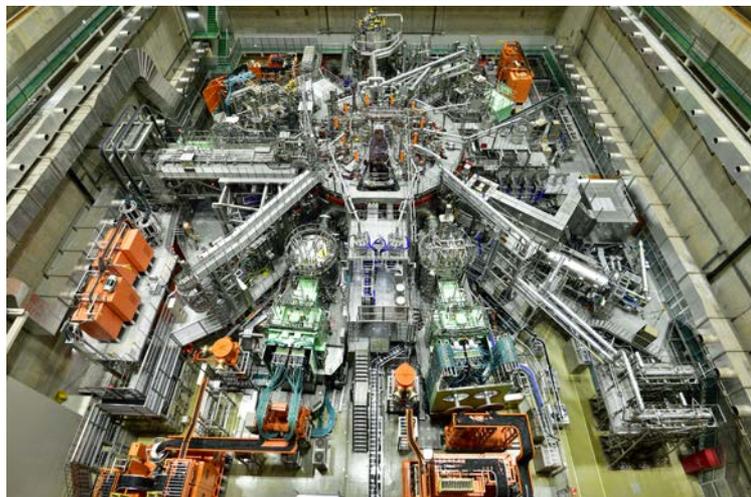


大型ヘリカル装置(LHD)における 重水素実験第2年次の準備状況等 について

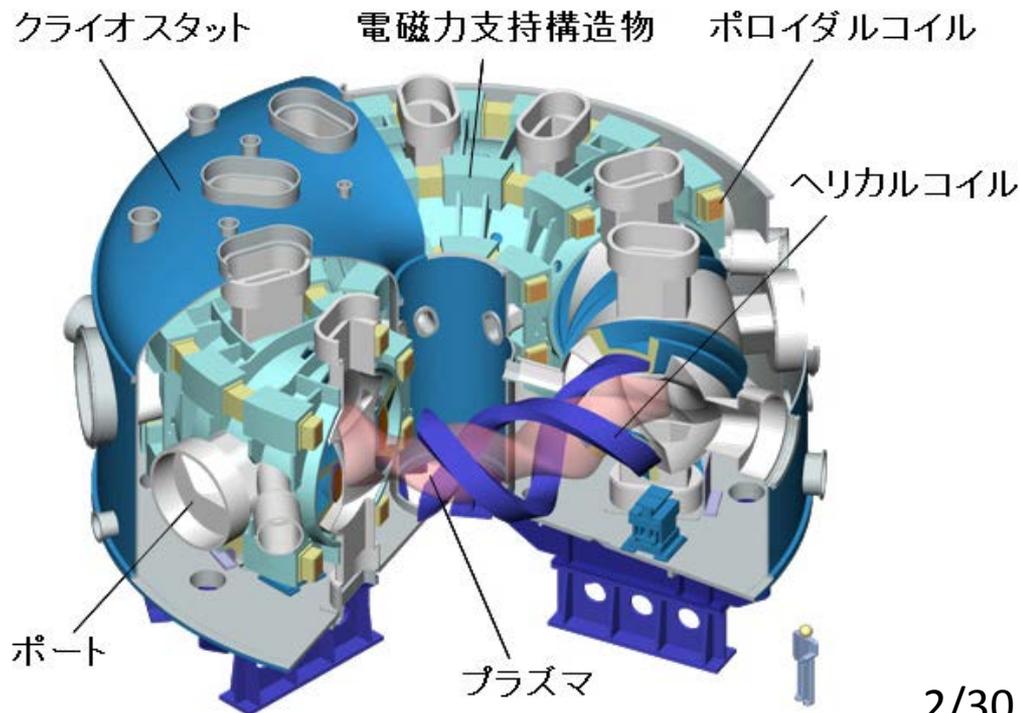
重水素ガスを用いてイオン温度1億2千万度を達成し、核融合発電を見通せる高性能プラズマの研究を遂行する。

⇒核融合炉設計につながるデータベースの蓄積と学術基盤の構築を行う。

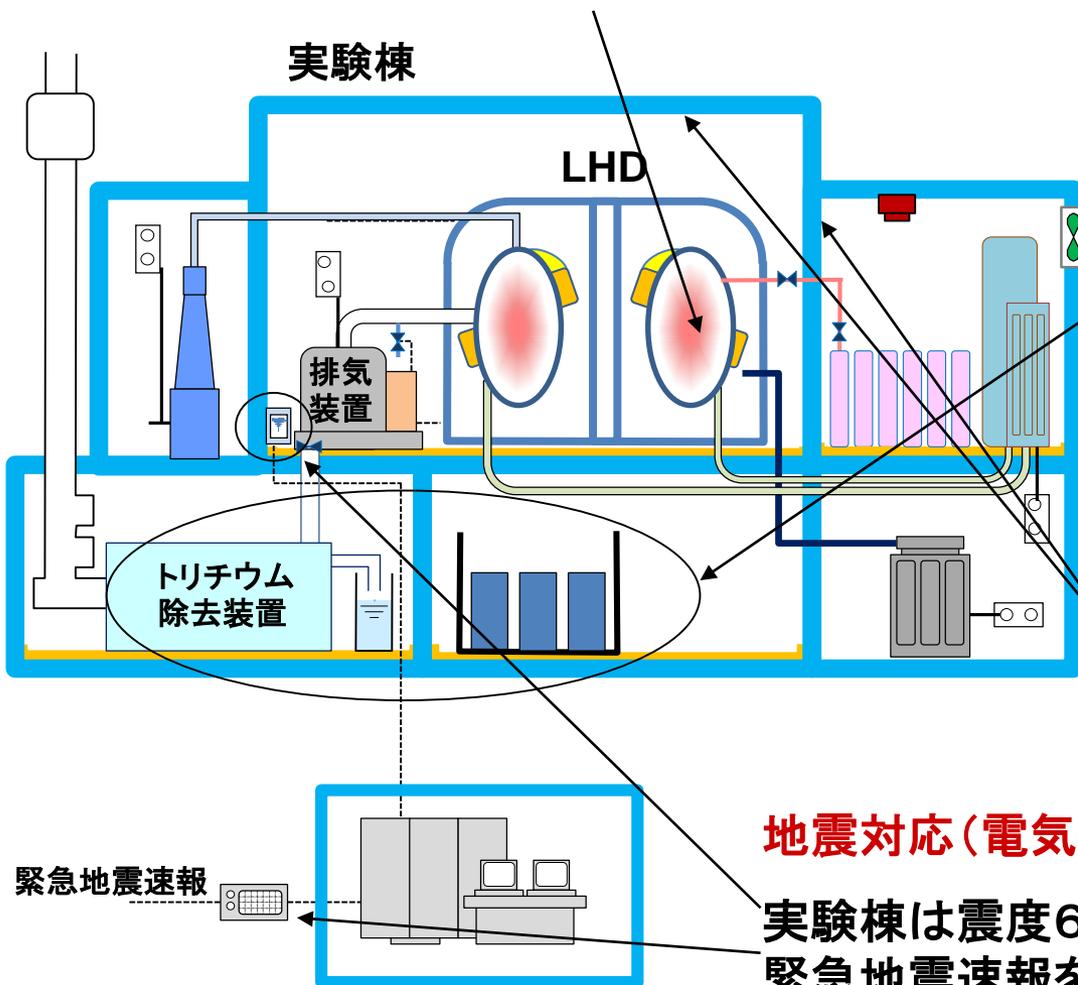
⇒新たな研究領域の開拓や実験の多様性を拡大する。



- ・世界最大級の超伝導核融合プラズマ実験装置
装置の高さ：約9メートル
装置の直径：約13メートル
装置の重量：約1500トン
- ・平成10年4月 LHD実験開始
- ・平成29年3月 LHD重水素実験開始



プラズマが点いているときだけ、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
日本アイソトープ協会へ引渡し

中性子

1回に最大で 5.7×10^{16} 個 発生

処置

本体室のコンクリートの壁で1千万分の1に減衰、遮蔽

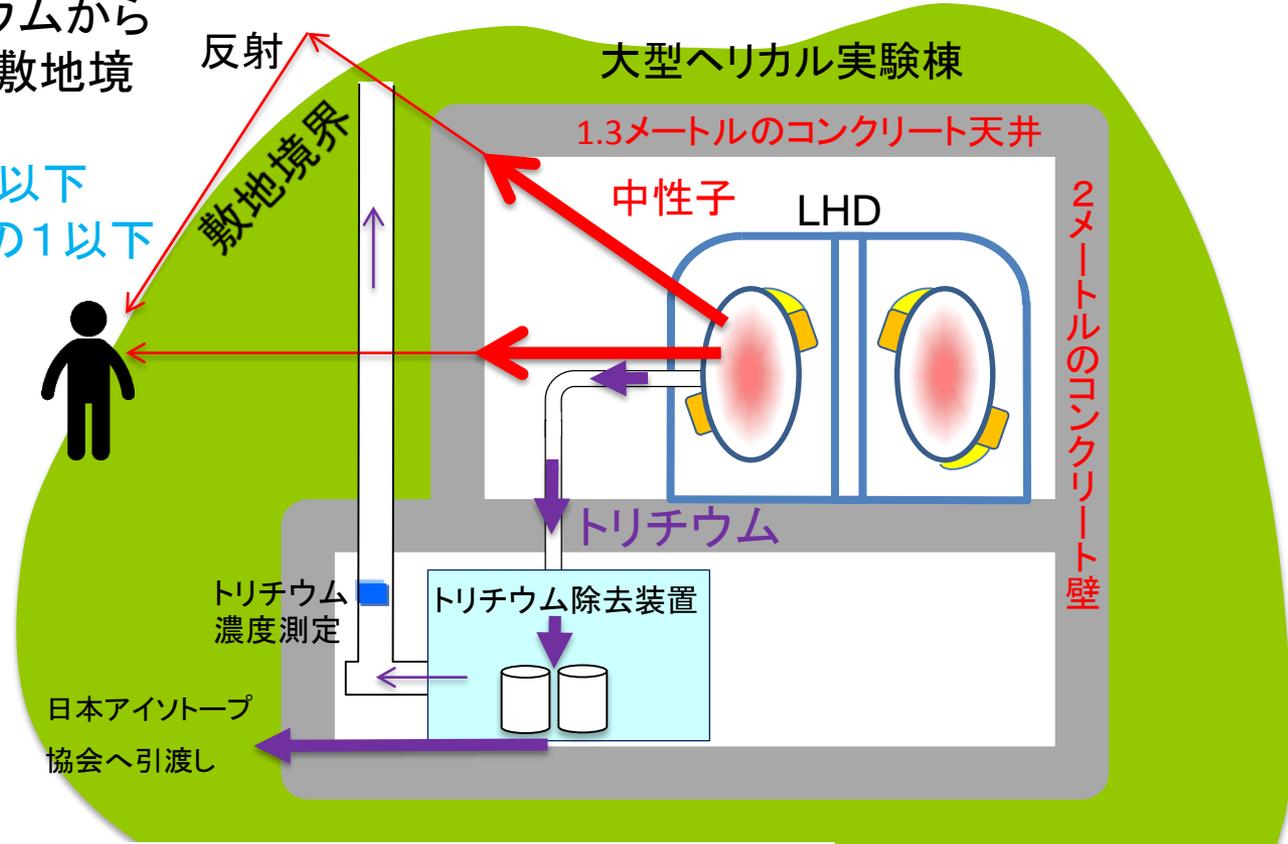
地震対応(電気が止まると、即座に消える)

実験棟は震度6強でも倒壊しない、震度4で自動停止
緊急地震速報を受信すると自動停止

- 実験で発生する中性子は、建物のコンクリート壁で遮蔽⇒1千万分の1に減衰
- 1回の実験で発生するトリチウム量は、最大でも4百万分の1グラムで、放射性物質としての扱いは必要ない量 ⇒ 除去装置により回収

発生する放射線やトリチウムから受ける影響は、研究所の敷地境界に居続けたとしても、

- ✓ 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。



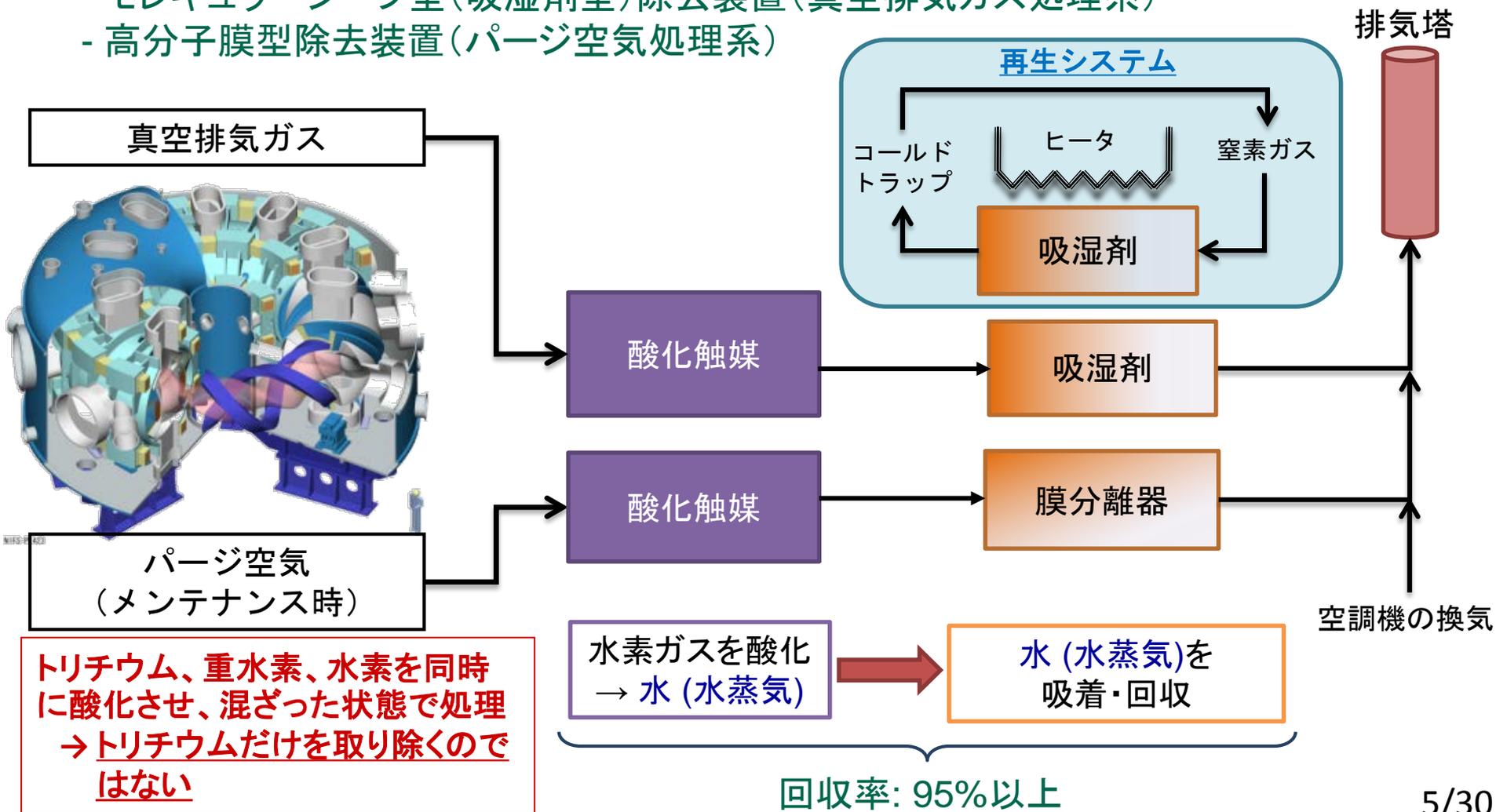
国内(量子科学技術研究開発機構)や諸外国の多くの研究施設で、何十年も行われており、初めての実験ではありません。安全性は確認されています。

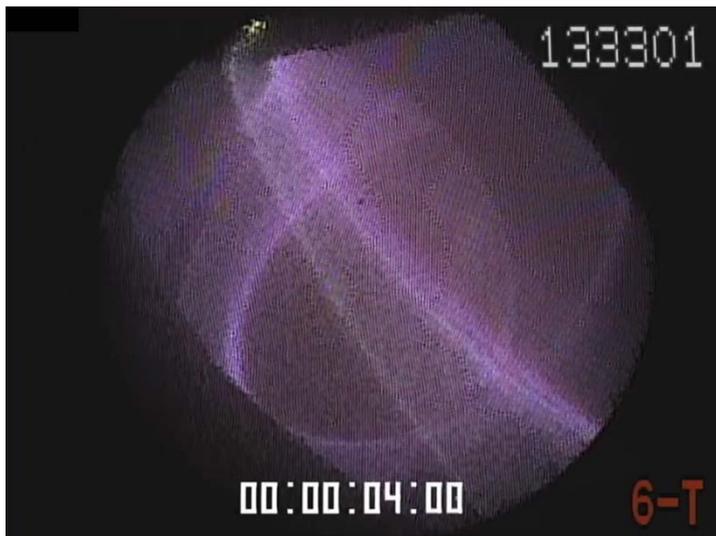
トリチウム除去装置(排気ガス処理システム)

真空排気ガスは排気ガス処理システムを經由して、トリチウムを除去・回収

2種類のトリチウム除去装置を設置、いずれも酸化触媒・吸着方式

- モレキュラーシーブ型(吸湿剤型)除去装置(真空排気ガス処理系)
- 高分子膜型除去装置(パージ空気処理系)





重水素ガスによる最初のプラズマ

平成29年3月7日、重水素ガスを用いた実験 (重水素実験)を開始

放射線障害防止法に基づく「施設検査合格証」
が交付されました(3月29日)。

7月7日まで、重水素実験を実施

イオン温度1億2,000万度を達成するなど、大きな
成果を挙げました。
また安全に実験を実施しました。

7月11日～8月3日、軽水素ガスを用いた実験を
行い、その後、超伝導コイルを1ヶ月かけて昇温し
ました。

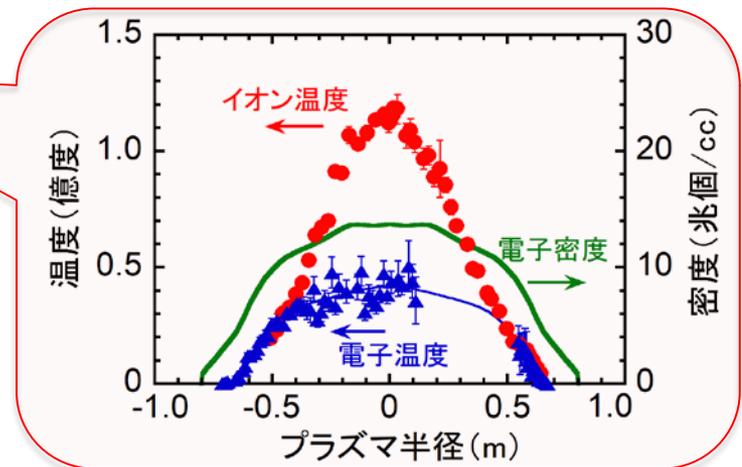
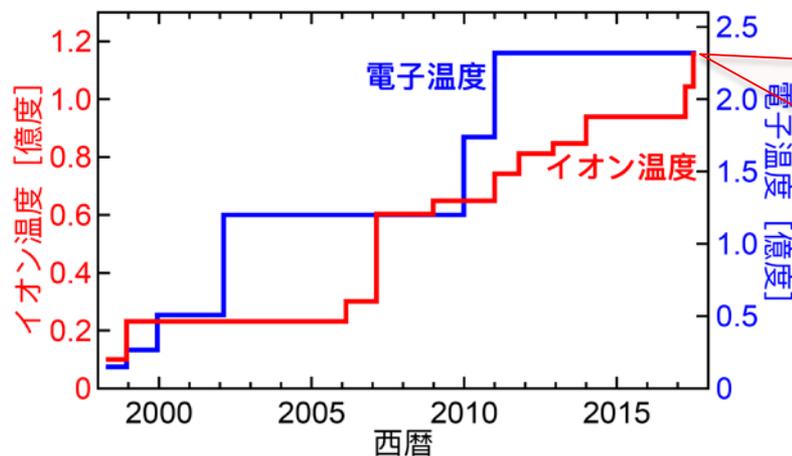


146名の来賓、所員約300名が出席した点火式



核融合炉を見通せるプラズマの研究がLHDで可能に

プラズマ性能	大型ヘリカル装置 達成値	大型ヘリカル装置 最終目標値	核融合炉 設計条件の目安
イオン温度	1億2,000万度 (密度 13兆個/cc)	1億2,000万度 (密度 20兆個/cc)	1億2,000万度以上 100兆個/cc以上 閉じ込め1秒以上
電子温度	2億3,000万度 (密度 2兆個/cc) 1億2,000万度 (密度 16兆個/cc)	1億2,000万度 (密度 20兆個/cc)	
密度	1,200兆個/cc (温度 300万度)	400兆個/cc (温度 1,500万度)	
ベータ値 (プラズマ圧力/ 磁場圧力)	5.1% (磁場 0.425T) 4.1% (磁場 1T)	5% (磁場 1-2T)	5%以上 (磁場 5T以上)
定常運転	54分 (500 kW) 48分 (1200 kW)	1時間 (3 MW)	定常 (1年)



トリチウム除去装置（排気ガス処理システム）

- ・ LHDの真空排気システムとの**連動運転**試験を実施し、問題のないことを確認
- ・ 現在まで**連続運転**を行っており、稼働率100%でトリチウムの除去・回収運転を継続中
- ・ **95%以上**のトリチウム回収率を確認
 - ⇒ トリチウム除去装置（排気ガス処理システム）が**所期の性能を発揮**していることを確認

放射線総合監視システム

- ・ 管理区域入退管理システム、放射線モニタリングシステム（RMSAFE）等の信号を一元管理
 - ⇒ **所期性能**を確認
 - ⇒ 放射線の測定値は、研究所ホームページ上で**速報値として公開中**
- ・ インターロックシステムは、施設検査において**健全性**を確認

安全確保上の態勢

- ・ **防災訓練**（全所員が参加）、**LHD消火訓練**(実験期間中に関係者が参加) を**毎年度実施**
 - ⇒ 災害時、緊急時等における**危機管理体制・連絡体制**の確認
- ・ 重水素実験の開始に伴い、通年にわたる24時間の監視体制を整備
 - ⇒ 特に重水素実験の開始初期においては、研究所職員による**宿日直勤務**を実験期間以外も含め1年を通して実施
- ・ プラズマ実験の起動は安全確認を行ったうえで**手動**で実施

重水素実験の遂行上、安全確保上の態勢が十分機能していることを確認しました。

防災訓練(全所員が参加)

- ・巨大地震が発生し職員食堂厨房で火災、負傷者が発生した想定で毎年度実施(平成28年9月30日、平成29年11月6日)
- ・土岐市南消防署の参加を得て、災害警戒本部の立ち上げ、自衛消防隊(本部隊、地区隊)による関係機関への通報*、初期消火、及び実験設備の安全確認、並びに所員安否確認等の訓練を実施



災害警戒本部

LHD消火訓練(実験関係者が参加)

- ・重水素実験期間中に、本体室内実験用装置から火災が発生した想定で毎年度実施(平成29年2月10日、平成29年8月2日)
- ・自衛消防隊地区隊本部の立ち上げ、実験責任者(地区隊長又は地区隊長代理)の指示に基づく、危機管理指揮本部との連携、装置停止等の非常時の措置、緊急時の管理区域立入手続きの確認及び地区隊現場対応班による初期消火等の訓練を実施



初期消火活動に向かう現場対応班

* 研究所では、災害発生時の関係機関への通報等に万全を期すため、所長が指名する広報担当を複数名(現在9名)置いています。広報担当は、所長が不在時の代理者と合わせて、ホームページ所内情報で、所員全員がいつでも確認できるようにしています。

○放射線発生総量

- 中性子発生量(トリチウム発生量)
前半6年間: 2.1×10^{19} 個/年(370億ベクレル)
後半3年間: 3.2×10^{19} 個/年(555億ベクレル)
- トリチウム発生量は中性子発生量から評価

○敷地境界線量

- $50 \mu\text{Sv}/\text{年}$ (法令値の20分の1)

○排気

- トリチウム放出量 37 億ベクレル/年
- トリチウム濃度(3月平均値)
 2×10^{-4} ベクレル/ cm^3 (法令値の25分の1)
- アルゴン41濃度(3月平均値) 5×10^{-4} ベクレル/ cm^3 (法令値)

○排水

- トリチウム濃度(3月平均値)
 0.6 ベクレル/ cm^3 (法令値の100分の1)

ホームページ (<http://sewhite.nifs.ac.jp/quick/>) 上に、中性子総発生量、トリチウム総発生量、敷地境界線量(中性子線、ガンマ・エックス線の合計)、排気中トリチウム濃度の速報値を公開しています。

重水素実験情報公開ページ

速報値

第19サイクルプラズマ実験期間は終了いたしました

中性子総発生量：研究所管理値；年間 2.1×10^{19} 個 本実験計画期間中の発生量：管理値の 17.3%	2017年8月3日現在 (積算期間:2017年3月6日～2017年8月3日)
トリチウム総発生量：研究所管理値；年間37GBq 本実験計画期間中の発生量：管理値の 17.3%	2017年8月3日現在 (積算期間:2017年3月6日～2017年8月3日)
敷地境界線量(中性子線、 $\gamma(x)$ 線の合計)：研究所管理値；年間50uSv 本実験計画期間中の積算線量：管理値の 0.5%	2017年8月3日現在 (積算期間:2017年3月6日～2017年8月3日)
排気中トリチウム濃度：研究所管理値(3月平均)； 2×10^{-4} Bq/cm ³ トリチウム濃度：管理値の 0%	2017年8月29日現在 (積算期間:2017年7月1日～2017年8月7日)

確定値については、「LHD重水素実験放射線管理年報」をもって公表します。

安全管理計画における基準



第20サイクル前メンテナンス期間における基準

作業環境(放射線業務従事者)

実効線量 1 mSv/週(法令値)

空气中濃度限度(1週間平均)

トリチウムガス 1×10^4 Bq/cm³(法令値)

トリチウム水蒸気 8×10^{-1} Bq/cm³(法令値)

表面密度 40 Bq/cm²(法令値)

物品搬出入

表面密度 4 Bq/cm²(法令値)

作業環境(放射線業務従事者(所員、共同研究者、学生等))

実効線量 20 μ Sv/週
100 μ Sv/月
1mSv/年

空气中濃度限度(入室許可基準)

トリチウムガス 2×10^{-3} Bq/cm³

トリチウム水蒸気 2×10^{-3} Bq/cm³

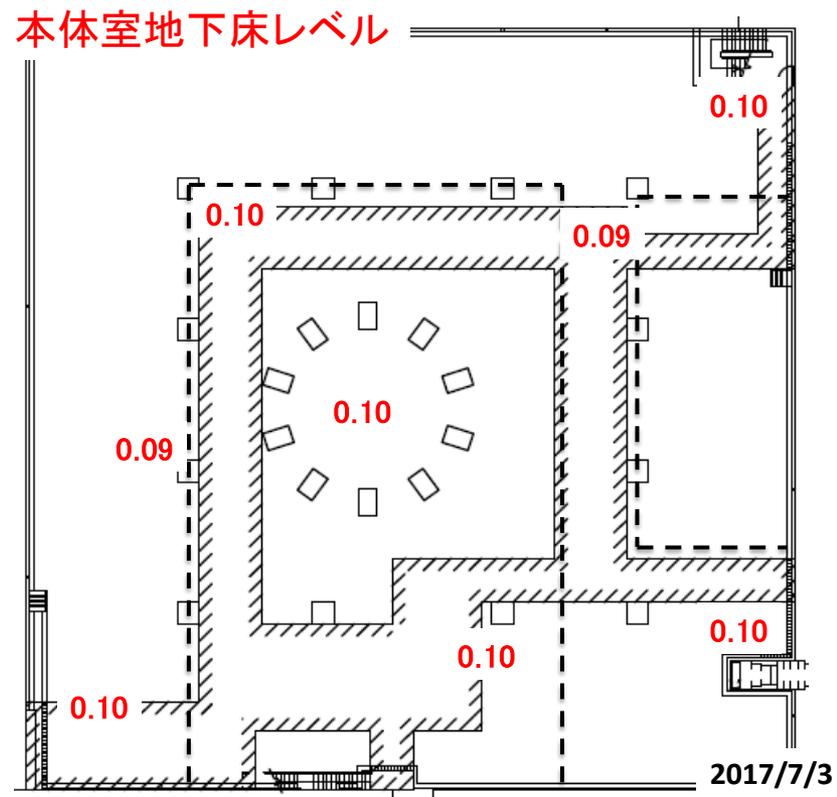
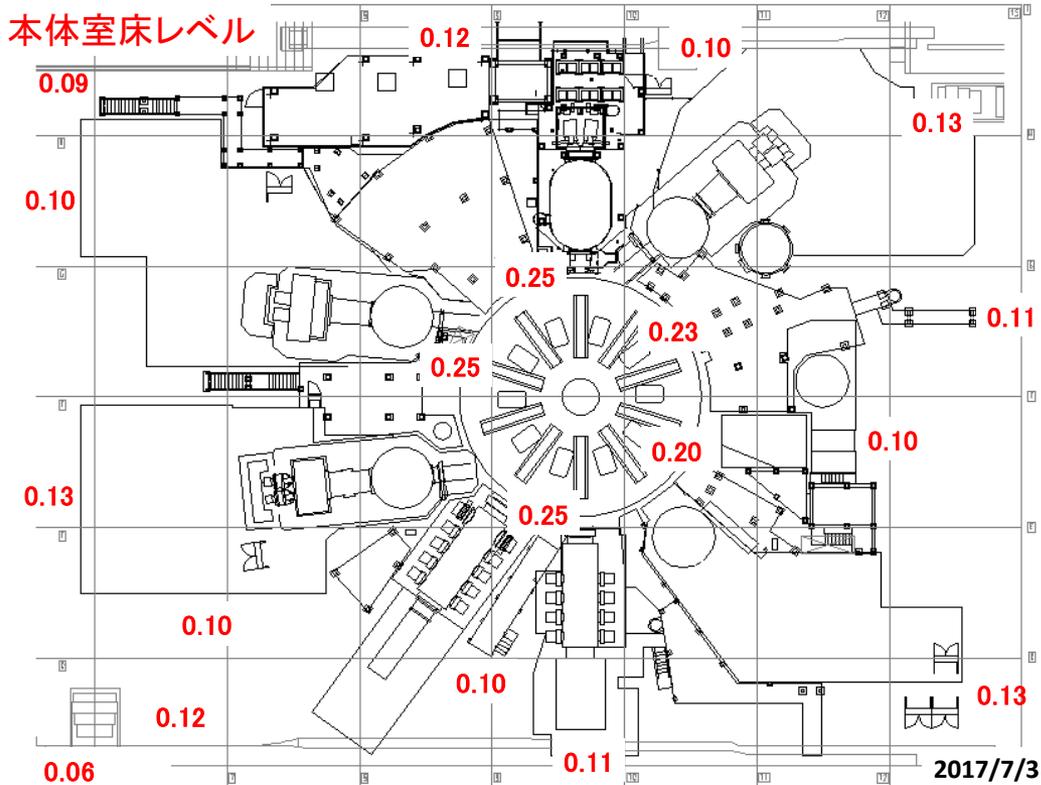
表面密度 40 Bq/cm²(法令値)

物品搬出入

表面密度 4 Bq/cm²(法令値)

本体室・本体室地下の空間線量率測定結果

<2017年7月3日現在>



<単位 : $\mu\text{Sv/h}$ >



LHD重水素実験放射線管理年報

(2017年3月6日～2018年3月31日) (目次)

目次

1. はじめに
2. LHD重水素実験の開始にあたって
 - 2-1. 大型ヘリカル装置における重水素実験安全管理計画<改訂版>に基づく研究所管理値
 - 2-2. 重水素実験に向けた施設性能評価
3. LHD重水素実験における放射線管理の概要
 - 3-1. 大型ヘリカル実験棟における放射線管理組織
 - 3-2. 環境放射線の監視
4. LHD重水素実験第1年次における放射線監視結果
 - 4-1. 中性子及びトリチウムの発生量(年間)
 - 4-2. LHD重水素実験に起因する敷地境界線量
 - 4-3. 排気塔における排気中トリチウム濃度(3月平均)と排気塔からのトリチウム積算放出量(年間)
 - 4-4. 排気塔における排気中アルゴン41濃度(3月平均)
 - 4-5. 排水管理
 - 4-6. トリチウム含有水の発生量と搬出
5. 放射線業務従事者の管理状況に関する事項
 - 5-1. 放射線業務従事者
 - 5-1-1. 登録者数
 - 5-1-2. 教育訓練
 - 5-2. 特定・特殊健康診断
 - 5-3. 個人被ばく管理
 - 5-4. 大型ヘリカル実験棟本体室・本体室地下へ立入る者の線量管理
6. その他
 - 6-1. 環境水中トリチウム濃度の推移
 - 6-2. 環境放射線量の推移
 - 6-3. 核融合科学研究所安全監視委員会による環境中性子線、及び環境水中トリチウム濃度の測定

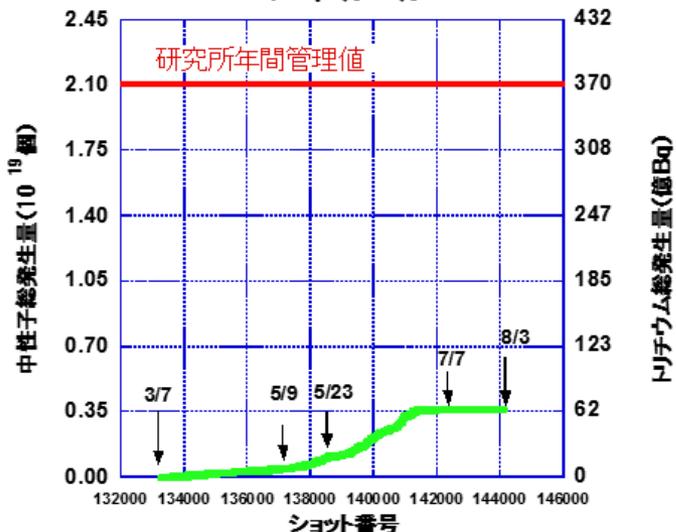
安全管理計画における公表事項の確定値については、この年報に掲載することを予定しています。(年報は2018年5月中に研究所ホームページで公表予定。)



LHD重水素実験放射線管理年報

(2017年3月6日～2018年3月31日) (一部抜すい)

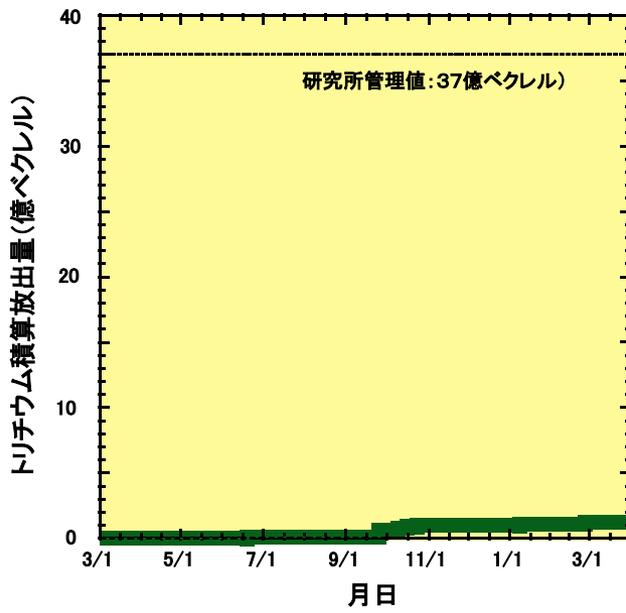
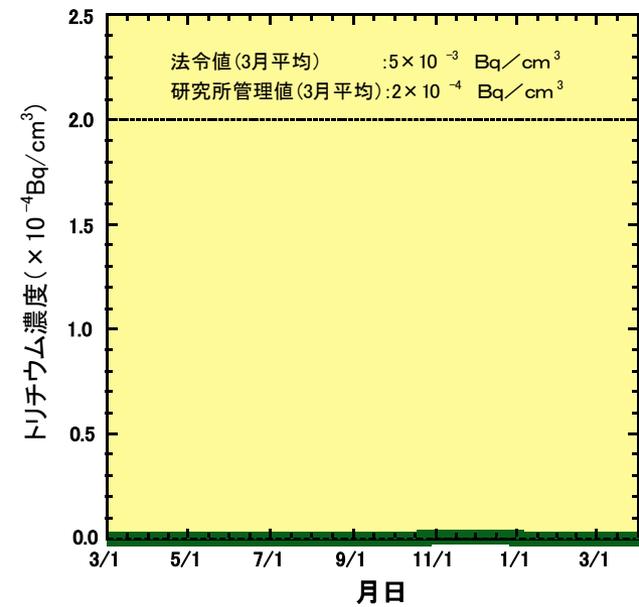
2017年3月～8月



第19サイクル実験期間のLHD重水素実験開始以降の中性子、及びトリチウムの総発生量の推移

排気塔トリチウム濃度 (2017年3月6日～2018年3月31日)

排気塔からのトリチウム積算放出量 (2017年3月6日～2018年3月31日)



排気塔における排気中トリチウム濃度(3月平均)、及び排気塔からのトリチウム積算放出量(年間)の推移

〔2017年3月6日より重水素実験のための管理区域設定〕



機器のメンテナンス ～排気ガス処理システムの保守点検～

重水素実験終了後に、排気ガス処理システムの年次保守点検を実施しました。

- 保守点検期間: 高分子膜型装置(真空容器内パージ空気処理用、平成29年8月7日～21日)、システム点検(平成29年9月7日～11日)、モレキュラーシーブ型装置(プラズマ実験排気ガス処理用、平成29年9月19日～29日)
- 定期的な消耗部品の交換、圧力容器の法令点検、回転機器運転状態の確認などを行いました。
- 保守点検終了後に、水素ガスを用いた除去性能評価試験(10月3日～4日)を行い、95%以上の除去性能を確認しました。



送風機保守点検の様子



圧縮機保守点検の様子

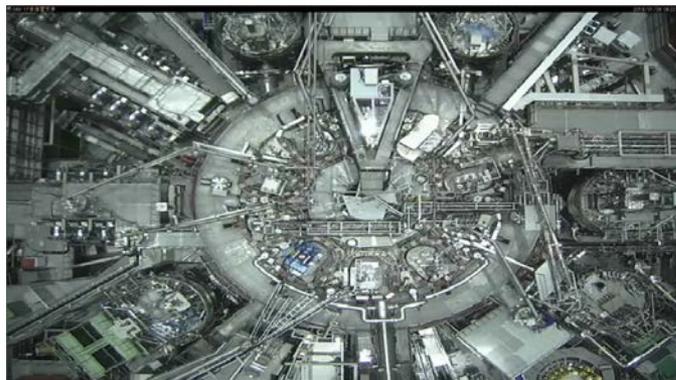
ITV※・入退管理装置点検(平成30年2月14日～16日)

- ・大型ヘリカル実験棟及びその周辺に100台近くのITVが設置されています。また、管理区域内とその境界に50カ所近くの電気錠とゲートが設置されています。これらのITV・電気錠、ゲート、入退管理装置及び関連機器の点検作業を行いました。
- ・点検の結果、正常動作が確認されました。また、入退管理装置の火報連動試験を行い、こちらについても正常動作することを確認しました。

本体室天井に
設置されたITV



本体室天井設置
ITVからの画像



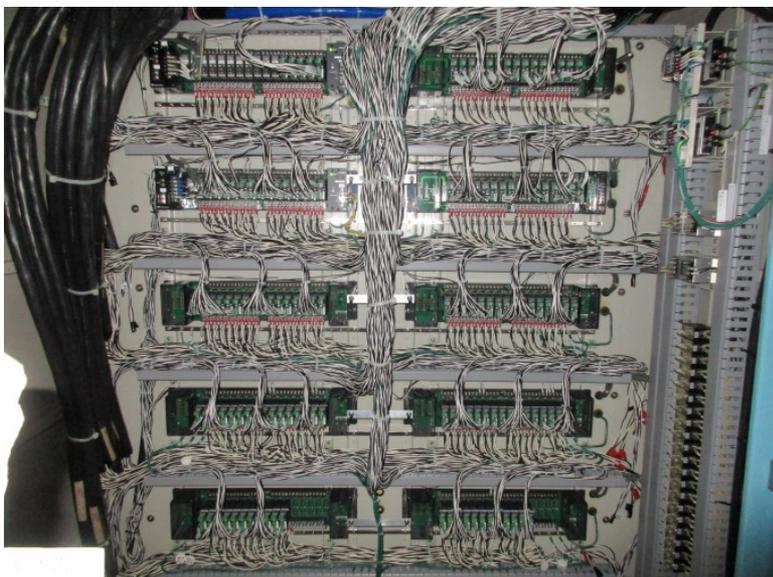
管理区域入り口の
ゲート



本体室入り口の
ゲート



- ・LHD中央制御装置の主要構成機器である計装盤、計装盤からの信号を収集するためのVME※¹盤、及び保護インターロック盤等の保守点検を平成30年1月22日から2月16日にかけて行いました。
- ・上記盤内の電源、ADC※²等の更新、及びリレー、タイマーとUPS※³のバッテリー交換他を行いました。



計装盤内の様子



VME盤・保護インターロック盤のUPS

※1VME: 制御機器の国際的な規格の名称

※2ADC: 電気信号をデジタルデータに変換する装置、※3UPS: 無停電電源装置

機器のメンテナンス～放射線モニタリングシステム (RMSAFE) の保守点検～

- ・ 校正用微弱線源による簡易校正を含む点検を平成30年3月24日から3月30日にかけて実施しました。今回は、IA、IC、IF、WA、WB、WCのポストについて点検を実施しました。
- ・ 敷地境界線量評価に用いるIC、IFは毎年、その他のポストは、3年に1回を目途に点検を実施します。



ICポスト点検の様子



既設の液体シンチレーション計数装置(2台)、高純度ゲルマニウム半導体検出器(2台)に加えて、環境放射能/放射線研究専用にも各1台整備しました。(平成29年12月22日)



大型ヘリカル実験棟
(管理区域)

既設装置: 各2台

← 液体シンチレーション計数装置
高純度ゲルマニウム半導体検出器→



計測実験棟
(非管理区域)

環境試料専用装置

← 液体シンチレーション計数装置
高純度ゲルマニウム半導体検出器→

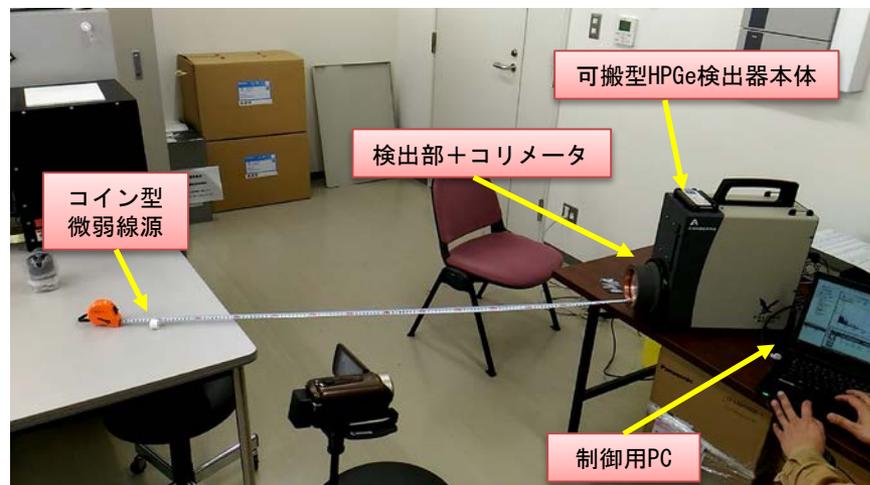
新たに整備



管理区域内の精密なガンマ線測定のため、可搬型高純度ゲルマニウム (HPGe) 半導体検出器を新たに整備しました。(平成30年2月23日)



検出器動作試験時の様子



線量率定量方法の試験の様子
 検出器校正用コイン型微弱線源の微弱放射能を
 高い精度で評価しました。

重水素実験の開始に伴い、LHD真空容器からの排気ガス中に微量に含まれるトリチウムを排気ガス処理システムにより、軽水素や重水素と併せて水の状態にして回収しています。



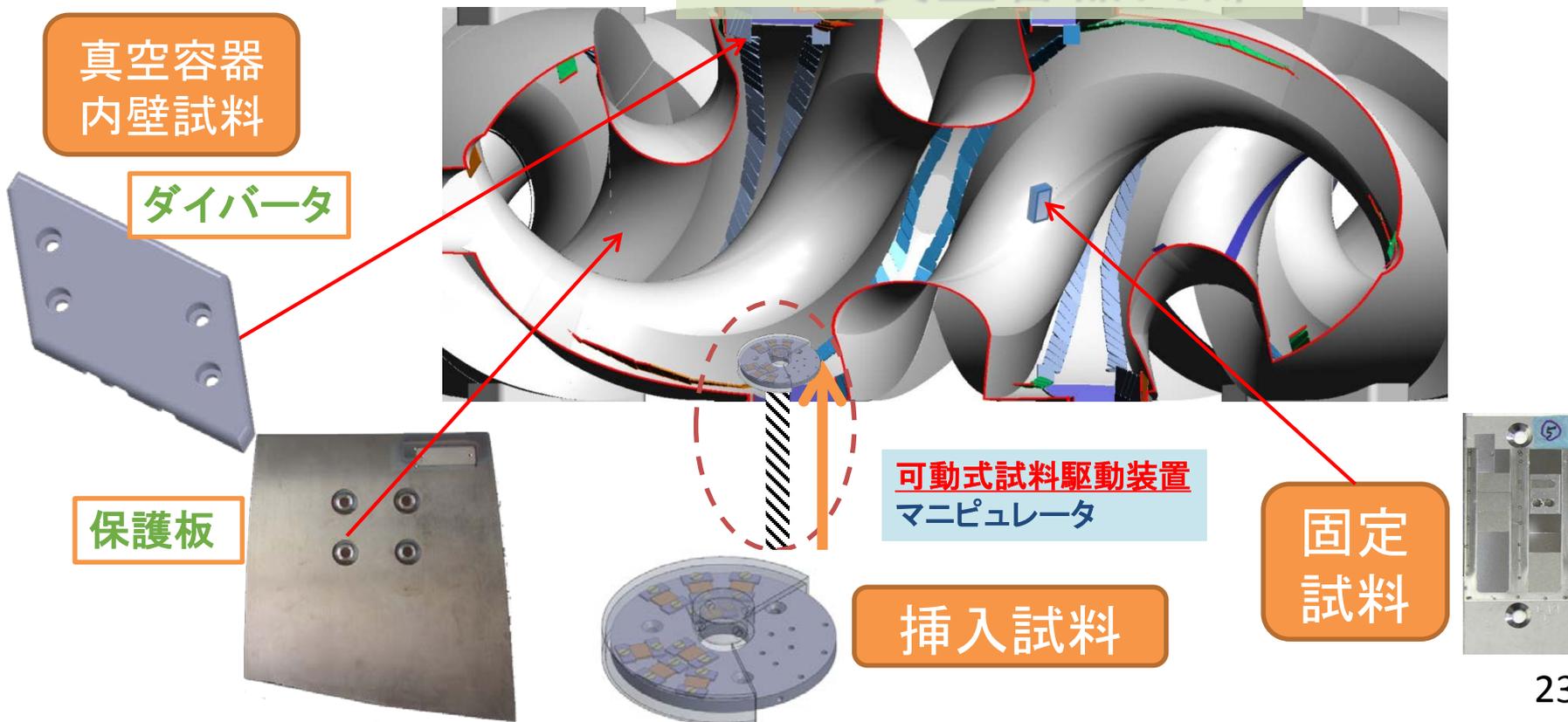
排気ガス処理システム

回収されたトリチウム含有水500リットル(内訳 排気ガス処理システムから回収した水:450リットル、計測で使用した水:50リットル)を、平成30年1月23日に公益社団法人日本アイソトープ協会に引き渡しました。

軽水素実験に引き続き、重水素実験においても、材料中の水素同位体の振る舞いを調べて、将来の核融合発電炉に適した材料を調べる研究を行います。

重水素実験では、これらの材料が放射化されるため、研究のための分析を行うことが「放射性同位元素の使用」にあたり、分析の対象を変更する場合には法令に基づいて申請を行います。

LHDの真空容器内部



変更事項

イ) 新規試料の種類と数量

- ①真空容器内壁試料：
 - 保護板（モリブデン） 10枚
- ②プラズマ照射試料：
 - 固定試料（チタン） 10枚
 - 挿入試料（グラファイト） 20枚

ロ) 試料の数量の追加

- ①真空容器内壁試料：
 - ダイバータ板（タングステン被覆） 10枚 → 50枚
- ②プラズマ照射試料
 - 固定試料（SUS316） 120枚 → 200枚

ハ) 研究の進展にともない廃止する試料

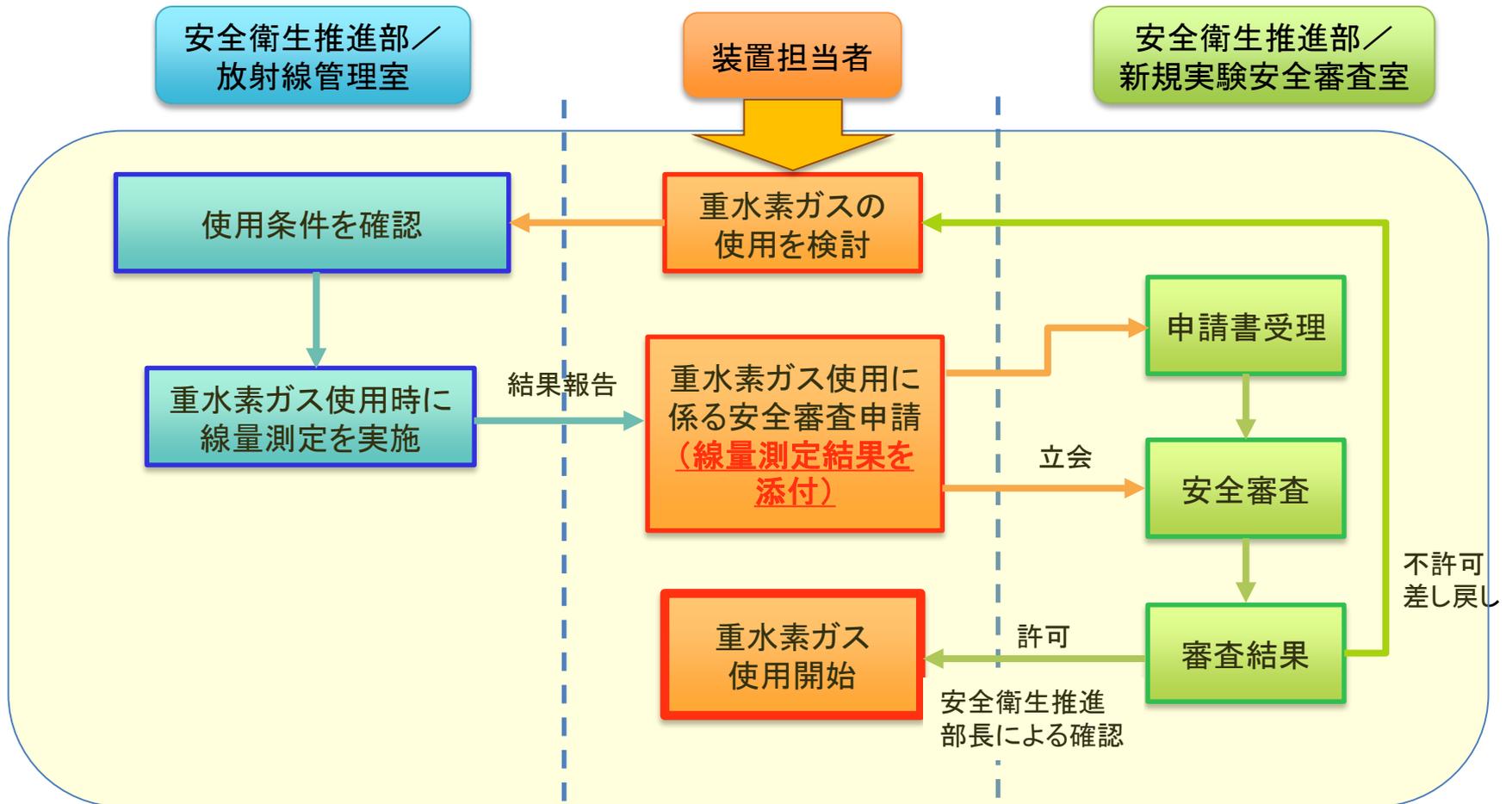
- ①真空容器内壁試料
 - ダイバータ板（モリブデン被覆） 10枚

重水素ガスの使用について

- ・LHDによる実験研究の更なる進展に向けて、プラズマ加熱機器を構成するイオン源の最適化等のために管理区域外において、重水素ガスを使用する予定です。
- ・これらの機器において、重水素ガスを使用するにあたり、研究所の安全衛生推進部による使用目的及び方法に係る審査の手続きを経た上で使用を許可するようにします。
- ・管理区域外の機器における重水素ガスの使用は、この手続きに従って行います。なお、この重水素ガスを使った機器の調整等において、トリチウム及び中性子の発生はありません。

重水素ガス使用に係る許可手順

安全衛生推進部／新規実験安全審査室による安全審査に合格した実験装置で、研究の目的に応じて重水素ガスの使用が必要な場合、使用目的及び方法に係る審査の手続きを経た上で使用を許可する仕組みを作りました。



重水素実験を進めるにあたって

以下を遵守します。

1. 関係法令(放射線障害防止法、同法施行令等)
2. 核融合科学研究所周辺環境の保全等に関する協定書、及び同覚書
3. 大型ヘリカル装置における重水素実験の安全管理計画

併せて、岐阜県・3市が設置する「核融合科学研究所安全監視委員会」が行う周辺環境の保全に必要な監視・測定等に最大限協力します。

災害緊急時に備えて

1. 災害・異常時のマニュアルを整備しました。
2. 通年24時間体制で、トリチウム含有水の保管状況等を監視しています。
3. 研究所全員で防災訓練を実施しています。
(平成28年9月30日、平成29年11月6日)
4. LHD実験期間中に火災を想定した消火訓練を実施しています。
(平成29年2月10日、平成29年8月2日)
5. 内閣府(防災担当)及び気象庁が行う緊急地震速報の訓練に参加しています。(平成28年11月4日、平成29年11月1日)
6. 災害等発生時は、危機管理指揮本部を設置して対処します。



LHD消火訓練
報告事項を記録する様子

研究所が重水素実験を実施するにあたって、研究所周辺における環境を保全し、住民の安全を確保するために、協定書・覚書に基づき、県・3市が各議会の議決を経て、平成26年11月1日に、安全監視委員会を共同設置

監視委員会の構成

- ・岐阜県が選任した専門家6名
- ・土岐市、多治見市、瑞浪市がそれぞれ1名選任した住民代表(計3名)

監視委員会の業務内容

- ・研究所の監視及び測定結果の確認
- ・委員会による監視・測定結果の検証(クロスチェック)
 - 環境中性子線量の測定(平成27年10月～)
 - 環境水中トリチウム濃度の測定(平成27年8月～)
 - どちらも実験期と非実験期の年2回
- ・研究所の安全対策設備の整備状況の確認
- ・研究所の教育・訓練の実施状況の確認
- ・非常時における研究所の対応等の確認
- ・その他必要な事項の実施

委員会の開催状況

第1回	平成27年	1月28日	、第2回	平成27年	6月	4日
第3回	平成27年	11月10日	、第4回	平成28年	5月	17日
第5回	平成29年	1月28日	、第6回	平成29年	11月	1日



安全監視委員会の様子



環境中性子測定の様子

安全性を最優先に重水素実験を進めていること、及び重水素実験による周辺環境への影響はないことを確認。

- 毎年夏に市民説明会を開催(平成18年度から)
 - ・重水素実験の実施状況と安全性、研究計画について説明(12年間でのべ5,130名)
 - ・平成29年度:3市合計23会場303名(土岐市7会場127名、多治見市15会場148名、瑞浪市1会場28名)



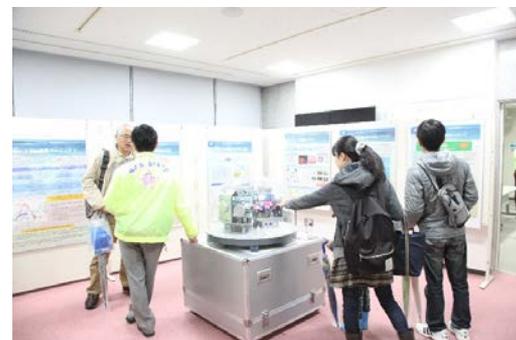
市民説明会の様子

- 市民学術講演会の開催(年2回、多治見市・土岐市)
 - ・科学技術一般に関する講演、核融合研究の進展などの講演

- 研究所オープンキャンパスの開催(毎年およそ2,000名のご来場)
 - ・重水素実験質問コーナーを設けて、重水素実験についても丁寧に説明

- 随時の見学受付(平成29年度4,300名)
 - ・研究所スタッフがLHDに関連する施設を案内

- 広報誌の発行など
 - ・研究所の活動を分かりやすく紹介したプラズマくんだよりの隔月発行など



オープンキャンパス
研究所紹介コーナー



プラズマくんだより

市民学術講演会の様子



月	8	9	10	11	12	1	2	3
使用ガス			重水素ガス			軽水素ガス		
放射線障害防止法に関わる管理区域設定	放射線発生装置使用のための管理区域 (通年)							
装置と加熱機器の運転状態	コイル冷却準備		コイル冷却		励磁試験		コイル昇温	
	←		←		←		←	
			LHD真空排気					
			←		←		←	
					プラズマ実験			

◆ LHD真空容器真空引き: 8月中旬～3月上旬

◆ コイル冷却: 9月上旬～3月上旬

◆ プラズマ実験: 10月上旬～2月中旬

➤ 重水素ガスを用いた実験: 10月上旬～1月中旬

➤ 軽水素ガスを用いた実験:

✓最後の1ヶ月程度は軽水素ガスを用いた実験を実施して、壁に付着したトリチウムを軽水素に置換。