

# ナトリウム冷却高速炉ホットレグ配管入口部における 液中渦キャビテーションに関する研究 (第7報) 壁面境界層における液中渦挙動の検討

Study on Cavitation Due to Sub-Surface Vortex at Intake of Hot-Leg Pipe in Sodium Cooled Fast Reactor

(7th report1) Modeling of Vortical Velocity Field in Wall Boundary Layer

\*伊藤 啓<sup>1</sup>, 江連 俊樹<sup>1,2</sup>, 功刀 資彰<sup>2</sup>, 大島 宏之<sup>1</sup>

<sup>1</sup>原子力機構, <sup>2</sup>京都大学

本研究では、ナトリウム大型炉における液中渦キャビテーション研究の一環として、壁面境界層内における渦のモデル化を行い、境界層内において渦の速度・圧力がどのように変化するかについて検討を行う。

**キーワード**：液中渦，キャビテーション，壁面境界層，ナトリウム冷却高速炉

## 1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の上部プレナム内において、吸込み配管入口にキャビテーションを伴う液中渦が形成される可能性がある。これまで、実験的・解析的研究を進めた結果、キャビテーション気泡の発泡点は炉容器壁面上であることを確認している。このため、液中渦キャビテーション発生を評価する観点からは壁面境界層内における液中渦挙動を評価することが重要であるが、現状では計測精度などの制約によって壁面境界層内の流れ場を明らかにすることは困難である。一方、壁面上に形成される渦流れの理論的研究は、von Karmanによる回転円板上の渦流れ<sup>[1]</sup>やEkman層<sup>[2]</sup>などが知られているが、それらの流れ場に対して用いられている仮定は液中渦に対しては必ずしも当てはまらない。したがって、本研究では、液中渦キャビテーション評価手法開発の一環として、壁面境界層内における液中渦流れ場のモデル化に関する検討を行い、境界層内の速度分布・圧力分布に関する指針を得る。

## 2. 壁面境界層渦モデルの概要

ここでは、単純化のために壁面に垂直な軸を持つ軸対称定常渦流れを考え、渦流れが軸対称 Navier-Stokes 方程式によって記述できると仮定する。さらに、Karmanの変数変換を参照して無次元化を行い、境界層近似に基づいて各項のオーダー評価を行うことで主要項を抽出する。その結果、軸方向の運動量保存式は以下のように表される。

$$H \frac{\partial H}{\partial \zeta} - \frac{\partial^2 H}{\partial \zeta^2} + \frac{\partial P}{\partial \zeta} = 0 \quad (1)$$

ただし、 $\zeta$ は軸方向無次元座標、 $H$ は無次元軸方向流速、 $P$ は無次元圧力である。この式の近似解を求め、基礎実験に基づくパラメータを設定すると、図1のような軸方向流速分布が得られる。さらに、圧力分布に関しては、境界層内の軸方向変化が無視できる（境界層外縁の圧力を用いて壁面発泡点上の圧力を評価できる）という結果が得られる。

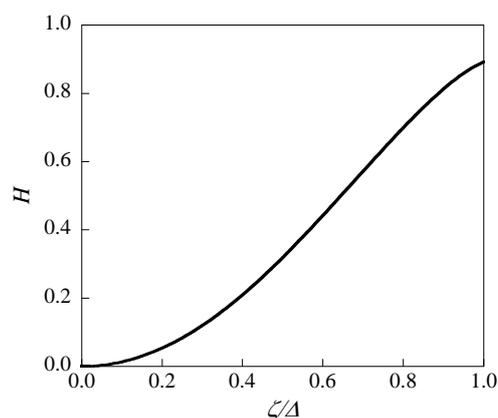


Fig.1 Non-dimensional axial velocity distribution

## 3. 結論

壁面境界層内における液中渦流れ場のモデル化を行い、壁面上の圧力が境界層外の圧力と一致することを示した。ただし、本研究で構築したモデルの妥当性・適用性については、さらなる検討が必要である。

## 参考文献

[1] Karman, T.V., Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 1921.

[2] Ekman, V.W., Archive for Mathematics, Astronomy and Physics, 1905.

\*Kei Ito<sup>1</sup>, Toshiki Ezure<sup>1,2</sup>, Tomoaki Kunugi<sup>2</sup> and Hiroyuki Ohshima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>2</sup>Kyoto University