

## 平成25年度研究開発成果概要書

課題名 : 光・量子情報通信用超伝導単一光子検出システムの小型化技術の研究開発  
採択番号 : 16301  
個別課題名 : 課題ア-1 小型2K冷凍システムの要素開発  
副題 : 小型2K冷凍システム

(1) 研究開発の目的 : 本研究課題では、超伝導単一光子検出システムの主要体積を占める極低温冷凍機を小型化しつつ、光・量子情報通信における高い光子検出性能が達成できる温度領域(2K台)が維持できる、超伝導単一光子検出システム用の小型化冷凍システムの研究開発を行い、実際に量子鍵配送試験において性能検証を行います。平成25年度は引き続き小型2K冷凍システムの要素技術開発を実施しています。

(2) 研究開発期間  
平成24年度から平成28年度(5年間)

(3) 委託先  
住友重機械工業株式会社<幹事者、一者のみで研究実施>

(4) 研究開発予算(契約額)  
総額333百万円(平成25年度70百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当  
課題ア-1 小型2K冷凍システムの要素開発(担当:住友重機械工業株式会社)  
1. 課題ア-1-1 小型2K膨張機の要素技術  
2. 課題ア-1-4 小型リニア圧縮機の要素技術  
3. 課題ア-1-5 クライオスタット要素技術  
課題ア-2 小型2K冷凍システムの試作機開発(担当:住友重機械工業株式会社)  
課題ア-3 小型2K冷凍システムに関する実証実験  
(担当:住友重機械工業株式会社)

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	6	6
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	0	0
	プレスリリース	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な成果実施内容と成果

課題ア-1 小型2K冷凍システムの要素開発 (平成24～26年度実施)

(A) 課題ア-1-1 小型2K膨張機の要素技術

この課題の目標は膨張機の長さを現行機の2/3以下に小型化することである。H25年度は、H24年度の開発成果を生かし、小型2KGM型膨張機の要素技術開発を行った。具体的には、(a)膨張機のシリンダ部について、シリンダ肉厚の最適設計や蓄冷器効率向上、及び新規連結機構の開発等を通じて、シリンダ部を80mmの短尺化することを可能にした。(b)膨張機の駆動機構について、モータの選定や駆動部品の最適化設計により、駆動部を42mm短尺化することが可能になった。以上のことにより、試作した要素試験機は現行機比合計122mm(28%)の小型化を実現しました。この結果は、後述の2Kクライオスタットの小型化にも良い影響を及ぼした。

(B) 課題ア-1-4 小型リニア圧縮機の要素技術

H24年度の開発ではリニア型圧縮方式を選定し、圧縮機容積が現行機比半減を目標に概念設計を行った。リニア圧縮機は、従来の圧縮機に必須なオイル潤滑を無くすことが可能で、オイルセパレータ、アドゾバ等の補機類が不要となり、システムの小型化を図ることが可能となる。しかし、GM冷凍機用の弁付き無潤滑リニア圧縮機実用化は、世界的にも例がなく、効率ならびに信頼性を現行の圧縮機と同等とするためには非常に多くの技術課題が存在し、そのための要素技術開発は不可欠となる。H25年度はH24年度の研究成果を受けて、リニア圧縮機の要素技術開発を行った。

具体的には、弁付き無潤滑リニア圧縮機の性能シミュレータを開発し、それを基に個々の要素に付き解析を行い、無潤滑リニア圧縮機の要素試験機的设计製作を行った。今年度は要素試験機の製作が完了し、圧縮機単体評価試験の準備も整った。

(C) 課題ア-1-5 クライオスタット要素技術

本課題におけるクライオスタットの小型化は、構造的に膨張機の小型化に影響される部分が極めて大きいですが、クライオスタット自身の要素技術開発は決して不要ではない。実際、いくら小型化しても、室温から2Kまでの温度勾配がクライオスタットにおいて必ず存在し、しかも小型化にする分だけ、温度勾配がきつくなるため、熱侵入量の増加が懸念される。

本年度の開発には、H24年度 of 概念設計に基づき、特に温度勾配のない部分や温度勾配の緩やかな部分の短尺化を極力追求しながら、クライオスタットの詳細設計を経て、クライオスタットの要素試験機を製作した。完成した要素試験機の全長が490mmで、現行機に対し、約35%の小型化を実現した。また、その最低到達温度は、膨張機単体の最低到達温度とほぼ同じ(～2.10K)であることも確認された。

課題ア-2 小型2K冷凍システムの試作機開発 (平成27年度実施予定)

課題ア-3 小型2K冷凍システムに関する実証実験 (平成28年度実施予定)

(8) 研究開発イメージ図 (別紙)