

令和6年7月22日 第三回 安全確保検討タスクフォース

資料2-1
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

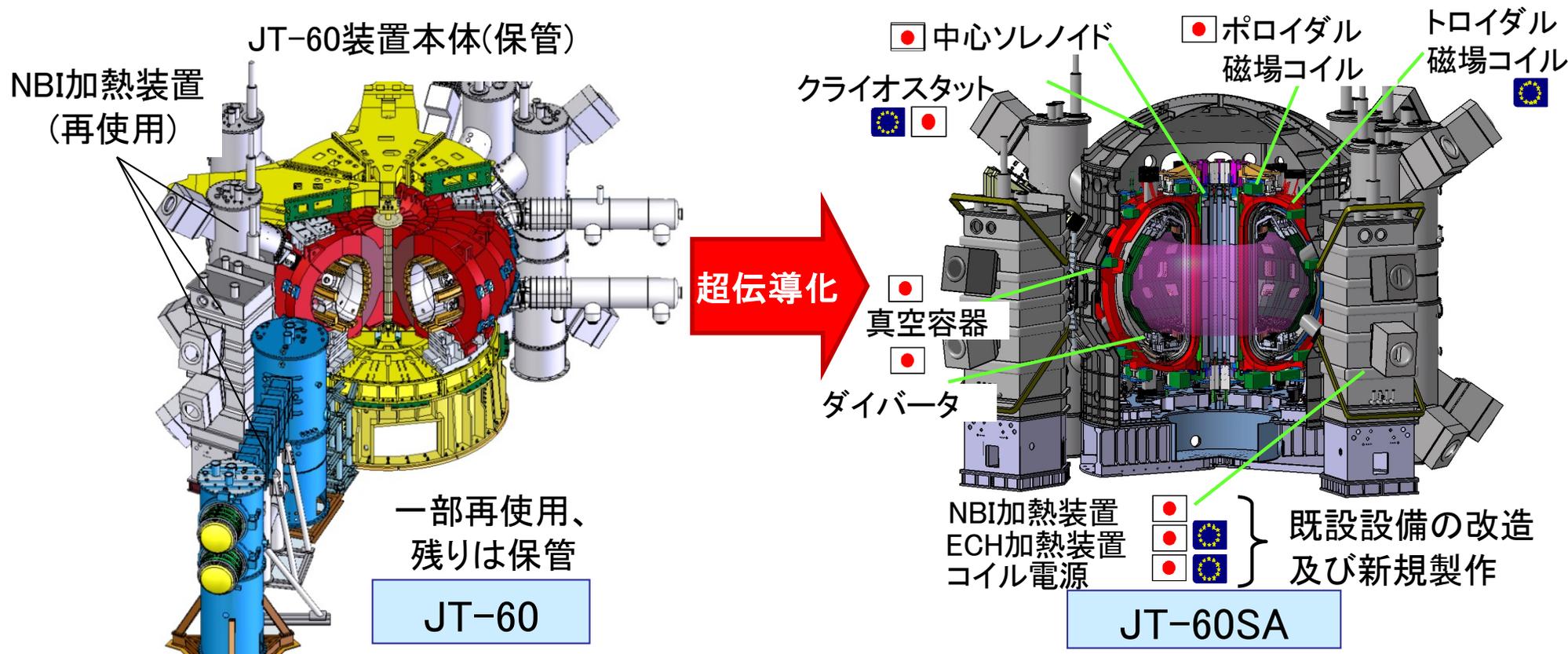
(2) 国内におけるフュージョンエネルギーに関する 規制の状況について

1) JT-60の安全確保について

令和6年7月22日

QST那珂フュージョン科学技術研究所
トカマクシステム技術開発部
JT-60安全評価Gr 小林

- | | |
|---------------------------|---|
| 1984年(昭和59年) | : 電離則届出(水素実験) |
| 1985年(昭和60年) | : JT-60ファーストプラズマの生成 |
| 1989年(平成元年) | : 障防法(RI規制法)の長官告示に「プラズマ発生装置」が追加(4月) |
| | : JT-60の障防法(RI規制法)の許可申請(重水素実験のため)(7月~11月) |
| 1989年(平成元年)~1991年(平成3年) | : JT-60改造(重水素実験のため) |
| 1991年(平成3年)~ | : 重水素実験開始 |
| 2008年(平成20年) | : JT-60実験完遂 |
| 2009年(平成21年)~2012年(平成24年) | : JT-60解体 それに関するRI規制法の許可申請(随時) |
| 2013年(平成25年)~2020年(R2年) | : JT-60SA組立 |
| 2019年(令和元年)~2020年(令和2年) | : JT-60SAのRI規制法の許可申請 |
| 2023年(令和5年) | : JT-60SAファーストプラズマの生成(He及び水素) |
| 2024年(令和6年)~ | : JT-60SA増力(重水素実験に向けた加熱装置等の整備) |



昭和63年より、JT-60重水素実験に向けた法的解釈に関する協議を科技庁と開始。
放射線発生装置にプラズマ発生装置を追加することし、科技庁告示第4号に記載 (平成元年4月17日)
RI規制法 (旧障防法) による規制となり、平成元年7月に申請し、11月に許可。
茨城県とも安全協定を締結し、新增設計画書を提出することによりJT-60の重水素実験の了解を得た。

	昭和63年度			平成元年度			平成2年度	平成3年度～
JT-60計画	水素実験			重水素実験に向けた改造工事				・水素実験 (H2年3月～) ・重水素実験 (H3年7月～)
原研 (現QST)	重水素実験に向けた所内安全審査							
科技庁 (現原子力規制庁)	原子力委員会、核融合会議等法的解釈に関する協議			科技庁告示第4号 (4/17)	障防法申請 (7月)	放射線安全技術顧問会 (8-10月)	障防法許可 (11月)	
茨城県	原子力審議会 (3月)			県環境安全調査部会 (6-10月)	安全協定締結及び新增設計画 (11月)			

JT-60の重水素運転を計画

当時、核融合装置は、軽水素運転のみであり、RI規制法(旧障防法)では、規制対象にはなっていなかった。

しかし、重水素運転では、重水素同士の核融合反応により中性子が発生し、放射線発生装置で規制されている装置近傍での線量が600ナノシーベルト/時(数量告示第2条)を超えるおそれがあることから、当時の科技庁と協議。

大学などの小規模の装置は対象外とし、JT-60のような大型核融合装置のみを対象とする方向で検討が進められ、RI規制法施行令第2条(放射線発生装置)第8号の一つとして、科学技術庁告示第4号(平成元年4月)に

「プラズマ発生装置(重水素とトリチウムとの核反応における臨界プラズマ条件を達成する能力をもつ装置であって、専ら重水素と重水素との核反応を行うものに限る。)」

が追加された。

上記告示は、

「重水素を使用した場合で、仮にトリチウムに置き換えた場合に臨界プラズマ条件に達すると想定される装置であって、人為的な重水素とトリチウムの核反応を行わない」

ということを意味する。

RI規制法 科学技術庁告示第3号(平成元年4月)

プラズマ発生装置(重水素とトリチウムとの核反応における臨界プラズマ条件を達成する能力をもつ装置であって、専ら重水素と重水素との核反応を行うものに限る。)

1) 放射性同位元素等の規制に関する法律(以下、RI規制法)による規制法対象

・放射線発生装置

プラズマ発生装置(JT-60)

(放射化物保管設備含む)

コッククロフト・ワルトン型加速装置(MeV級試験装置)

・密封されていない放射性同位元素

第一壁タイルの分析等(^3H 含む20核種)

・密封された放射性同位元素

中性子検出器の校正用線源(^{252}Cf)

2) 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(以下、炉規法)による規制法対象

・核燃料物質の使用(政令41条非該当施設:少量核燃料施設)

フィッションチェンバー(以下、FC)

(濃縮ウラン 貯蔵量(許可):6g)

重水素運転で発生する放射線及び放射性同位元素は、重水素核融合反応により、中性子線、2次γ線、 ^3H が発生する。また、重水素核融合反応で発生した中性子線より空気が放射化され ^{41}Ar 、 ^{13}N が発生する。

RI規制法においては、これら放射線(中性子線、2次γ線)の発生量より管理区域境界や事業所境界における線量を評価し、放射性同位元素(^3H 、 ^{41}Ar 、 ^{13}N)の発生量より、排気・排水濃度を評価する。密封RI(^{252}Cf)や非密封RI(^3H 等)に関しても線量、排気・排水濃度を評価する。

茨城県原子力安全協定においては、上記評価に加え年間の排気量・排水量(放出管理目標値)、廃棄物量・保管能力及び年間の周辺公衆線量評価や施設の安全対策及びその管理が求められる。

RI規制法

(1)線量

- ・管理区域内の人が常時立入る場所 (1mSv/週)
- ・管理区域境界(1.3mSv/3月)
- ・事業所境界(250 μSv/3月)
→を満たすため遮蔽等により、放射線による人体の被ばくを防護する。

(2)誘導放射能(排気・排水等)

- ・排気中放射能濃度 (^{41}Ar 、 ^{13}N 、 ^3H)
- ・空气中放射能濃度 (^{41}Ar 、 ^{13}N 、 ^3H)
- ・排水中放射能濃度 (^{60}Co 等のγ核種、 ^3H)

茨城県原子力安全協定

(RI規制法以外に以下の規制)

(1)線量

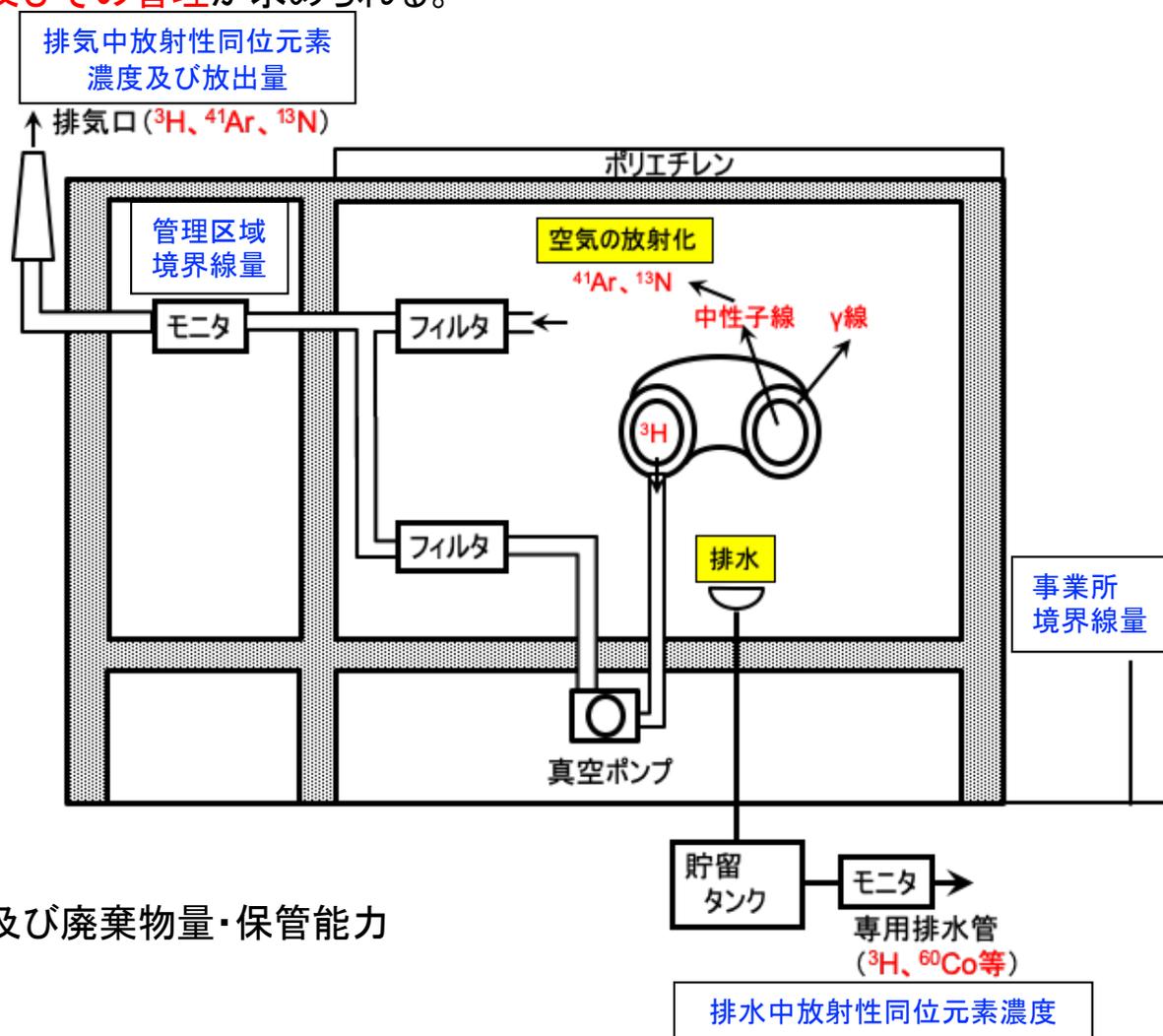
- ・周辺公衆線量 (1mSv/年間)

(2)誘導放射能

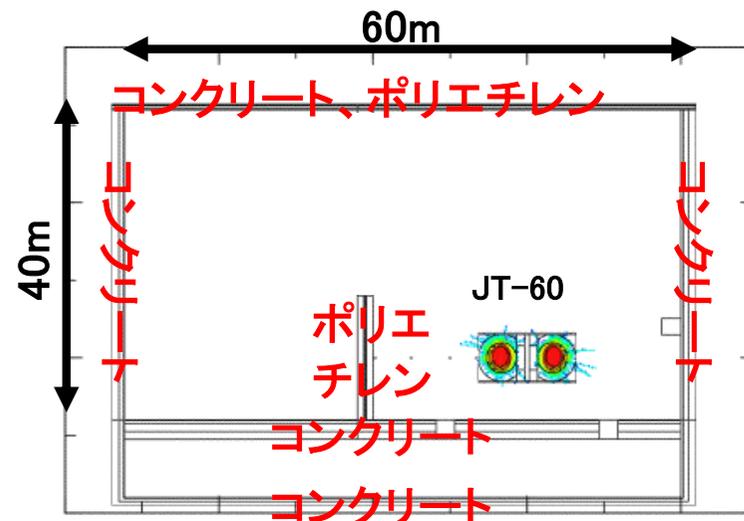
- ・年間の排気量、排水量(放出管理目標値)及び廃棄物量・保管能力

(3)安全対策

- ・自然災害に対する対策等



重水素運転で発生する中性子線を遮蔽するために、装置が設置されている実験棟の壁は、1.7～2mの厚さのコンクリートとしており、天井は、ポリエチレン板を設置し、ダクトの貫通部は、屈曲構造としている。



実験棟の壁
(コンクリート(厚さ:1.7～2m))



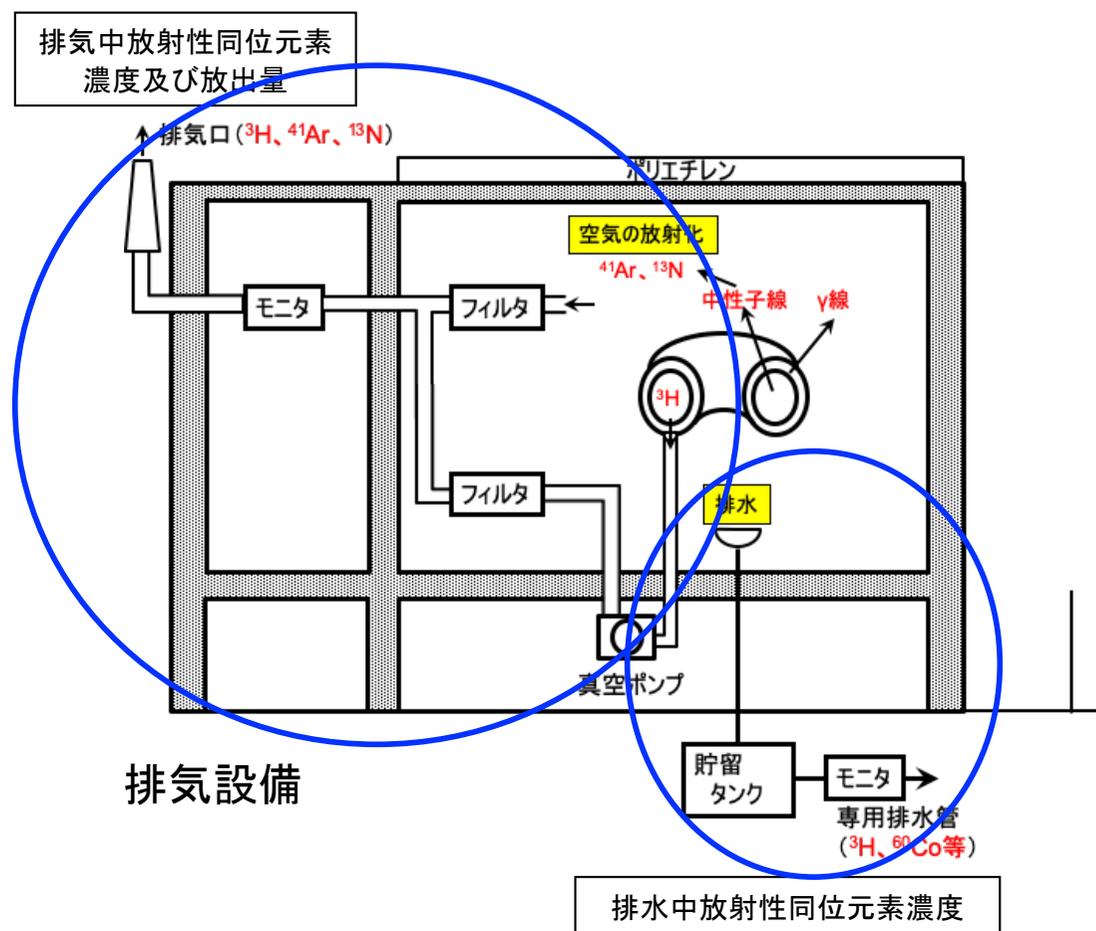
実験棟屋上の遮蔽補強工事
(白い板はポリエチレン板)



高周波加熱用導波管ダクトの
屈曲構造化工事

排気設備を設け、重水素核融合反応により生成したトリチウムや空気の放射化により生成される ^{41}Ar 及び ^{13}N に対し、濃度を監視しながら排気する。

排水設備を設け、放射化した材料等(トリチウム、 ^{60}Co 等)の分析等で発生する排水を貯留タンクに貯め濃度を測定した後排水する。



RI規制法では、通常運転時の線量評価等が主な申請上の規制内容であり、**安全対策や事故評価は求められていない。**

建屋に対しては、建築基準法に沿っていれば、それ以上の要求はなく、**原子炉のようなカテゴリごとの耐震基準も要求もない。**

但し、プラズマ発生装置が設置されている建屋は、発電用原子炉施設基準の耐震Bクラス(水平震度の1.5倍)とし、装置は、さらに20%以上の水平震度(1.8倍)に耐えられるよう設計されている。

これら基準は、建屋及び装置の保護という観点から自主的に設けている。

※:プラズマ発生装置(JT-60)は、RI規制法の下で管理されるが、茨城県の原子力施設においては、茨城県原子力安全協定の下、新增設等計画書を提出する必要があり、その記載内容には、RI規制法で要求されている評価に加え、年間の周辺公衆線量(事業所境界)、年間の排気量・排水量(放出管理目標値の設定)及び施設の安全対策(自然災害含む)及び管理等が要求されている。

JT-60の解体は、H24年10月にほぼ終了し、解体品は、RI規制法に基づき放射化物の確認を行った上、放射化物保管設備に保管。

JT-60SAの組立を平成25年から開始し、令和2年3月に完了。

この間、文科省及び原子力規制庁とは、JT-60の解体、放射化物の取扱い、JT-60の休止等に関する変更申請を随時協議しながら進めた。

H29年度よりプラズマ発生装置の運転再開に関わる変更申請の相談を開始し、コロナ禍で審議が休止された時期もあったため、4年弱の期間を経てR2年10月26日に運転再開の許可、R2年12/24に茨城県等による了解を得た。

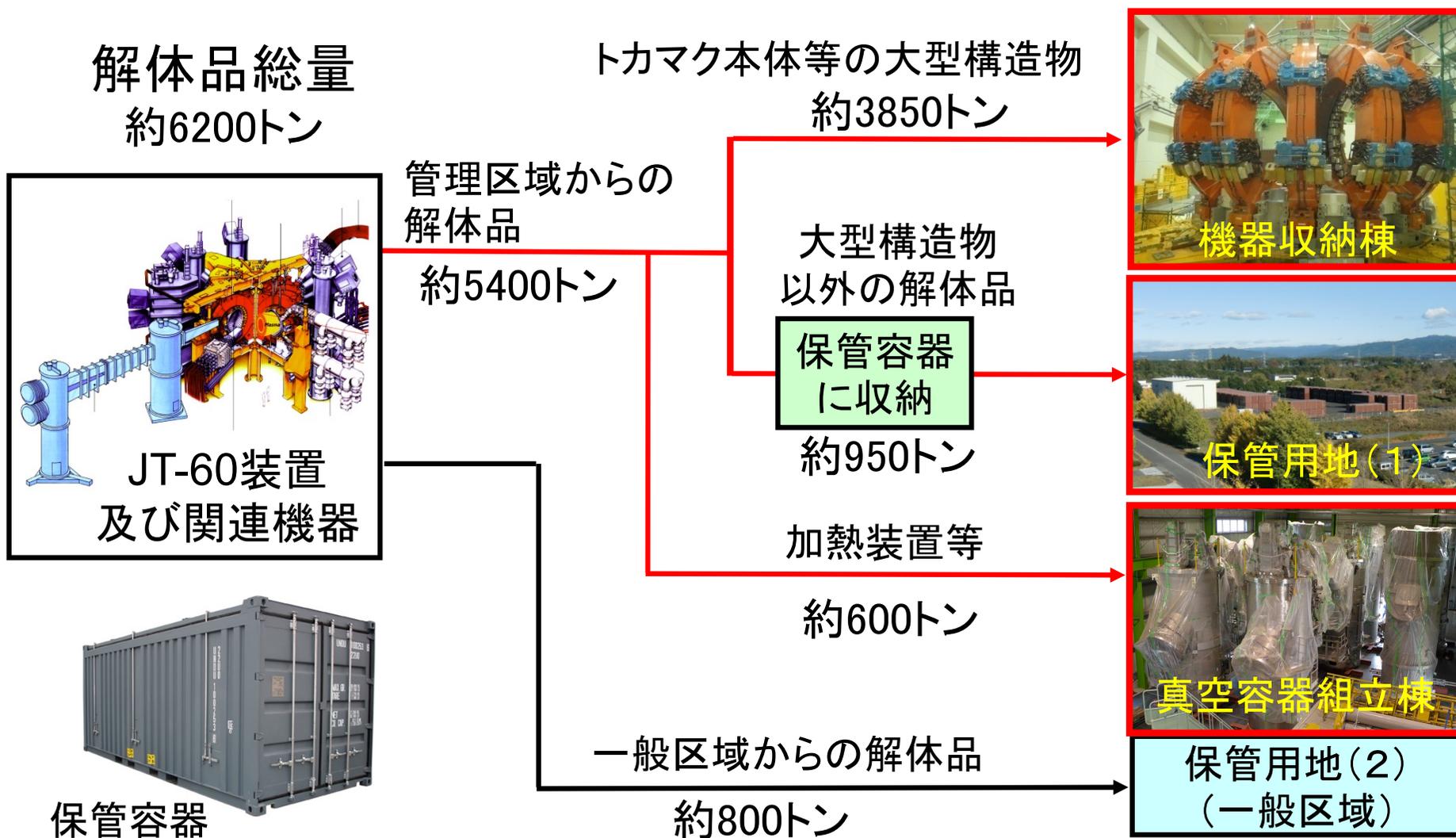
令和5年10月にJT-60SAのファーストプラズマ達成(He及び水素運転)

現在、JT-60SA運転再開(重水素運転)に向けて増力作業中。

令和7年度後半以降にJT-60SA運転予定。

	平成31年度/令和元年度				令和2年度				令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度
	第一四半期	第二四半期	第三四半期	第四四半期	第一四半期	第二四半期	第三四半期	第四四半期						
JT-60SA組立	→													
JT-60SA統合試験 運転&運転							統合試験運転				水素及びHe運転 (ファーストプラズマ(10月))	増力作業		JT-60SA運転 予定(水素・ 重水素運転)
原子力規制庁	JT-60SA運転再開に 向けのご相談				申請 (12月)	面談(数回)	補正申請 (8月)	許可 (10月)						
茨城県	JT-60SA運転再開に 向け申請のための 事前説明(数回)				了解 (申請前: 12月)			茨城県原子力安全対策委員会 により審議され了解(12月)						

- JT-60の管理区域での解体は、H24年10月にほぼ終了。管理区域からの解体品の総重量は、約5400トン。
- 管理区域からの解体品は、放射線障害防止法改正(H24年4月省令発効)(現RI規制法)に基づき放射化物の確認を行った上、放射化物保管設備に保管。



プラズマ発生装置の運転再開において申請書本文中の性能の変更箇所は、最大プラズマ電流、NBI加熱装置パワー及び最大中性子発生量(個/時間)である。

RI規制法における管理区域境界及び事業所境界における実効線量限度について、モニタリングポスト等で線量を測定するとともに、申請書に記載されている最大中性子発生量(週間、3月間、年間)を超えないようインターロックを設けることにより管理し、核融合反応で生成されるトリチウムや放射化物の発生量も制限することで安全を担保している。

放射線発生装置	
種類	プラズマ発生装置 (重水素とトリチウムとの核反応における臨界プラズマ条件を達成する能力をもつ装置であって、専ら重水素と重水素との核反応を行うものに限る)
台数	1台
性能	最大プラズマ電流:5.5 MA NBI加熱装置: ①正イオン源 加速電圧 85 kV、ビーム引出し電流 448 A(合計)、最大トータス入力 13.5 MW ②負イオン源 加速電圧 500 kV、ビーム引出し電流 44 A(合計)、最大トータス入力 10 MW 最大加熱入力 23.5 MW 最大中性子発生量 : 3.1×10^{18} 個/週間(最大DD核融合熱出力 : 3.6MJ)
使用の目的	核融合炉開発のためのプラズマ制御技術の開発研究
使用の方法	重水素ガスをNBI加熱装置により加熱して高温プラズマを発生させる。 最大DD核融合熱出力 : 週間 3.6 MJ、3月間 24.6 MJ、年間 37.4 MJ 最大中性子発生量 : 週間 3.1×10^{18} 個、3月間 2.1×10^{19} 個、年間 3.2×10^{19} 個

RI規制法及び茨城県原子力安全協定における対応

- ・プラズマ発生装置は、RI規制法の放射線発生装置に該当し、運転にて発生する中性子線、二次γ線については、コンクリート等により遮蔽し、核融合反応で生成されるトリチウムや空気の放射化ガス(^{41}Ar 及び ^{13}N)については、排気設備を設けることにより監視する。これらについては、申請書に記載されている最大中性子発生量(週間、3月間、年間)を超えないようインターロックを設けることにより管理することで安全を担保している。
- ・RI規制法では建屋の耐震基準などは要求されていないが、JT-60では、装置の保護の観点から自主的に建屋耐震Bクラスとしている。
- ・茨城県の原子力施設においては、茨城県原子力安全協定に基づき、新增設等計画書を提出する必要があり、その記載項目には、RI規制法では要求されていない安全対策、排気・排水の年間放出量及び固体廃棄物の発生量・保管能力等がある。
- ・プラズマ発生装置(JT-60)の解体品については、JT-60SAで再使用する可能性もあり、放射化物として放射化物保管設備を設け保管・管理している。

RI規制法における核融合装置の潜在的リスクについて

重水素運転で発生する放射線及び放射性同位元素は、プラズマ発生装置(JT-60及びJT-60SA)の運転により発生するものであり、何らかの事象で停止した場合、これら放射線及び放射性同位元素は発生しないので、それら(中性子線、2次 γ 線、空気の放射化(^{41}Ar 、 ^{13}N))に関する潜在的リスクはないと考えられる。

また、核融合反応で生成するトリチウム量も少なく、1年間の運転で生成したトリチウムが全量地上放出されても事業所境界における法令値に比べ十分低く潜在的リスクは低いと考えられる。

将来の核融合装置において、トリチウムを燃料として使用する場合は、トリチウムの安全取扱いに関する対応が必要であるとともに、建屋の耐震等異常時の措置に関する対応も評価する必要があると考えられる。