

II-178

自由水面からの空気巻き込みに関する検討

－流況と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

(株) 東 京 久 栄 渋谷 正 美

1. まえがき 本研究は、比較的小さい水槽内に流体が噴流として流入した場合、水面動揺や水槽内の局所的な循環流れによって水面から空気が巻き込まれる現象を対象として、その巻き込みが生じる場合の水理学的条件を捉えようとするものである。この現象は、液体に気体が巻き込まれる現象として捉えた場合、現在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)において想定され、本研究の対象である。また、気力発電所の復水器冷却水路系や取水槽においても空気巻き込みがしばしば生じている。これらの現象は、構造物や環境に好ましくない影響を与えることから、巻き込みが生じない流れと構造形式を見い出す必要がある。本文では、その基礎的な段階として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況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。流速は、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。試験水槽は、7アル製であり、その形状概略と本文で用いる記号を図-2に示す。実験は、既に行った結果で水槽幅の影響が確認された $W=0.6\text{m}$ 、 $h=0.3\text{m}$ 、 $L=0.5\text{m}$ の条件を対象とする。ここで流速:U、流入流量:Q、波高:Hとする。

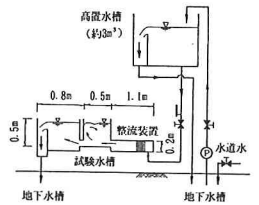


図-1 実験装置概略

3. 実験結果および考察 3. 1 流況特性 目視観測によって空気の巻き込みが確認された $Q=1000\text{ l/min}$ 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測定を行い、図-3～図-6にその結果の一部を示す。図-3および図-4はそれぞれ空気が巻き込まれる場合および巻き込みの無い場合の流下方向の平均流速分布(U_x)である。そして図-5および図-6は鉛直方向の平均流速(U_z)のX-Y平面分布である。これらの図から噴流状に流入した流れは、そ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、水面に衝突して流入方向とは逆向きの流れとなる。その逆向き流れは水槽側壁方向に流れ、流入口近くに到達し、水槽中央方向に向きを変え再び流下方向に流れる様相を呈している。そこで $X/L=0.04$ 断面において水槽中央部に流下方向流れ、水槽側壁近くには流下方向と逆向き流れが認め

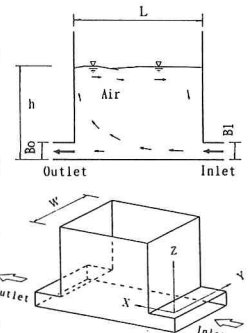


図-2 記号説明図

られ、それらの流れは流下に伴い小さくなることが認められる。このような3次元的な流況は、 $Y/L=0$ に対してほぼ対象である。空気が巻き込まれない場合は、巻き込む場合とほぼ同様の流況であるが水面付近の流下方向と

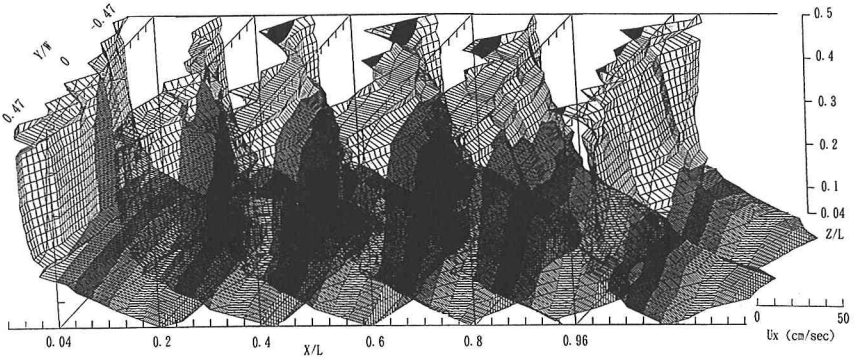


図-3 流下方向流速分布 ($Q=1000\text{ l/min}$ 、 $Z/L=0.6$)

逆向きの流れが小さく一様であり、循環流れが認められる。巻き込みが生じる場合は、水面附近の流れが水槽中心辺りで U_z 流速が小さく複雑な流向となり、また水槽の入口や出口上部および角部では U_z 流速が大きく、水面流速がほとんどない、よどみ状態が認められる。

3. 2 水面変動特性

水面変動を不規則波浪の連続と仮定し、波高頻度をRayleigh分布と比較したものが図-7, 8である。図は、水面変動の測定有義波高： $H_{1/3}=1.60\bar{H}$ および $1/10$ 最大波高： $H_{1/10}=1.27H_{1/3}$ で表されるRayleigh分布の関数を表したもので、波高頻度がRayleigh分布で表されることが確認される。そこで水面変動の代表波高として $H_{1/3}$ を用いて、X-Y平面分布を示したものが図-9, 10である。これらの図は、ほぼ同様の傾向となっているが空気巻き込みがある場合の方が平均的に $H_{1/3}$ が大きく、特に空気が巻き込まれる流入口上部付近で大きな値となっている。

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、流況、水面変動および目視観測の結果から空気巻き込みのメカニズムは、次の2パターンが考えられる。1)水面の変動や盛上がりによって波立ちが碎け、あるいは水面勾配が急になり、空気が水中に巻き込まれる場合。2)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。

今後は、水面流速や水面勾配として下降流速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)落合他：第44, 45, 46, 47, 48回年講 2)R. H. S. Winterton: N. E. AND D., 1972 3)千葉他：原子力学会, 1987, 4)G. E. Hecker: ASCE, J. H. D., HY10, 1981 5)江口：電中研報告U91005, 1991 6)JSME S 004: 機械学会, 1984

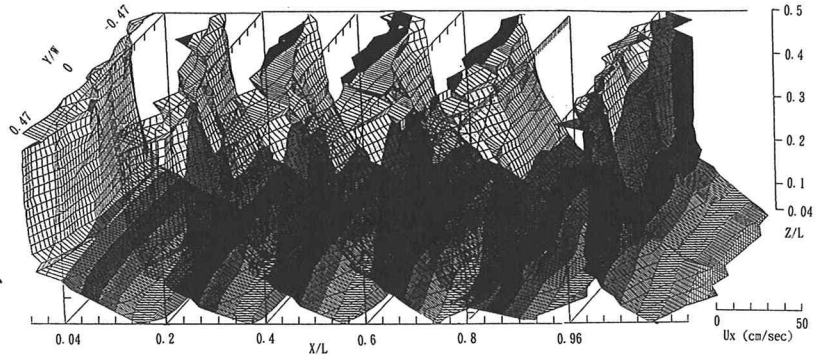


図-4 流下方向流速分布 (Q=800 l/min、Z/L=0.6)

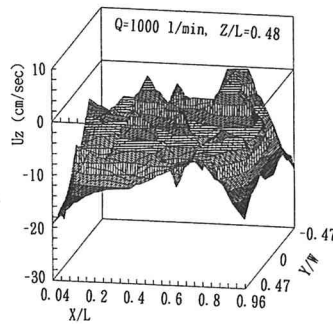


図-5 鉛直方向流速分布

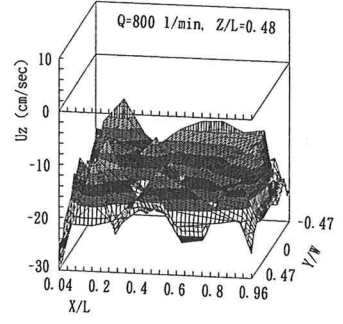


図-6 鉛直方向流速分布

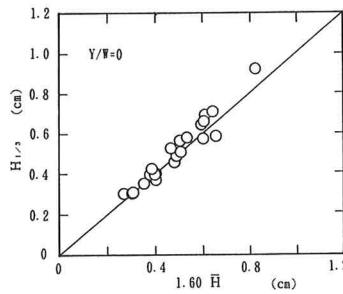


図-7 平均波高と $H_{1/3}$ の関係

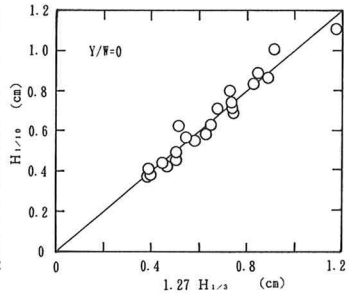


図-8 $H_{1/10}$ と $H_{1/3}$ の関係

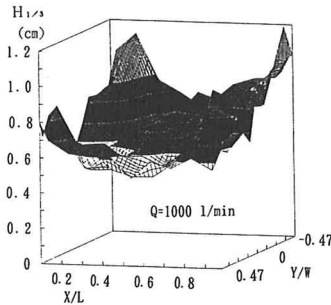


図-9 水面変動分布

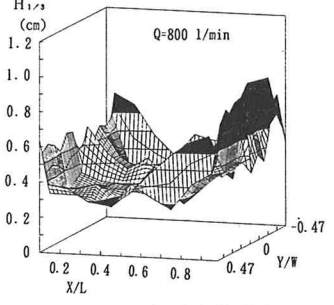


図-10 水面変動分布