

HFOを用いたオープンマイクロチャンネルによる流動沸騰冷却

沼田 夏実, 勝田 真太郎, 地下 大輔, 井上 順広 (東京海洋大学)

研究背景

◆ 高効率な冷却技術

- 電子機器の小型化・高性能化に伴い, **発熱密度は増大傾向**
(高性能CPUでは, 指先ほどの面積に数百Wの熱が集中)
- 過度な温度上昇 \Rightarrow 機器の性能低下や故障率の増加
(冷却しなければ数分で1000 °Cにも到達)

電子機器を適切な温度に保つための
高効率な冷却技術が必要

◆ マイクロチャンネルによる沸騰冷却

マイクロチャンネル

- 単位体積あたりの伝熱面積が大きく, 高い放熱能力

However ...

- 高発熱密度条件下では, 膨張した沸騰気泡が流路を閉塞

\Rightarrow 流動の不安定化や壁面温度の上昇

\Rightarrow 限界熱流束 (CHF) の低下

オープンマイクロチャンネル

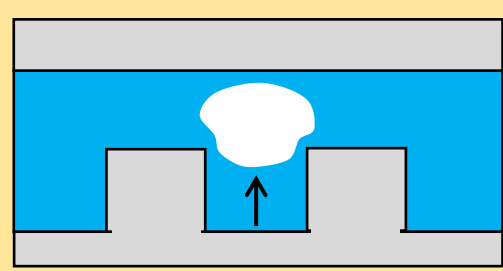
- フィンの上部に開放区間を設けることで,
伝熱面からの沸騰気泡の離脱を促進

マイクロチャンネル

沸騰気泡
乾き部による
温度上昇

オープンマイクロチャンネル

- 流路上部に開放区間
- 気泡による
流路の閉塞を抑制



◆ 低沸点流体の利用

- 水: 蒸発潜熱が大きく, 高い冷却能力を有する

However ...

- 沸点が100 °Cと高く, 電子機器で要求される70-80 °C
以下の要求温度域では, **減圧条件での運転が必要**

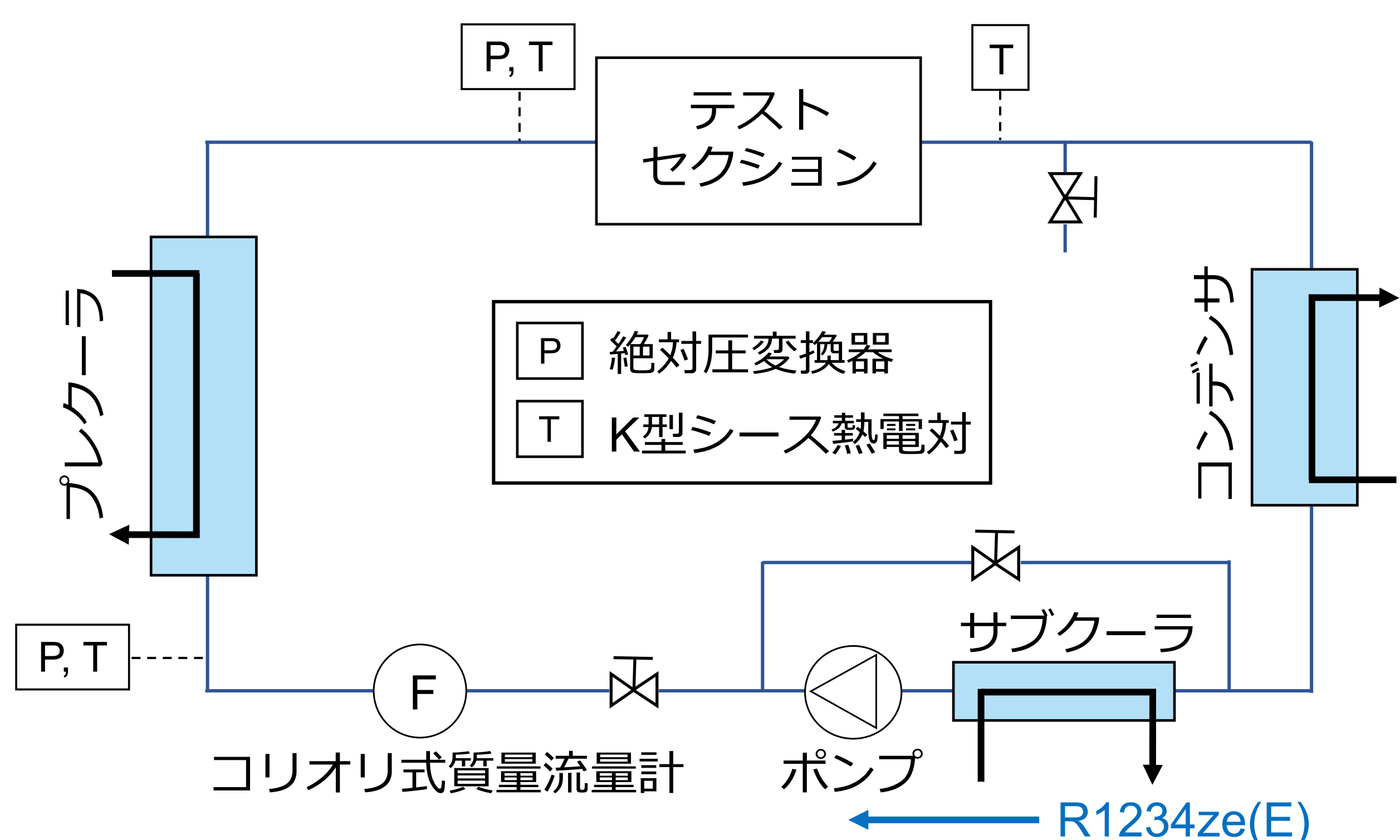
\Rightarrow 減圧条件下では蒸気密度が小さく, 気泡径が増加

- 冷凍空調分野で用いられる低沸点媒体
ハイドロフルオロオレフィン(HFO) のR1234ze(E)に着目

研究目的

オープンマイクロチャンネルにおける
HFO系冷媒R1234ze(E)の流動沸騰熱伝達特性を
実験的に明らかにする

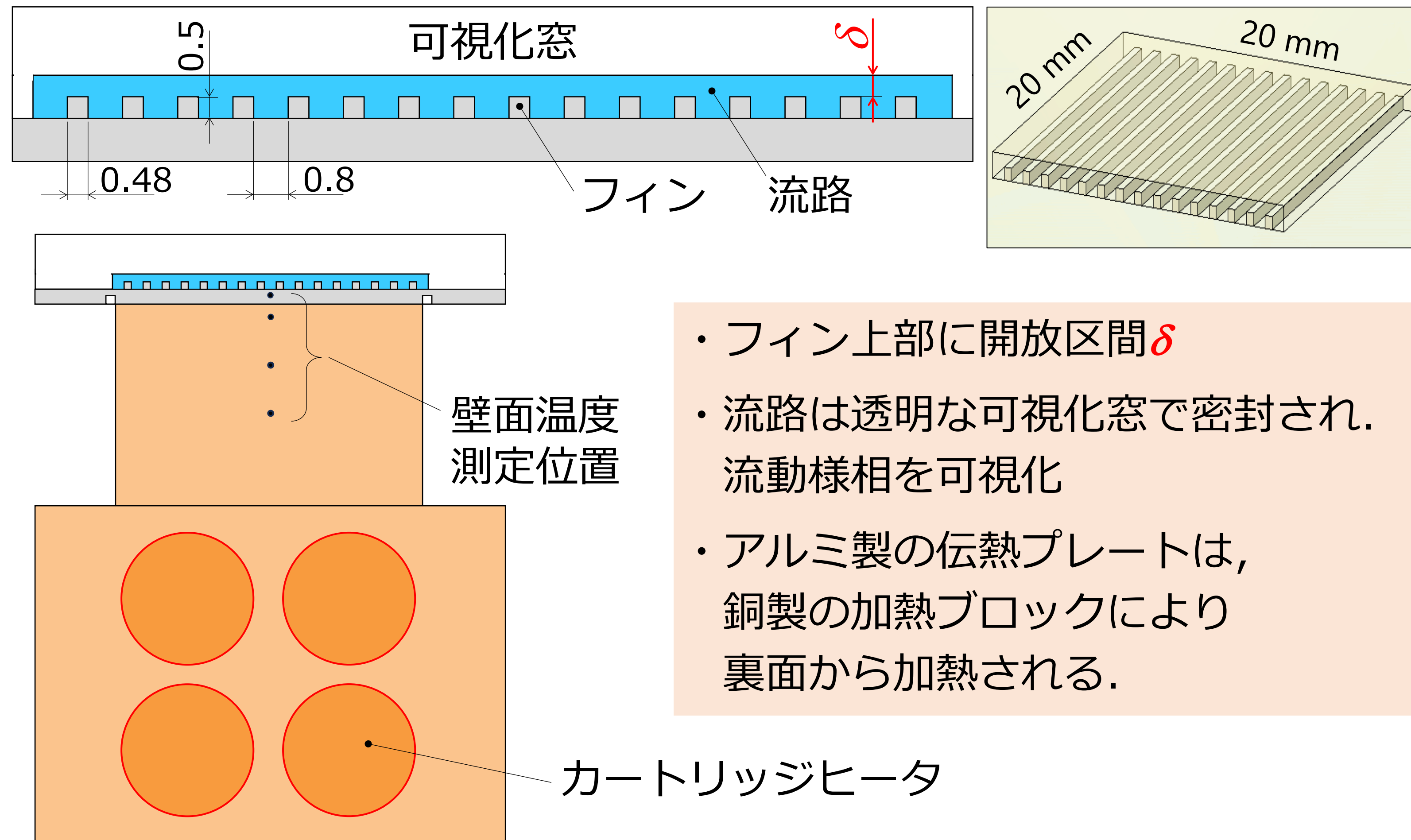
実験装置



結論

- HFO系冷媒R1234ze(E)を用い, オープンマイクロチャンネルにおける沸騰熱伝達および流動特性の実験的把握を行った。
- 開放区間高さ $\delta = 2 \text{ mm}$ と比較して, 0.5 mmの流路において熱伝達率の増加およびCHFの向上が確認された。

テストセクションとデータ整理方法



- フィン上部に開放区間 δ
- 流路は透明な可視化窓で密封され, 流動様相を可視化
- アルミ製の伝熱プレートは, 銅製の加熱ブロックにより裏面から加熱される。

- 熱伝達率 α [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

$$\alpha = \frac{q}{T_w - T_{\text{sat}}} \begin{cases} q & : \text{熱流束} [\text{Wm}^{-2}] \\ T_w & : \text{伝熱面温度} [^\circ\text{C}] \\ T_{\text{sat}} & : \text{冷媒飽和温度} [^\circ\text{C}] \end{cases}$$

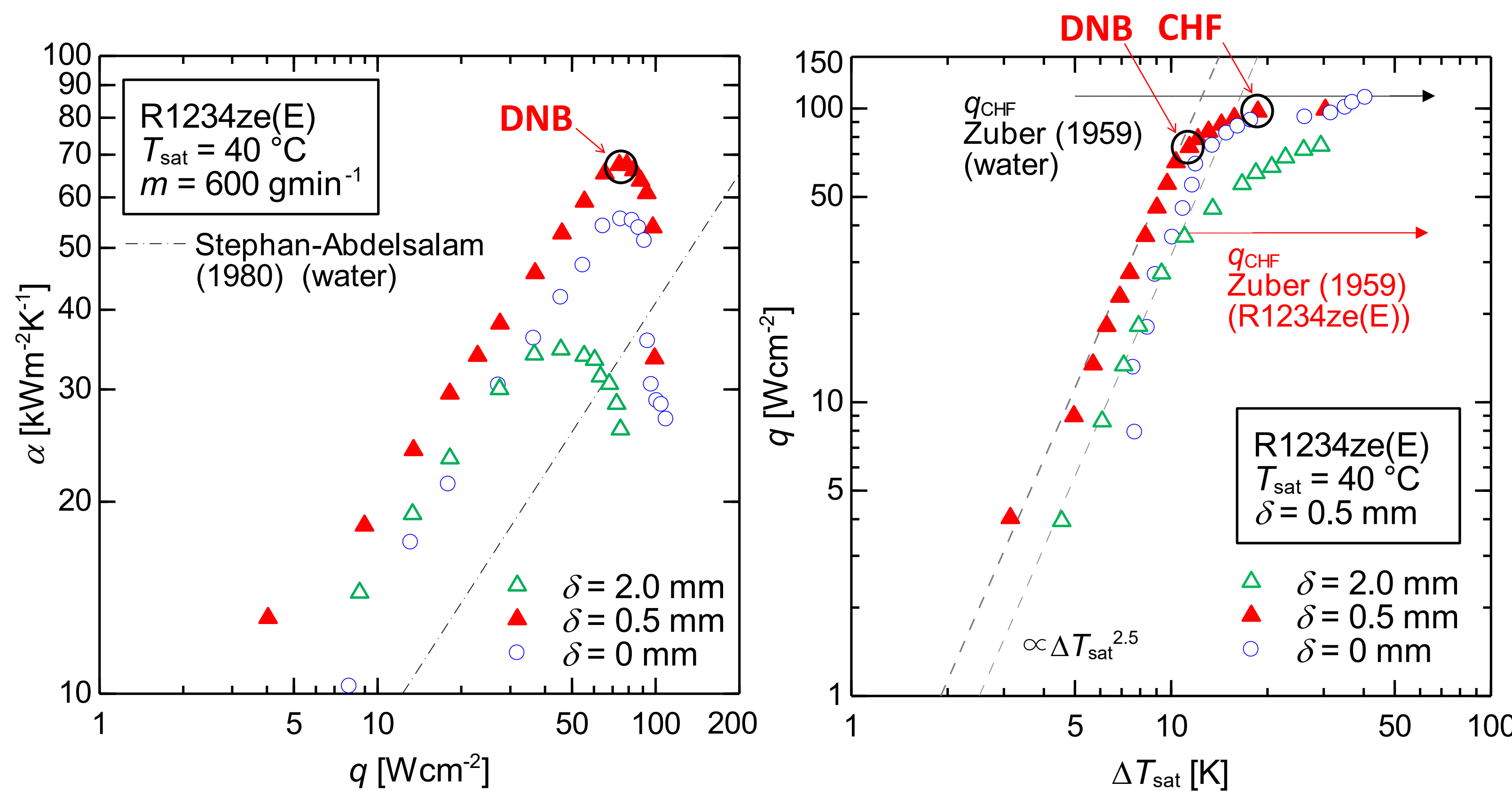
- 壁面過熱度 ΔT_{sat} [K]

$$\Delta T_{\text{sat}} = T_w - T_{\text{sat}}$$

実験結果

◆ 熱伝達特性に及ぼす開放区間高さの影響

- 熱流束の増加にともない熱伝達率は指数関数的に増大し, DNB以降では熱伝達率は急激に低下
- 開放区間高さ0.5 mmにおいて熱伝達率およびCHF共に高い値



◆ 流動様相に及ぼす開放区間高さの影響

- 開放区間 $\delta = 2 \text{ mm}$ の流路では, フィンと比較して径の大きな沸騰気泡が開放区間を流動
- 開放区間の減少に伴い沸騰気泡径は減少

