はヘッドタンク方式で水道水を使用している。また図-1には本文で用いる記号を示している。実験条件は表-1のとおりで、水槽幅のみを変化させている。空気の巻き込みに関しては、混入するか否かと混入形態の観測を各条件で10分間行う。試験水槽内の流況は3次元電磁流速計を用い、サンプリング周波数50Hz、サンプリング時間30secとして測定する。

3. 実験結果および考察 流速測定結果としてベクトル図の一部を示したものが図-2～15である。図-2～8はX-Z平面のベクトル図であり、Y/Lをパラメータとしている。また図9～14はX-Y平面のベクトル図をZ/Lをパラメータとして示している。図-2はCase Iの結果である。これらの図は噴流状に流入した流れの主流部のほとんどが出口から流出し、水槽末端で噴流の外縁部が衝突して上向きの流れとなり水面を上昇させる流況を示している。このようにCase Iは、水槽長さ方向に大きな循環流れが生じ、ほぼ2次元な流れ形態となっていることが認められる。

この傾向はCase IIおよびIIIについてもほぼ同様であり、このとき著しい水面勾配の変化や水面変動が生じ、空気の混入が目視によって認められている。しかしCase IVでは図-4に示すようにかなり異なった流況となっている。そこでCase IV、 $Q=1000(1/min)$ 、 $H/L=0.6$ における流況を詳細に測定した結果が図-5～7および図-10～13である。これらの図から水槽中央断面ではほとんどの地点で流下方向にベクトルが向き、そして水槽側面の近くなると循環する流れが認められる。また水平断面分布(X-Y平面)においては水槽幅方向の流れが生じ、3次元な流況となり、そしてY/L=0に対してほぼ対象な流況となっていることが認められる。図-13において水面附近的流れは水槽中心あたりで変動も流速も大きくなり、水槽の入口や出口上部および角部では流速がほとんどない、いわゆるよどみとなっていることが認められる。これらのベクトルと目視による流況観測との結果から空気混入の発生メカニズムは次のようにまとめられる。

水面においてその変動や盛上がりによって波立ちが砕けたり、水面勾配が急になり空気が水中に混入する場合と水面に生じた乱れと流れによって渦が生じ、その渦が下降流が生じる位置に到達した後、渦の回転速度が増して空気が混入する場合となる。空気混入が生じない場合の結果が図-8～9および図-14～15である。図-8は図-4と対比すると流入の噴流主流部の上に水槽長さ方向の循環流れが認められ、図-4の場合と異っている。しかし水槽側面附近における図-9は図-7と比較するとほぼ同様の流況である。そしてX-Y平面ベクトル図である図-14および15はそれぞれ図-11および12と比較できる。図は流況としてはほぼ同様であることが認められる。以上のことから水槽幅が小さい場合にはほぼ2次元な流れが支配し、より大きな流量になると流速変動や水面の変動が大きくなりその2次元な流れを3次元な流れに変化させることとなる。そこでこれらの流況変化は空気の混入形態に対しても大きく影響するものと考えられる。

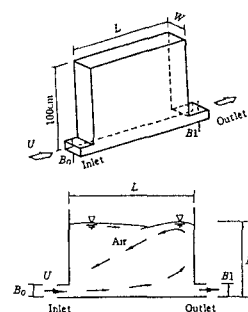


図-1 模型概念図

表-1 実験条件

Case	I	II	III	IV
W (cm)	10	20	40	60
B0 (cm)	4	4	4	4
B1 (cm)	4	4	4	4
L (cm)	50	50	50	50
H (cm)	10~40	10~40	10~40	10~40

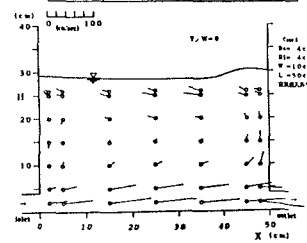


図-2 流速ベクトル(X-Z)

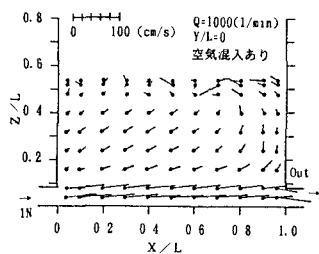


図-3 流速ベクトル(X-Z)

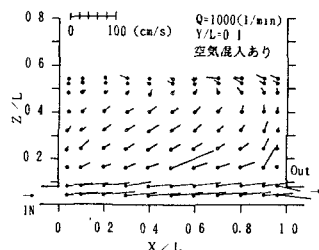


図-4 流速ベクトル(X-Z)

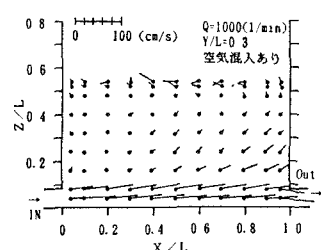


図-5 流速ベクトル(X-Z)

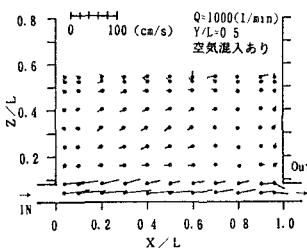


図-6 流速ベクトル(X-Z)

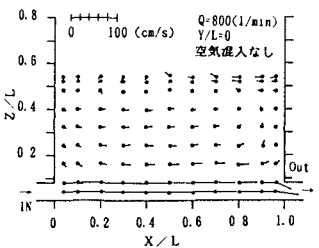


図-7 流速ベクトル(X-Z)

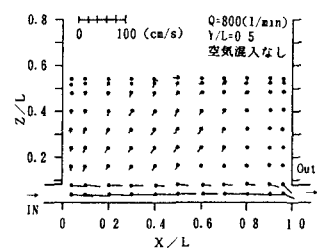


図-8 流速ベクトル(X-Z)

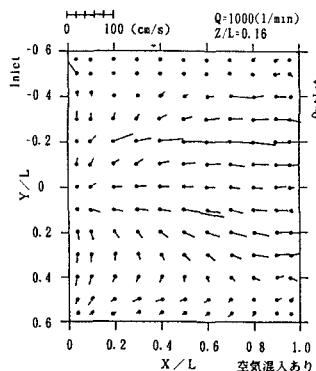


図-9 流速ベクトル(X-Y)

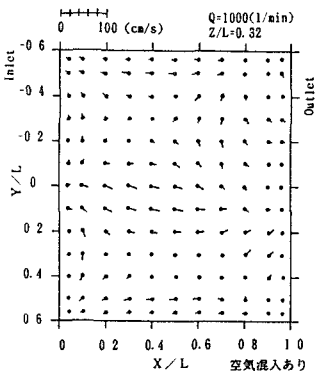


図-10 流速ベクトル(X-Y)

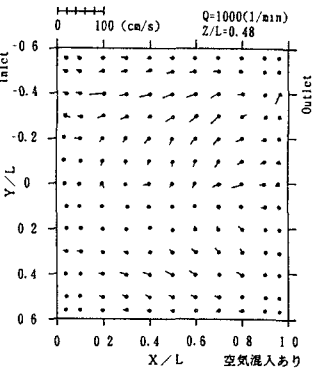


図-11 流速ベクトル(X-Y)

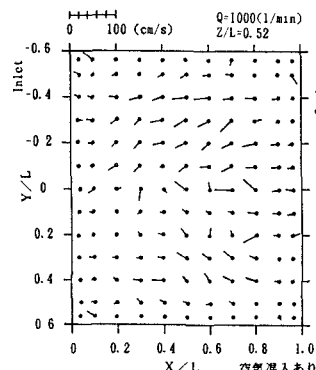


図-12 流速ベクトル(X-Y)

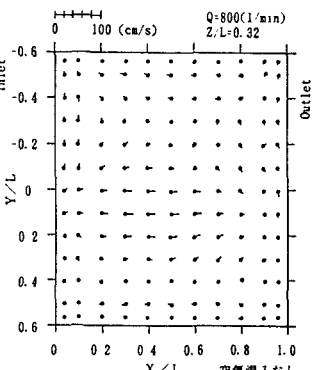


図-13 流速ベクトル(X-Y)

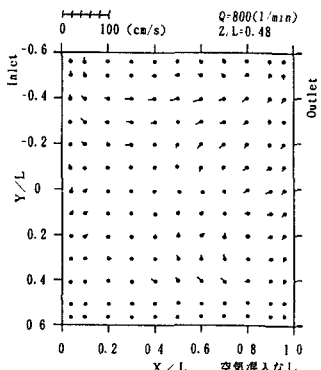


図-14 流速ベクトル(X-Y)

4. まとめ 水面が乱れることによって空気が混入する場合の流速分布について検討したがその分布形態は複雑な流況であり、その3次元性が強くなると混入空気量が多くなることも認められる。今後は局所的な流速、水面流速そして混入空気量などについての検討が必要である。

参考文献 1) R. H. S. Winterton: N. E. AND D., 1972 2) 千葉他: 原子力学会昭62, 1987 3) G. E. Hecker: ASCE, J. H. D., HY10, 1981 4) 落合他: 第44, 45, 46, 47回年講 5) 江口: 電中研報告U91005, 1991 6) JSME S 004: 機会学会, 1984