



資料2  
重水素実験安全評価委員会(第19回)  
令和元年12月6日

The background image shows the interior of a large helical device (LHD), characterized by its complex, multi-layered metallic structure with numerous rivets and curved panels, creating a sense of depth and scale.

# 大型ヘリカル装置(LHD)における 第3年次の重水素実験の実施状況等 の報告について

大学共同利用機関法人

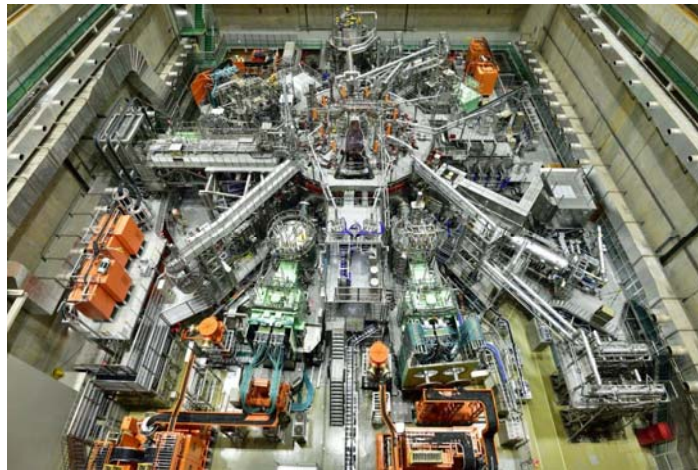
自然科学研究機構 核融合科学研究所

1/20

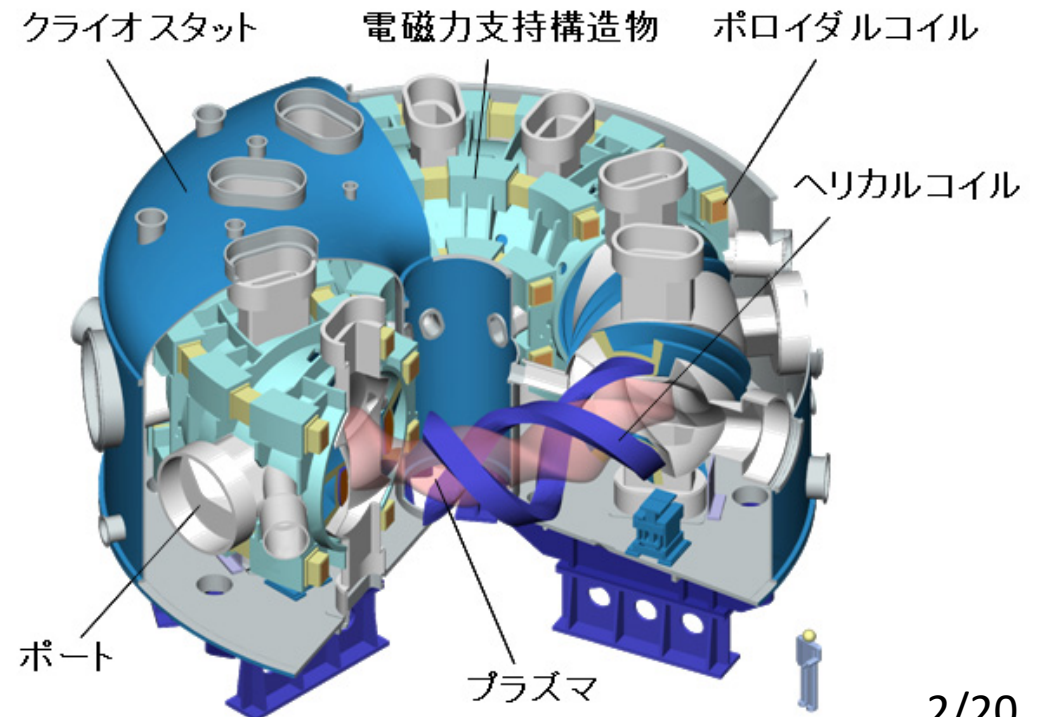


## LHD重水素実験の目的

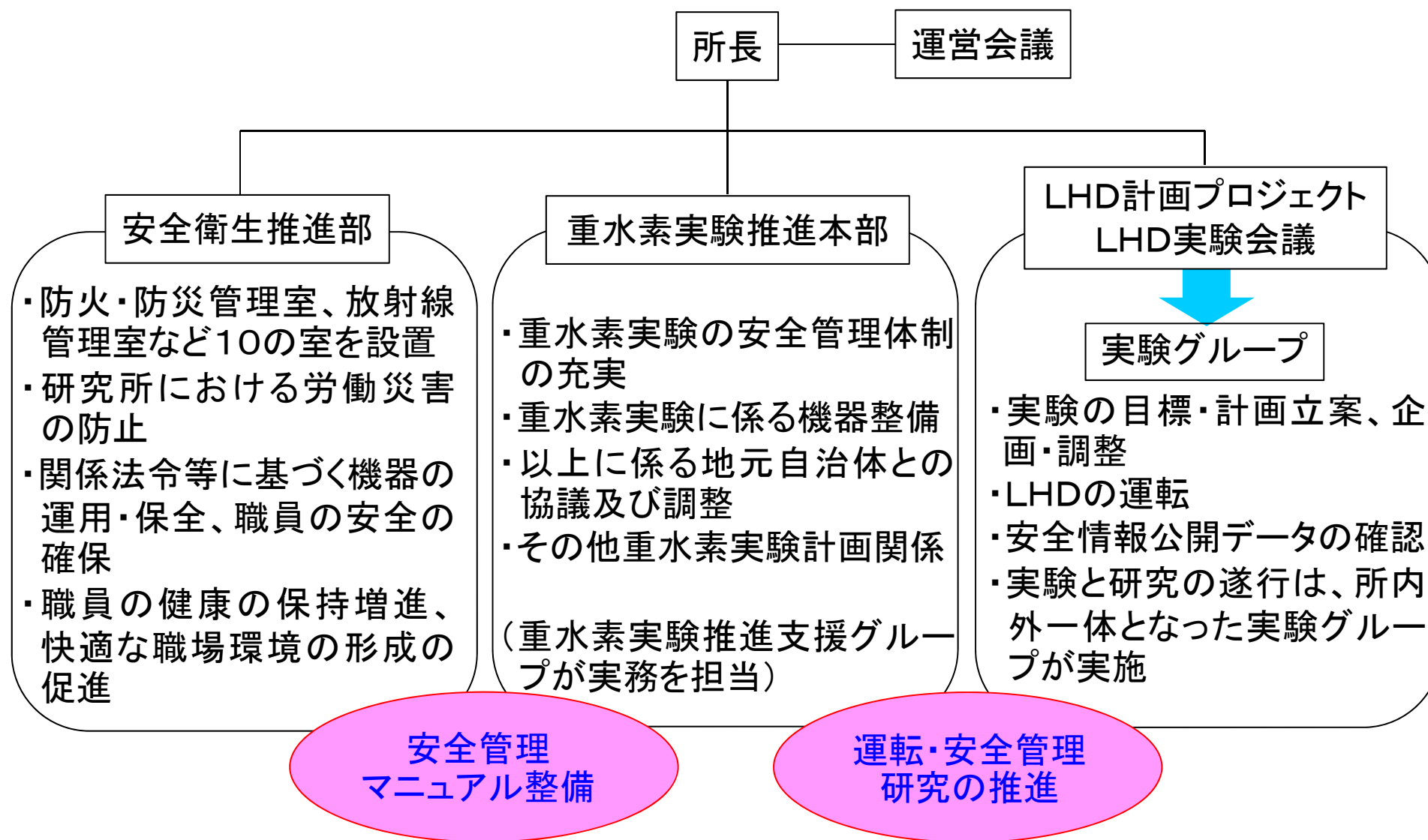
重水素ガスを用いてイオン温度1億2,000万度を達成し、**核融合発電を見通せる高性能プラズマの研究を遂行する。**  
⇒核融合炉設計につながるデータベースの蓄積と学術基盤の構築を行う。  
⇒新たな研究領域の開拓や実験の多様性を拡大する。



- ・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
- ・1998年4月 LHD実験開始
- ・2017年3月 LHD重水素実験開始

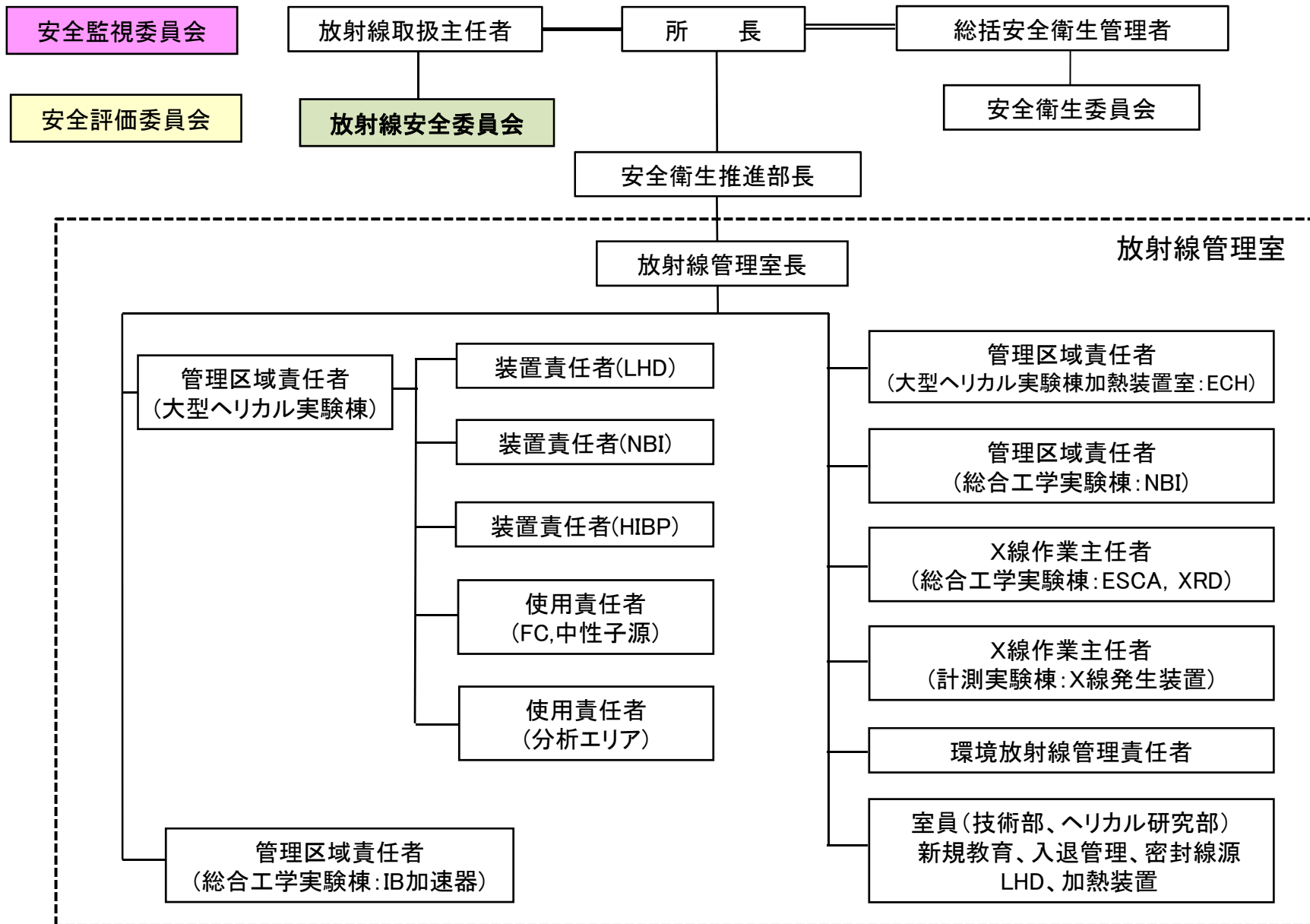


# LHD重水素実験実施体制の概要





# 放射線安全管理組織





# 安全性の評価と監視体制



核融合科学研究所

諮問  
提言・  
答申

核融合科学研究所  
重水素実験安全評価委員会

研究所が設置、運営  
研究所外の専門家とジャー  
ナリスト、地元有識者で構成

- (1) 安全性に関すること
  - ①トリチウムの除去・処理・処分（運搬を含む）に関すること
  - ②中性子の遮蔽に関すること
  - ③放射性廃棄物の管理に関すること
  - ④周辺環境の監視・測定に関すること
  - ⑤地震その他の災害時の対応・体制に関すること
  - ⑥その他安全性の確保に関すること
- (2) 実験環境に関すること
  - ①重水素実験開始に関すること
  - ②重水素実験実施に関すること

監視 ↑ ↓ 協力

核融合科学研究所  
安全監視委員会

県・3市が設置、運営  
県が指名した専門家と3市  
が指名した住民代表で構成

2014年11月1日、県・3市が各議会の議決を経て共同設置

研究所の監視及び測定結果の確認  
環境中性子線量等の測定等を実施

覚書第2

丙(核融合科学研究所)は、協定書第5条に定める研究施設の整備計画、研究計画及び研究内容に重大な変更があった場合について、事前にその安全性についての検討を核融合科学研究所重水素実験安全評価委員会に諮り、その結果を甲(岐阜県)及び乙(土岐市・多治見市・瑞浪市)へ説明を行うものとする。

(2007年11月)

安全管理計画は妥当という評価、また、第三者による監視委員会の設置などを提言

(2012年2月)

東日本大震災を受けて再検討された安全管理計画は妥当という評価、また、安全管理計画を確実に実行に移すことが肝要であるとの答申

2013年3月28日

岐阜県・3市(土岐市、多治見市、瑞浪市)と研究所の間で、周辺環境の保全等に関する協定書及び覚書を締結

## ● 第1年次の重水素実験

- 2017年3月7日に重水素実験を開始
- 核融合を実現するために最も重要な条件の一つである「**イオン温度1億2,000万度**」を達成。その時の電子温度は4,200万度
- プラズマにマイクロ波を入射することで、プラズマの**不安定な状態になることを抑制**できることが分かりました。

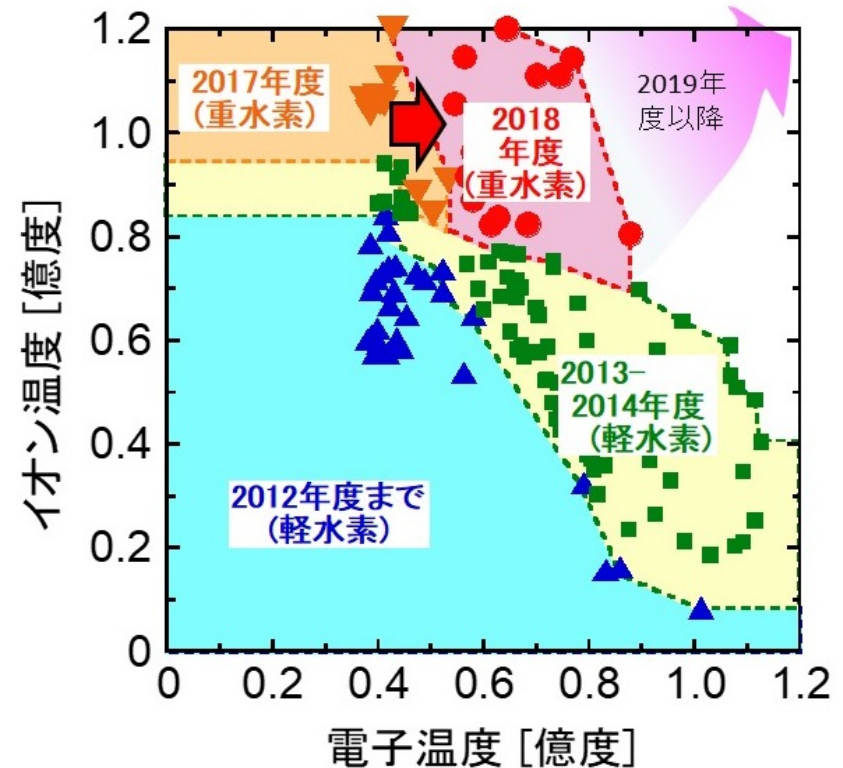
## ● 第2年次の重水素実験

- マイクロ波による**不安定性の抑制**により、イオン温度1億2,000万度を保持したまま、電子温度を6,400万度の上昇に成功 (2019年1月16日)



同位体効果を示すとともに、従来よりも高温のプラズマの生成に成功  
(プラズマの温度領域が拡大)

核融合炉級高性能プラズマの実現に向けて研究が大きく前進



生成したプラズマの温度領域



## 2019年度(第21サイクル)のLHDプラズマ実験に向けて

### 【2019年度(第21サイクル)の目標】

イオン温度及び電子温度1億2,000万度のプラズマの実現を目指して、2018年度(第20サイクル)に実現したイオン温度1億2,000万度と電子温度6,400万度のプラズマを、更に高電子温度化(8,000万度)する。

### 【2019年度(第21サイクル)】

- ◆ LHD真空容器真空引き開始: 8月16日
- ◆ コイル冷却開始: 8月28日
- ◆ ボロニゼーション: 10月1日
- ◆ プラズマ実験期間: 10月3日～2月6日
  - 重水素ガスを用いた実験(重水素実験)(第3年次): 10月3日～1月10日
  - 軽水素ガスを用いた実験(軽水素実験):
    - ✓ 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。



## 実験に向けた機器のメンテナンス ～排気ガス処理システムの保守点検～

重水素実験の開始前に、排気ガス処理システムの年次保守点検を実施しました。

- ・対象機器および保守点検期間: 吸湿剤型装置(実験排気ガス処理用、プラズマ実験期間に使用)およびユーティリティー機器、2019年7月25日～8月14日
- ・回転機器を対象として、定期的な消耗部品・オイルの交換、保守点検後の運転状態の確認などを行いました。
- ・水素ガスを用いた除去性能評価試験(8月15日)を行い、95%以上の除去性能を確認しました。



圧縮機保守点検の様子



圧縮機上部の取付作業の様子





## 実験に向けた機器のメンテナンス ～排気塔ガスモニタ・ダストモニタ年次点検～

大型ヘリカル実験棟の排気塔から放出される空気中の放射性物質濃度を監視するガスモニタ及びダストモニタの年次点検を2019年7月25日と26日に実施しました。

- ・制御盤内の供給電圧、検出部の分解点検・消耗品交換を実施しました。
- ・点検において正常動作を確認しました。



排気塔ガスモニタの供給電圧測定の様子



排気塔ダストモニタの分解点検の様子



# 実験に向けた機器のメンテナンス

## ～放射線モニタリングシステム(RMSAFE)の年次点検～

- ・校正用微弱線源による簡易校正を含む点検を2019年7月29日～8月9日の日程で実施しました。
- ・今回は、敷地境界区域のモニタリングポストWM、WN、実験棟近傍区域のモニタリングポストIC、IF、及び屋内のエリアモニタ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。
- ・各機器について正常動作を確認しました。



10/20

IFポスト点検の様子





## 第21サイクルLHDプラズマ実験の開始について

- ▶ 2019年度(第21サイクル)LHDプラズマ実験を10月3日に開始しました。
  - プラズマ実験は、原則として平日の火曜日から金曜日に実施します。月曜日は機器の点検を行います。
  - プラズマ実験日は、朝8:40から実験前ミーティングを行い、当日の実験内容ならびに注意事項を確認します。その後、超伝導コイルを励磁し、プラズマ実験を開始します。
  - プラズマ実験は18:45までとし、次いでコイルの減磁を行い、19:00には完了します。
  - その後、翌日の実験内容に応じて真空容器壁の調整等を行うことがあります。
- ▶ プラズマ実験期間中に行った機器調整: 10月17日~11月11日
  - LHDプラズマの更なる高性能化に向けて、中性粒子ビーム入射加熱装置(NBI)とダイバータ受熱板を最適化するため、部品の交換及び調整を行いました。この期間中は、プラズマ実験は行いませんでした。



実験初日(10/3)の実験前ミーティング



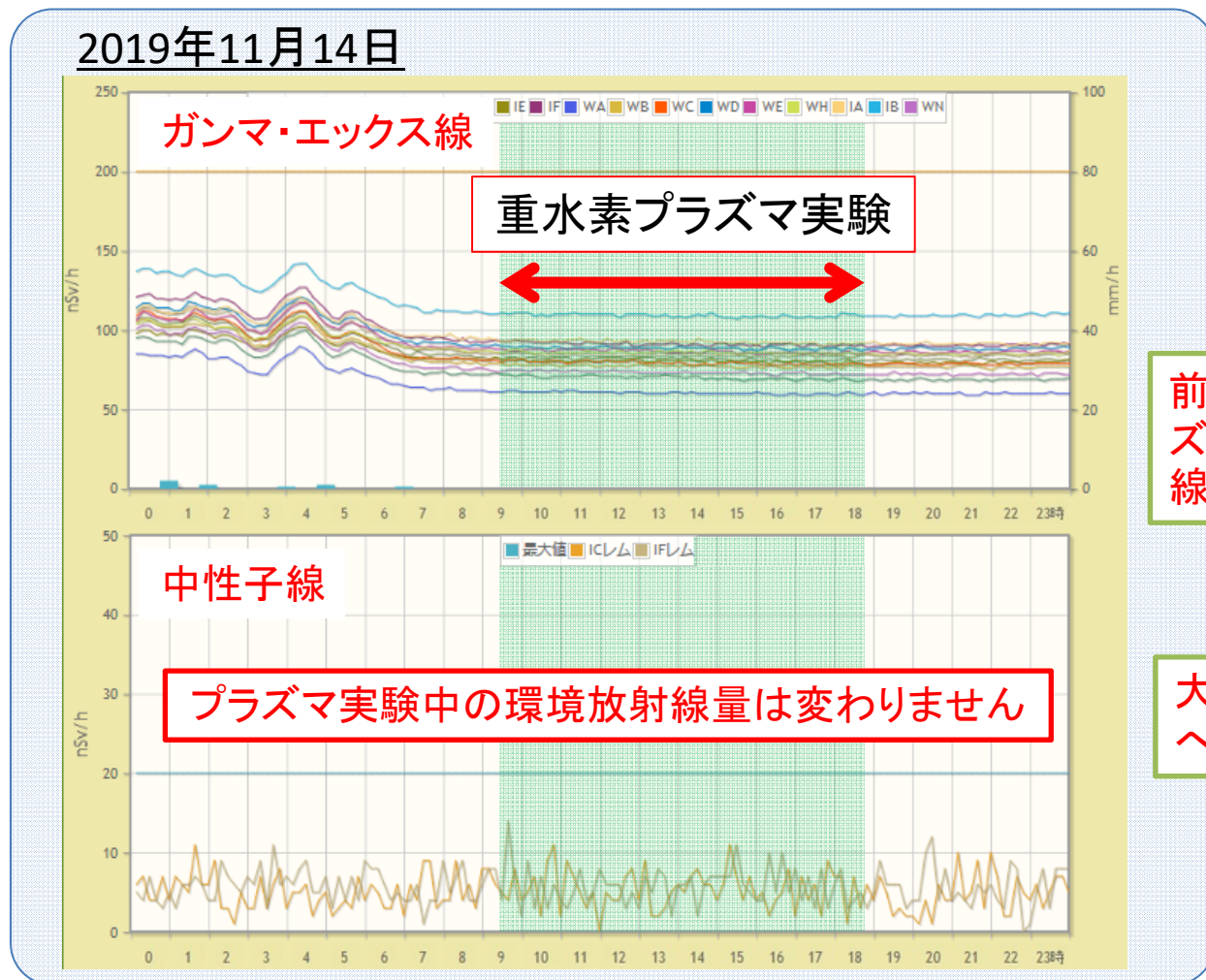
米国・カリフォルニア大学との  
遠隔共同実験(11/22)の様子



## 実験期間中の環境放射線量などの状況について

- ・研究所敷地境界部に9ヶ所、実験棟近傍に5ヶ所の放射線モニタリングポストを設置しています。
- ・各ポストでの環境放射線データは、リアルタイムで研究所ホームページ上で公開しています。

放射線モニタリングシステム(RMSAFE)による環境放射線データ日報トレンドグラフ(全地点)



前サイクルに引き続き、プラズマ実験を実施した時間帯で線量の増加はありません。

大型台風によるRMSAFE機器への影響はありませんでした。



## 重水素実験安全管理計画に基づく研究所管理値

### ○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:  $2.1 \times 10^{19}$  個/年(370億ベクレル)  
後半3年間:  $3.2 \times 10^{19}$  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

- $50 \mu\text{Sv/年}$ (法令の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)  
 $2 \times 10^{-4}$  ベクレル/ $\text{cm}^3$ (法令の25分の1)
- アルゴン41濃度(3月平均値)  $5 \times 10^{-4}$  ベクレル/ $\text{cm}^3$ (法令値)

### ○排水

- トリチウム濃度(3月平均値)  
 $0.6$  ベクレル/ $\text{cm}^3$ (法令の100分の1)



# 管理区域内における作業者の線量管理

安全管理計画における基準



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  $1 \times 10^4$  Bq/cm<sup>3</sup> (法令値)

トリチウム水蒸気  $8 \times 10^{-1}$  Bq/cm<sup>3</sup> (法令値)

表面密度 40 Bq/cm<sup>2</sup> (法令値)

物品搬出入

表面密度 4 Bq/cm<sup>2</sup> (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  $\mu$ Sv/週  
100  $\mu$ Sv/月  
1 mSv/年

空气中濃度限度(入室許可基準)

トリチウムガス  $2 \times 10^{-3}$  Bq/cm<sup>3</sup>

トリチウム水蒸気  $2 \times 10^{-3}$  Bq/cm<sup>3</sup>

表面密度 40 Bq/cm<sup>2</sup> (法令値)

物品搬出入

表面密度 4 Bq/cm<sup>2</sup> (法令値)

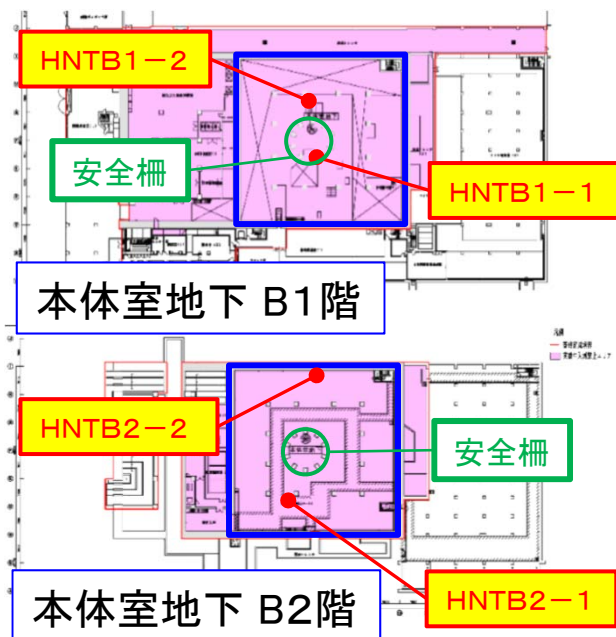
# 中性粒子ビーム入射加熱装置(NBI)コンディショニング時における本体室地下の中性子線量について

本体室地下放射線量 (mSv/週) : 本体室の中性子発生量が $1.5 \times 10^{14}$  (個/週) のとき

測定点	評価方法	2019年度の測定に基づく評価(注1)	計算に基づく評価
本体室地下1階HNTB1-1		$8.1 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-1}$
本体室地下1階HNTB1-2		$1.4 \times 10^{-4}$	$1.8 \times 10^{-2}$
本体室地下2階HNTB2-1		---(注2)	$1.4 \times 10^{-2}$
本体室地下2階HNTB2-2		---(注2)	$9.7 \times 10^{-3}$

(注1) NBIコンディショニング時に中性子サーベイメータとNaIサーベイメータでNBIショットあたりの線量を測定。NBIコンディショニングは週246ショットとして週間値としました。

(注2) NBIコンディショニングに起因する有意な線量の変化は、ありませんでした。



## NBIコンディショニング時の入域

- 電子線量計を携帯し、入域及び退域の際に線量計の表示を記録しています。
- 重水素運転時は、
  - 放射線管理室員による事前の線量計測を実施しています。
  - 放射線管理室室員による立会及び必要に応じて入域時間に制限を設けて入域を可としています。



## 環境放射線量などの状況について

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(中性子線及びガンマ(エックス)線の合計)、及び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21サイクルLHDプラズマ実験期間：2019年10月3日～2020年2月6日(予定)  
(うち、重水素実験：2019年10月3日～2020年1月10日(予定))

中性子総発生量：研究所管理値；年間 $2.1 \times 10^{19}$ 個  
本実験計画期間中の発生量：管理値の**5.1%**

2019年11月29日 現在  
(積算期間：2019年10月3日～2019年11月29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**5.1%**

2019年11月29日 現在  
(積算期間：2019年10月3日～2019年11月29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**0.2%**

2019年11月29日 現在  
(積算期間：2019年10月3日～2019年11月29日)

排気中トリチウム濃度：研究所管理値(3月平均)； $2 \times 10^{-4}$ Bq/cm<sup>3</sup>  
トリチウム濃度：管理値の**0.1%**

2019年11月18日 現在  
(積算期間：2019年10月1日～2019年11月18日)

精密な測定のため、排気中トリチウム濃度については2週間程度の期間を要します





## トリチウムの回収、トリチウム含有水の保留及び引渡し

重水素実験開始に伴って、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トリチウム除去装置(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、保留しています。



排気ガス処理システム

- ・回収等したトリチウム含有水について、2019年度は850リットルを8月21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。
- ・現在、11月30日時点で約1,500リットル(うち、機器の運転に必要な水として約1,000リットル)を保留しています。



# 重水素実験を進めるにあたって

## 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ています。
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. 土岐市南消防署の参加を得て、研究所全員で防災訓練を実施しています。(2019年9月17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。(2019年10月4日)
5. メンテナンス期間中の自主避難訓練を実施しています。(2019年7月30日)
6. 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。(2019年11月5日)
7. 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実験期間中の消火訓練  
初期消火活動に向かう自衛消防隊



# 安全対策と情報公開

実験運転開始前の機器の保守点検を細心の注意を払って確実に実行します。  
併せて以下の安全対策や情報公開に努めます。

1. 安全講習会の実施（今年度は5月9日（第1回）、5月22日（第2回）、5月24日（第3回）を実施しました。）
2. 危険予知活動の講習会に昨年度に引き続き参加します。
3. 朝礼、実験前打ち合わせ、現場でのツールボックスミーティング、安全管理者巡視を徹底しています。
4. 万が一の事故に備えて、地元自治体への連絡、事故への対応等の訓練を研究所全体の防災訓練にあわせて実施しています。（昨年度防災訓練を見学いただいた地元石拾地区の方に、今年度は実際に避難訓練や消火器取扱い訓練等に参加いただきました。）
5. 放射線関連データについて
  - ①放射線測定速報値をホームページで公開しています。  
確定値も年報としてホームページで公表しています。
  - ②環境放射線量等の速報値を、ホームページで公開しています。
6. 実験の進行状況については、ホームページで公開しています。
7. 実験実施期間中は運転監視体制を強化して不測の事態に備えています。



ホームページ安全情報公開



# 核融合研究、重水素実験等について市民の方々にご説明

- 毎年夏に市民説明会を開催(2006年度から)
  - ・重水素実験の安全性と実施状況、研究計画について説明  
(14年間でのべ5,624名)
  - ・2019年度:6/26~8/6、3市合計23会場259名  
(土岐市7会場140名、多治見市15会場108名、瑞浪市1会場11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(例年およそ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(2018年度約3,500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2019  
【特別企画】  
研究所30年の歩みの様子



プラズマくんだより

研究所創立30周年記念  
市民学術講演会の様子

