



令和6年7月22日(月)
フュージョンエネルギーの実現に向けた安全確保の基本的な考え方検討タスクフォース
第3回会合

資料2-2
第3回 フュージョンエネルギーの実現に向けた
安全確保の基本的な考え方検討タスクフォース
令和6年7月22日



大型ヘリカル装置(LHD)の
安全確保について

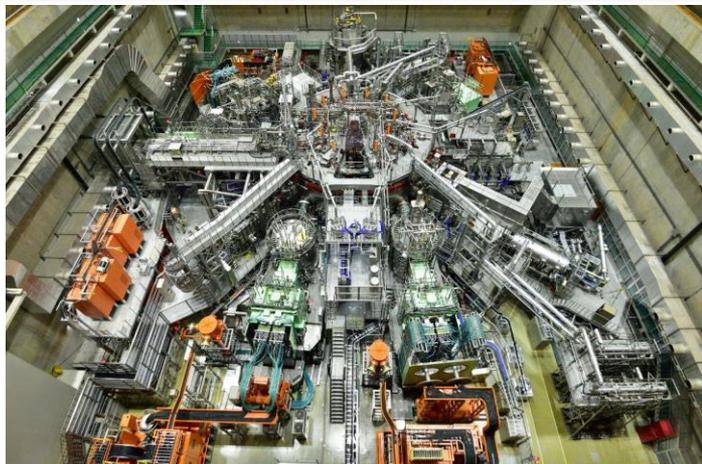
核融合科学研究所 研究部 可知化センシングユニット
田中将裕

LHD重水素実験の目的

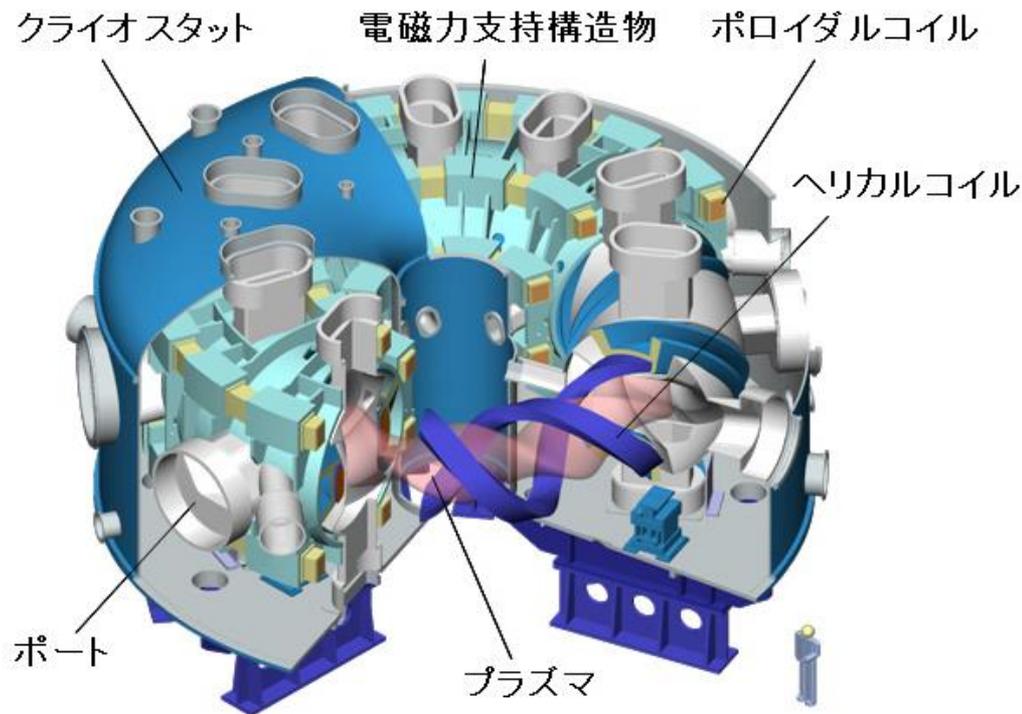
重水素ガスを用いてイオン温度1億2,000万度を達成し、**核融合発電を見通せる高性能プラズマの研究を遂行する。**

⇒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プラズマ実験開始
- ・2017年 3月 LHD重水素実験開始
- ・2022年12月 LHD重水素実験終了=>引き続き、軽水素ガスを用いた学際研究を実施



LHDプラズマ実験における研究成果の一例

重水素実験の実施に伴いイオン温度1億2,000万度のプラズマを実現しました。
 高温プラズマ物理の理解を目的に、核融合炉につながる超高性能プラズマの研究を行いました。

- **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の高電子温度化に成功**

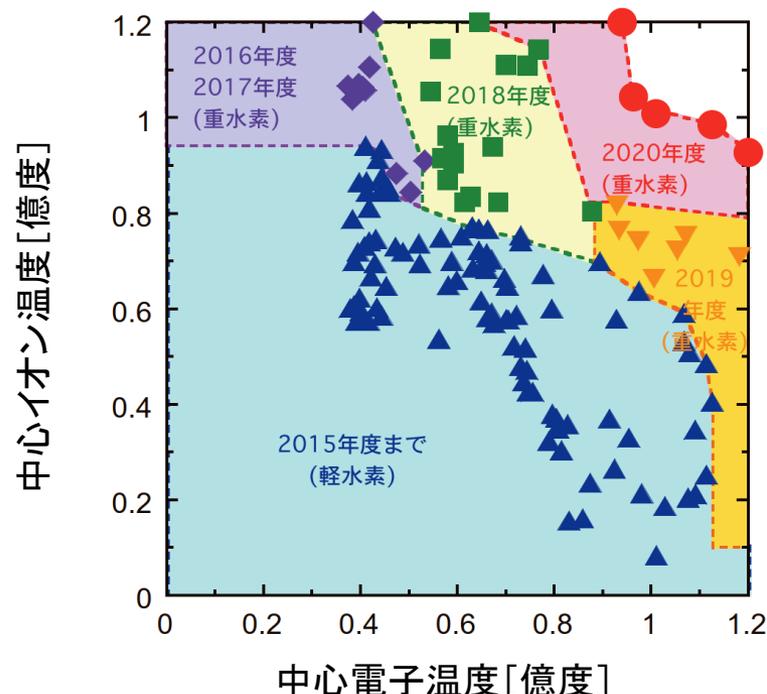
- **同位体効果をはじめとする閉じ込め物理の研究**

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による核融合炉実現へ向けた研究課題例**
 - 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
 - 炉材料内における**水素同位体挙動**の研究



重水素実験実施に向けた 地元との合意形成活動

- 核融合科学研究所では、2017年から2022年までの6年間、大型ヘリカル装置(LHD)で重水素ガスを用いた「**重水素実験**」を行った。
- この実験では、重水素同士の核融合反応が、低い確率ながら起き、**中性子とトリチウムが発生**するため、LHDの安全対策とともに地元自治体との調整が求められる。
- 重水素実験の準備開始は、**地元(岐阜県、土岐市、多治見市、瑞浪市)**との**協定書締結と同意が必要**であった。

協定書の内容

- 関係諸法令の遵守
- 敷地境界線量 < 年間 $50\mu\text{Sv}$
- トリチウムを使用した核融合実験の禁止
- 放射性物質等の保管および管理にあたって法令等を遵守
- 公害の防止
- 環境放射線等の継続的な監視・測定
- 研究計画、研究内容の事前説明
- 年1回の施設公開、地域住民への説明
- 防災対策
- 立ち入り調査
- 重水素実験の開始にあたっては同意が必要

D-D反応で副次的にできる
トリチウムは含まない

準備を含む

住民の意向
を含む

協定書締結までの経緯(概要)

1970年代後半~1980年代前半

重水素実験の開始が遅れた遠因?

中規模トカマク装置による重水素と三重水素の核融合反応を伴う核反応プラズマ実験計画(通称R計画)の検討 => 地元の激しい反対運動により計画中止

1980年代後半~1990年代

LHD実験計画の検討、装置建設、プラズマ実験の開始(1998年~)

=> LHDによる重水素実験の実施に対しては、地元の激しい反対運動が継続

- 2000 核融合科学研究所と岐阜県及び三市一町との間で**協定書(案)**を発表
- 2001 市民団体が、重水素実験の実施取りやめを求めて**公害調停**を申請
(岐阜県外15都県の住民8,138人)
- 2003 公害等調整委員会より**調停案**が出されたが、申請人は受諾せず調停は不調
- 2006 研究活動と重水素実験の安全性等について**市民説明会を開始**
- 2007 核融合科学研究所**重水素実験安全評価委員会**において、重水素実験に関わる安全性を検討
- 2008 重水素実験安全評価委員会の最終報告を踏まえた、大型ヘリカル装置における重水素実験計画及び大型ヘリカル装置における**重水素実験の安全管理計画**を公表
- 2010 三市と協定書締結と重水素実験開始の同意へ向けた調整
- 2011 東日本大震災 協定書等の締結は白紙に
- 2013 土岐市、多治見市において、**パブリックコメント**を実施
- 2013 岐阜県及び三市と**協定書等の締結**、重水素実験開始の同意

公害等調整委員会調停案の指摘

本調停が申請されるに至るまでの間、核融合科学研究所は、D-T実験は行わないと説明する一方、D-D実験に伴ってトリチウムが副次的に発生することについて明確に十分な説明を行わなかったことなど、周辺住民への説明や対応に不十分な点があり、これによって核融合科学研究所に対する申請人ら周辺住民の不信感が生まれ、その不信感がD-D実験への不安を一層大きくしたものと認められる。

報道資料、「核融合科学研究所重水素実験中止調停申請事件」の終結について、平成15年11月12日

調停条項

- 実験安全管理計画の作成
- 関係する地元自治体及び公正中立な第三者である学識経験者を構成員とする技術評価会(仮称)を設置
- 実験安全管理計画について議会および申請人らに説明
- 各年度におけるD-D実験の開始時期及び終了時期を地元自治体及びその議会に通知
- D-D実験による年間の最大発生量を、トリチウムは1.5キュリー、中性子は 3.2×10^{19} 個以内
- トリチウム及び中性子の発生量を測定し、測定結果を速やかに公表
- トリチウムの回収・保管量、処分量及び処分方法を定期的に公表

報道資料、「核融合科学研究所重水素実験中止調停申請事件」の終結について、平成15年11月12日

覚書が締結され「安全監視委員会」の設置が決定

- 岐阜県・3市（土岐市、多治見市、瑞浪市）が、2014年11月1日、各議会の議決を経て共同設置
- 県が指名した専門家と3市が指名した住民代表で構成
- 研究所と独立した第三者委員会

安全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（2015年10月より実施）
 - 環境水中トリチウム濃度の測定（2015年8月より実施）
 - どちらも実験期とメンテナンス期の年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

○放射線発生総量

- 中性子発生量(トリチウム発生量)
2. 1×10^{19} 個/年(370億ベクレル = 1 Ci)
- 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)

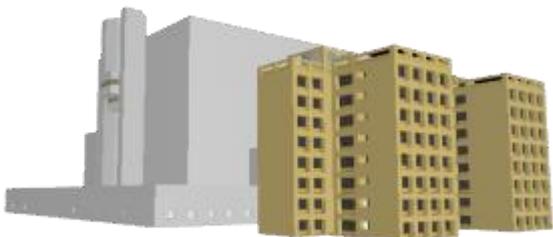
○排気

- トリチウム放出量 37億ベクレル(= 0.1 Ci)/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)

核融合科学研究所



諮問



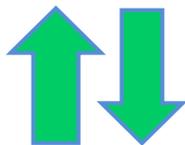
提言・
答申

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



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

(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

(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

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。



核融合研究、重水素実験等について市民の方々に説明

～ステークホルダーへのアウトリーチ活動～

○毎年夏に**市民説明会を開催**(2006年度から2022年度まで)

- ・重水素実験の実施状況と安全性、研究計画について説明

○市民学術講演会の開催(多治見市、土岐市、2021年度まで)

- ・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
- ・現在は、研究所オープンキャンパスの企画として実施



市民説明会の様子(2020年度)

○研究所オープンキャンパス

- ・重水素実験質問コーナーで重水素実験についても丁寧に説明した
- ・現在は、研究活動、施設紹介などを中心とした企画で構成

2024 核融合科学研究所

体感!体験!プラズマエネルギー

オープンキャンパス

10月26日

10:00-16:00

(最終入場 15:30)



入場
無料

一般公開

オープンキャンパス

○随時の見学受付

- ・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「ヘリカちゃんからのおたより」(旧プラズマくんだより)の季刊発行(近隣地区への新聞折込み)など

- ・研究所公式YouTubeチャンネルによる研究所紹介ビデオや研究紹介動画などの公開

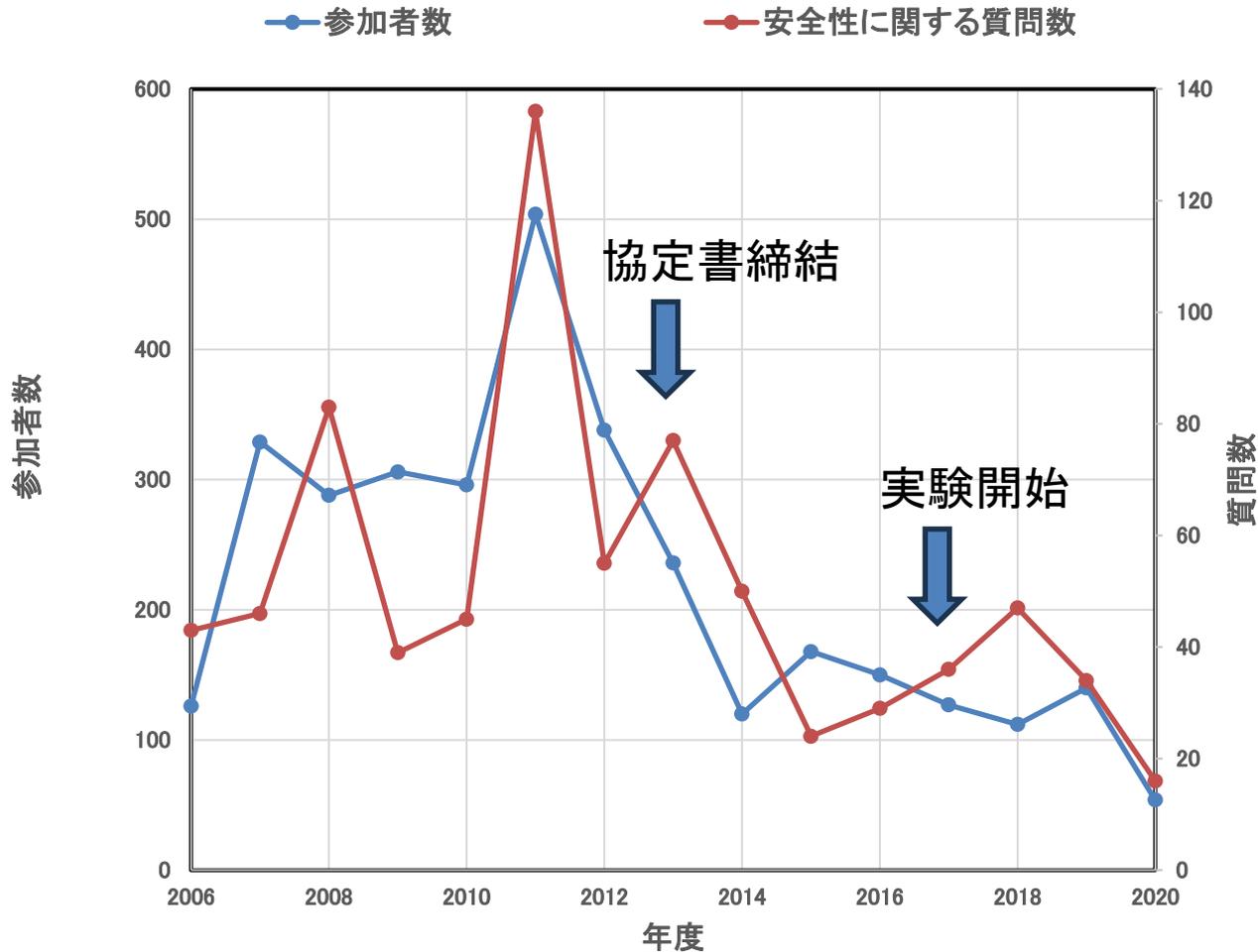


ヘリカちゃんからの
おたより



YouTubeチャンネルで公開の
研究所紹介ビデオ

市民説明会



16年間
のべ346会場
5,892名

市民説明会のQ&A集は公開されています

重水素実験で発生するトリチウムに関する質問を抜粋

- トリチウムの処分については、日本アイソトープ協会が引き取るとのことですが、**日本アイソトープ協会は、最終的にはどこへ、どのように処分**するのですか。
- 協定書には、**トリチウムを使用した実験は行わない**と書かれているのに、重水素実験でトリチウムが発生するというのは市民感覚としては矛盾していると思います。
- トリチウム**除去装置が壊れて**、トリチウムが流れ出したらどうなりますか。
- 回収したトリチウムは、アイソトープ協会が引き取るまで研究所で保管されると思いますが、その間の**管理は大丈夫ですか**。また、アイソトープ協会が**輸送する際の事故等**の安全性は確保されていますか。
- トリチウムの外部被爆の影響はないと思いますが、**内部被爆の影響**の問題は無視できないではないでしょうか。
- トリチウムの**除去装置を実際に使っている施設**を教えてください。

まとめ

- LHDの重水素実験を安全に実施し、プラズマの高性能化に成功するとともに、多くの学術成果を得た。
- 重水素実験に対する住民の不安は、市民説明会の開催などの地道な対話やアウトリーチ活動によって、着実に解消されていった。
- 安全確保に必要なハードウェア(放射線管理・計測機器、トリチウム除去装置など)の整備だけでなく、ソフトウェア(マニュアルなど)の整備や、LHD重水素実験を通じて人材(技術職員)を育成することで重水素実験を安全に実施することができた。
- 安全確保の検討と同時に、科学的根拠に基づいたパブリックコミュニケーションによる社会受容性の向上に取り組むことが肝要である。