



# 革新的な伝熱面構造制御による大型PWRのIVR確立

## 1. 課題目標

原子力プラント安全性向上のための炉心溶融デブリ炉内保持(IVR)技術の実現を目指し、ハニカム多孔質体を用いた伝熱面構造制御による、革新的冷却技術を開発することを目的とする。

## 3. 研究計画内容

### ①ハニカム多孔質体を用いた限界熱流束向上メカニズムの解明

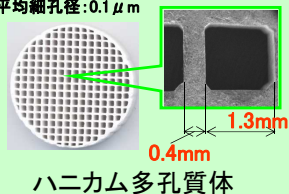
概要(目標)

ハニカム多孔質体による限界熱流束向上のメカニズムを解明する。さらに、その熱流動現象を説明するモデルを提案し、ハニカム多孔質体の最適幾何形状を提案する。

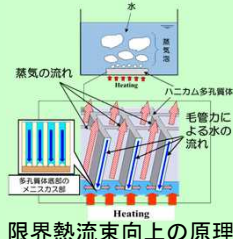
特筆すべき成果

- ハニカム多孔質体による限界熱流束向上を説明する熱流動モデルを提案した。
- ナノ流体とハニカム多孔質体を組み合わせることで、限界熱流束が裸面の3倍( $3\text{MW/m}^2$ )にまで向上した(チャンピオンデータ)。

平均細孔径:  $0.1\mu\text{m}$



ハニカム多孔質体



限界熱流束向上の原理

### ③実機条件を模擬した場合におけるハニカム冷却技術の伝熱特性

概要(目標)

限界熱流束向上に与えるRISA効果の影響を評価するとともに、強制流動時におけるハニカム多孔質体による限界熱流束向上効果を明確にする。

特筆すべき成果

- 強制流動実験においても、ハニカム多孔質体を設置しただけで、裸面に比して約2倍の限界熱流束向上することを明確にした。
- 限界熱流束向上に対してハニカム多孔質体、RISA効果、流動の3つの要因が考えられるが、RISA効果が他の2つの要因に比較して、相対的に小さいことを明らかにした。

### ④ハニカム冷却技術の実機への適用性

概要(目標)

実機にハニカム冷却技術を適用するためには、取付方法を確立することは必須である。さらに実機の事故時を模擬した強制流動実験を実施するための実験条件を熱流動解析から算定することも必要である。

特筆すべき成果

- 要素伝熱試験の熱流動条件を明確にするため、原子炉容器底部の熱流束分布を検討し、自然循環流路内部の熱流動解析し、流動条件を明確にした。
- 圧力容器壁でのクリープ強度評価を行い、容器壁での熱伝導の扱いがクリープ評価に大きな影響を与えることを明確にした。

## 2. 研究実施体制

横浜国立大学

- ①ハニカム多孔質体を用いた限界熱流束向上メカニズムの解明

横浜国立大学

- ②飛躍的な限界熱流束向上を目指した新規ハニカム多孔質体の開発

横浜国立大学  
とりまとめ

東京大学

- ③実機条件を模擬した場合におけるハニカム冷却技術の伝熱特性

三菱重工業

- ④ハニカム冷却技術の実機への適用性

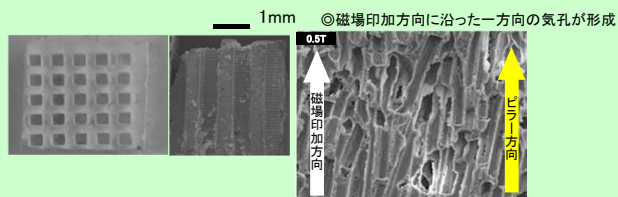
### ②飛躍的な限界熱流束向上を目指した新規ハニカム多孔質体の開発

概要(目標)

限界熱流束の高いハニカム多孔質体には、マクロなハニカム構造とともに、伝熱面に接する部分はナノまたはミクロな細孔の構造制御が必須である。そこで、ハニカム多孔質体のマクロおよびミクロ構造制御可能な手法を開発する。

特筆すべき成果

- 3次元樹脂構造体を鋳型とし、これにセラミックス粉体を液中に分散させたスラリーを鋳込む手法により、ハニカム多孔体のマクロ構造を制御する製作手法を開発した。
- 多孔質体内部の細孔構造をカーボンファイバを用いた制御手法を開発した。



構造・細孔制御したハニカム多孔質体

実験・解析手法の確立 要素技術の確立 実機を模擬した試験

|                                         | 平成26年度           | 平成27年度              | 平成28年度                    |
|-----------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------------|
| ①ハニカム多孔質体を用いた限界熱流束向上メカニズムの解明(森,横国大)     | 幾何形状の影響<br>素過程解明 |                     | 理論モデル構築,<br>形状最適化         |
| ②飛躍的な限界熱流束向上を目指した新規ハニカム多孔質体の開発(多々見,横国大) | HP製作手法の検討        | HP細孔構造制御<br>(1次元細孔) | HP表面ナノ細孔構造制御<br>(二層構造)    |
| ③実機条件を模擬した場合におけるハニカム冷却技術の伝熱特性(岡本,東大)    | RISA効果(ぬれ性)の影響   |                     | 新規HPによる<br>CHF向上効果        |
| ④ハニカム冷却技術の実機への適用性(大貫,MHI)               | 実機熱流動解析条件検討      | 実機施工性概念検討           | 実機熱流動解析実施・検討<br>実機装置適用化検討 |