

大型低温重力波望遠鏡用低温設備の開発 (5)

- KAGRA 用低振動冷凍機ユニット性能試験 -

Development of cryogenic system for Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope (5)

- Results of performance test of the very low vibration cryocooler unit for KAGRA -

東谷 千比呂(東大); 木村 誠宏(KEK); 榊原 裕介(東大); 鈴木 敏一, 久米達哉, 小池重明(KEK);
山元一広, 大橋正健, 黒田和明(東大); 田中雅樹, 後藤修一(ジェック東理社)

TOKOKU Chihiro (ICRR); KIMURA Nobuhiro (KEK); SAKAKIBARA Yusuke (ICRR); SUZUKI Toshikazu,
KUME Tatsuya, KOIKE Shigeaki (KEK); YAMAMOTO Kazuhiro, OHASHI Masatake, KURODA Kazuaki (ICRR);
TANAKA Masaki, GOTO Shuichi (Jecc Torisha)
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、熱雑音を低減するためマイケルソン型干渉計のサファイア単結晶製鏡を 20K まで冷却する。この鏡の冷却に用いる冷凍機として 0.9W/4K パルス管冷凍機と独立懸架型防振機構を組み合わせた低振動冷凍機ユニット(以下、冷凍機ユニット)を製作し、その性能評価を行っている。本講演では KAGRA で使用する冷凍機ユニットの振動特性や冷凍性能の試験結果について報告する。なお、実験は東京大学柏キャンパスの宇宙線研究所実験室に行っている。

2. 低振動冷凍機ユニットの仕様

低温鏡を設置するクライオスタットの要求仕様から、冷凍機ユニットの振動特性および冷凍能力は以下の通りである。

1) 振動特性

- 8K 伝導冷却路において最大±100nm 以下
- 80K 伝導冷却路において最大±100nm 以下

2) 冷凍能力

- 8K 伝導冷却路接続端温度 9K において 2.5W
- 80K 伝導冷却路接続端温度 70K において 35W

3. 振動性能

振動測定は、レーザ距離計のレーザ光を冷凍機ユニットの先端にある可視化窓から入射させ、伝導冷却路先端部の軸(Ch1)・水平(Ch2)・垂直(Ch3)の 3 軸方向を直接かつ同時に観測した。また、加速度センサーを使用したハンマリング試験を行い、共振周波数分布を調べながら減振ステージ部の剛性向上の改良を重ねた。Fig.1 に現在最も低振動を達成している冷凍機ユニットの 8K 伝導冷却路端での典型的な振動波形を示す。

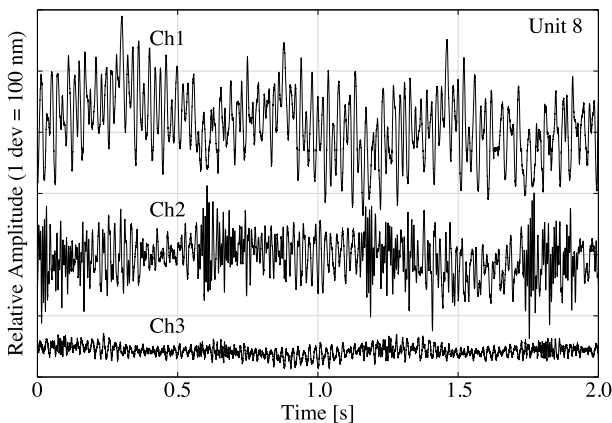


Fig.1 Vibrations of the three directions at the end of 8 K heat conduction bar. Ch1, 2, and 3 represent the vibrations along the 8K conduction bar axis, perpendicular to the bar axis (horizontal), and vertical, respectively.

4. 冷凍性能

冷凍能力は振動測定とは独立して行った。測定は可視化窓を閉止し、輻射シールドおよび SI を装着した状態で測定している。伝導冷却路が最低到達点に達した後、冷却路先端に組み込まれたヒータを使用して熱負荷を与え冷凍能力を測定した。さらに数台のユニットについては、仕様より多めの負荷を与えて冷凍能力を測定した。Fig.2 に 2 台の冷凍機ユニットの冷凍能力曲線を示す。冷凍機によって冷凍能力にばらつきがあることがわかった。

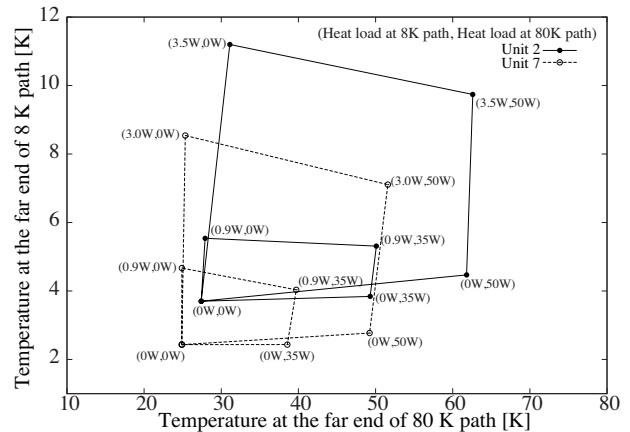


Fig.2 Load map measured at the far end of 8 K/80 K paths of the two different cryocooler units.

5. まとめ

KAGRA に搭載する 16 台の低振動冷凍機ユニットを製作中である。完成した冷凍機ユニットについて振動特性ならびに冷凍機能力を測定した。振動特性については実験と改良を重ねて仕様を満たすレベルに到達した。また冷凍能力については仕様を満たすものの冷凍機単体やユニットの構造による機体差があることがわかった。これらの低振動冷凍機ユニットは平成 25 年 3 月までに 16 台全てを完成する予定である。

参考文献

1. T. Suzuki et al.: Abstract of CSJ Conference, Vol. 85 (2011) p.216
2. N. Kimura, et al.: Abstracts of CSJ Conference, Vol. 85 (2011) p.217
3. N. Kimura, et al.: Abstracts of CSJ Conference, Vol. 85 (2011) p.218
4. Y. Sakakibara et al.: Abstracts of CSJ Conference, Vol. 85 (2011) p.219
5. T. Kume et al.: "Development of the very low vibration cryocooler unit for large-scale cryogenic gravitational wave telescope, KAGRA" Proceedings of ICEC24-ICMC2012, 17P-P03-01 (in press) (2012)