

ミストを用いた高効率冷却 ～濡らさず蒸発潜熱を利用～

琉球大学 工学部 工学科 エネルギー環境工学コース
教授 瀬名波 出

2024年12月3日



従来技術とその問題点

- 物体の冷却技術では空気を用いた空冷と水を用いた水冷がしばしば使用される
- 空冷は機構が簡便であるが冷却効率が悪い
- 水冷は冷却効率がよいが機構が複雑である

従来技術とその問題点

- 相互の課題を解決する方法として空気に水をミストとして供給するミスト冷却がある
- ミストが蒸発すると蒸発潜熱を奪う
- 冷却対象物表面で蒸発すると高効率の冷却

しかしながら、

- 冷却対象物の濡れは腐食や短絡の原因

従来技術とその問題点

- ミストが完全に蒸発した状態で冷却対象物にあてることで濡れを回避できる

しかしながら、

- ミストが完全に蒸発しているかどうか判断することは難しい
- 目視で確認できない大きさでも冷却対象物にぶつかる可能性を否定できない

新技術の特徴・従来技術との比較

- ミストが完全蒸発する要件を算出するプログラムを提供
- 環境温度・湿度から最適なミスト供給量を算出
- ミストによる冷却効果を算出
- 従来技術ではミストが冷却対象物にあたっているかが判定できない

新技術の特徴・従来技術との比較

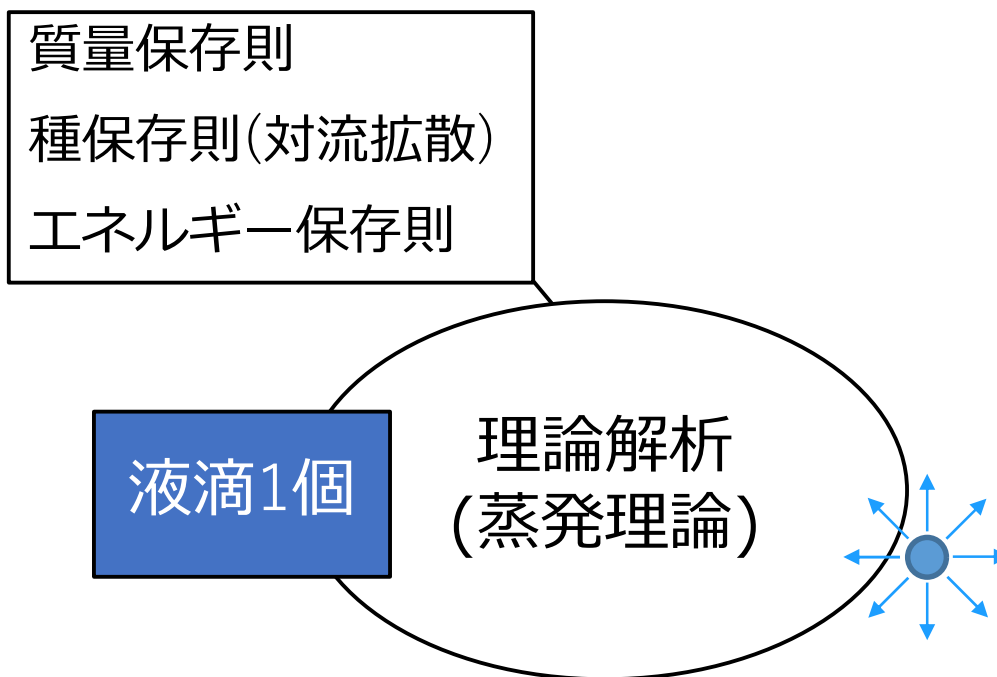
- ミストが完全に蒸発する条件を明らかにできる
- 温度・湿度に依存してどの程度の冷却が可能か明らかにできる
- 衝突噴流を用いることで冷却効率を高くできる

- 従来技術ではミストが蒸発する条件はわからない
- 温度・湿度の環境条件の変化への対応ができない

新技術の特徴・従来技術との比較

- プログラムでは以下の2つの計算を行う

(1) 理論解析（蒸発理論）

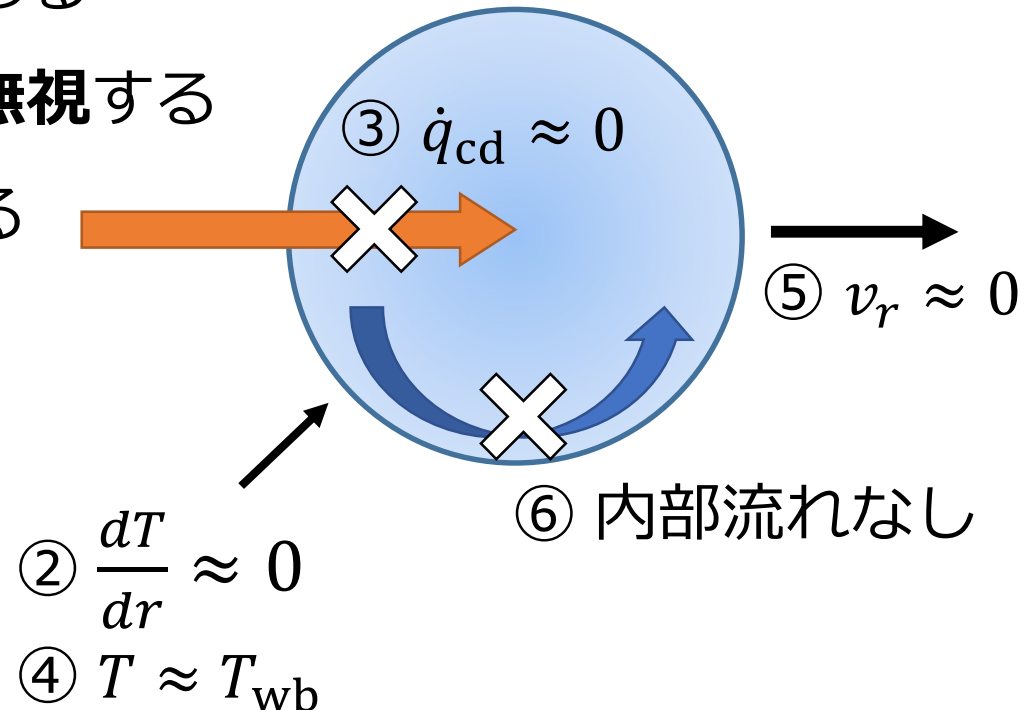


新技術の特徴・従来技術との比較

● 理論解析（蒸発理論）

- ① 物質・熱輸送は**準定常状態**である
- ② 液相内部は純物質で**温度は一様**である
- ③ 液相内部の熱伝導による**熱流束は無視**する
- ④ 液滴は**完全球体**で、**湿球温度**である
- ⑤ 液滴と主流の**相対速度は無視**する
- ⑥ 液滴内部の**流れは無いものとする**

$$\textcircled{1} \rho u r^2 = \text{一定} = \frac{\dot{m}}{4\pi}$$

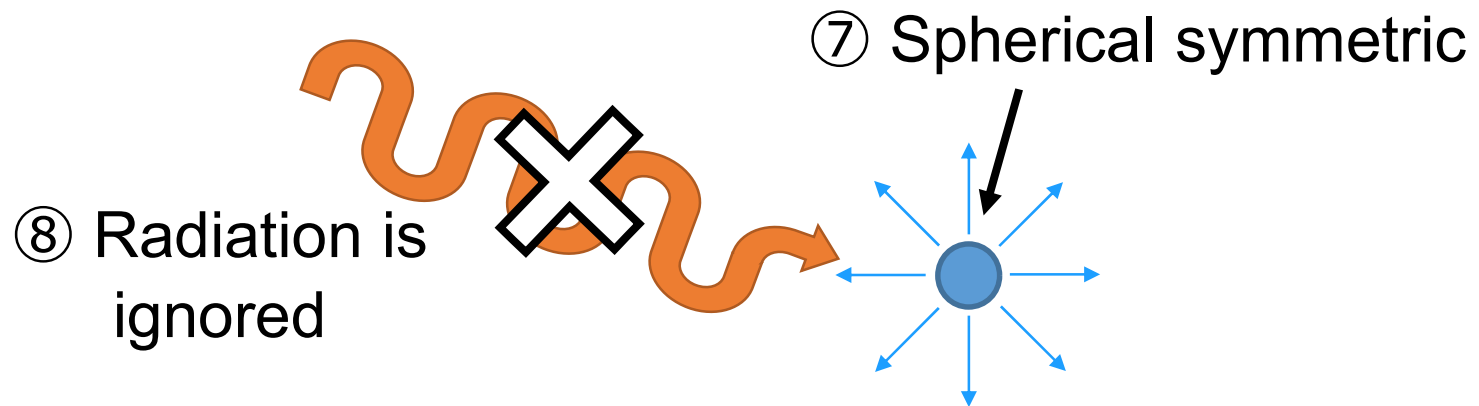


新技術の特徴・従来技術との比較

- 理論解析（蒸発理論）

⑦ 物質・熱輸送は球対称である

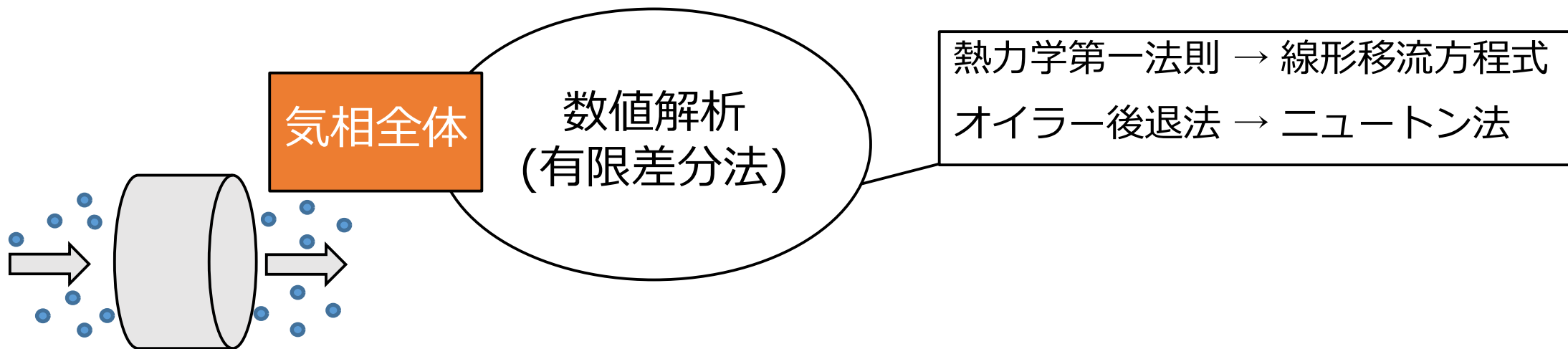
⑧ ふく射は無視する



新技術の特徴・従来技術との比較

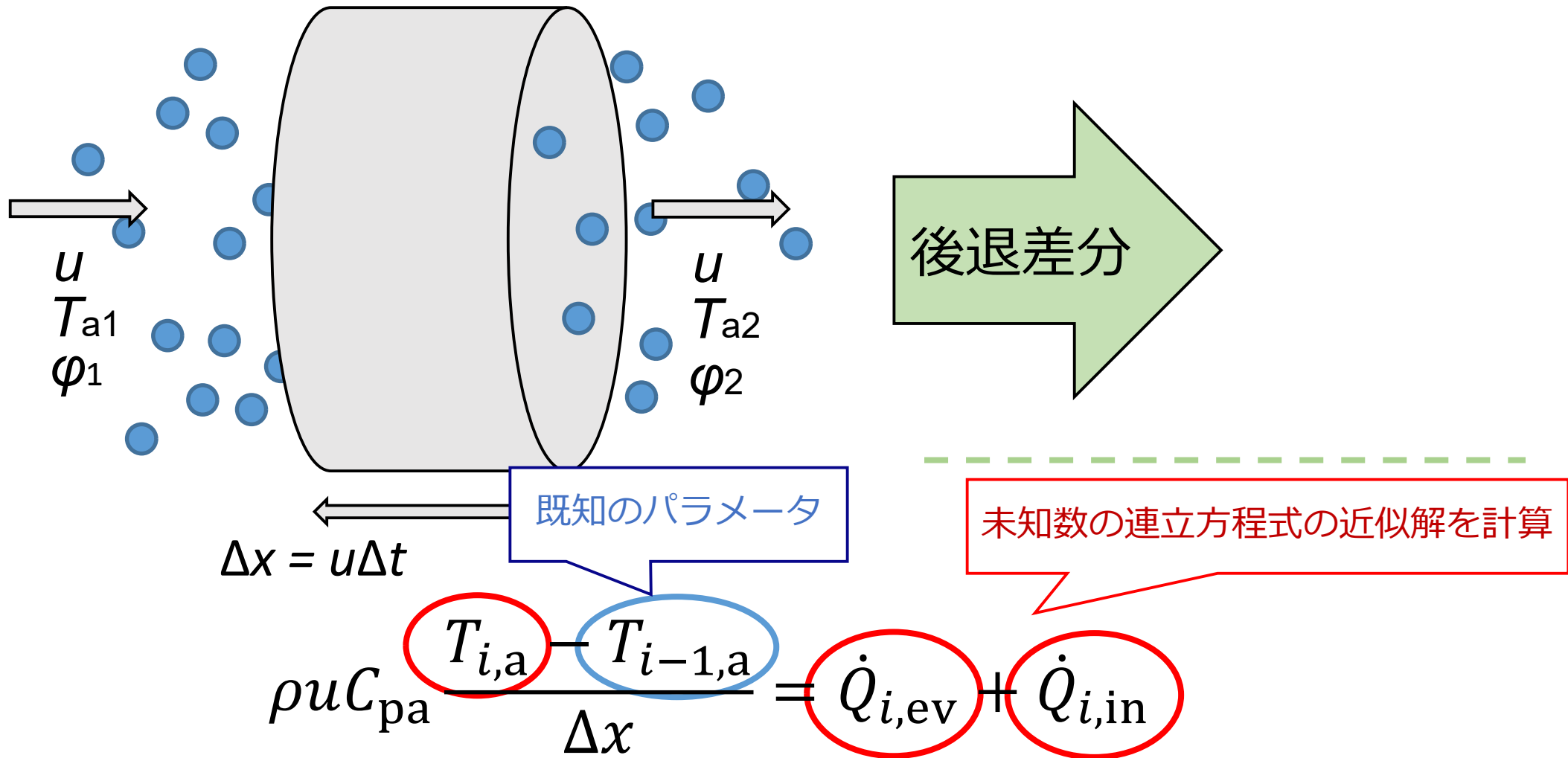
- プログラムでは以下の2つの計算を行う

(2) 数値解析（有限差分法）



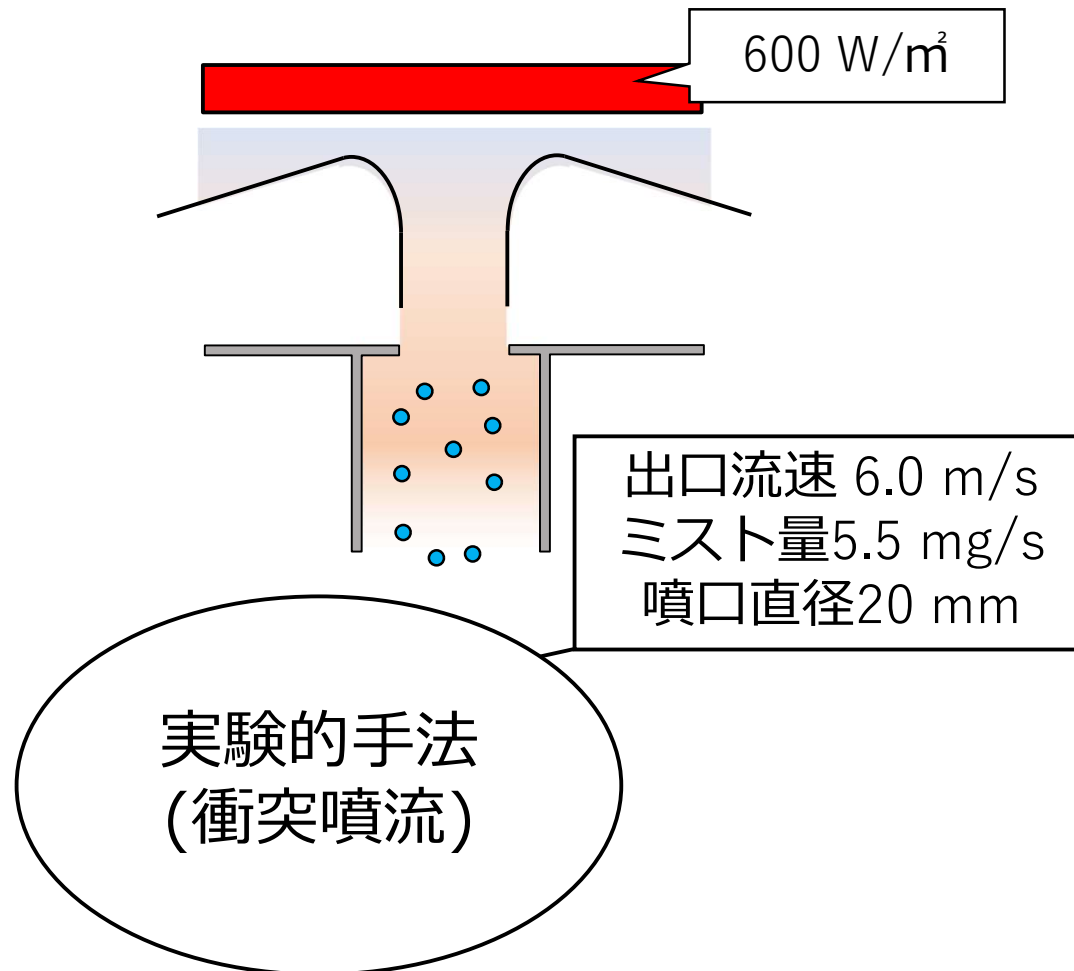
新技術の特徴・従来技術との比較

- 数値解析（有限差分法）



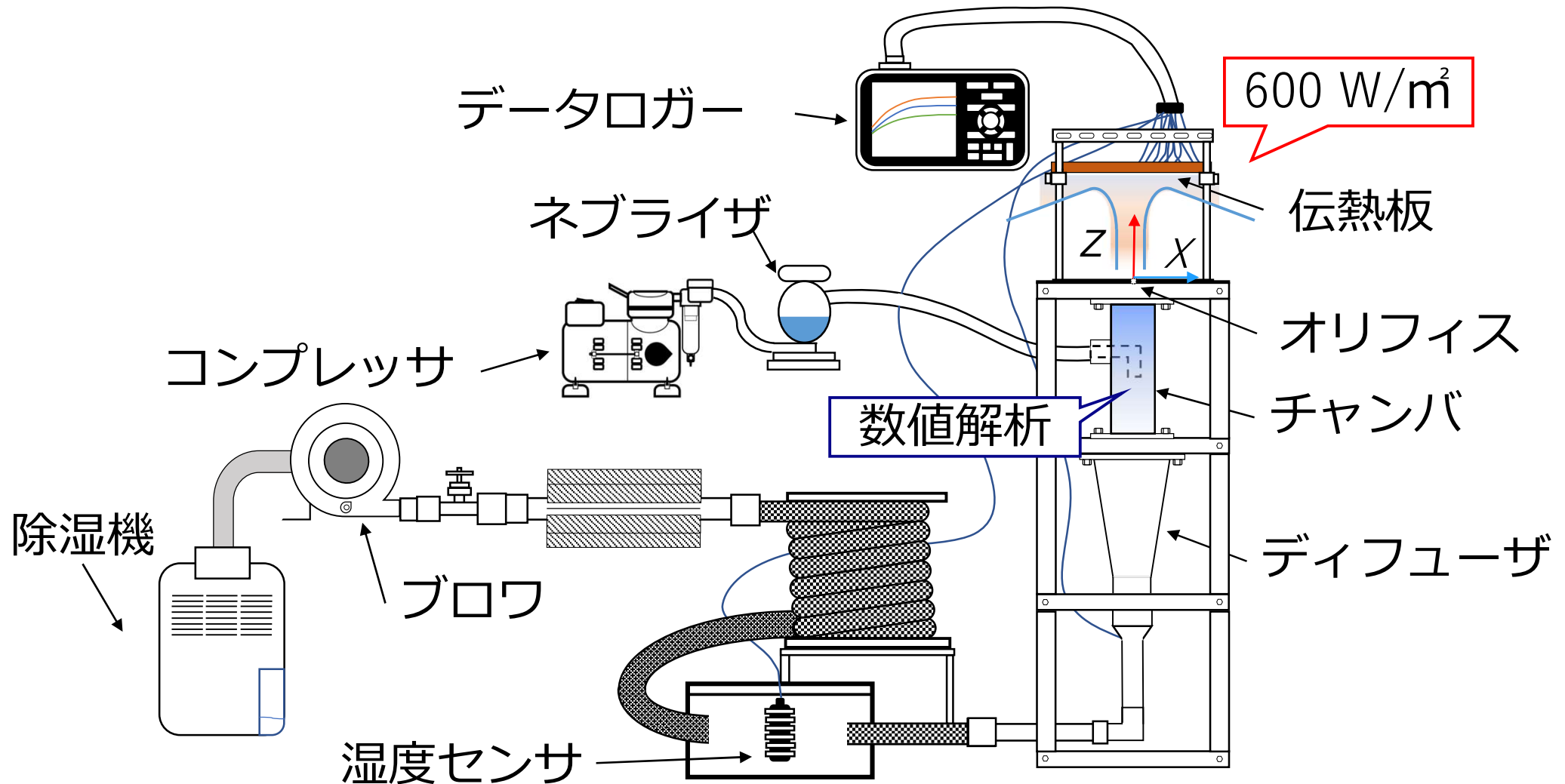
新技術の特徴・従来技術との比較

- プログラムの裏付けとして実験の実施



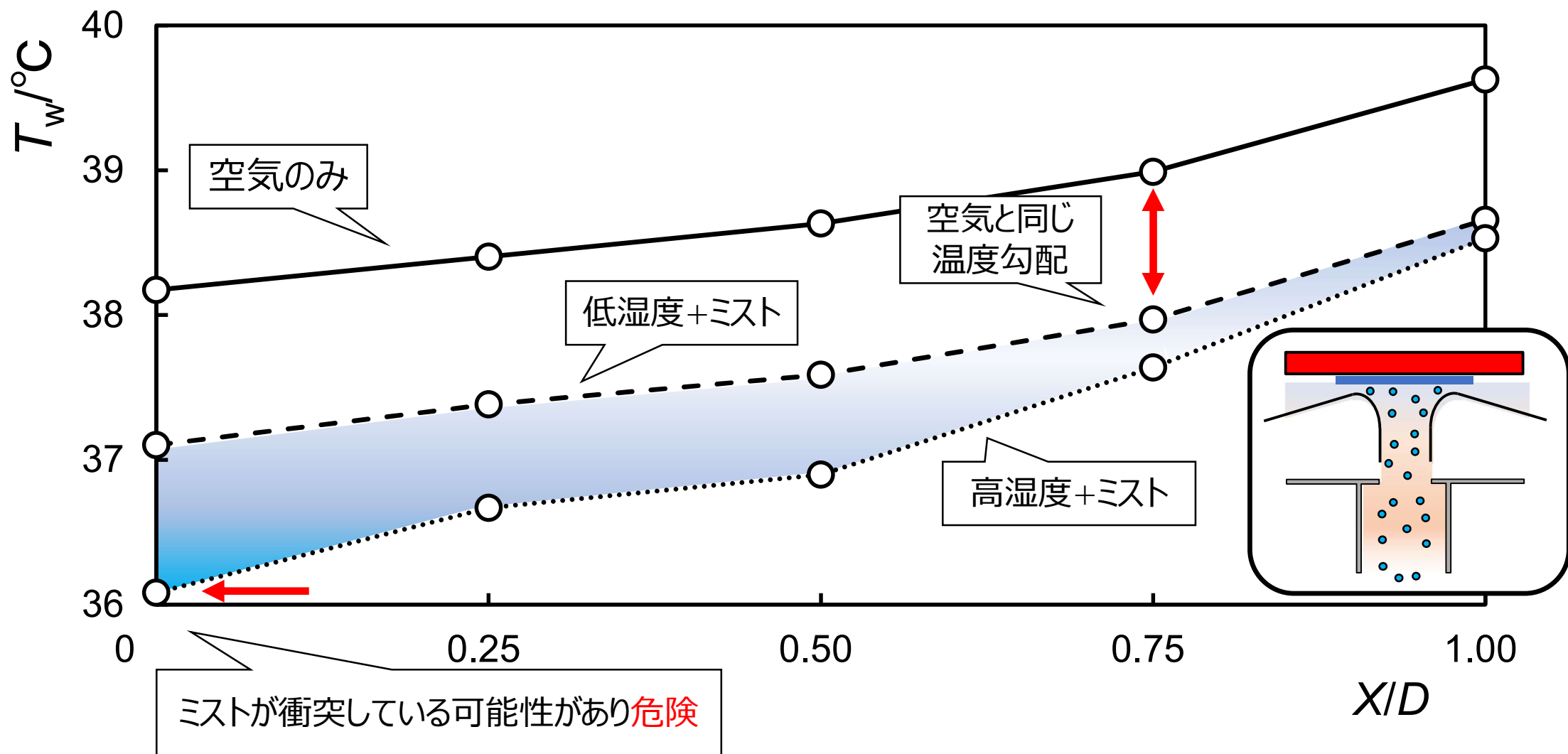
新技術の特徴・従来技術との比較

- プログラムの裏付けとして実験の実施



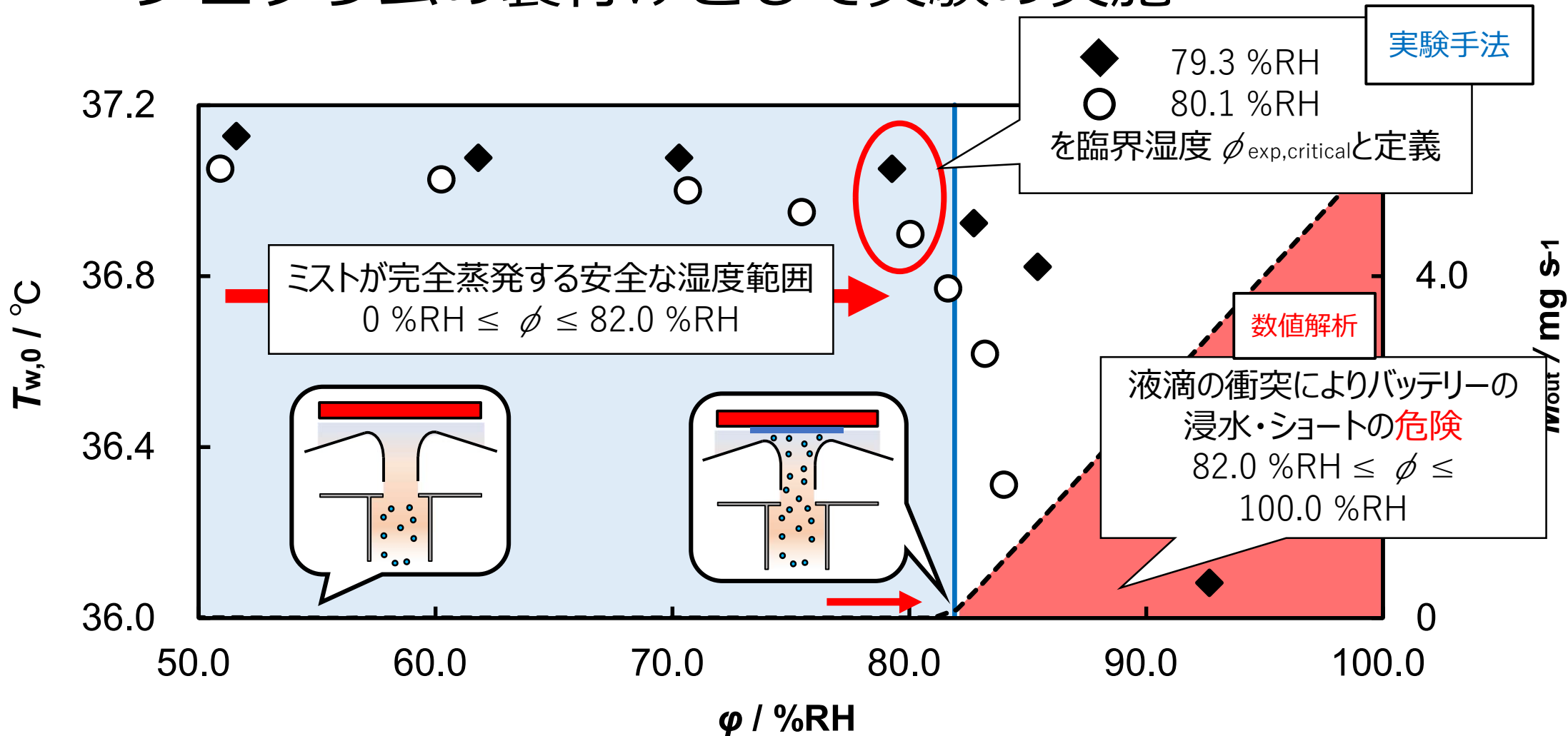
新技術の特徴・従来技術との比較

- プログラムの裏付けとして実験の実施



新技術の特徴・従来技術との比較

- プログラムの裏付けとして実験の実施



新技術の特徴・従来技術との比較

- プログラムの裏付けとして実験の実施

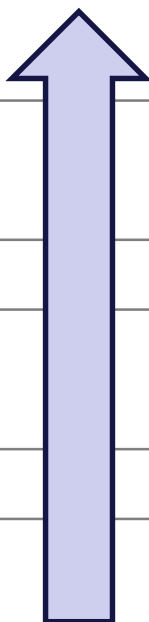
主流温度が上昇すると
 $\varphi_{\text{critical}} \rightarrow$ 大：より安全になる

数値解析

実験結果

偏差は $-2.7 \%RH \leq \Delta\varphi \leq 3.0 \%RH$

case	$T_a / ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{critical}} / \%RH$	$\varphi_{\text{exp,critical}} / \%RH$	$\Delta\varphi / \%RH$
1	31.0	82.0	80.1	-1.9
2		79.3	-2.7	
3	29.3	81.0	80.1	-0.9
4		80.2	-0.8	
5	25.5	78.0	81.0	+3.0
6	21.2	75.0	76.5	+1.5
7		74.7	-0.3	
8	17.5	71.0	69.1	-1.9
9	16.8	70.0	72.3	+2.3
10		68.5	-1.5	



新技術の特徴・従来技術との比較

- 実際の環境に応じた冷却例

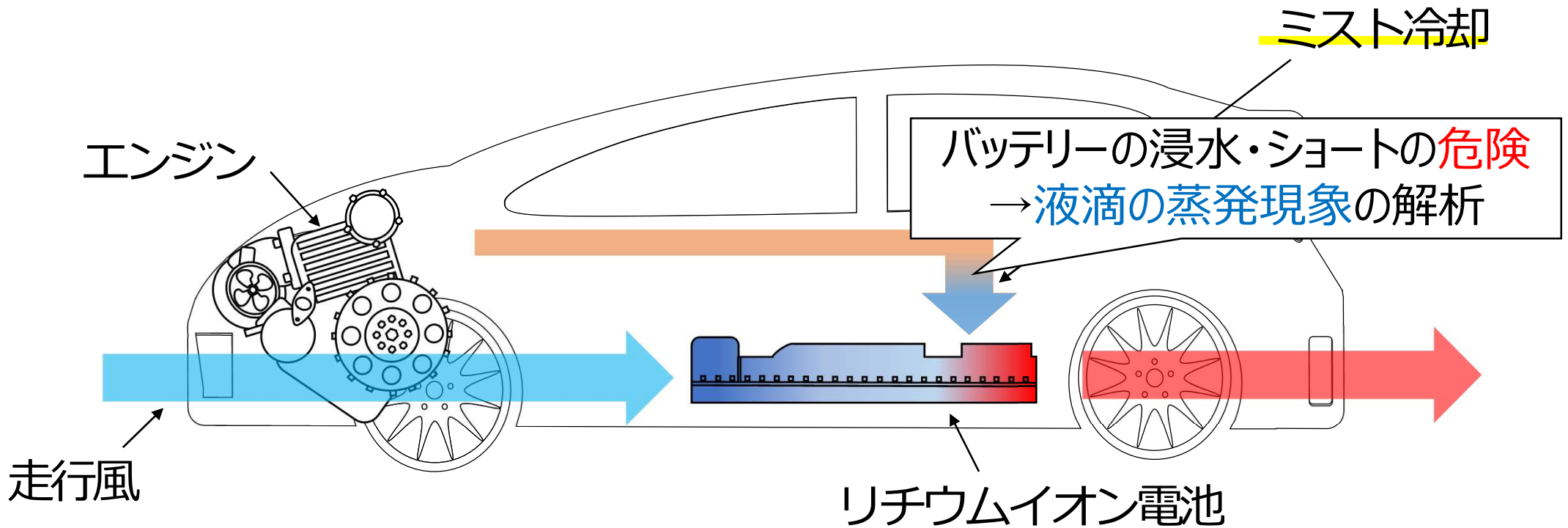
都市名	特徴	気温	湿度	ミスト量	冷却温度
日本 東京	高温多湿	35.0 °C	53.0 %RH	15.0 mg/s	2.2 K
インドネシア ジャカルタ		34.0 °C	46.0 %RH	20.0 mg/s	3.0 K
エジプト カイロ	高温乾燥	41.0 °C	13.0 %RH	40.0 mg/s	7.4 K
アリゾナ セドナ		38.0 °C	14.0 %RH	35.0 mg/s	6.2 K

想定される用途

- 空冷を適用している技術全般に適用可能
- とくに水による濡れを嫌う技術で有効
- 例1: 電気自動車・ハイブリッド自動車のバッテリー冷却
- 例2: サーバルームの冷却

想定される用途

- ハイブリッド自動車のバッテリー冷却



実用化に向けた課題

- ミスト蒸発現象について、実験を行った特定の条件ではプログラムで正しく記述できるが、実用にあたっては他の条件での検証が必要である
- ミストとして利用する水をどのように供給するか定まっていない

企業への期待

- **具体的な冷却対象・その空冷による冷却方法**が定めれば、それに近い条件で共同研究として実験を行うことでプログラムを調整できる
- 水の供給源としてはエアコンの結露水などが想定される。**具体的な技術**が定めれば、結露水により必要なミストのどの程度が賄えるか明らかになる

企業への貢献、PRポイント

- **本技術は空冷による冷却を行っているものであれば全般に適用できる**
- とくに、**室温と冷却対象物の温度差が小さい場合に有効**
- **バッテリーや電子機器などのように室温に近い温度で空冷による冷却を行う技術を広く適用先とできる**
- **ミストの蒸発という確証を持つことが難しい現象をプログラムにより明らかにできる**

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 :
蒸発潜熱を利用した冷却装置、ミスト噴霧量制御方法及び制御プログラム
- 出願番号 : 特許第7529315号
- 出願人 : 琉球大学
- 発明者 :
寺西碧人、安田啓太、瀬名波出、松田昇一

お問い合わせ先

琉球大学

総合企画戦略部 研究推進課 産学連携推進係

T E L 098-895-8031

e-mail sangaku@acs.u-ryukyu.ac.jp