

平成 19 年 4 月 4 日

平成 18 年度「微小重力下における液体・固体ヘリウム」WG 活動報告書

代表者所属 氏名 東京工業大学大学院理工学研究科 奥田雄一

1. 構成メンバ

氏 名	所 属
奥田 雄一	東京工業大学大学院理工学研究科
水崎 隆雄 (名誉教授)	京都大学大学院理 学研究科
上羽 牧夫	名古屋大学大学院 理学研究科
河野 公俊	独立法人理化学研 究所
野村 竜司	東京工業大学大学 院理工学研究科
上野 智弘	京都大学大学院医 学研究科
佐々木 豊	京都大学低温物質 科学研究センター

2. 本年度 WG 会合開催実績

今年の WG の活動として 2 回の会合をもつことが出来た。1 回目は、従来型の研究会形式の会合を、2 回目は、航空機実験を踏まえた、ダイヤモンド・エア・サービス社の見学+現地での会合という形で行った。

第 1 回目の会合としては、以下に掲載のプログラムのような研究発表会を行った。微小重力下における液体固体ヘリウム WG では、極低温での可視化技術が重要である。そのことを踏まえ、極低温下でのヘリウムの可視化技術に関連する研究成果を集め

た。もちろん、微小重力での液体固体ヘリウムの実験の重要性、実現の可能性、克服すべき問題などの検討も行った。

今回は、前年度までの活動の反省から、新しい人材、若手研究者を積極的に集めることにした。その結果、新しい視点からのアプローチも得られて有意義な研究会であったと考えられる。ただ、微小重力での実験は、先がなかなか見えないために若手研究者の参入は難しいのが現状である。

今回は、極低温でのヘリウム可視化技術ということで、メンバー外から村上正秀筑波大教授、阿部陽香東工大特別研究員、佐藤武郎東北大名誉教授を招聘することになった。このことに関しては、JAXA から協力を得られたことに感謝している。

第 1 回：平成 18 年 12 月 4 日

場所：日本宇宙フォーラム第 3 会議室（新大手町ビルディング 7 階）

1. はじめに、奥田雄一（東工大理工）
2. 宇宙環境利用委員会からの報告、佐藤武郎（東北大、JAXA）
3. MR I 顕微鏡の開発とヘリウム混合液体の相分離界面形状の精密測定、上野智弘（京大医）
4. MR I 顕微鏡と固体 ^3He の結晶成長、佐々木豊（京大低温センター）
5. $^3\text{He}\cdot^4\text{He}$ 混合液中でのバブルの運動、阿部陽香（東工大理工）
6. 微小重力下における固体 ^4He の平衡形と微小重力下実験に向けて、奥田雄一（東工大理工）
7. PIV による超流動流の可視化、村上正秀（筑波大）

8. 自由討論

9. まとめ、奥田雄一（東工大理工）

MU300 の見学、ハンガーの見学、実験準備施設などを見学。

19:00～21:00

名古屋市内にて合同 WG の会合。

（2）第2回：平成 19 年 2 月 8 日 名古屋県営空港内ダイヤモンド・ エア・サービス社

当 WG 主査の主導する地上公募研究の間審査において、「固体ヘリウムの実験には当初計画では航空機実験が入っていなかったが、宇宙冷凍機の開発状況を踏まえ、最終年度に航空機実験を盛り込むことは好ましい」との評価を非公式に得ていた。こういう状況を踏まえ、さらに今後進むべき方向として航空機実験が考えられるので、WG 活動の一環として航空機実験の現地見学を早急に行うべきであると判断した。そして、宇宙冷凍機開発を行っている沼澤グループと合同で現地見学を実施することになった。

第2回目の会合は平成 19 年 2 月 8 日に名古屋県営空港にて実施された。ダイヤモンド・エア・サービス社を直接訪問し、実際の航空機の見学と実験設備を視察した。その後、名古屋市内へ場所を移し、合同の会合を持った。

参加者は、当 WG からは奥田雄一、野村竜司、グループリーダー会議から佐藤武郎、宇宙冷凍機 WG から沼澤健則、神谷宏治、篠崎慶亮であった。

2 月 8 日（木）

13:00 名古屋県営空港ダイヤモンド・エア・サービス社到着

14:00 伊藤正光ダイヤモンド・エア・サービス社技術部長から、航空機実験の実際に関する説明を受けたあと、具体的低温実験の実施に関する相談と意見交換を行った。

15:00～17:00

以下に、現地見学とその後の WG 会合で検討された、航空機実験（MU300）を行う際の問題点及びその対策について列挙する。

1. 冷凍機の立場から

- 重量、体積の問題：現在製作中の冷凍機は、重量、体積ともに制限値ぎりぎりである。MU300 の搭乗口が小さいので冷凍機を搭載するのが容易でないことが分かった。冷凍機は基本的に連続運転が好ましい。しかし運転しながら運びこむことは難しそうである。
- 電源問題：ハンガー内で冷凍機を運転し、低温を得た状態で航空機へ積み込むことになる。その際、一旦電源をオフにしなければならない。さらに実験が終了し航空機がハンガーに戻ってきて給油をする際には、数時間完全に電源がストップする。その際の電源をどうするか。給油中に冷凍機を運転できるかが未解決である。
- 終夜運転：航空機に冷凍機を一旦積み込んだ後は、そのままにして運転し続けたい。その際の夜間電源の供給をどうするか。外部電源を引き回すことは可能だが、規則では航空機に通電する場合は DAS の職員が付き添うことが義務付けられている。そのあたりの調整が問題になるだろう。
- 振動の問題：航空機の振動をいかにおさえるか。除震台を載せることが望ましいが、それはかなり難しそうである。

2. ヘリウム実験固有の問題点

- 積み込みの際の電源オフの問題：最大の問題点は積み込む作業である。固体ヘリウムを作成した状態で積み込みが出来るかは不明である。さらに実験

終了時の電源オフの状態をいかにし
のぐか。電源がオフになると冷凍機
の温度が上昇し、融解の危険性が出てく
る。

- 航空機の振動が与える影響（冷凍機
の温度が上がる可能性と固体ヘリウム
に与える擾乱）：現在のところ対処方
法が見当たらない。
- サンプルはハンガーでつくり、機内
では新たな操作を不要にしておく。ヘリ
ウムシリンダー（100 気圧）は、問題
ないことが分かったが、機内で作成す
ることは難しい。

以上、多くは未解決の問題であるが、全く
実験が不可能というわけではないので、航
空機実験を遂行する方向でこれらを解決
する方法を検討するべきであることが確
認された。

宇宙冷凍機の航空機実験は 10 月末ごろ、
それがうまく行くと想定して、固体ヘリ
ウムの実験は 20 年 1 月ごろが適当かと思
われる。

3. 活動目的

平成 17 年度に「微小重力下における液
体・固体ヘリウム」WG、「宇宙環境に適
合する低温実験用冷凍機の開発」WG、「臨
界現象ダイナミクス」WG と 3 つのワー
キンググループに分けて活動がスタート
した。当「液体・固体ヘリウム」WG
はその一つである。18 年度は 17 年度
の実績を踏まえ、活動を継続的に実施
することに意味がある。本年度も年間
3 回程度の会合を持ち、できれば他の
関連 WG との合同会議を一度開き、相
互の WG 間の交流を図ることを目指
す。5~6 名のメンバーを基幹メンバー
として活動をし、毎回 1~2 名のゲスト
を研究会に招待し、新しい視点の発掘
や若い研究者層への浸透など、広く裾
野を広げる努力も行う。NASA の低温
物理の研究者らとの連携も模索する。

4. 活動内容

当 WG は、量子液体の代表である超流
動 ^4He やその同位体である ^3He との混
合液、また、超流動 ^4He から生成され
る固体 ^4He の新奇な現象、新しい物理
を取り上げ、その科学的意義、微小重
力下での研究の意義について検討を行
う。これらの系は、極めて純粋でクリ
ーンな系であり、地上（重力下）での
熱平衡状態の基本的性質はよく研究
されている。しかしながら、微小重力
という視点を入れた研究はあまりされ
ていない。こういう新しい視点からの
研究や、新しい測定方法による未踏
領域の開発により、新奇な現象が出て
来る可能性の高い興味深い系である。
これらの系を用いて、凝縮系の基本
的問題、残された未知の問題を追
究し、如何なる興味深い基本問題が
あるかを掘り下げる。そして、微小
重力利用研究計画提案へ向けた具
体的テーマの絞り込みを目指したい。
極低温と微小重力との結びつきが
難しかったのは、100 ミリケルビン
という極低温生成が微小重力環境
では新しい挑戦的テーマであるため
である。そういう技術開発に拍車を
かけるのが、科学的意義の高い基礎
物理の具体的テーマである。そうい
う意味でも当 WG の活動は重要であ
る。17 年度からスタートしている
WG であり、基礎的なテーマだけに
継続的な活動が重要である。

5. 成果

本年度に応用マイクログラビティ学
会へ解説記事「**固体 ^4He の結晶成
長の新展開と航空機実験**」奥田雄一、
野村竜司を執筆、24 巻 4 月号に出
版の予定

水崎隆雄京大名誉教授から以下の
申し出があった。定年退職後は活動
がなかなか難しい。18 年度の活動
への参加もほとんどなかった。19
年度からはメンバーから外して欲
しい。との要望である。その意向に
沿った編成変えを行う予定である。