

平成24年度研究開発成果概要書
 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（16301）
 課題アー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を達成できる温度領域（2K台）を維持できる、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24年度は小型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（百万円単位切上げ）
総額333百万円（平成24年度75百万円）
- (5) 研究開発課題と担当
課題アー1 小型2K冷凍システムの要素開発
課題アー2 小型2K冷凍システムの試作機開発
課題アー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	0	0
	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

具体的な成果

課題アー1 小型2K冷凍システムの要素開発（平成24～26年度実施）

- (1) 小型2KGM膨張機シリンダ部の最適設計により25%の短尺化を実現可能に。

本研究における膨張機小型化の開発は現時点において、世界最小の2KGM膨張機をベースとしている。小型化開発に当り、まずは1段部の短尺化の可能性を追求した。その結果、1段高温側シール構造の最適設計や1段蓄冷器の効率向上により、一段部を合計25mmの短縮が可能になった。

次に、蓄冷器効率に影響の少ない、1段と2段蓄冷器との連結機構に注目

した。最適設計を行った結果、21mmの短縮が可能となった。

また、2段蓄冷器の小型化については、冷凍性能シミュレーションを実施した。シミュレーションに基づく2段熱交換器の見直し、及び蓄冷材仕切り材の見直しにより、合計30mmの短尺化が可能になった。

以上により、2KGM膨張機シリンダを約80mm(現行機比25%)短尺化することが可能になり、2Kクライオスタットの小型化にも良い結果をもたらした。

(2) 2K冷凍システム圧縮機の方式選定を完了し、技術課題の抽出も実施済み。

2K冷凍システム圧縮機の方式選定を行い、圧縮機小型化のためにリニア圧縮機を選定した。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膨張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。

無潤滑リニア圧縮機の開発にあたり現行圧縮機と同等効率ならびに信頼性を得るための技術課題の抽出を実施し、以下の技術課題を抽出した。

- 1) ピストンの位置制御技術
- 2) 軸受け(ばね)構造
- 3) 弁の方式選定
- 4) 高効率モータの形状
- 5) 静振技術

さらに開発に当たり特許調査を行い、今後無潤滑リニア圧縮機を開発する上で基本的な技術問題が無いことを確認している。

(3) 小型2Kクライオスタットの概念設計を完了。高さで従来機より25%~35%の小型化を可能に。

クライオスタットの小型化を図るために、情報通信研究機構殿に既納された複数台の2Kクライオスタットの実地調査を実施し、実際クライオスタットを設計、使用された研究員の方々にヒヤリングをしました。同時に既納のクライオスタットの製造者と協議を重ね、現行設計の問題点の抽出をまず行った。

次に、クライオスタットの小型化を阻む最大の要因である、膨張機シリンダの長さの短尺化にも取り組み、シリンダが25%の短尺化した場合の熱設計を再検討した。

さらに、超伝導検出ブロックの配置方法についても研究者方々の意見を参考に、小型化に寄与する配置方法の検討をしました。

これらのことにより、概念設計段階において、クライオスタットの高さは490mmまで短縮することが可能となり、従来機に比べ25%~35%の小型化が実現可能となった。

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)

(7) 研究開発イメージ図(別紙)