

平成19年3月19日資料

重水素実験安全管理計画説明 version3

7. 重水素実験

目的・意義

重水素プラズマと重水素ビームによる核融合反応

中性子およびトリチウムの発生量

重水素実験計画

公害等調整委員会調停案の概要

重水素実験に対する反対意見

重水素実験の目的と意義

重水素を使用することにより、同じ実験装置・条件で、より高い温度・密度のプラズマを実現できることが、大型実験装置で確認されている → **閉じ込め改善**

LHDの閉じ込め改善によりプラズマの高性能化を図り、ヘリカル型閉じ込め配位、核融合炉に必要なプラズマ性能を学術的に見通す。

現状より核融合条件に近いプラズマの研究を可能とする。

それに伴い、新たな学術的研究領域の開拓および拡大を図る。

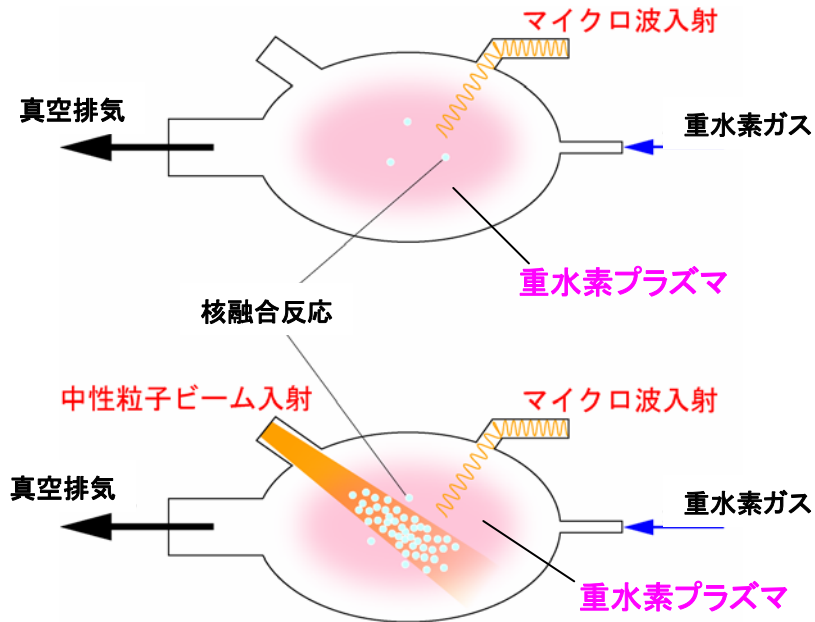
→ 閉じ込め物理の質量依存性(同位体効果)を明らかにして重水素・三重水素プラズマによる核燃焼実験を十分な確度で予測できるモデルを構築する。

重水素実験は、プラズマの高性能化を目的とし、核燃焼実験(核融合反応実験)を目的としない。



トリチウムを使用する必要がない

重水素ビームと重水素プラズマによる核融合反応



中性粒子ビーム入射(NBI)加熱では、高エネルギー・ビームによりプラズマを加熱するため、重水素ビームと重水素プラズマによる核融合反応(D-D核融合反応)が支配的となる。

重水素NBI加熱を用いない重水素プラズマにおける核融合反応は、D-D核融合反応の数10分の1である。

(最大加熱実験条件)

加熱パワー: NBI(ビーム加熱) 32MW (垂直80keV-18MW, 接線180keV-14MW)

ICH、ECH(高周波加熱) 合わせて 3MW

→ 密度 $2 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ において、中心温度は1億2千万度(LHD計画の所期の温度目標)に達する見込み

→ この時、中性子発生率は 1.9×10^{16} 個/秒、トリチウム発生率は 3.3×10^7 Bq/秒

入射するビームエネルギーとパワーを調整することにより、実験条件を調整する。

重水素実験時の中性子・トリチウム発生量

年間の実験回数は発生トリチウムの積算量で管理される。

(前半6年間:37GBq、後半3年間:55.5GBq)

| 運転条件 | 放電時間 | 中性子発生量率 | 中性子発生量 | トリチウム量 |
|--|-------|--------------------------|------------------------|--|
| 最大中性子発生率条件 高電力中性粒子入射(NBI)加熱による最高性能放電モデル(80keV-18MW + 180keV-14MW + RF-3MW) | 3秒 | 1.9×10^{16} 個/秒 | 5.7×10^{16} 個 | 1.0×10^8 Bq (2.7×10^{-3} Ci) |
| 標準放電条件 中性粒子入射(NBI)加熱による高性能放電モデル(80keV-11MW + 180keV-8.4MW) | 3秒 | 3.3×10^{15} 個/秒 | 9.8×10^{15} 個 | 1.7×10^7 Bq (4.6×10^{-4} Ci) |
| 長時間放電条件 高周波(ICRF)加熱による定常放電モデル(3MW) | 3600秒 | 2.9×10^{13} 個/秒 | 1.0×10^{17} 個 | 1.7×10^8 Bq (4.6×10^{-3} Ci) |

参考1): 中性子の発生率が最大となるときのプラズマの密度は 2.5×10^{19} 個/ m^3 、中性子の発生量率は 1.9×10^{16} 個/秒である。プラズマ生成のため注入するガス量はプラズマ密度の十数倍であるため、核反応の発生率(中性子の発生量)は使用したガス量の一万分の一以下となる。

参考2): JT-60Uの中性子発生量率の最高値は 4.5×10^{16} 個/秒。

LHD重水素実験計画・年次計画

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(ポストLHD計画)へ転換する。

| | 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 | 37 GBq (1Ci) (各年度積算量) | | 55.5 GBq (1.5Ci) (各年度積算量) | --- |
| 年間トリチウム 最大放出量 | 3.7 GBq (0.1Ci) (各年度) | | | --- |
| 年間中性子 最大発生量 | 2.1x10 ¹⁹ 個 (各年度積算量) | | 3.2x10 ¹⁹ 個 (各年度積算量) | --- |

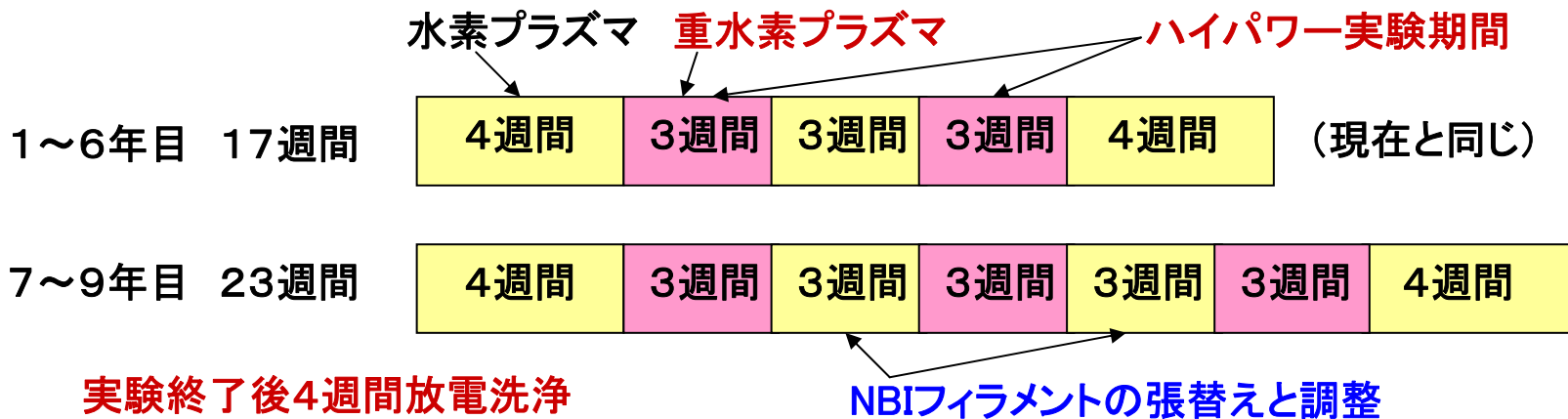
- ・初年度は、法令に基づく施設検査を受け、本格的実験に先立つ予備的実験を当初に行う。
- ・発生したトリチウムは除去・回収し、周辺環境への放出量は年間3.7GBq以下に抑える。
- ・進捗状況に応じ、水素で実験を行う年度および実験を休止する年度は、9年間には含まれない。

重水素実験実施計画例(年間計画例)

年間



プラズマ実験期間



重水素実験実施計画例(実験スケジュール例)

週間

(現在と同じ)

| | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 |
|--|--------|------|----|---|---|-----------------|---|
| | メンテナンス | プラズマ | 実験 | 日 | | コイル冷却継続 機器調整 | |

プラズマ実験日

| 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 |
|--------------------|---|---|---|---|----|---------------|----|----|----|----|----|--------------------|
| コイル冷却継続 (装置非運転) | | | | | 励磁 | プラズマ実験(NBI入射) | | | | | 減磁 | コイル冷却継続 (装置非運転) |

1日の実験回数

最大中性子発生量の重水素実験 15分間隔で1日約30回(目安)

→ 生成されたプラズマ性能、中性子発生量により、実験間隔は調整する。

装置非運転時には、放射線の発生する運転は行われたい。

公害等調整委員会による調停案の概要

- ・ 重水素実験の実施に際し、トリチウムの年間最大発生量を**1.5キュリー(55.5GBq)以下**とすること。
- ・ 研究所は重水素実験を開始するに当たって、「**実験安全管理計画**」を作成し、その際、地元自治体及び公正中立な第三者である学識経験者による**技術評価会(仮称)**を設置して、その意見を尊重すること。
- ・ 研究所は、重水素実験の開始に対して、**地元自治体の同意**を得ること。
- ・ その他、安全性の確保、トリチウムの回収・保管・処分等をはじめとする情報の公開、立入調査に対する協力、等を提示。
- ・ **D-T実験(トリチウムを燃料として使用する核融合実験)の禁止**。

調停案に対して、研究所側は受諾、申請人側は不承諾を回答して、公害等調整委員会は調停打ち切りを決定(調停不調)。

研究所は、公害調停案に沿って、当初計画していた実験最終年度(第7年度)のトリチウムの年間最大発生量10Ciを1.5Ciとし、実験期間を7年から9年に延長するという計画の見直しを行った。

重水素実験に対する反対意見

公害等調整委員会における申請人の主張

- ・ D-D実験において発生するトリチウムの一部が副次的にD-T反応を起こすことを利用して、トリチウムを使用することになる実験を実施しようとするものである。
- ・ トリチウムは除去、保管が極めて難しく、漏出が避けられず、また、中性子は、何らかの事故等が起きれば漏出して、健康被害を及ぼす危険性があるとともに、中性子によって放射化された物質によっても健康被害が生ずる危険性がある。

(公害等調整委員会作成「調停案」からの抜粋、一部文言を要約している)

研究所の推察

- ・ 自然放射能以下のレベルであっても、人工的な放射能と共存することはできない。トリチウムと中性子の発生はどんなに微量であっても許容できない。

(公開質問状、公表されている発言、研究所に対する要望、等を基に推察した内容)

公害等調整委員会が調停を打ち切った調停案を公表した理由(通常非公表)

- ・ 重水素実験により発生する放射性物質の数量自体は、健康被害の発生のおそれの点からみて、必ずしも大きなものではないが、研究所の施設周辺に居住する住民の安心・安全の確保という観点から、(中略)調停の内容を公表する必要があると判断した。

(「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、公害等調整委員会事務局、からの抜粋)



まとめ

重水素実験に対する基本的な考え方と安全に関わる考え方をまとめる。

重水素実験に対する基本的な考え方

- ・ 研究所がこれまで、公表、約束した事柄は、これを遵守する
トリチウムを燃料とした実験は、土岐キャンパスでは行わない
- ・ 公害等調整委員会の調停案を尊重する

安全に係わる考え方

- ・ 発生するトリチウム、中性子の量をできるだけ少なくする
- ・ 環境へ放出されるトリチウム、中性子の量をできるだけ少なくし、影響を与えない
- ・ 真空容器内に留まるトリチウム量は、全量が放出されても規制値を超えない量とする
- ・ 環境に影響を及ぼす可能性が考えられるアルゴン41などの放射性物質の生成は、できるだけ少なくし、万一放出されても規制値を超えない量とする
- ・ トリチウム含有水などの保管は、漏洩に関して厳重に注意を払う