

テラヘルツ光子計数型検出器のための 0.8 K 小型吸着式冷凍器の開発

○丹羽綾子*, 松尾宏**, 江澤元**, 福嶋美津広**, 岡田則夫**, 森野潤一**, 黒澤里沙***, 守屋潤一郎****

*筑波大学, **国立天文台, ***東邦大学, ****株式会社プレテック

発表者と所属研究室の紹介

1/9

< 発表者 >

発表者氏名：丹羽 綾子

所属：筑波大学大学院物理学学位プログラム M1

宇宙観測研究室

国立天文台特別共同利用研究員

先端技術センター 松尾研究室

興味のあるもの：検出器、冷凍機

< 松尾研究室 >

指導教員：松尾 宏（総合研究大学院大学 准教授）

所在地：国立天文台三鷹キャンパス

開発棟(南)

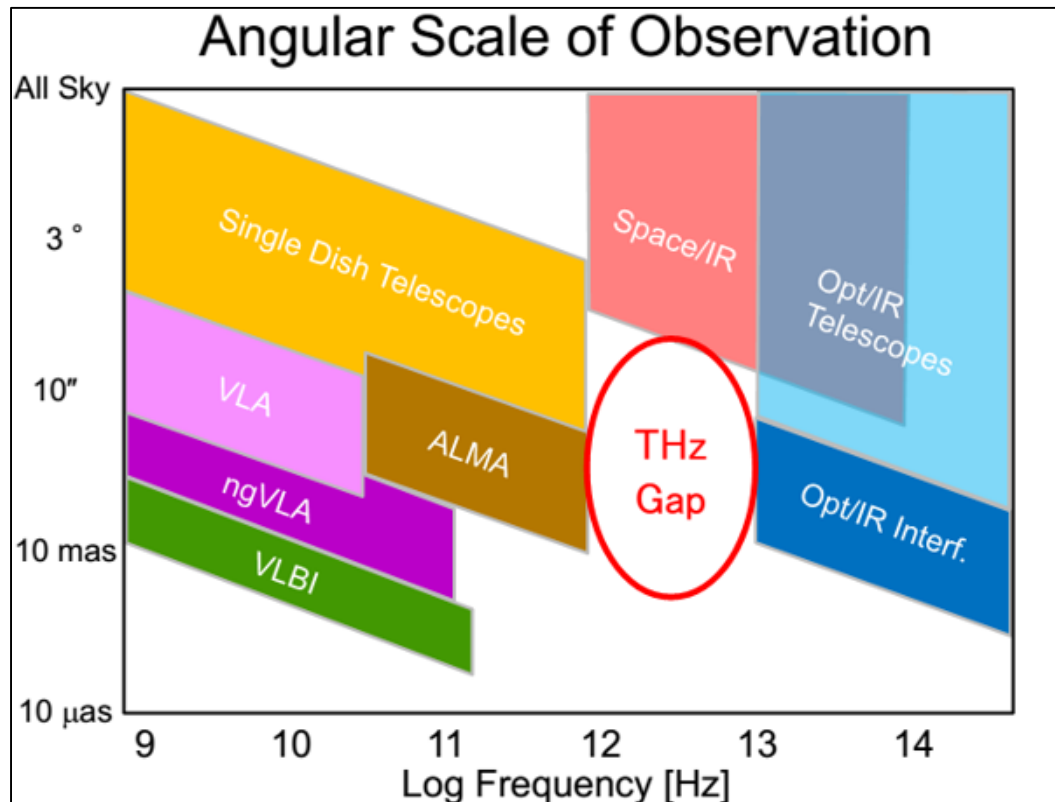
主な研究内容：テラヘルツ光子計数型強度干渉計の開発

教員 2 名、学生 3 名の計 5 名が所属



(上)研究室のある国立天文台三鷹キャンパス先端技術センター
(右)発表者(1年前)

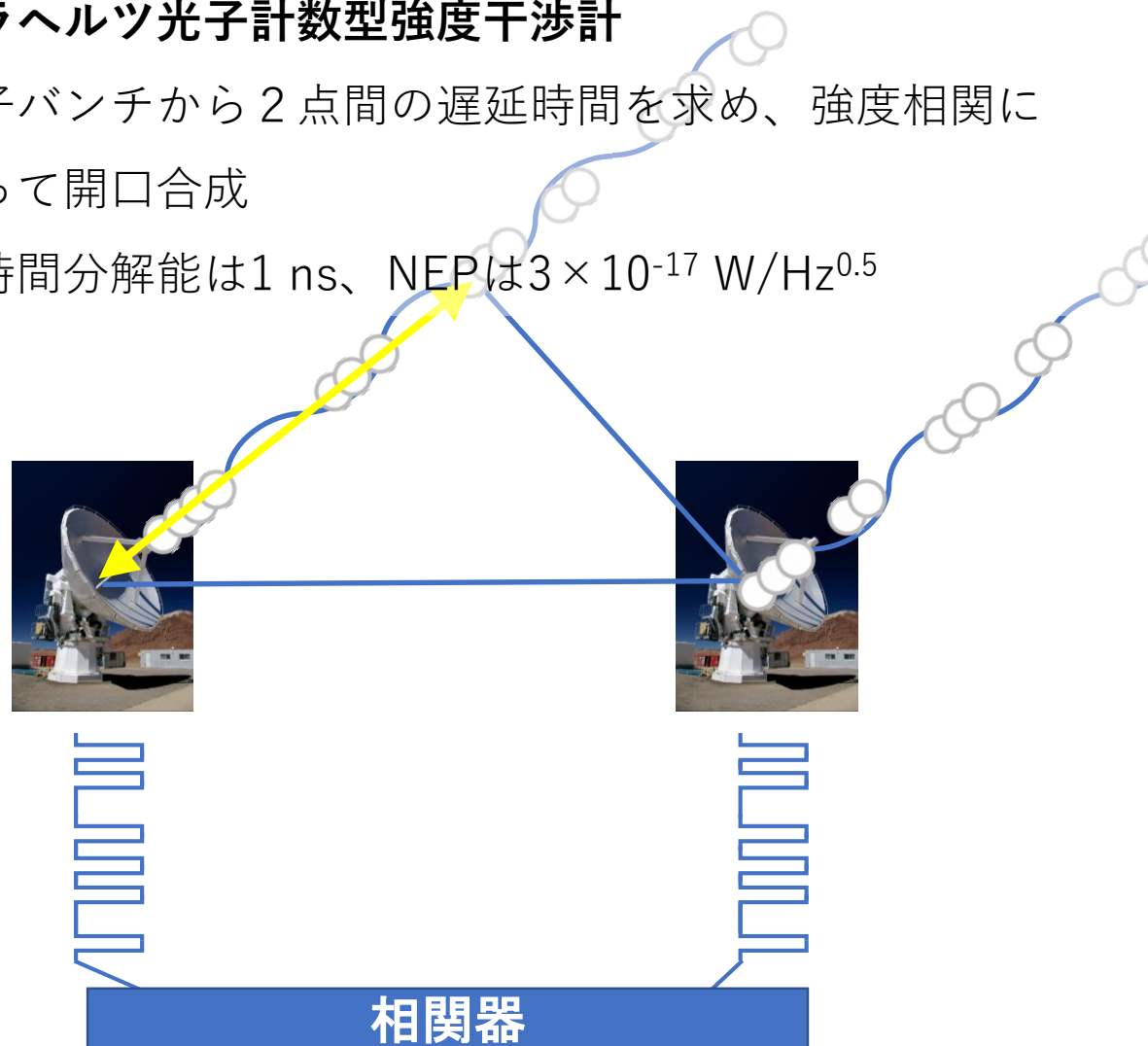




テラヘルツ光子計数型強度干渉計

光子バンチから2点間の遅延時間を求め、強度相関によって開口合成

→時間分解能は1 ns、NEPは $3 \times 10^{-17} \text{ W/Hz}^{0.5}$



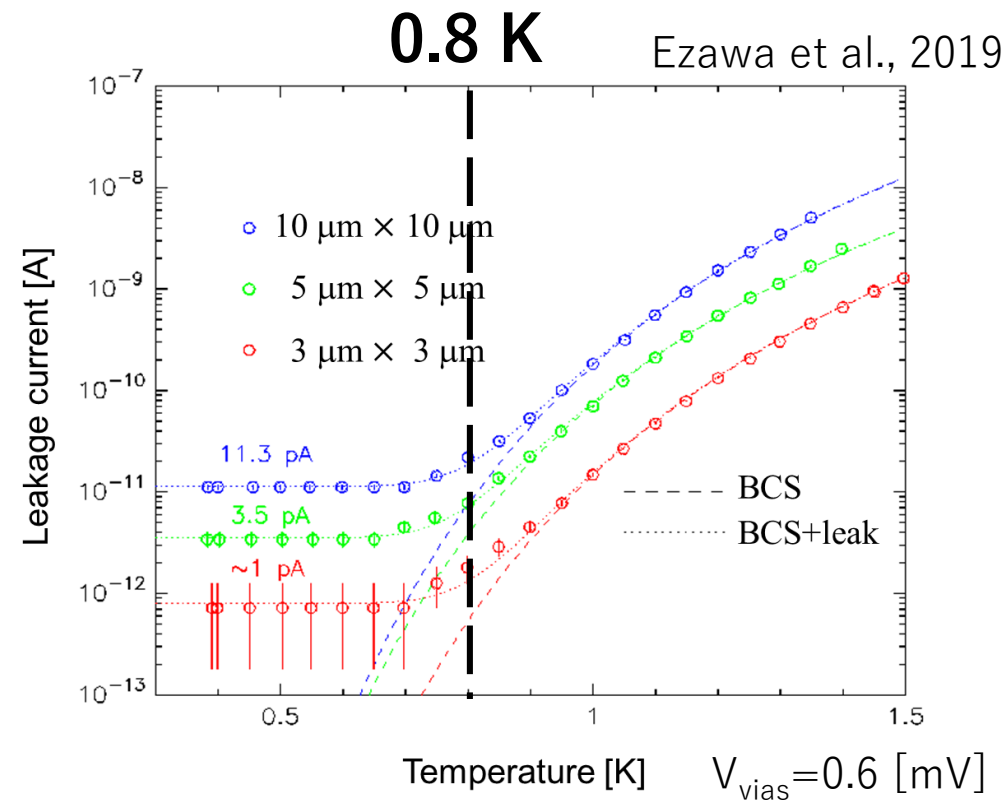
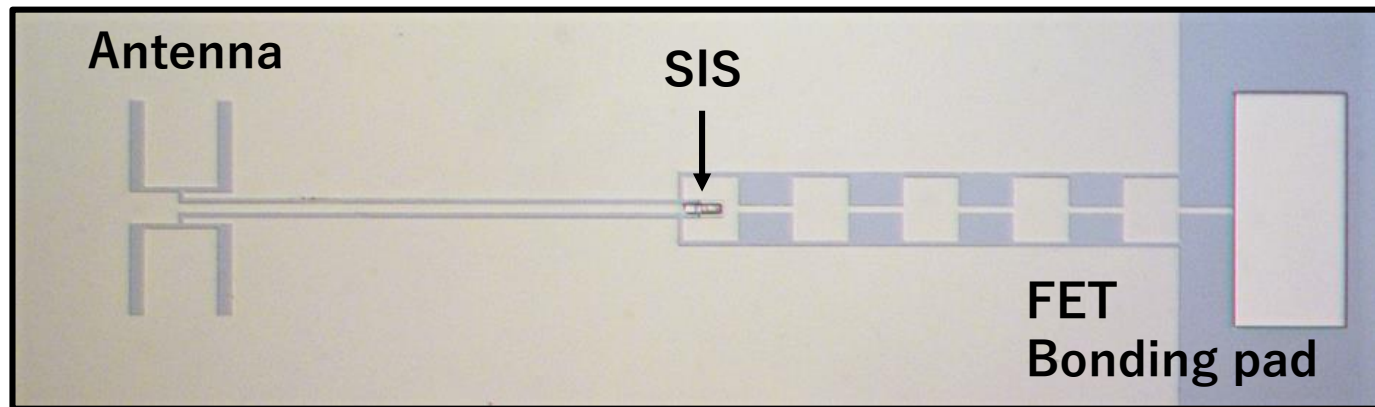
SIS光子計数型検出器

SIS : Nb/Al/AIO_x/Al/Nb ($T_c=9.2$ K) 、 $3\text{ }\mu\text{m} \times 3\text{ }\mu\text{m}$

ノイズとなるリーク電流は**0.8 K以下**で下限値に

このとき、 $\text{NEP}=5 \times 10^{-16} \text{ W/Hz}^{0.5}$ (量子効率 $\neq 100$ のため)

高速読み出しのため、SISと同ステージのFETで**200 μW** の放熱

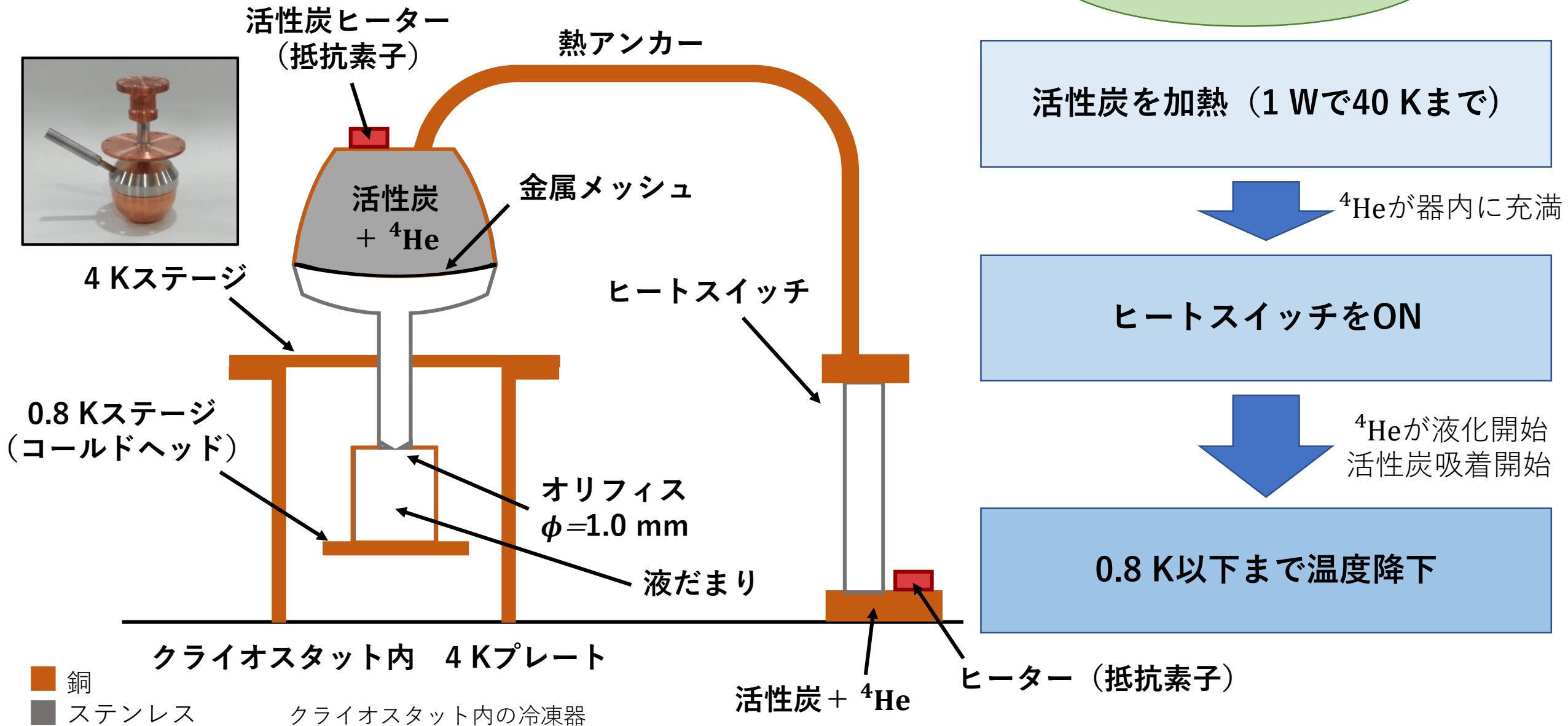


→ **0.8 Kで200 μW の冷却能力をもつ吸着式冷凍器を開発**

0.8 K小型吸着式冷凍器の構造と冷却のしくみ

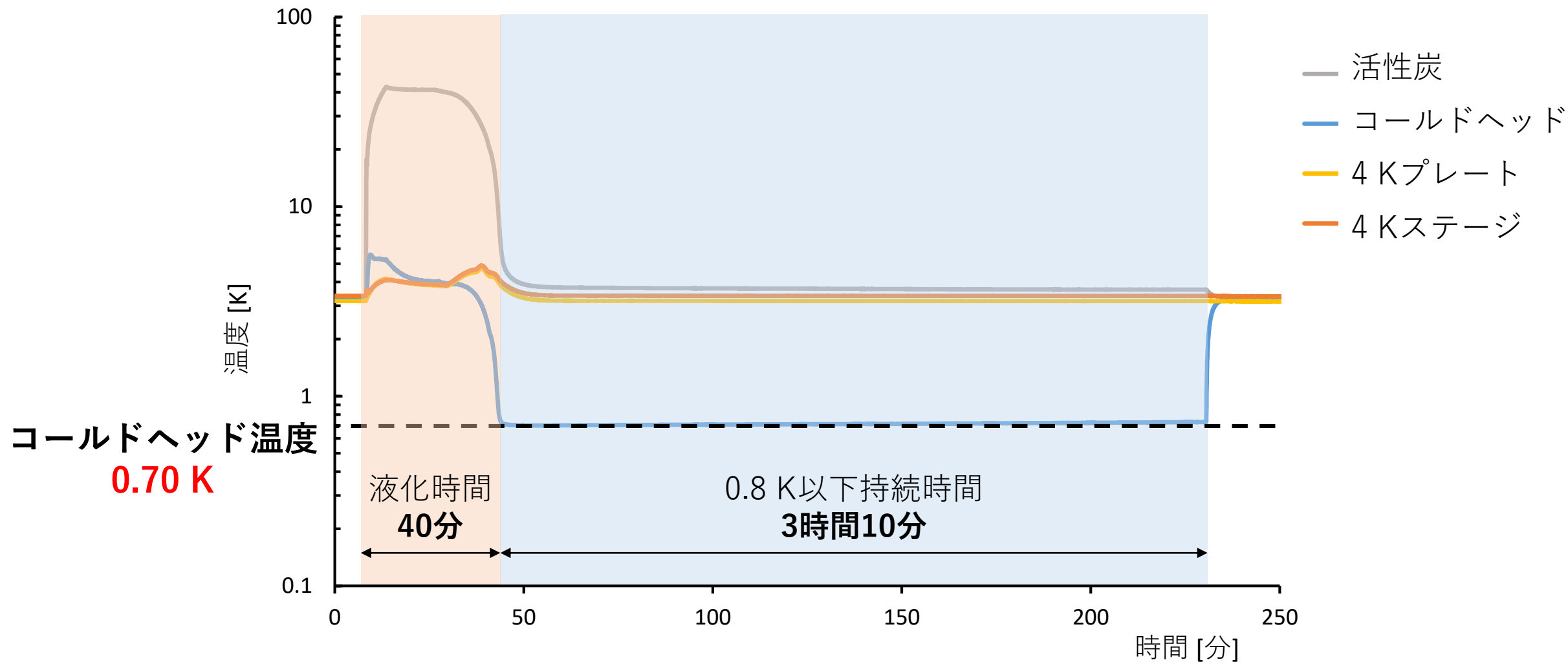
4/9

ヒーターの放熱
(ジュールの法則) $Q = \frac{V^2}{R}$



無負荷での液体温度と持続時間

5/9



0.8 Kでの冷却能力

検出器の読み出し回路にて、約200 μW 放熱

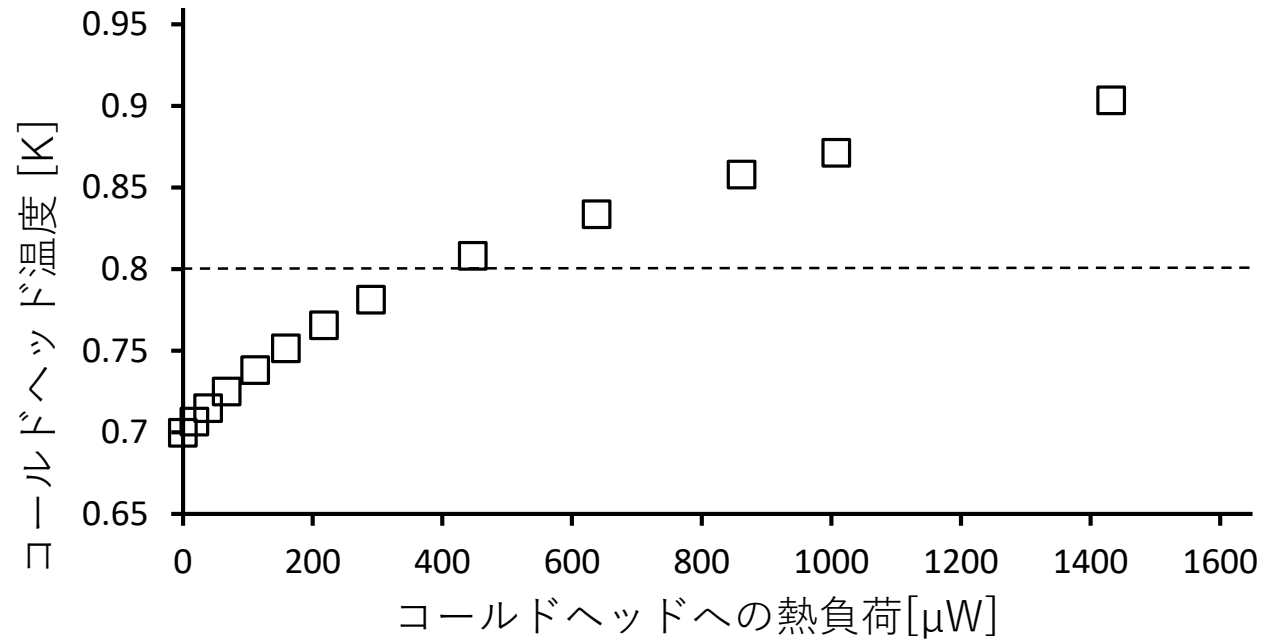
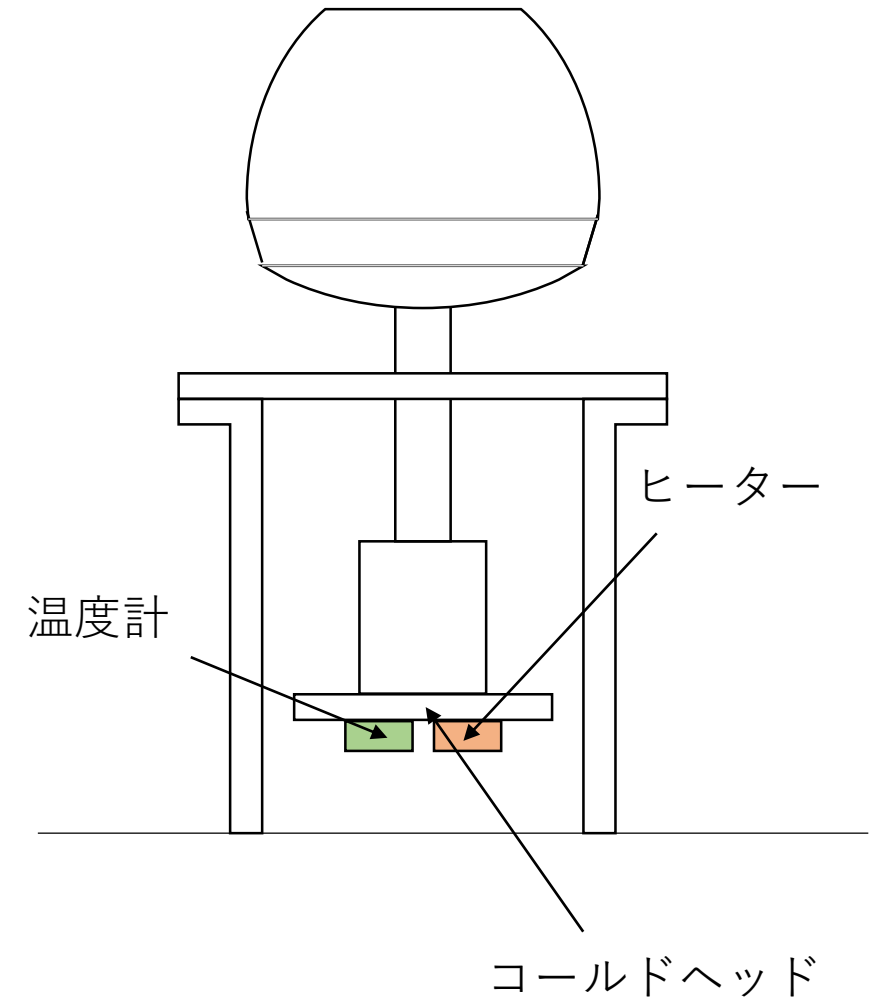


Fig.7 Temperature on cold head vs heat load.

0.8 Kでの冷却能力は**約400 μW** 。

→読み出し回路での発熱**200 μW 以上の冷却能力をもつ**

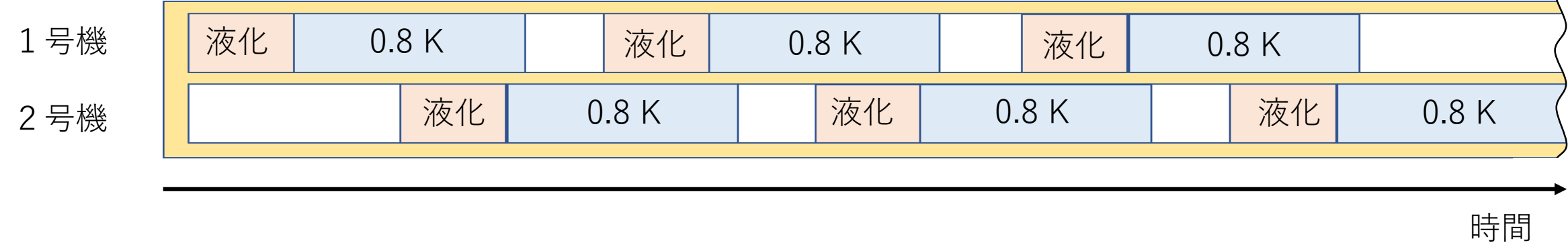


液量[g]	自然蒸発量[g/s]	液化にかかる時間	200 μ W下での持続時間
0.167	1.47×10^{-5}	40分	1時間50分

検出器の読み出し回路の放熱200 μ Wのもとでも **持続時間 > 液化にかかる時間**

→ 2 台の交互運転で0.8 Kの持続が可能？

<交互運転イメージ>



冷凍器2台の交互運転による**0.8 K連続運転**（想像図）

8/9

GM式冷凍機でクライオスタット内を4 Kに

SIS検出器（動作温度：**0.8 K**）
読出回路での放熱：**200 μ W**

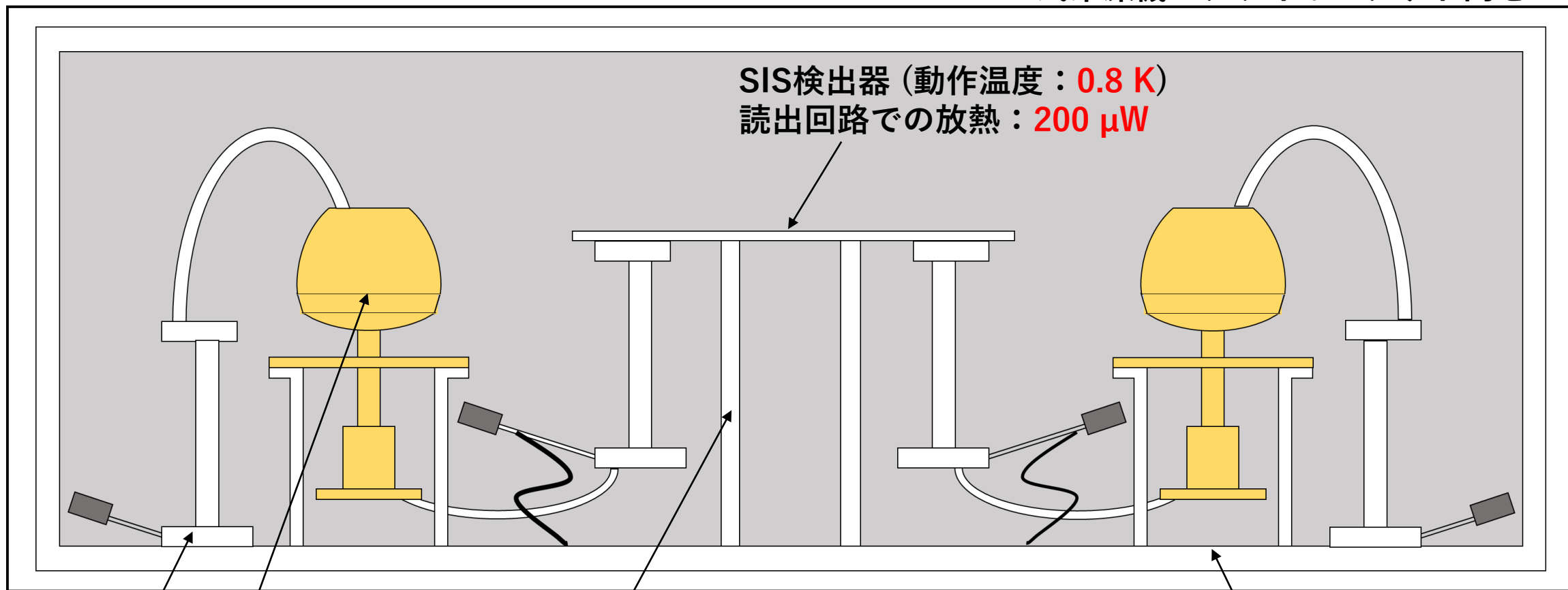
クライオスタット内部

4 Kシールド

冷凍器

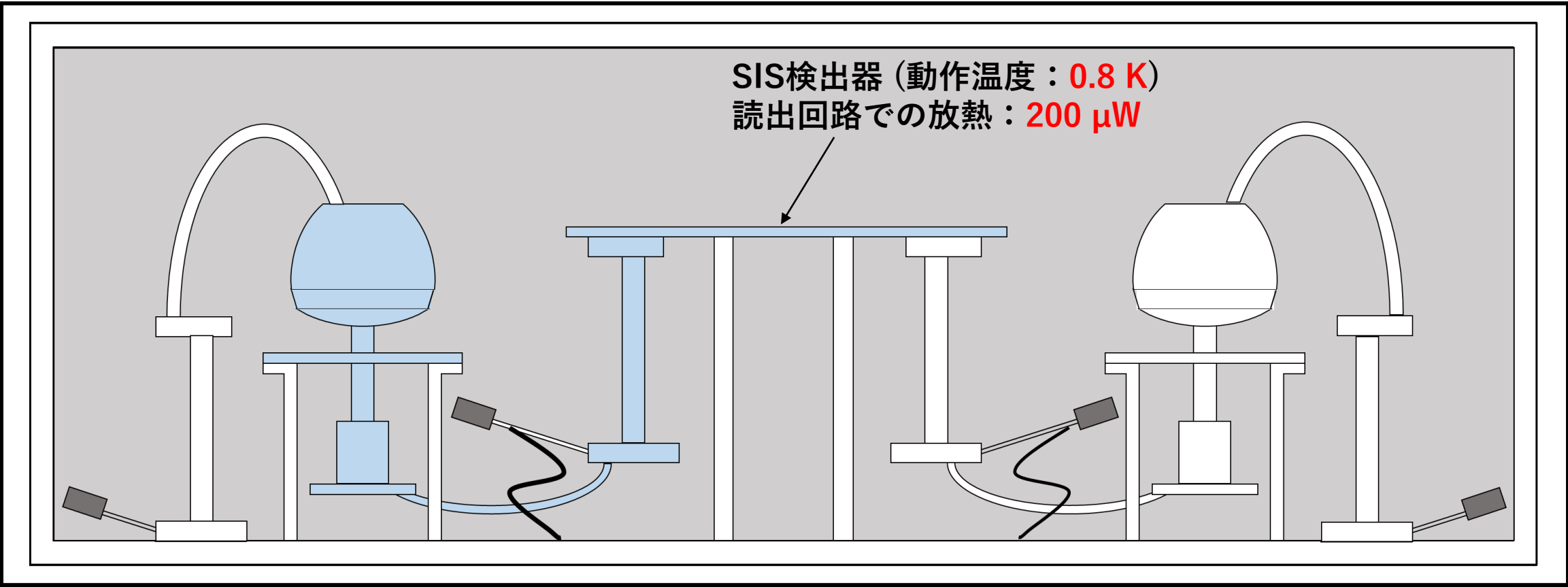
ヒートスイッチ

台座（グラファイト製）



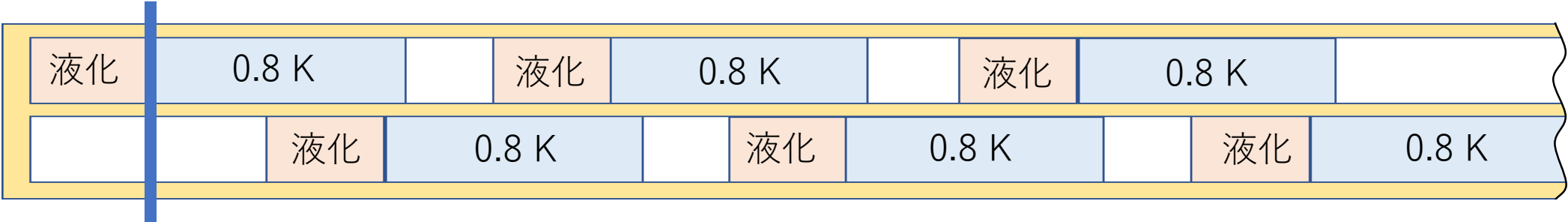
冷凍器2台の交互運転による0.8 K連続運転（想像図）

GM式冷凍機でクライオスタット内を4 Kに



1 号機

2 号機



テラヘルツ光子計数型強度干渉計での運用に向けて、0.8 Kで200 μ Wの冷却能力をもつ吸着式冷凍器を開発した

< 冷凍器本体の評価の結果 >

① 無負荷での液体温度と持続時間

→ 1 号機は0.75 Kを3時間15分、 2 号機は0.70 Kを3時間10分継続

② 0.8 Kでの冷却能力

→ 1 号機は200 μ W、 2 号機は400 μ Wの冷却能力をもつ

③ 200 μ W下での持続時間

→ 1時間50分で、液化にかかる時間（40分）より長い

< 今後の課題 >

冷凍器 2 台を用いての交互運転を実際に試験し、200 μ W下で0.8 Kの保持が可能であるか確かめる