

## 2447 サブチャンネル解析コード検証用 2x3 ロッド流路の流量配分データについて

### Flow distribution data on 2x3-rod channel for examining subchannel analysis code

○正 佐田富 道 雄 (熊本大工)      正 川 原 顕磨呂 (熊本大工)  
 学 林 竜 一 (熊本大院)      白 井 浩 嗣 (東工大院)

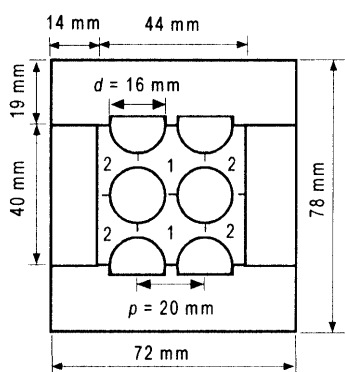
Michio SADATOMI, Kumamoto University, Kurokami 2-39-1, Kumamoto  
 Akimaro KAWAHARA, Kumamoto University, Kurokami 2-39-1, Kumamoto  
 Ryuichi HAYASHI, Kumamoto University, Kurokami 2-39-1, Kumamoto  
 Hiroshi SHIRAI, Tokyo Institute of Technology, O-okayama 2-12-1, Meguro-ku, Tokyo

A vertical test channel, having six subchannels around 2x3 square-array rods, was newly constructed. Using the channel, flow distribution under a hydraulically equilibrium flow condition was measured for water single-phase and air-water two-phase flows at room temperature and at near atmospheric pressure. These data are considered to be useful for examining subchannel analysis code, which is usually used to predict fluid flow and heat transfer in BWR fuel rod bundles. Brief descriptions of the channel and the data are given in this paper.

**Key Words:** Flow Distribution, Subchannel, Hydraulically Equilibrium Flow, Single-Phase Flow, Two-Phase Flow

1. 緒 言 沸騰水型原子炉における冷却材の熱流動解析ではサブチャンネル解析コードが広く使われているが、そのコードは今なお改良が続けられている (例えば、文献1)。著者らは、これまでに2個のサブチャンネルを持つ流路を用いて、流れが水力学的に平衡と非平衡の状態にある時のサブチャンネル毎の流量分布 (流量配分)、ボイド率分布などのデータを採集し、解析コードの妥当性を調べて来た (例えば、文献2)。しかしながら、検証用のデータとしては実機により近い3個以上のサブチャンネルを持つ流路のデータも必要であり<sup>(3)</sup>、そのようなデータを増やすことが望まれていた。このような背景から、新しく6個のサブチャンネルを持つ模擬バンドル体系の流路を作り、水力学的に平衡状態にある水単相流と気液二相流の流量分布を測定したので、装置の概要と共に報告する。なお、本流路に関するサブチャンネル間の乱流混合量の測定結果は報告済みである<sup>(4)</sup>。

2. 実 験 滑らかな壁面を持つ本供試流路の断面を Fig.1 に示す。2×3 四角配列のロッドの直径は、振動を抑



Gap size:  $S_{11} = S_{12} = S_{22} = 4.0 \text{ mm}$

	Hydraulic dia. $D_h$ mm	Flow area $A$ mm <sup>2</sup>
Ch.1	14.3	194
Ch.2	11.2	138
Whole	12.3	941

Fig.1 Cross-section of a new test channel with 2x3 rods

えるためにBWRのそれより大きめの16.0mmとした。また、ロッドとロッド間およびロッドとケーシング壁間の隙間は4.0mmとし、流れの観察が可能であるようにケーシングは透明アクリル樹脂製とした。サブチャンネルの数は6、種類

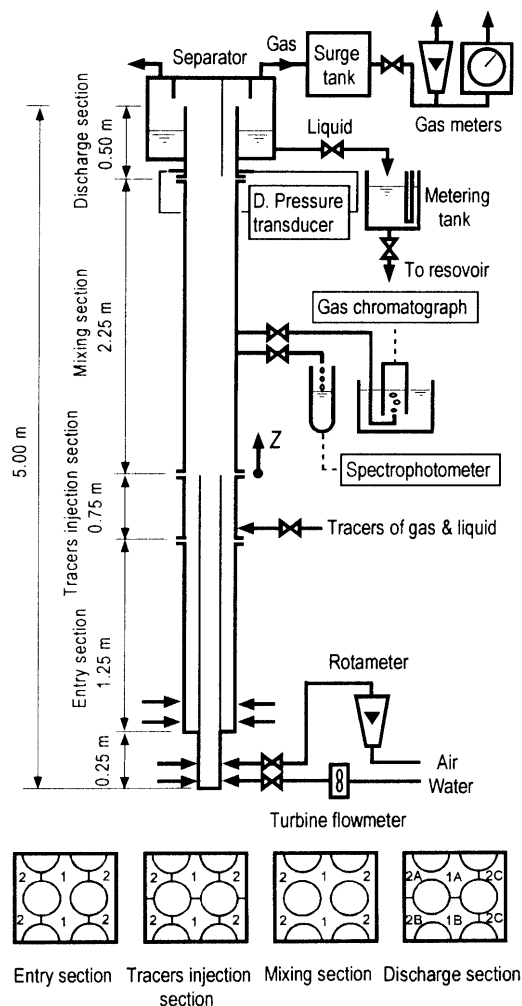


Fig.2 Flow loop of a new test channel with 2x3 rods

は2種類とし、流路全体の形状は対称形とした。このように数を限定し、形状を対称形とした理由は、解析コード検証用のデータとして最小限必要なサブチャンネル間の乱流混合量と各サブチャンネルへの流量配分(サブチャンネル毎の流量分布)に関して、確かな精度の実験値を得るためである。

実験装置の全景を Fig.2 に示す。垂直な流路の全長は5.00mであり、図示の4区間からなる。入口区間では6個のサブチャンネルを、仕切り板を入れることによって二つずつにまとめた。すなわち、対称性を考慮して3個のサブチャンネル群 2-2, 1-1, 2-2をつくり、供試流体である水と空気をそれぞれに導入した。なお、それぞれの流量は検定済みのタービン流量計と浮子式流量計で測った。次の注入区間は、乱流混合量を求める実験においてトレーサーを注入する区間であり、6分割してある。混合区間は、仕切り板がなくサブチャンネル間で流体移動が可能な区間である。排出区間は、図示のように仕切り板で三つのサブチャンネル群 2A-1A (A群), 2B-1B (B群), 2C-2C (C群) に分割した区間である。排出区間入口では流れが等速排出されるように、気水分離タンクの圧力を調整した<sup>2)</sup>。気水分離タンクにおいて群ごとに分離した水と空気の流量はそれぞれ量水槽とガスメーターで測定した。その後、サブチャンネル 1A の流量を、A群の流量からC群の流量の半分を差し引いて求めた。1Bの流量も同様に求めた。このように求めた各サブチャンネルの出口流量を参考にして、入口で導入する気、液の流量を設定し直した。このようなフィードバックを繰り返して、各サブチャンネルの流量が入口と出口において測定誤差(水 2%, 空気 5%)の範囲内で一致した時の値を水力学的平衡流における値として採用した。

**3. 水単相流の実験結果** Fig.3 に単相流における流量配分の実験結果を示す。縦軸は流路全体に対する各サブチャンネルの流量の割合であり、横軸は流路全体の水力学相当直径と平均流速  $u_L$  を基準とするレイノルズ数である。実験値はサブチャンネル 1A と 1B の平均値を○印で、サブチャンネル 2A, 2B, 2C の平均値を△印で示している。実線および括弧内の数値は佐藤ら<sup>5)</sup>の予測法による計算値である。 $u_L$  が小さ過ぎて流量の測定精度が低下した最左端の実験値を除けば、実験値と計算値の一致は良好といえる。なお、図中には各サブチャンネルの面積割合も示している。

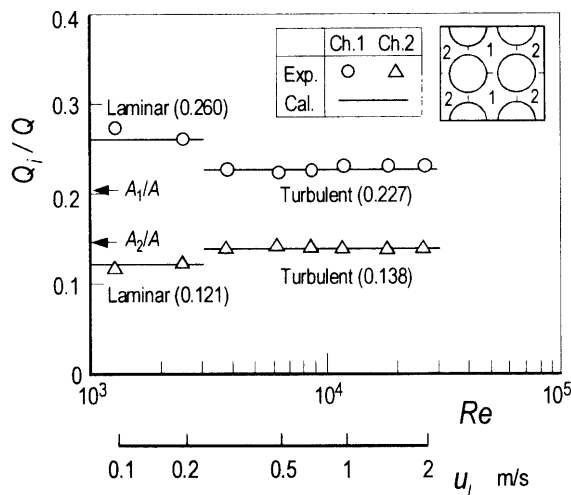


Fig.3 Flow distribution in hydraulically equilibrium single-phase flows: Comparison between experiment and calculation

**4. 気液二相流の実験結果** Fig.4 に二相流の実験結果を示す。実験は液相の容積流速(流路全体に対する値)を  $j_L =$

1.0 m/s の一定として、気相の容積流速  $j_G$  を徐々に変えて行った。実験値は気相を白抜き印で、液相を黒塗り印で示しており、この図では流れの対称性を確認するために、サブチャンネル 1A と 1B については平均値ではなくそれぞれの値を◇印と□印で示した。両者の一致が良いことから、対称性は良好であることが分かる。

流動様式についていえば、本実験範囲は気泡流、スラグ流、チャン流の範囲にあった。気泡流からスラグ流への遷移点は図示の通りであり、Taitel ら<sup>6)</sup>の判別法による結果とほぼ一致した。実験値の  $j_G$  に対する変化の傾向から次のことが分かる。気泡流の領域では、気相、液相共に単相乱流の計算値<sup>5)</sup> とほぼ一致する。しかし、流動様式がスラグ流へ遷移するといわゆる偏流現象が発生し、気相はサブチャンネルの面積の大なるほうへ偏って流れる。さらに  $j_G$  が大きくなり、流動様式が環状流に近い領域になると、偏流現象は弱まる傾向がある。このような流量配分比の流動様式への依存性は、二つのサブチャンネルから成る流路において著者ら<sup>2)</sup>および数名の研究者が観測した結果と同じである。

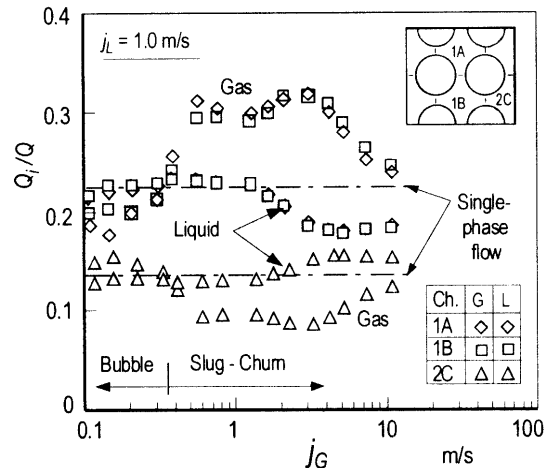


Fig.4 Gas and liquid flow distributions in hydraulically equilibrium two-phase flows

**5. 結言** 6個のサブチャンネルを持つ垂直流路を新しく製作し、水力学的に平衡状態にある水単相流と気液二相流に関して、各サブチャンネルへの流量配分の実験値を採集した。その結果、2個のサブチャンネルを持つ流路において知られていた偏流現象がこの流路でも生じることが明らかとなった。今後は、液相および気相の流量範囲を拡大して環状流を含む全流動様式のデータを採取し、サブチャンネル解析コードの検証に役立てていく予定である。

終りに、装置の製作に尽力された熊本大学中央工場の技術官の方々ならびに実験に協力頂いた当時の熊本大学学生大森圭一郎、福本 愛のお二人に感謝します。

文 献

- (1) Ninokata, H. et al., Proc. of 4th Int. Seminar on Subchannel Analysis, (1997), 231-265.
- (2) Sadatomi, M. et al., Nucl. Eng. & Des., 148:2&3 (1994), 463-474.
- (3) Lahey, Jr., R.T. et al., Trans. ASME, J. Heat Transfer, 93 (1971), 197-209.
- (4) 川原・ほか2名, 日本混相流学会年会講演会 2000 (第1回) 講演論文集, 投稿中.
- (5) 佐藤・ほか2名, 機論(B編), 49-442 (1983), 1135-1142.
- (6) Taitel, Y. et al., AIChE J., 26:3 (1980), 345-354.