

# 大型低温重力波望遠鏡用低温設備の開発 (6)

## - KAGRA 用クライオスタット冷却性能試験 -

### Development of Cryogenic System for Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope (6)

#### - Results of Performance Test of the KAGRA Cryostats -

東谷 千比呂 (東大); 木村 誠宏, 鈴木 敏一, 小池 重明, 久米 達哉 (KEK);

榑原 裕介, 山元 一広, 陳たん, 内山 隆, 大橋 正健 (東大)

Chihiro Tokoku (ICRR); Nobuhiro Kimura, Toshikazu Suzuki, Shigeaki Koike, Tatsuya Kume (KEK);

Yusuke Sakakibara, Chen Dan, Takashi Uchiyama, Masatake Ohashi (ICRR)

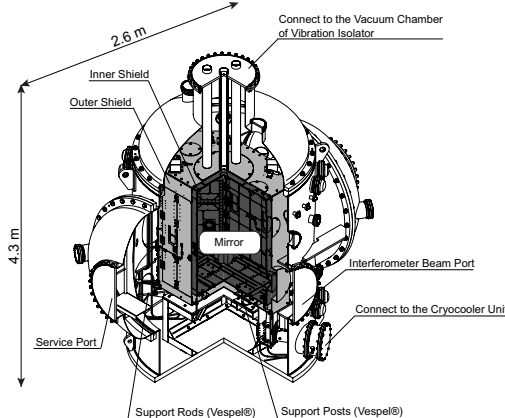
E-mail: tokoku@icrr.u-tokyo.ac.jp

#### 1. はじめに

大型低温重力波望遠鏡(KAGRA)は、干渉計の要である鏡を 20 K まで冷やすことで熱雑音を低減して目標感度の達成を目指す。クライオスタット1台につき低振動冷凍機ユニット4台を使用し、輻射と伝導で鏡を冷やすとともに、伝導経路を伝わってくる冷凍機や地面からの振動を地盤振動以下に低減する。本講演では、2013年春に実施された KAGRA クライオスタットの冷却性能試験について報告する。なお、本実験は(株)東芝の京浜事業所で行われた。

#### 2. クライオスタットの仕様

クライオスタットの概要図を Fig. 1 に示す。高さ 4.3 m、直径 2.6 m、総重量約 11000 kg で、2重シールドの中に鏡を懸架する構造となっている。インナーシールドは主に輻射による鏡の初期冷却促進に寄与するほか、干渉計からの散乱光で生じる熱を吸収する。インナーシールド内壁にはダイヤモンド・ライク・カーボン(DLC)加工を施した板を取り付けている。アウターシールドはインナーシールドの輻射シールドとして機能する。シールドはアルミニウム 6000 番台(構造材)および 1000 番台(壁材)で構成され、重量はインナーシールドが約 460 kg、アウターシールドが約 590 kg である。これらのシールドはベスペル®製の支持材により真空容器内壁から支持されている。クライオスタットには4台の低振動冷凍機ユニット [1] が接続され、2段式冷凍機の第2段コールドヘッドに接続された計4系統の伝導冷却路のうち2系統でインナーシールドを、熱的に独立した別の2系統で鏡を冷やす。また第1段コールドヘッドに接続された計4系統の伝導冷却路を使ってアウターシールドを冷やす。冷却能力の設計値について、運転温度はインナーシールドが 10 K 以下、アウターシールドが 90 K 以下、また鏡へのヒートリンク接続部に熱負荷各 2 W を与えた時その接続部において 8 K 以下、である。この運転温度におけるクライオスタット内の目標真空度は  $10^{-7}$  Pa 以下である。



#### 3. 試験概要

冷却性能試験では、クライオスタット内各所に設置した温度計により各所の最低到達温度を測定し、また散乱光による

熱負荷に相当する熱をインナーシールドおよび鏡のヒートリンク接続部へ与えて温度応答を調べた。このほか、インナーシールド内壁からの輻射による鏡の初期冷却効果実証試験[2]や、運転温度におけるインナーシールドの振動測定試験を行った。

#### 4. 試験結果

クライオスタットの初期冷却には2週間を要した。Fig. 2 に各部の典型的な冷却曲線を示す。インナーシールドの温度降下は事前の熱設計シミュレーションによる予想とほぼ一致した。またヒータによる熱負荷試験で得られた温度応答曲線 Fig. 3 は実際の運転時に熱流入量を見積もる指標にもなる。

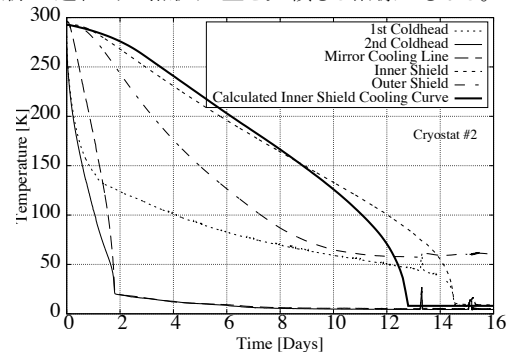


Fig. 2 Typical cooling curves of the cryostat

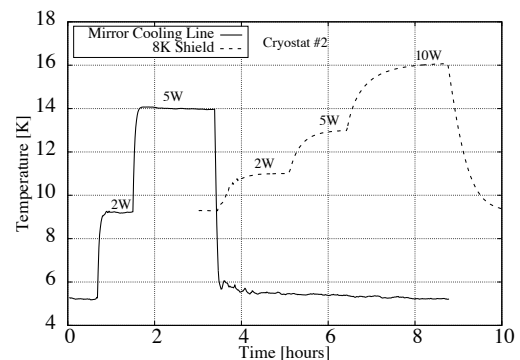


Fig. 3 Typical temperature responses to the input heat load at the mirror cooling line and 8K shield

#### 5. 結論

KAGRA クライオスタット4台について製造が完了し、冷却性能試験が実施され、4台とも設計値をほぼ満たすことが確認された。

#### 参考文献

1. C. Tokoku, et al.: Abstracts of CSSJ Conference, Vol. 86 (2012) p.232
2. Y. Sakakibara, et al.: Proceedings of CEC/ICMC 2013 Conference, (2013) in press.