

# 次世代超伝導加速空洞にむけたNb<sub>3</sub>Sn薄膜生成

笠間 奏平 東北大学大学院理学研究科物理学専攻

## 1. はじめに | 研究背景と目的

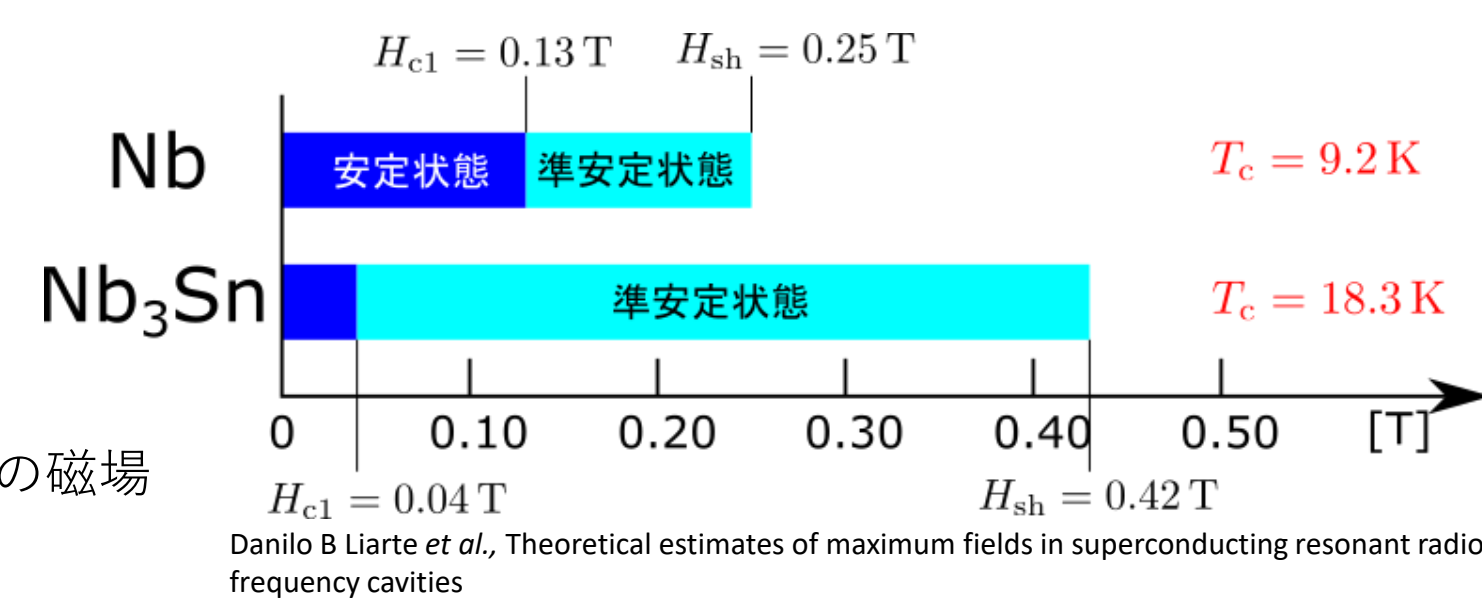
### 超伝導加速空洞について

- 大電流・大強度の利点がある
- 現在の空洞材料はNb
- 大規模な冷却装置が必要
  - 液体ヘリウムを用いた2K冷却



### Nb<sub>3</sub>Sn

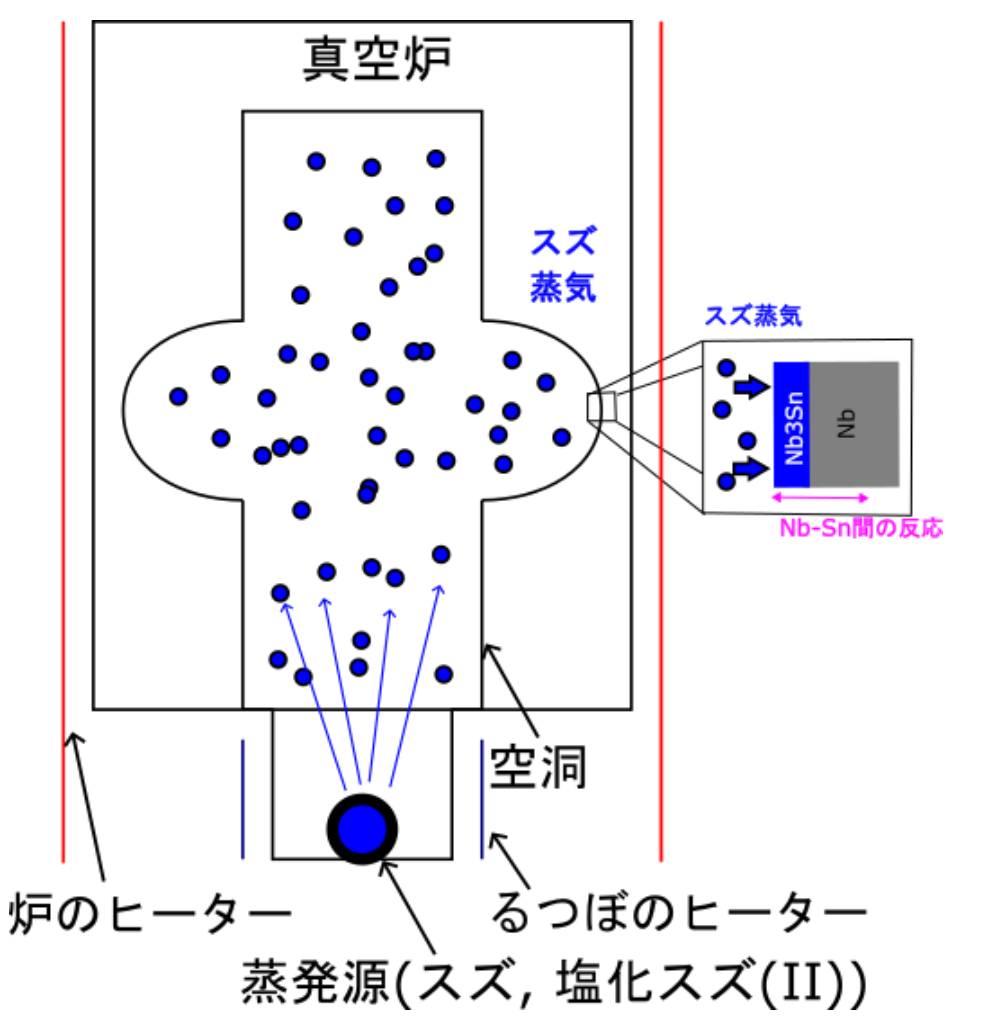
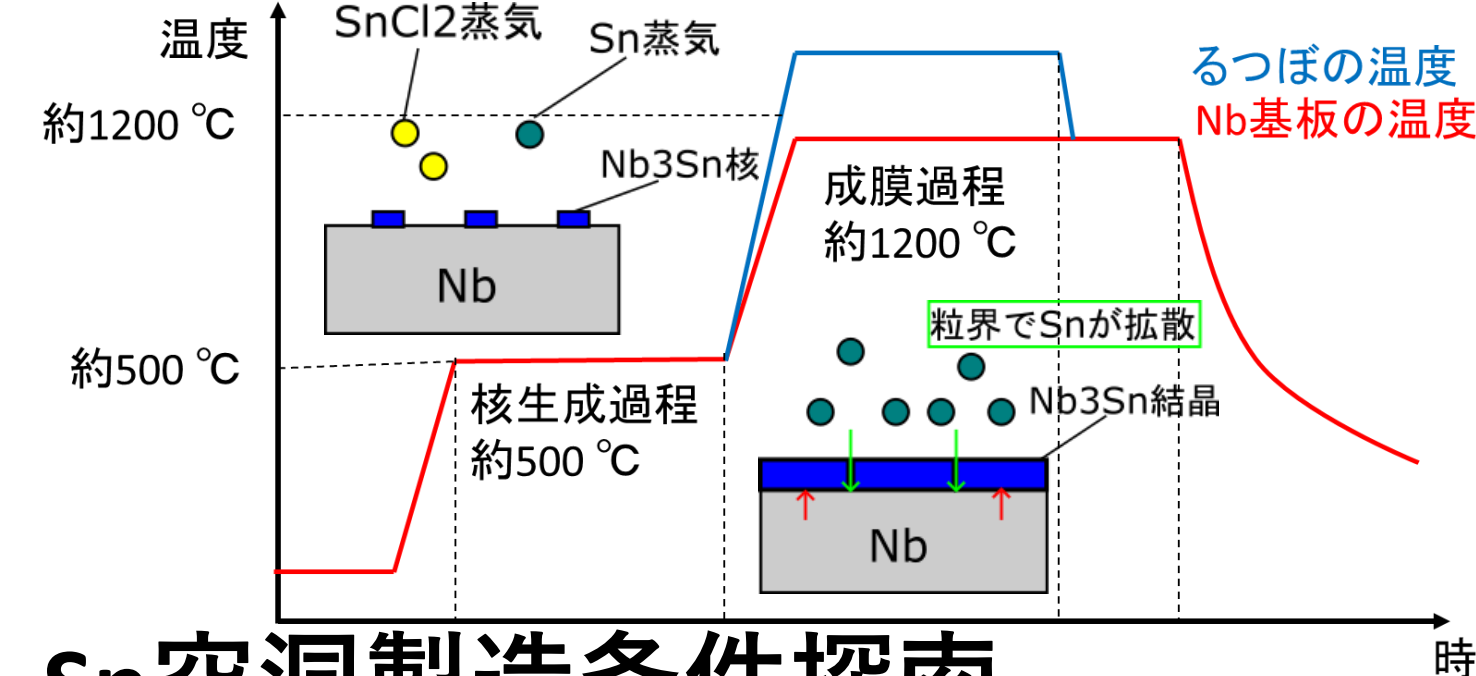
- Nbの約2倍の転移温度
- Nbの約2倍の過熱臨界磁場\*



Nb<sub>3</sub>Snは、  
・ Nb空洞の約2倍の加速勾配  
・ 小型冷凍機による4K運転が可能！

### 蒸気拡散法による空洞の製造

- 高温のNb空洞にSn蒸気を拡散させる



### Nb<sub>3</sub>Sn空洞製造条件探索

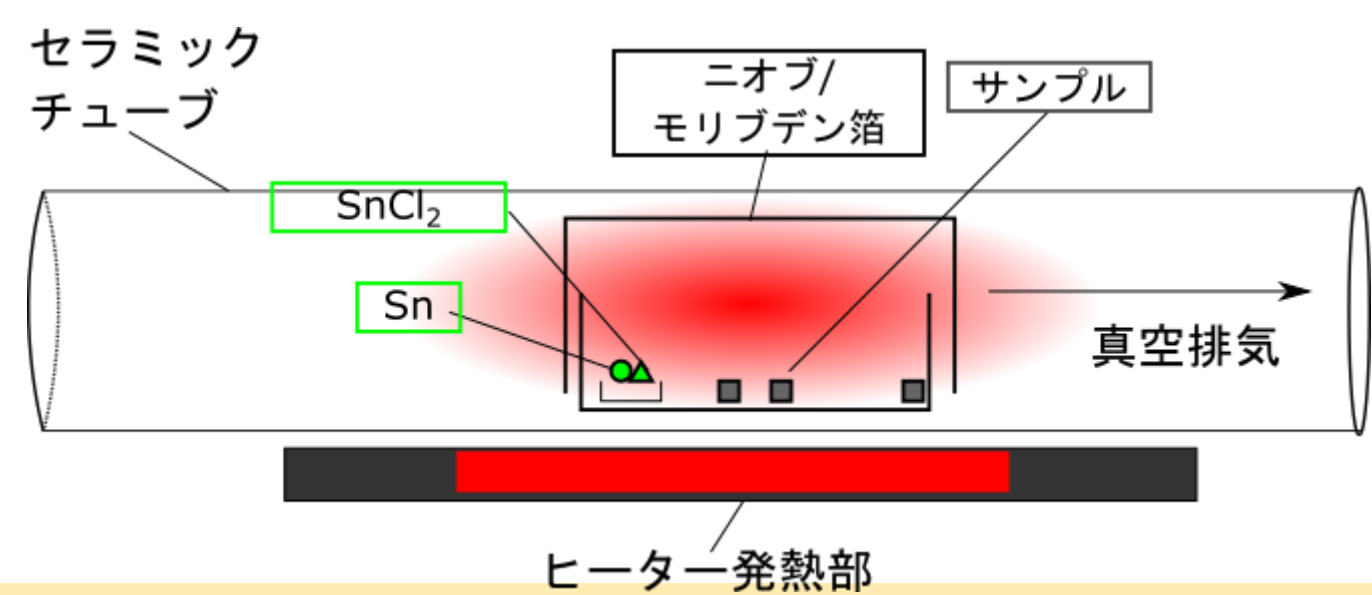
- 空洞性能は、表面状態（組成、粗さなど）に依存
  - 粒径や表面粗さの小さい成膜で最大加速勾配22 MV/m(90 mT)との報告  
S Posen et al 2021 Supercond. Sci. Technol. 34 025007

Nb<sub>3</sub>Sn空洞製造条件探索のために、核生成過程に注目し、蒸気拡散法によるNb<sub>3</sub>Sn薄膜の生成と表面状態の評価をした

## 2. 実験方法 | サンプル実験

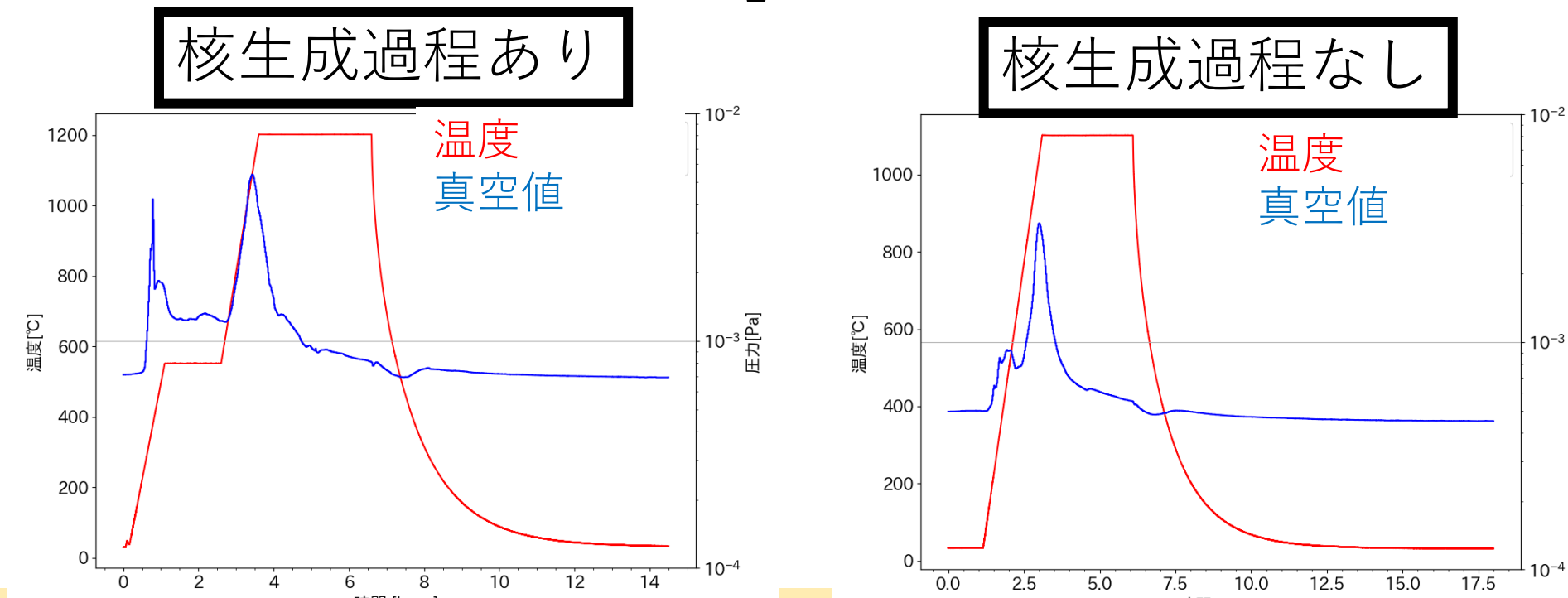
### 小型成膜装置の立ち上げと成膜

- 空洞成膜装置より、容易な成膜が可能
- 金属箱中にサンプルと蒸発源を設置
  - Sn蒸気圧を上げ、不純物混入を防ぐため



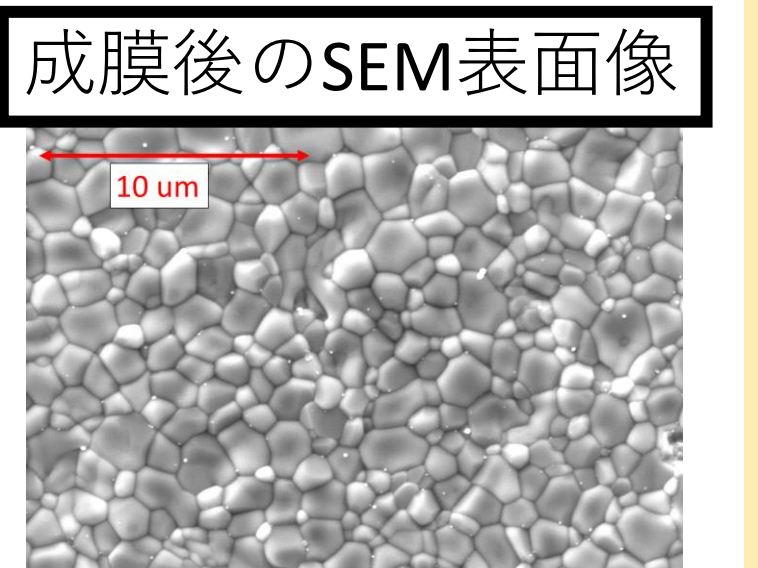
### 核生成過程に注目した比較実験

- 核生成過程の有無の変更
- 沸点の低いSnCl<sub>2</sub>の有無の変更



### 表面状態の評価方法

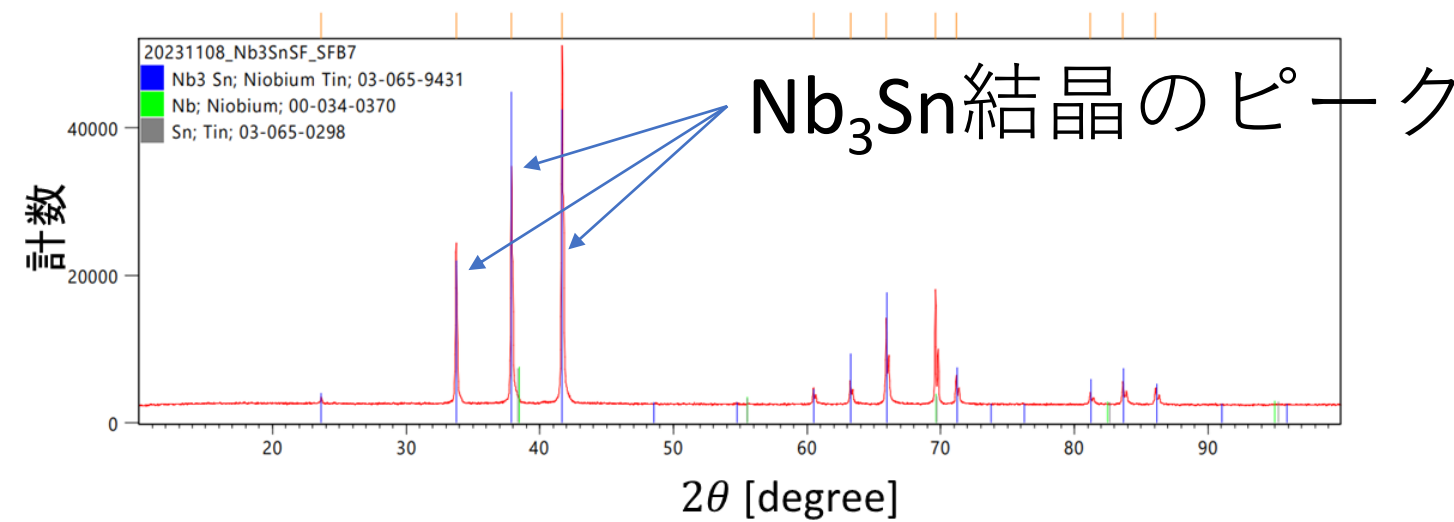
- SEM/EDSによる組成比
- SEMによる粒径
- AFMによる粗さ
- PPMSによる転移温度
  - 電気抵抗と磁化率



核生成過程やSnCl<sub>2</sub>が表面状態に及ぼす影響を組成比、粒径、粗さ、転移温度で評価した

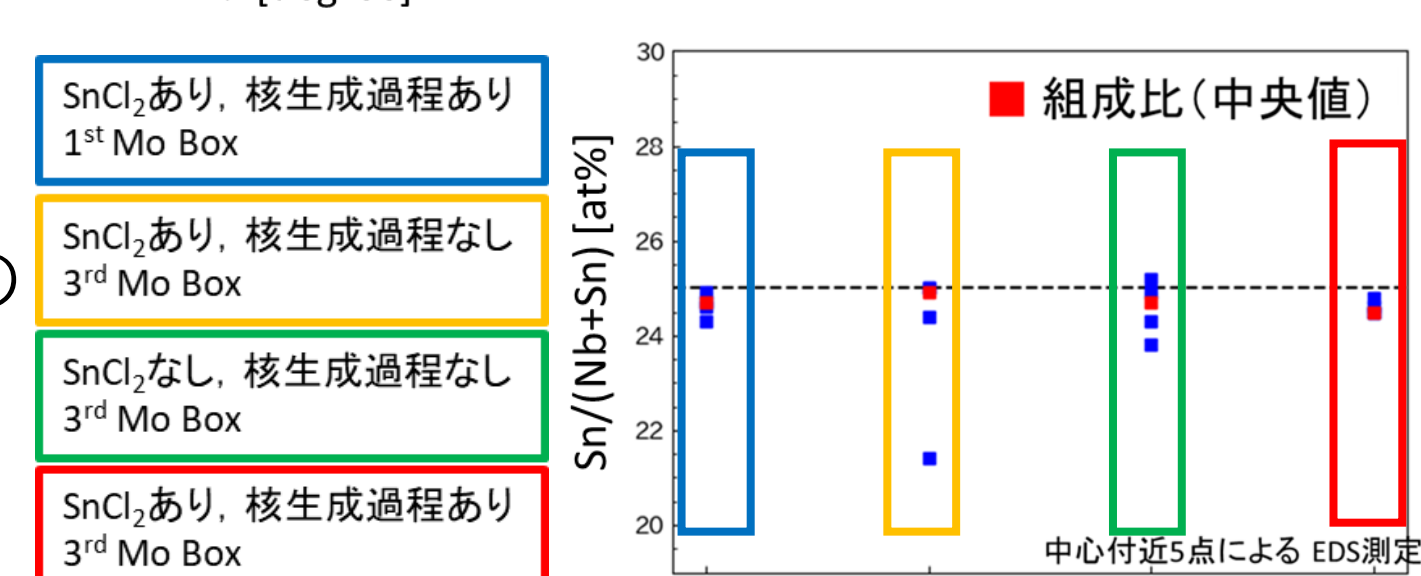
## 3. 結果 | 核生成過程の条件と表面状態

### XRDによるNb<sub>3</sub>Sn生成の確認



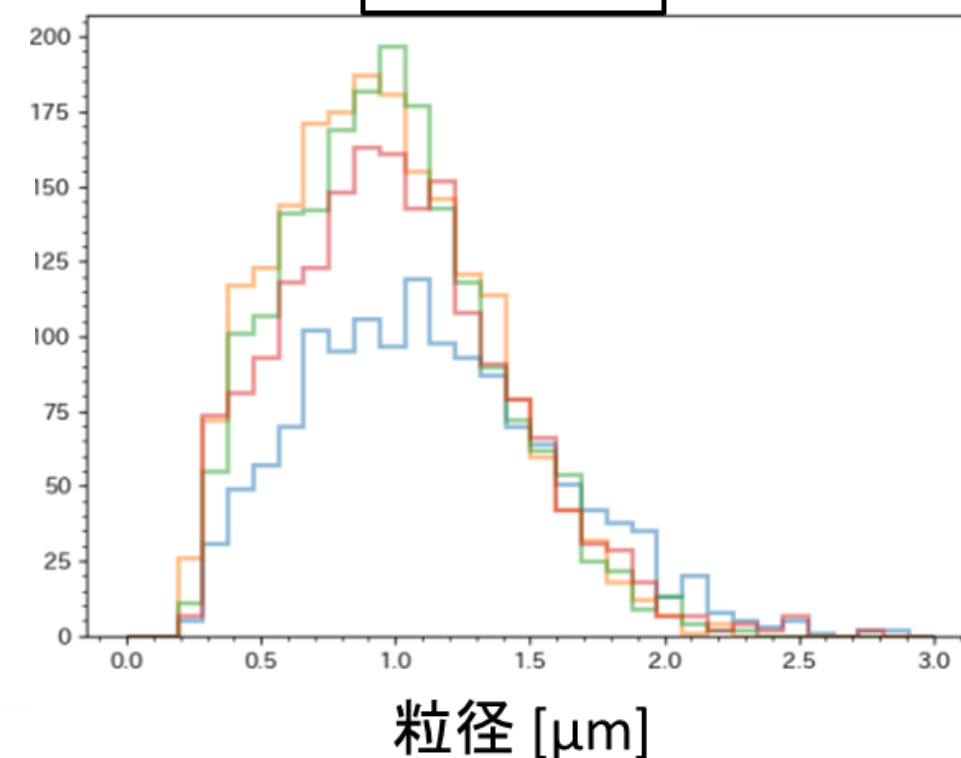
### 表面のSn組成

- 25 at%程度の成膜が実現



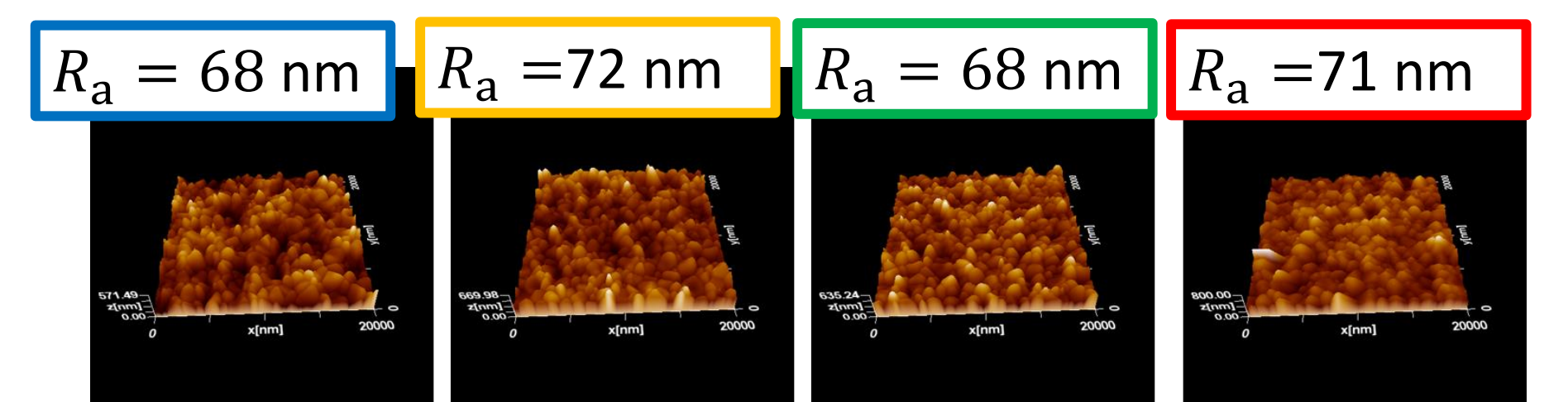
### 結晶粒径

- 核生成過程やSnCl<sub>2</sub>による違いなし
- 蒸気圧が高いとみられる条件で大きい



平均 [μm]	標準偏差 [μm]
1.13	0.47
0.95	0.38
0.98	0.38
1.01	0.41

### 表面粗さ



分析領域 20 μm × 20 μm

### 転移温度

- $T_c^{res} = 17.68 \pm 0.03$  K,  $T_c^{mag} = 18.0 \pm 0.2$  K
- $T_c^{res} = 17.68 \pm 0.03$  K,  $T_c^{mag} = 17.8 \pm 0.2$  K

## 4. 本研究のまとめ

### 核生成過程やSnCl<sub>2</sub>の有無と表面状態の違い

- 粒径、表面粗さ、転移温度に影響を及ぼさなかった
- 粒径は、Sn蒸気圧の差によって変化した

## 5. 今後の展望 | 空洞製造と課題

- SnCl<sub>2</sub>を減らした空洞製造が行える可能性
- Sn蒸気の逃げやすさを調整し、粒径が調整できる可能性
- 今後の課題：断面観察、サンプルと蒸発源で独立した温度制御、別の手法（核生成の代わりにSn膜形成など）で成膜比較