

装置着霜現象を低減させる 伝熱面表面形状の開発

一関工業高等専門学校 未来創造工学科 機械・知能系
准教授 井上 翔

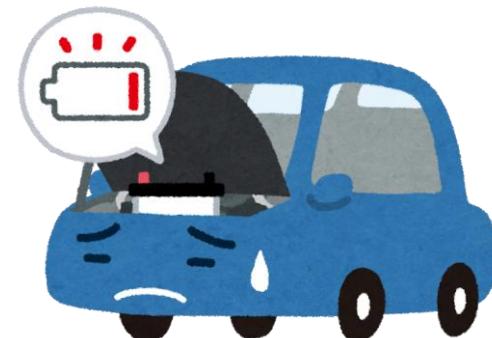
令和7年11月12日

自動車とCASE

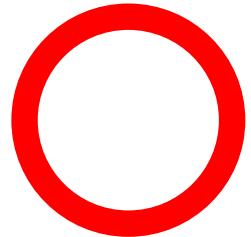
- 現在では、地方で生活している人間にとって、自動車は生活に欠かせないインフラといつても差し支えない
- 自動車業界ではCASEが重要なキーワードとなっている。
Connected(つながる),
Autonomous(自動運転),
Shared & Services(シェアリング & サービス),
Electric(電動化)
- しかし、この中で特に電動化については、航続距離に直結しているため、普及に大きな影響を与えている

なぜ、北国でEVは普及しづらいのか

- 電動化が進むが、岩手をはじめとする積雪をともなう雪国は、冬季の車内暖房が非常に需要となる
- これから時期に車内暖房が停止するのは悪夢だけではなく、低体温症になるなど、命の危険にも直結する
- これまで、エンジンの熱を利用して車内暖房を行っていた。
- しかし、EVでは熱源がないため走行に必要な電気エネルギーを利用して暖房を行わなければならない。
- ジュール発熱(通電加熱)では効率が悪すぎる。
- ある研究によれば、走行距離が45%減少するという結果が報告されている。



ヒートポンプ暖房の利点と問題点



- 高いCOPで運転させることが可能
- 冷房も暖房もどちらでも運用ができる



- 冷媒の漏洩や不凝縮ガスにより性能が低下する
- 冬季は室外機に着霜現象が発生する

着霜現象

空気中の水蒸気から氷と空気の多孔質層が成長する現象
空気が約80～90%含まれているため、熱抵抗が大きくなる

室外機の着霜の様子



従来技術とその問題点

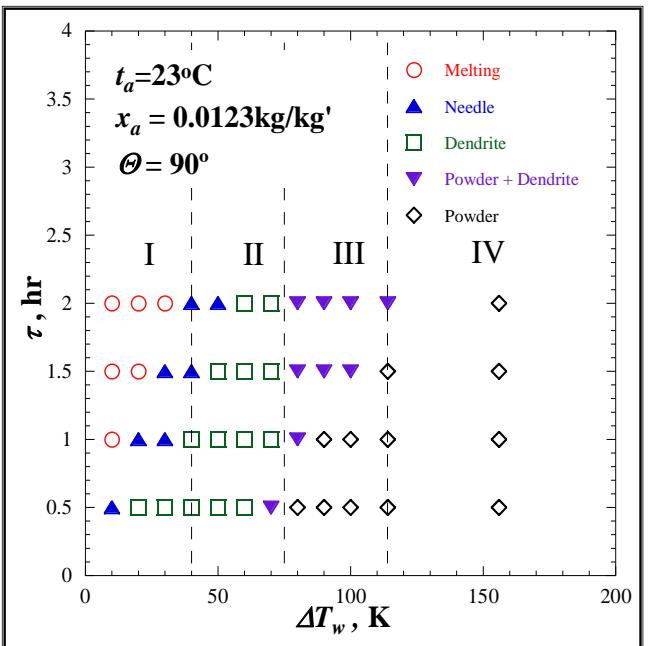
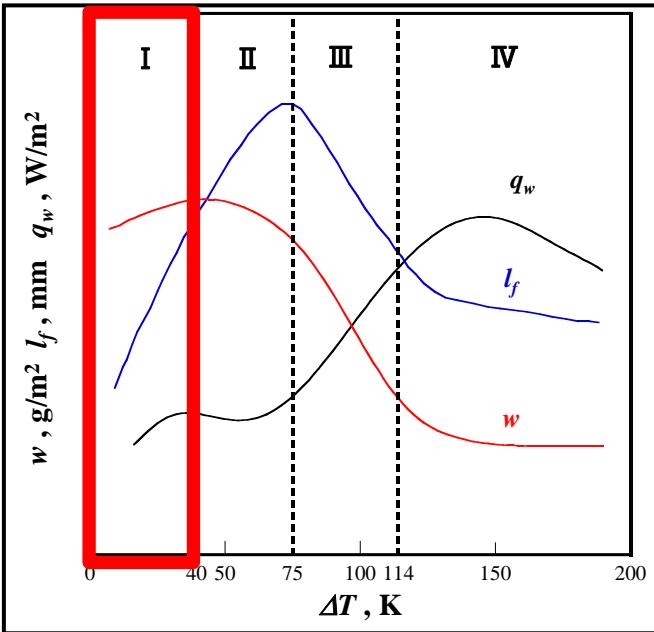
ヒートポンプが寒冷地で歓迎されない理由

- ・ 暖房運転時に室外機に着霜現象が発生する
- ・ 成長した霜層を取り除くためには、融解させるしかない



- ・ 除霜運転時は暖房が停止する
- ・ 霜層の融解水が再凍結して数々の問題が発生する

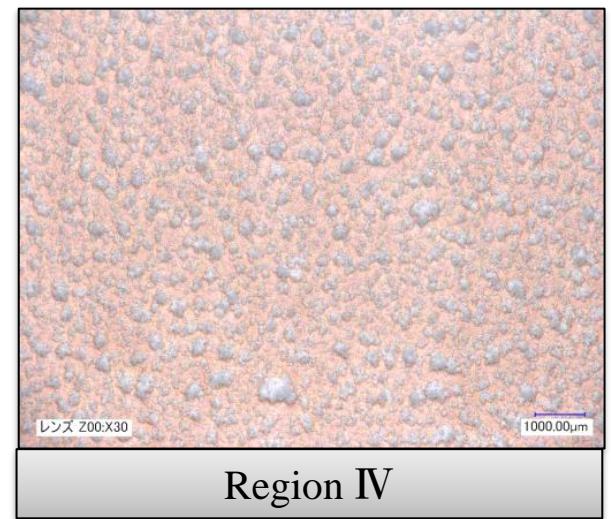
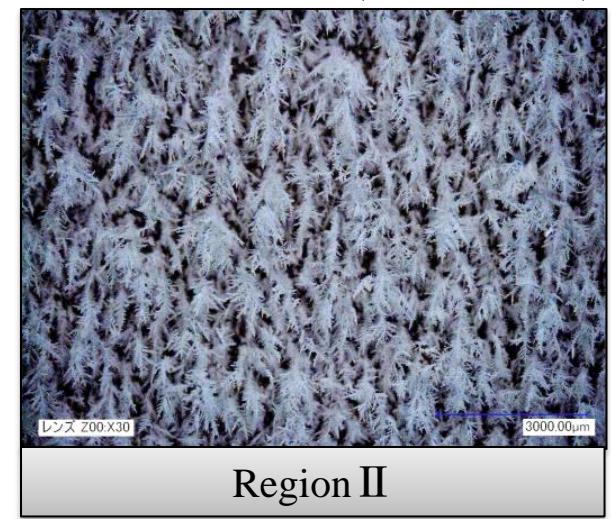
冬季の暖房は、一般家庭でもエアコン暖房ではなく
灯油を使用した暖房が多く用いられている



大久保, 田島 日本冷凍協会論文集 Vol.12,No.3(1995),pp285-294.

$$\Delta T_w = 0 - t_w$$

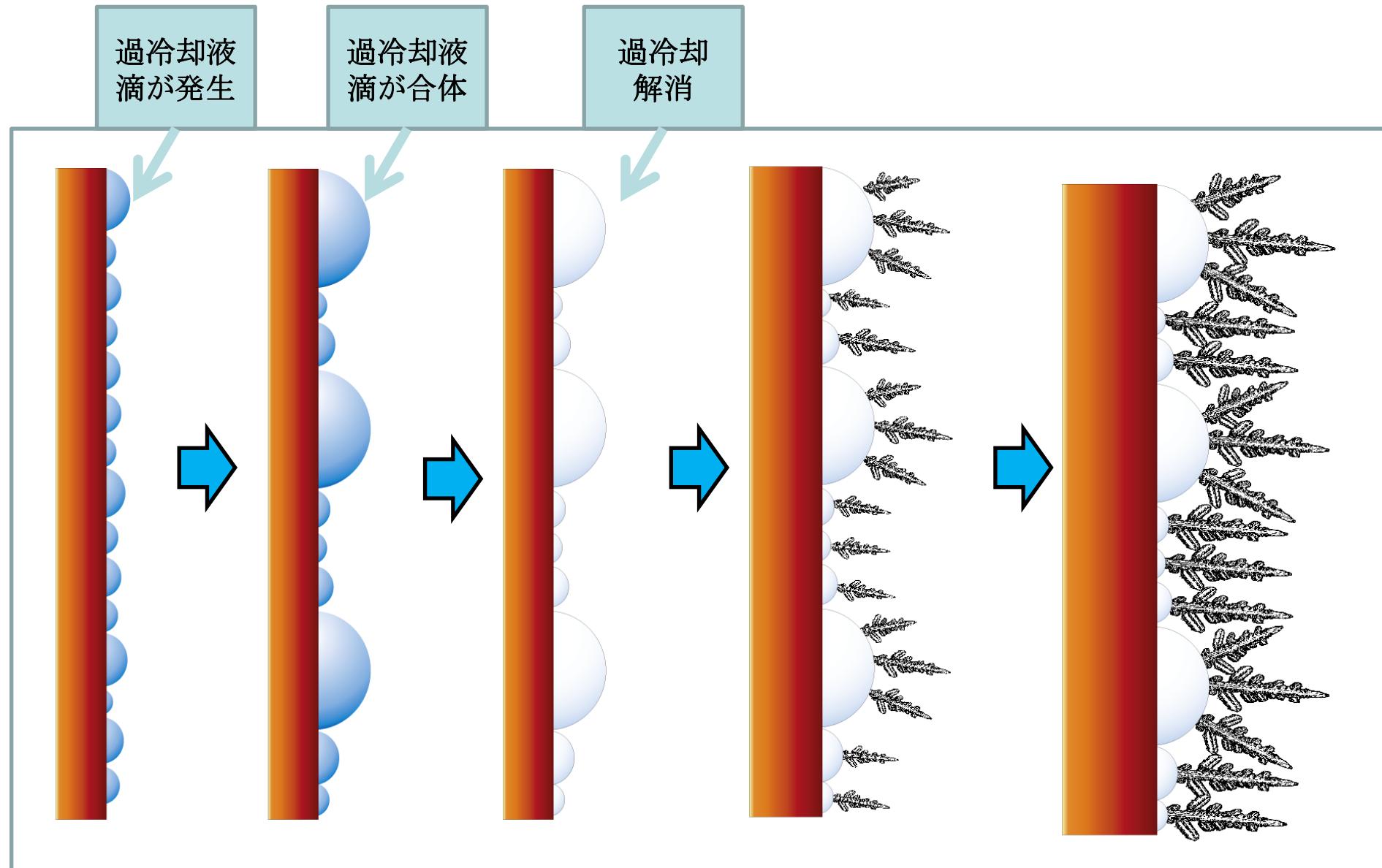
5mm



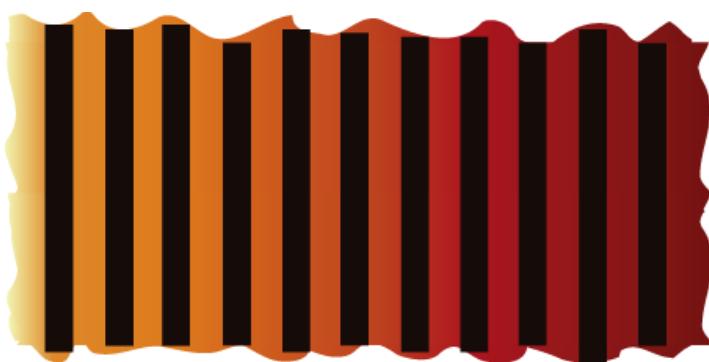
空気温度 $t_a = 24 \sim 26^\circ\text{C}$
冷却面温度 $t_w = -20 \sim -176^\circ\text{C}$
冷却面姿勢 $\Theta = 90^\circ$

空気湿度 $x_a = 0.00111 \sim 0.0141 \text{ kg/kg'}$,
着霜時間 $\tau = 30 \text{ min}$

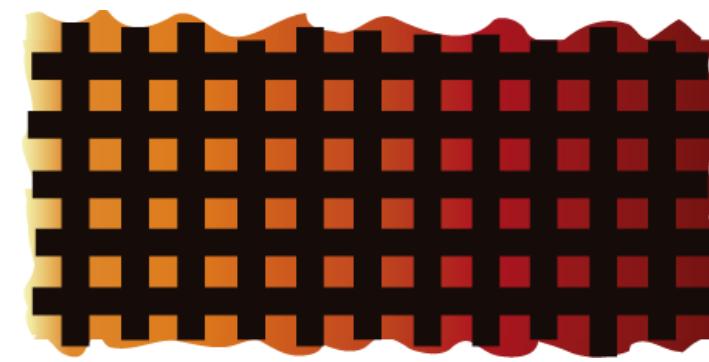
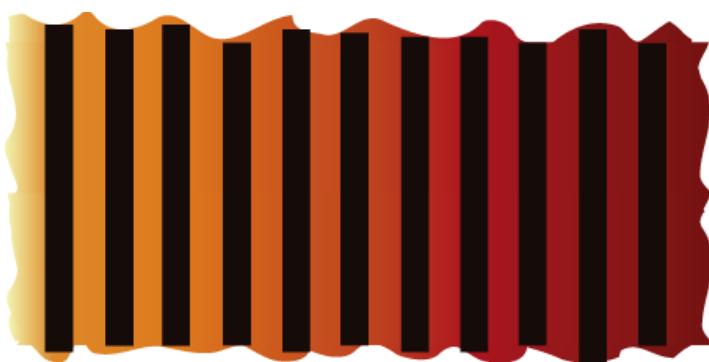
霜結晶成長モデル図



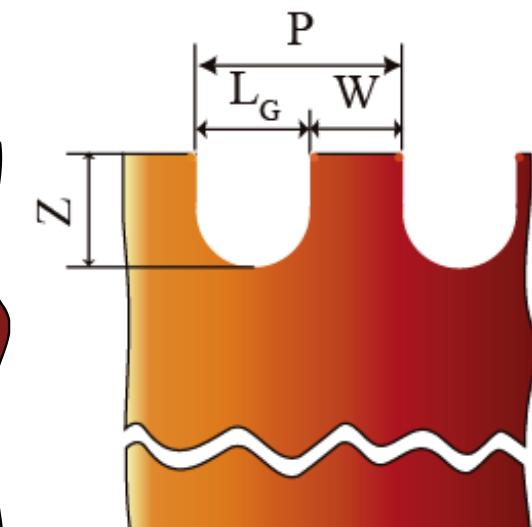
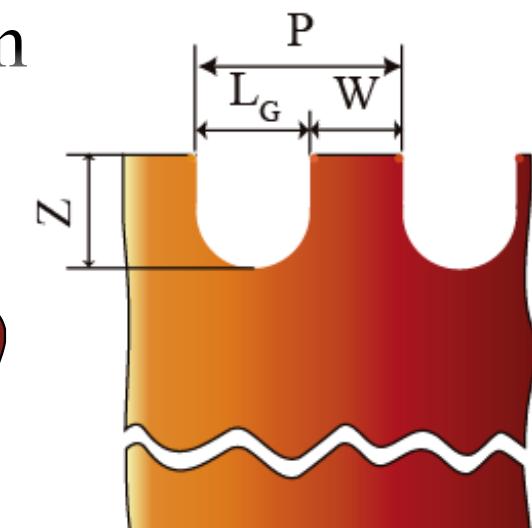
パラメータ: 深さ
 $z[\text{mm}]$



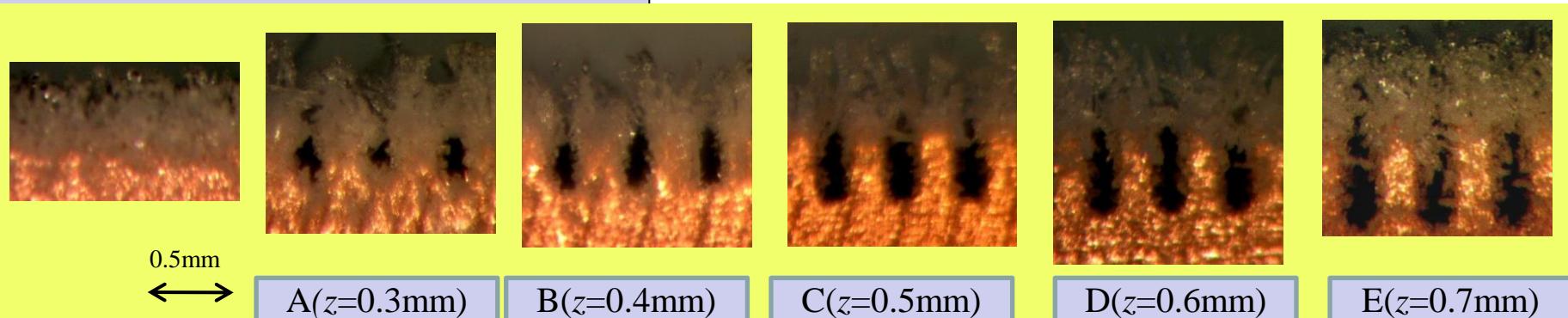
パラメータ: 表面の幅
パラメータ: ピッチ
 $w[\text{mm}]$



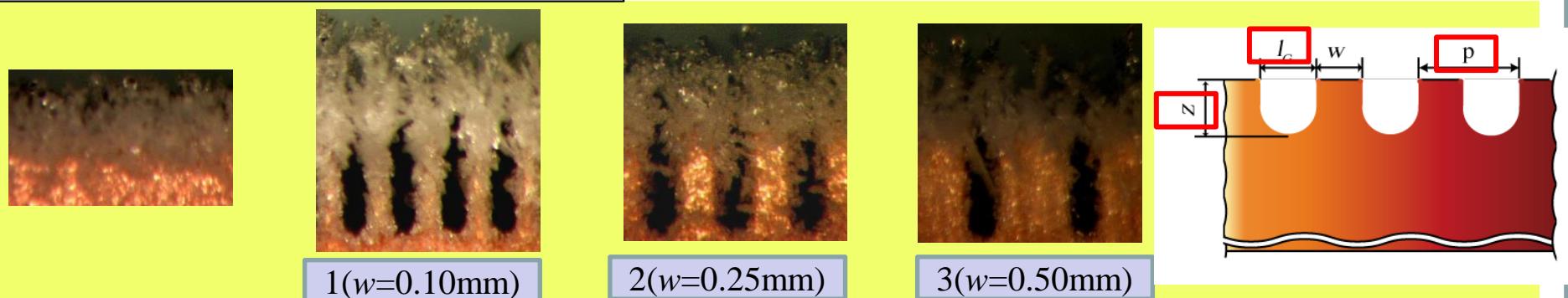
$p[\text{mm}]$



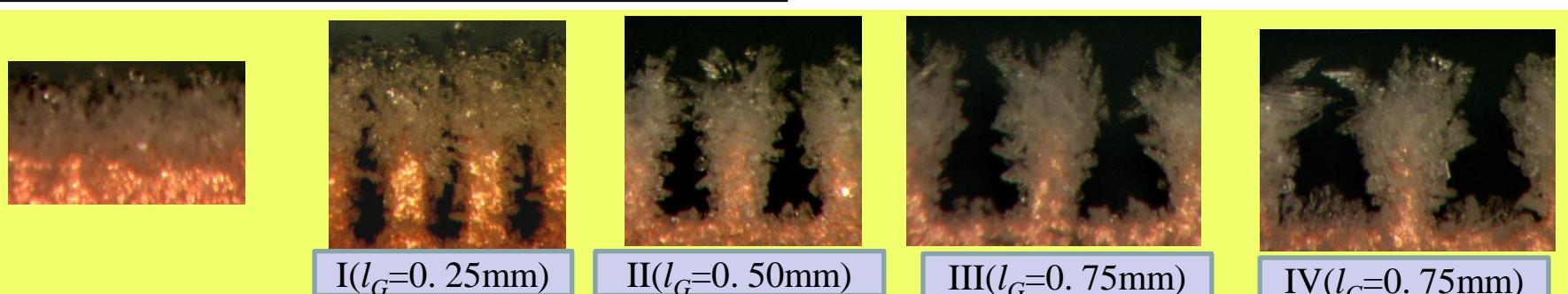
◆パラメータ 深さz ($l_G=0.25\text{mm}$, $w=0.25\text{mm}$)



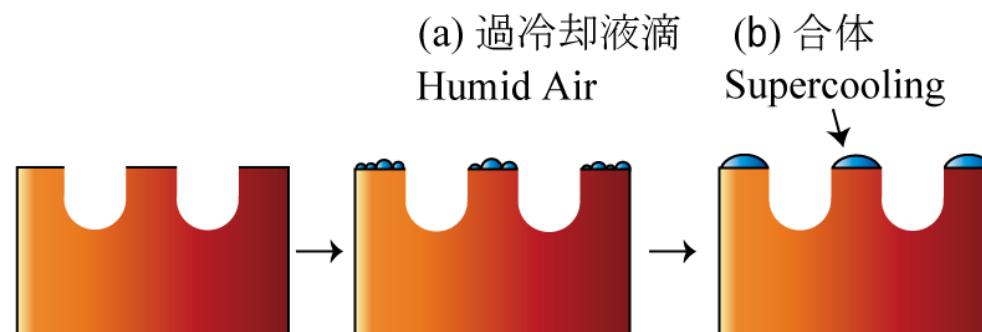
◆パラメータ 表面の幅w ($l_G=0.25\text{mm}$, $z=0.25\text{mm}$)



◆パラメータ ピッチ(溝の幅 l_G) ($w=0.25\text{mm}$, $z=0.25\text{mm}$)

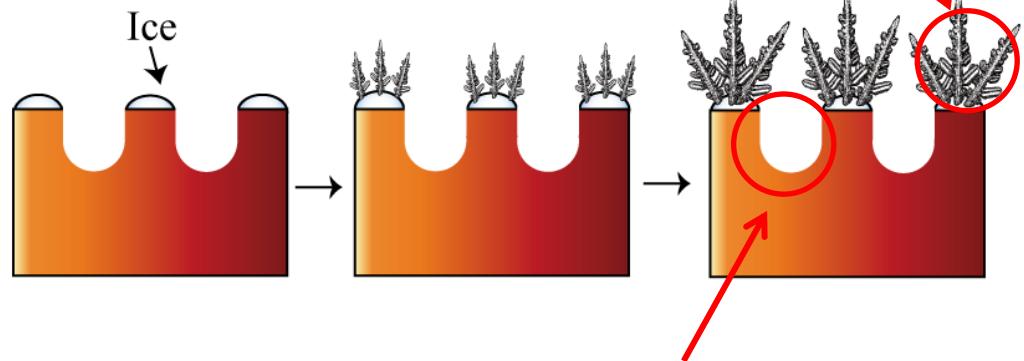


霜結晶成長モデル図

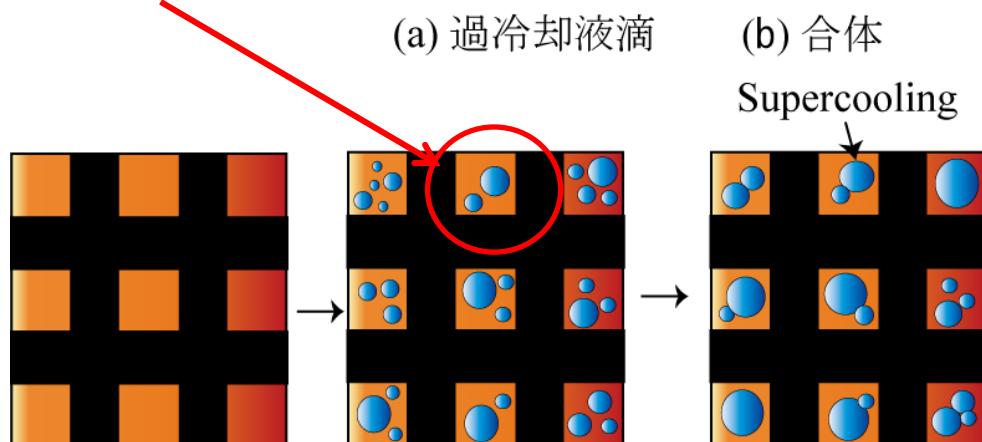


成長した霜層が並木のように成長する

(c) 過冷却解消

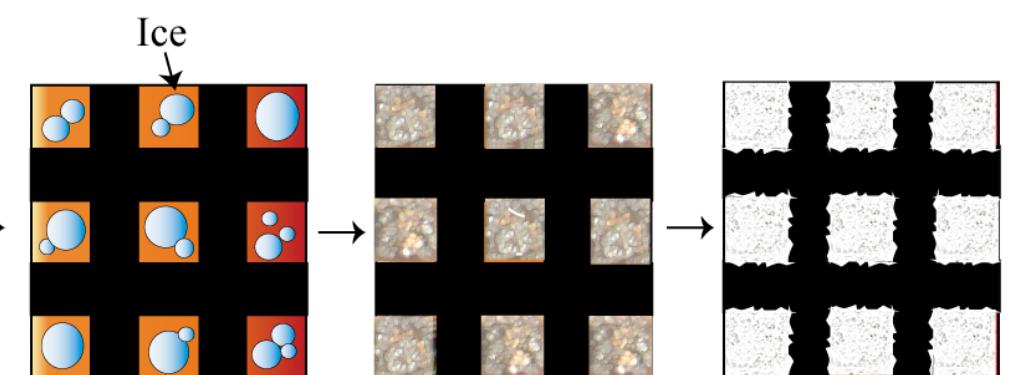


基準面のみに過冷却液滴が生成・成長する



溝内部に空壁部分ができる

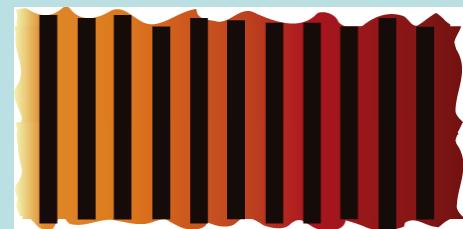
(c) 過冷却解消



霜層厚さに及ぼす表面性状の影響



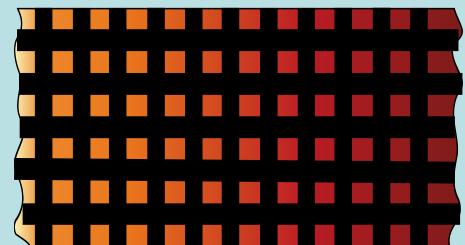
Flat



Vertical Line



Horizontal Line



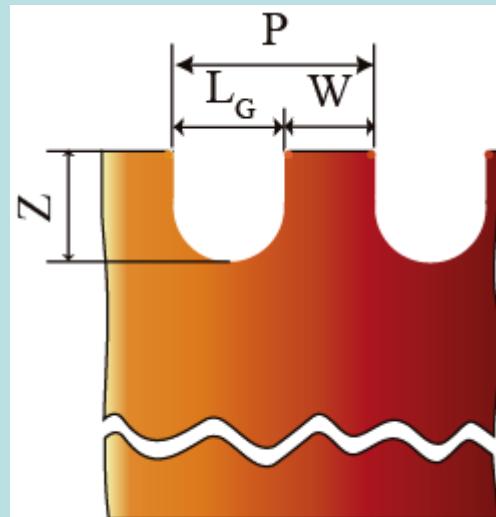
Lattice

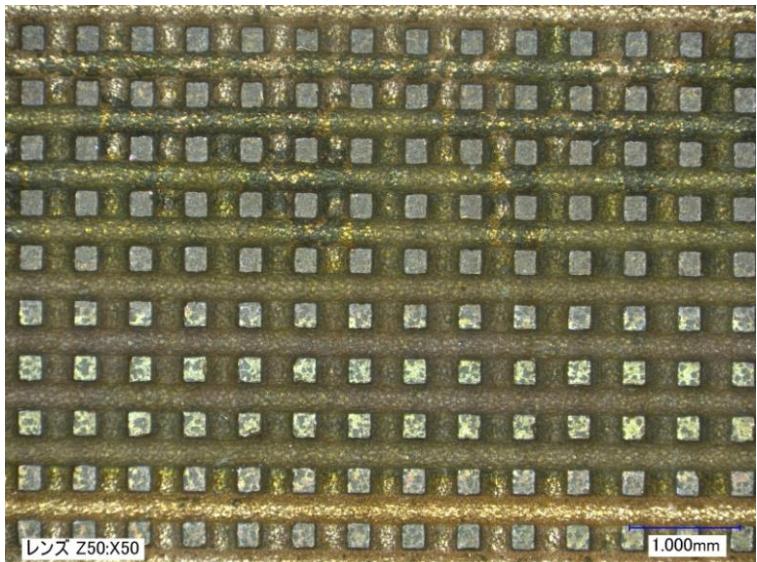
Depth z[mm]	Width w[mm]	Pitch p[mm]	Materials
0.7	0.25	0.5	Cu

パラメータ: 深さ

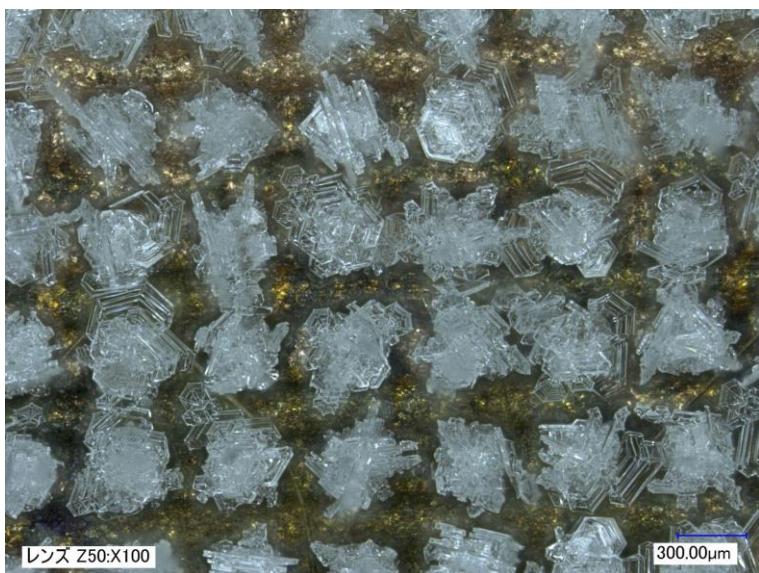
z[mm] : 表面の幅

w[mm] : ピッチ





$t_a = 25^\circ\text{C}$
 $x_a = 0.0119 \text{ kg/kg'}$
 $\tau = 1.0\text{hr}$



着霜面積が75%低減



新技術の特徴・従来技術との比較

- ・ 従来技術の問題点であった、着霜面積の大
幅な低減に成功した。
- ・ 従来は表面処理などの化学処理を行っており、
長期間の利用には適さないが、機械的な加工
を行うことにより、効果の持続期間が大幅に
伸びる。
- ・ 除霜しやすい脆弱な霜層の形成に成功した。

想定される用途

- ・本技術の特徴を生かすためには、空調用熱交換機製造に適用することで、運転時間および消費電力削減などのメリットが大きいと考えられる。
- ・上記以外に、除霜時間の減少の効果が得られることも期待される。

実用化に向けた課題

- ・ 現在、表面温度が-40°Cまでの領域については、効果がある事がある。
- ・ 表面温度が-40°C以下は別な現象が発生するので、効果が限定的になる可能性がある。
- ・ 今後、製造しやすい形状について実験データを取得し、適用していく場合の条件設定を行っていく。
- ・ 実用化に向けて、微細形状の精度を向上できるよう技術を確立する必要もあり。

企業への期待

- ・ 微細な形状を簡易的に作成できる技術開発を期待。
- ・ 熱交換器の製造技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- ・ また、空調機器を開発中の企業、ヒートポンプ式冷凍機の分野へ展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称 : 熱交換器
- ・ 出願番号 : 特開2012-82989
- ・ 出願人 : 東京電力株式会社
- ・ 発明者 : 大久保 英敏、井上 翔
他6名

产学連携の経歴

- 2018年 (株)日本ピストンリング、福井工業大学と共同研究実施
- 2019年 (株)サンノハシと共同研究実施
- 2018年-2020年 (株)前川製作所と共同研究実施
- 2022年 (株)山竹と共同研究実施
- 2022年 福井工業大学と共同研究実施
- 2024年-2025年 (株)ドゥグリーンと共同研究実施
- 2025年- 多田電気(株)と共同研究実施

お問い合わせ先

一関工業高等専門学校 総務課

TEL 0191-24-4872

e-mail s-kikaku@ichinoseki.ac.jp