

J-PARCニュートリノ超伝導ビームライン用低温設備の高圧ガス

○ 荒岡 修^{A)}、大畠洋克^{B)}、鈴木祥二^{A)}、飯田真久^{B)}、

岡村崇弘^{A)}、木村誠宏^{B)}、槇田康博^{A)}、荻津 透^{B)}

^{A)}高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 クライオジェニクス

^{B)}高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 超伝導低温工学センター

概要

J-PARCニュートリノビームラインでは、メインリングから出射された陽子ビームを神岡方向に曲げるためビームラインに28台の超伝導マグネットを用いている。

この超伝導マグネットの冷却と超伝導状態の維持のため、ヘリウム冷凍設備が付設されていて2008年12月に現地工事が完了した。

このヘリウム冷凍設備は、高圧ガス保安法の「冷凍保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」が適用され、装置のみならず土木・建家も同法の基準を満たす設計がなされ、その検査が適時実施された。

1 ヘリウム冷凍設備の構成 — 外観

28台の超伝導マグネットは地下12mのビームラインに約150mにわたって、配列されている。その地上部には、ヘリウムタンク・窒素貯槽・冷凍機等のヘリウム冷凍設備が設置されている。

Fig. 1に冷凍設備の構成(外観)をFig. 2に全体レイアウトを示す。

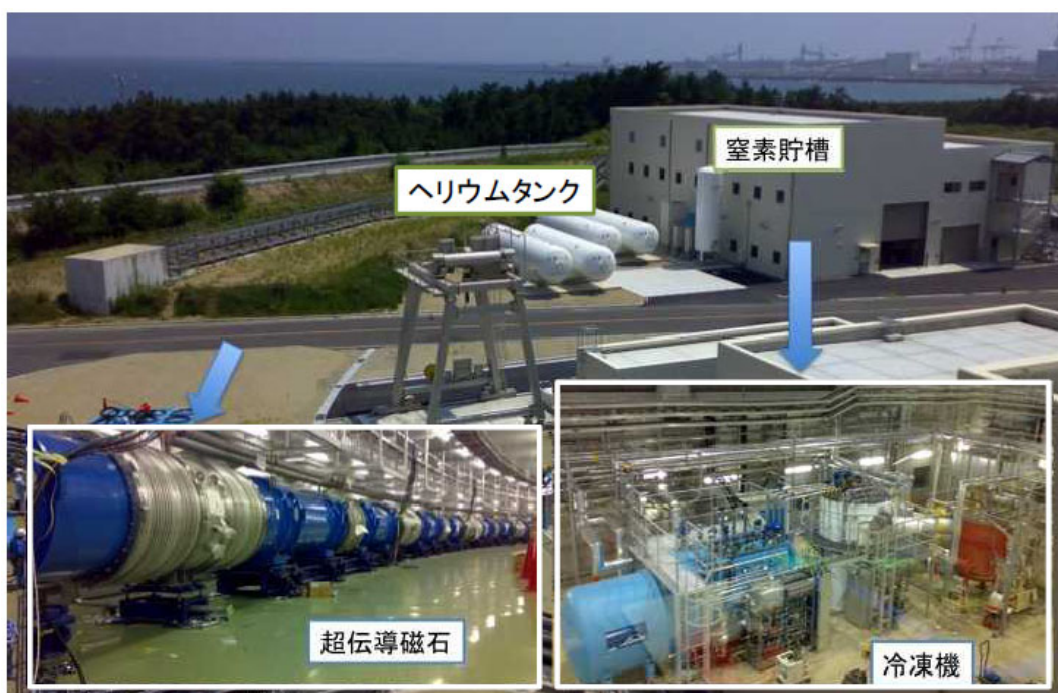


Fig. 1 冷凍設備の構成 (外観)

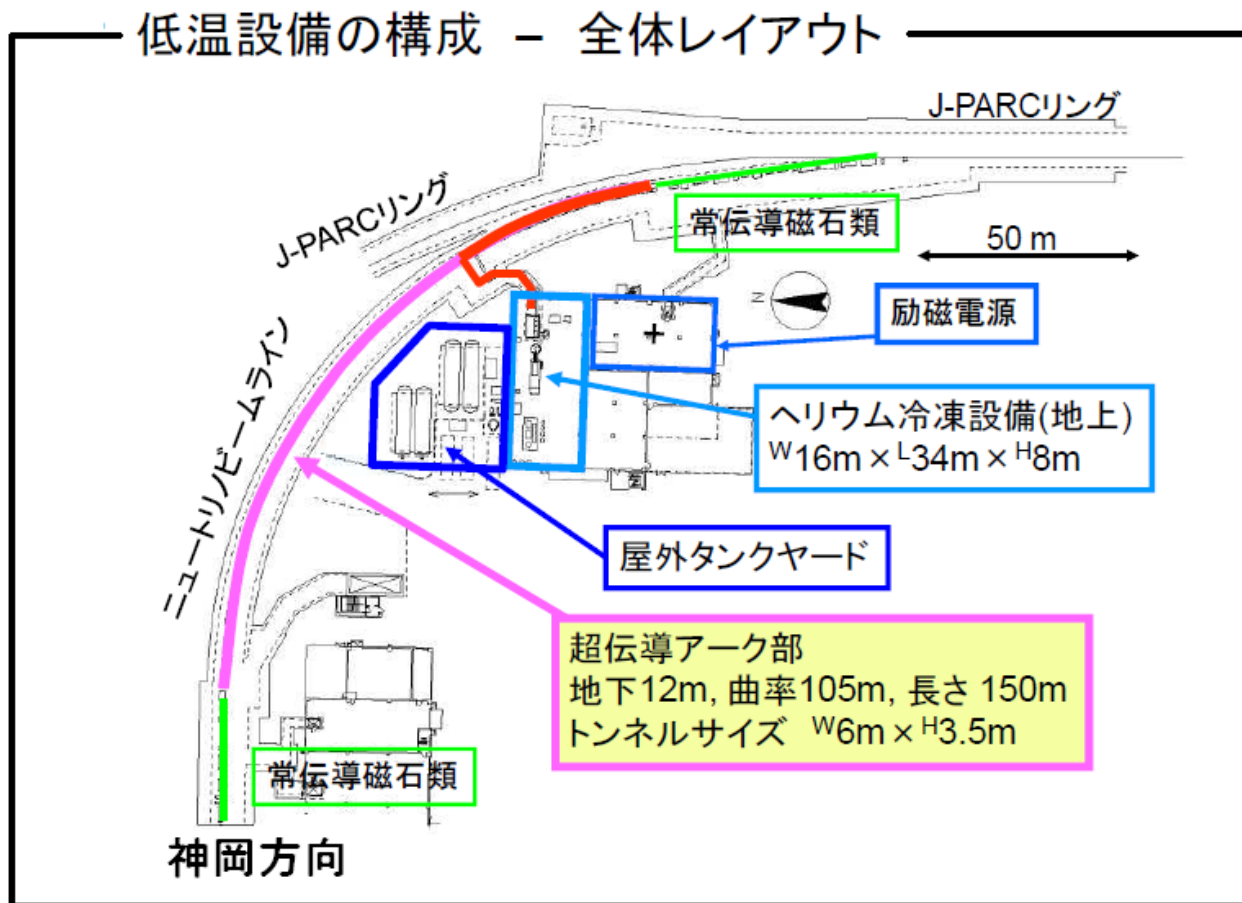


Fig. 2 全体レイアウト

2 高圧ガス保安法

2006年5月、メーカーとのキックオフミーティングから始まり、2007年から主要機器の製作が開始され、2008年6には、中圧タンクを先頭に順次、機器が現地に設置された。

全体設計の中で高圧ガス保安法に対する対応は、KHK 冷凍則合格証取得はメーカーが、茨城県への許可申請及び完成検査受検はKEKが主体として行うこととなった。

高圧ガス保安法の「一般高圧ガス保安規則」が適用される機器は、液体窒素貯槽(CE)と蒸発器を含むその配管が対象であり、その他の主圧縮機・コールドボックス・サブクーラー・超伝導マグネット等は、「冷凍保安規則」の対象となる。

3 一般高圧ガス保安規則と冷凍保安規則

高圧ガス保安法に基づく「一般高圧ガス保安規則」と「冷凍保安規則」の区分は、種々解釈があるが簡易的に、冷媒をシステムの外に取り出すものを「一般高圧ガス保安規則」適用、冷媒をシステムの外に取り出さないものを「冷凍保安規則」適用と解釈している。

この区分により、申請方法や運転体制の対応は分かれてくるが、今回の申請に関しては大きな違いは現れなかった。Table.1 に一般則と冷凍則の対応表を示す。

		C E (一般則)	H e 冷凍機 (冷凍則)
	能力	処理能力 228.8Nm ³ /日	冷凍能力 475トン
	承認年月	平成20年8月28日(第2種) 平成21年3月27日(第1種)	平成20年10月20日
	完成検査	平成21年8月24日	平成21年3月19日
	冷媒	窒素	ヘリウム
県 対 応	申請	許可	許可
	完成検査	受検	受検
	保安係員(免状)	正・副(甲種、乙種)	冷凍保安責任者 正・副(一冷)
	危害予防規程	届出	届出
	保安検査	対象外(単独CEのため)	対象外(冷媒がHeのため)
事業所 対 応	定期自主検査	毎年実施	毎年実施
	保安教育	計画の策定と実施	計画の策定と実施

Table.1 一般則と冷凍則の対応表

液体窒素貯槽(CE)は、処理能力228.8Nm³/日であるので、高圧ガスに係る事業区分としては第二種製造者(処理能力300Nm³/日以下・届出)であるが、ヘリウム回収設備(処理能力6283Nm³/日)の設置が決まっていたため、事業所全体として300Nm³/日を超えてしまうので、第一種製造者(許可申請)として、対応することとした。

そのため、耐震設計構造物の基礎として、施工途中での杭材(パイル)検査や配筋検査やコンクリート強度検査を適時記録して、設計書通りに施工されていることを確認した。

平成20年8月28日に第二種製造者として届出を提出して、平成21年3月27日に第一種製造者として許可申請を承認し、平成21年8月24日にヘリウム回収設備といっしょに完成検査を受検した。

冷凍保安規則対応機器の耐震設計構造物にトランスファーチューブの支持スパンがあり、これらも含めて平成21年3月19日に完成検査を受検した。

Table 2に高圧ガス保安法対応機器一覧を、Fig.3に機器配置図を、Fig.4に液体窒素貯槽基礎配筋検査の写真を、Fig.5に概略フローを示す。

Table 2 高圧ガス保安法対応機器一覧

「一般高圧ガス保安規則」対応機器	
液体窒素貯槽 (CE)	
メーカー	(株)クライオワン
内容積	20 m ³
寸法	Φ2300 mm × 高さ8500 mm
貯蔵能力	14562 Kg
処理能力	228.8 Nm ³ /日
常用圧力	0.8 MPa
加圧蒸発器 2基	
メーカー	昭南機工
型式	空温式堅型
常用圧力	0.8 MPa
窒素蒸発器 1基	
メーカー	昭南機工
型式	空温式堅型
常用圧力	0.8 MPa
液体窒素配管	
配管サイズ 呼び径 (A)	25・15・10
常用圧力	0.8 MPa 0.4 MPa



Fig. 4 液体窒素貯槽基礎配筋検査

「冷凍保安規則」対応機器	
主圧縮機	
メーカー	前川製作所
タイプ	スクリー2段
型式	HE3225MSC-KLBM
吐出圧力	1.5 MPa
風量	160 g/s
オイル セパレーター 構成	1段デミスター 2段コアレスサ 3段コアレスサ 4段 活性炭 5段ゼオロダイト
オイル分離性能	0.1 Vol. ppm 以下
容量制御	アンローダー式
電動機定格	570 kW 6600 V
コールドボックス	
冷凍能力	1500W LN ₂ 無
型式	TCF-200
膨張タービン	第1-第2直列 第3Sheタービン
サブクーラー	
メーカー	ジェック東理社
貯液槽	容積1600 ℓ
Sheポンプメーカー	Barber-Nichols INC
ポンプヘッド圧	Max 100 kPa
ポンプ送液量	Max 300 g/s
中圧タンク	4基 1.4 MPa
寸法 mm	Φ3036×14738
内容積	100 m ³
超伝導マグネット 28台	
トランスファーチューブ	
インベントリ	3750 リットル
コールドマス	225 トン
低温精製器とヘリウム乾燥器	

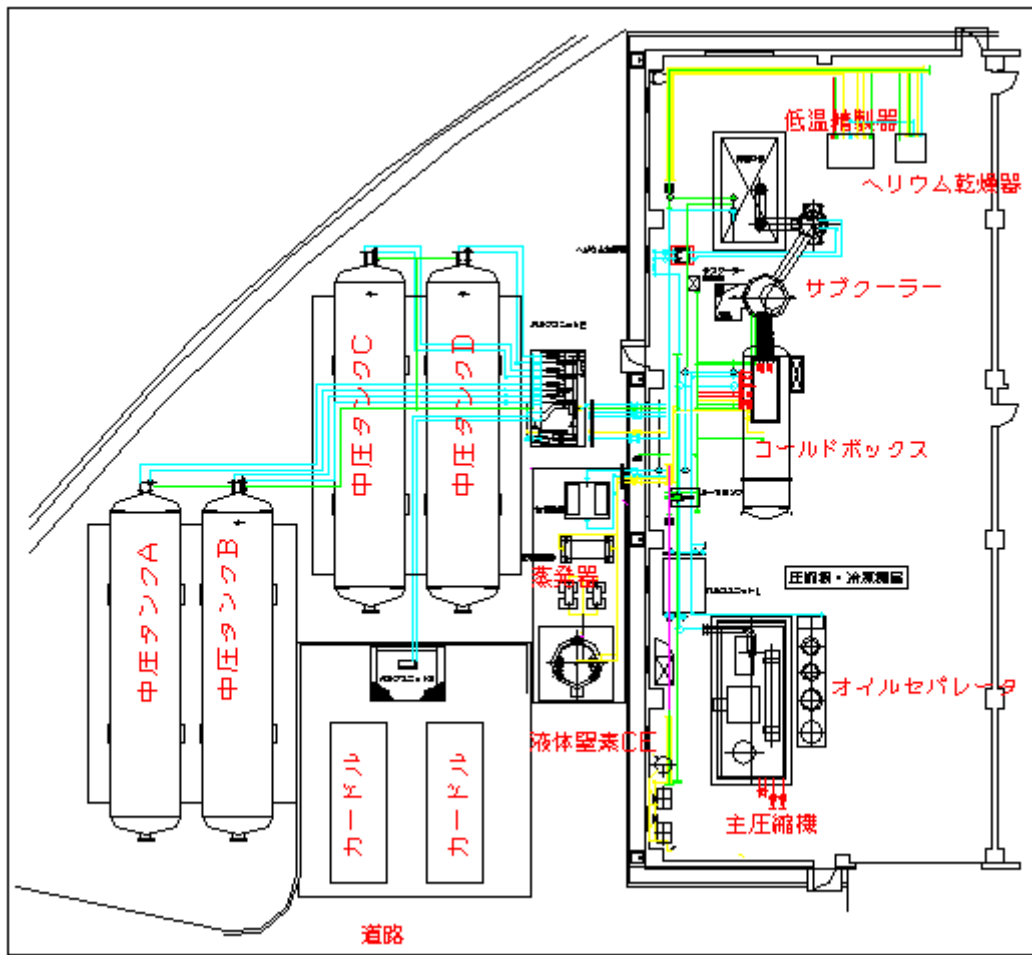


Fig.3 機器配置図

4 保安管理体制

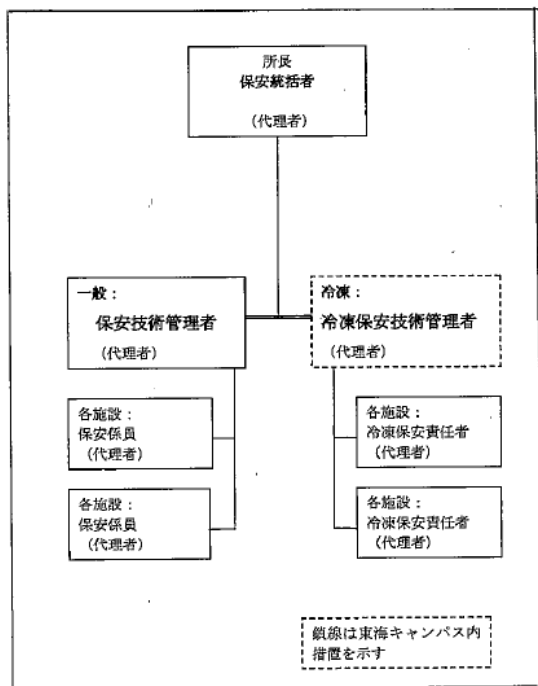


Table 3 保安管理体制

J- PARCにおける高圧ガス設備は、「冷凍保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」が適用される施設が、今後増える可能性があり、別々に運営するよりは一体として運営の方が望ましいとのことで、東海キャンパス高圧ガス安全管理規則に明記された。

保安統括者のもと、「冷凍保安規則」の冷凍保安技術管理者と「一般高圧ガス保安規則」の保安技術管理者がそれぞれの施設の保安係員と冷凍保安責任者を管理する体制とした。そのため冷凍保安技術管理者とその代理者を東海キャンパス内措置とした。

Table 3に保安管理体制図を示す。

低温設備システム設計 - 概略フロー

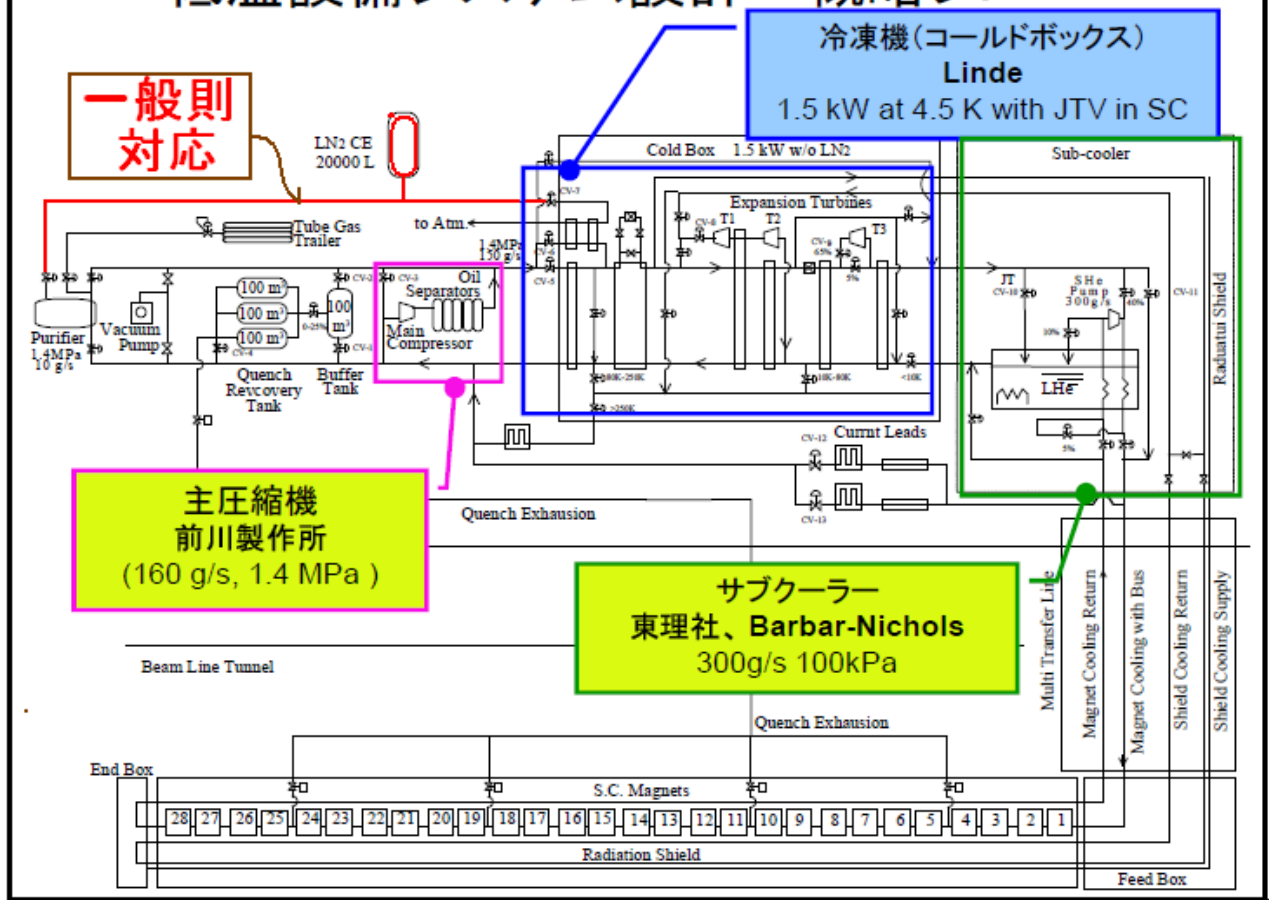


Fig.5 概略フロー

5 まとめ

2007年から主要機器が製作され、製作途中で随時、高圧ガス保安法に則り検査を実施してきた。

2008年6月から現地において設置工事・配管工事・配線工事を経て、11月から冷凍機の試運転・性能試験を実施し、2009年4月には最初のビーム入射に成功した。

スケジュール通りヘリウム冷凍設備の完成検査に合格し、1つのマイルストーンを通過した。

6 謝辞

このシステムの建設には、KEK施設部殿、太陽日酸株式会社殿、三菱電機株式会社殿、その他多くの個人・団体の協力がありました。ここに感謝の意を表したいと思います。