

資料3

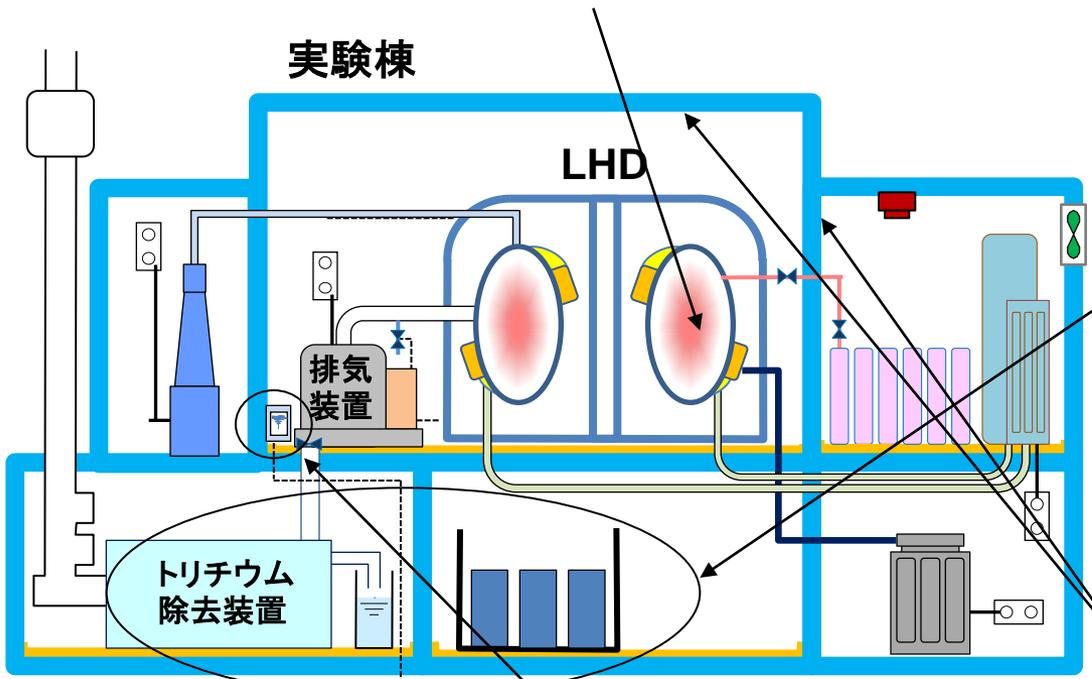
重水素実験安全評価委員会(第10回)
平成26年3月14日

「大型ヘリカル装置における重水素実験の 安全管理計画」の実施状況

自然科学研究機構
核融合科学研究所

LHDにおける重水素実験

プラズマが点いているときだけ、15分に1回、3秒程度、真空容器の中で、トリチウムと中性子が発生



トリチウム

1回に最大で 4百万分の1g (1.0×10^8 Bq) 発生
放射性物質として扱わなくてよい量
他の研究施設ではそのまま大気中に放出

処置
トリチウム除去装置で回収し、日本アイソトープ協会に引き取ってもらう

中性子

1回に最大で 5.7×10^{16} 個 発生

処置
本体室の壁・天井で遮蔽

地震対応(電気が止まると、即座に消える)

緊急地震速報

実験棟は震度7でも倒壊しない、震度4で自動停止
緊急地震速報を受信すると自動停止

重水素実験の環境への影響

中性子は建物のコンクリートの壁で千万分の1に減衰、遮蔽

反射

1回の実験で発生するトリチウム量は、最大で4百万分の1グラムで、放射性物質としての扱いが必要ない量



敷地境界

1.3メートルのコンクリート天井

排気塔
トリチウム
濃度測定

大型ヘリカル装置
(LHD)

中性子

トリチウム

プラズマ

2メートルのコンクリート壁

除去装置

日本アイソトープ協会が回収

発生する放射線やトリチウムから受ける影響は、研究所の入口にずっと立っていても

自然放射線の1000分の1以下
体内のトリチウムの15分の1以下
と、自然界のレベルよりもずっと少ないよ

日本原子力研究開発機構や諸外国の多くの研究施設で、何十年も行われており、初めての実験ではない

LHDの重水素実験は第9年度で終了し、その後はLHD装置の有効利用を目的とした科学的
研究計画へ転換

	前半6年間		後半3年間	
年 度	初年度	第2～6年度	第7～9年度	第10年度 以降
事項	予備的実験 (許認可検査)	プラズマ 高性能化実験	総合性能実験	ポストLHD 計画へ転換
年間トリチウム 最大発生量	37GBq (1Ci) (各年度)		55.5GBq (1.5Ci) (各年度)	---
年間トリチウム 最大放出量	3.7GBq(各年度)			
年間中性子 最大発生量	2.1x10 ¹⁹ 個 (各年度)		3.2x10 ¹⁹ 個 (各年度)	---

進捗状況に応じ、水素で実験を行う年度、あるいは、休止する年度は、9年間に含まれない



第1期安全評価委員会報告(H19年11月16日) の留意事項に対する実施状況

重水素実験安全評価委員会最終報告(平成19年11月16日)の「まとめ」で指摘された
「安全管理計画の策定に際しての留意事項」
に対する実施状況

- 放射線の安全性の監視に向けた精度の高い測定
 - ・高精度測定器(フィッションチェンバー)と校正用線源(カリフォルニウム)を用いた精度の高い中性子計測システムの検討・設計が完了。
 - ・検出信号の対ノイズ調査と検出回路の設計。

- 微量放射線に対する管理システムの構築及び運用
 - ・大気、河川、植生に対する環境トリチウム監視の高精度測定手法の開発と運用。
 - ・微量のトリチウム排出監視モニターの試験運用を開始(バックグラウンドの測定)。

- 第三者により監視を行う組織の設置の検討
 - ・協定書・覚書に基づいて、関係自治体が安全監視委員会を設置予定。

- 地域住民の安全・安心に関する信頼の確保と周辺環境保全に関する協定の早期締結
 - ・平成25年3月28日に関係自治体と協定書等を締結。
 - ・協定締結後も市民説明会を継続的に実施(H25年度:23会場437名)。



精度の高い中性子計測システム

- 検出信号のデジタル処理による対ノイズ性等の試験を実施して、高精度・高レンジな中性子計測システムの設計が完了
- H26年度にフィッションチェンバー等の中性子計測システムを整備する
- H27年度にカリフォルニウムを用いた絶対較正実験を計画



東日本大震災を教訓に再検討した安全管理計画 において充実を図った事項に対する実施状況

- 重水素実験時の運転方法の見直し
 - ・「プラズマ生成の起動を手動で行う」ための制御装置の改造をH27年度に実施予定。
- 環境放射線測定の実施
 - ・「核種を判別できるモニター」をH26年度に設置予定。
 - ・「環境放射の線量マップの作成」をH26～27年度中に可能とする予定。
- 電源喪失対策の強化
 - ・10日間運転分の燃料を備えた100kW級の「非常用発電設備」をH25年度に設置。
- 通報・監視体制の強化
 - ・衛星電話の整備を調査。設置方法については、今後関係自治体と調整。
 - ・非常時に自治体へ人を派遣することを検討し、試行した。
- 非常時体制の確立
 - ・自衛消防業務講習の受講(5人)等、体制の強化。
- 放射線管理区域の設定変更
 - ・一箇所で入退出管理を行うよう、管理区域を一元化して設定。
- 災害・事故時の対応の強化
 - ・災害・事故時の対応マニュアルの整備。緊急時の資機材調達ルートの確保。
 - ・火災用資機材、トリチウム用防具の設備の強化を図る。
- 訓練の実施
 - ・H25年度LHD実験期間中の消火訓練を7回実施して、習熟を図った。
 - ・今後、マニュアル等に基づいた訓練を頻度高く実施する。

- 電源が災害等により喪失しても、正確な情報の把握と伝達が可能なように、非常用の発電設備を整備
- 100kWクラスの発電機で、10日分程度の燃料貯蔵タンクを用意

＜対象負荷設備＞

放射線総合監視システム
 放射線管理設備
 安全対策用測定機器、非常照明
 トリチウム除去装置の管理・制御設備
 大型ヘリカル実験棟入退管理装置
 大型ヘリカル実験棟管理設備、等



- ・屋外設置型自家用発電機
- ・設置場所：大型ヘリカル実験棟の北東屋外
- ・定格出力：100kVA(3相200V, 60Hz)
- ・原動機：ディーゼルエンジン
- ・燃料タンク：軽油 7,000リットル(定格運転時10日分)

バッテリー(非常用電源)を具備した衛星電話(ファクシミリ)を整備する計画の具体化を検討中



- ・衛星電話の整備に向けて、全国の地方公共団体を結ぶ「**地域衛星通信ネットワーク**」(提供: 財団法人自治体衛星通信機構)の利用を検討。
- ・同ネットワークでの通信は、ネットワーク内のみに限られ、一般の公衆回線網や衛星電話への通信ができないため、**他の衛星電話サービスを利用する必要がある。**
- ・現在、複数の衛星電話サービスについて、**特徴や性能等を調査・比較し、導入機種を検討中。**

衛星サービス	A(静止衛星)	B(静止衛星)	C(周回移動衛星)
提供エリア	日本全土+海上200海里	全世界	全世界
重 さ	1.3kg	1.5kg	247g
連続通話時間	2時間12分	2時間15分	4時間
連続待受時間	約26時間	約36時間	30時間
F A X	○(要アダプタ)	○	×
通信速度	上り:最大144kbps 下り:最大384kbps	上り:最大448kbps 下り:最大464kbps	上り:最大2.4kbps 下り:最大2.4kbps
備 考	・日本語表示に対応。	・音声とデータ通信の同時利用が可能。	・静止衛星のサービスに比べて、通信の遅延が少ない。

研究所から自治体への非常時連絡の試行

- 衛星電話(ファクシミリ)が不通の場合には、人を徒歩あるいは自転車で、土岐市役所、多治見市役所、瑞浪市役所と東濃振興局に派遣する計画のため、市役所等までの連絡するルートおよび所要時間を確認
- 手段: 研究所所有の電動アシスト付き自転車
- 所要時間: 16分(研究所→土岐市役所)
28分(土岐市役所→瑞浪市役所)





安全管理計画における主要事項 に対する実施状況

重水素実験の安全管理計画<改訂版>(平成24年2月)の主要事項に対する実施状況

○中性子線・ガンマ線対策

- ・ 本体室地下の管理区域境界の貫通孔の閉止処理を一部実施、H26～27年度に主要な貫通孔の処理を行う。
- ・ 貫通孔閉止に伴うケーブル、レーザー光路等の処理を行う。
- ・ ポリエチレン板を一部の床面に試験的に敷設

○放射線総合監視システムの整備

- ・ H26～27年度に整備
- ・ 線量監視、放射能監視 – RMSAFE(敷地内放射線モニタリングシステム)更新中
- ・ トリチウム安全管理
トリチウム除去・回収システムはH26年度に整備、H27年度に試験調整の予定
環境トリチウム監視システムの運用
排出監視モニターは試験運用を開始

○管理区域の設定に向けた整備

○実験安全体制の構築

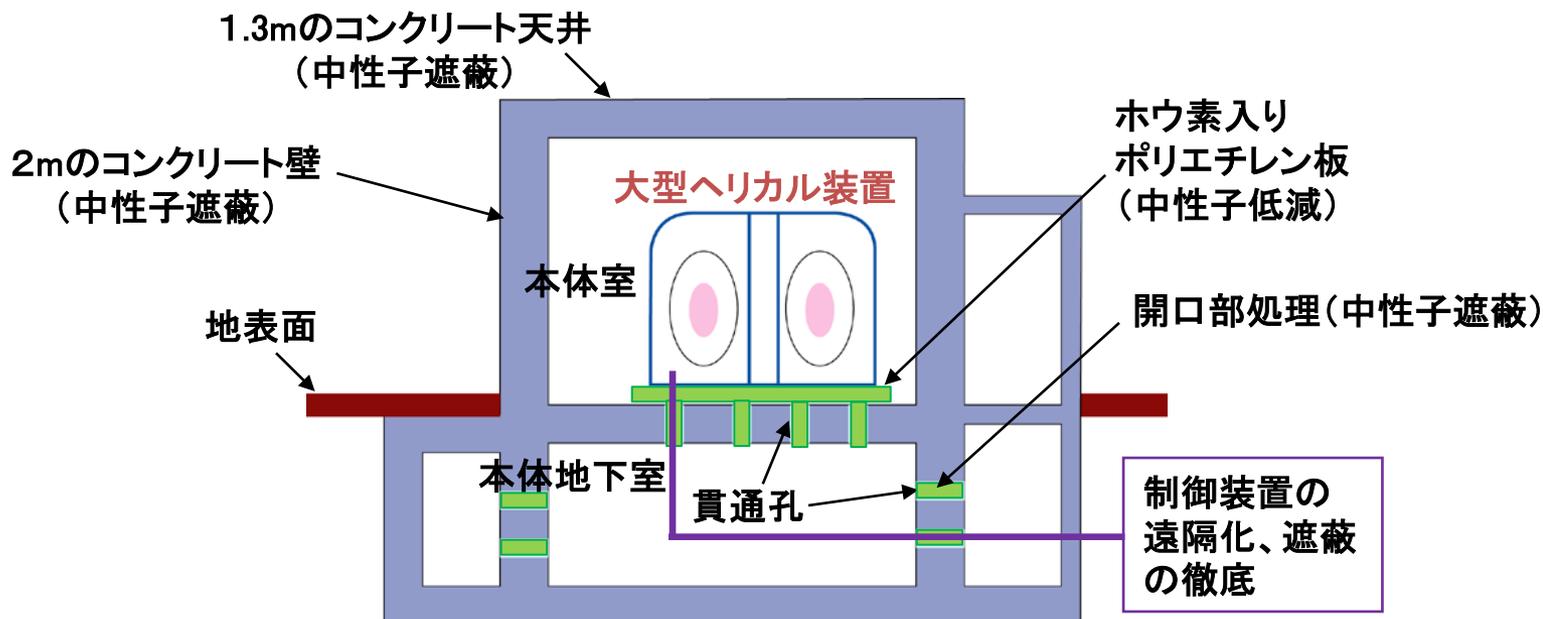
- ・ 放射線管理体制の整備
- ・ 放射線管理法令・規則体系
- ・ マニュアル等の整備
- ・ 教育・訓練の実施

○貫通孔処理

- ・本体室地下の管理区域境界の貫通孔の閉止処理を一部実施
- ・H26～27年度に主要な貫通孔の処理を行う
- ・貫通孔閉止に伴うケーブル、レーザー光路等の処理を行う

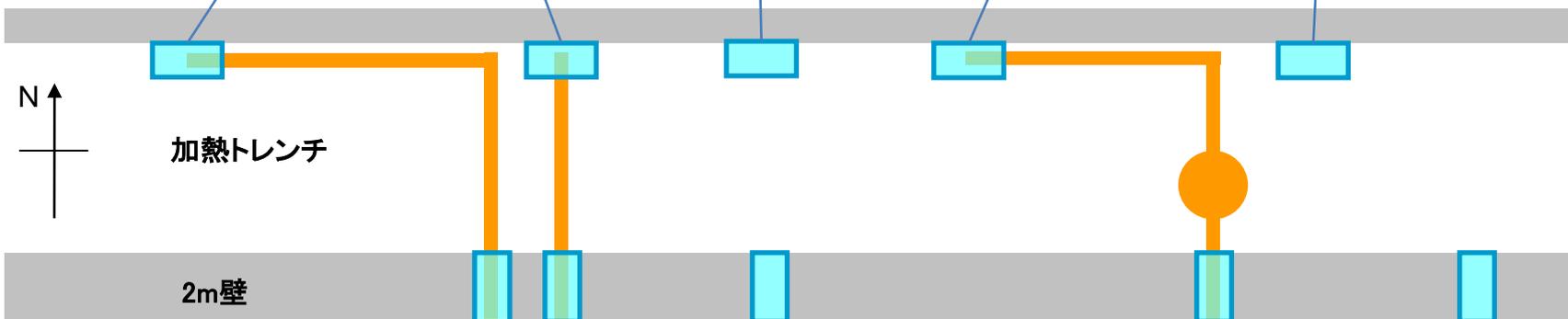
○ポリエチレン板の床面敷設

- ・ポリエチレン板を一部の床面に試験的に敷設



加熱トレンチ西側開口部閉止作業

加熱装置室・加熱トレンチ 床開口部 12m³
ポリエチレンビーズによる穴埋め



本体地下室



本体地下室・加熱トレンチ 壁開口部 24m³
ポリエチレン板・ポリエチレンビーズによる穴埋め

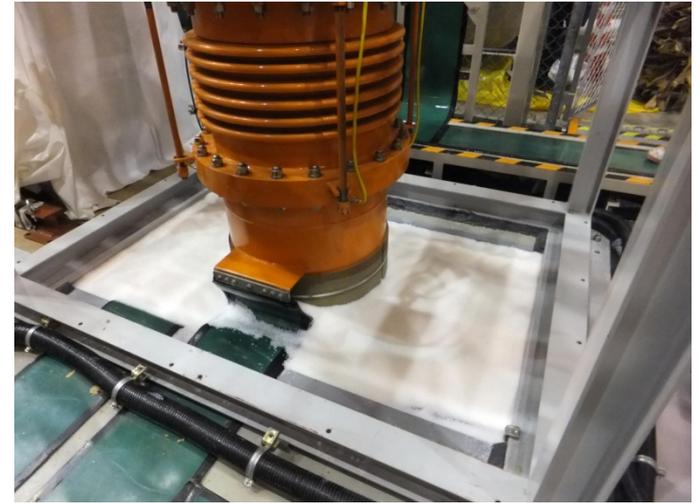
加熱トレンチ西側開口部閉止作業



壁開口部ケーブルトレイ



壁開口部閉止作業



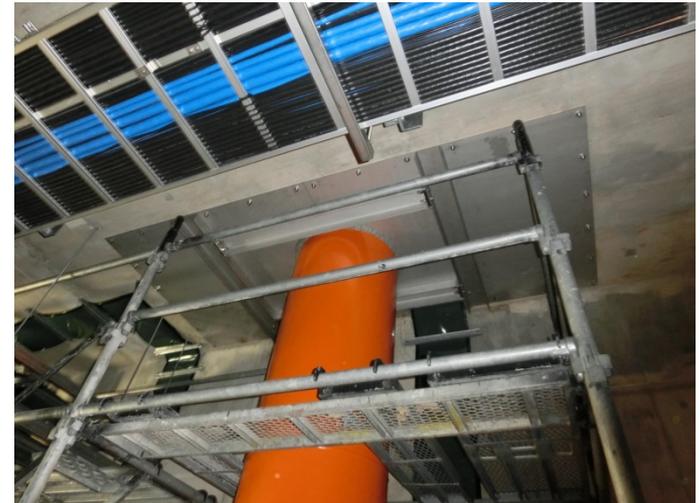
加熱装置室ビーズ投入後



壁開口部閉止完了直前



ポリエチレン板加工

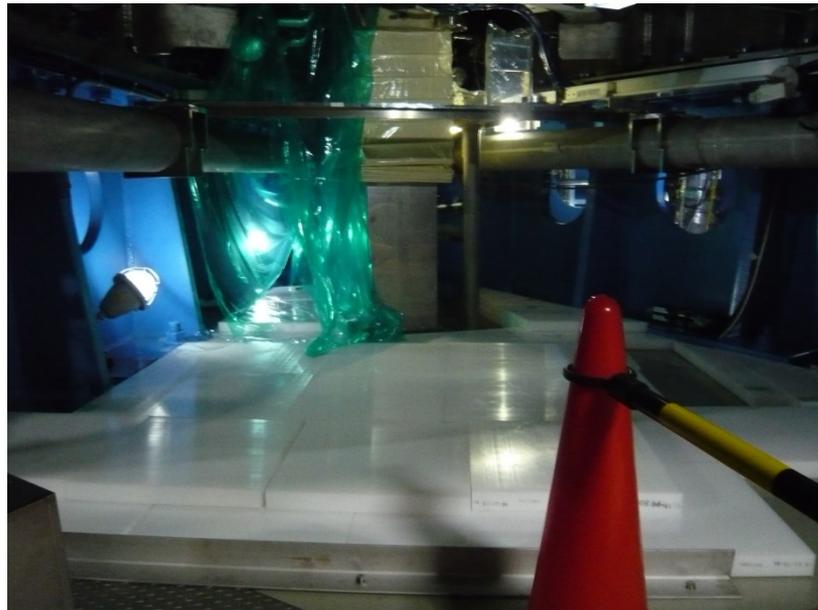


天井開口部閉止SUS板



ポリエチレン板の床面への敷設

- 床の一部(LHD本体直下)に、厚さ5cmのボロン入り(10wt%)ポリエチレンを敷設して、装置やコンクリート等の放射化の低減を図る計画。
- 試験的に、厚さ5cmのポリエチレン板を敷設。



8.5Lポート下にポリエチレン板を試験敷設

放射線総合監視システム



排気中放射能濃度測定

管理室



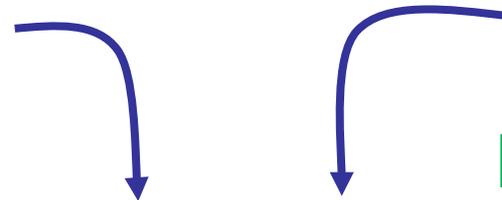
排水モニター



記録の作成

測定日時	測定地点	測定値	単位
2012年08月20日08時50分	WN	69	nSv/h
	WB	68	nSv/h
	WM	67	nSv/h
	WA	55	nSv/h
	WC	73	nSv/h
	IC	76	nSv/h
	IA	78	nSv/h
	IB	83	nSv/h
	IC	76	nSv/h
	WD	96	nSv/h
	WE	69	nSv/h
	WF	87	nSv/h
	WG	78	nSv/h
	WE	78	nSv/h

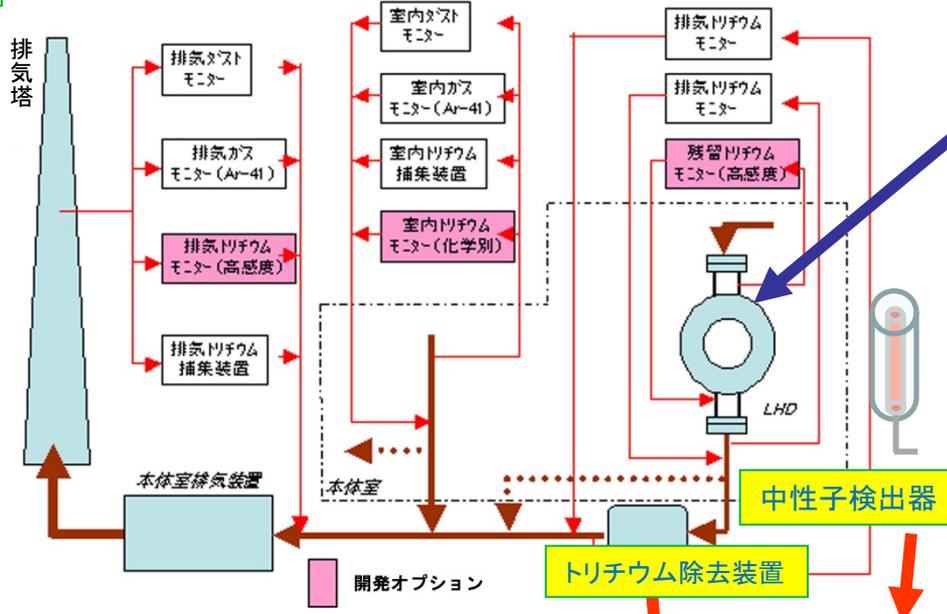
核融合科学研究所 放射線監視装置(RMSAFE)測定データ



管理室

作業環境中放射能濃度測定(本体室、本体室地下)

< 放出管理用モニター > < 作業環境用モニター(本体室内) > < 作業環境用モニター(真空容器内) >

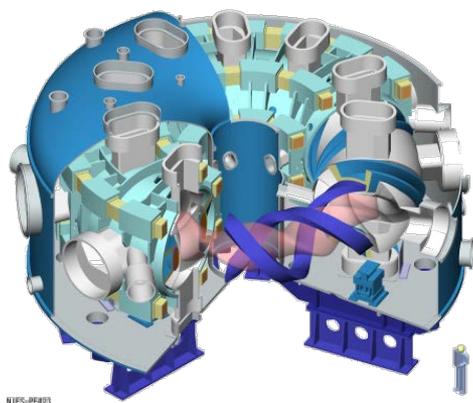


作業環境放射能濃度測定(真空容器内)

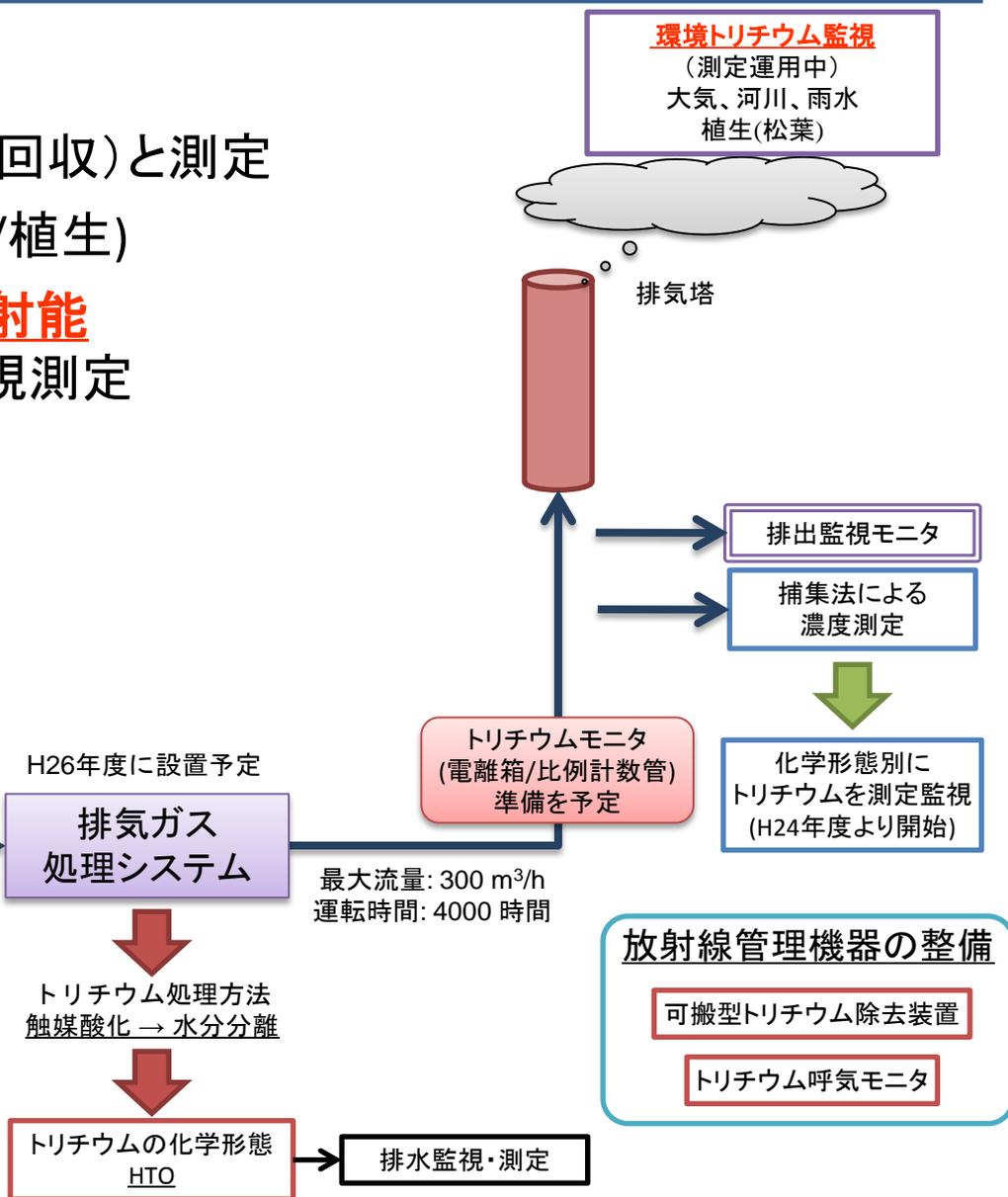
LHD中央制御室



- ・排気ガス処理(トリチウム除去・回収)と測定
- ・環境トリチウム監視(大気/河川/植生)
- ・施設影響評価に向けた**環境放射能監視手法の確立**と継続した監視測定

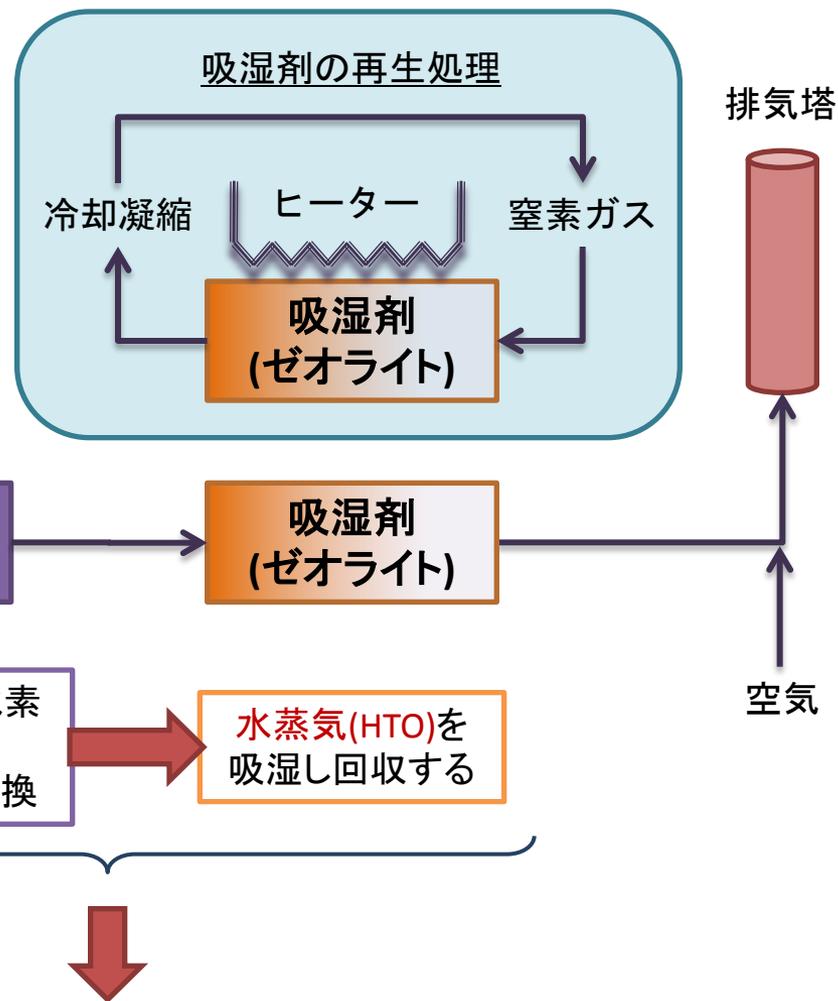


大型ヘリカル装置
Large Helical Device



(H26年度に整備、H27年度に試験調整後、軽水素実験で性能・安全性を確認予定)

● 真空排気ガス処理 - 酸化触媒+吸着方式

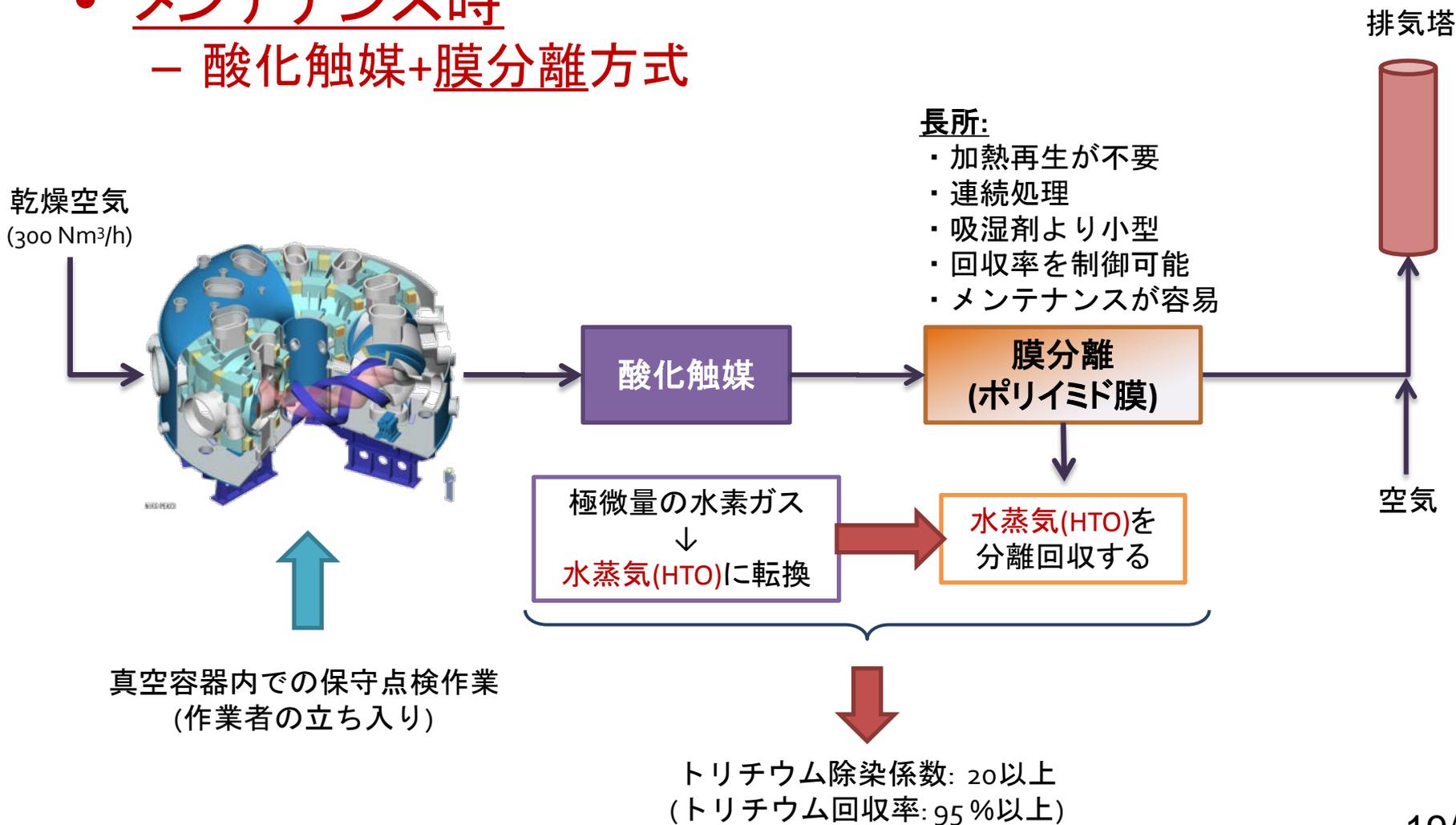


クライオポンプ再生時の水素同位体ガス

トリチウム除染係数: 20以上
(トリチウム回収率: 95%以上)

(H26年度に整備、H27年度に試験調整後、軽水素実験で性能・安全性を確認予定)

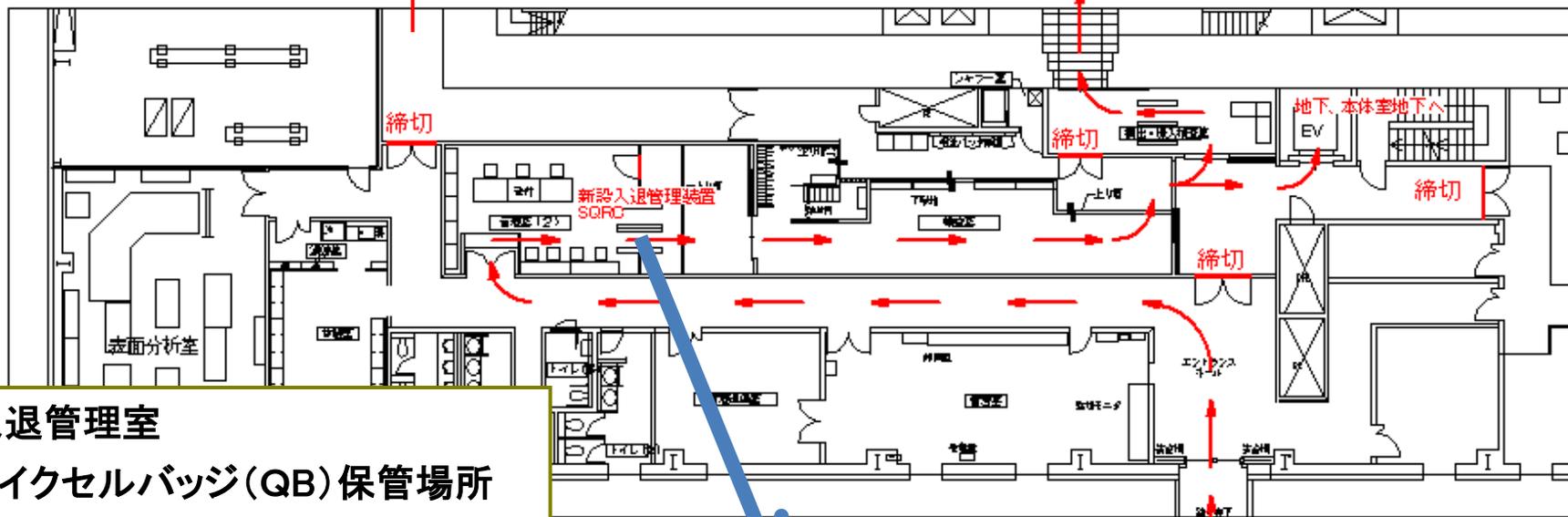
メンテナンス時 - 酸化触媒+膜分離方式



本体室入室経路(1階)

保守作業室へ

本体室へ
本体室へ



入退管理室
 クイクセルバッジ(QB)保管場所
 更衣室、下駄箱、バリア
 汚染検査設備
 除染設備
 記録作業室 などの整備

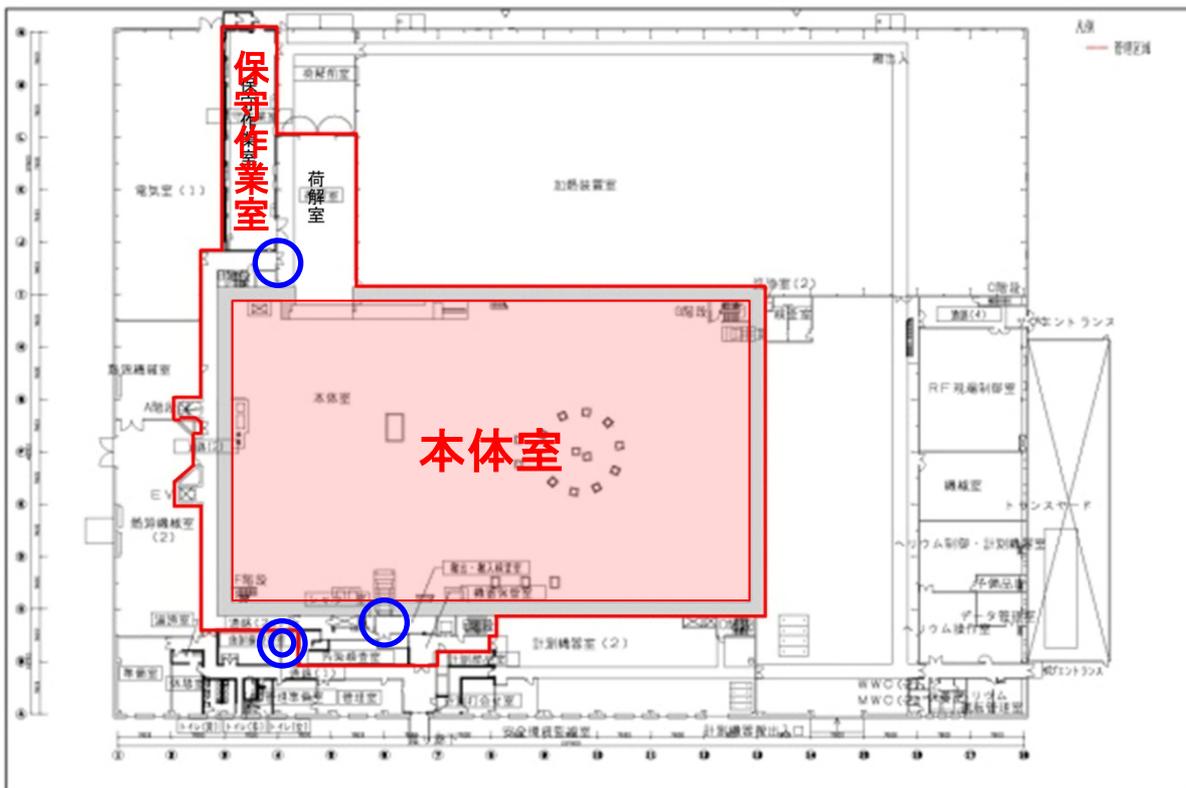


制御棟から

本体室の入り口は1箇所にして入退出の管理を行う

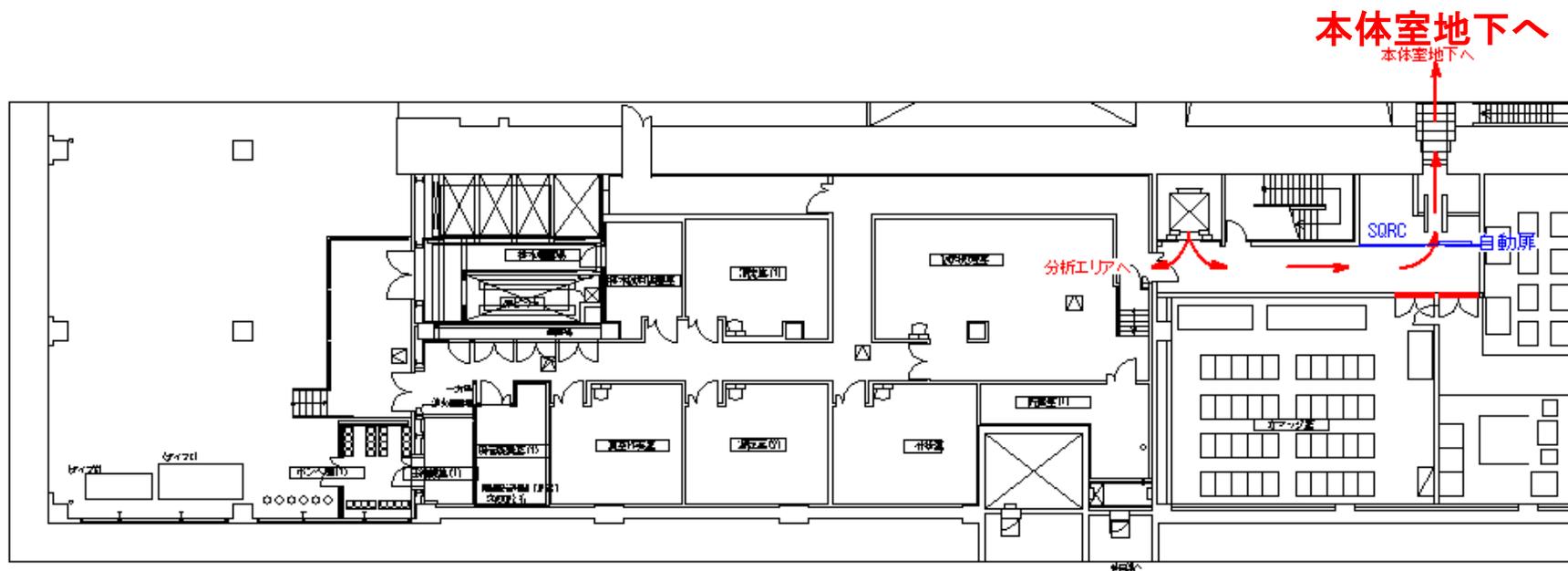
大型ヘリカル実験棟1階管理区域

- : 実験中入室不可エリア
- : 管理区域入域管理ゲート
- : エリア別入域管理ゲート



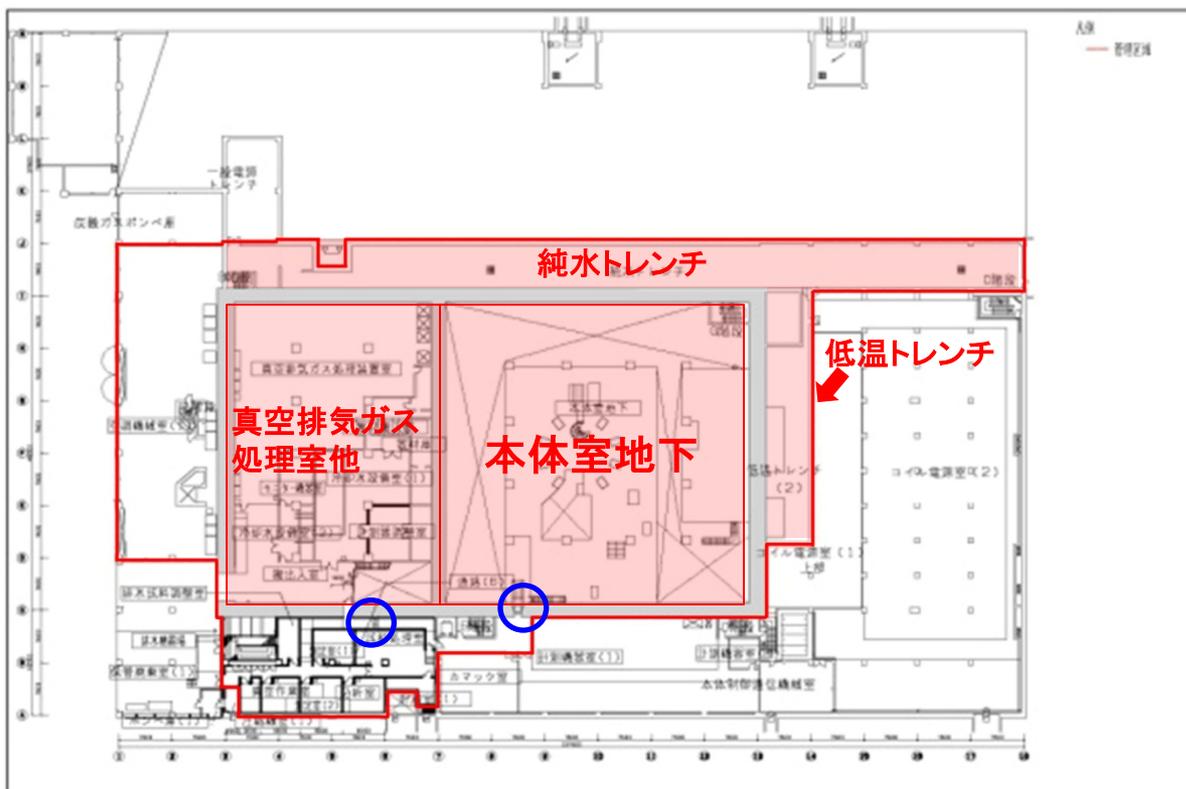
大型ヘリカル実験棟1階

本体室地下入室経路(地下1階)



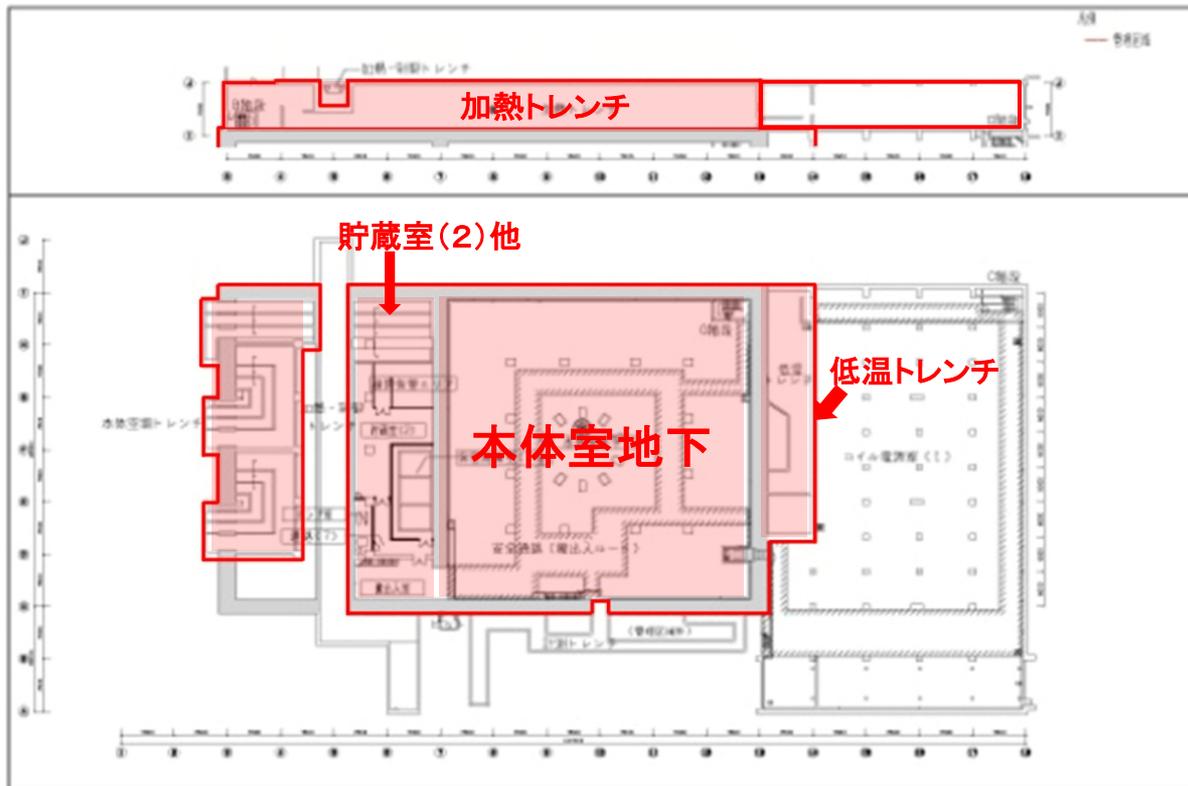
■ : 実験中入室不可エリア

○ : エリア別入域管理ゲート



大型ヘリカル実験棟B1階

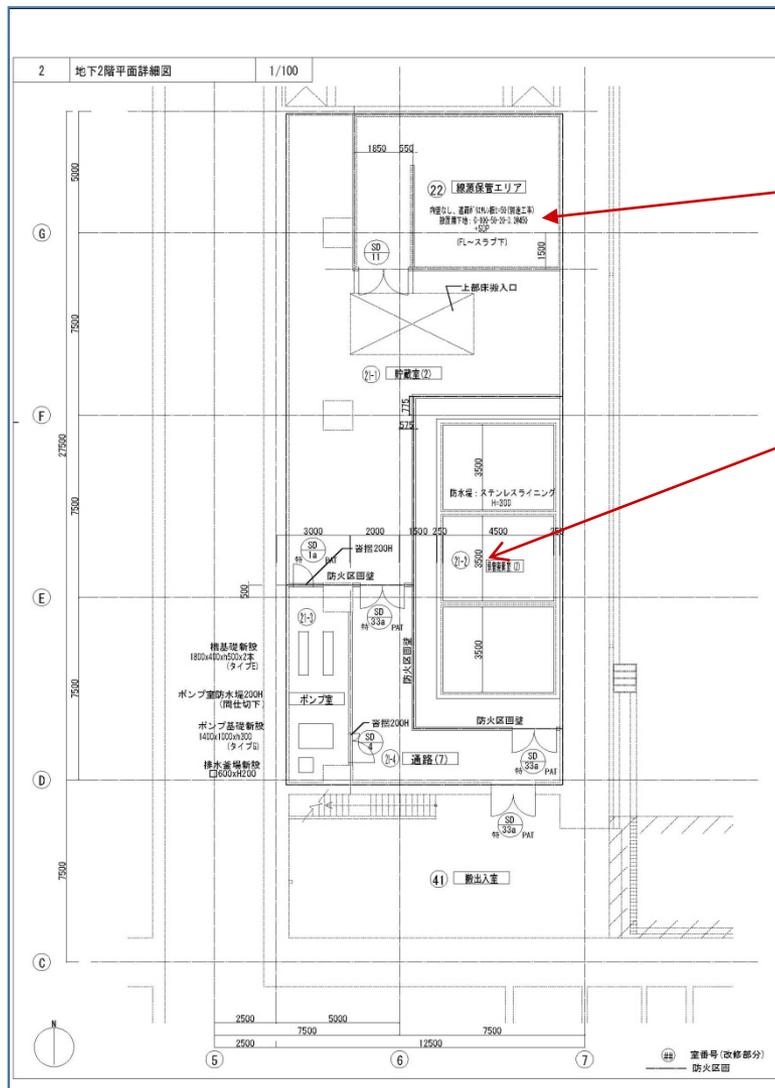
- : 実験中入室不可エリア
- : エリア別入域管理ゲート



大型ヘリカル実験棟B2階及び加熱トレンチ



RI保管エリア



線源保管エリア

保管廃棄室

**管理区域
本体棟地下2階**



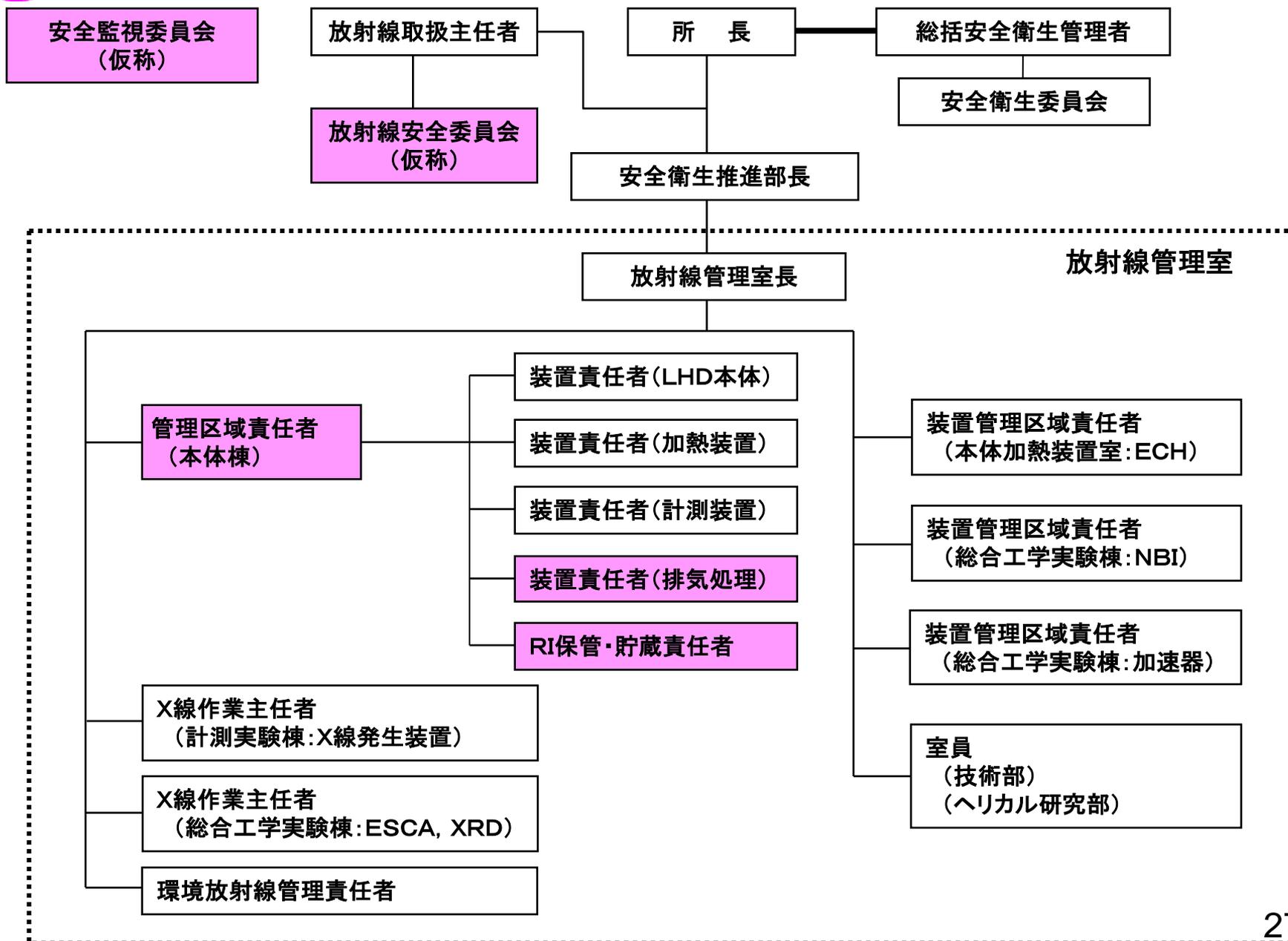
実験安全体制の構築

放射線管理の前提となる管理値

- 管理区域境界 3カ月間で1.3 mSv以下(法令値)
- 事業所境界 年間で50 μ Sv以下(研究所管理値)
- 作業者の被ばく線量 年間で1 mSv以下(研究所管理値)
(緊急時: 1 mSv/週、法令値)



放射線安全管理組織の検討（重水素実験開始後）





重水素実験に向けた放射線法令・規則体系の整備

放射線障害防止法	→	障防法施行細則	→	核融合科学研究所 放射線障害予防規程 (第5条) 放射線障害予防規程 (運用基準等・維持管理規程)	→	装置管理細則	→	基準	→	運転マニュアル等	→	異常時対応 マニュアル
放射線障害予防法 第21条		放射線障害予防規程 第21条		放射線障害予防規程 第21条		大型ヘリカル実験装置に係る通報連絡に関する細則 大型ヘリカル実験装置維持管理細則		LHD実験計画 LHD実験計画 通報・連絡に関する基準 放射線管理基準 -実験実施 -排気 -排水 -作業環境 (空間線量・空気中濃度・表面密度) -物品搬出入 -試料取扱		放射線管理マニュアル 運転監視マニュアル 入退管理マニュアル 真空容器内作業マニュアル ポート作業マニュアル 真空系取扱マニュアル 本体室作業マニュアル 本体室巡回チェックリスト 本体点検チェックリスト トリチウム回収マニュアル NBI取扱マニュアル 物流出入マニュアル 試料取扱マニュアル 分析エリア作業マニュアル		防災マニュアル
許可届出使用者は放射線障害を防止するため文部科学省令で定めるところにより放射性同位元素若しくは放射線発生装置の使用を開始する前に、放射線障害防止規程を作成し、文部科学大臣に届け出なければならない。		放射線障害予防規程は、次の事項について定める				教育訓練実施細則		教育訓練実施基準 -真空容器内作業 -LHD本体真空系取扱 -NBI取扱 -ポート作業 -本体室作業 -周辺点検 -試料取扱		LHD運転マニュアル 本体運転マニュアル NBI運転マニュアル ECH運転マニュアル ICH運転マニュアル 計測器運転マニュアル 入退管理装置運転マニュアル 放射線総合監視装置運転マニュアル トリチウム除去装置運転マニュアル 分析機器運転マニュアル		
放射線取扱主任者(第34条)		放射線取扱主任者の代理者(第33条)		(1) 取扱に従事する者に関する職務及び組織に関すること (1)の2 放射線取扱主任者及び安全管理に従事する者の職務及び組織に関すること	→			重イオンビームプローブ維持管理細則 校正用(252-Cf)密封放射源管理細則 高精度測定器(7チャンネル)使用細則 イオンビーム解析装置維持管理細則 核融合科学研究所における実験装置等の維持管理細則 エクセル装置の維持管理細則 微量密封放射性同位元素等取扱細則		重イオンプローブ運転マニュアル 252-Cf使用マニュアル 高精度測定器(7チャンネル)使用マニュアル イオンビーム解析装置運転マニュアル ECH運転マニュアル ICH運転マニュアル 校正用密封放射源取扱マニュアル ESCA-XRD運転マニュアル 微量密封放射源取扱マニュアル		
放射線取扱主任者の代理者(第37条)	→	放射線取扱主任者の代理者(第33条)	→	(1)の3 放射線取扱主任者の代理者の選任に関すること	→							
使用の許可の基準(第6条)	→	使用施設の基準(第14条の7)、貯蔵施設の基準(第14条の9)、廃棄施設の基準(第14条の11)	→	(1)の4 放射線施設の維持及び管理に関すること (1)の5 放射線施設の点検に関すること	→							
使用の基準(第15条)	→	使用の基準(第15条)	→	(2) 放射性同位元素及び放射線発生装置の使用に関すること。	→							
保管の基準(第16条)、運搬の基準(第17条)、廃棄の基準(第18条)	→	保管の基準(第17条)、運搬の基準(第18条)、廃棄の基準(第19条)	→	(3) 放射性同位元素等の受入れ、払出し、保管、運搬又は廃棄に関すること	→							
測定(第20条)	→	測定(第20条)	→	(4) 放射線の量及び放射性同位元素による汚染の状況の測定並びにその測定の結果について実施すべき措置に関すること	→							
教育訓練(第22条)	→	教育訓練(第21条の2)	→	(5) 放射線障害防止のために必要な教育及び訓練に関すること	→							
健康診断(第23条)	→	健康診断(第22条)	→	(6) 健康診断に関すること	→							
放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者に対する措置(第24条)	→	放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者に対する措置(第23条)	→	(7) 放射線障害を受けた者又は受けたおそれのある者に対する保健上必要な措置に関すること	→							
記載義務(第25条)	→	記載(第24条)	→	(8) 法律第25条に規定する記載及び義務に関すること	→							
事故届(第32条)、危険時の措置(第33条)	→	危険時の措置(第29条)、報告徴収(第39条第1項)	→	(9) 地震、火災その他の災害が起こった時の措置に関すること (10) 危険時の措置に関すること	→							
報告徴収(第42条)	→	第39条第3項	→	(11) 放射線管理の状況の報告に関すること (12) 省略 (13) その他放射線障害の防止に関し必要な事項	→							

重水素実験に向けた装置管理細則、基準、マニュアル(案)

装置管理細則 装置管理細則	基準 基準	運転マニュアル他 運転マニュアル等	異常時対応 マニュアル
	LHD実験計画		防災マニュアル
大型ヘリカル実験装置に係る通報連絡に関する細則	通報・連絡に関する基準	通報・連絡マニュアル	異常時対応 マニュアル
大型ヘリカル実験装置維持管理細則	放射線管理基準 ・実験実施 ・排気 ・排水 ・作業環境 (空間線量・空气中濃度・表面密度) ・物品搬出入 ・試料取扱	放射線管理マニュアル LHD運転マニュアル	
教育訓練実施細則	教育訓練実施基準 ・真空容器内作業 ・LHD本体真空系取扱 ・NBI取扱 ・ポート作業 ・本体室作業 ・周辺点検 ・試料取扱	<ul style="list-style-type: none"> — 運転監視マニュアル — 入退管理マニュアル — 真空容器内作業マニュアル — ポート作業マニュアル — 真空系取扱マニュアル — 本体室作業マニュアル <ul style="list-style-type: none"> — 本体室巡視チェックリスト — 本体点検チェックリスト — トリチウム回収マニュアル — NBI取扱マニュアル — 物品搬出入マニュアル — 試料取扱マニュアル — 分析エリア作業マニュアル <ul style="list-style-type: none"> — 本体運転マニュアル — NBI運転マニュアル — ECH運転マニュアル — ICH運転マニュアル — 計測器運転マニュアル — 入退管理装置運転マニュアル — 放射線総合監視装置運転マニュアル — トリチウム除去装置運転マニュアル — 分析機器運転マニュアル 	
重イオンビームプローブ維持管理細則		重イオンプローブ運転マニュアル	
校正用(252-Cf)密封線源管理細則		252-Cf使用マニュアル	
高精度測定器(フィッソフチェンバー)使用細則		高精度測定器(フィッソフチェンバー)使用マニュアル	
イオンビーム解析装置維持管理細則		イオンビーム解析装置運転マニュアル	
核融合科学研究所における実験装置等の維持管理細則		ECH運転マニュアル ICH運転マニュアル	
エックス線装置の維持管理細則		校正用X線源運転マニュアル ESCA・XRD運転マニュアル	
微量密封放射性同位元素等取扱細則		微量密封線源取扱マニュアル	



装置管理細則(放射線法令・規則体系の整備)

大型ヘリカル実験装置に係る通報連絡に関する細則

大型ヘリカル実験装置維持管理細則

教育訓練実施細則

重イオンビームプローブ維持管理細則

校正用(252-Cf)密封線源管理細則

高精度測定器(フィッションチェンバー)使用細則

イオンビーム解析装置維持管理細則

核融合科学研究所における実験装置等の維持管理細則

エックス線装置の維持管理細則

微量密封放射性同位元素等取扱細則



基準(放射線法令・規則体系の整備)

LHD実験計画

通報・連絡に関する基準

放射線管理基準

- 実験実施
- 排気
- 排水
- 作業環境
(空間線量・空气中濃度
▪ 表面密度)
- 物品搬出入
- 試料取扱

教育訓練実施基準

- 真空容器内作業
- LHD本体真空系取扱
- NBI取扱
- ポート作業
- 本体室作業
- 周辺点検
- 試料取扱



運転マニュアル等(放射線法令・規則体系の整備)

通報・連絡マニュアル

放射線管理マニュアル

運転監視マニュアル

入退管理マニュアル

真空容器内作業マニュアル

ポート作業マニュアル

真空系取扱マニュアル

本体室作業マニュアル

本体室巡視チェックリスト

本体点検チェックリスト

トリチウム回収マニュアル

NBI取扱マニュアル

物品搬出入マニュアル

試料取扱マニュアル

分析エリア作業マニュアル

LHD運転マニュアル

本体運転マニュアル

NBI運転マニュアル

ECH運転マニュアル

ICH運転マニュアル

計測器運転マニュアル

入退管理装置運転マニュアル

放射線総合監視装置運転マニュアル

トリチウム除去装置運転マニュアル

分析機器運転マニュアル

重イオンプローブ運転マニュアル

252-Cf使用マニュアル

高精度測定器(フィッションチェンバー)使用
マニュアル

イオンビーム解析装置運転マニュアル

ECH運転マニュアル

ICH運転マニュアル

校正用X線源運転マニュアル

ESCA・XRD運転マニュアル

微量密封線源取扱マニュアル



防災マニュアル

放射線管理時対応マニュアル

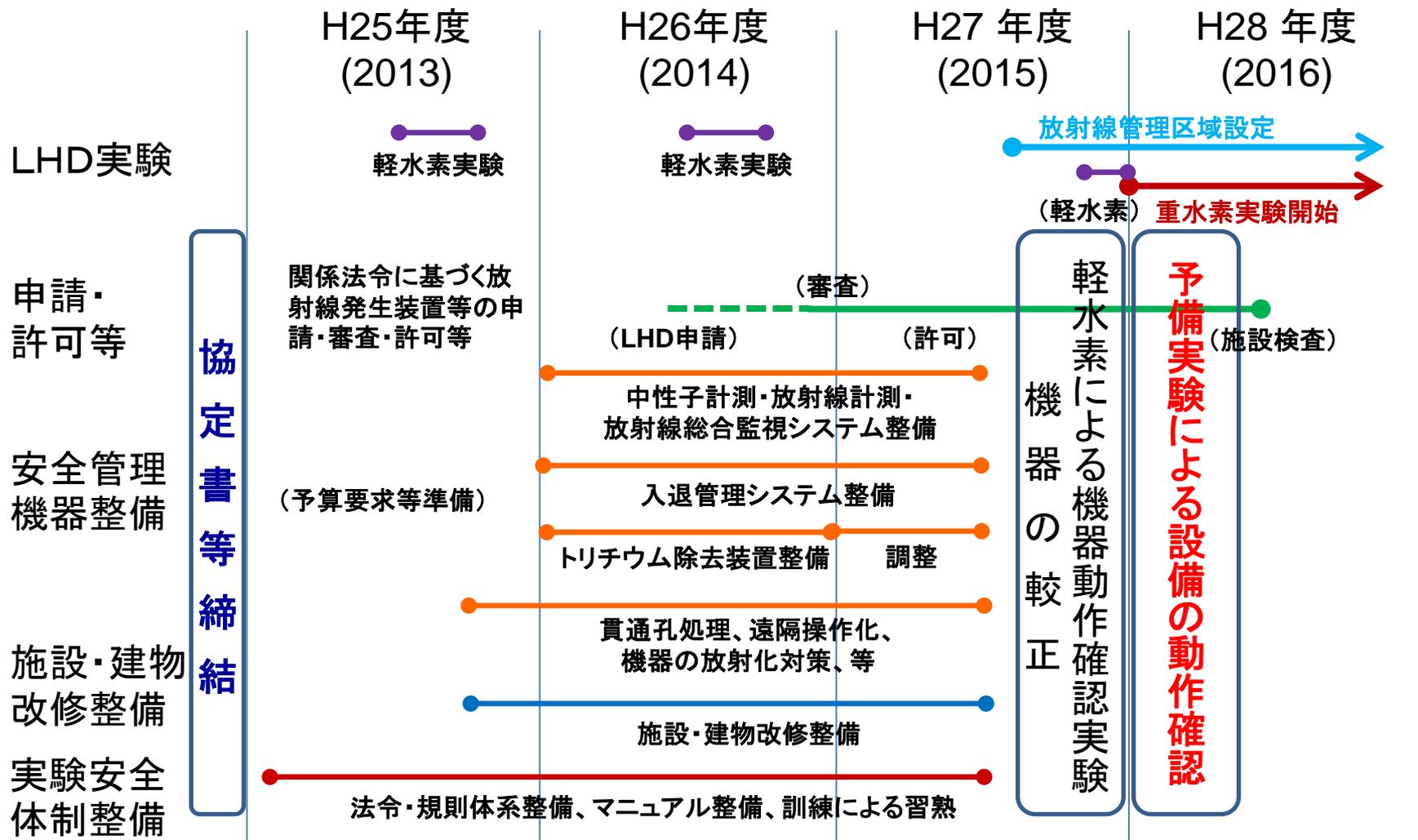
- 運転監視時対応マニュアル
- 入退管理時対応マニュアル
- 真空容器内作業時対応マニュアル
- ポート作業時対応マニュアル
- 真空系取扱時対応マニュアル
- 本体室作業時対応マニュアル
- トリチウム回収時対応マニュアル
- NBI取扱時対応マニュアル
- 物品搬出入時対応マニュアル
- 試料取扱時対応マニュアル
- 分析エリア作業時対応マニュアル



LHD重水素実験へ向けた 準備・整備スケジュール



重水素実験開始に向けた整備計画 —放射線安全管理等整備—



予備実験: 本格的な重水素実験に先立って行い、安全管理機器等の機能等を確認する実験



○LHDと密封線源

- ・放射線発生装置(LHD)、非密封線源取扱(分析関係等)

H26年度中に申請予定

H28年に予定している予備実験で施設検査

- ・密封線源(中性子計測システムの校正用線源:カリフォルニウム252)

H27年度に購入予定 →管理区域の設定 →中性子計測校正

○高精度中性子計測システム

- ・高精度測定器(フィッションチェンバー)

H26年度に購入予定

→納入後管理区域(保管エリア)の設定

まとめ

- 平成28年の重水素実験の開始へ向けて、改訂した安全管理計画に沿った準備・整備が進んでいる。
- 安全管理計画において主要な機器であるトリチウム除去・回収装置および高精度中性子計測システムの整備をH26年度～27年度に実施する。
- 管理区域の整備、貫通孔処理、排気・排水処理、等の施設整備も順次進めている。
- 非常用発電設備、衛星電話、災害時対応など、東日本大震災を教訓に充実を図った安全管理事項に対する整備・検討も進んでいる。
- 法令に基づく放射線関係の申請も順次進めている。
- 実験安全体制の構築を進めており、安全管理組織の構成、法令・規則の体系化、マニュアルの整備等を進めるとともに、今後、訓練等を通じて安全教育の徹底を図る。