

平成23年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：超低振動冷凍機の開発

英文：Development of Very Low Vibration Cryo-Cooler System

研究代表者 木村 誠宏（高エネ研・准教授）

参加研究者

高エネ研・教授・鈴木 敏一，高エネ研・准教授・佐々木 憲一，

高エネ研・助教・久米 達哉，高エネ研・助教・菅野 未知央，

高エネ研・前任技師・山岡 広，高エネ研・技師・小池 重明，

高エネ研・技師・大畠 洋克（高エネ研）

東大宇宙線研究所・教授・黒田 和明，東大宇宙線研究所・准教授・大橋 正健，

東大宇宙線研究所・助教・内山 隆

研究成果概要

1. 目的

超低振動冷凍機の伝導冷却経路上に発生する振動の大きさをKAGRA低温主鏡の動作温度で測定し、低温鏡懸架設計のための実用的データを得る。KAGRAは最短時間で建設、設置、調整を終え、観測態勢を取らなければならない。これまでの低振動冷凍機の研究から振動を抑制するための技術的要素の知見は得られているが、KAGRA本体に実際に使用可能な超低振動冷凍機は製作されていない。その為、2年計画で本開発研究計画を立案した。

2011年度の目標として以下の項目を挙げ、開発研究を進めた。

- ・超低振動冷凍機実証機の組立
- ・振動測定法の確立
- ・超低振動冷凍機の伝導冷却面の振動測定並びにその評価

伝導冷却面の振動測定は、予備的測定を高エネルギー加速器研究機構で行い、その評価を行った。図1に組立並びに評価を行った低振動冷凍機とその先端部の取り付けた3軸の高精度レーザー変位計の全体写真を示す。



図1 超低振動冷凍機実証機外観写真

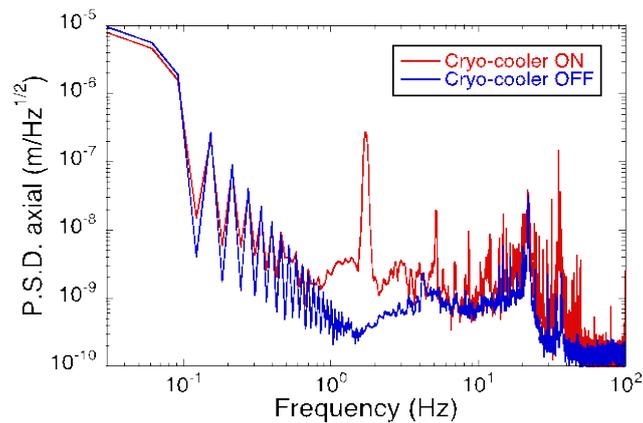


図 2 測定結果

2. 結果

図 2 に超低振動試作冷凍機の性能試験から得られた軸方向の振動スペクトルを示す。赤の実線は冷凍機の動作時、青の実線は冷凍機停止時のスペクトルである。

周波数 1.7Hz のピークは冷凍機の動作周波数に起因する振動である。この周波数の振動が冷凍機の振動特性を決定する。

最終的に同冷凍機の性能試験から次の結果を得た。

- 振動性能：仕様値<100 nm に対して、軸方向 < 200 nm (図 2 参照)；
垂直方向 < 50 nm；水平方向 < 10 nm
- 冷凍能力 2 W at 8 K/25 W at 95K

実験データの解析から、軸方向の振動は主に真空容器表面上を伝搬する冷凍機ヘッドの振動による影響であることが理解された。特に軸方向の振動抑制は真空容器の固定を強固にすることで対応が可能であることを確認した。また、冷凍能力の未達は SI の施工不足による熱侵入の増加を原因であることが理解された。

以上から、KGARA で要求される冷凍機の性能仕様を満足するため、改良点が存在することを確認した。

3. まとめと今後の予定

2012 年 3 月末までに改良した量産機の性能試験を行い、性能を確認する予定である。

また、冷凍機の最終的な性能確認は神岡鉱山内の CLIO 設備の設置環境を利用する予定である。

整理番号