

# 超高純度アルミニウムヒートリンクの研究

山田 智宏<sup>\*1)</sup>, 都丸 隆行<sup>2)</sup>, 鈴木 敏一<sup>1)</sup>, 牛場 崇文<sup>1)</sup>, 木村 誠宏<sup>2)</sup>, 高田 卓<sup>3)</sup>, 井上 優貴<sup>4)</sup>, 梶田 隆章<sup>1)</sup>

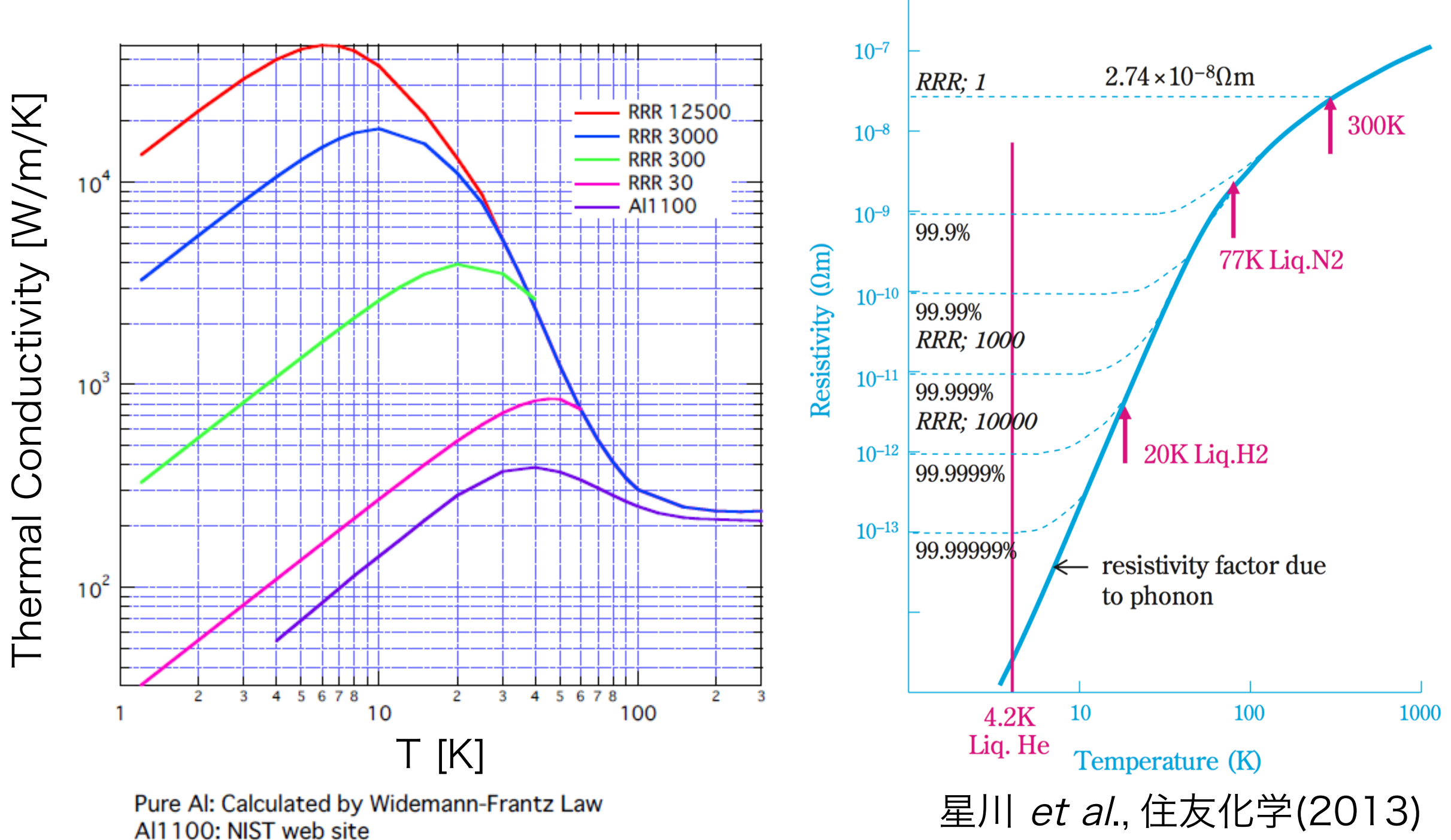
1: 東京大学宇宙線研究所    2: 高エネルギー加速器研究機構    3: 核融合科学研究所    4: Academia Sinica (台湾中央研究院)

<sup>\*</sup> tyamada@icrr.u-tokyo.ac.jp

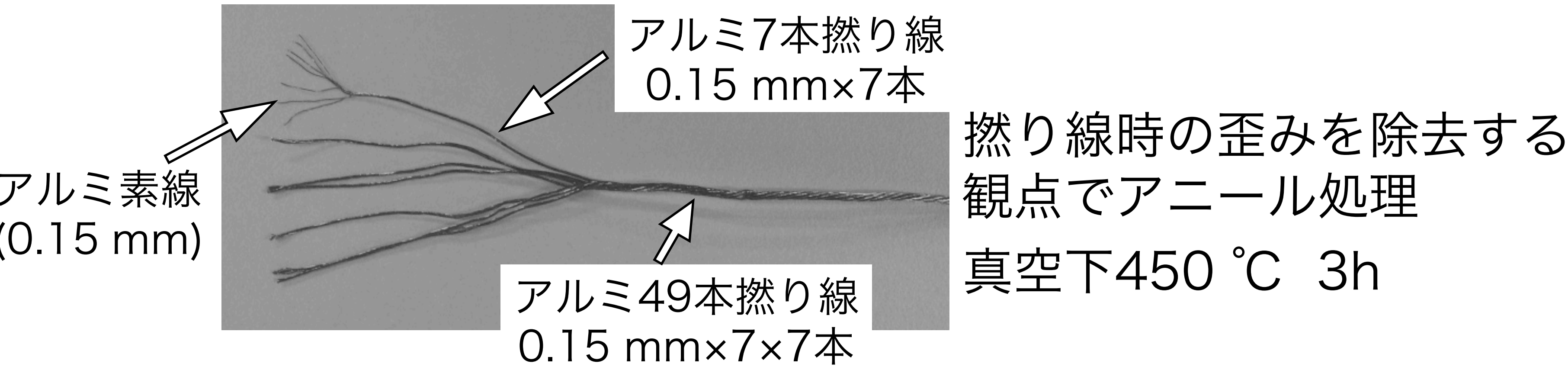
## 研究背景

軽量・高熱伝導材料であるアルミニウム  
極低温を必要とする宇宙機冷却系構築において  
アルミニウムの“**高純度化**”が有効

熱伝導率が桁違いに向上⇒熱伝導部材の**質量減**  
可とう性向上(柔らかい)⇒**振動を伝えない**熱伝導を実現



## 本研究で開発したヒートリンク: 純度 5N8

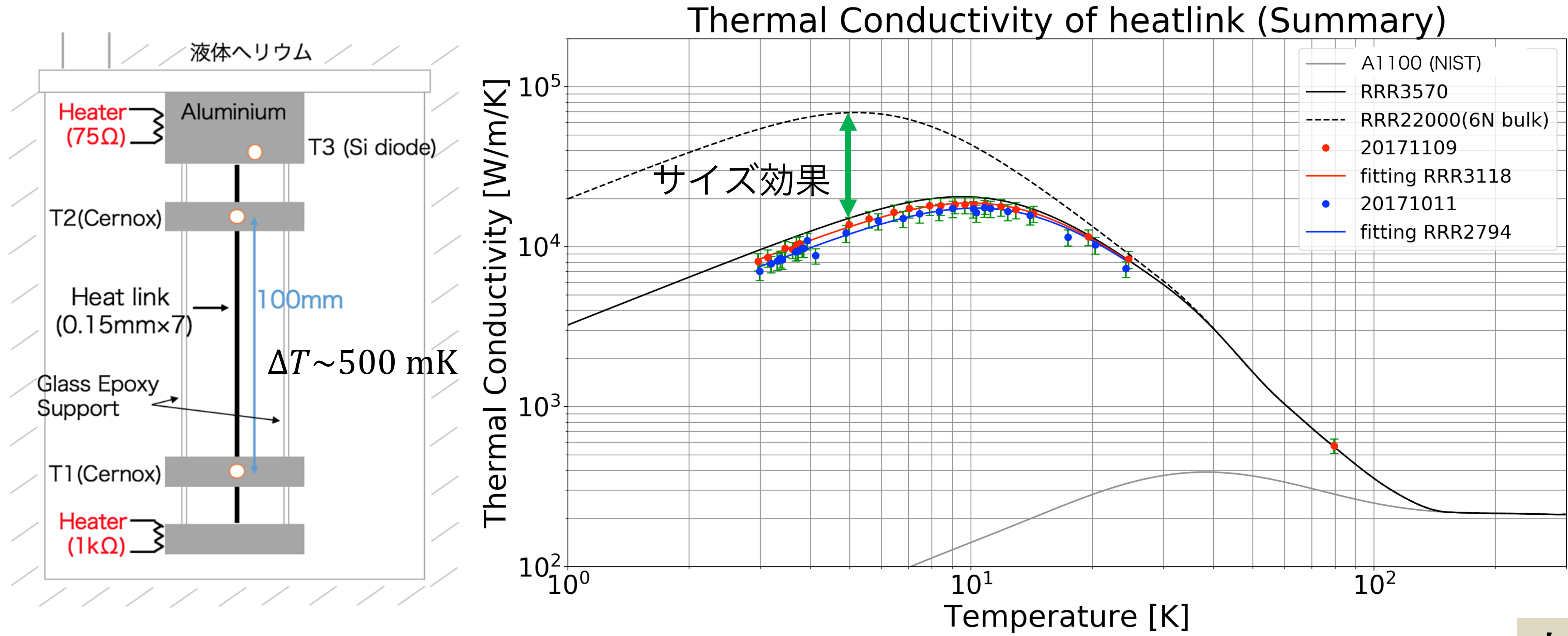


T < 30 K におけるRRRと熱伝導の関係

$$\kappa(T) = \frac{1}{1.8 \times 10^{-7} T^2 + 1.1 / (RRR T)}$$

RRR : Residual Resistivity Ratio 残留電気抵抗比  
室温下の抵抗と液体ヘリウム4.2 K 下の抵抗の比  
 $R_{300K} / R_{4.2K}$   
純度, 不純元素, 歪み, サイズ, 表面の影響を受ける。  
(純度が最も支配的)

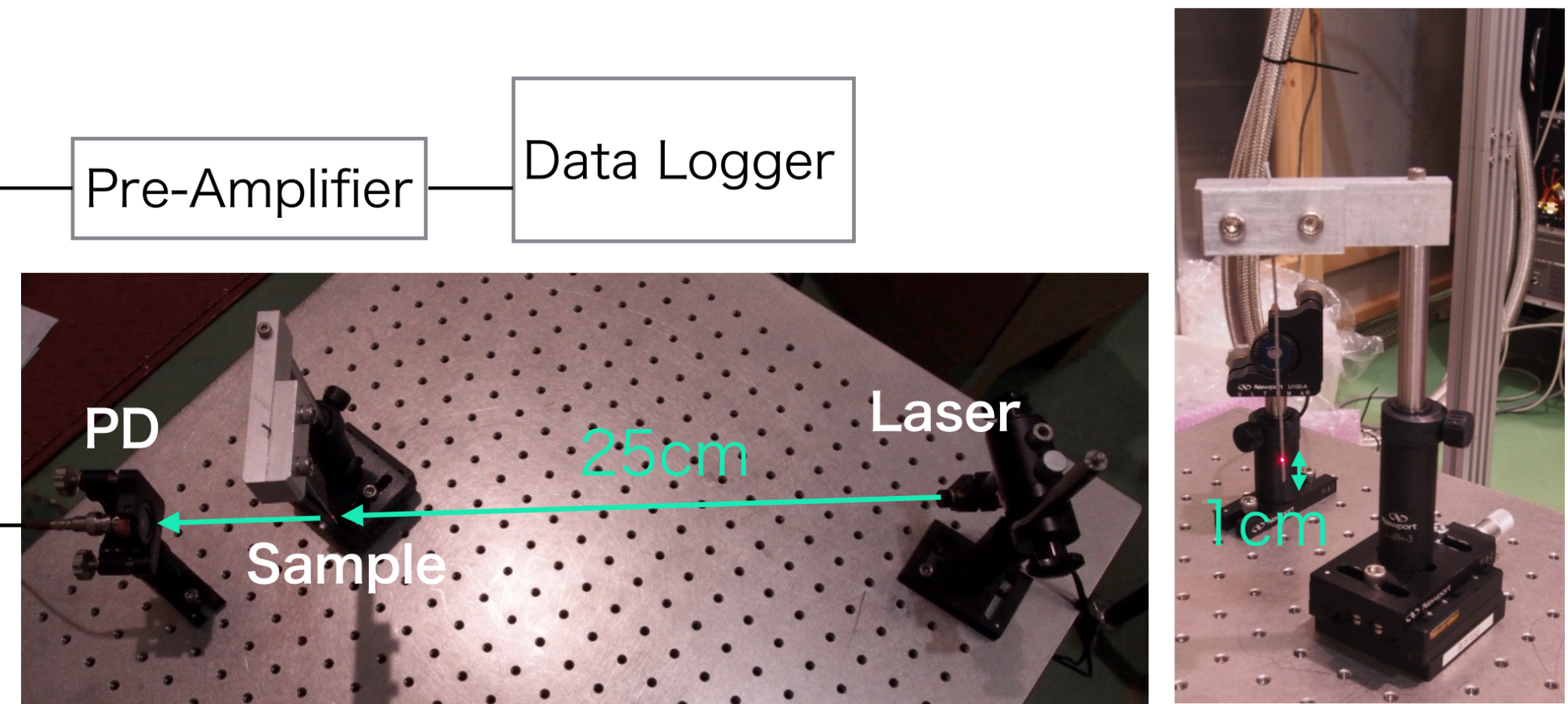
## 熱伝導率測定



- 素線一本の通電試験による  
RRR測定: 3570
- 熱伝導率－RRR関係からの  
撚線時の推定RRR: 2794 - 3118  
(測定サンプルの熱処理後の取り扱いの差による  
歪の効果を見ていると思われる)

極低温では電子の平均自由行程が  
伸びるため、0.15mmではサイズ  
効果で1/2～1/3に減小してしまう

## 共振周波数測定

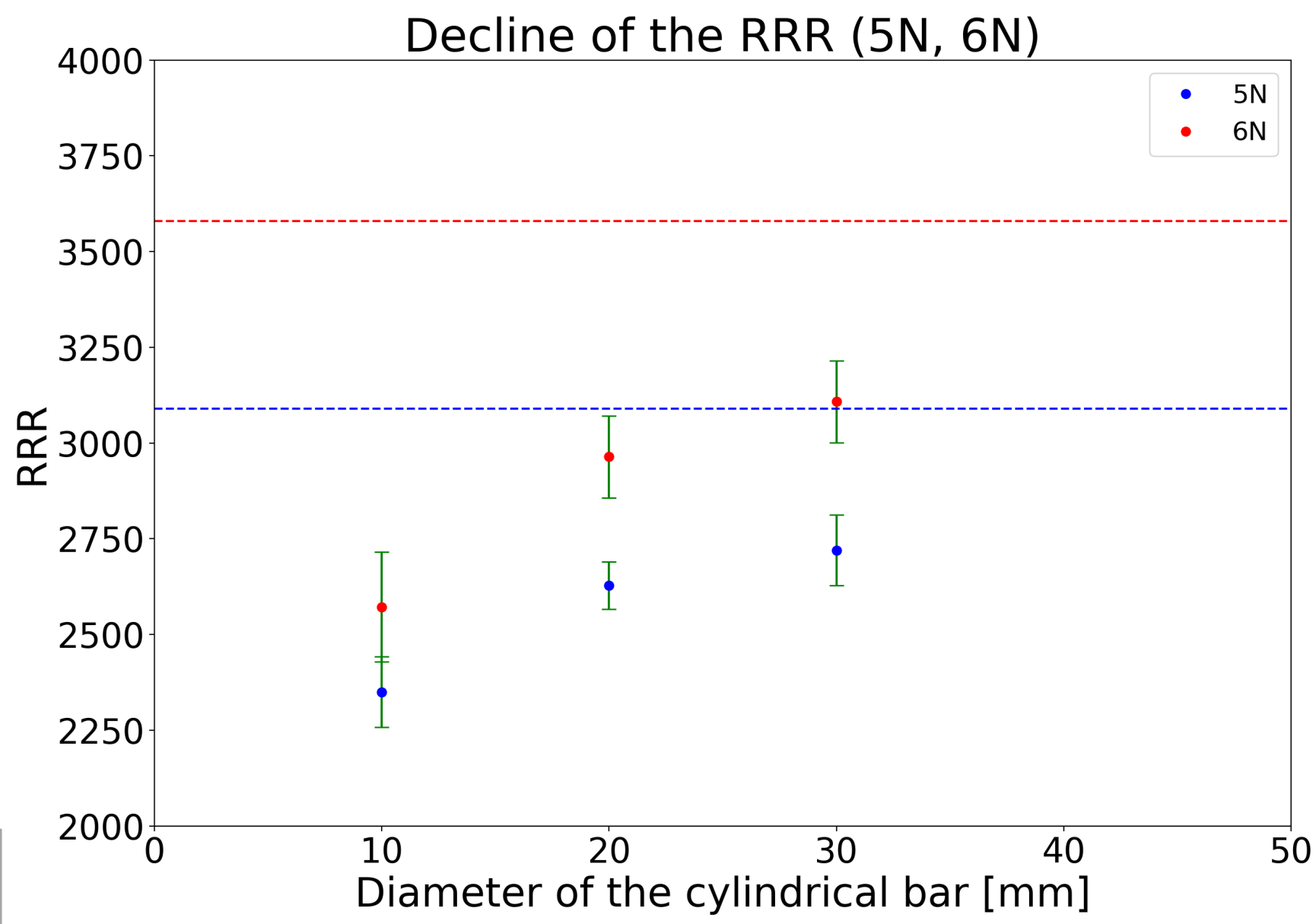
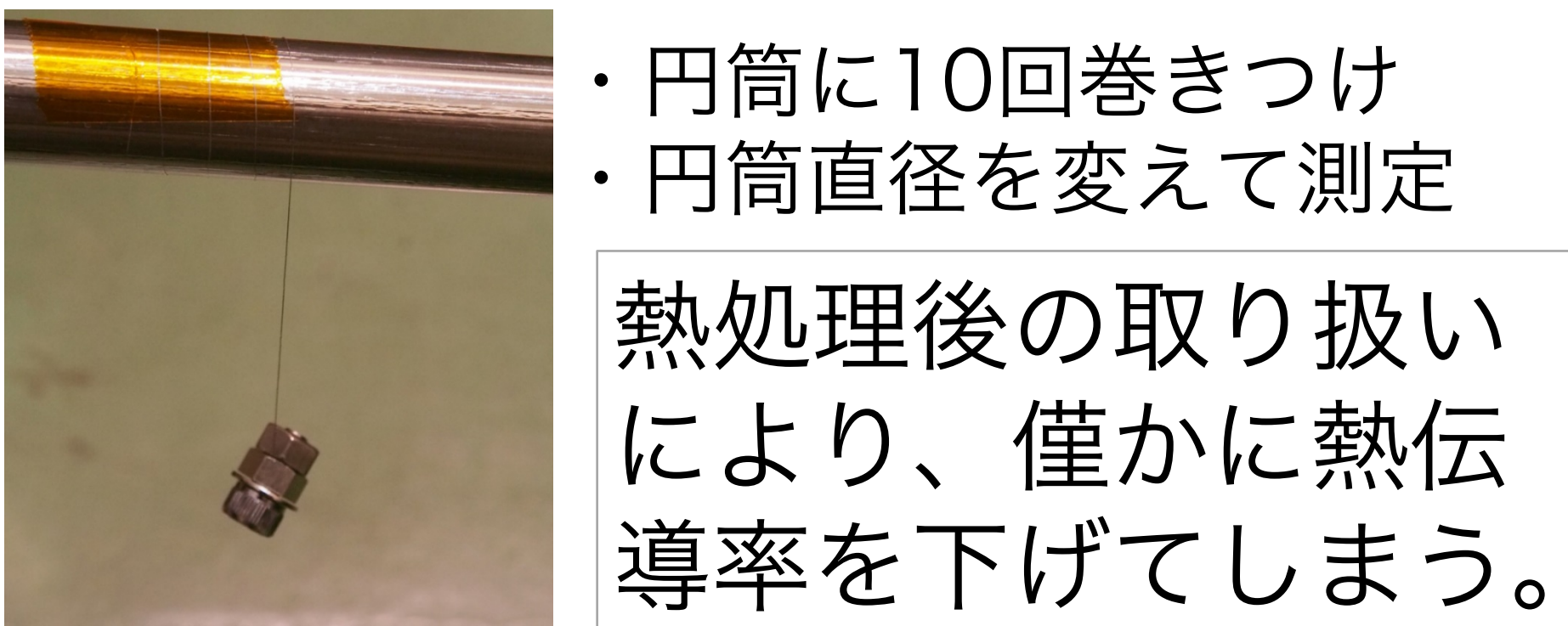


シャドーセンサー法による共振周波数測定

	断面積	5N	6N
45本撚り線	0.8 mm <sup>2</sup>	9.6 Hz	9.8 Hz
φ 1mm単線	0.8 mm <sup>2</sup>	64 Hz	64 Hz

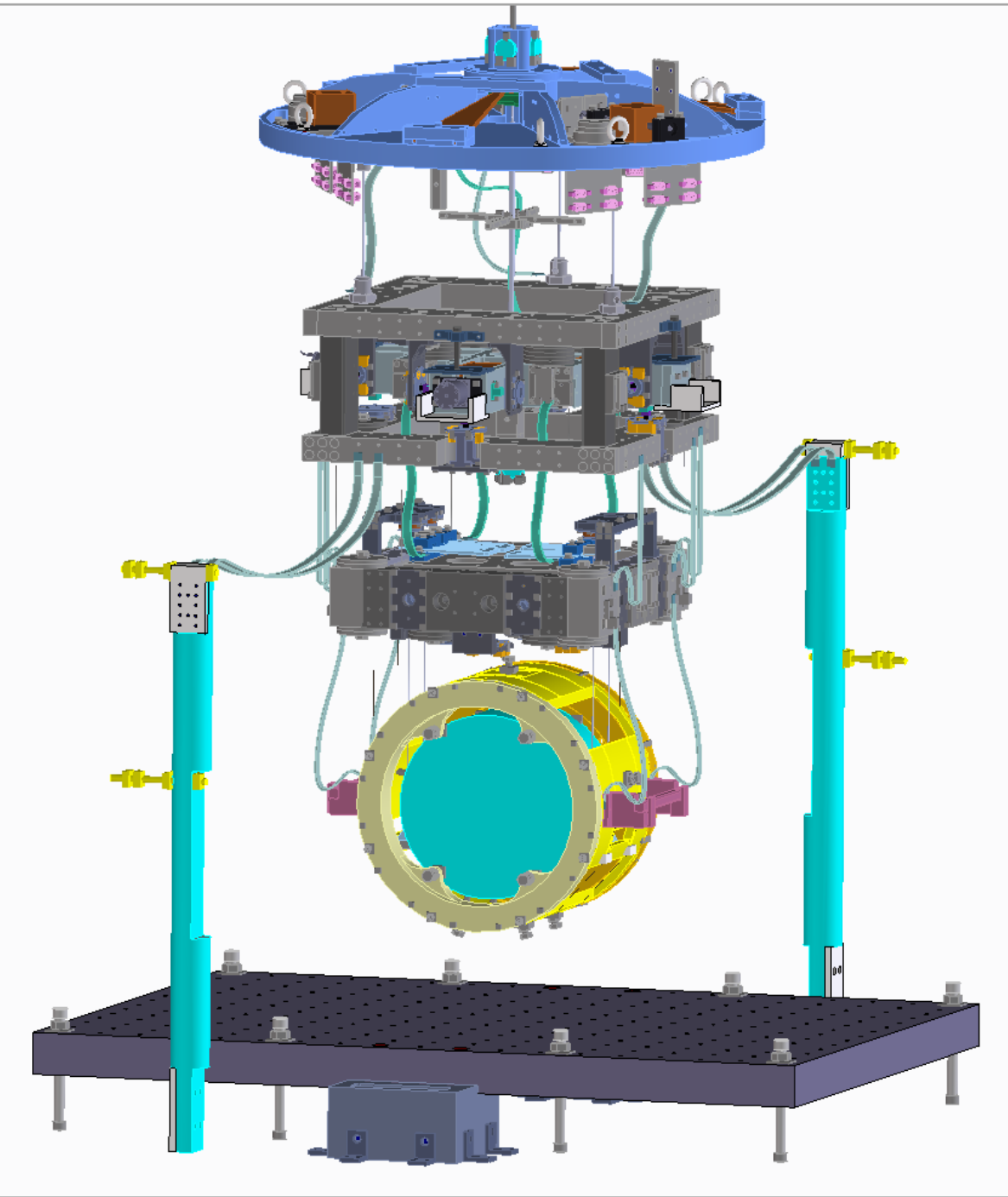
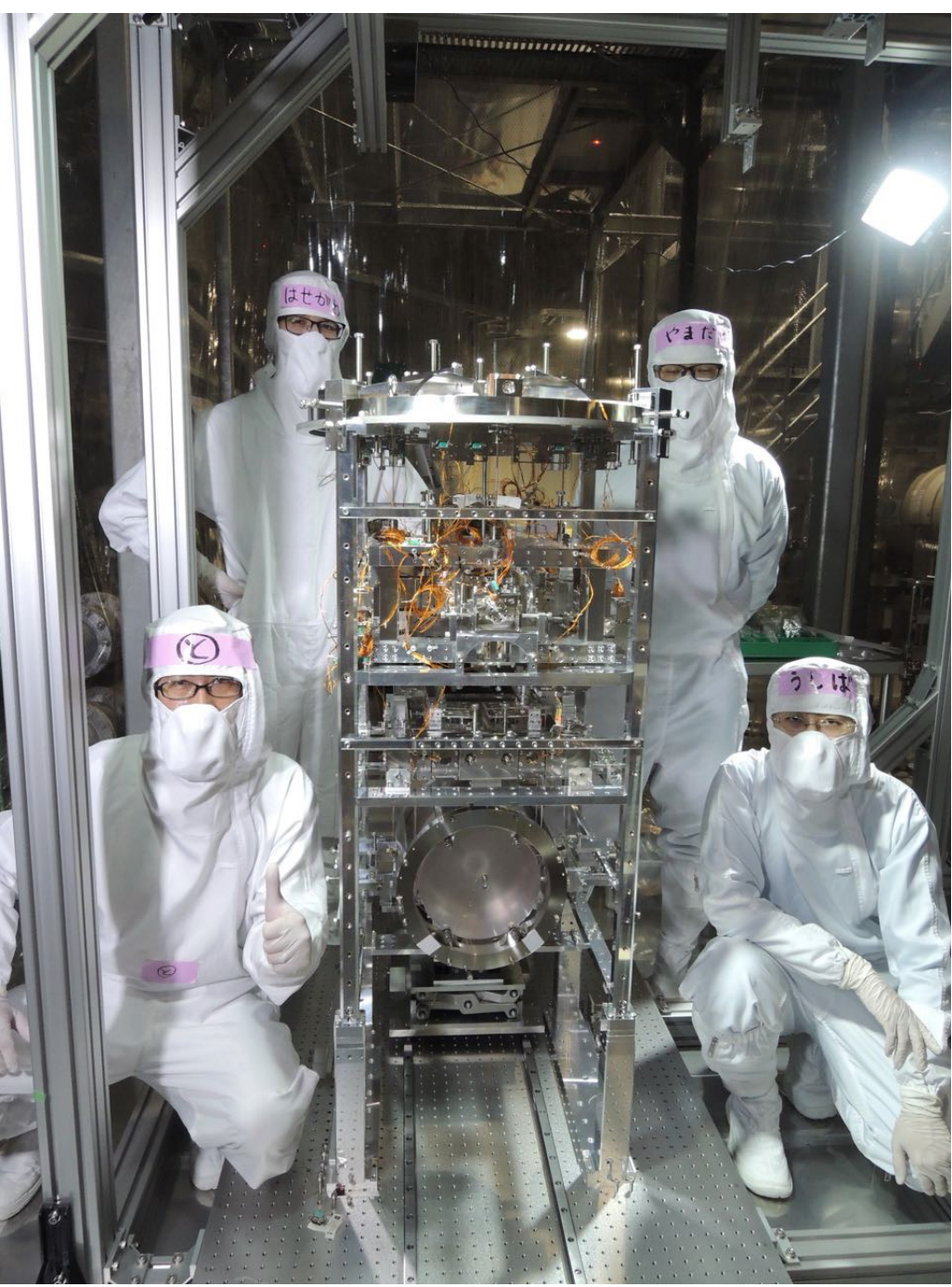
ばね定数と共振周波数の相関  
 $k \propto f^2$  より  
撚り線化により1/43にばね定数が減少

## 歪み効果



## まとめ

5N8という高純度アルミニウムを利用した  
ヒートリンクの開発に成功した。  
通常純アルミと比較して10 Kで約2桁の熱  
伝導向上が得られた。また、撚り線化によ  
り小さなばね定数を実現した。  
この結果をもって本ヒートリンクは大型低  
温重力波望遠鏡KAGRAに採用され、3月  
にはサファイア鏡を冷却し試験観測を行う。



## 謝辞

本実験で使用したアルミニウムヒートリンク製作・開発において住友化学株式会社の星河 浩介、永田 章の両氏の協力を得て進められました。また、本研究開発は大型低温重力波望遠鏡 KAGRA collaboration の協力によって遂行されたことをここに感謝します。