



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結果等 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

1/38

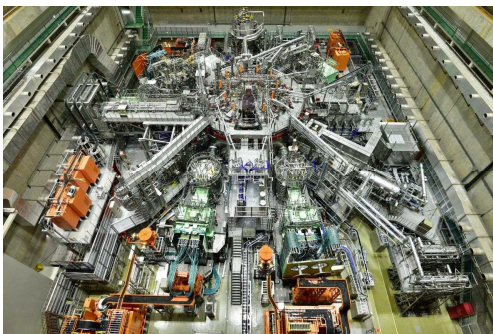


LHD重水素実験の目的

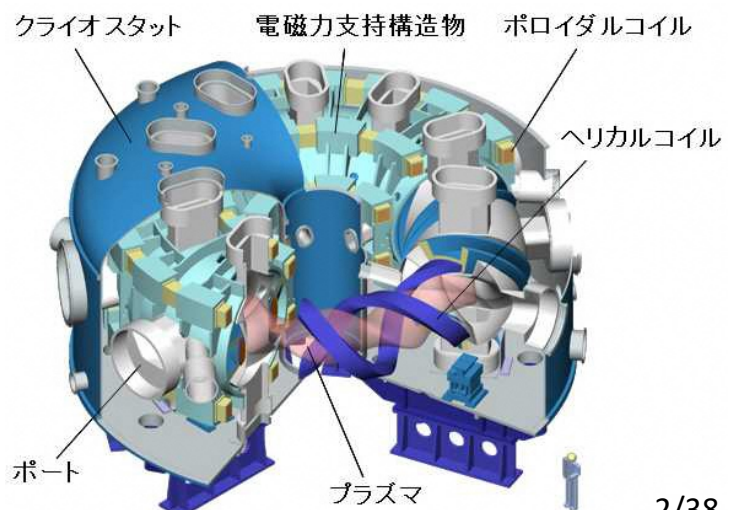
重水素ガスを用いてイオン温度1億2,000万度を達成し、
核融合発電を見通せる高性能プラズマの研究を遂行する。

⇒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。

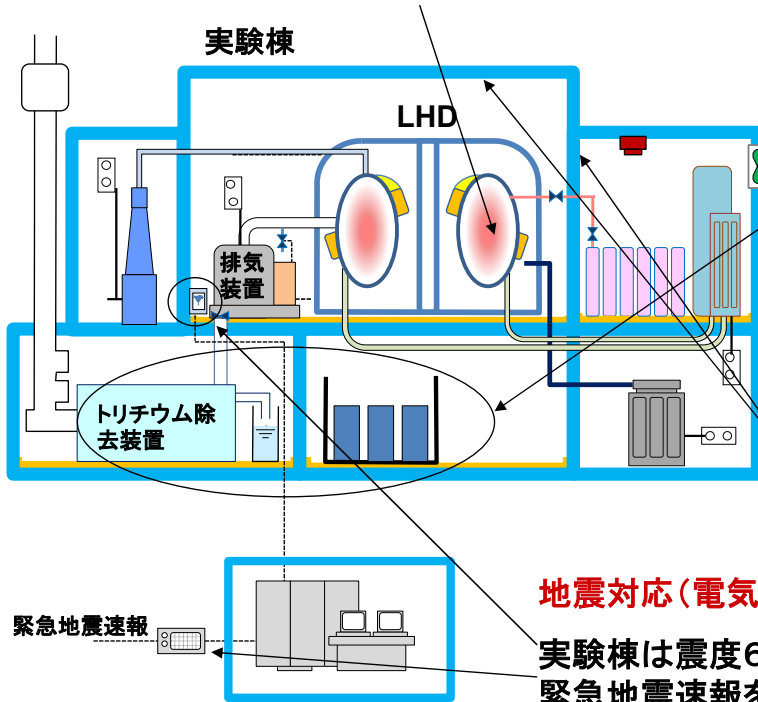


- ・世界最大級の超伝導核融合プラズマ実験装置
装置の高さ：約9メートル
装置の直径：約13メートル
装置の重量：約1500トン
- ・1998年4月 LHD実験開始
- ・2017年3月 LHD重水素実験開始



2/38

プラズマがついている時だけ、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1 g (1.0×10^8 Bq)発生
放射性物質として扱わなくてよい量

処置

トリチウム除去装置で回収し、公益社団法人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

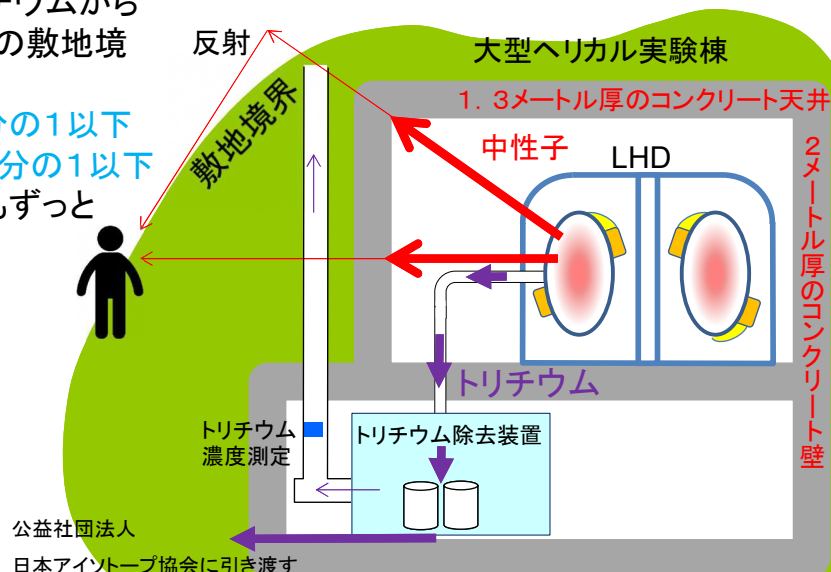
制御装置の改造: 1回、1回、プラズマの生成を手動で起動

重水素実験で発生する放射線等の環境への影響

- 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の量は、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が必要ない量 ⇒ トリチウム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、

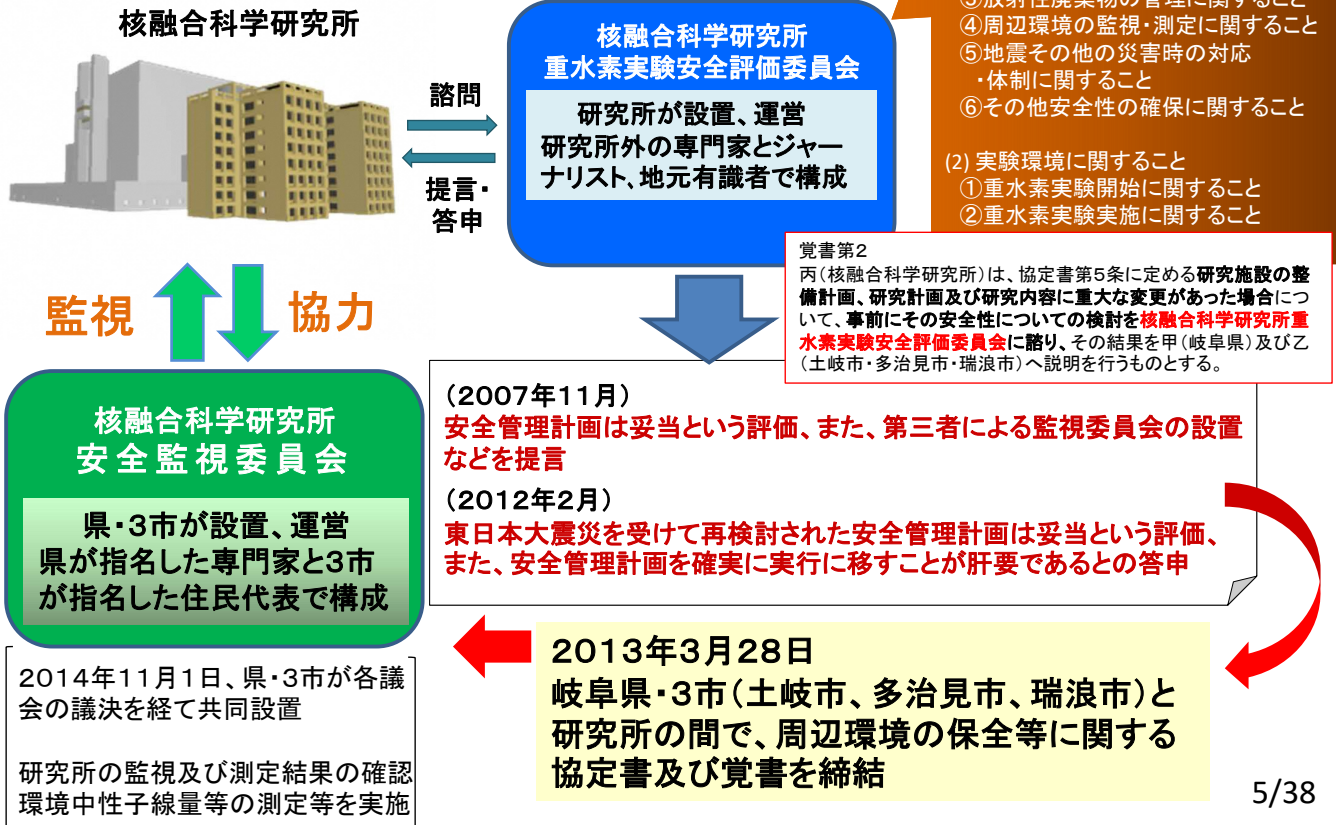
- ✓ 自然放射線の1,000分の1以下
- ✓ 体内のトリチウムの15分の1以下と自然界のレベルよりもずっと少ない。



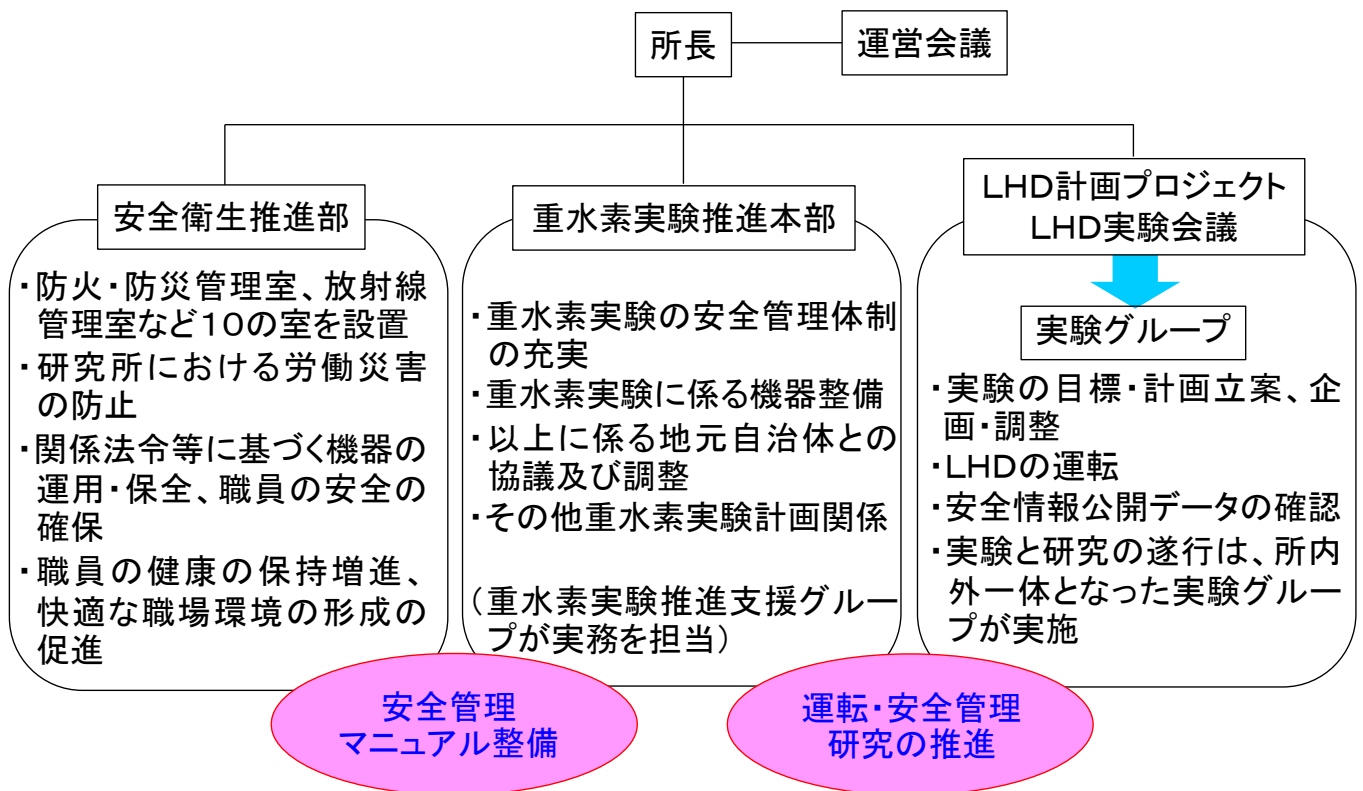
国内(量子科学技術研究開発機構)や諸外国の多くの研究施設で、何十年も行われており、初めての実験ではありません。安全性は確認されています。

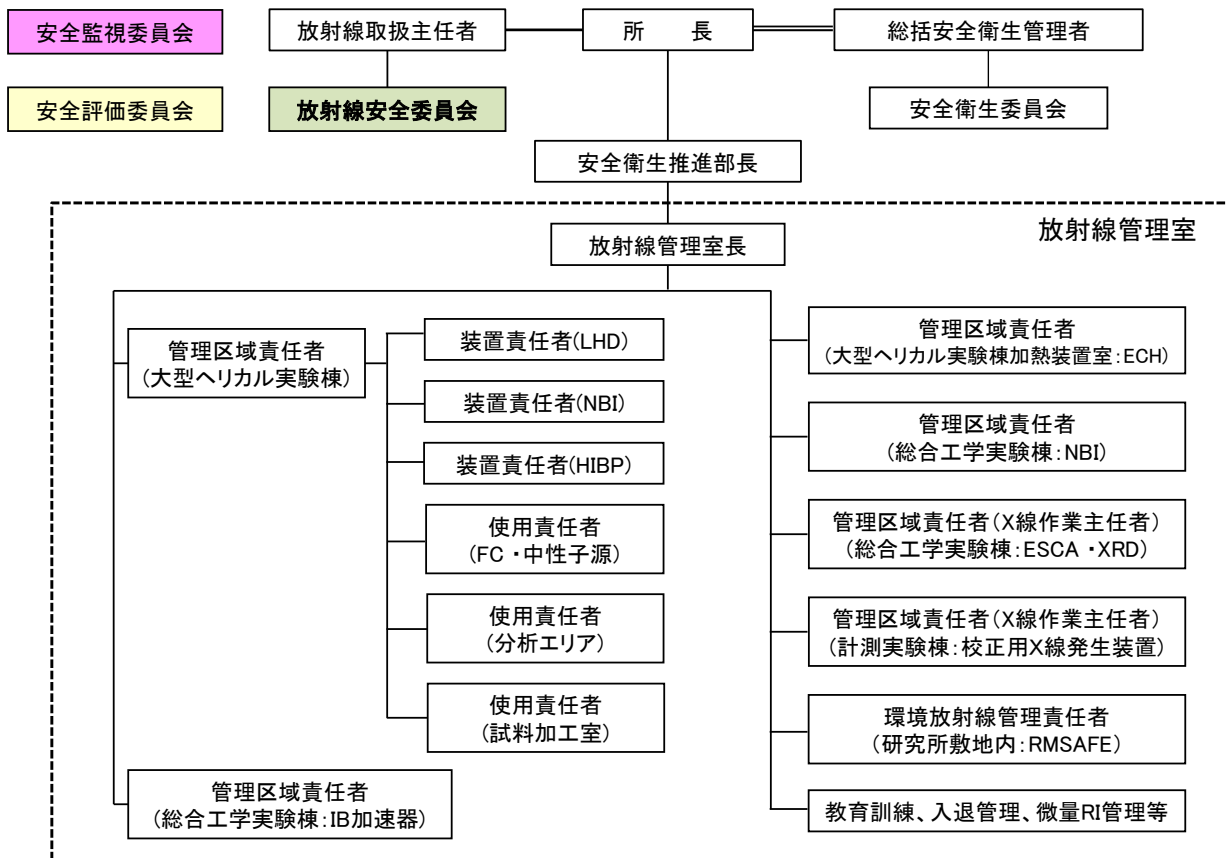


安全性の評価と監視体制



LHD重水素実験実施体制の概要





○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

- $50 \mu\text{Sv/年}$ (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) 2×10^{-4} ベクレル/cm³ (法令の25分の1)
- アルゴン41濃度(3月平均値) 5×10^{-4} ベクレル/cm³ (法令値)

○排水

- トリチウム濃度(3月平均値) 0.6 ベクレル/cm³ (法令の100分の1)



第2年次のLHD重水素実験における放射線監視結果(確定値) (2018年4月1日～2019年3月31日)

第2年次のLHD重水素実験における放射線監視結果(2018年4月1日～2019年3月31日)は、下表のとおりです。

監視項目	研究所管理値	監視結果 (研究所管理値に対する割合)
中性子発生量	2.1×10^{19} 個	0.34×10^{19} 個 (16.2%)
トリチウム発生量	37 GBq	6.0 GBq (16.2%)
敷地境界線量	50 μ Sv	$0.02 \pm 0.07 \mu$ Sv (0.04 \pm 0.14%)
排気塔からのトリチウム放出量	3.7 GBq	0.07 GBq (1.7%)
排気中トリチウム濃度(3月平均)	2×10^{-4} Bq/cm ³	0.004×10^{-4} Bq/cm ³ (0.2%)*
排気中アルゴン41濃度(3月平均)	5×10^{-4} Bq/cm ³	0.17×10^{-4} Bq/cm ³ (3.4%)**
排水中トリチウム濃度(3月平均)	0.6 Bq/cm ³	ND: 検出下限値以下

*第2年次における最大値(2018年4月～2018年6月)

**第2年次における最大値(2018年10月～2018年12月)

LHD重水素実験放射線管理年報(2018年4月1日～2019年3月31日)からの抜粋

http://www.nifs.ac.jp/j_plan/190531.pdf

監視結果は、いずれも研究所管理値を大きく下回る値でした。

9/38



第3年次のLHD重水素実験 (2019年度のLHDプラズマ実験)計画の公表について

プレスリリース 用語解説

令和元年8月19日

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

令和元年度における大型ヘリカル装置(LHD)のプラズマ実験計画について
(お知らせ)

自然科学研究機構 核融合科学研究所(岐阜県土岐市 所長・竹入康彦)では、令和元年度における大型ヘリカル装置(LHD)の第21サイクルのプラズマ実験を令和元年10月3日(木)から開始しますので、お知らせします。

第21サイクルのプラズマ実験では、同日から第3年次の重水素ガスを用いた実験(重水素実験)を予定しており、下記のスケジュール等について、7月下旬から現在までに地元自治体等へ通知したところです。

研究所の重水素実験について、市民の皆様のご理解と地元自治体等関係者のご協力をいただき誠にありがとうございます。お陰をもちまして、昨年度の10月23日から実施した第2年次の重水素実験において、核融合条件の一つであるイオン温度1億2,000万度を保持したまま、電子温度を従来の1.5倍の6,400万度に上昇させることに成功し、軽水素プラズマでは実現できなかった温度領域に達することができました。これは、重水素を用いることでプラズマの性能が向上する「同位体効果」が発現したことを示しています。本実験サイクルでは、イオンと電子の温度がともに1億2,000万度を超える核融合炉級プラズマの実現を見据えて、LHDプラズマの更なる高性能化を目指すとともに、プラズマ閉じ込めの同位体効果研究などの学術的な研究を推進します。

併せて、実験の安全性を最優先事項として、本実験サイクルにおいても機器の保守点検、各種安全講習会、巡視等の実施、及び万が一の事故に備えた緊急連絡・対応の訓練を実施するとともに、24時間体制で監視を行っていきます。また、放射線関連データや実験の進行状況を随時ホームページ上で公開する等、今後も引き続き情報公開に努めてまいります。

記

- 実験期間 令和元年10月3日(木)～令和2年2月6日(木)(予定)
(うち、重水素実験10月3日(木)～令和2年1月10日(金)(予定))
- 実験時間 原則として、平日の火曜日から金曜日までの9:00～18:45
※月曜日にも実験を行う場合があります。

第3年次のLHD重水素実験(2019年度のLHDプラズマ実験)計画については、地元自治体等へ通知の後、ホームページ等で公表しました。

10/38

- 2019年度の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、平日の火曜日から金曜日まで行いました。また、月曜日には機器の点検を行いました。
 - プラズマ実験日においては、朝8:40から実験前ミーティングを行い、次いで超伝導コイルの励磁を行いました。
 - プラズマ実験は18:45までとし、次いで超伝導コイルの減磁を行い、19:00に減磁を完了しました。
 - 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できました。
- 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。



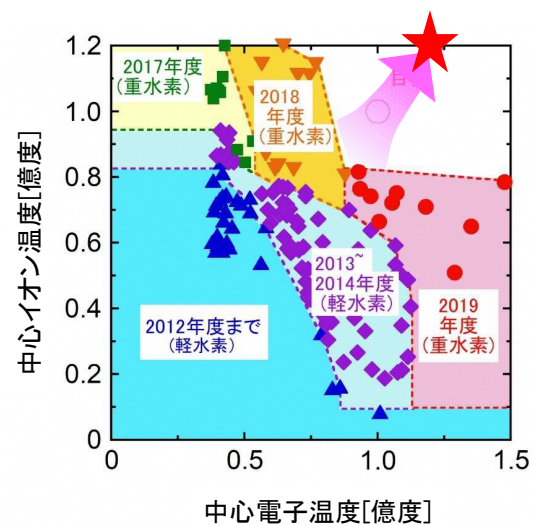
実験初日(10/3)の実験前ミーティング



米国・カリフォルニア大学との遠隔共同実験(11/22)の様子

重水素実験の開始に伴いイオン温度1億2,000万度のプラズマを実現しました。更なる高温領域の拡大を行い、核融合炉につながる超高性能プラズマの研究を行います。

- **核融合炉実現を見通せる高性能プラズマ研究の推進**
 - ➔ 重水素を用いることで**プラズマの高温領域を拡大**
イオン及び電子が共に1億度を超える核融合炉級プラズマの実現へ
 - ➔ イオン温度1億2,000万度のプラズマを高電子温度化
7,000万度の高イオン温度プラズマの高電子温度化(1億2,000万度以上)に成功
- **同位体効果をはじめとする閉じ込め物理の研究**
理論的に未解明な同位体効果をはじめとした学術的価値の高い課題に対する研究を推進
 - 超高性能プラズマに発現する新たな現象の解明
 - プラズマ物理学および核融合炉設計に重要な貢献
 - ➔ 環状プラズマの総合的理解のための学理の体系化
- **定常プラズマ装置LHDの重水素実験により新たに可能となる核融合炉実現に向けた今後の研究**
 - ヘリカル系における**高エネルギーイオンの閉じ込め実証**と燃焼プラズマへの展望
 - **長パルス放電**による炉材料内における**水素同位体挙動**の研究



	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
真空排気	■								
コイル冷却	■								
プラズマ実験		← 降温	■ 重水素				■ 軽水素	→ 昇温	

2019年度のLHDプラズマ実験

- ・10月 3日: 重水素実験開始
- ・1月24日: プラズマ実験回数が1998年の実験開始以来、160,000回に到達
- ・1月10日: 重水素実験終了
- ・2月 6日: プラズマ実験終了
(安全管理計画に基づいて実験を実施し、安全に終了)
- ・実験日数: 52日
- ・プラズマ生成回数: 約7,800回

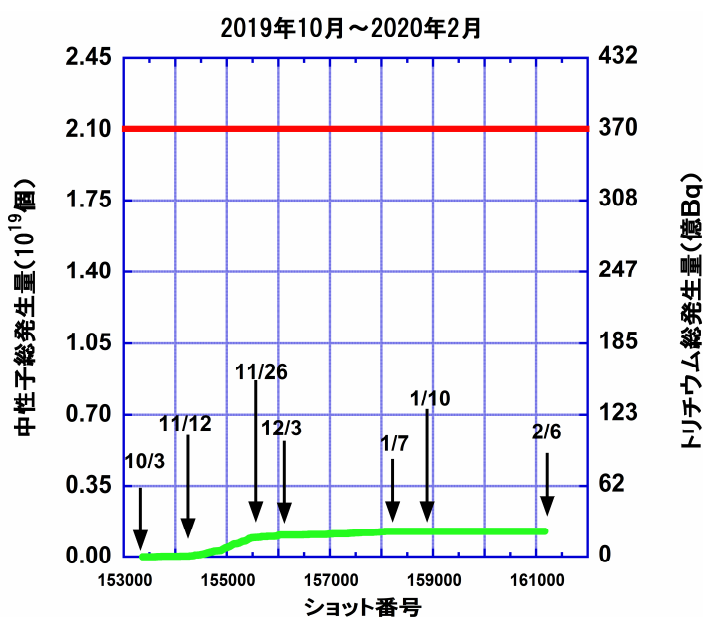


160,000ショット到達時の制御室の様子

今後の予定

メンテナンス、改造期間を経て2020年度のLHDプラズマ実験は、2020年10月上旬に開始予定

2019年度のLHDプラズマ実験における中性子及びトリチウムの発生量(速報値)



- 10月 3日 重水素ガスを用いた実験開始
 - ・NBI加熱装置(接線入射3台): 軽水素(H)
 - ・NBI加熱装置(垂直入射2台): 重水素(D)
 - ・プラズマ:D
- 11月12日 NBI加熱装置(接線入射3台): HからDに変更
- 11月26日 NBI加熱装置(接線入射1台): DからHに変更
- 12月 3日 NBI加熱装置(接線入射2台): DからHに変更
- 1月 7日 NBI加熱装置(垂直入射2台): DからHに変更
- 1月10日 重水素ガスを用いた実験終了以降、軽水素にてプラズマ実験実施
- 2月 6日 第21サイクルプラズマ実験終了

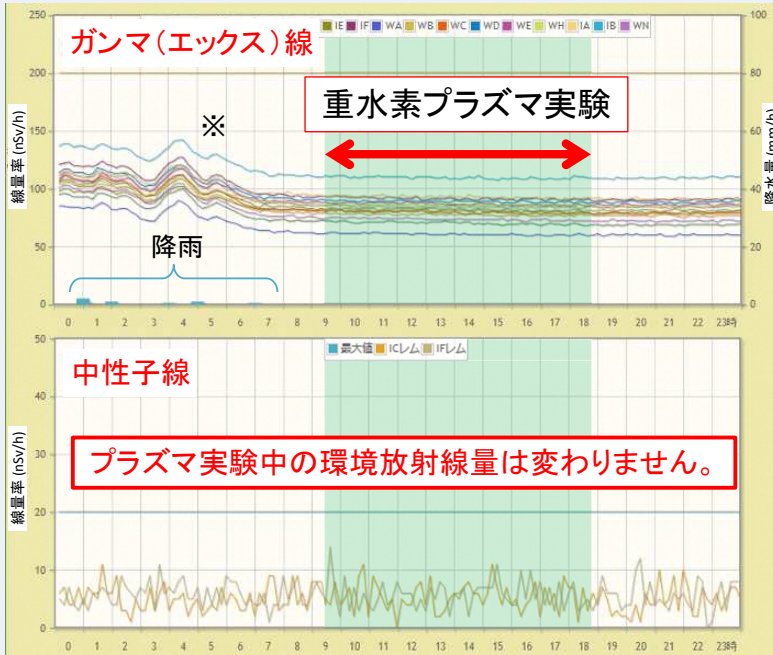
研究所年間管理値
 中性子発生量: 2.1×10^{19} 個
 トリチウム発生量: 370億ベクレル

2019年度のLHDプラズマ実験期間中の中性子及びトリチウムの総発生量は、研究所年間管理値の6.0%(速報値)でした。

- ・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)

2019年11月14日



RMSAFEモニタリングポスト

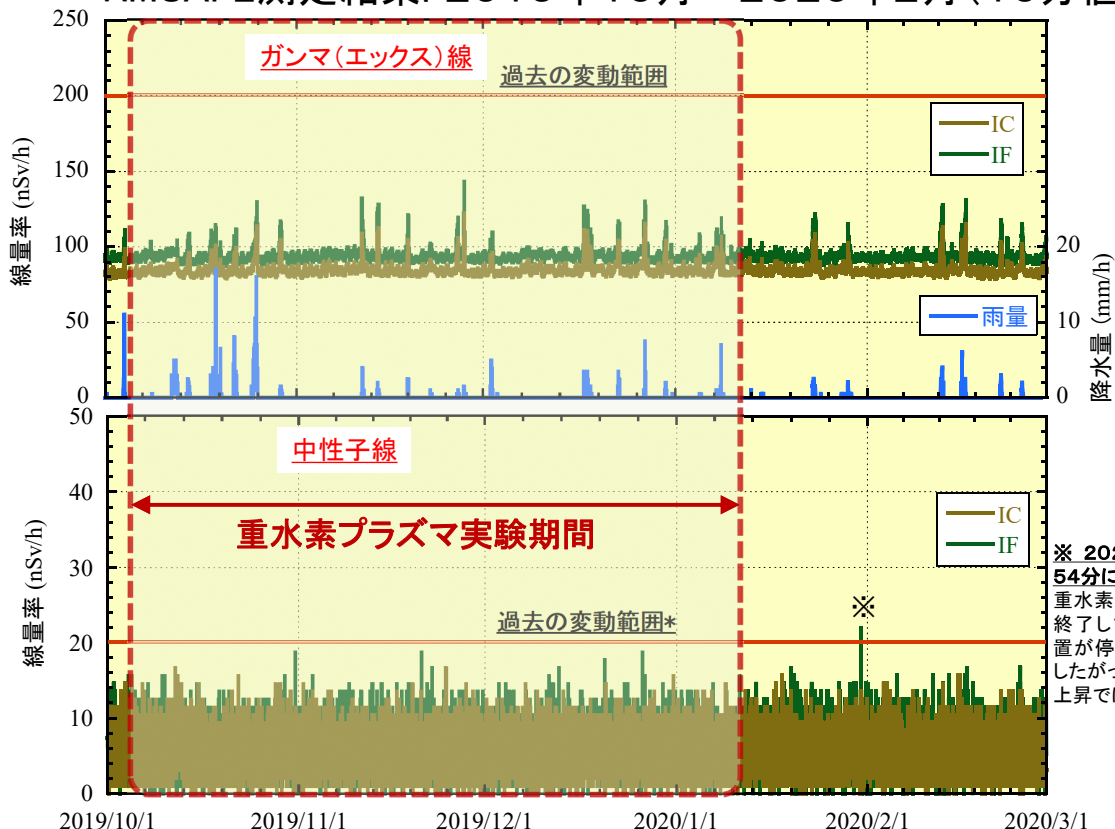


前年度に引き続き、プラズマ実験を実施した時間帯で線量の増加はありません。

大型台風によるRMSAFE機器への影響はありませんでした。

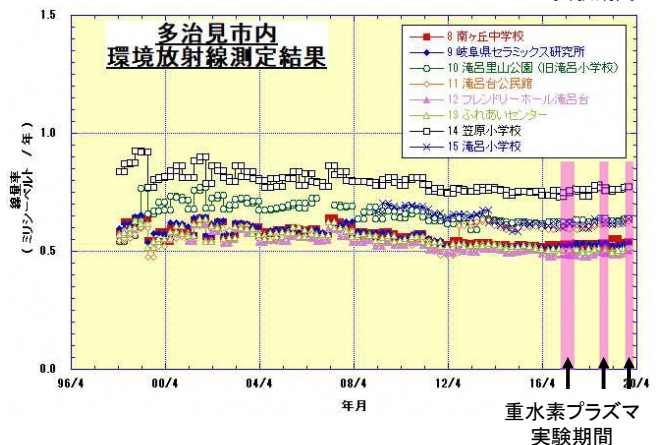
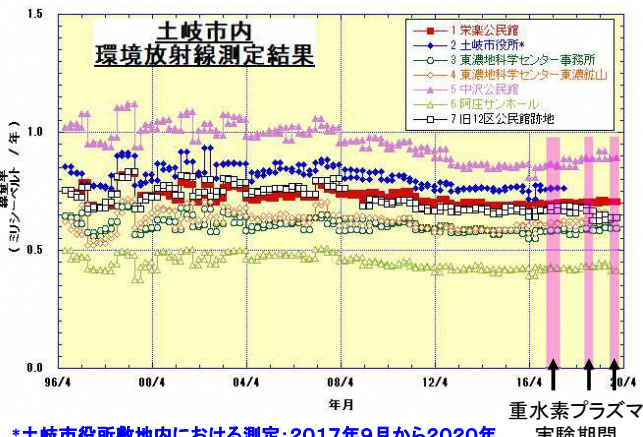
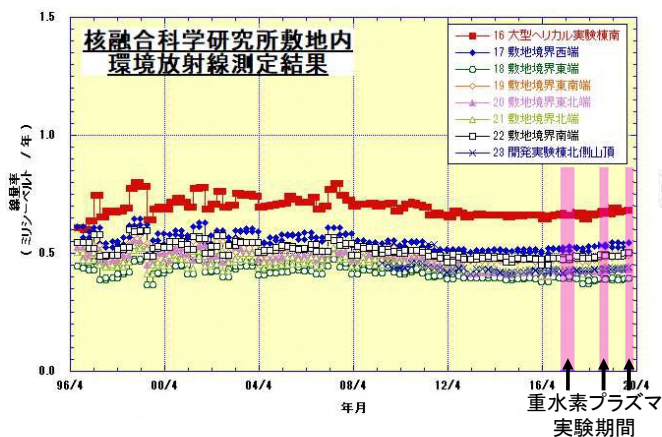
※ 空気中のラドンを起源とする天然の放射性核種が、雨とともに放射線モニタリングポスト近くへ降りてくるため線量率が上がります。

RMSAFE測定結果: 2019年10月~2020年2月(10分値)





研究所、土岐市及び多治見市における環境放射線量の監視結果

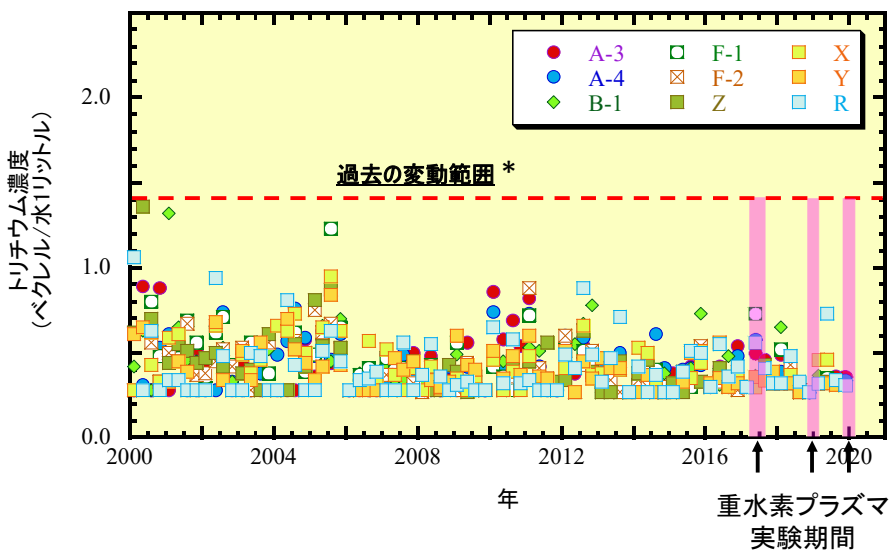


*土岐市役所敷地内における測定:2017年9月から2020年2月までの間は新庁舎建設工事等に伴い中断しています。

研究所敷地内、土岐市内及び多治見市内における環境放射線量(ガンマ線)には、前年度に引き続き、重水素実験に起因する上昇傾向は認められませんでした。



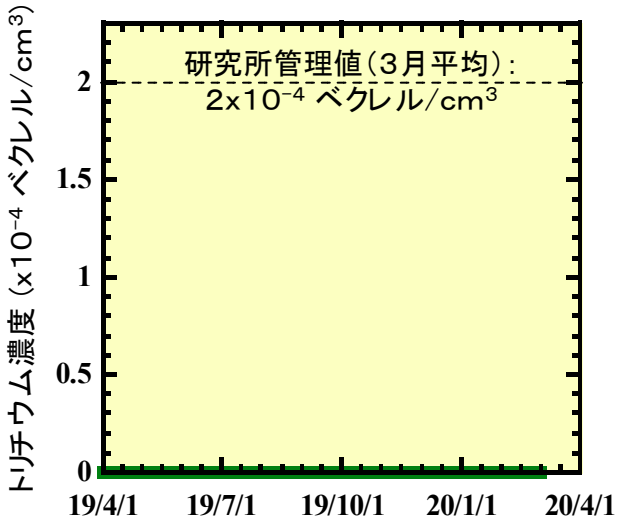
環境水中トリチウム濃度の監視結果



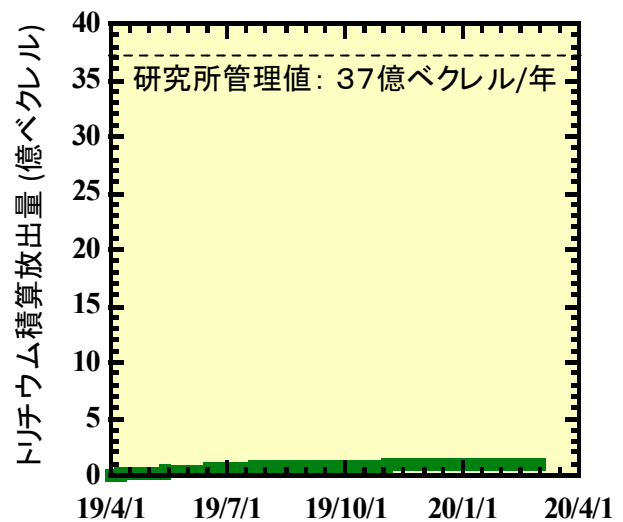
A-3	妻木川(窯の洞川)	R	雨水
A-4	妻木川(窯の洞川)	X	調整池
B-1	土岐川	Y	水道水
F-1	生田川	Z	滝壺跡
F-2	生田川		

重水素実験開始以降の環境水中トリチウム濃度は、過去の変動範囲内でした。
 (*2000年~2016年までの変動範囲:検出下限値以下 ~1.4 ベクレル/リットル)

排気塔トリチウム濃度
 法令値(3月平均): 5×10^{-3} ベクレル/cm³



排気塔からのトリチウム積算放出量
 (2019年4月~2020年3月)



- ・排気塔から放出されたガス中のトリチウム濃度は、最大でも研究所管理値の190分の1未満でした。
- ・排気塔から放出されたアルゴン41の濃度についても、研究所管理値を大きく下回る値でした。

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。



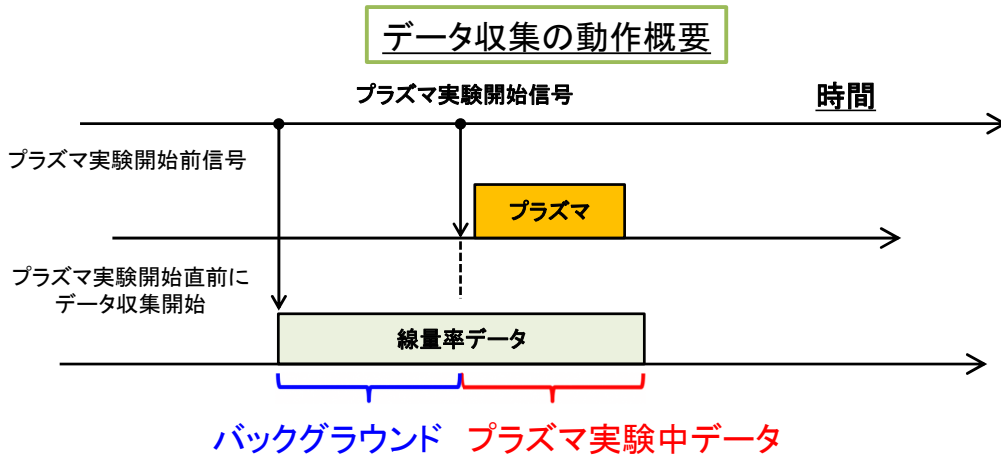
排気ガス処理システム

- ・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、2月29日時点で約1,650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。



RMSAFEによる敷地境界線量の監視結果

安全監視委員会での議論に基づいて、LHDプラズマ実験に同期してRMSAFEデータを取得

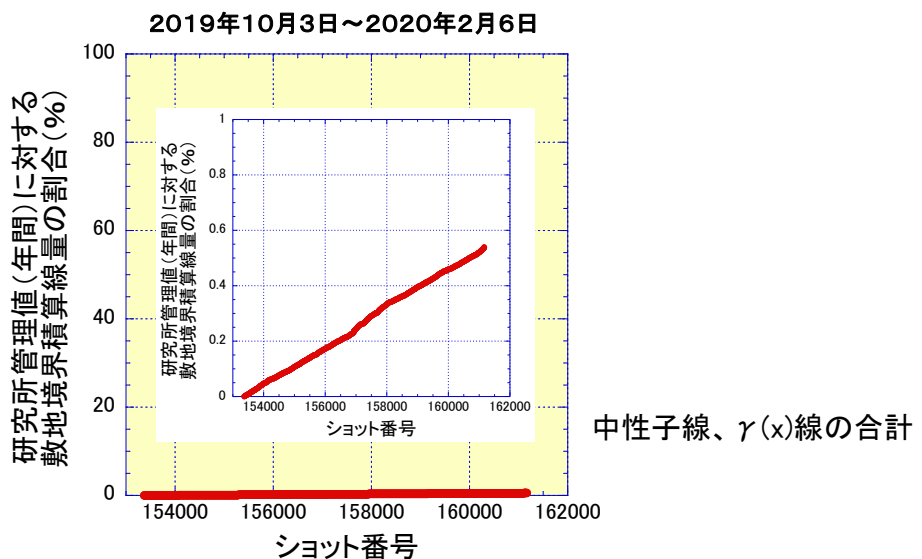


- バックグラウンドのデータをLHDプラズマ実験開始前から取得します。バックグラウンド線量率を評価し、プラズマ実験中のデータから差し引きます。
- 速報値では安全側の評価をするために、バックグラウンドを差し引いて、負の値となったものはゼロとして積算します。



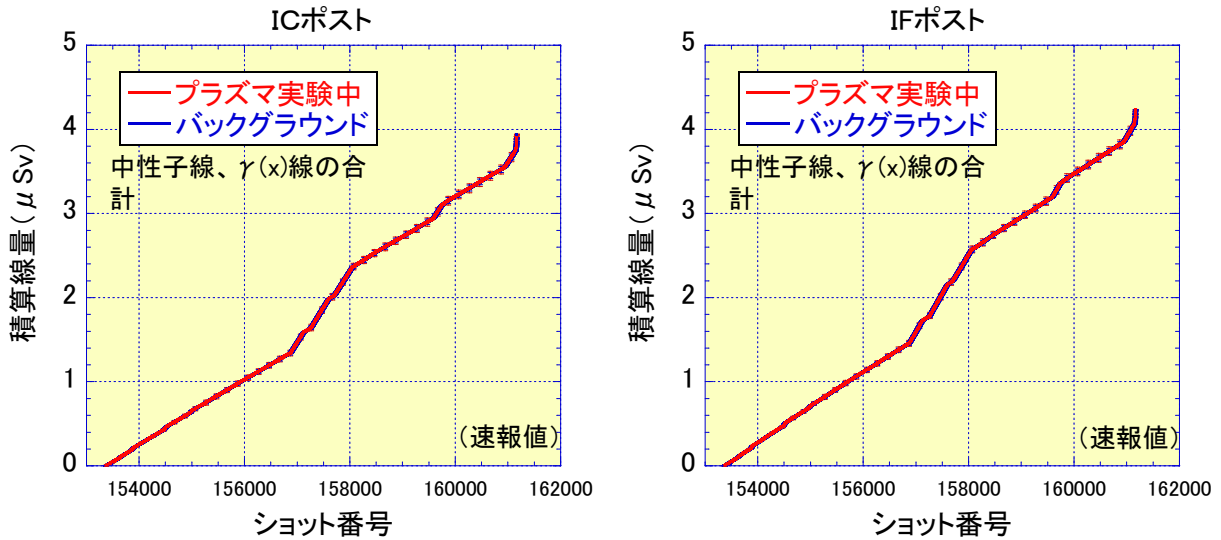
RMSAFEによる敷地境界線量の監視結果 -続き-

第3年次の重水素実験における
敷地境界線量(速報値)



- 図の速報値においては、LHDプラズマ実験中の値から、バックグラウンドを差し引いて、負の値となったものはゼロとして積算しているため、安全側で評価した値となっています。
- 確定値では、バックグラウンドの影響を適切に評価するために、バックグラウンドを正確に差し引いて積算します。

<参考資料>



・RMSAFEのICポスト、IFポスト共に、LHDプラズマ実験中の線量とバックグラウンド線量との間に有意な差は認められませんでした。

研究所管理値に対する発生量等のまとめ

重水素実験情報公開ページ

速報値

第21サイクルLHDプラズマ実験は2020年2月6日に終了しました。

<p>中性子総発生量</p> <p>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6.0%</p>	<p>2020年2月6日 現在 (積算期間:2019年10月3日~2020年2月6日)</p> <p>研究所管理値の6.0%</p>
<p>トリチウム総発生量</p> <p>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6.0%</p>	
<p>敷地境界線量</p> <p>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%</p>	<p>2020年2月6日 現在 (積算期間:2019年10月3日~2020年2月6日)</p> <p>研究所管理値を大幅に下回る</p>
<p>排気中トリチウム濃度</p> <p>排気中トリチウム濃度：研究所管理値（3月平均）；2×10^{-4}Bq/cm³ トリチウム濃度：管理値の0.0%</p> <p><small>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</small></p>	

重水素実験期間中における大型ヘリカル実験棟空調ドレン水の排水状況

排水日	排水量 (m ³)	測定結果			
		測定日		β線測定	γ線測定
		1回目	2回目	液体シンチレーション 計数装置	オートウェル ガンマシステム
10月30日	9	10月 9日	10月16日	0.0028	ND
11月13日	9	10月30日	11月 6日	0.0025	ND
11月26日	9	11月13日	11月14日	0.0038	ND
12月 5日	4	11月26日	11月29日	0.0032	ND
12月27日	5	12月19日	12月21日	0.0024	ND
2月20日	9	2月 3日	2月 4日	ND	ND
総排水量	45	検出下限値		~0.002 (ベクレル/cm ³)	~12 (cpm) (ND: 検出下限値以下)

研究所管理値:
トリチウム濃度(3月平均値)
0.6ベクレル/cm³



貯留槽



排水モニタ



液体シンチレーション計数装置



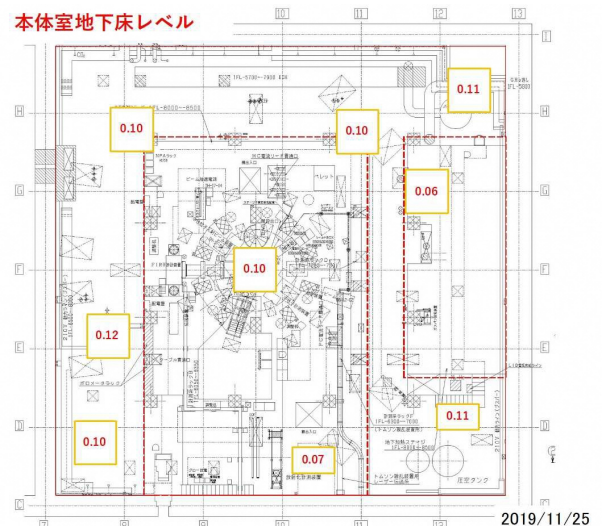
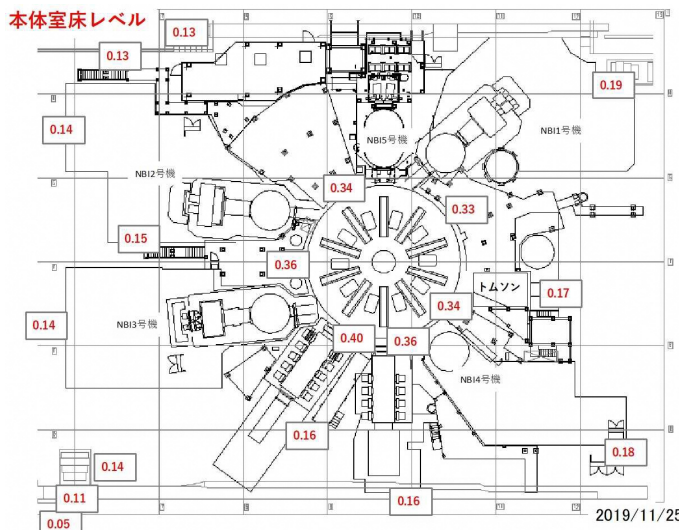
オートウェルガンマシステム

本体室・本体室地下へ立入る者の線量管理

メンテナンス作業等の前に本体室・本体室地下の線量測定を行い、立入る者の実効線量が20マイクロシーベルトを超えないように管理しています。これまでに個人線量計に有意な線量は確認されていません。

作業前本体室・本体室地下線量測定結果(2019年11月25日)

単位: μSv/h



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 (RI規制法等)
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プラズマ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

27/38

防災訓練、LHD消火訓練の実施

防災訓練(全所員が参加)

- ・巨大地震が発生しアカデミックゾーンの建物内で出火、負傷者が発生した想定で毎年度実施(2019年9月17日)
- ・土岐市南消防署の参加を得て、災害対策本部の立ち上げ、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



災害対策本部の様子

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(2019年10月4日)
- ・土岐市南消防署の協力を得て、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



土岐市南消防署の協力を得て行われたLHD消火訓練

28/38

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)に実施しました。
2. 危険予知活動の講習会に昨年度に引き続き参加しました。
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。
確定値については年報としてホームページで公表しています。
 - ②環境放射線量等についても、ホームページで公開しています。
6. LHDプラズマ実験期間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。

安全情報公開



安全情報公開ホームページ

- 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



市民説明会の様子



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(来場者約660名)





2020年度以降のLHDプラズマ実験スケジュール(予定)

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
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)											
メンテナンス期間	メンテナンス											
装置の 運転状態							LHD真空排気					
						←コイル冷却	コイル冷却準備	励磁試験				コイル昇温
							プラズマ実験					

- ・メンテナンス：3月上旬～9月上旬
- ・LHD真空容器真空引き：8月中旬～3月中旬
- ・コイル冷却：9月上旬～3月中旬
- ・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(重水素実験)：10月上旬～1月中旬
 - ▶ 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。

31/38



大型ヘリカル装置(LHD)における 重水素実験の今後の計画について

重水素実験は、核融合炉が見通せる高性能のプラズマの実現を目指して、前半6年間・後半3年間の計画として、関係法令、協定書及び覚書、並びに安全管理計画を遵守して進めています。

前半6年間については、プラズマの高性能化を目指した研究、及び高性能化に必要な同位体効果や高エネルギー粒子の閉じ込めに関する学術研究を進めています。

ここでは、後半3年間の計画について、ご説明します。

32/38



今後の計画について ～ LHD重水素実験計画 ～

重水素実験は、「大型ヘリカル装置における重水素実験の安全管理計画」に記載のとおり、前半6年間・後半3年間で予定しています。

LHD実験年次計画(安全管理計画での重水素実験9年間における研究所管理値をまとめた表より)

	前半6年間		後半3年間
実験年度	初年度 (第19サイクル)	第2～6年度	第7～9年度
事項	予備的実験 (施設検査)	プラズマ 高性能化実験	総合性能実験
年間トリチウム 最大発生量	370億ベクレル(1キュリー) (各年度積算量)		555億ベクレル (1.5キュリー) (各年度積算量)
年間トリチウム 最大放出量	37億ベクレル(0.1キュリー)(各年度)		
年間中性子 最大発生量	2.1×10 ¹⁹ 個 (各年度積算量)		3.2×10 ¹⁹ 個 (各年度積算量)

10億ベクレル(=1 GBq)

進捗状況に応じ、軽水素で実験を行う年、あるいは、実験を休止する年がある場合は9年間に含めません。

33/38



今後の計画について ～ 重水素実験後半3年間の主要計画 ～

重水素実験の後半3年間では、「大型ヘリカル装置における重水素実験の安全管理計画」の第1章 1.2 重水素実験年次計画に記載のとおり、以下の3事項を軸に研究を展開する計画です。

なお、年間最大中性子発生量等については前頁記載の管理値を変更する予定はありません。

- ① 中性子応用実験を本格化し、以降の展開を図る。
- ② ICRF加熱を中軸とし、ダイバータ機能の応用とあわせて高性能プラズマの長時間保持を実証する。
- ③ 重水素実験開始後6年間で得られた知見を体系的に総合して、総合機能への統合を図ることにより、ヘリカル系核融合炉の展望を明らかにする。

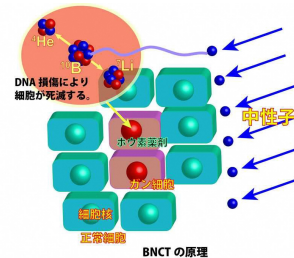
34/38

中性子応用実験として、重水素実験で発生する中性子の医療応用に向けた実験の実施を検討しています。

その準備研究の一環として、LHD重水素実験で発生した中性子を活用し、BNCTなどの核融合中性子の医療応用を目指した検出器の開発などの研究に着手しました。

【BNCT:ホウ素中性子捕捉がん治療法】

低エネルギー中性子との高い反応率を有するホウ素を含んだ薬剤をがん細胞に取り込ませ、中性子・ホウ素の反応により発生する高エネルギー粒子によりがん細胞のみを選択的に治療する手法です。



参照: 大阪大学
村田教授研究室

- ✓ BNCTの治療効果をリアルタイムで評価するための小型中性子検出器の開発
- ✓ 核融合中性子を利用したBNCT用放射線場の最適化検討
- ✓ BNCT時における放射線の細胞に対する影響の検討

核融合炉の実現に解決が必要な2大課題

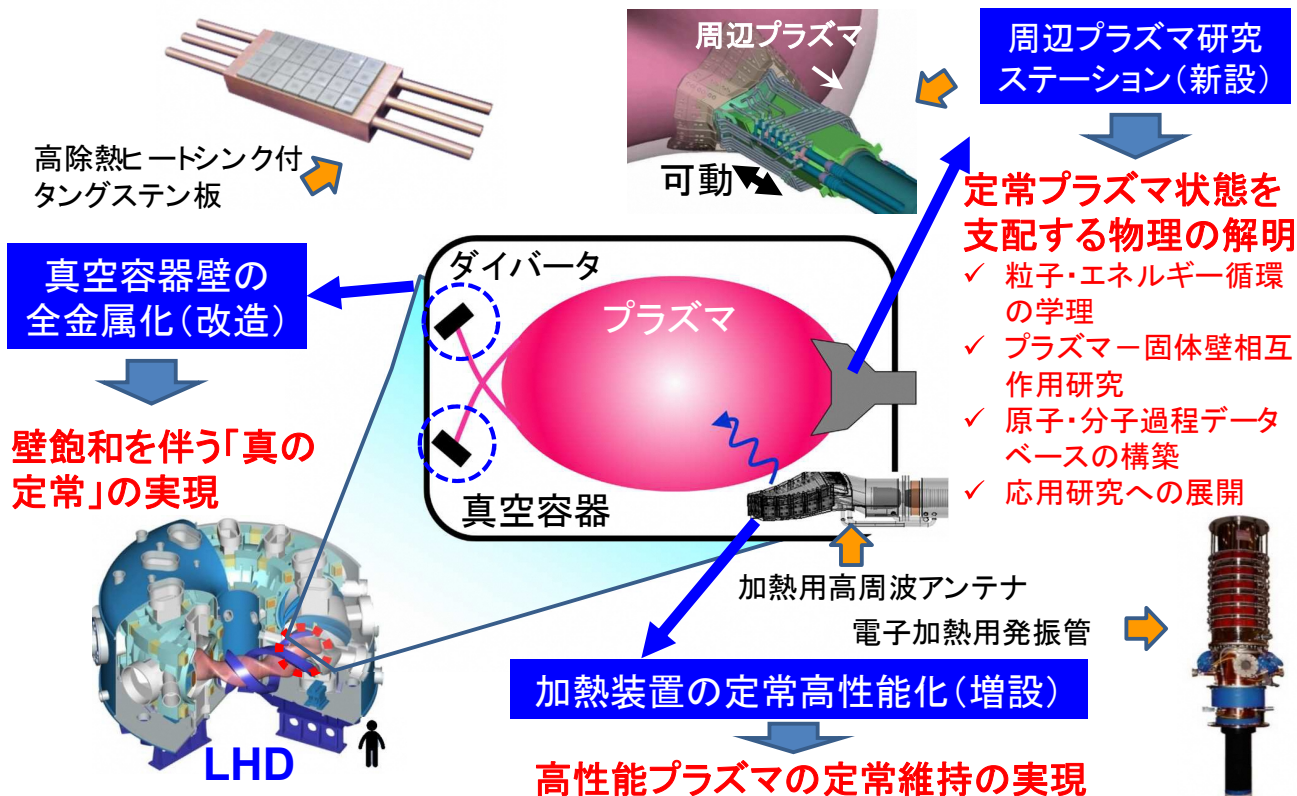
- 核融合燃焼の実証 ⇒ ITERで実施予定
- 定常運転の実現 ⇒ 定常運転が原理的に可能なLHDで解決へ

イオン温度1億2,000万度の実現などの前半6年間の研究の進展を踏まえて、後半3年間では、定常運転性能に優れるLHDの特長を活かして、**プラズマの定常運転に必要な制御法の確立**に向けた研究を進める予定です。

- ICRF加熱を中軸とした高性能プラズマの長時間保持
- プラズマとそれを取り囲む真空容器に出入りする粒子とエネルギーの収支が釣り合う「**真の定常**」状態を実現
- 真の定常状態を支配する物理およびそのプラズマ性能との関係を解明



プラズマ定常運転の制御法確立に向けた研究のためのLHDの改造



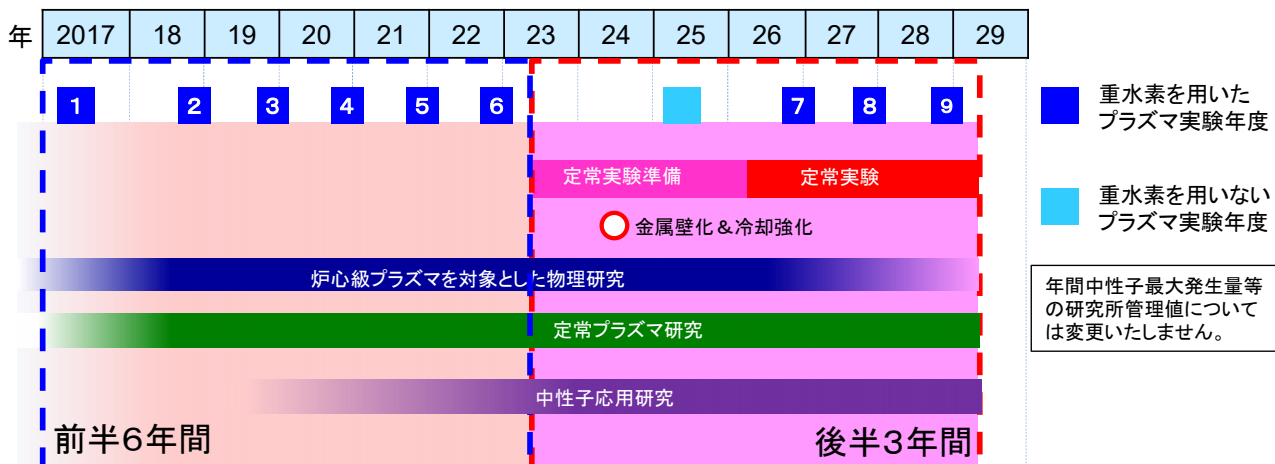
2023年度から2024年度の前半は、真空容器壁の全金属化等の改造を行う予定です。

37/38



LHD重水素実験の後半3年間の計画について

- 前半6年間終了後、定常実験に向けた準備期間を経て、本格的な長時間放電を行うことにより、真の定常を実現し、その制御法を確立します。
 - ✓ 1.5年間の改造期間の後、重水素を用いない(軽水素やヘリウムを用いた)プラズマ実験年度を1回、その後、重水素を用いたプラズマ実験年度を3回実施する計画です。
- 定常プラズマ制御に向けた学術基盤を構築します。
- 定常制御に関して蓄積された知見は、ITERや原型炉へ続く核融合研究に大きく貢献します。



※ 重水素実験後半3年間の主要計画は、研究計画等の重大な変更には当たりませんが、更なる具体化の検討を進める上で、その検討状況を令和元年12月開催の核融合科学研究所重水素実験安全評価委員会において説明し、安全管理計画に従っていることを確認していただきました。本計画の更なる具体化の内容は、適宜、安全評価委員会において説明し、確認いただく予定です。

38/38