

上向きノズルにおける直接接触凝縮による 流体振動モードに関する可視化研究

飯嶋 勇樹、長坂 秀雄、高橋 秀治、木倉 宏成(東京工業大学)

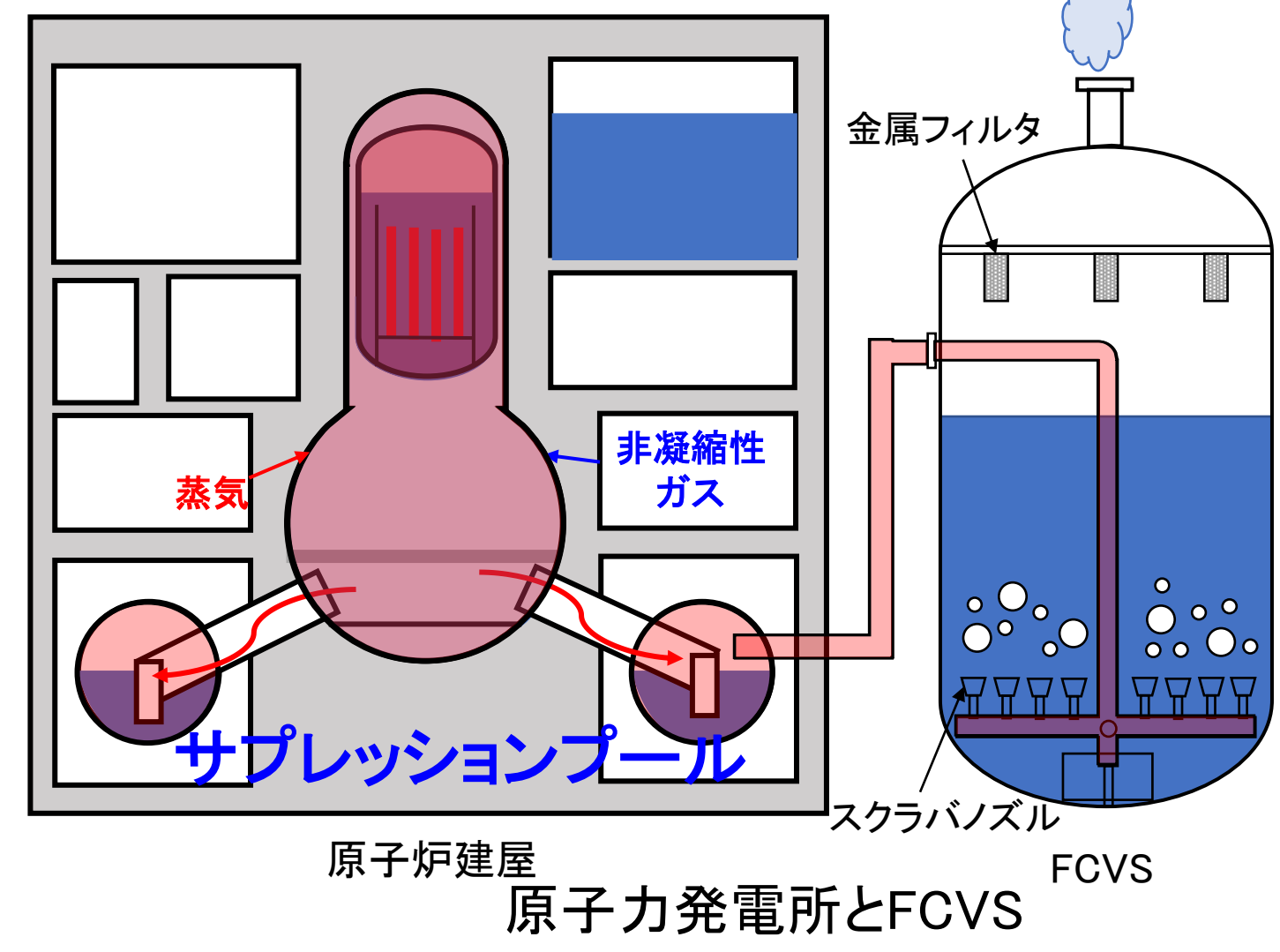
1. 研究背景

1.1 東京電力HD福島第一原子力発電所

- 東日本大震災の地震と大津波の影響により、全電源・全冷却機能を喪失する過酷事故へと至る。
- 格納容器には窒素、水素等の非凝縮性ガスと蒸気が充満し、放射性物質を取り除き放出するベント作業が行われたが、放射性物質が環境へと放出する事故へと至る。

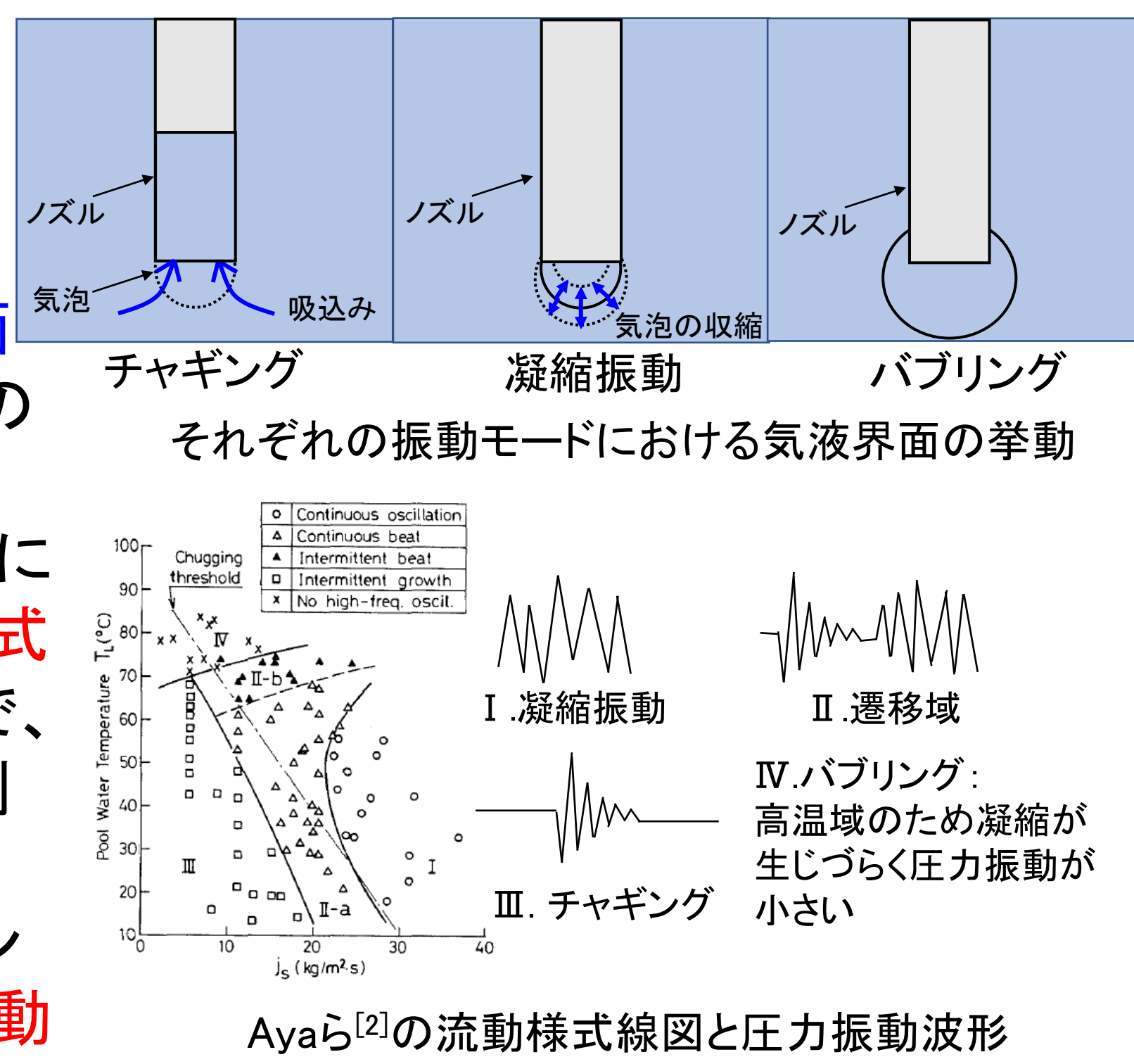
1.2 格納容器フィルタ付きベントシステム(FCVS)

- FCVSの設置が義務化^[1]。
- 上向きに水中へとガスを放出し水と金属フィルタにより放射性物質を除去。
- 蒸気と水が直接接触し凝縮が繰り返れ生じ、気液界面と圧力の振動である流体振動が生じる可能性がある。



1.3 流体振動

- 蒸気流速とプール水温条件で3つの振動モード、チャギング、凝縮振動、バブリングが存在、圧力振動波形と気液界面可視化により振動モードの判別が可能。
- 縦軸にプール水温、横軸に蒸気流速をとった流動様式線図により整理することで、安全運転に資する流動制御が可能である。
- Ayaらによるサプレッションプールを模擬した流体振動研究において、5領域による流動様式線図をまとめた。

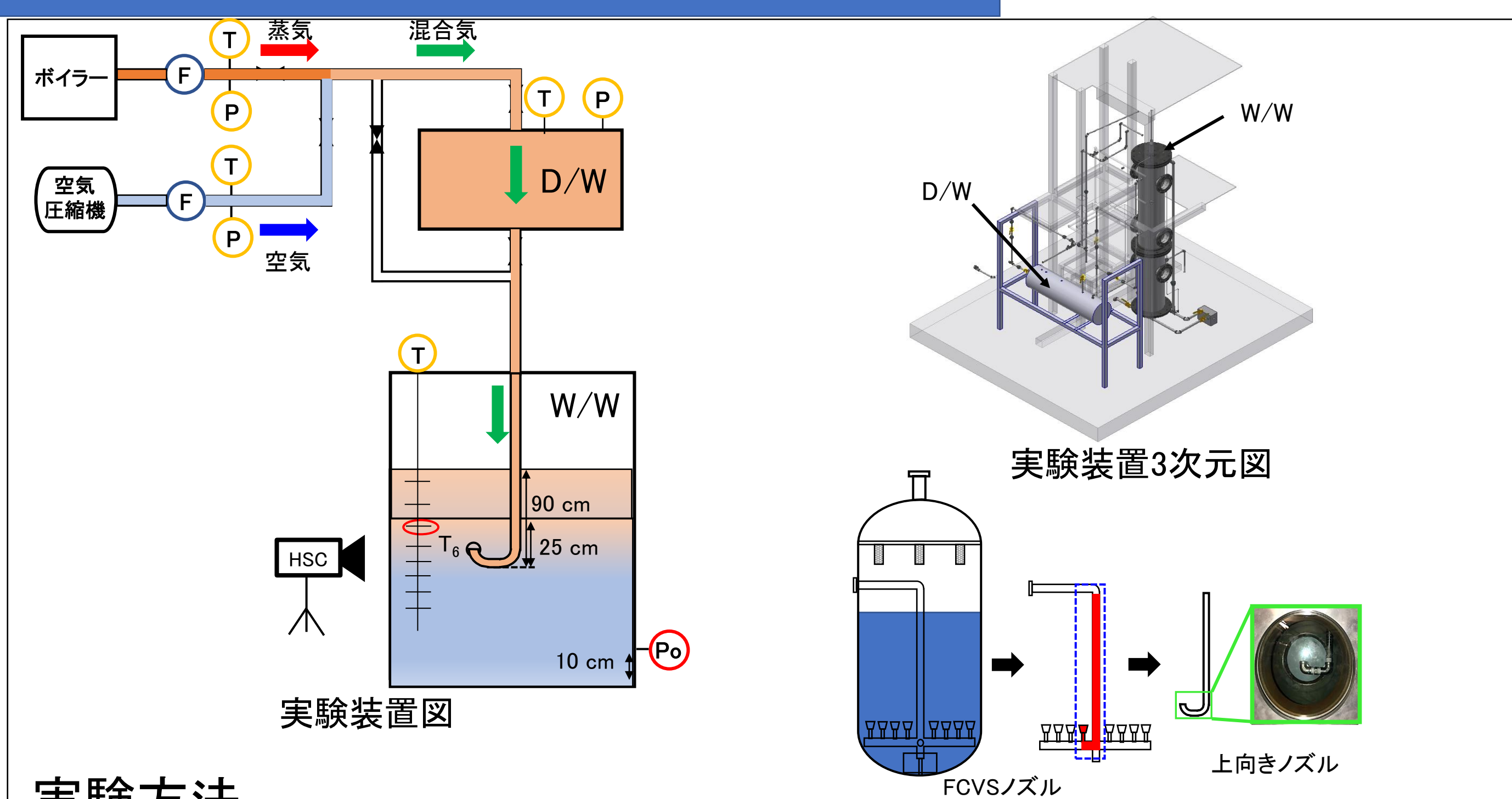


2. 研究目的

上向きのベント体系において生じる流体振動の把握によりFCVS安全運転に資するデータベースへの寄与

1. 上向きノズルにおける純粋蒸気による流体振動
2. ダウンカマー(D/C)水没量の違いによる流体振動への影響
3. 非凝縮性ガスによる流体振動への影響

3. 実験装置と方法および条件



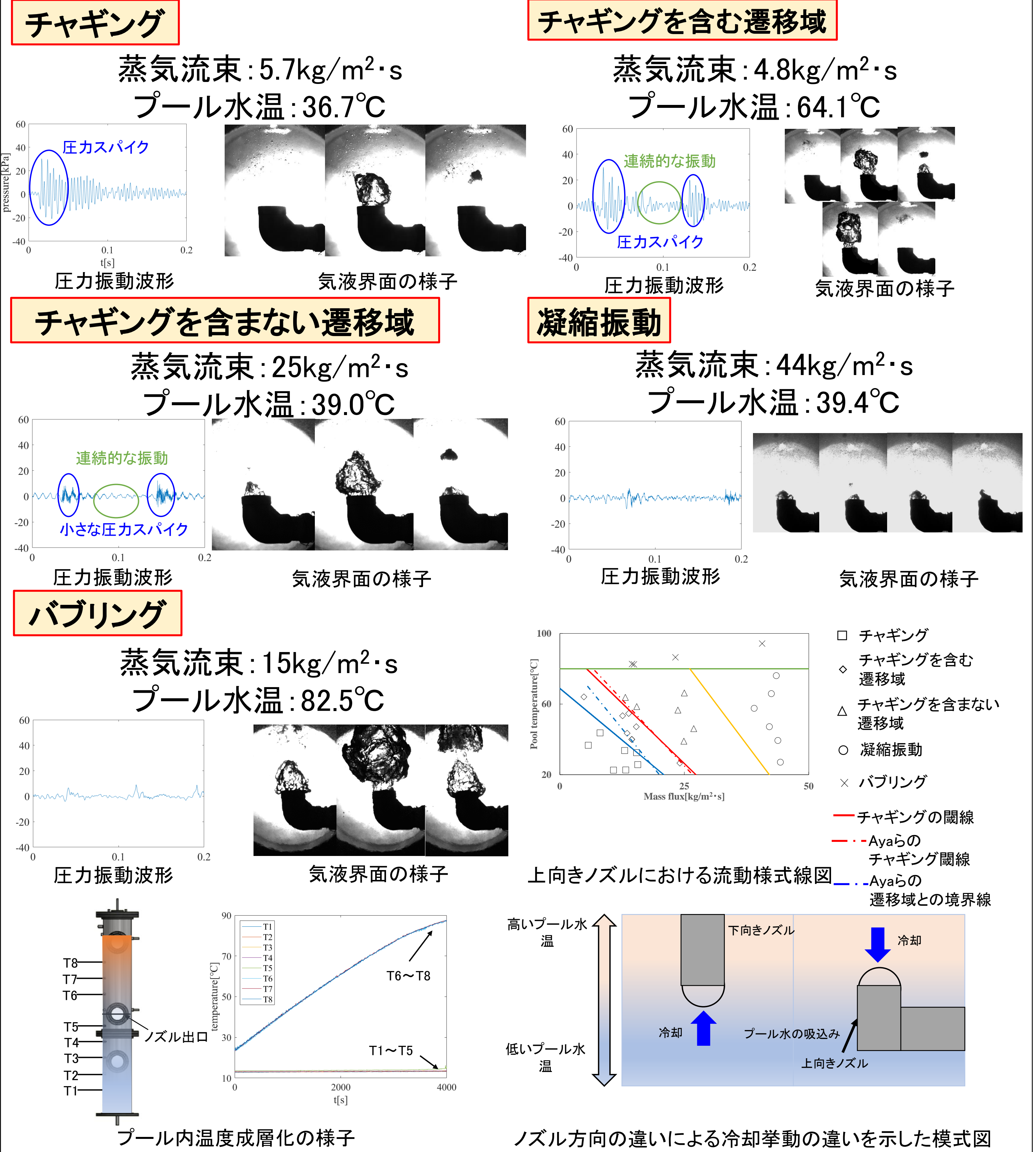
実験方法

- ① 蒸気により暖気
D/Wはヒーターも用いて暖気
- ② プール温度(T_0)が目標温度になるのを待つ
- ③ 高速度カメラにより気泡の撮影、容器底部から10 cm壁面に設置した圧力振動センサにより圧力振動を計測

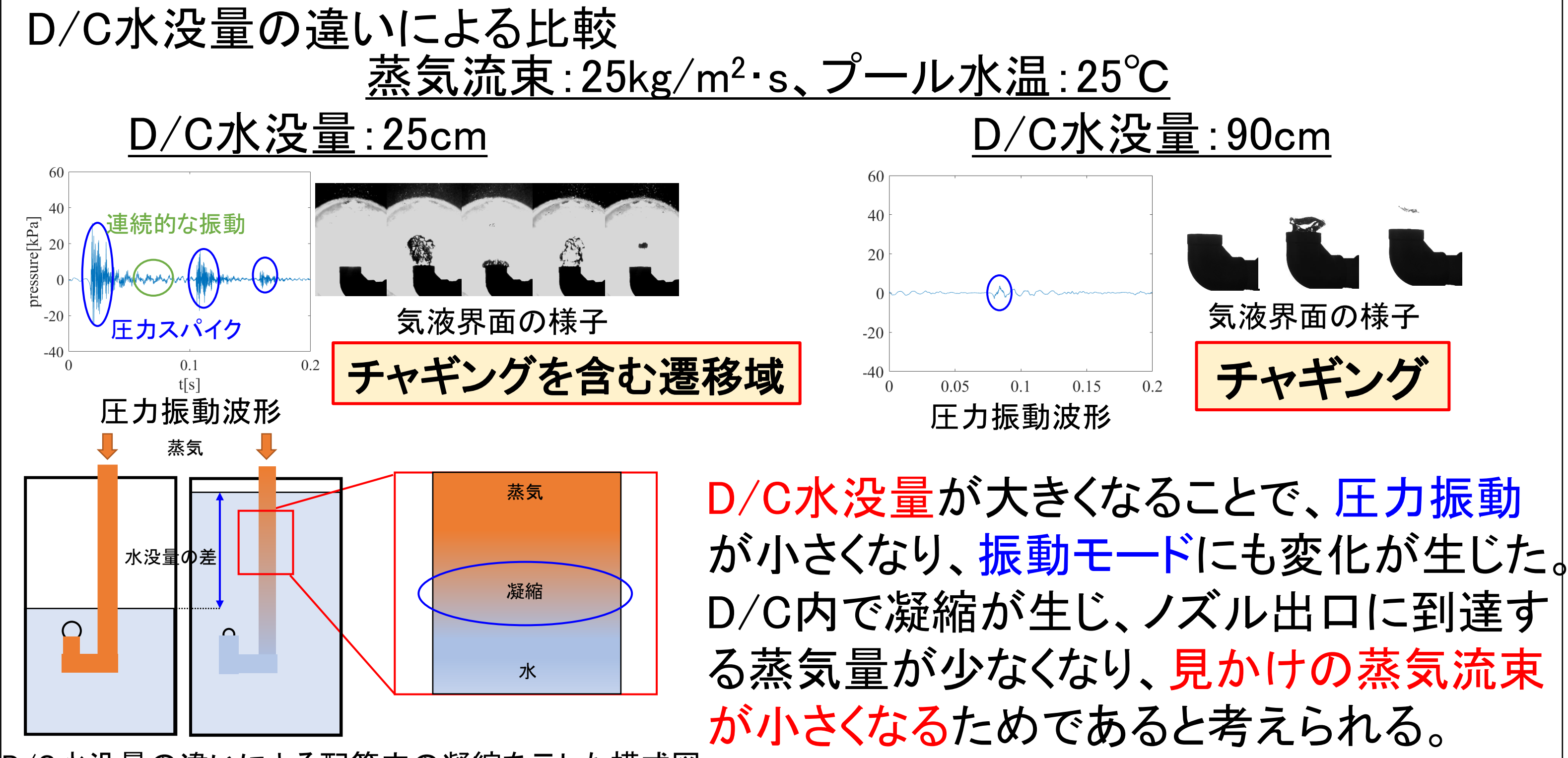
蒸気流速	4.8~44 kg/m ² ·s
プール水温	22.6~94.3°C
D/C水没量	25, 90 cm
空気含有率	15.2~19.3%
計測周波数	
高速度カメラ	5000 fps
圧力振動	10000 Hz

4. 実験結果

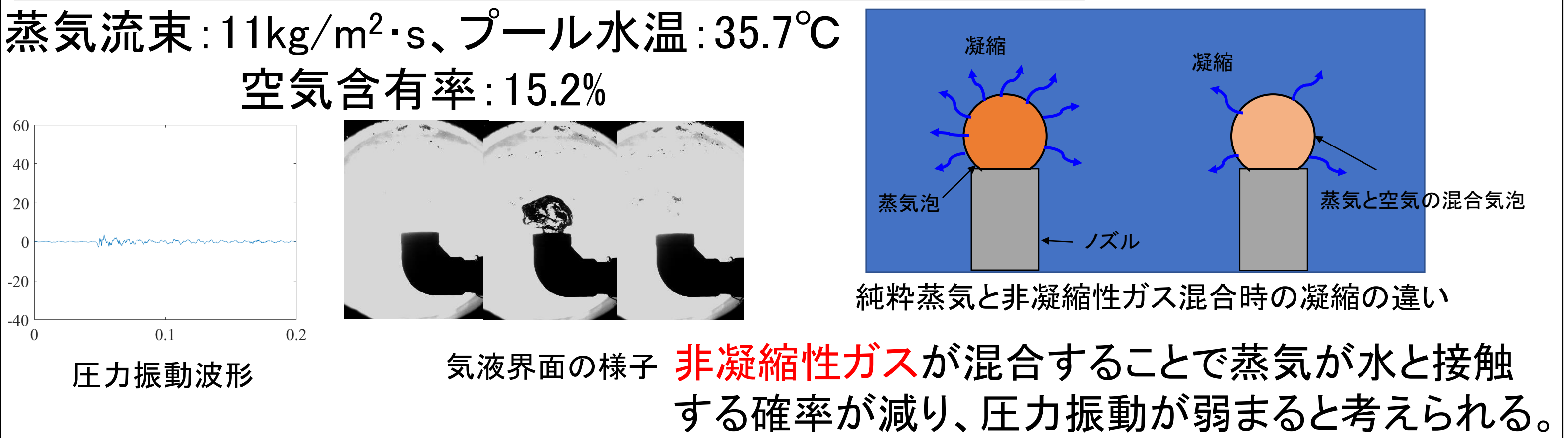
4-1 上向きノズルにおける純粋蒸気による流体振動



4-2 D/C水没量の違いによる流体振動への影響



4-3 非凝縮性ガスによる流体振動への影響



5. まとめ

- ・上向きノズルにおける流体振動での流動様式線図の改訂に成功した。
- ・D/C水没量の差による流体振動への影響を明らかにした。D/C水没量が大きくなることで、圧力振動が小さくなり、振動モードにも変化が生じることがわかった。
- ・非凝縮性ガスによる流体振動への影響を明らかにした。非凝縮性ガスが混合することで圧力振動は著しく小さくなる。

Reference

[1]原子力規制庁, "実用発電用原子炉及び核燃料施設等に係る新規規制基準について"(2013)
[2]Izuo Aya, et al., Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.20, No.3, pp.213-227, (1983).