

# LCGT鏡懸架構成の実機に向けた開発研究

2010年度基礎研究費説明会

2010.07.06

鈴木敏一

# 2010 研究經費

申請額 ￥90万

内訳

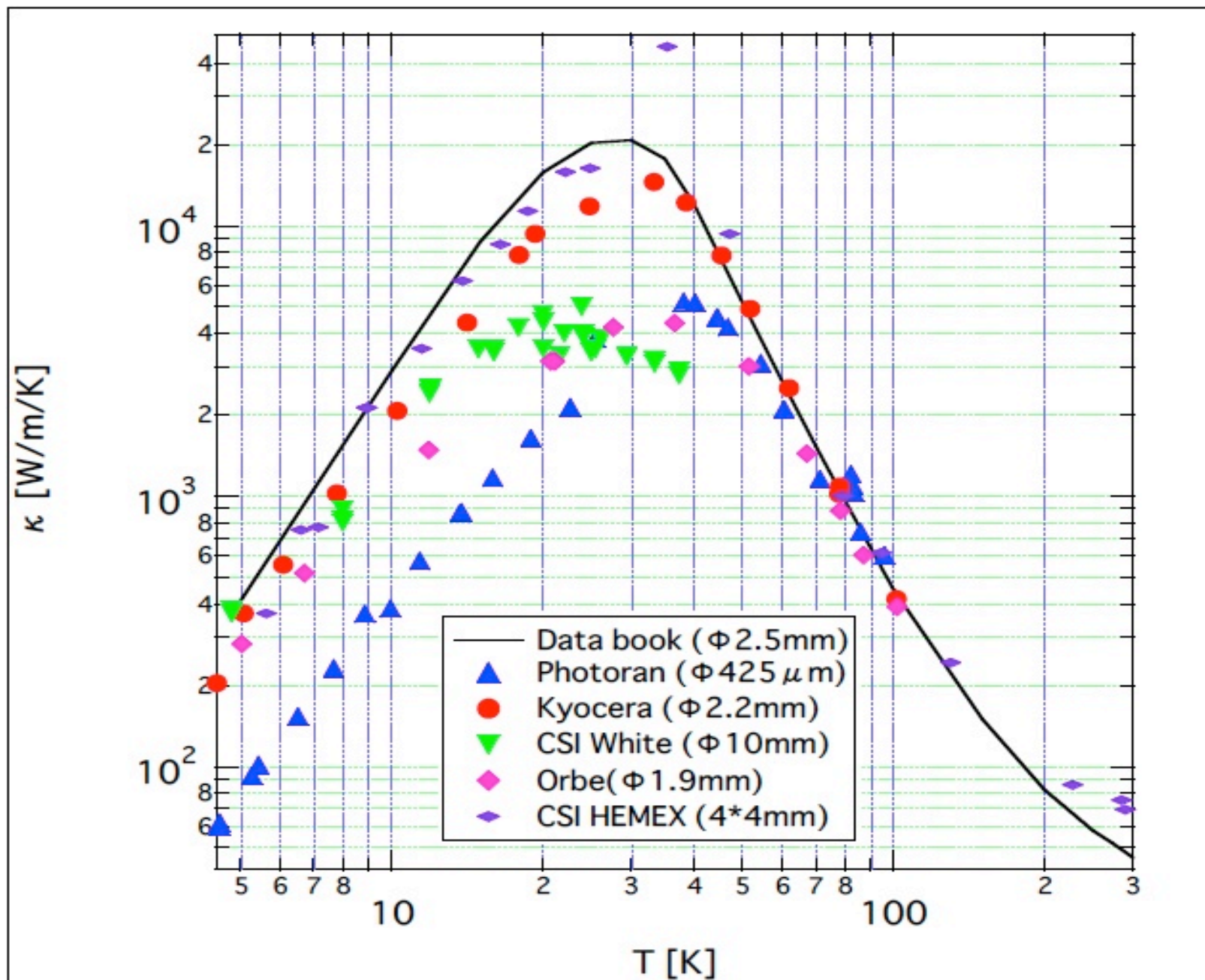
# LCGT鏡懸架に求められる性能

- 鏡を振り子として働かせるための「吊り糸」になるための十分な強度
- 鏡冷却のための20K-10Kでの大きな熱輸送力
- 鏡の振り子運動自由度と熱浴の結合を小さくするための低機械損失

解が一つは見つかっている

サファイアファイバー(ロッド)の使用

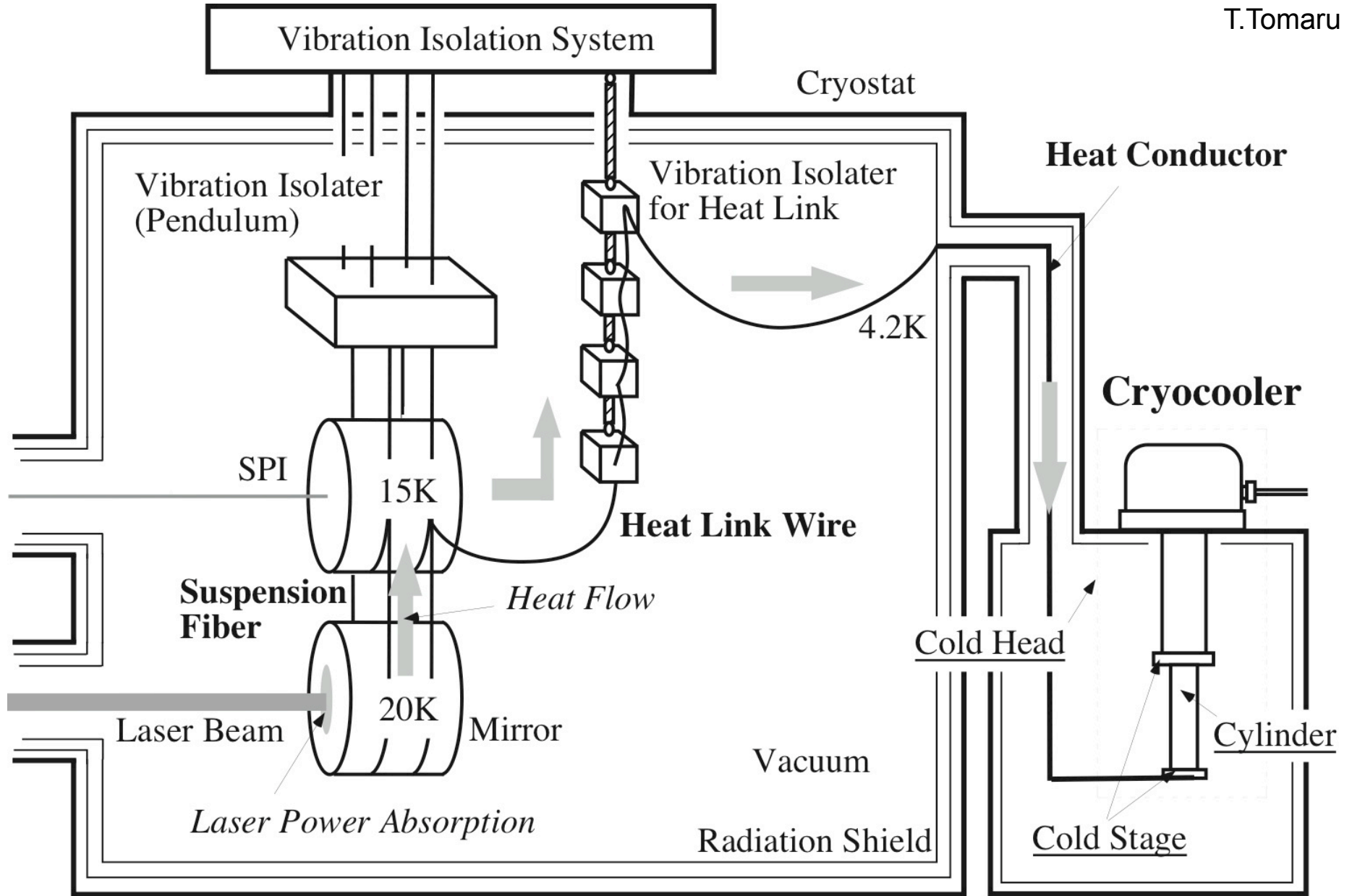
# Sapphire(単結晶アルミナ)熱伝導率比較



TTomaru

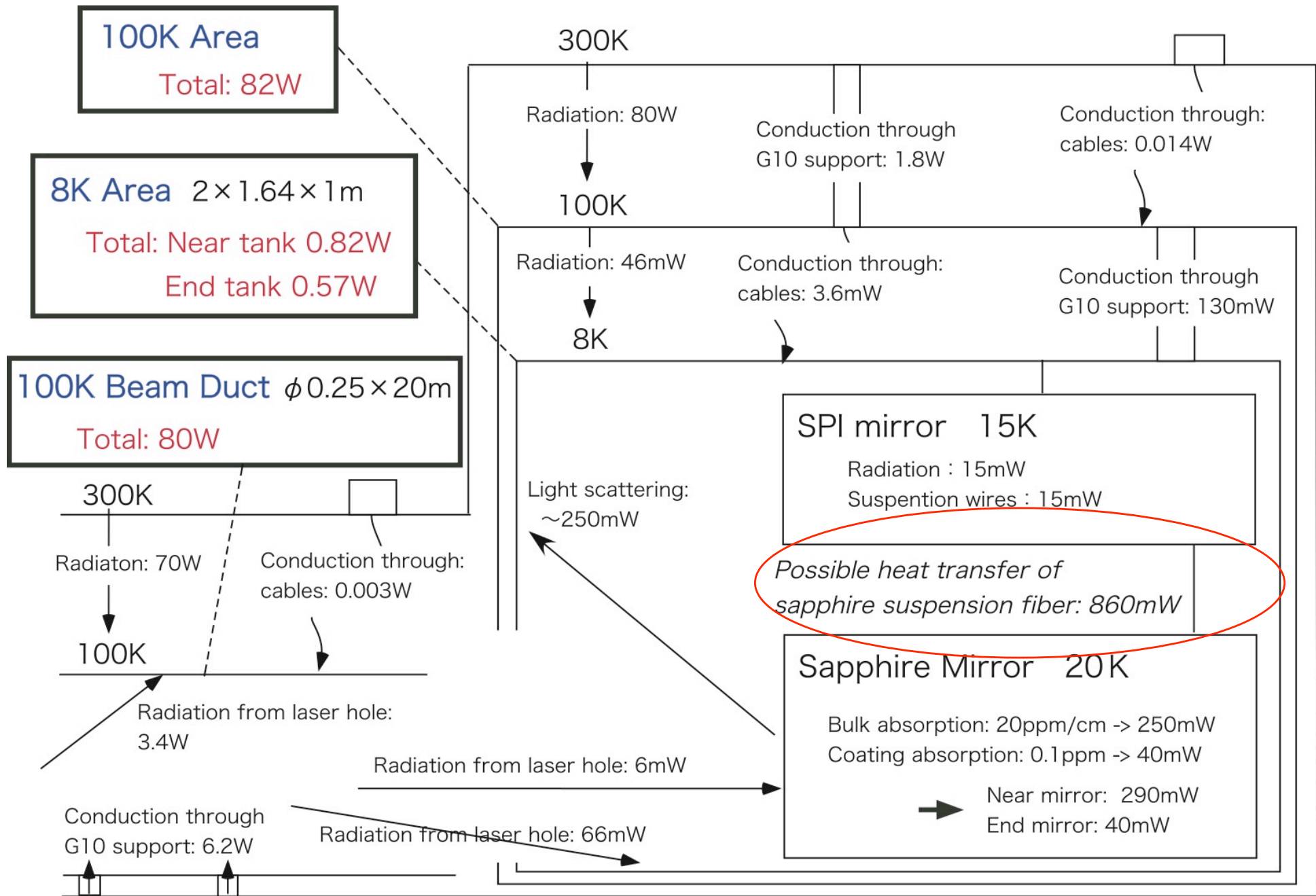
# LCGT冷却系模式图

T.Tomaru



# LCGT冷却系熱

T.Tomaru

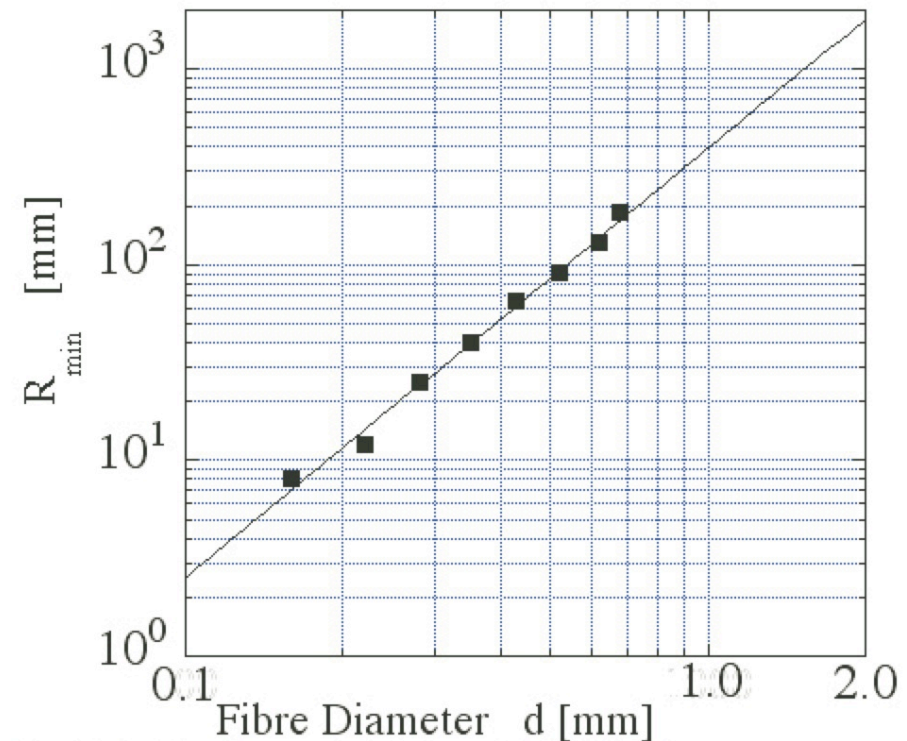
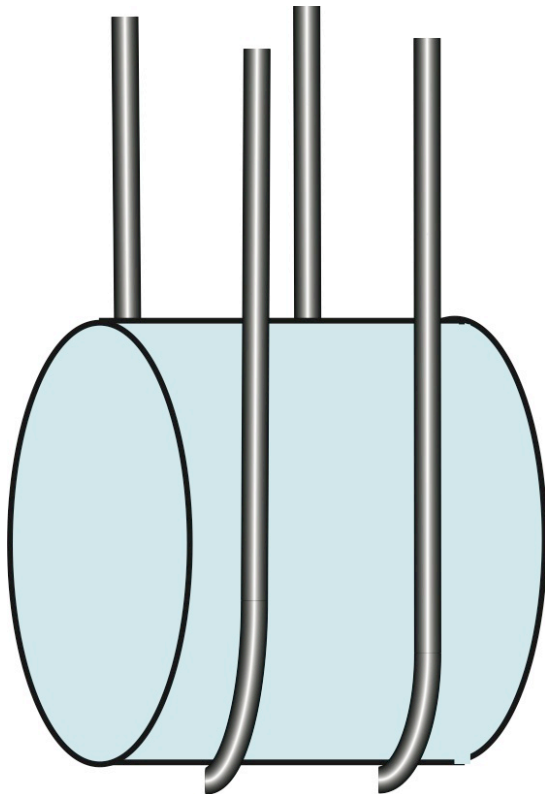


# サファイア鏡の懸架支持と支持ロッドの最小半径

鏡半径 = 支持ロッドの曲げ半径

Minimum Bending Radius of Sapphire Fibre

$$R_{\min} = 2.55 \text{ mm} * (d / 0.1 \text{ mm})^{2.19}$$



(From Fig.2 of Ling Tong et al., Appl. Opt. vol.39 (2000) 494.)

FibreBendRadius.kgd

**φ1.8mmロッドの弾性変形でφ250mm鏡は吊れない**

どのようにサファイア支持構造をつくるか？

# 形状制御結晶成長

## Edge-defined Film-fed Growth

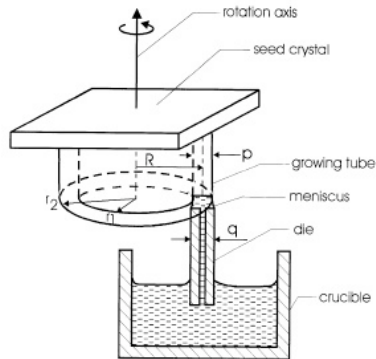
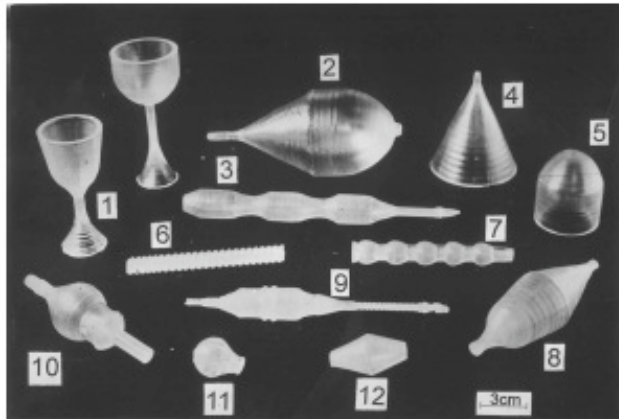


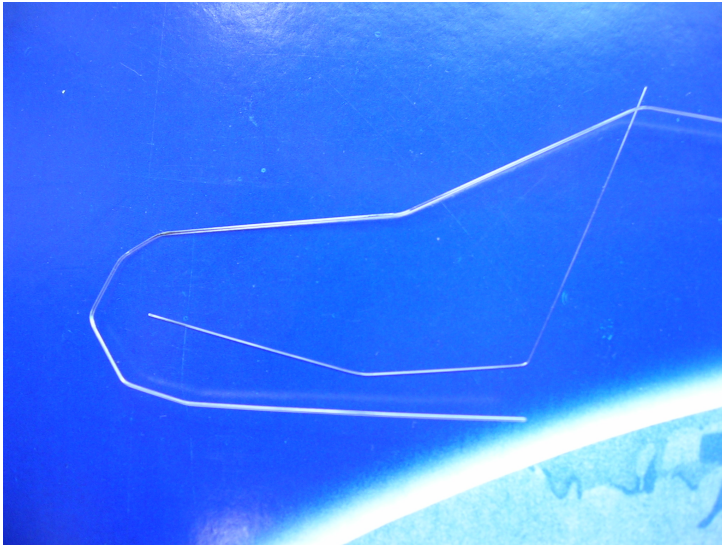
Fig. 2. The scheme of the local shaping technique.

- 目的形状に沿った結晶成長
- $\phi 1.8\text{mm}$ 、長さ $\sim 300\text{mm}$ 以上でU字が作れるかは不明





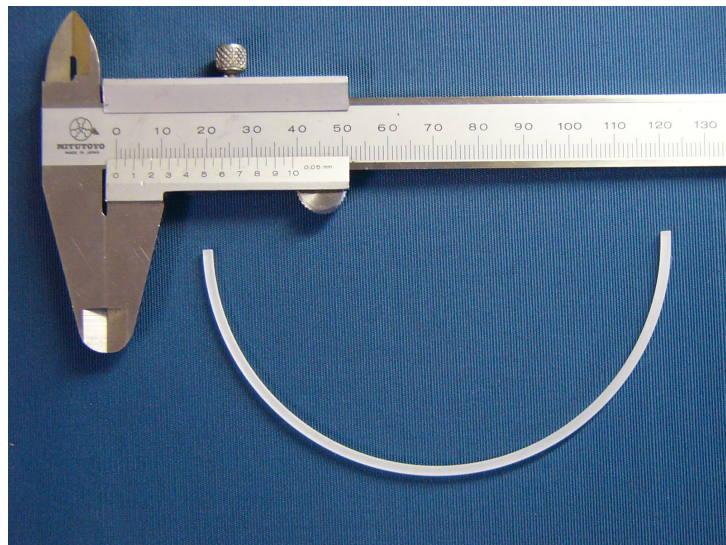
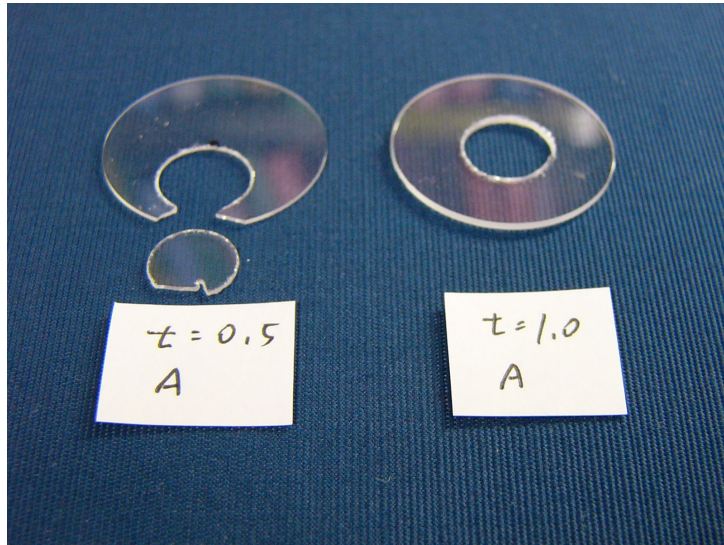
# 塑性変形



- 炭酸ガスレーザーによる加熱
- 細い( $< \phi 0.8\text{mm}$ )ロッドは80Wクラスの炭酸ガスレーザーで塑性変形が行われている
- LCGTで使う $\phi 1.8\text{mm}$ ロッドでは80Wは不足
- kWクラスのレーザーでは、加熱による応力によるひび割れ、融解が置きやすく、制御が難しい。

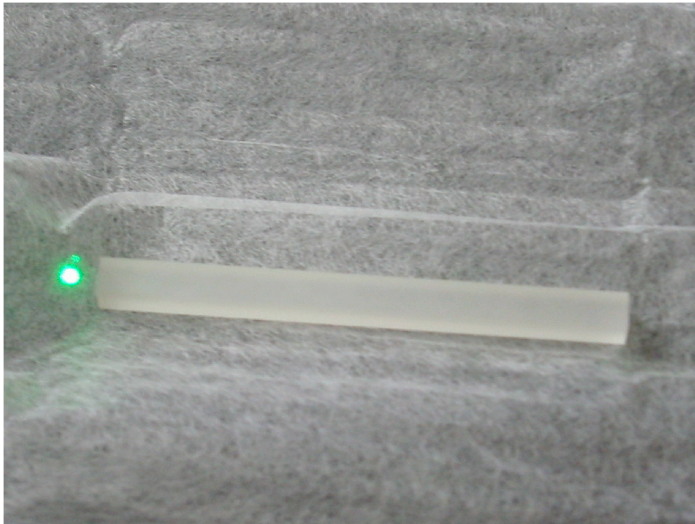


# レーザー切断 機械加工



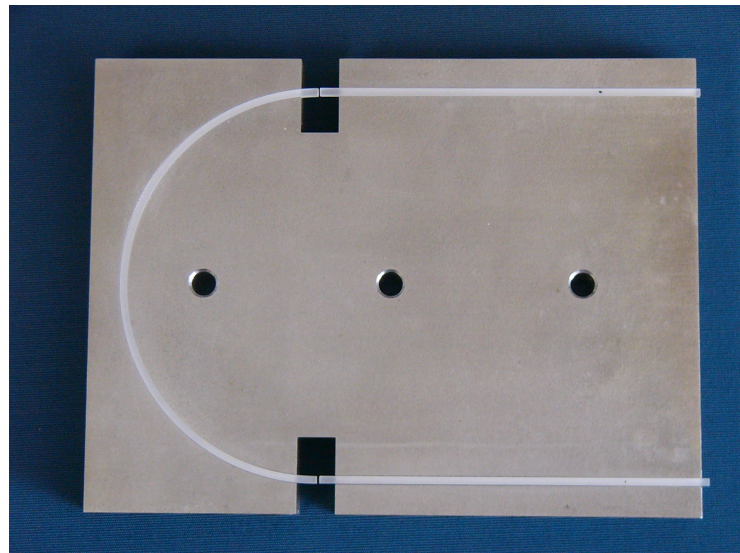
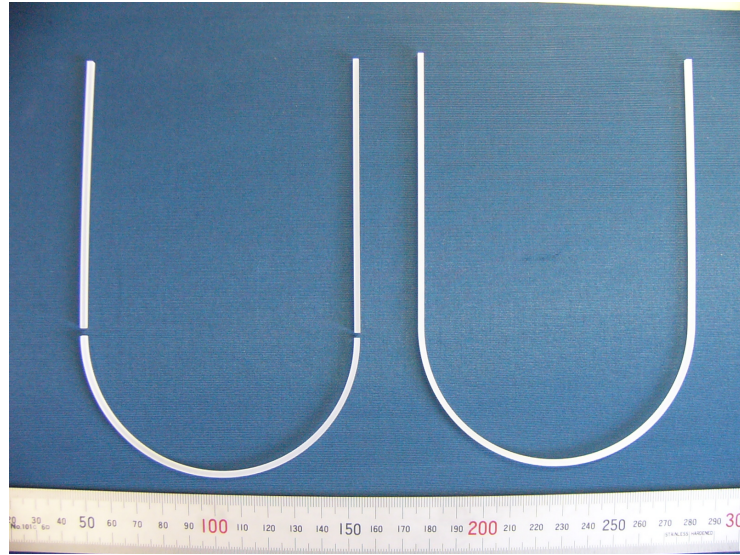
- サファイアのレーザー切断は、切断線の縁が欠けやすい。(アルミナセラミックではきれいに切れる。)
- 機械的な切断(ワイヤー+ダイヤモンド砥粒)による2mm板からの切り抜き。幅2mm、半径50mm

# 接合



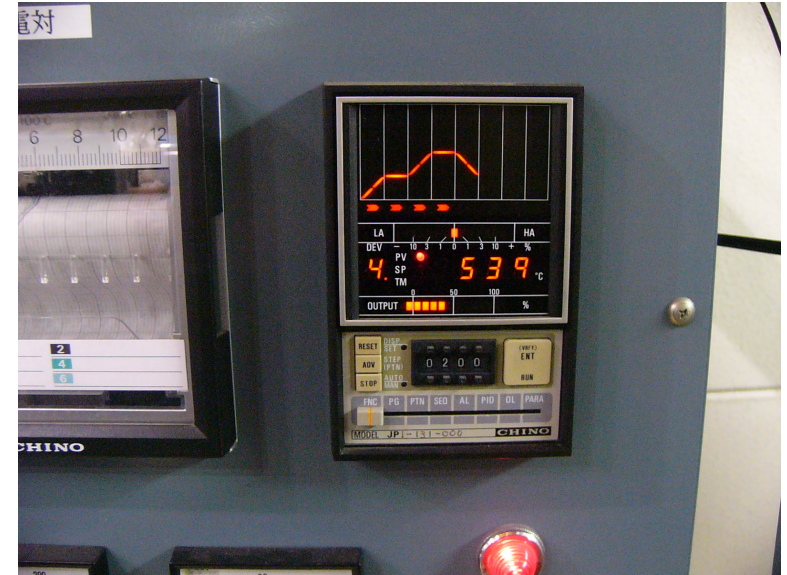
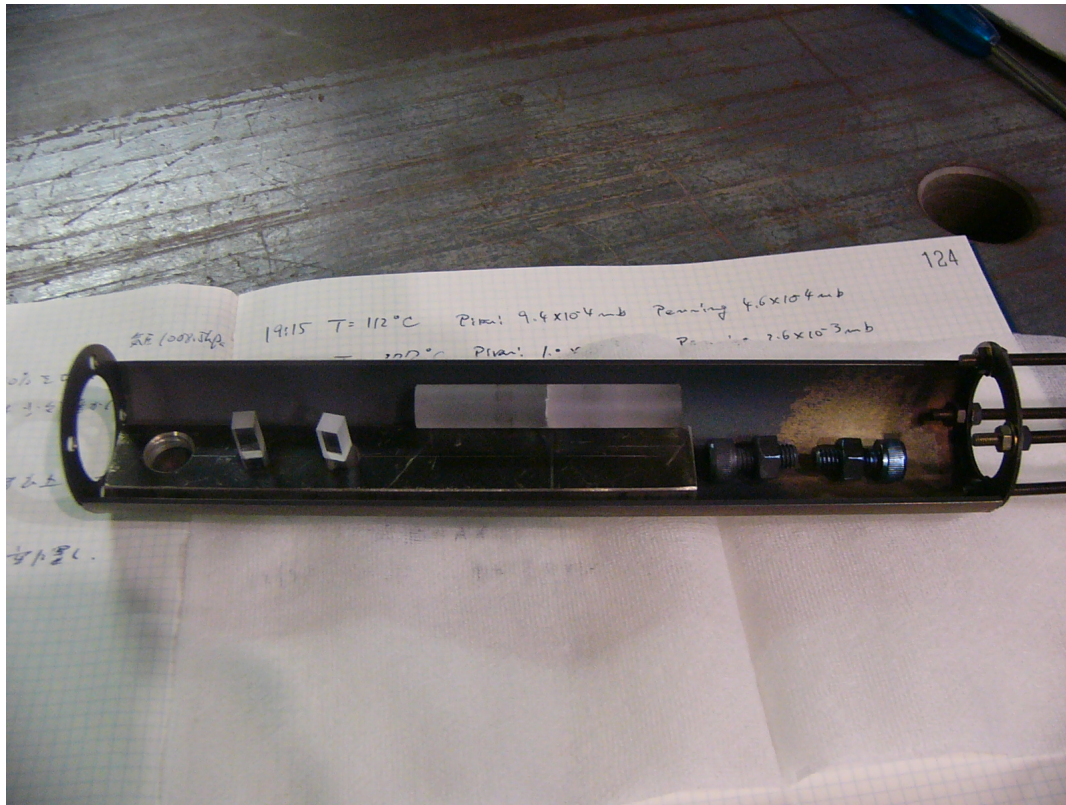
- 固相接合。光学研磨面同士を合わせて、 $1300^{\circ}\text{C}\sim 1400^{\circ}\text{C}$ に加熱。接合面の強度はほぼバルクと同じオーダー。熱抵抗も小さい。
- シリケート接合。準光学研磨面。 $\text{KOH}$ や $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ の水溶液を補助剤として用いる。常温で処理。接合面の強度、熱抵抗は固相接合に劣る。
- 現在のLCGT設計はシリケート接合を前提している。

# Sapphire-Sapphireの接着

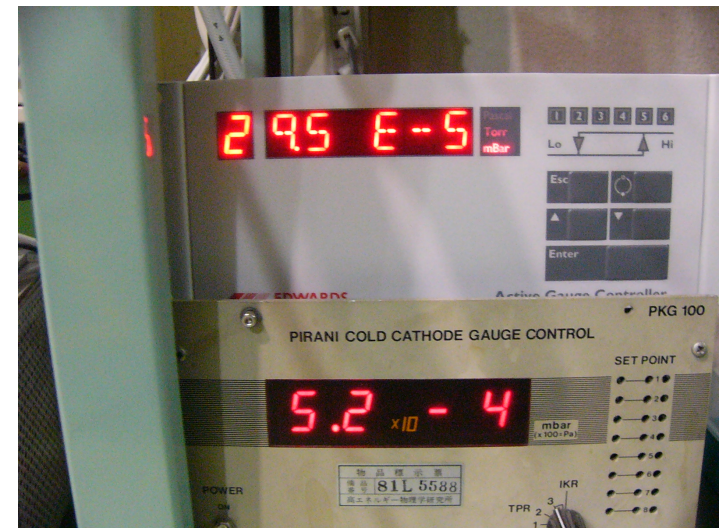


- 機械的切断で懸架ロッドの部品をつくる
- 接着でつなぐ
- 形状形成を2段階で行う。
- 接着の場合は光学研磨を必要としない

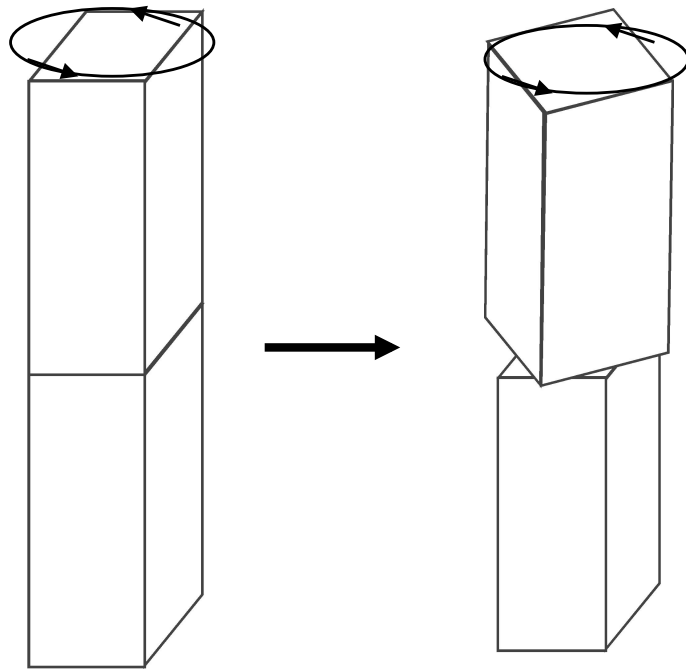
# 真空炉での焼成固化



340°C 1時間+540°C 1時間



# 剪断強度試験



Sapphire block  
5mm x 5mm x 10mm

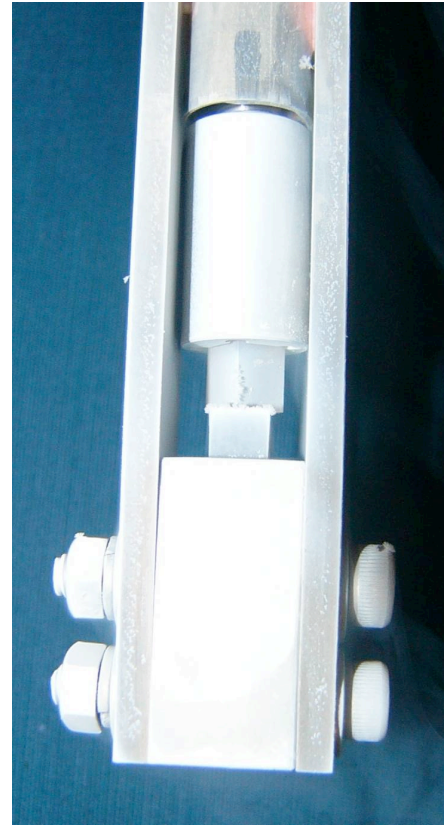
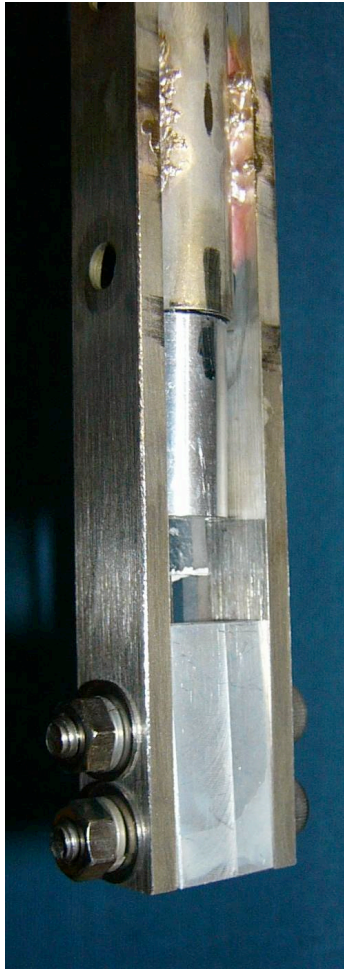
5mm x 5mm 面を接着

一方を固定、他方にトルクを掛けて  
破断させる

トルクメーターでピーク値を記録

T=300K , T=4.2K

# 剪断強度試験

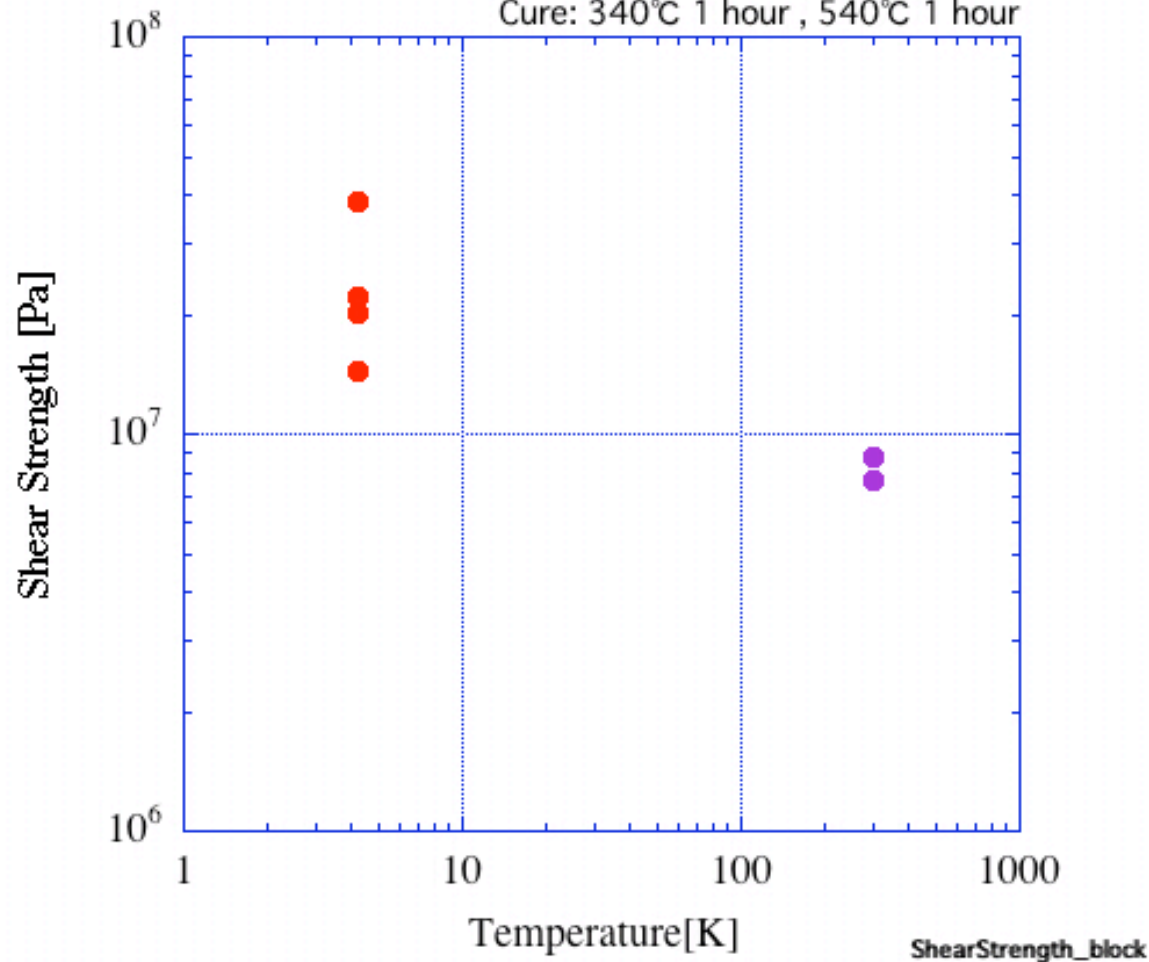


# 300Kと4.2Kにおける接着剪断強度

## Sapphire接着 剪断強度

● Shear Strength (300K) [Pa]  
● Shear Strength (4.2K) [Pa]

5mm x 5mm x 10 mm + 5mm x 5mm x 10 mm  
 Adhesive : fine alumina + H<sub>2</sub>O + AlPO<sub>4</sub>  
 Cure: 340°C 1 hour , 540°C 1 hour



	剪断強度 [MPa]	
T=300K	8.80	
	7.63	
T=4.2K	38.3	
	22.2	
	22.1	
	20.2	



## 現状まとめ

- 接着剤によるサファイア接合面の強度
  - 300Kで8MPa程度の強度
  - 4.2Kで20MPa程度の強度(最高値は38MPa)
- バラツキが大きいので品質コントロールに工夫が必要。
- 強度的には有望な方法

### 懸架構造を作るために行うべき測定

- (1) 接着による振動の機会損失
- (2) 接着面の熱抵抗