

# 沸騰遷移後の炉心熱伝達挙動のメカニズム解明に向けた研究



安全研究センター 原子炉安全研究ディビジョン  
熱水力安全研究グループ

## 1 研究背景・目的

軽水炉において何らかの原因で炉心出力の急激な上昇等が起こると、燃料被覆管表面がドライアウトすることがある。燃料の健全性確保のためにはドライアウトによる温度上昇を抑制することが求められる。ドライアウトした被覆管表面が液膜の進展によって再び濡れることをリウエットと呼び、このリウエット現象のメカニズムを解明し、リウエット現象の予測モデルを高度化することにより、ドライアウト時の温度上昇を適切に予測することが可能となる。

本研究では下記の目的を達成するために、低圧での可視化実験装置を用いた熱伝達実験を実施

- リウエット現象のメカニズムの解明
- リウエット現象のメカニズムに基づいたリウエット熱伝達モデルの高度化

## 2 実験装置・測定手法

### 装置概要

- 模擬現象: 単一の模擬燃料棒周りの液膜によるリウエット
- 作動流体: 空気、水

表1 実験装置諸元

試験部仕様	
模擬燃料棒外径	11.2 mm
ガラス管内径	17.0 mm
模擬燃料棒最大出力	6.2 kW
加熱部長さ	600 mm
実験条件	
空気流量 ( $j_G$ : 断面平均流速)	30-70 m <sup>3</sup> /h (65-151 m/s)
水流量 ( $j_L$ : 断面平均流速)	0.09-0.20 L/min (0.011-0.026 m/s)
最高使用温度	< 600 °C

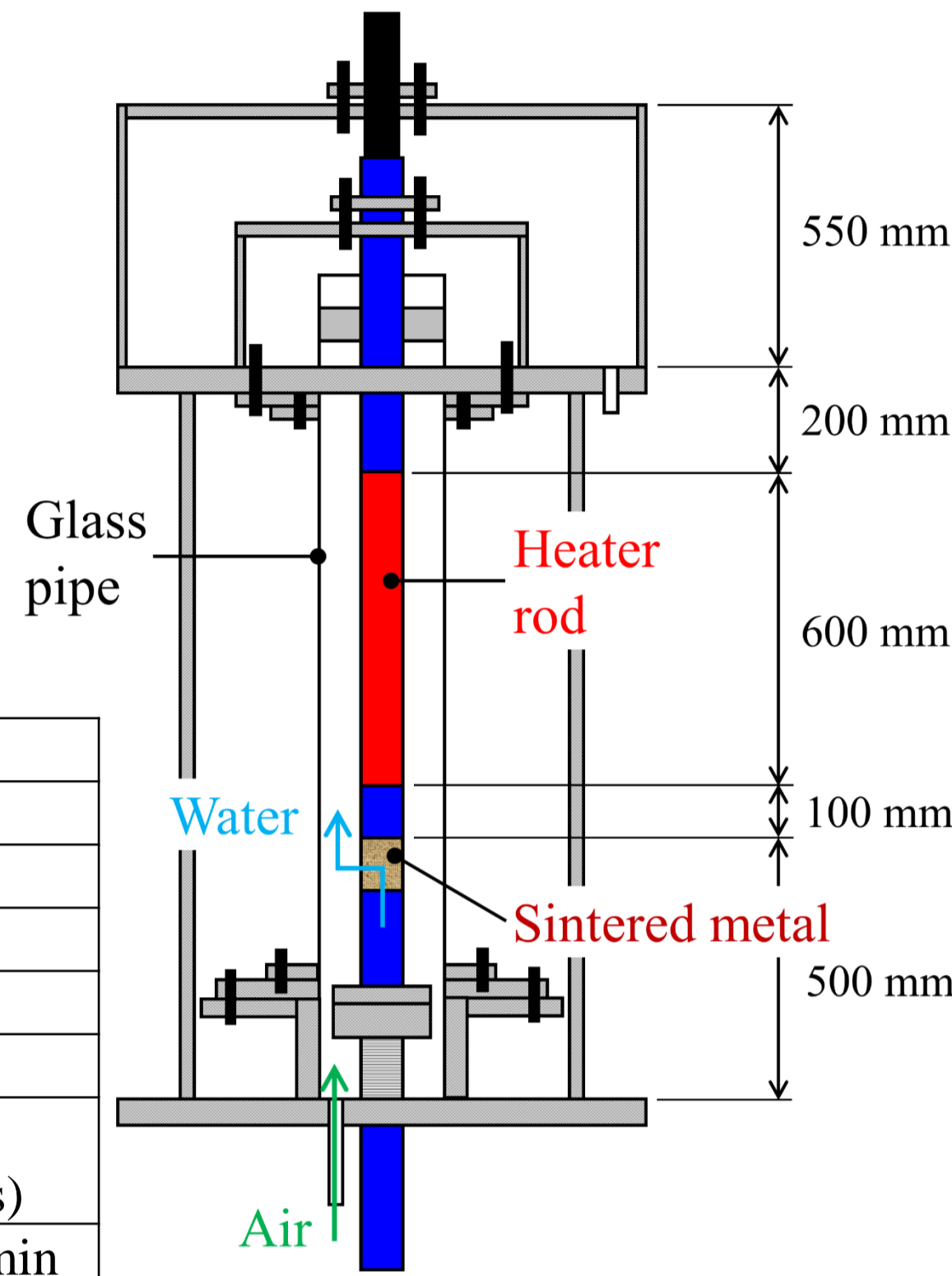


図1 実験装置概要図

### 可視化手法

- 高速度ビデオカメラで撮影
- 液膜先端形状の可視化  
⇒ フロントライト撮影
- 液膜厚さ変化等の可視化  
⇒ バックライト撮影

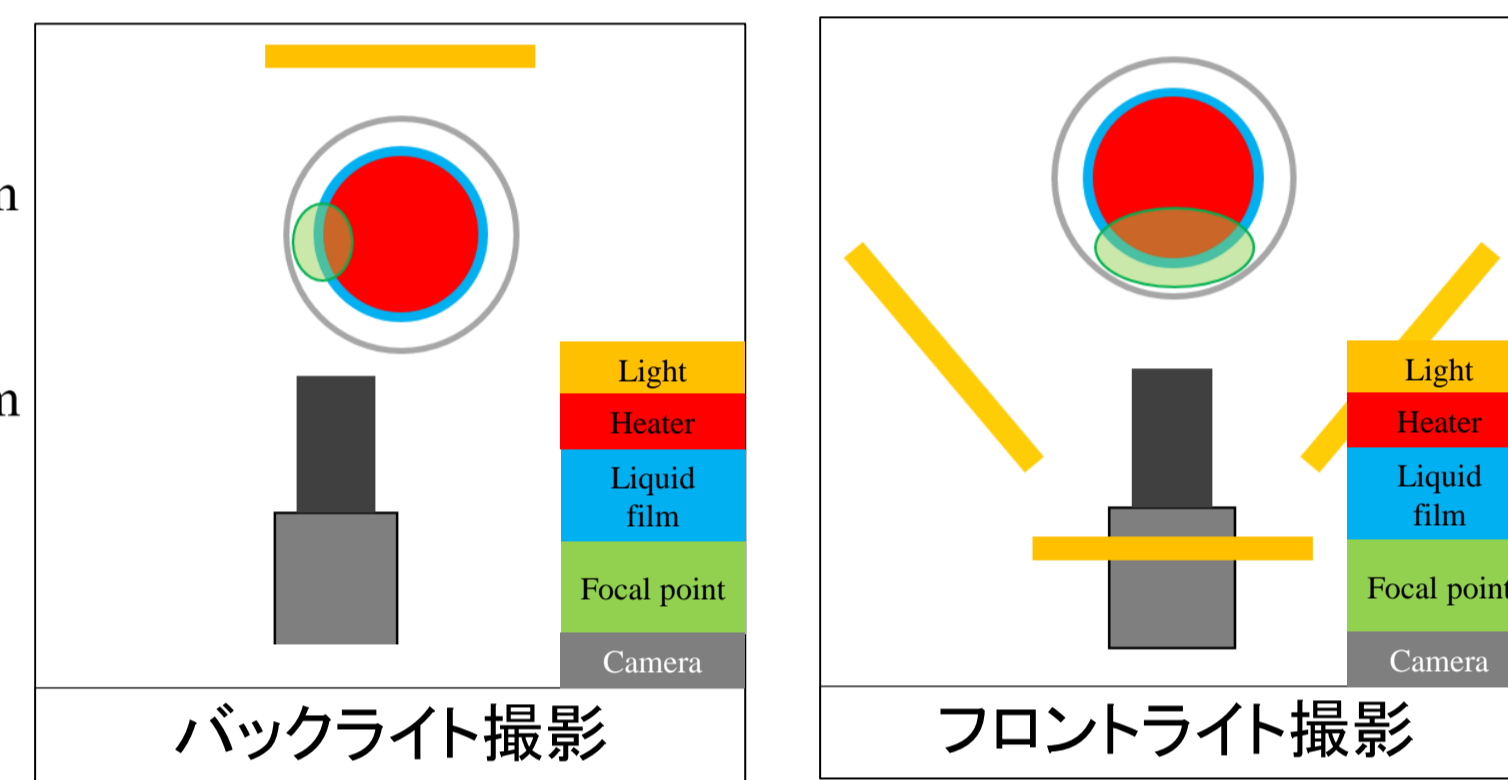


図2 カメラ配置概要図

### 模擬燃料棒表面温度測定手法

模擬燃料棒の表面に埋め込まれた熱電対(直径0.5mm)で表面温度を測定

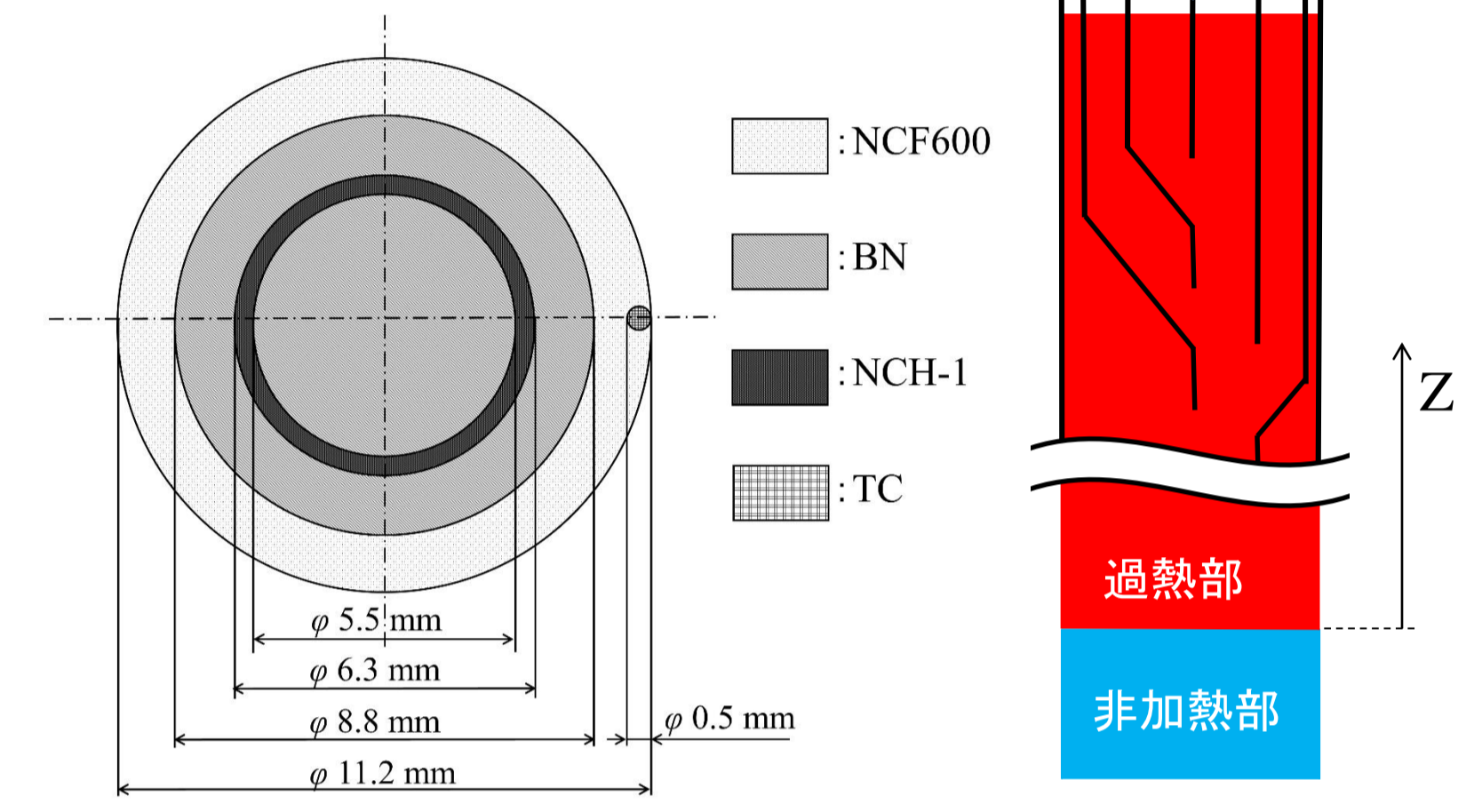


図3 模擬燃料棒断面図 図4 熱電対設置概要図

## 3 実験結果

### 可視化結果

#### バックライト撮影結果

- リウエット点(図中矢印)では液滴が激しく飛散
- 液滴が多数発生し下流の乾き領域の熱伝達に寄与

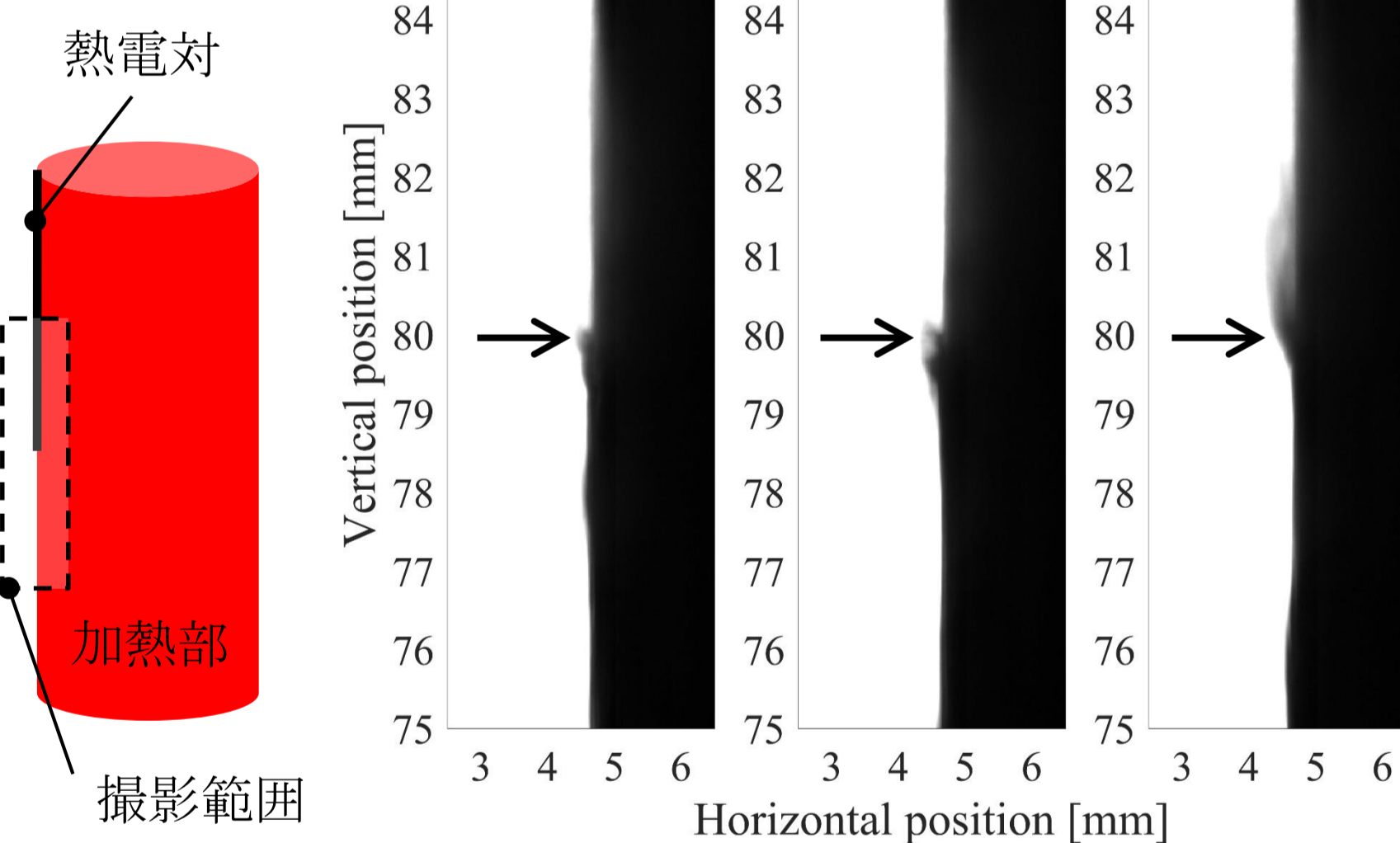


図5 リウエット時の液膜挙動の可視化結果

#### フロントライト撮影結果

- 壁温(100°C) 指状の液膜が形成
- 壁温(250°C) ロッド表面が液膜で覆われるが、周方向に不均一な液膜が形成
- 壁温(400°C) 周方向に均一な液膜が形成

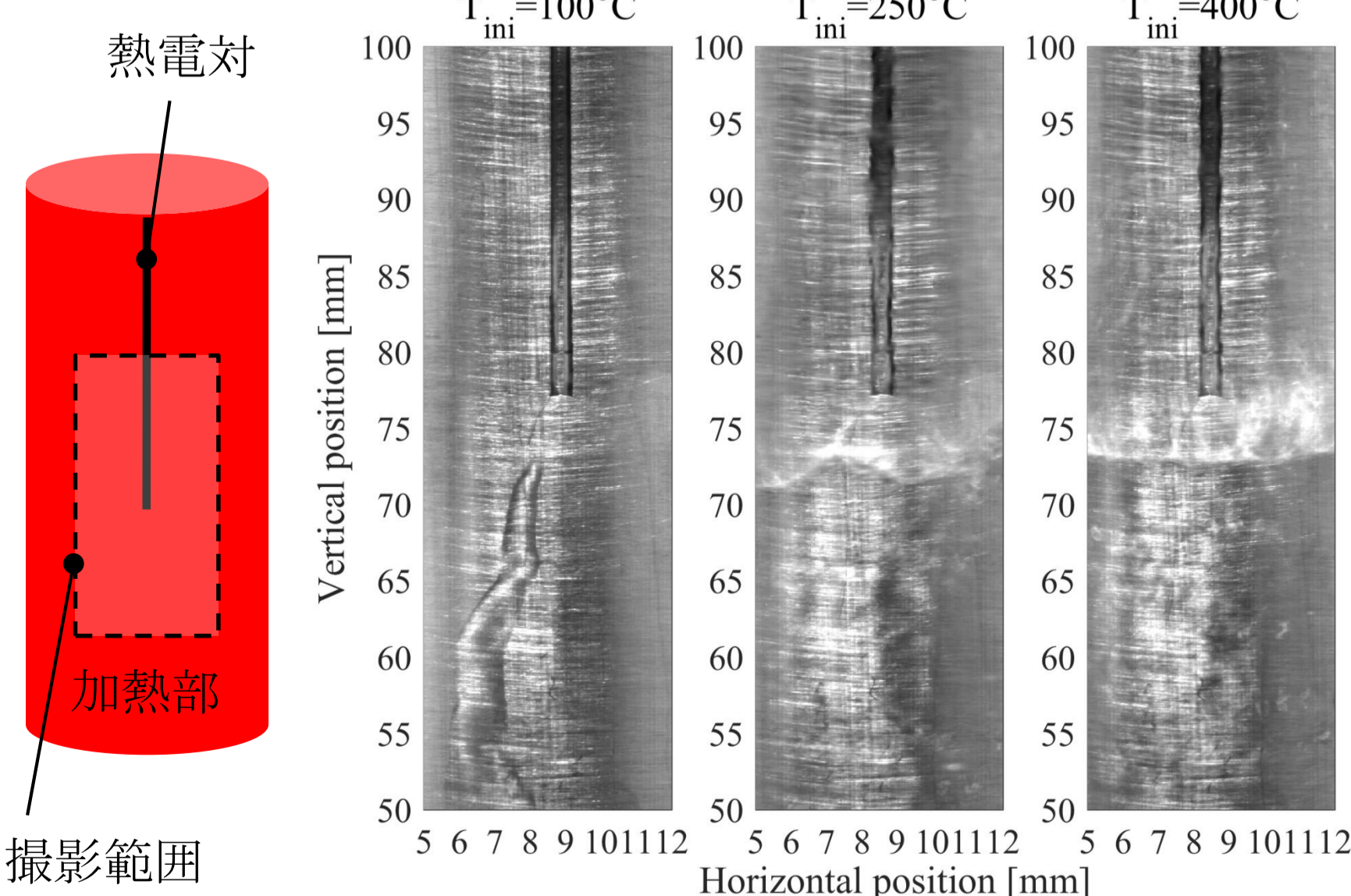


図6 リウエット時の液膜先端形状の可視化結果

### 温度計測に基づく結果

- リウエット点近傍では模擬燃料棒表面温度が急激に低下  
⇒ 高い熱伝達
- リウエット点近傍の乾き領域では気相单相熱伝達式に比べて熱伝達係数が大きい  
⇒ 液滴・液膜先端形状等の影響

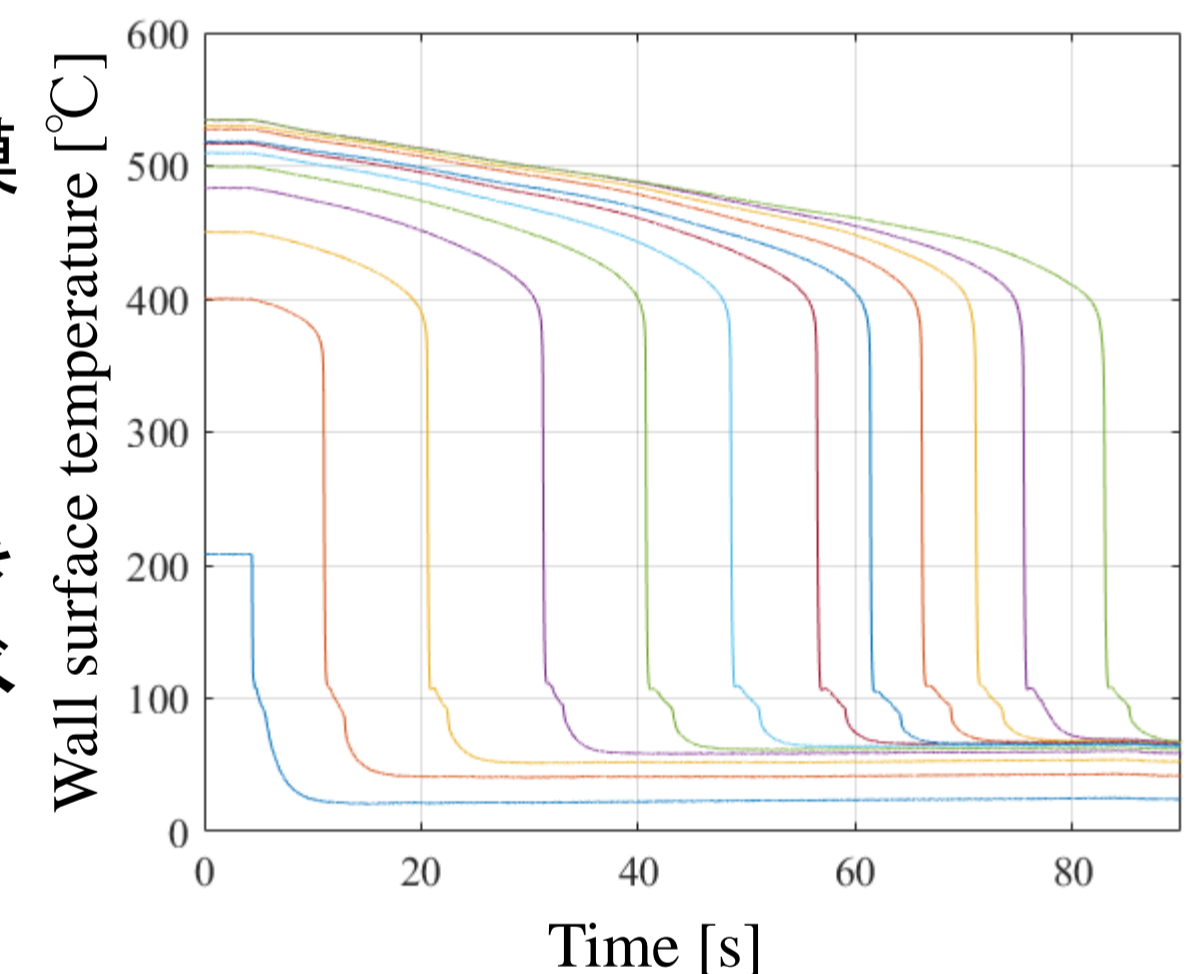


図7 リウエット時の熱電対温度変化

表2 リウエット実験条件

	$j_G$ [m/s]	$j_L$ [m/s]	$T_{ini}$ [°C]
(a)	65	0.014	400
(b)	65	0.014	250
(c)	65	0.026	400

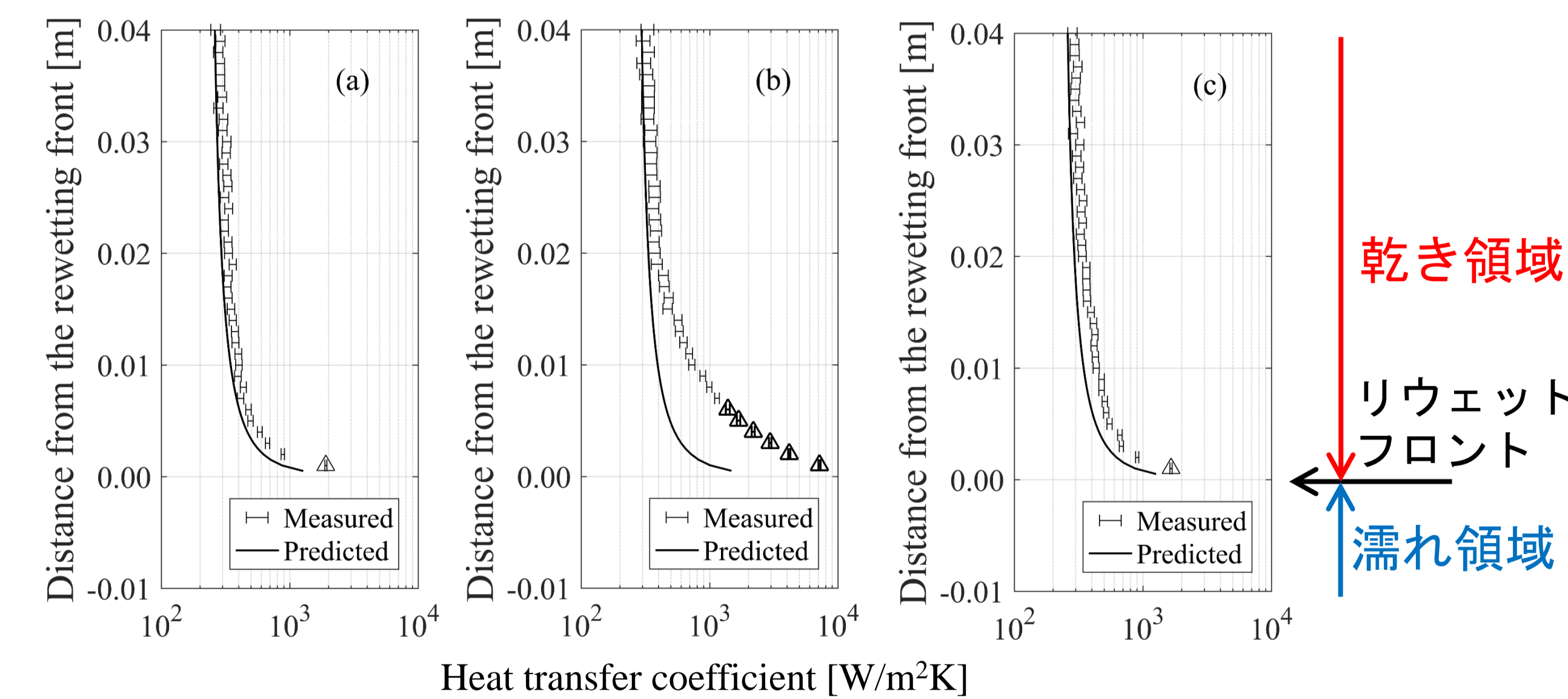


図8 リウエットフロントからの距離に対する熱伝達係数 (プロット: 計測値、実線: 单相熱伝達相関式)

## 4 今後の計画

- 低圧実験装置で取得した知見に基づいて熱伝達モデルを作成
- 低圧実験に基づいて作成されたモデルを高圧実験データに適用、モデルの適用性を確認・改良
- スパーサによる熱伝達促進効果についてもモデル化を検討

### 謝辞

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁の受託研究として実施された。