

非一様加熱壁を有する狭隘な垂直環状流路内の対流遷移

Flow transition caused by nonuniform wall heating in a vertical annular channel

*上谷 俊郎¹, 功刀 資彰¹, 横峯 健彦¹

¹京都大学

HTTR スタンドパイプは狭隘な垂直環状流路内を下向き低温ガス強制対流で冷却しているが、下端の高温ガスが逆流するバイパス流の発生が懸念されている。この原因が管外筒側面の非一様な温度分布にあると仮定し、管上端部における下向き強制対流から上向き自然対流への対流遷移条件を数値解析で検討した。

キーワード：HTTR, スタンドパイプ, 環状流路, バイパス流, 強制対流, 自然対流, 遷移条件, 数値解析

1. 背景 高温工学試験研究炉（HTTR）の昇温試験において、原子炉圧力容器頂部にあるスタンドパイプの内部雰囲気温度および周囲の一次遮蔽体の温度が予想以上に上昇した。昇温の主原因はスタンドパイプの内壁に沿って上昇するヘリウムガスのバイパス流れが原因であると考えられているが、このバイパス流れの発生原因は特定できていない^[1]。

2. 解析モデル 本研究では、パイプ周方向の温度分布の非一様性がバイパス流れの原因であると考え、管外筒側面に非一様加熱条件を与えたモデルを設定して数値解析を行った。図1は解析体系を示しており、環状流路の寸法は実機相当の長さ2.6m、外径485mm、流路幅2mmであり、内部構造体は半径481mmで下から1300mmの断熱材、700mmのPGX、600mmの炭素鋼から構成されている。温度境界条件は、流路上端から流入する冷却ガス温度を30℃、炉心上部プレナム（流路下端）のガス温度を200℃、スタンドパイプ周囲雰囲気温度（外筒壁温）を100℃として固定し、内部構造体の初期温度は30℃を与えた。さらに、環状流路上端一下端間の差圧 ΔP （下向き強制対流駆動力）を流動境界条件として与えた。また、非一様加熱条件として管高さの半分の位置の外筒側面に200℃の高温領域（長さ L 、角度 θ ）を設定した。 ΔP 、 L および θ を変化させて、環状流路出口流れが強制対流（下向き）から自然対流（上向き）となる対流遷移条件を求めた。

3. 結果 図2は L と $R\theta$ を変化させた場合の遷移発生点を各 ΔP (27Pa, 30Pa, 35Pa, 40Pa)についてプロットしたものであり、対流遷移条件が加熱面積 $A=LR\theta$ が一定（言い換えれば、加熱量が一定）の曲線と一致していることが分かる。図3は非一様加熱による付加的な自然対流駆動力($\Delta P - \Delta P_0$)と加熱面積 A の関係を示している。 ΔP_0 は非一様加熱部分が無い場合の対流遷移が発生する差圧 $\Delta P_0 = 22$ Paである。対流遷移の付加的な自然対流駆動力は、非一様加熱面積の増加に伴い大きく上昇することが分かった。

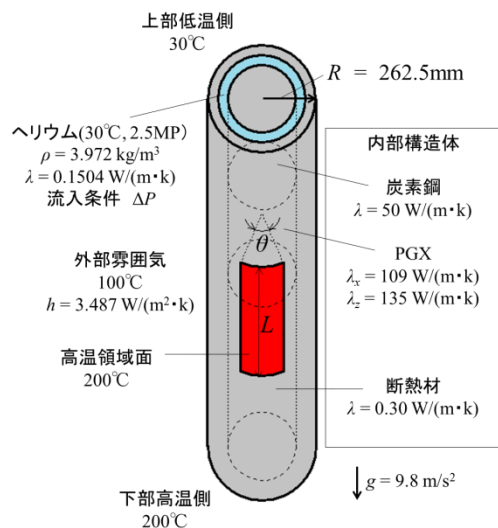


図1. 解析体系

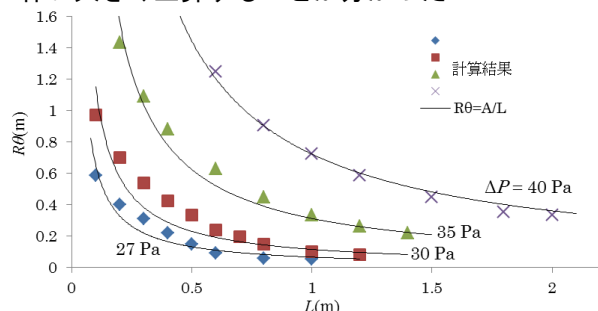


図2. 強制対流駆動力(ΔP)一定条件での対流遷移条件

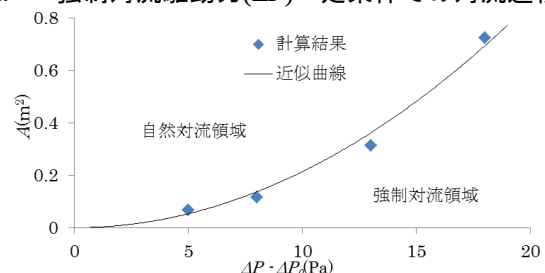


図3. 付加的な自然対流駆動力($\Delta P - \Delta P_0$)と加熱面積の関係

参考文献 [1]小川益郎ほか(1998)『高温工学試験研究炉1次上部遮へい体の昇温に関する解析』JAERI-Tech 98-062

*Toshiro Kamidani¹, Tomoaki Kunugi¹ and Takehiko Yokomine¹

¹Kyoto Univ.