

II-162

自由水面からの空気巻き込みに関する基礎的検討
—流速分布および水面変動特性について—

日本大学生産工学部 正員 ○落 合 実
" " " 遠 藤 茂 勝
" " " 三 浦 晃

1. まえがき 開発が進められている高速増殖炉(FBR)内や中間熱交換器(IHX)において1次冷却材の自由液面から Ar ガスが巻き込まれる現象が想定される。ガス巻き込みが生じると計測系の誤操作や炉内機器各部の伝熱性能の低下などを誘引する恐れがあるので、巻き込み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である。そこで本研究はFBRの冷却材流れにおけるガス巻き込み現象を把握するための基礎的研究として、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、矩形断面水槽において水槽幅の影響が著しい条件を対象に流速分布と水面変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 本実験の設備は、図-1に示すとおりである。実験水は地下貯留水槽の水道水を用いる。空気が巻き込まれるか否かは10分間の目視観測で行う。流況は3次元電磁流速計を用い、また水面変動は容量式波高計で測定する。記号は図-2に示す通りであり、流入流量:Qとする。実験は既に行った結果から水槽幅の影響が確認された $W=0.6m$ 、 $H=0.3m$ の条件を対象とする。

3. 実験結果および考察 **3.1 流速分布特性** 空気の巻き込み気泡数が約25個観測された $Q=1000\text{ l/min}$ の場合と巻き込みが生じない $Q=800\text{ l/min}$ の2ケースについて詳細な流速分布を測定した結果が図-3～図-18である。空気が巻き込まれる場合のX-Z平面分布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す。そして水槽中央断面ではほとんどの地点で流下方向上向きであり、また水槽側面近くでは水槽長さ方向に循環する流れが認められる。X-Y平面においては水槽幅方向の流れが著しく生じ、3次元的な流況となり、そして $Y/L=0$ に対してほぼ対象な流況であることが認められる。また水面附近の流れは水槽中心辺りで複雑な流れ向となり、流速も大きく、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、いわゆるよどみ状態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観測の結果から空気混入の発生メカニズムは、水面の変動や盛上がりによって波立ちが砕け、あるいは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いわゆるよどみ位置に到達した後、渦の回転速度が増して空気が混入する場合であることが認められる。空気混入が生じない場合の結果である図-11および図-12において、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-3および図-4と異った流況となっている。しかし水槽側面附近における図-14は図-6とほぼ同様の流況である。そして空気の巻き込みが生じないX-Y平面ベクトル図は、巻き込みが生じる流況とほぼ同様であることが認められる。

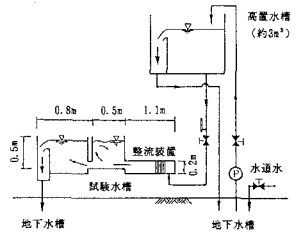


図-1 実験装置概略

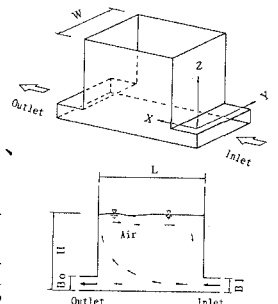


図-2 記号説明図

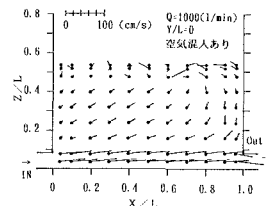


図-3 流速分布(X-Z)

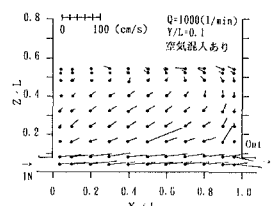


図-4 流速分布(X-Z)

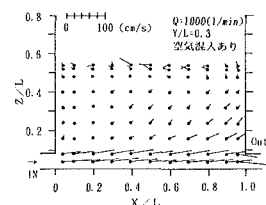


図-5 流速分布(X-Z)

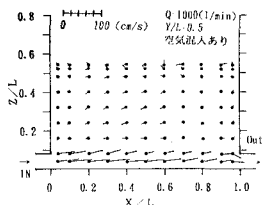


図-6 流速分布(X-Z)

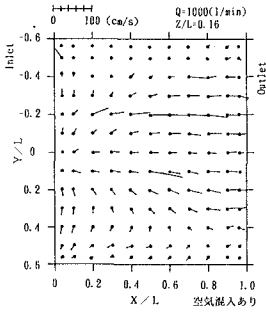


図-7 流速分布(X-Y)

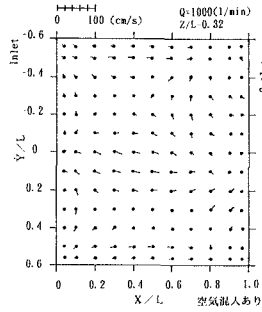


図-8 流速分布(X-Y)

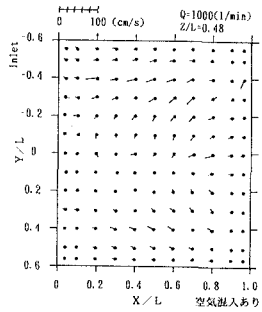


図-9 流速分布(X-Y)

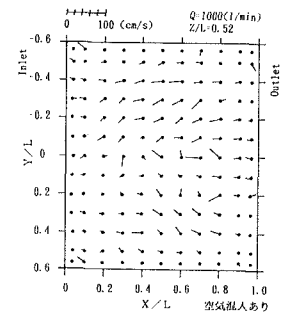


図-10 流速分布(X-Y)

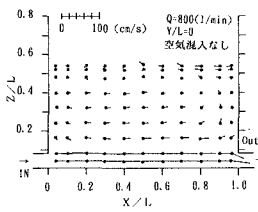


図-11 流速分布(X-Z)

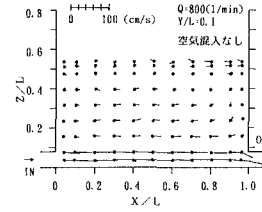


図-12 流速分布(X-Z)

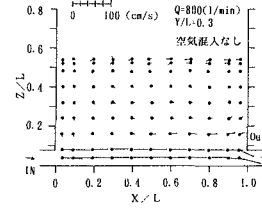


図-13 流速分布(X-Z)

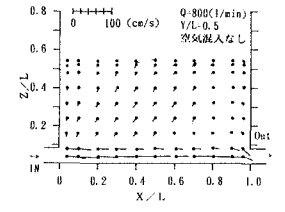


図-14 流速分布(X-Z)

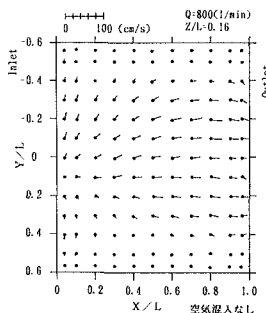


図-15 流速分布(X-Y)

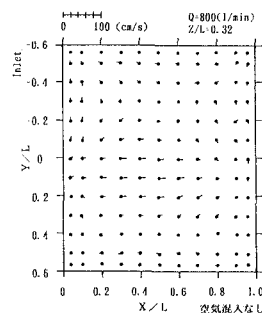


図-16 流速分布(X-Y)

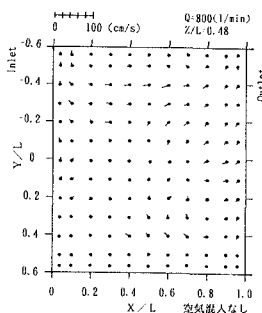


図-17 流速分布(X-Y)

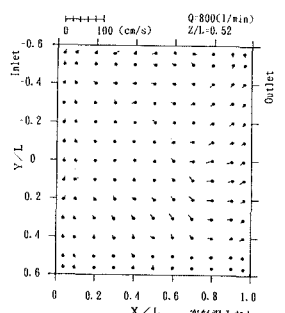


図-18 流速分布(X-Y)

3. 2 水面変動特性 図-19～図-20は $h/L=0.6$, 流量 $Q=600\sim1200$ l/minの場合の水面変動を測定した結果を示している。図-19は水面変動を振幅として捉え、その最大値を示したものである。図は流量が増加するに従って最大振幅が大きくなり、そして、噴流口及び流出口上部付近の水面が水槽の中央付近の水面よりも大きい振幅となっていることが示されている。図-20は水面変動を不規則波の連続と仮定し、有義波高: $H_{1/3}$ と流下方向距離の関係を表したものである。目視観測から $Q=1000$ l/min以上で流入口付近及び流出口付近において空気巻き込みが生じていることが確認されているので、巻き込みが生じる時の最大波高は $0.43\sim0.61$ cm程度であることが推測される。

4. あとがき 水槽幅の影響が著しい条件における流速と水面変動の測定結果を述べたが、今後、水面流速と水面勾配をより詳細に把握し、空気巻き込みが生じる時の局所的な流動形態を検討する必要がある。

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: 機械学会, 1984

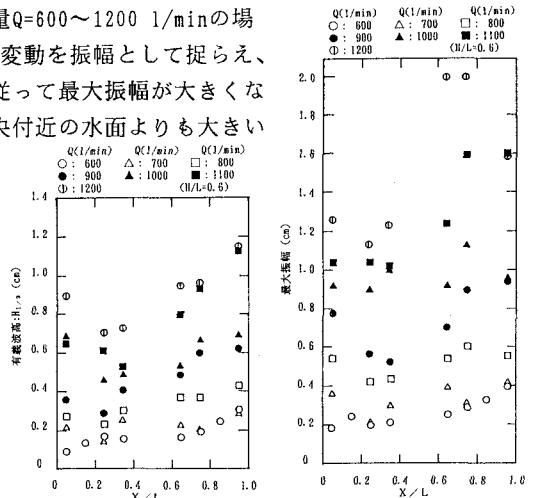


図-19 水面変動

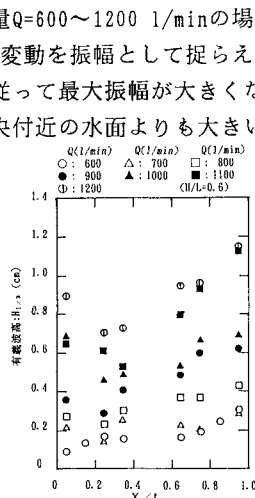


図-20 水面変動