既設炉に設置可能な薄型コアキャッチャーの冷却性能(2)
－水平フィン付き矩形冷却チャンネル内二相流の熱流動特性の評価－

Thermal-hydraulics characteristics of the flat core-catcher for existing plants(2)

－Evaluation of thermal-hydraulics characteristics for two-phase flow in the horizontal rectangular finned channnel－

*鬼塚 洋一[1]，岩城 智香子[1]，竹山 大基[1]，田原 美香[1]

[1]東芝エネルギーシステムズ株式会社

既設炉の小スペースに設置するため、溶融炉心を受け止める天板と冷却チャンネルが水平な薄型のコアキャッチャーを開発する。実長を模擬した試験体の実験結果を基に、自然循環流量と天板温度を評価するモデルを開発した。

キーワード：シビアアクシデント，溶融炉心，コアキャッチャー，水平矩形流路，フィン付き流路，既設炉向け

1. 緒言

薄型コアキャッチャー(図 1)では、全高を抑えるために水平矩形冷却チャンネルを採用している。水平なチャンネルは傾斜がある場合に比べて自然循環流量が減少するため、フィンを設置して熱交換性能を上げている。また、給水流路側に熱を通さないようフィン先端を流路底面から離すため、フィンのある空間とない空間の両方が存在する複雑な形状となる。このような形状に対する二相流の伝熱流動特性は知見がないため、上面加熱のフィン付矩形チャンネルを模擬した試験体により冷却性能を確認し、その試験結果から自然循環流量や天板温度を予測できるモデルを開発した。

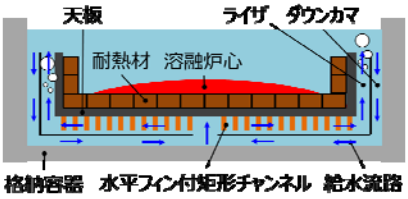

図 1　薄型コアキャッチャー断面図

2. 試験装置および試験方法

試験装置は、RPV ペデスタル内半径 3.5m を模擬したフィン付矩形チャンネルの部分モデル試験体と、冷却水の平均密度差により自然循環力を生み出す約 1m のダウンカマおよびライザで構成され、溶融炉心からの熱流束はチャンネル上面のヒータで模擬した。溶融炉心の熱流束を包含する 250kW/m² 以下の範囲でヒータ出力をパラメータとした試験を行い、水平フィン付矩形チャンネルの自然循環流量、圧力損失、温度分布を取得した。

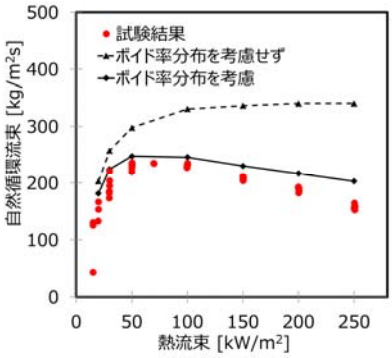

図 2　自然循環流量の試験結果と予測結果

3. 試験結果及び性能予測結果

試験では、熱流束 50kW/m² までは熱流束の増加に伴い自然循環流量も増加し最大 230kg/m²s の質量流束に達した後、減少傾向に転じた(図 2)。これはボイド率の増加により、循環力の増加よりも二相流圧力損失の増加が強く表れたためである。想定する最大熱流束条件でも自然循環は発生し、冷却チャンネル内の最大温度は銅フィンの融点（約 1080℃）を大きく下回る 300℃以下に維持され(図 3)、溶融炉心からの熱量を除熱できる目途を得た。既存の管群圧力損失評価式を基に、流路断面内の気液の流量配分を考慮するよう改良して自然循環流束を算出したところ、予測値は実機想定条件 200kW/m² で約+15%の誤差に改善した(図 2)。また、流動画像から流動様式を整理し、流動様式に応じた熱伝達率及び伝熱面積を決定することで、最も高温となる最下流部のフィン天板の到達温度を約+15%の精度で予測できるようになった(図 3)。

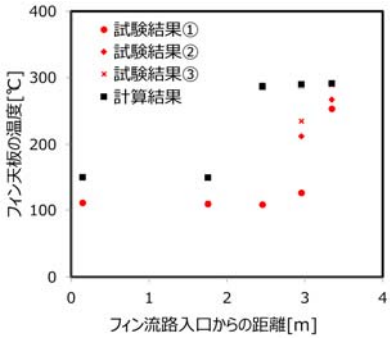

図 3　フィン天板温度の試験結果と予測結果

4. 結論

薄型コアキャッチャーが過酷事故時に想定される熱流束条件下で十分な除熱性能を有することを確認し、自然循環流量や天板温度を精度よく予測できる手法を構築した。

* Yoichi Onitsuka [1], Chikako Iwaki[1], Daiki Takeyama [1] and Mika Tahara [1]

[1] TOSHIBA ENERGY SYSTEMS & SOLUTIONS CORPORATION