

平成 19 年 4 月 20 日

平成 18 年度「宇宙環境に適合する低温実験用冷凍機の開発」活動報告書

代表者所属 氏名 物質・材料研究機構 材料ラボ／強磁場共用ステーション 沼澤健則

1. 構成メンバ

氏 名	所属
村上正秀	筑波大学
佐藤武郎	東北大学
奥田雄一	東京工業大学
沼澤健則	物質・材料研究機構
神谷宏治	同上
満田和久	JAXA 宇宙科学研究本部
藤本龍一	金沢大学 自然科学研究科
藤井源四郎	国立天文台
榑崎勝弘	住友重機械
金尾憲一	同上
杉田寛之	JAXA 総合技術研究本部
飯田光人	千代田アドバンス・ソリューションズ
永井大樹	東北大学
Peter Shirron	NASA/GSFC
Donald Wegel	同上
藤平潤一	(株)フジヒラ

2. 本年度 WG 会合開催実績

- (1) 第 1 回：平成 18 年 12 月 27 日
- (2) 第 2 回：平成 19 年 3 月 27 日

3. 活動目的

宇宙環境利用科学分野における低温物理実験（量子液体・固体、臨界点ダイナミクス等）を実施するのに際し、「宇宙環境で利用できる低温実験用冷凍機の開発」はその基本的な前提条件となる。このような要求に応えるため、現在進行中である宇宙環境に適合した超低温 ADR 冷凍機の開発に際し、組織的に支援することが第一の目的である。

さらに、宇宙観測機器分野、特に赤外線や X-線天体物理観測において、低温冷却が高感度観測の要となりつつある。これに要求される種々の冷却技術に関し、開発側と利用側が交流する機会を設け、今後予定されている観測計画へ貢献を果たすことが第二の目的である。

このような目的の実現に、極低温研究者、メーカー、天文学者、NASA エンジニア等が結集し、昨年度に続いて継続的・専門的な検討、情報交換を行うとともに、次世代の宇宙工学を輩出する若手研究者の参画を積極的に進めることも視野に入れている。

4. 活動内容

平成 18 年度も基本的に前年度の内容を継続する観点から、(1) 微小重力超低温実験用冷凍機の開発支援、(2) 宇宙観測機器に要求される低温環境とシステム、について重点的に調査検討を実施した。

WG の会合は 2 回実施された。基本的には、汎用連続型 ADR システムのマイルストーンとなる主要な実験結果の進展に合わせたもので、特に第 2 回目の会合では NASA のメンバーが参加し、米国における ADR の研究状況について報告した。また、平行して、日米における宇宙用冷却システムに関する包括的な情報交換も行った。以下に実施内容を示す。

(1) 汎用連続型超低温 ADR

- 進捗状況に関する報告
研究計画の説明と基本パーツの製作について報告
- 磁性体、熱スイッチ、マグネット等の要素試験結果
NASA および NIMS で実施された結果の報告
- ADR 試験結果
NASA で実施された 3 段及び 4 段のユ

ニットを組み合わせたサイクル駆動の実験結果について報告

- 航空機実験用クライオスタット構造と製作状況・試験結果について報告、4K 冷凍能力の増強を実施した結果、最低到達温度が 3 K 以下となった。

(2) 汎用連続型 ADR を用いた実験

- 供試体
2 種類の供試体について、実験条件を検討した。
- マイクロカロリメータ
60mK が必要、温度安定性が重要であるが、微小重力の条件にはさほど制約はない。
- 固体ヘリウム生成
100mK 程度、温度安定性は重要ではないが、100 μ W の冷凍能力が必須であり、かつ振動はできるだけ抑制する必要がある。

(3) 航空機実験に向けた実験計画

- 実施場所
名古屋空港（ダイヤモンドエアサービス）を 2 月に訪問し、実地にて調査した内容の報告。
- 実験手順
予冷に数日かかるため、これを実施する場所及び、航空機搭載時の手順について報告。
- 実験における問題点
航空機搭載が実験当日となるため、冷凍機を予冷した状態でどのように移動させるか、あるいは実験終了後に電源が切れるため、時間ロスなしに予冷状態を維持する方法について検討。航空機を提供する側とも含め、次年度においてさらに検討する。
- 実験計画
2007 年 10 月にマイクロカロリメータ搭載実験、2008 年 2 月頃に固体ヘリウムセル搭載実験を行う方向で検討した。

(4) 天文衛星における冷却システム

- JAXA 宇宙科学研究本部における X 線天文衛星開発概要の説明
- 磁気天文衛星の冷却システムに要求

される仕様の報告

- 地上での ADR 実験装置の概要と運用状況、今後の開発計画

(5) JAXA 技研本部における開発

- これまでに開発された JAXA における主要な宇宙用冷凍機の概要
- 現在進行中、あるいは今後予定されるプロジェクトの紹介と開発テーマの概要

(6) 住友重機械における宇宙用冷凍機

- 機械式冷凍機開発の概要
JT 方式や Stirling 方式が開発され、JEM-Smiles 用冷凍機などに大きな成果を上げた。
- ADR 開発の概要
JAXA 宇宙科学研究本部へワンショット式 ADR を開発。最低到達温度 50mK。引き続き、予冷ステージを付加した 2 段の ADR システムを開発中。
- Passive 型熱スイッチ試験結果の報告
NASA と同様の熱スイッチを開発中であり、初期実験のデータが提示された。

(7) NASA における ADR 開発

- 連続型 ADR 開発の現状
低温側にもう 1 段冷凍ユニットを付加することにより、5 段システムで 20mK 領域まで発生が可能となった。
- ADR 制御システムの紹介
米国 LakeShore 社との協力で、マグネット電源や計測機器、サイクル制御機構を一体化した装置開発に成功。航空機実験においても採用することに決定した。
- 気球を用いた微小重力実験用 ADR
ADR 応用の一環として、2 段型 ADR を開発中。

以上のように、検討議題内容は宇宙用冷凍機として多岐にわたり、幅広い議論がなされた。また、微小重力実験支援の一環として、航空機実験の実施場所を訪問し、調査したことはきわめて意義深いものであった。

5. 成果

T. Numazawa¹, K. Kamiya (NIMS), P. Shirron, M. DiPirro (NASA/GSFC) and K. Mitsuda (JAXA/ISAS), Development of Continuous ADR System for Weak Gravity Missions, Proc. ISTS 25, 887-891, 2006.

沼澤健則(物質・材料研究機構)、微小重力に適合する汎用冷却システムの開発、日本マイクログラビティ応用学会誌、VOL.23, No.3, 139-144, 2006.

沼澤健則、神谷宏治(物質・材料研究機構)、Peter Shirron, Don Wegel (NASA/GSFC)、満田和久(JAXA/ISAS)、微小重力に適合した汎用超低温発生 ADR システムの開発、第 23 回宇宙利用シンポジウム、2007.1.17

沼澤健則、神谷宏治(物質・材料研究機構)、P. Shirron, D. Wegel (NASA/GSFC)、宇宙用磁気冷凍機の開発- 1 -、低温工学・超電導学会、2006.5.15、大阪大学

沼澤健則、神谷宏治(物質・材料研究機構)、P. Shirron, D. Wegel (NASA/GSFC)、宇宙用磁気冷凍機の開発- 2 - 熱スイッチ、低温工学・超電導学会、2006.11.20、熊本大学

T. Numazawa (NIMS) and P. Shirron (NASA/GSFC), Development of ADR System for Micro-gravity Mission, International Symposium on Quantum Fluids and Solids, Aug.1, Kyoto University.

以上。