

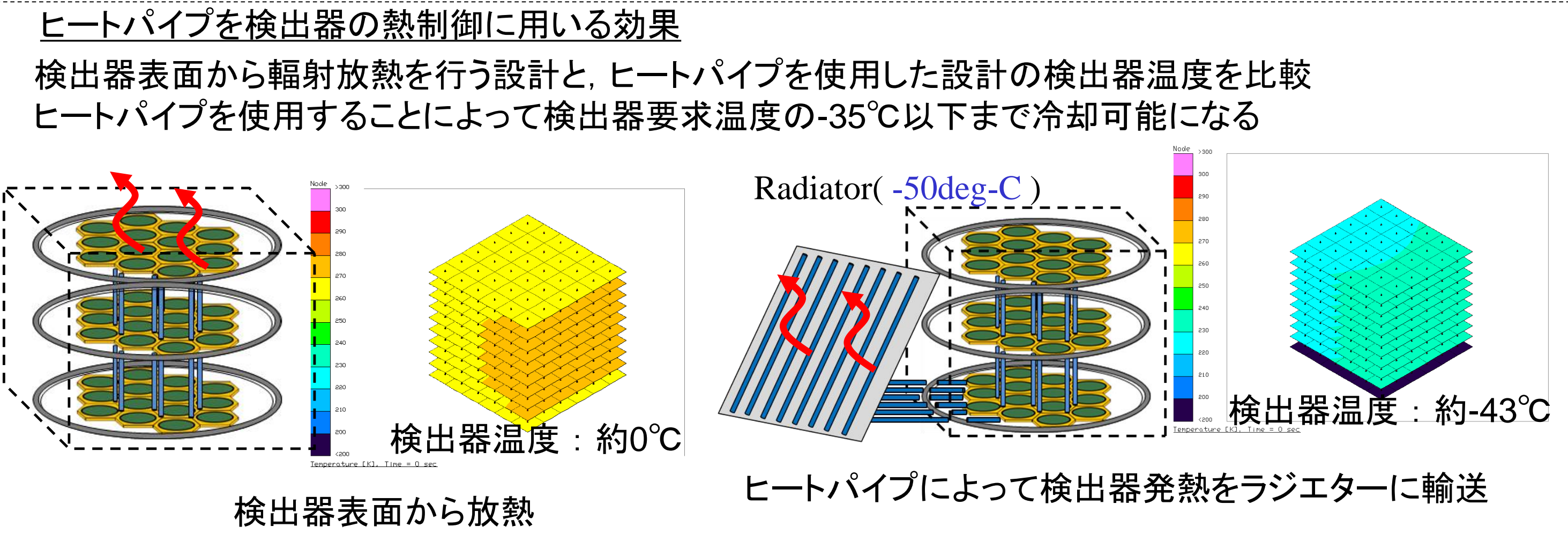
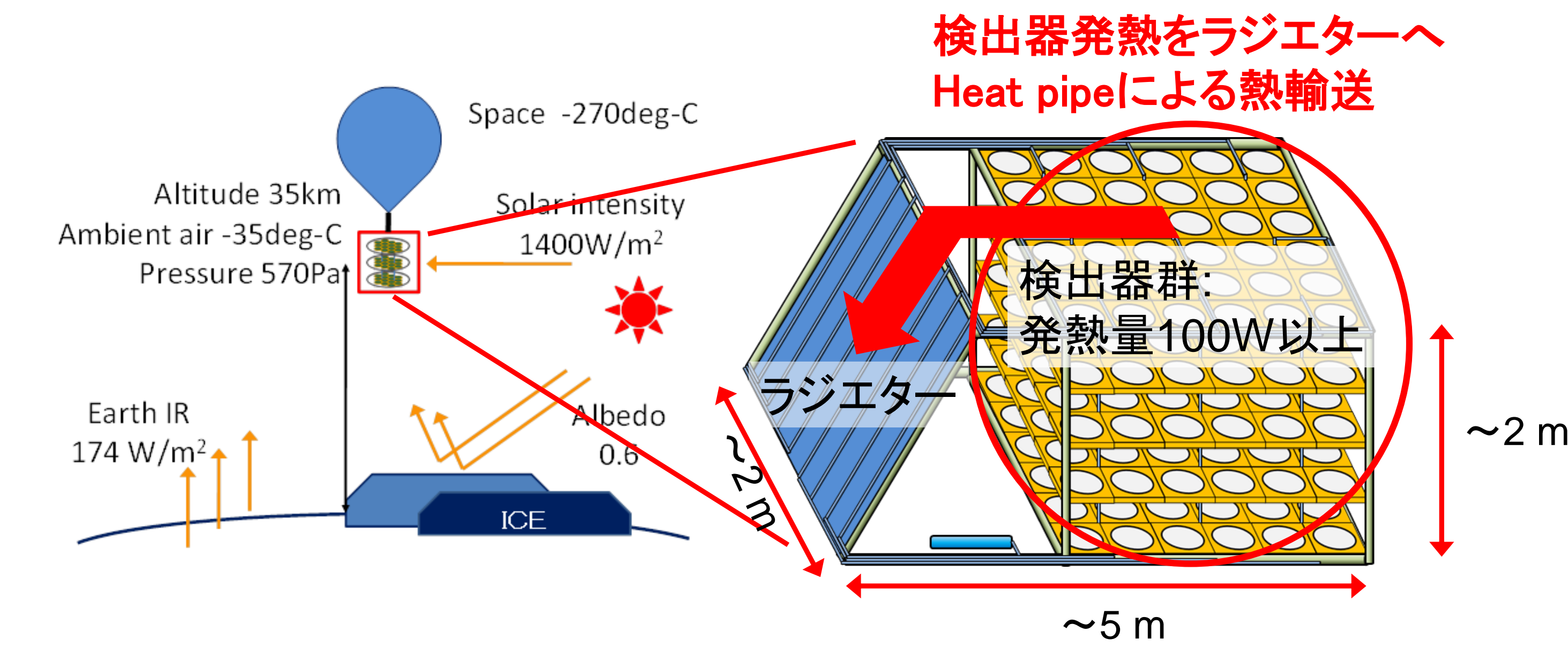
## 概要

GAPSは南極における気球フライトを利用し、宇宙線中の反粒子の高感度探索を通じて未知の宇宙物理過程を探る事を主目的とした計画である。検出器が所期の性能を満たすには、検出器温度を $-35^{\circ}\text{C}$ 以下まで冷却する必要がある。そこで、検出器冷却のために検出器発熱をラジエーターパネルまで輸送し宇宙空間へ輻射放熱する熱設計を検討している。熱輸送デバイスとしては、気球特有の環境に適した軽量かつ低消費電力のヒートパイプを開発し研究を行っている。本発表では以下について報告する。

- ①低温域の動作に特化した**作動流体の選定**、沸騰開始過熱を考慮した**気液二相流のシミュレーションモデルの構築と妥当性の検証**
- ②ポンプシステムの併用による**熱輸送能力のロバスト性向上とハイブリッドな熱制御システムの構築**
- ③南極フライトに向けたペイロード全体の**簡易システム数学モデルを構築し**、フライト実験中に**検出器温度を $-35^{\circ}\text{C}$ 以下に保つことを目標としたシステム設計の実施**

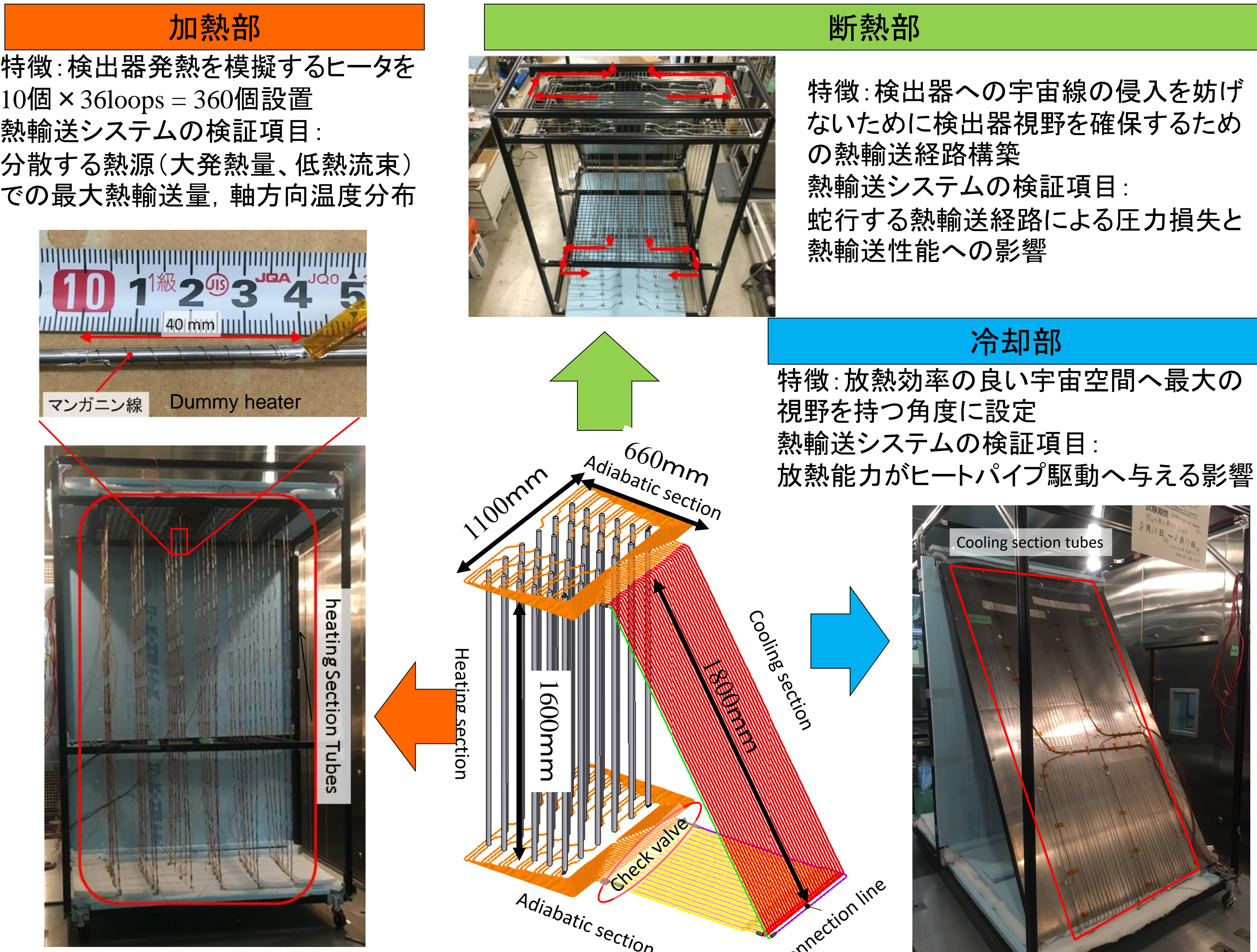
## Thermal design for GAPS

### Thermal Design Concept



## Heat Pipe Engineering Model (EM)

スケール: **メートルスケール**の大型ヒートパイプ  
熱輸送能力: 設計によって **数百ワットの熱輸送**が可能  
機能: 熱環境の変化に柔軟に対応可能な受動的な加熱部の **温度制御機能**



## ①低温駆動に最適な作動流体の選定 シミュレーションモデルの妥当性の検証

【EM研究の課題と解決】

課題① **沸騰開始過熱度に着目した作動流体の選定**

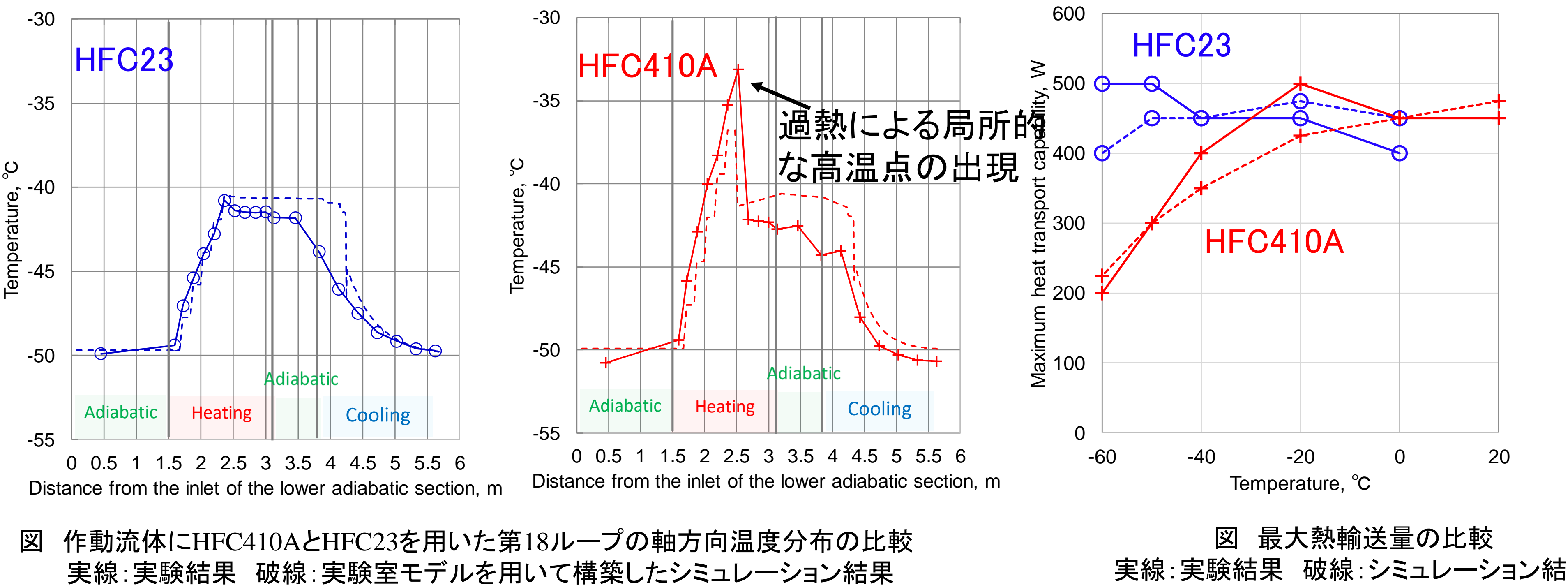
課題② **気液二相流を含むシミュレーションモデルの検証**  
→南極上空の熱環境におけるヒートパイプ性能の予測

【実施項目】

- ・GAPSに適した作動流体として以下の指標から選定
- 常温から低温域の動作、高メリット数: **HFC410A**
- 低温域の動作、高メリット数、低過熱度: **HFC23**
- ・広い温度範囲( $-60^{\circ}\text{C}$ から $20^{\circ}\text{C}$ )での実験実施(右図)
- ・実験結果とシミュレーション結果の最大熱輸送量と軸方向の温度分布を比較(右図)

【課題の解決と成果】

- ・**HFC23が低温域の作動流体として適している**
- ・**沸騰開始を考慮した気液二相流のシミュレーションモデルの妥当性が検証された**



・R23の方が沸騰開始過熱度が小さいため、加熱部で局所的な高温部は観測されない

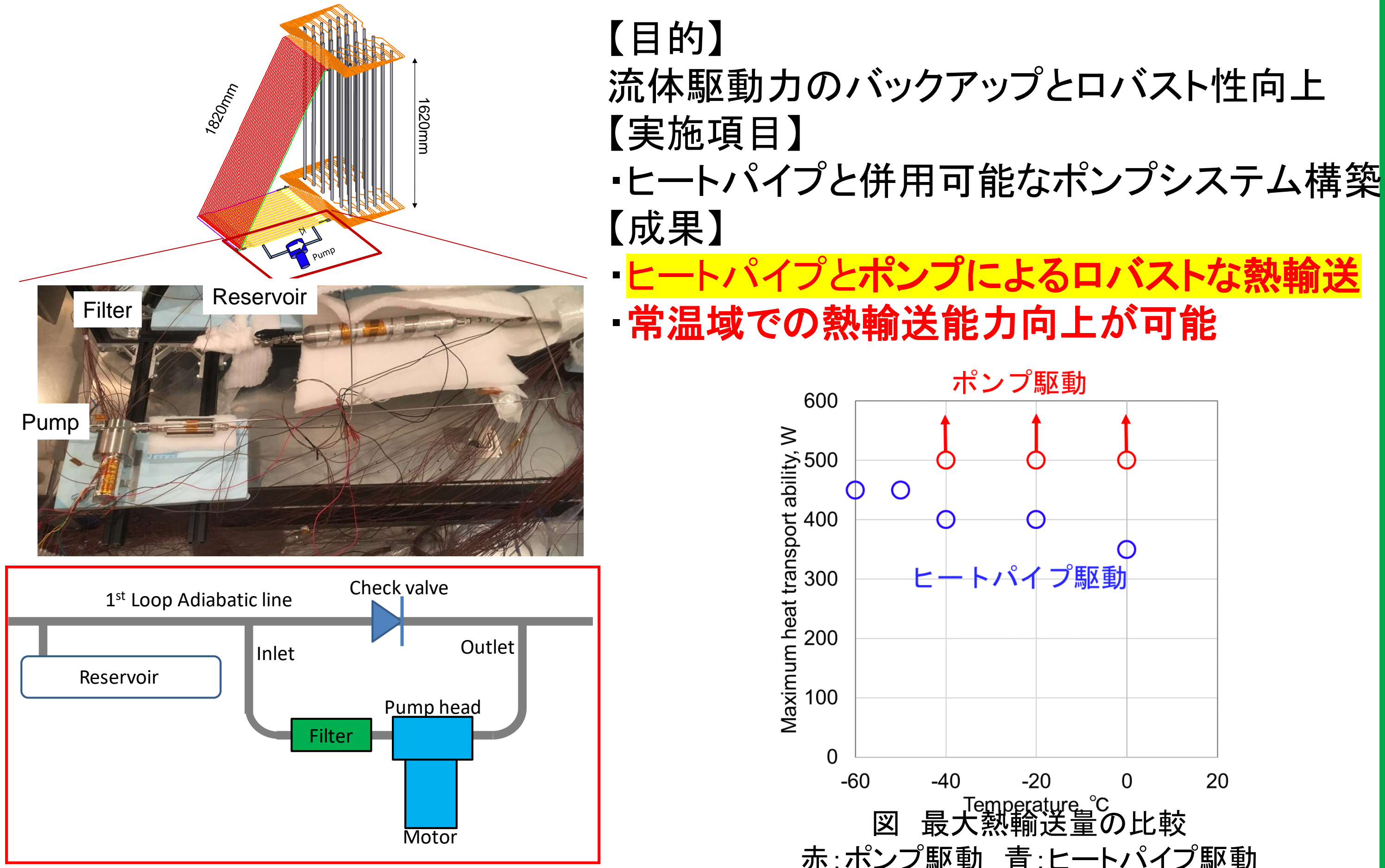
・R23では低温域においても最大熱輸送量が高い

・シミュレーション結果は実験結果を良く再現している。  
沸騰開始過熱を考慮することで局所的な高温もシミュレーションで再現している。  
最大熱輸送量はボイド率0.97を閾値とすることで実験値を再現している。

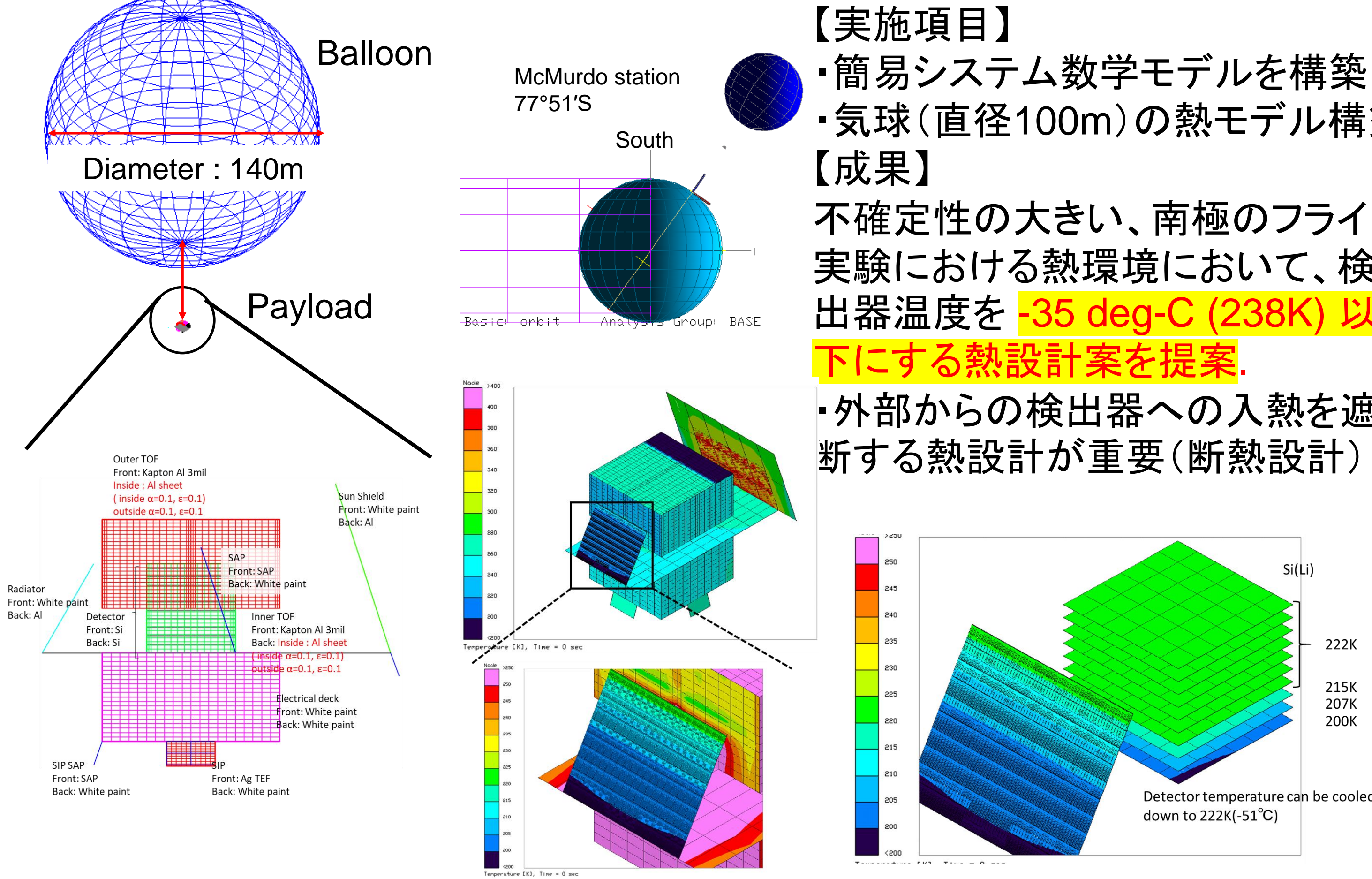
低温域に適した作動流体

**HFC23**

## ②二相流体熱輸送が可能なポンプシステムの適用



## ③GAPS南極フライトを想定したシステム熱数学モデル



今後の計画:  
ヒートパイプを用いた熱制御システムをGAPSシステムに適用する観点で成熟させ、FM設計を実施していく