日本原子力学会 2018年秋の大会（岡山大学）

サンプスクリーン下流側影響の LOCA後炉心長期冷却に係る検討

（2）炉心への冷却材供給流路に関する要素試験

2018.9.7

三菱重工業株式会社

○緒方 智明，竹井 怜，西田 圭吾，
坂田 英之， 栗村 力，福田 龍

© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

目次

三菱重工

1. 背景

2. 目的

3. 検討の流れ

4. 下部ノズル流路孔の通水試験

5. 冷却材供給流路に関するシナリオ検討

6. 下部ノズル間ギャップの通水試験

7. バレル-バッフル流路の通水試験

8. まとめ

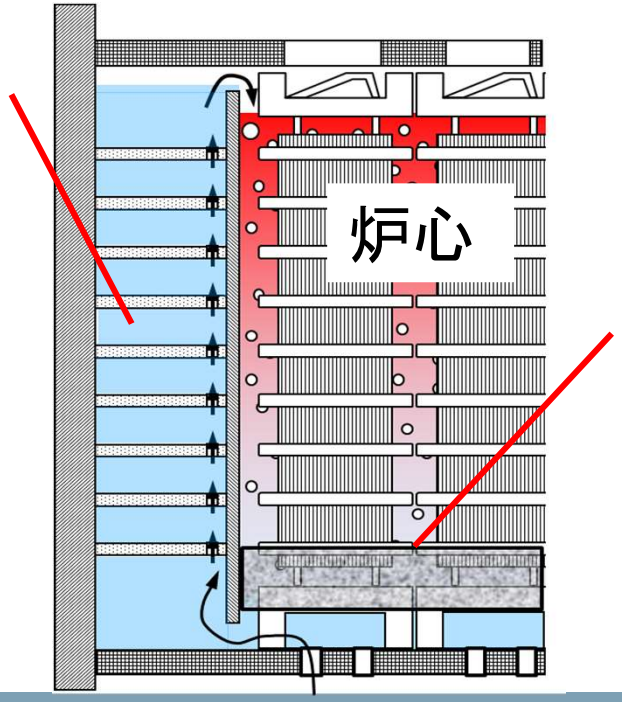
© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

1. 背景

- 前の報告(1)では下記(下図)を前提としていた
  - 化学デブリの析出前、炉心入口部の流路に0.5%の開口部あり
  - 化学デブリが析出後、炉心入口部が完全に閉塞し、代替流路が有効
- これら前提が実現象でも再現することを実証する必要がある

バレル - バッフル流路

【前提2】
炉心入口部が完全閉塞した場合、代替流路が有効



【前提1】
再循環開始直後は0.5%の流路が確保

© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

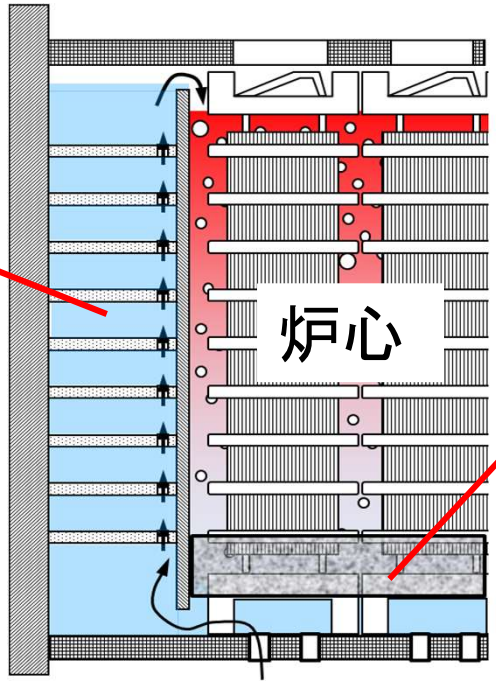
三菱重工

【目的】

要素試験（流動試験）により冷却材供給流路に関するシナリオ（前の報告（１）に用いた流路形成に係る前提）に関し、実験的に現象の再現を実証する。

バレル - バッフル流路

【前提2】
炉心入口部が完全閉塞した場合、代替流路が有効



【前提1】
再循環開始直後は0.5%の流路が確保

© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

３．検討の流れ

三菱重工

【前提1】炉心入口部の流路の確保

・下部ノズル流路孔に対する通水試験

↓

・冷却材供給流路の確保に対するシナリオ検討

↓

・下部ノズル間ギャップに対する通水試験

【前提2】代替流路の確保

・バレル-バッフル流路に対する通水試験

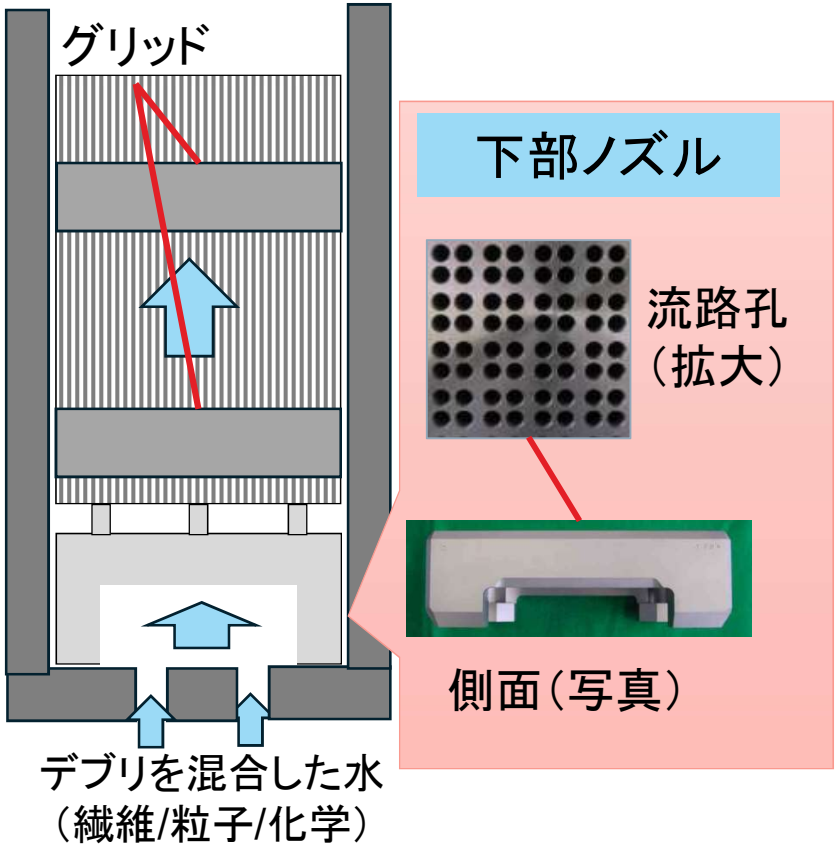
© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

4. 下部ノズル流路孔の通水試験

三菱重工

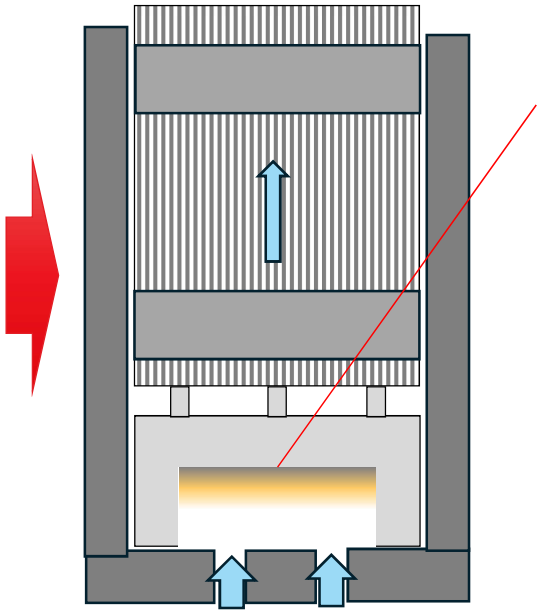
- 下部ノズル流路孔に開口部が維持される可能性あり
- 燃料集合体へデブリを投入し、通水性能を確認

試験装置



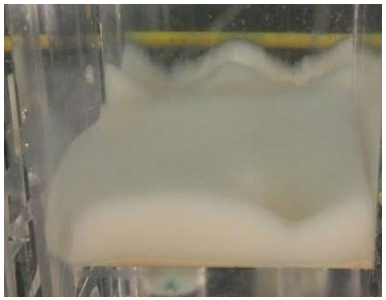
試験結果

- 下部ノズル流路孔はデブリで閉塞
- 化学デブリ投入により圧損が増加



下部ノズル全面にデブリが付着

化学デブリによる影響が大きい



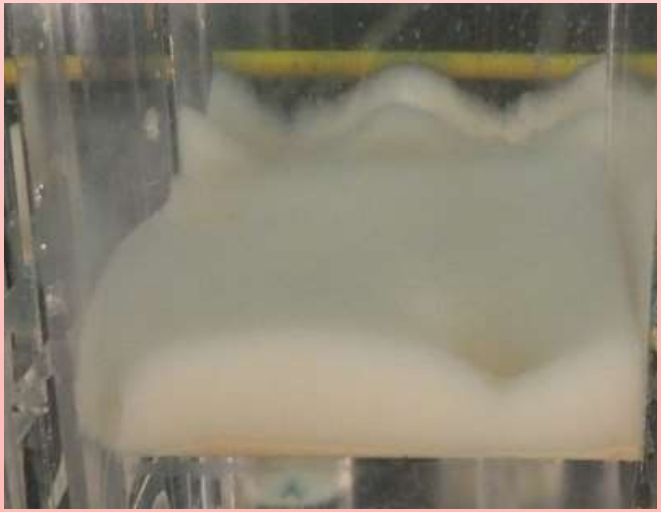
© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

デブリの種類

三菱重工

○繊維デブリ

○化学デブリ（AlOOH）



○粒子デブリ

© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

5. 冷却材供給流路に関するシナリオ検討 （1/2）

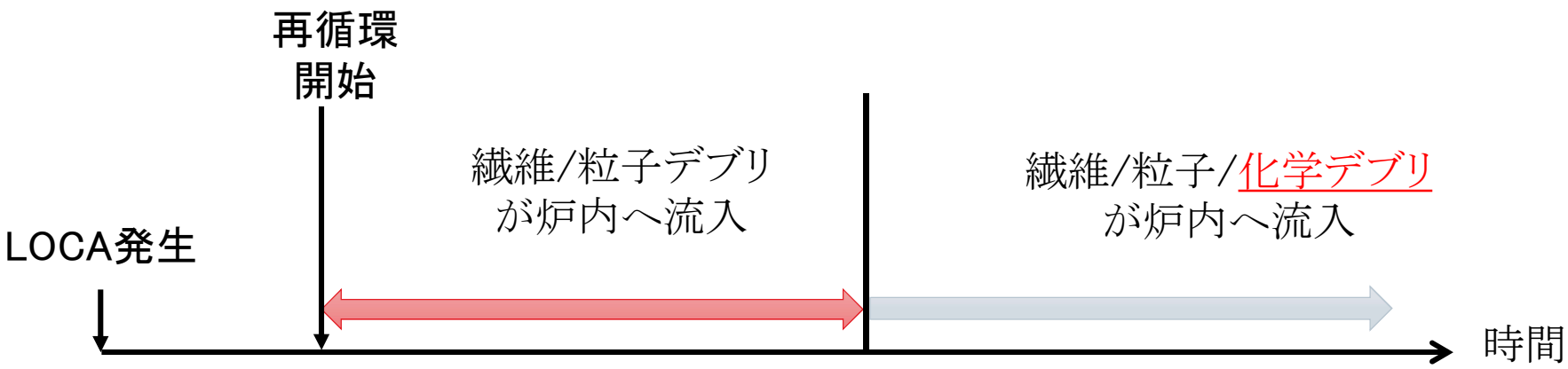
三菱重工

○デブリ条件の検討

- 化学デブリは高い粘着性を持っており、下部ノズル流路を閉塞する主要因
- 化学デブリは冷却材温度が低下した時点で析出する
- 時間でサンプスクリーン通過デブリの種類を分けることが可能

再循環開始直後：繊維デブリ、粒子デブリ

一定時間経過後：繊維デブリ、粒子デブリ、化学デブリ



© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

5. 冷却材供給流路に関するシナリオ検討 （2/2）

三菱重工

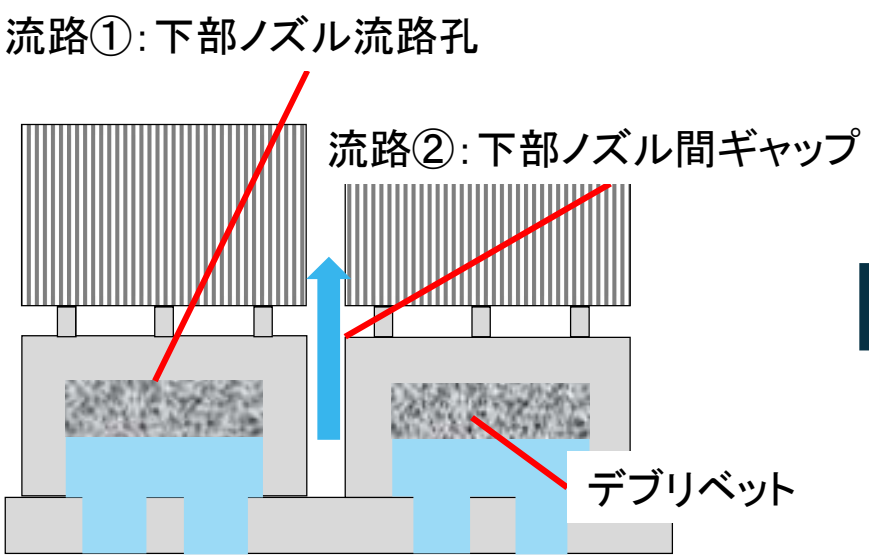
(1)再循環開始直後

- 燃料集合体下部はデブリベットで全閉塞する（流路①）
- 燃料集合体下部ノズル間ギャップから冷却材が供給される（流路②）

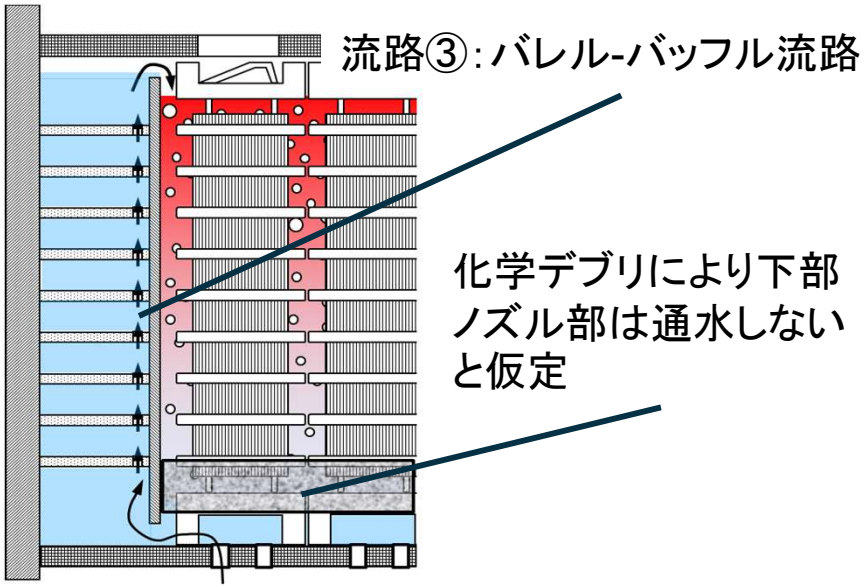
(2)一定時間経過後

- 化学デブリの析出により燃料集合体下部の流路は完全閉塞（流路①、②）
- 代替流路から冷却材が供給される（流路③）

（1）再循環開始直後



（2）一定時間経過後

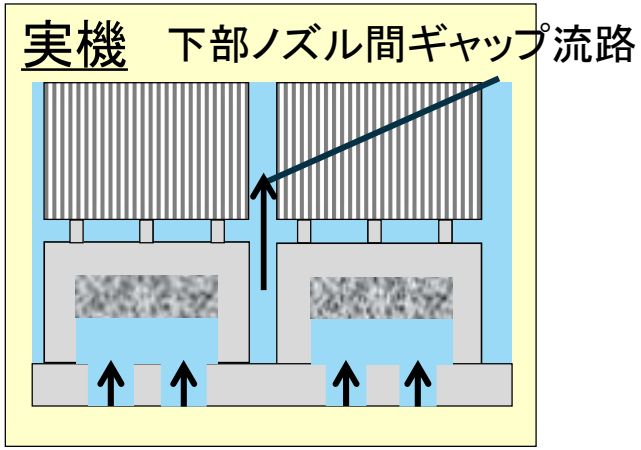


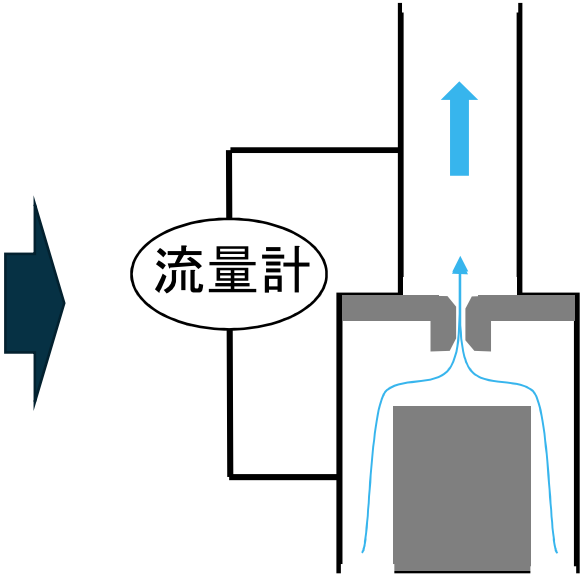
© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

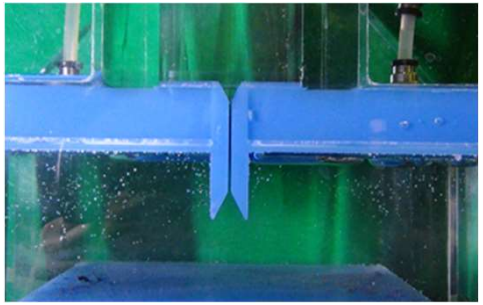
6. 下部ノズル間ギャップの通水試験（1/2）

三菱重工

（1）試験装置







供試体部

（2）試験条件

- 流量：　一定圧力（800mmH_2O）で制御
- デブリ濃度：実機デブリ濃度の約2倍

種類		濃度（kg/m^3）
繊維デブリ	ロックウール	約0.75
粒子デブリ	塗装片	約1.9
	ケイ酸カルシウム	約0.2
	潜在粒子	約0.2

© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

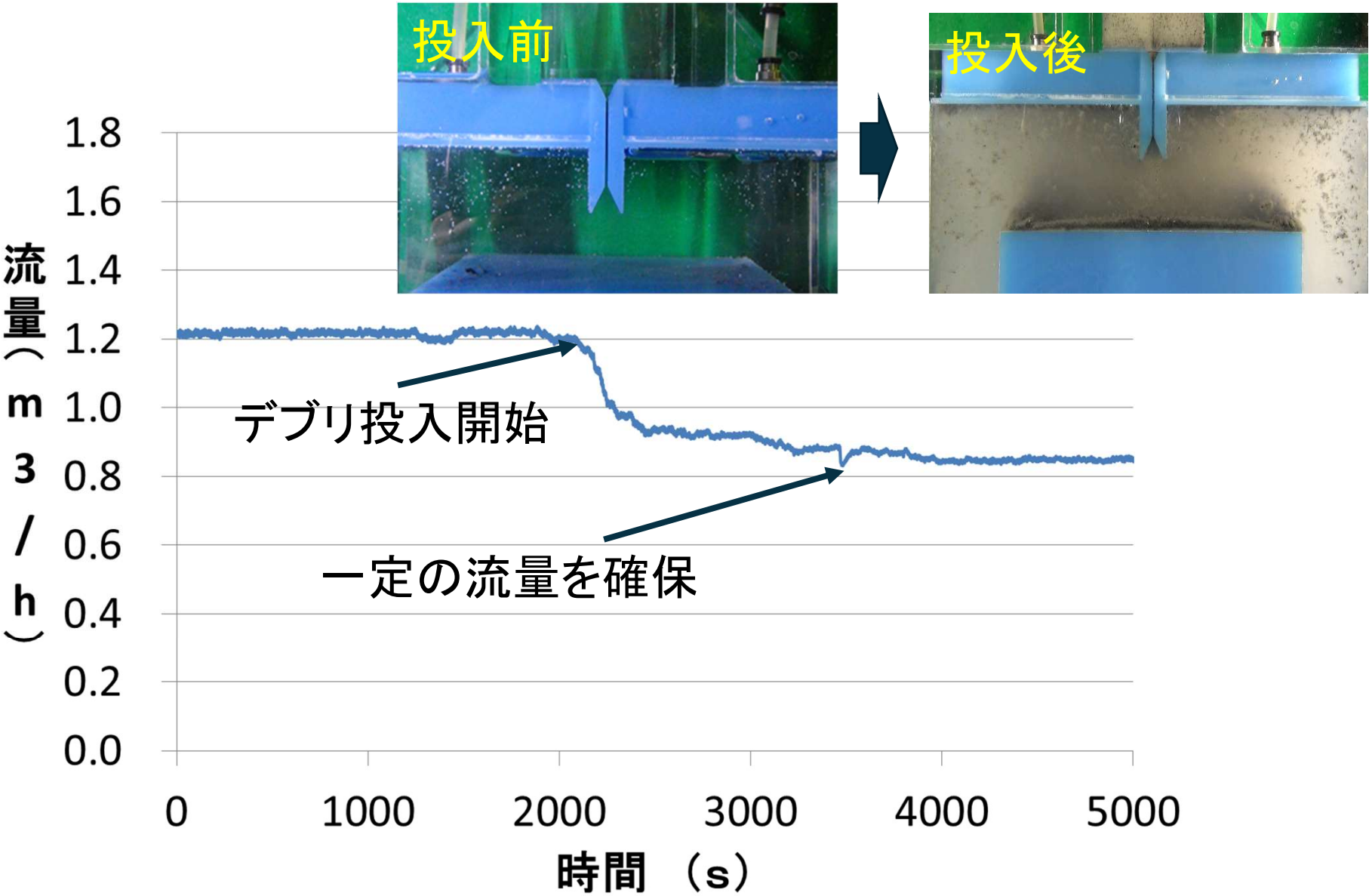
試験ループの外観写真

三菱重工

© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

6. 下部ノズル間ギャップの通水試験（2/2）

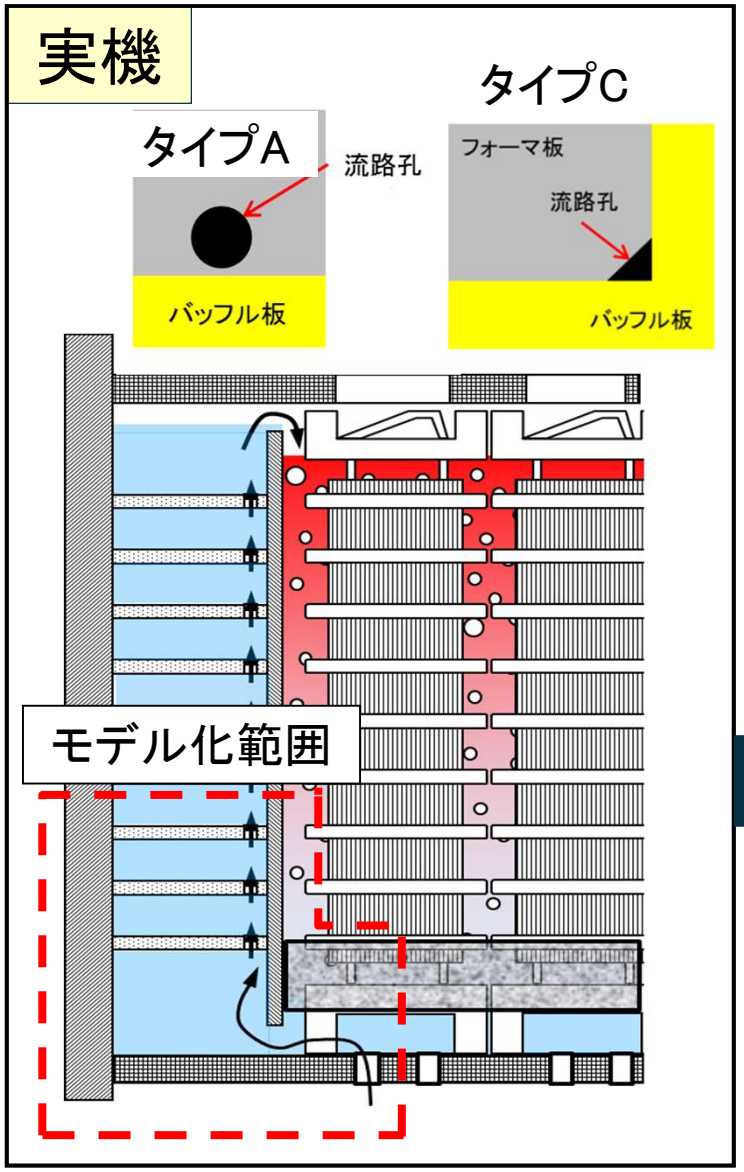
三菱重工

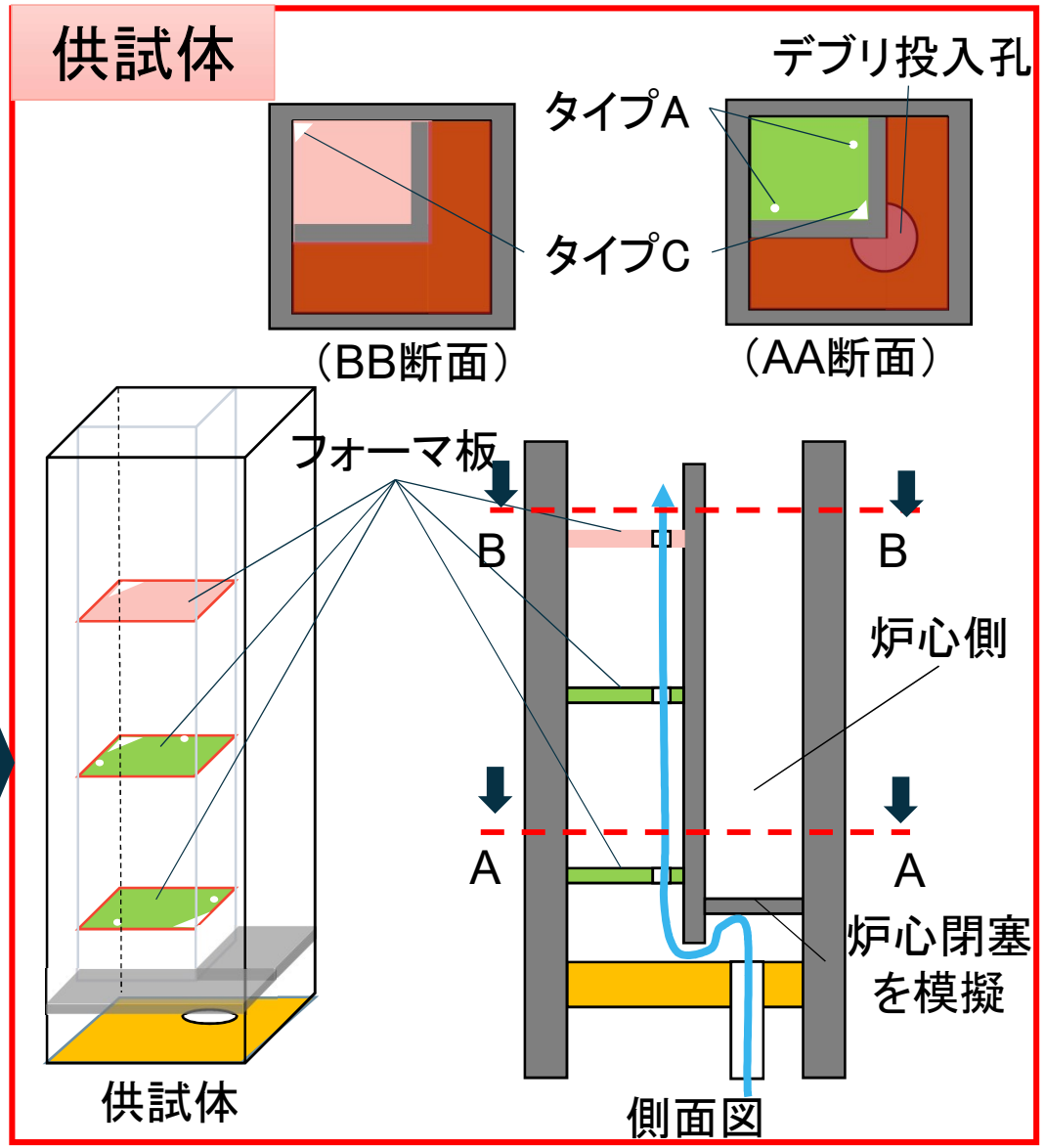


© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

7. バレル-バッフル流路の通水試験 （1/3）

三菱重工



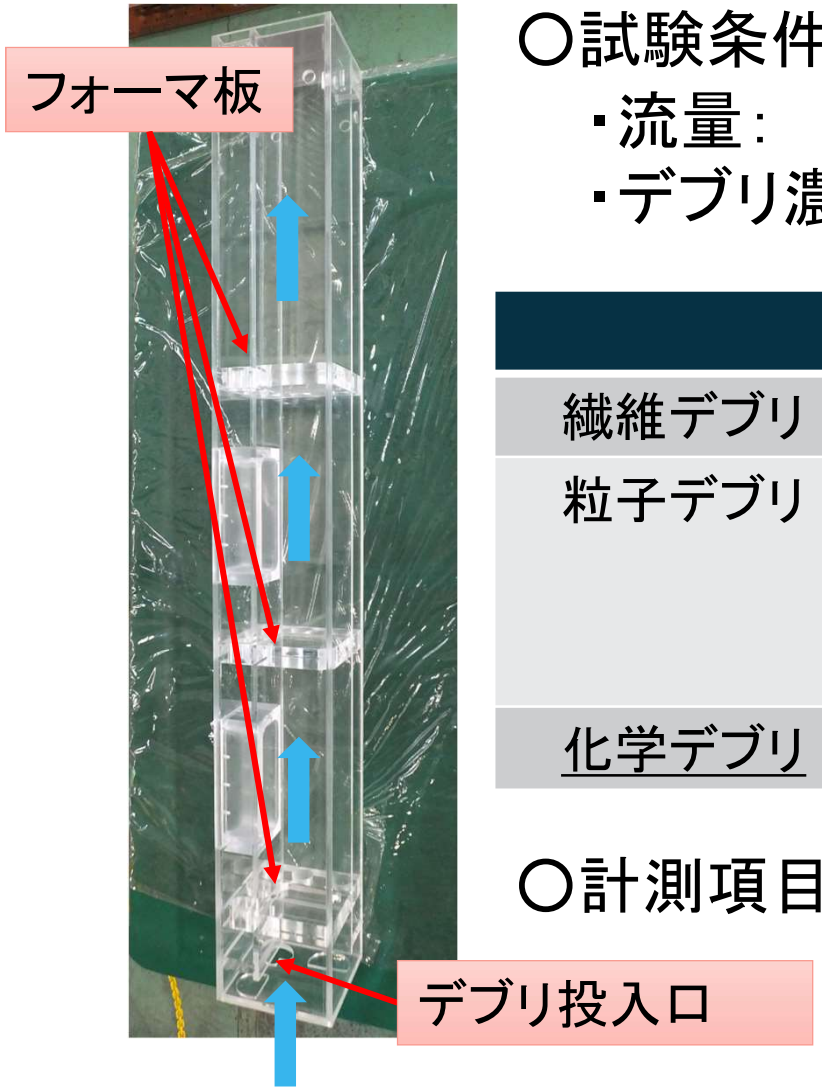


© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

7. バレル-バッフル流路の通水試験 （2/3）

三菱重工

供試体の外観（写真）



〇試験条件

・流量：　一定圧力（800㎜H_2O）で制御

・デブリ濃度：実機デブリ濃度の約2倍

種類		濃度（kg/m³）
繊維デブリ	ロックウール	約0.75
粒子デブリ	塗装片	約1.9
	ケイ酸カルシウム	約0.2
	潜在粒子	約0.2
化学デブリ	水酸化アルミニウム	約0.9

〇計測項目：流量

© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

7. バレル-バッフル流路の通水試験 （3/3）

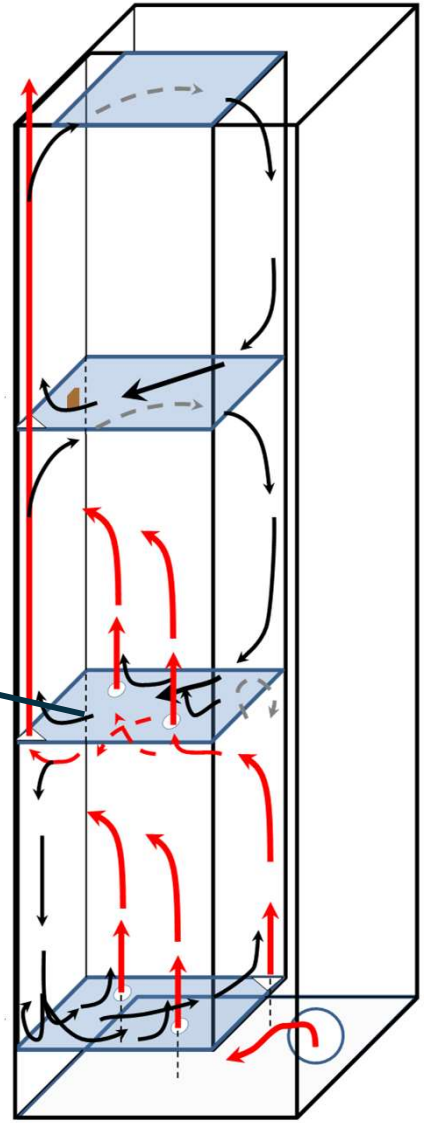
三菱重工

○試験結果

- フォーマ板にデブリが堆積するものの流路孔の閉塞は見られず一定の流量が確保された

供試体の外観写真
（試験中）

堆積デブリ
（水抜き後）



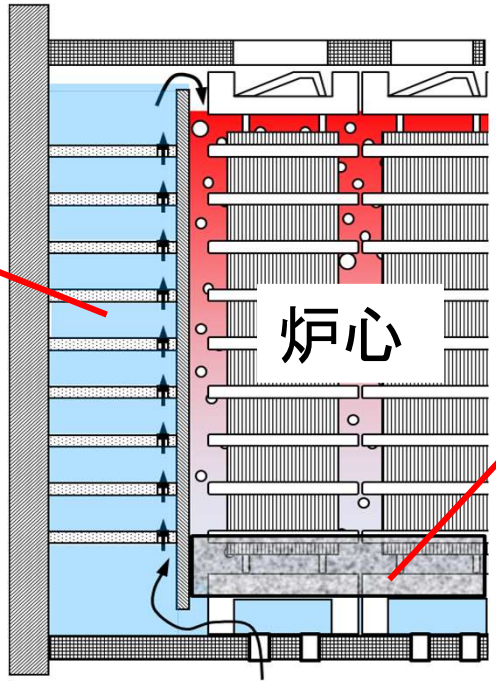
© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

8. まとめ

- 前の報告（1）における流路形成に係る前提に関し、実現象としての再現を簡素化した実験モデル体系で要素試験を実施し、現象の再現が得られた
- 今後、LOCAによる再循環時の炉心安全解析への活用をめざし、実寸の燃料集合体を用いた実験等、炉内流路形成に係る実現象を模擬する実験的、解析的知見の蓄積を継続して図っていく

バレル - バッフル流路

【仮定2】
炉心入口部が閉塞した場合、代替流路となる



【仮定1】
再循環開始直後は0.5%の流路が確保

© 2018 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

MOVE THE WORLD FORWARD

MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP