

茨城県原子力安全対策委員会

改修したJT-60施設（JT-60SA関係）の 安全対策について

令和2年12月15日

令和2年12月24日修正

国立研究開発法人

量子科学技術研究開発機構

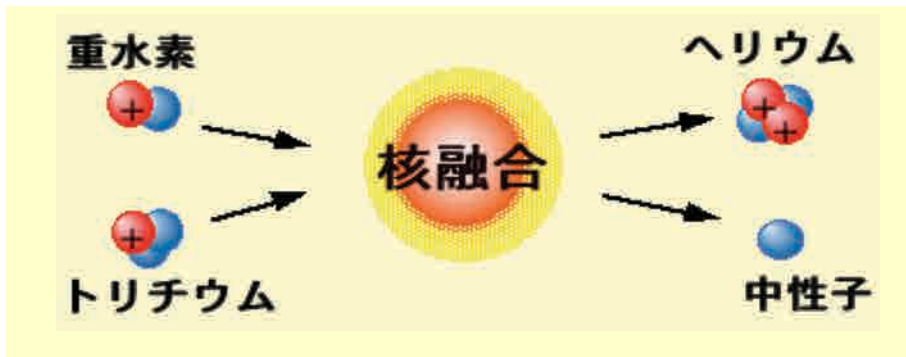
核融合エネルギー部門

那珂核融合研究所

1. 那珂核融合研究所におけるプラズマ発生装置について	
1-1 核融合炉の特徴	..... 3
1-2 核融合エネルギー実用化への道	..... 4
1-3 プラズマ発生装置(JT-60)の成果	..... 5
1-4 JT-60SA計画の目標	..... 6
1-5 プラズマ発生装置JT-60とJT-60SAの主要パラメータ	..... 7
1-6 JT-60SA計画のスケジュール	..... 8
2. JT-60施設の安全対策及び管理	
2-1 JT-60施設について	..... 9
2-2 放射性同位元素等規制法等に基づく安全対策	..... 10
2-3 地震、爆発及び停電対策	..... 11
2-4 火災対策-1	..... 12
火災対策-2	..... 13
2-5 誤操作防止、漏水対策及び自然現象	..... 14
2-6 放射線管理	..... 15
2-7 異常時の連絡体制、欧州の作業者の教育、真空容器内作業	..... 16
3. 放射性同位元素等規制法等に対する安全評価	
3-1 放射性同位元素等規制法等に基づく評価項目	..... 17
3-2 周辺公衆線量等の評価方法	..... 18
3-3 計算に用いたプラズマ発生装置の中性子発生量	..... 19
3-4 周辺公衆線量等の評価結果	..... 20
3-5 気体及び液体の放射性同位元素放出量-1	..... 21
気体及び液体の放射性同位元素放出量-2	..... 22
3-6 放射性廃棄物の管理(液体及び固体発生量)-1	..... 23
放射性廃棄物の管理(液体及び固体発生量)-2	..... 24
3-7 核燃料物質及び放射性同位元素の貯蔵量-1	..... 25
核燃料物質及び放射性同位元素の貯蔵量-2	..... 26
4. まとめ	..... 27
参考資料: 第一壁材	..... 28

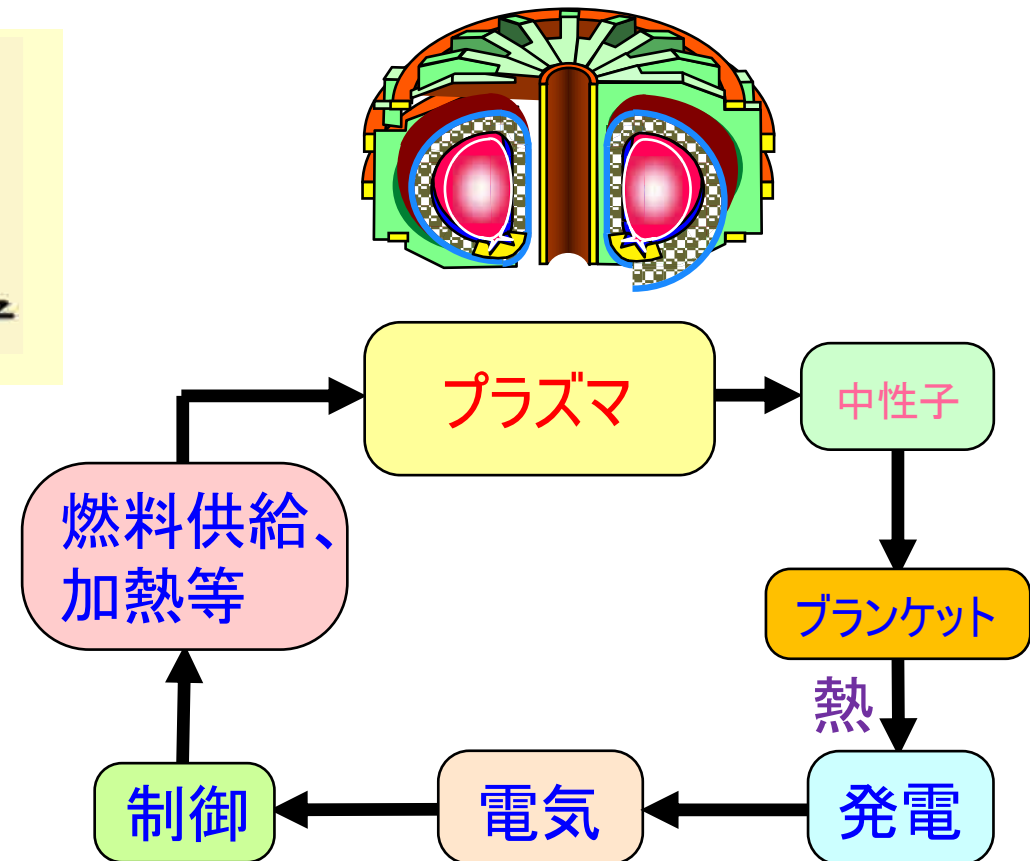
核融合炉の安全上の特徴：すぐ停止

単独反応の繰返し



軽い原子核同士が融合してエネルギーを発生

- ・前の反応は次の反応と関係しない
- ・その時に必要な量しか炉内にはない
- ・外から絶えず燃料を入れる
それを止めれば反応は止まる



- 高圧カプラズマを綿密な制御で維持して反応を維持。
→スイッチオフで簡単に停止

試験装置

実験炉

現在

原型炉

実用化に見通し

核融合燃焼を起こし持続させる研究開発

核融合原型炉

発電実証
経済性が見通し



JT-60計画

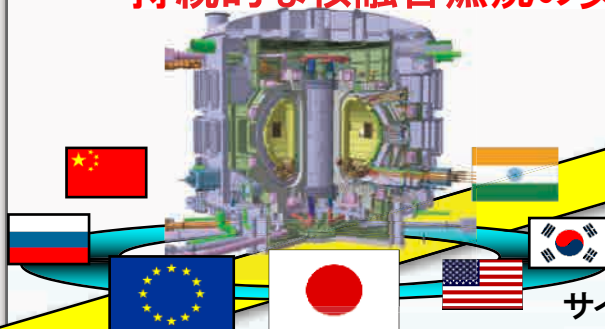
超高温プラズマの
実現 (1990年代)

世界最高のエネルギー増倍率
1.25(実燃料換算値)
世界最高イオン温度
5.2億度



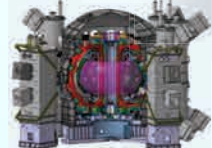
【那珂核融合研究所】

国際熱核融合実験炉ITER
持続的な核融合燃焼の実証 50万kW



サイト: フランス
サン・ポール・レ・デュランス市
(カダラッシュ)

ITERを支援する
JT-60SA計画
【那珂核融合研究所】



ITERを利用する

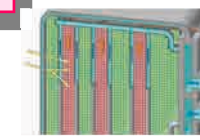
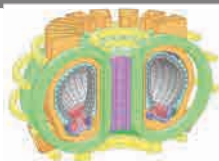
ITERでできない
高圧カプラズマの
長時間生成

核融合燃焼を活用する研究開発

ブランケット開発

原型炉設計

【六ヶ所核融合研究所】



構成材料の開発



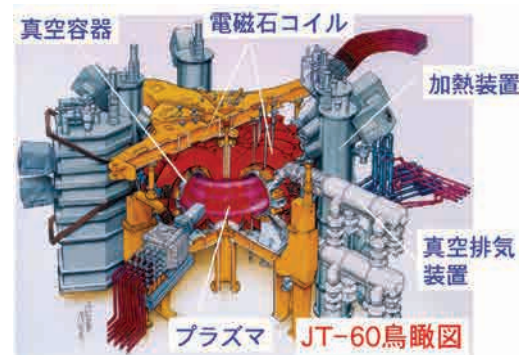
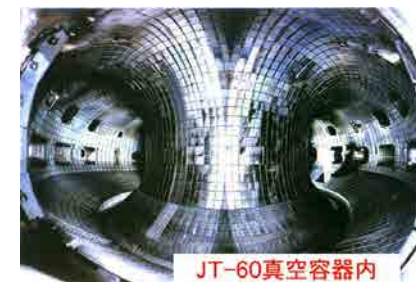
核融合中性子照射
試験施設の開発

日欧共同事業
「核融合エネルギー研究分野における幅広いアプローチ(BA)活動」も活用して実施

修正箇所
(次ページ以降も同様)

原子力委員会が定めた第2段階核融合研究開発基本計画の中核装置

- 1979年 : 建設開始
- 1985年 : 運転開始
- 1992年～ : 第3段階核融合研究開発基本計画に従い実験炉以外のトカマク装置として、実験炉では十分解明できない炉心プラズマ技術分野の研究開発を実施。
- 1996年 : **臨界プラズマ条件達成**
- 1997年 : **世界最高エネルギー増倍率**
- 2008年8月 : 実験完遂



実験炉を補完し、定常高ベータプラズマ実験に向けた先進的炉心プラズマ制御技術の研究開発を行うサテライトトカマク計画 (**JT-60SA計画**) を日欧の国際協力のもとで進めている。

放射線障害防止法※申請と施設検査

- 1989年7月 : 障防法※使用許可申請 (プラズマ発生装置)
- 1991年7月 : JT-60施設整備完了、重水素実験開始
- 1993年8月 : JT-60施設検査を完了 (合格)

1991年以降、**5年毎の定期検査で遮蔽による安全性を確認**。必要に応じて随時変更申請実施。

※: 障防法 (現在は、放射性同位元素等規制法)

1989年	1990年	1991年	1992年	1993年
許可申請			施設検査	合格証
		重水素実験開始		5.6 (世界第1位)
	JT-60改造 ・重水素化対策	1.3	2.8	DD中性子発生率 (10 ¹⁶ 個/秒)

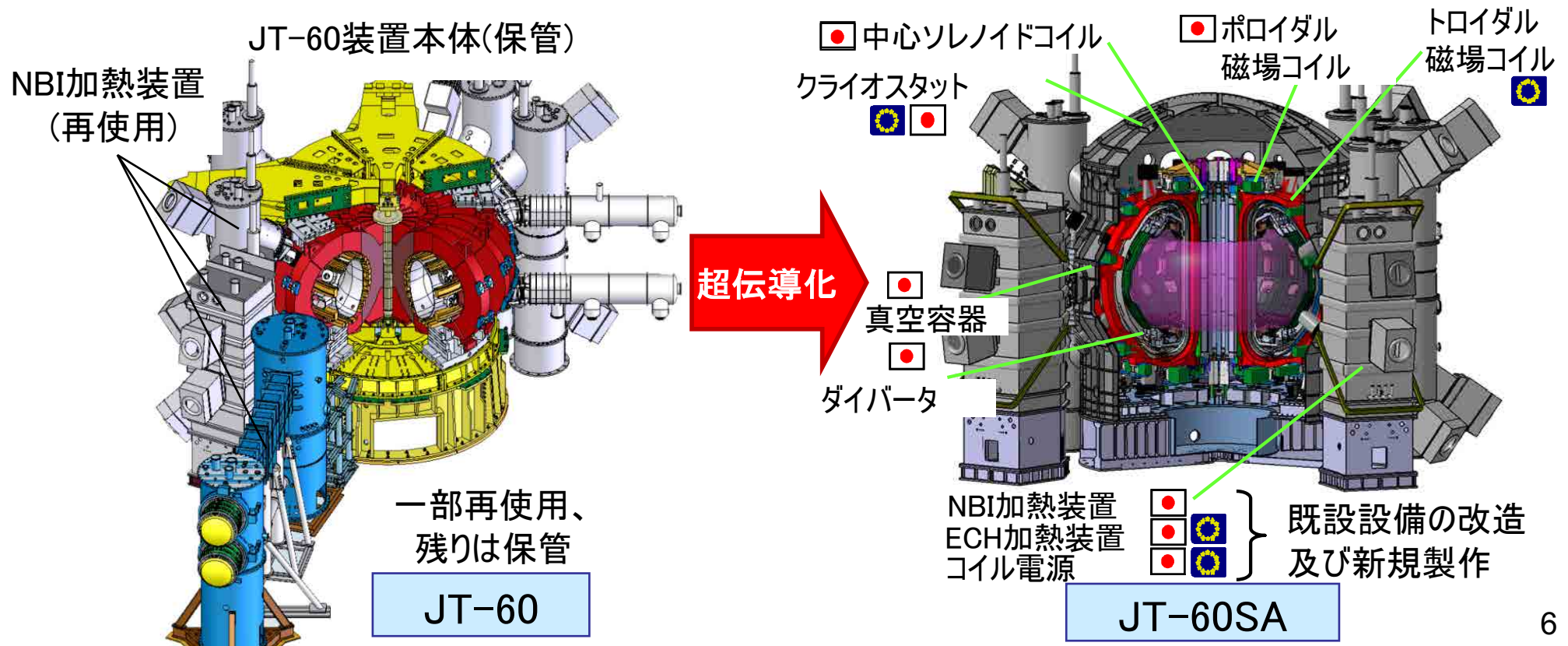
日欧協力で実施する幅広いアプローチ(BA)活動のサテライト・トカマク計画(JT-60SA)として、**JT-60を超伝導トカマク装置に改修**(以降JT-60SAと呼ぶ。)

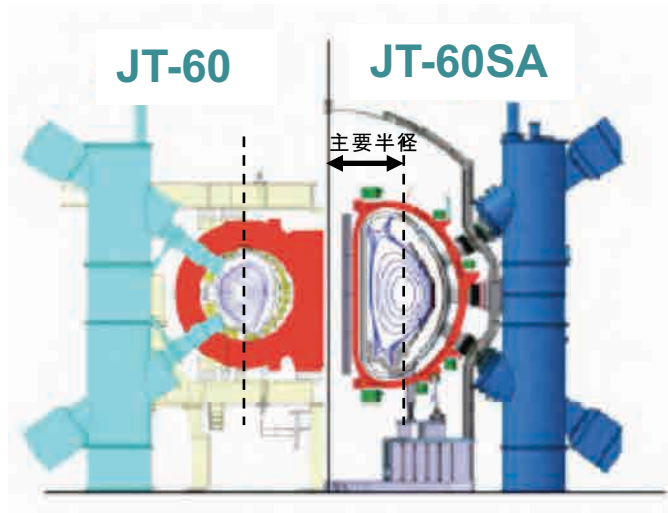
目標

- 核融合出力50万kWを出すITERの目標達成のための支援研究
- 核融合原型炉のためにITERでできない高圧カプラズマの長時間生成

特徴

- JT-60SA本体、加熱装置、コイル電源設備等を日欧で分担して製作
- 既存の建屋やユーティリティー等(電源の一部、冷却系)を**再利用**





主要パラメーター	JT-60	JT-60SA
最大閉じ込め磁場	4 T	2.25 T
最大プラズマ電流	7 MA	5.5 MA
プラズマ主要半径	3.4 m	~3 m
プラズマ小半径	1.1 m × 1.5 m	~1.2 m × ~2.3 m
最大加熱入力	54 MW	37 MW※
最大加熱入力の パルス幅	10秒	100秒

※研究の進展により、最大41 MWまで増加の可能性有り。

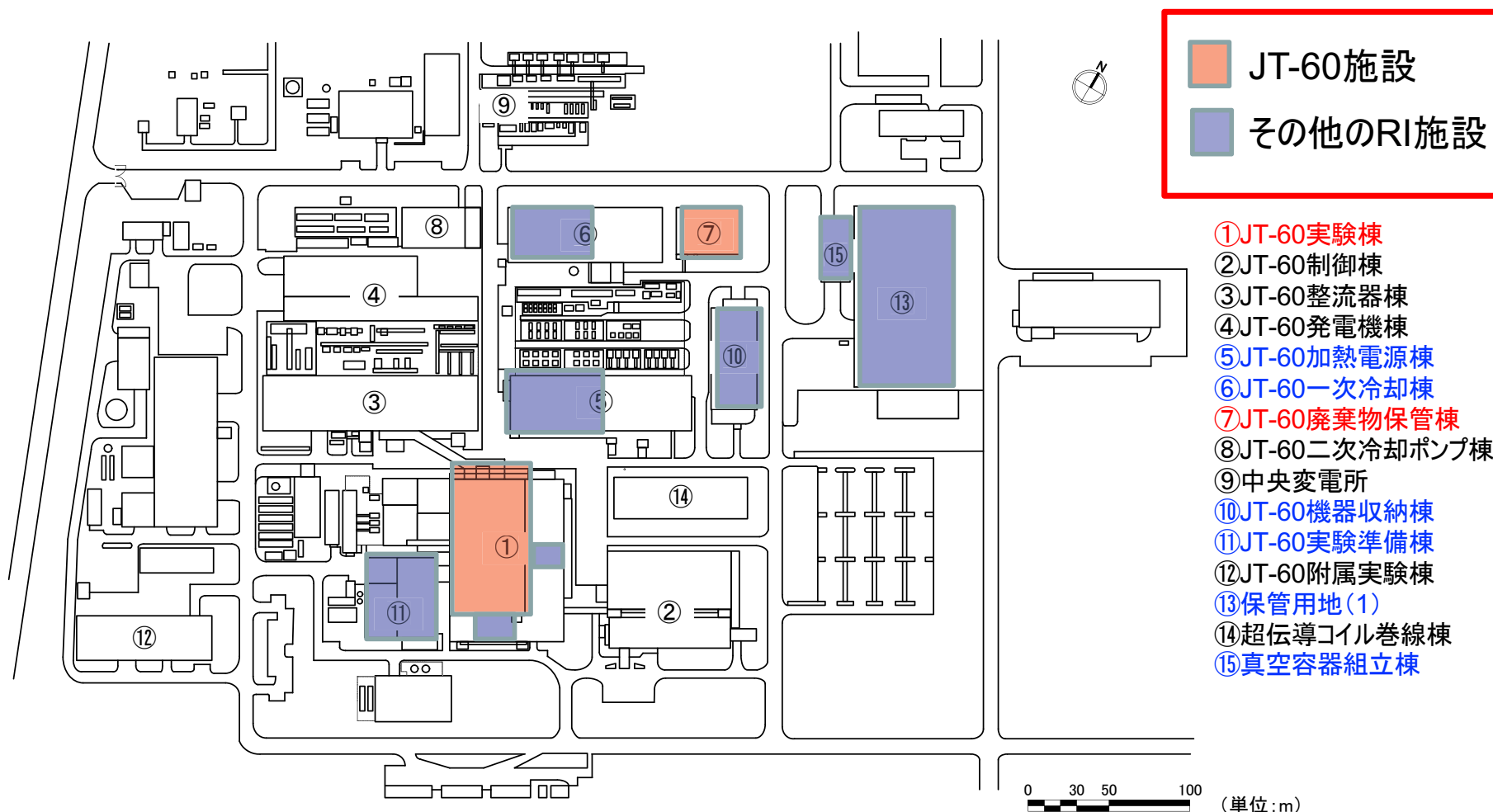
JT-60SAでは、プラズマの生成時間を従来の10秒から100秒まで伸長して、プラズマ実験を実施する。実験は、JT-60と同程度のプラズマを実現するための研究開発を実施する。

H21年からプラズマ発生装置(JT-60)本体の解体を開始し、H24年に無事故・無災害の下、終了。H25年から組立を開始し、R2年3月完了。R2年4月より統合試験を開始し、**軽水素によるファーストプラズマ(FP)を着火後、約半年間統合試験の一環として軽水素(核融合中性子発生なし)による運転予定。**

その後、約2年間の改造を経て、**R5年に放射性同位元素等規制法でのプラズマ発生装置として、重水素(核融合中性子発生あり)による運転再開予定。**

年	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/R1	R2	R3	R4	R5			
解体・組立			準備・環境整備		解体		組立													
統合試験								試験							FP着火	統合試験 (軽水素運転、核融合中性子発生なし)				
加熱装置等の整備																		加熱装置等整備		
重水素運転 (運転再開)																		プラズマ発生装置として運転再開 (重水素運転、核融合中性子発生あり)		

JT-60施設とは、**JT-60実験棟及びJT-60廃棄物保管棟**より構成される。今回の主な改造は、JT-60実験棟内に設置される**JT-60装置本体**である。JT-60施設は、「放射性同位元素等規制法」、「原子炉等規制法※」、「建築基準法」、「消防法」、「労働安全衛生法」及び関係規則等に準拠している。



※: 中性子測定用検出器(フィッションチェンバー)としてウランを使用しており、少量核燃料施設等である。

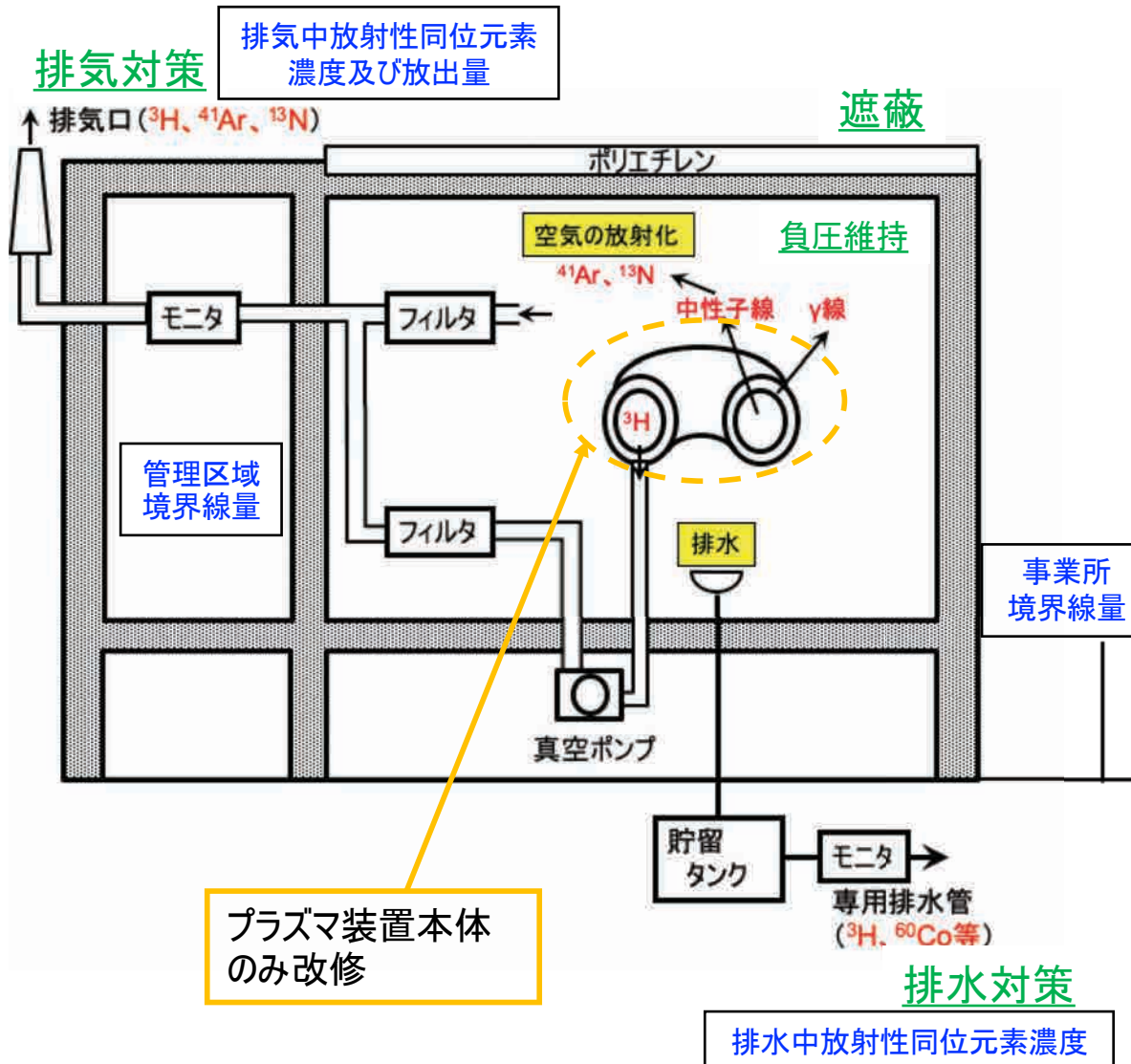
重水素運転で発生する放射線及び放射性同位元素

- (1) 重水素核融合反応
 $D + D \rightarrow {}^3\text{He} + n$ (2.45 MeV)
 $D + D \rightarrow {}^3\text{H} + p$ (3.02 MeV)
- (2) 重水素、トリチウム核融合反応
 $D + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + n$ (14.1 MeV)
- (3) 空気の放射化
 ${}^{40}\text{Ar}(n, \gamma) {}^{41}\text{Ar}$
 ${}^{14}\text{N}(n, 2n) {}^{13}\text{N}$

安全対策

遮蔽、排気及び排水について、放射性同位元素等規制法では、安全上の要求事項に変更がないため、運転再開に当たっては、以下の通り**従来と同様な対策を実施**する。

- ・遮蔽対策(中性子線及びγ線)
核融合反応により発生する中性子及び2次γ線は、**建家のコンクリート壁(～2m)や天井のポリエチレンにより遮蔽**する。
- ・排気対策(${}^3\text{H}$ 、 ${}^{41}\text{Ar}$ 及び ${}^{13}\text{N}$)
核融合反応により生成する ${}^3\text{H}$ 及び中性子により生成される空気の放射化ガスである ${}^{41}\text{Ar}$ 及び ${}^{13}\text{N}$ の排気は、室内の換気と合わせ、**一系統にまとめ警報値を設定したモニターで監視しながら、法令値及び放出管理目標値以下で排気口より排出**する。警報が鳴った場合は、実験運転の停止や排気設備を停止する等の措置をする。また、建屋内は、**常時負圧維持**されている。
- ・排水対策(${}^3\text{H}$ 、その他核種)
 ${}^3\text{H}$ 等の使用に伴い発生する排水については、貯留タンクに貯留し、**法令値及び放出管理目標値以下であることを確認後、排水**する。



1) 地震対策

放射性同位元素等規制法において、使用施設等の耐震基準は、建築基準法で求められている一般産業施設と同程度であるが、JT-60施設は以下に示す耐震設計の下、建家等を建設している。

JT-60実験棟：建築基準法に基づく地震力の1.5倍の地震力に対する耐震性能を有する（発電用原子炉施設基準の耐震Bクラス相当）施設である。

本建屋は、東日本大震災後、国の基準に基づく耐震診断を実施し、耐震基準を満たしていることを確認しており、プラズマ発生装置（JT-60SA）は、上記耐震設計に基づき建設されたJT-60実験棟を再利用する。

プラズマ装置本体：建築基準法に基づき与えられている設計震度の1.8倍から定まる水平地震力以上。

地震力が規定値（三軸方向40ガル）を超えると自動停止連動装置が作動し、自動的に安全停止する保護インターロック機構を備えている。



震度計

2) 爆発対策 : 可燃性ガスを使用する室には、換気・排気設備を設け、可燃性ガスが滞留しないよう換気・排気するとともに水素感知器を設置して、速やかにガスの漏洩を検知する。ガスが検知された場合は、実験運転が自動的に安全に停止するインターロック機構を備えている。



水素検知器



可燃性ガスボンベ

3) 停電対策 : 運転中に商用電源が停止した場合、プラズマ発生装置は直ちに停止し、運転に伴って発生する放射線の発生も止まるため、周辺環境への影響を及ぼす恐れはない。また、停電時には非常用電源設備（非常用発電機）が自動で起動し、モニタ系や排気系等安全確保に必要な電力が供給される設計になっている。

4) 火災対策

本施設の火災対策は、消防法、放射性同位元素等の規制に関する法律及び建築基準法に定められた規定に基づいて、①発生防止、②検知及び消火及び③影響低減について以下のように行っている。

①発生防止

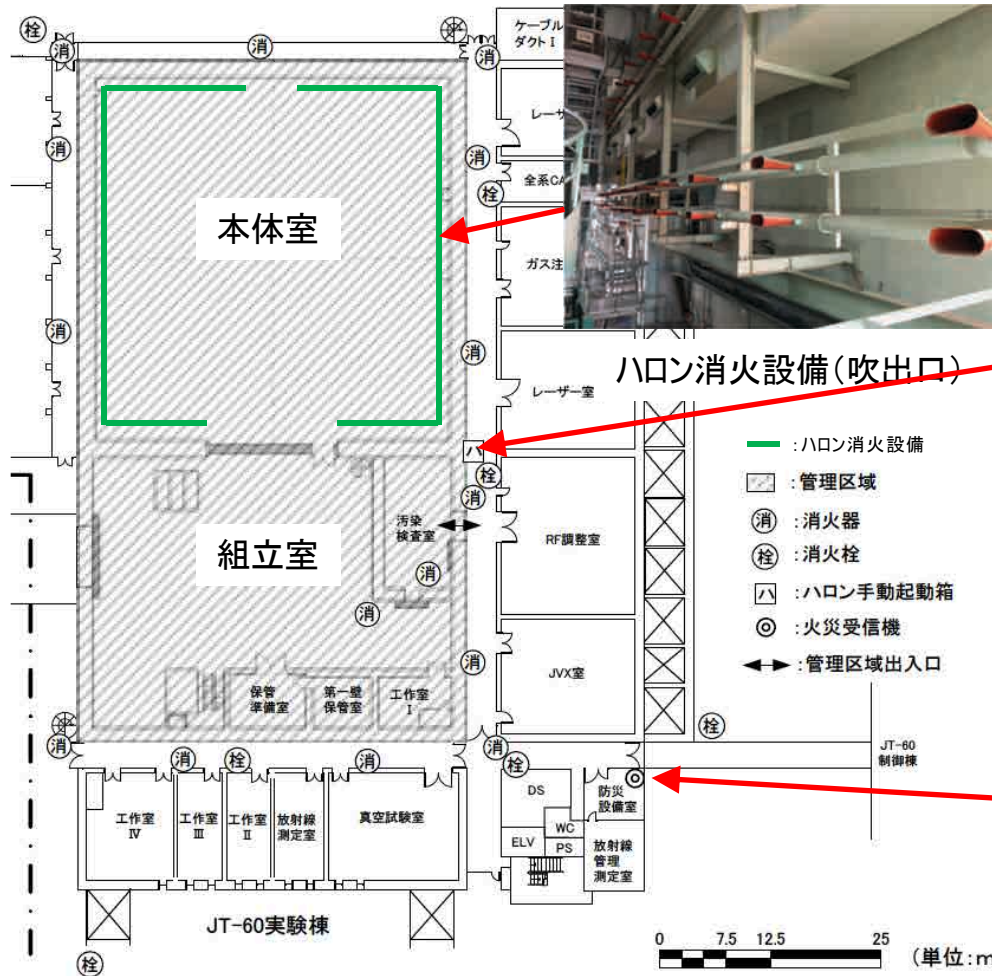
建家は、鉄筋コンクリートを中心とした耐火構造であり、電線・ケーブル等は難燃性ケーブルを使用し、火災防止対策を行っている。

②検知及び消火

建家の各所には火災報知器が設置され、常時人がいる警備詰所に信号が送られる。JT-60実験棟の本体室・組立室には、ハロン消火設備が設置され、他の建家内には、消火器及び消火栓が設置されており、適切な消火が可能である。

③影響低減

防火扉を設置し、延焼を防止するとともに、本体室、組立室は火災発生に伴い排気設備を停止し、隔離することで、放射性物質の建家外への漏洩を防止する。



ハロン手動起動箱



消火栓



火災受信機



消火器

5) 誤操作防止対策

各運転操作盤及び制御設備には運転状態を示す表示ランプ、警報等が設けられているとともに、プラズマ発生装置の主要な回路には、誤操作防止のための**インターロック**等を設置している。



ドアインターロック



表示灯(屋内外:22箇所)



運転表示盤(19箇所)

6) 漏水防止対策

管理区域内での手洗い水等が漏洩したときに床に浸透しないよう**エポキシ樹脂等で塗装**するとともに、万一の漏水に備え堰や集水溝を設け、すべての放射性液体廃棄物は、サンプタンクに集水後、廃水貯槽へ送水して一旦貯留する。廃水貯槽には、**液面計を設ける**とともに、周辺には**漏水検出器及び堰を設置**し、廃水貯槽の設置してある建家外部へ廃液が漏水しないように設計している。



廃水貯槽及び堰

7) 自然現象

高潮及び津波について、本施設は、海岸から6.5km以上の距離、海拔30m以上の位置に設置されており、**高潮による被害を受ける恐れはない**。また、茨城県沿岸津波対策検討委員会が平成24年に策定した最大クラスの津波(L2クラスの津波)を想定しても浸水の恐れはない。台風・積雪について、本施設は、建築基準法施行令に定める那珂市の**基準風速(30m/s)及び垂直積雪量(30cm)に耐える設計**となっている。



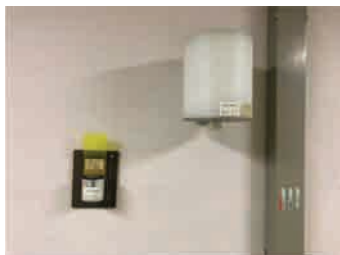
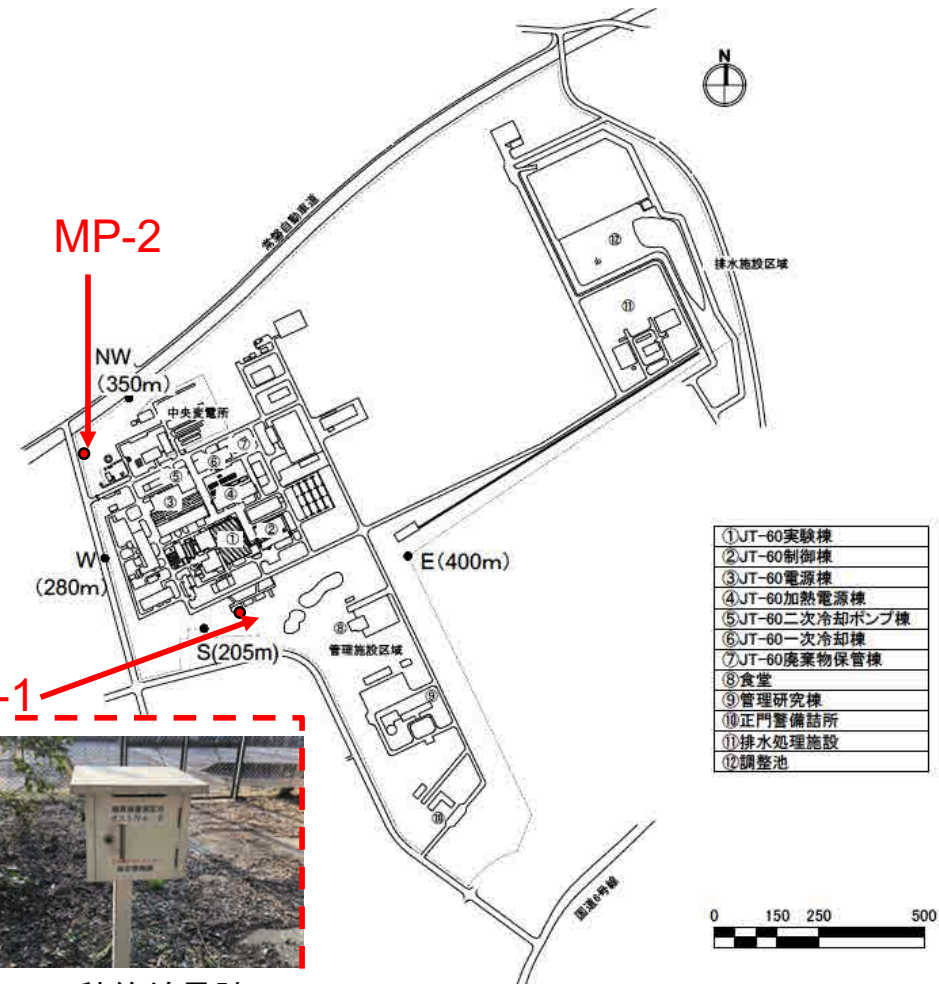
茨城県津波浸水想定図(青:浸水区域)
(茨城沿岸津波対策検討委員会資料参照)¹⁴

8)放射線管理

エリアモニタ、排気モニタ、環境モニタ、各種サーベイメータを設置することで、環境放射線の管理、個人線量の管理、作業環境の管理及び放出放射性同位元素の管理等を実施。

管理区域境界：積算線量計を設置し、管理区域周辺監視。

事業所境界：南北2地点のモニタリングポスト(MP-1、MP-2)を設置し監視。
 ^3He 比例計数管、アルゴン加圧式電離箱を設置(連続監視)。
 積算線量計も設置(積算値による管理)。



管理区域境界積算線量計



^3He 比例計数管及びアルゴン加圧式電離箱



積算線量計

事業所境界では、中性子線及び γ 線の線量について、 ^3He 比例計数管及びアルゴン加圧式電離箱により**警報値を設定し連続監視するとともに、積算線量計により積算値でも管理。**

9) 異常時の連絡体制

茨城県原子力安全協定に基づき、また法令に規定されている基準に従って、異常時に速やかに事故対策本部を組織し、自治体等に連絡する体制となっている。伝達については、FAXで送信し、送信したことを電話で確認するなど確実な伝達方法をとっている。

10) 作業者への教育

日欧共同で進めているプロジェクトであり、欧州作業者等への安全上の教育(非常時の措置等)は、英語のビデオを使用し実施している。また、欧州作業者は、アドバイザーのような形で管理区域に入ることはあるが、作業は通常行わない。

日本人の作業者等への教育は、従事する作業に応じた安全のための必要な知識等の教育(例えば、放射線作業従事者の教育等)を実施している。

11) 真空容器内作業

実験運転-1の期間中は、大幅な真空容器内機器の交換作業は想定していないが、第一壁材※1等が損耗した場合には、その部分のみ交換することを考えている。その場合、JT-60本体真空容器内作業要領に従い、真空容器内の放射線場の状況に応じた装備で安全に作業を進める。

※1 第一壁材、参考資料参照(P28)

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。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。

・放射性同位元素等規制法、茨城県原子力安全協定及び内規等に基づく評価項目

(1)線量

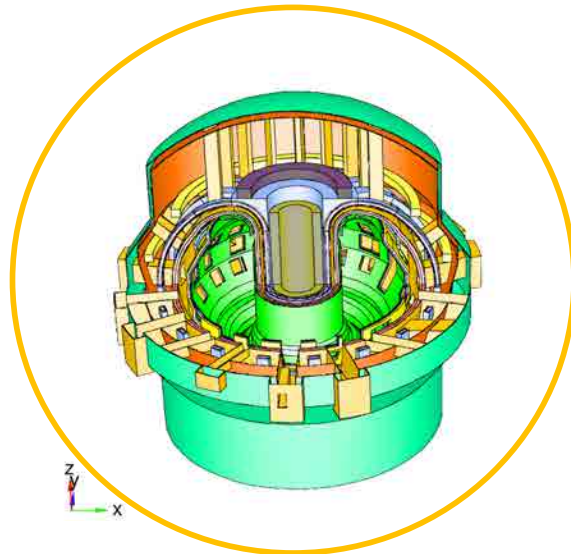
- ・作業者の被ばく線量※
(1mSv/週)
- ・管理区域境界
(1.3mSv/3月)
- ・事業所境界
(250 μ Sv/3月)
(1000 μ Sv/年)

(2)誘導放射能(排気・排水等)

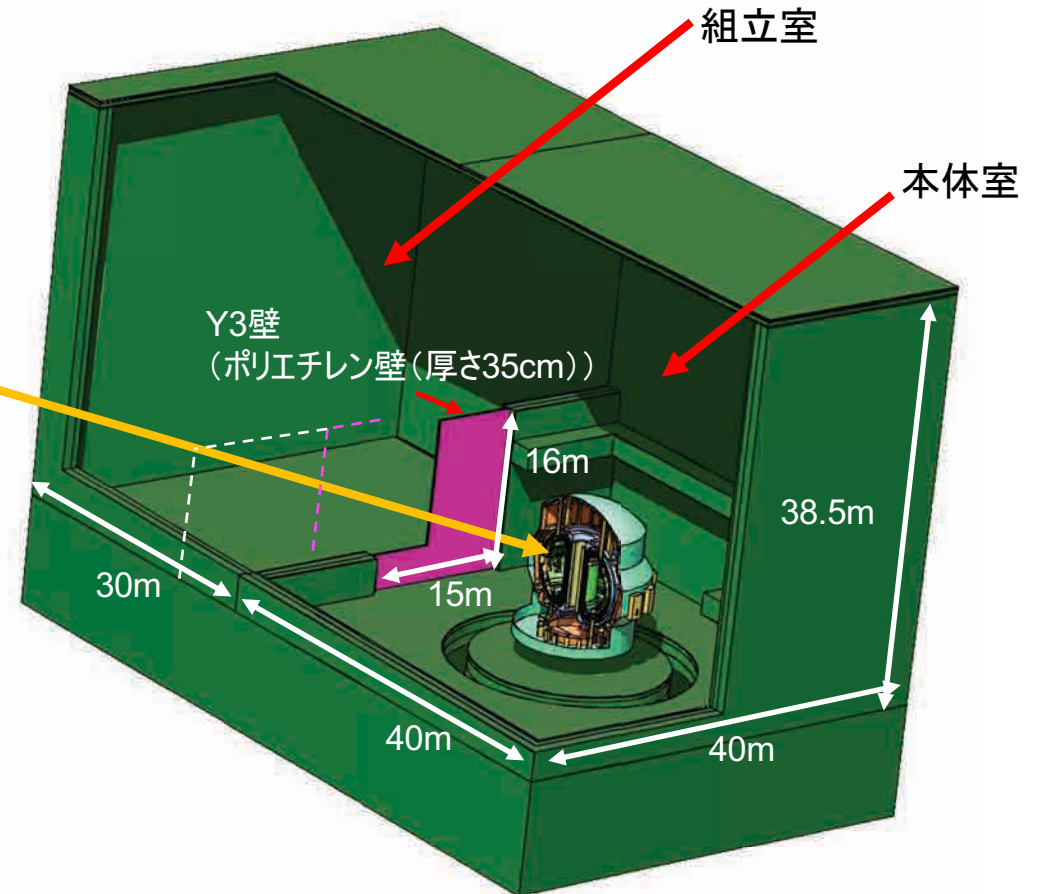
- ・排気中放射性同位元素濃度
(^{41}Ar 、 ^{13}N 、 ^3H)
- ・排水中放射性同位元素濃度
(^{60}Co 等の γ 核種、 ^3H)
- ・放射性同位元素発生量及び排気及び排水放出量
(^{41}Ar 、 ^{13}N 、 ^3H 、 ^{60}Co 等の γ 核種)

※運転中はインターロックにより人が立ち入ることは出来ないため、作業者の被ばくはない。メンテナンス時は、内規に従い要領書を作成し作業者の被ばくを1mSv/週以下で管理。

信頼性及び精度の高いことで許認可での評価でも実績のある**3次元中性子輸送計算コード(MCNP、PHITS)**を用い、建家内の線量を算出。また、直接線及びスカイシャインの評価を実施し、周辺公衆線量を算出。



JT-60SA計算モデル図



JT-60SAが設置されているJT-60実験棟建家計算モデル図

最大中性子発生条件

- (1) 重水素運転での中性子
 - ・一次反応として**2.45MeV**の中性子が**100%**発生する。
 - ・二次反応として**14.0MeV**の中性子が**3%**発生する。
- (2) 中性子の線源
2次元軸対称プラズマ線源とする。

中性子輸送計算に用いたJT-60SA計算モデルは、JT-60SAの主要な構造物を考慮した。建家は、JT-60SAを本体室の中心に設置し、本体室及び組立室の容積、コンクリートの壁の厚み、本体室と組立室の仕切壁等を考慮し作成。そのモデルを使用し、プラズマ発生装置内で発生する中性子線が本体室及び組立室内に3次元で等方向に広がるとして計算を実施。

- ・今回の申請である運転再開後の運転(実験運転-1)での週間、3月、年間の中性子発生量は、JT-60と同一であり、インターロックにより管理する。
- ・法令に定められている周辺公衆線量等の評価には、週間中性子発生量を初期条件として与えて実施した。

主な申請事項	プラズマ発生装置 (JT-60)	プラズマ発生装置 (JT-60SA)		
	運転休止中	統合試験 (令和2年度)	実験運転-1 (令和5年度～) (中性子発生量はJT-60と同一)	実験運転-2 (令和8年度以降予定)
主なガス	重水素	水素	重水素	重水素
週間中性子発生量※1	3.1×10^{18} 個/週	—	3.1×10^{18} 個/週	2.5×10^{20} 個/週
3月中性子発生量※1	2.1×10^{19} 個/3月	—	2.1×10^{19} 個/3月	7.0×10^{20} 個/3月
年間中性子発生量※1	3.2×10^{19} 個/年	—	3.2×10^{19} 個/年	1.0×10^{21} 個/年

※1: 週間、3月、年間中性子発生量は、積算値。(瞬間値は、週間の積算値に対し、十分余裕を持った低い値。)

インターロックの設定値は、いかなる場合においても上記の週間、3月、年間中性子発生量の積算値の制限を超えることがないように、その積算値に対して十分余裕を持って低く設定する。

放射性同位元素等規制法における運転再開の変更申請が必要な運転は、実験運転-1の内容。

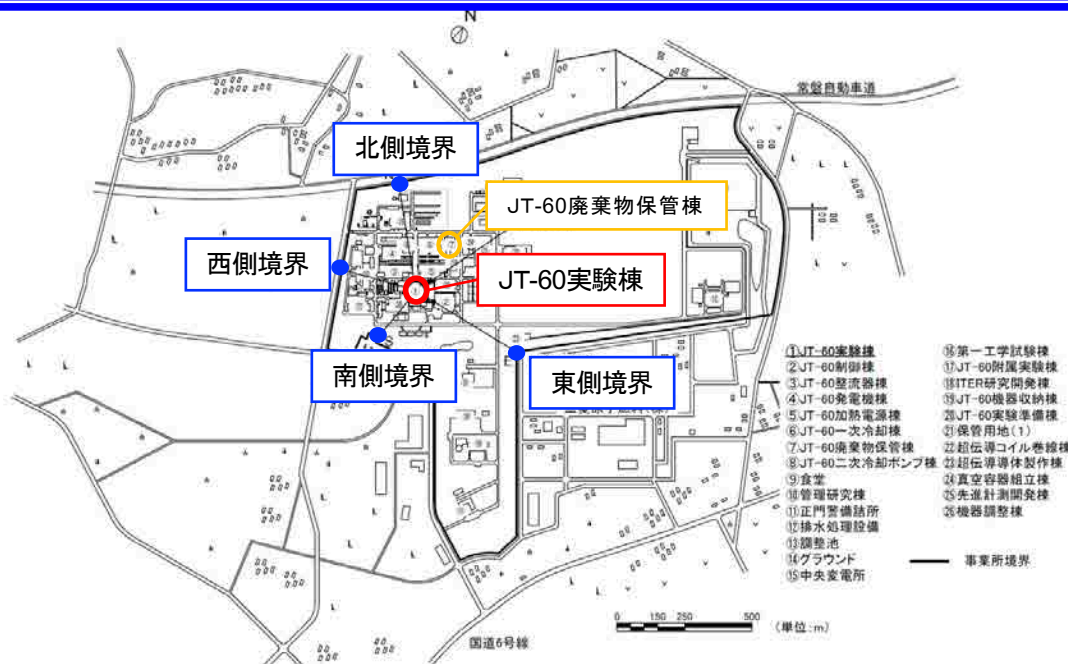
実験運転-2は、高性能プラズマの長時間維持を実現するため、最終的に年間の中性子発生量は、JT-60に比べ数十倍程度となる。→変更申請等については、段階的に実施予定。

1) プラズマ発生装置(JT-60SA)運転による周辺公衆線量が最大となる地点

南側境界: 3.9 μ Sv/年 (2.6 μ Sv/3月)

※年間の線量が、3月間の線量の4倍とならないのは、プラズマ発生装置の運転が一定期間に集中して行う運用を想定しているため。3月間の場合は、年間の中性子発生量の2/3と想定して評価している。

法令の線量限度(250 μ Sv/3月)及び公衆に対する年間実効線量限度(1000 μ Sv/年)を十分下回る。



那珂核融合研究所 敷地図

JT-60SAでの周辺の公衆線量

	JT-60SA運転	合計 (他施設含む)	実効線量限度
南側	3.9 μ Sv/年 (2.6 μ Sv/3月)	21 μ Sv/年 (6.86 μ Sv/3月)	1000 μ Sv/年 (250 μ Sv/3月)
北側	1.0 μ Sv/年 (0.6 μ Sv/3月)	40 μ Sv/年 (10 μ Sv/3月)	

※水素プラズマ放電中にX線も発生する場合もあるが、最大でも中性子による周辺公衆線量に比べて100分の1程度である。

管理区域境界での実効線量は、最大1.16mSv/3月であり、法令値(1.3mSv/3月)を下回ることを確認している。

2) 他施設(JT-60廃棄物保管棟、MeV級イオン源試験装置及び放射化物保管設備)を加えた場合の周辺公衆線量で最大となる地点

北側境界: 40 μ Sv/年 (10 μ Sv/3月)

※JT-60SAを20年間運転した場合に発生する廃棄物を全て保管したと仮定して評価しているため、他施設を加えた場合は、JT-60廃棄物保管棟(北側に設置)の影響が大きくなる。

法令の線量限度(250 μ Sv/3月)及び公衆に対する年間実効線量限度(1000 μ Sv/年)を十分下回っている。

また、18年間の運転時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は、**環境放射線の変動範囲内(~0.05 μ Sv/h)**であり、法令の線量限度を大幅に下回っていた。

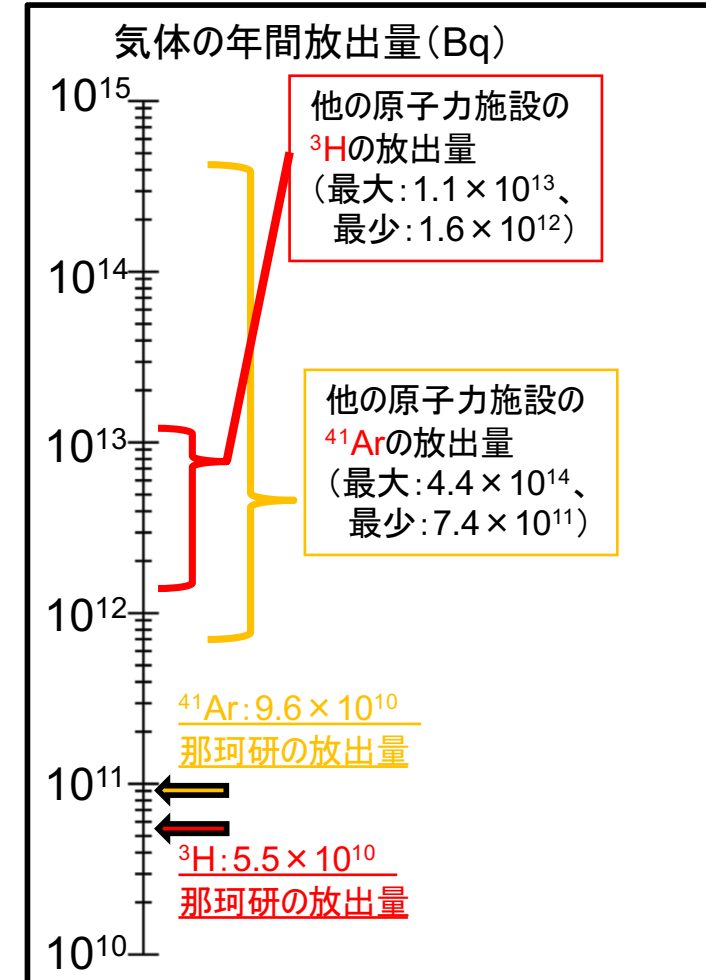
(1) 気体

核種	^3H	^{41}Ar	^{13}N
3ヶ月平均濃度※1 (Bq/cm ³)	1.6×10^{-4} ※2	1.9×10^{-4}	3.0×10^{-5}
	5.0×10^{-3} (法令値)	5.0×10^{-4} (法令値)	7.0×10^{-4} (法令値)
年間放出量※1 (Bq)	5.5×10^{10} ※2	9.6×10^{10}	2.5×10^{10}
他の原子力施設の 年間放出量 (Bq)	1.6×10^{12} ~ 1.1×10^{13}	7.4×10^{11} ~ 4.4×10^{14}	— (半減期(9.96分)が短く他事業所は記載なし)

※1 気体の濃度及び放出量は、JT-60と同一で管理。

※2 ^3H の濃度及び放出量は放出管理目標値として設定。

気体の放出量(3ヶ月平均濃度、及び年間放出量)は、JT-60と同一であり、3ヶ月平均濃度は、法令値に比べ十分下回るよう管理して放出する。また、年間放出量は、他の原子力施設に比べても十分低い。また、18年間の運転時における排気中の3ヶ月平均濃度は、検出感度以下($\sim 2.0 \times 10^{-5}$ Bq/cm³)であり、法令の濃度限度を大幅に下回っていた。



※フェーズが進んだ際(実験運転-2)、特に ^3H 等の発生量も増加する想定だが、法令値を下回るように管理する。また、年間放出量は茨城県と協議の上、手続きを行う予定である。

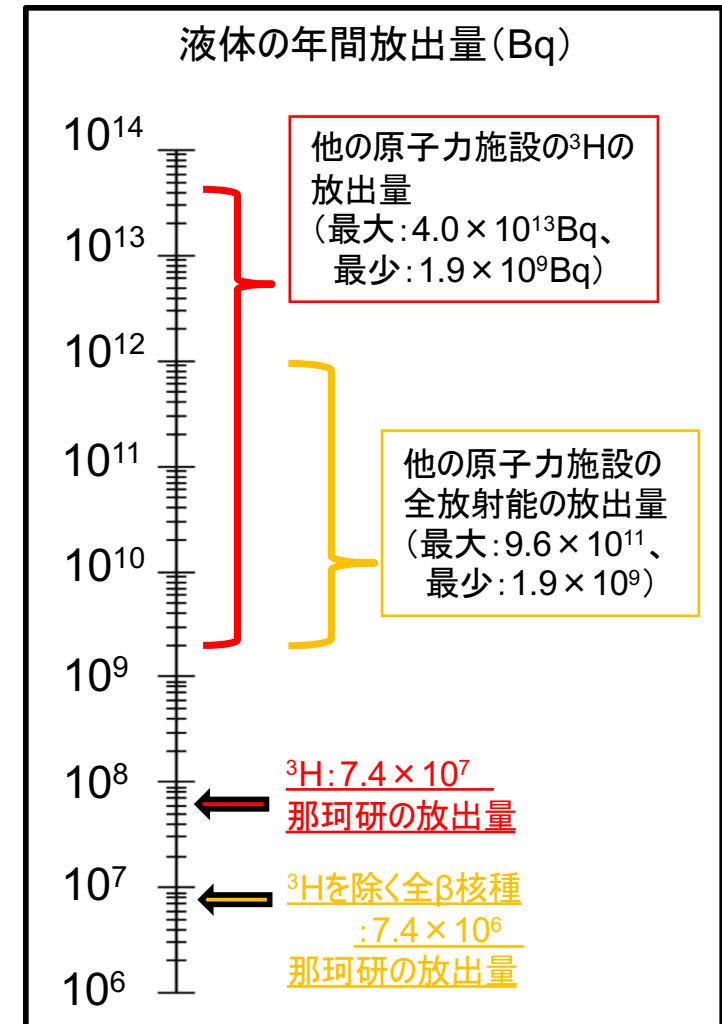
(2) 液体

核種	^3H	^3H を除く全 β 核種
3ヶ月平均濃度※1 (Bq/cm ³)	6.0 ※2	1.0×10^{-2} ※2
	60 (法令値)	(2.0×10^{-1}) (代表核種 ^{60}Co 代表) (法令値)
年間放出量※1 (Bq)	7.4×10^7	7.4×10^6
他の原子力施設の 年間放出量 (Bq)	1.9×10^9 ~ 4.0×10^{13}	1.9×10^9 ~ 9.6×10^{11}

※1 液体の濃度及び放出量は、JT-60と同一で管理。
※2 ^3H 及び ^3H を除く全 β 核種については、放出管理目標値として設定。

液体の放出量(3ヶ月平均濃度、及び年間放出量)は、JT-60と同一であり、3ヶ月平均濃度は、法令値に比べ十分下回るよう管理して放出する。また、年間放出量は、他の原子力施設に比べても十分低い。また、18年間の運転時における排水中の3ヶ月平均濃度は、 ^3H で最大 2.5Bq/cm^3 、 ^3H を除く全 β 核種が検出感度以下($\sim 5.0 \times 10^{-3}\text{Bq/cm}^3$)であり、法令の濃度限度を大幅に下回っていた。

※フェーズが進んだ際(実験運転-2)、排水は主に非密封RI使用時の手洗い水への混入であり、発生量も増加する想定だが、法令値を下回るように管理する。また、年間放出量は茨城県と協議の上、手続きを行う予定である。



(1) 液体

	発生量	排水量又は廃油量	安全性
排水	約82MBq/年 (核種: ³ H、 ³ Hを除く全β)	約180m ³ /年	排水は、3-5(2)で示した ³ H及び ³ Hを除く全β核種の年間発生量であり、貯留タンクに一時貯留し、 法令値の1/10～1/5以下であることを確認後、排水する。
廃油	約550MBq/年 (核種: ³ H)	約1m ³ /年	³ Hの年間放出量の1%が真空ポンプのオイルに混入すると仮定。廃油中に含まれる ³ Hは、平均エネルギー5keVと非常に弱いβ核種であり、密閉容器である200L鋼製ドラム缶で 完全に遮蔽され、線量は無視できるほど小さい。 現在最大保管量の62%であるが、廃油の主な発生源であるポンプをオイルフリーに交換しており、廃油はほとんど発生しない。そのため、 運転再開後も十分な保管能力を有している。

*JT-60と同一の発生量で管理

(2) 固体

レベル	内容	発生量		安全性
		m ³ /年	MBq/年	
低レベル	第一壁材※1	約2	約880	<p>18年間の運転で発生した固体廃棄物及び運転再開後、約20年間の運転で想定している固体廃棄物の発生量を全て保管したと仮定した場合の線量は以下のとおりであり、固体廃棄物は十分な遮蔽能力を有するJT-60廃棄物保管棟に保管する。</p> <p>人が常時立ち入る場所: 9.3×10^{-1} mSv/週 (法令値: 1mSv/週) 管理区域境界: 5.7×10^{-1} mSv/3月 (法令値: 1.3mSv/3月) 事業所境界: 3.15 μSv/3月 (法令値: 250μSv/3月)</p> <p>また、運転時の線量を合わせても事業所境界では最大10.4μSv/3月であり、いずれの法令値に対しても下回っている。</p>
	不燃物・可燃物	約20		
	イオン交換樹脂・フィルタ	約21		

※1 参考資料参照(P28)。

現在の保管量	今後の保管能力
約900本 (200Lドラム缶換算)	<p>18年間の運転でJT-60廃棄物保管棟における固体廃棄物(第一壁材)、不燃物、可燃物、イオン交換樹脂、フィルタ)の保管量は、200Lドラム缶換算で900本程度であり、保管能力(1830本)の約50%である。今後、約20年間の運転で想定している固体廃棄物の保管量は、更に約600本程度(合計1500本程度)追加となるが、JT-60廃棄物保管棟の保管能力(1830本)を超えることはない。その内、可燃物、フィルタ(約1000本程度)については、アイソトープ協会等に引き渡す予定であり、JT-60廃棄物保管棟で保管廃棄する固体廃棄物は、第一壁材や不燃物等(500本程度)であり、十分な保管能力を有する。</p>

*JT-60と同一の発生量で管理

核燃料物質及び放射性同位元素の最大貯蔵量は以下のとおり。

(1) 核燃料物質の最大貯蔵量

プラズマ発生装置から発生する中性子を測定するためのフィッションチェンバー(FC)用に使用。

那珂核融合研究所は、**少量核燃料施設**にも該当する。核燃料物質であるウランは、フィッションチェンバー内壁に薄く塗布され、**密封状態で使用するため、核燃料物質で汚染された廃棄物は発生しない。**

貯蔵量が少ないため、いかなる状態においても**臨界に達するおそれがない量(6g)を保持している。**

	貯蔵量	最大貯蔵量(許可量)	貯 蔵
濃縮ウラン(²³⁵ U 計数管用)	2.45g	6g	貯蔵施設(建家):鉄筋コンクリート(厚さ:~1.7m)構造。 貯蔵箱:耐火構造 貯蔵時の線量:密封状態で貯蔵し、貯蔵箱及び建家で十分遮蔽されており、線量は無視できるほど小さい。
劣化ウラン(²³⁸ U 計数管用)	4.29g	6g	

*JT-60と同一の貯蔵量

ウランの貯蔵時における線量は、**無視できるほど小さい。**

(2) 放射性同位元素の最大貯蔵量

- ・密封された放射性同位元素
中性子を測定するFCの校正用線源として使用。

	最大貯蔵量(許可量)及び貯蔵量	貯 蔵
²⁵² Cf	2.4×10^8 Bq	貯蔵施設(建家):鉄筋コンクリート(厚さ:~1.7m)構造。 保管箱:耐火構造(遮蔽:ポリエチレン(厚さ:20cm)、鉛(厚さ:2cm)) 貯蔵時の線量:貯蔵時の人が常時立ち入る場所の線量 3×10^{-1} mSv/週 (法令値:1mSv/週) :管理区域境界 2.21×10^{-7} mSv/3月(法令値:1.3mSv/3月) :事業所境界 2.31×10^{-6} μSv/3月(法令値:250μSv/h)

* JT-60と同一の貯蔵量

²⁵²Cfの貯蔵時における線量は、**いずれの法令値に対しても十分下回っている。**また、プラズマ発生装置の運転時の線量を合わせても**事業所境界では最大10.4μSv/3月であり、法令値に対して下回っている。**



²⁵²Cfの保管箱

(2) 放射性同位元素の最大貯蔵量(続き)

・密封されていない放射性同位元素

プラズマ発生装置内に設置している第一壁材※1(炭素材や金属材)の分析のために使用。

分析のために使用される第一壁材は、使用時以外は、貯蔵施設に貯蔵される。

貯蔵量は、JT-60で発生した第一壁材に加え、運転再開に伴いJT-60SAで発生する第一壁材が追加されるため増加する。

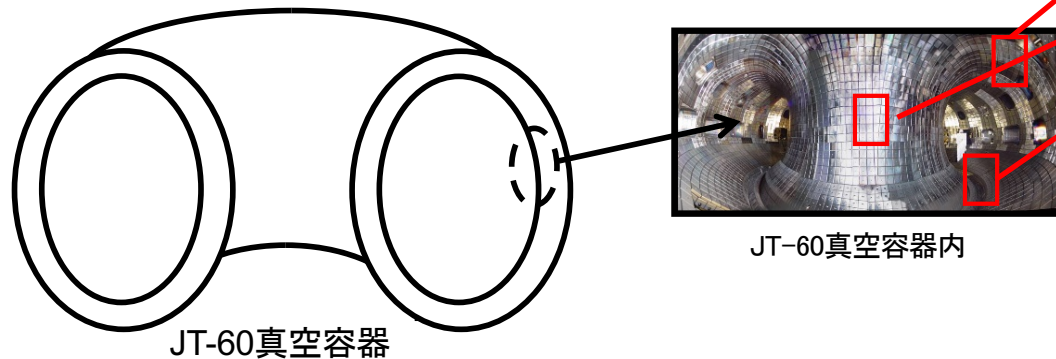
※1: 参考資料参照(P28)




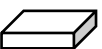

	貯蔵量	最大貯蔵量 (許可量)	貯 蔵
^3H	$1.0 \times 10^8 \text{ Bq}$	$3.6 \times 10^8 \text{ Bq}$	貯蔵施設(建家): 鉄筋コンクリート(厚さ: ~1.7m)構造。 貯蔵容器: 耐火構造(遮蔽: ポリエチレン(厚さ: 20cm)、鉛(厚さ: 2cm) 貯蔵時の線量(最大貯蔵量を仮定した場合) : 人が常時立ち入る場所の線量 $9 \times 10^{-2} \text{ mSv/週}$ (法令値: 1 mSv/週)
^{57}Co 、 ^{55}Fe 等 (19核種)	$7.0 \times 10^8 \text{ Bq}$	$1.6 \times 10^9 \text{ Bq}$	: 管理区域境界 $2.82 \times 10^{-7} \text{ mSv/3月}$ (法令値: 1.3 mSv/3月) : 事業所境界 $2.36 \times 10^{-3} \text{ } \mu\text{Sv/3月}$ (法令値: $250 \mu\text{Sv/h}$)



第一壁材の貯蔵容器

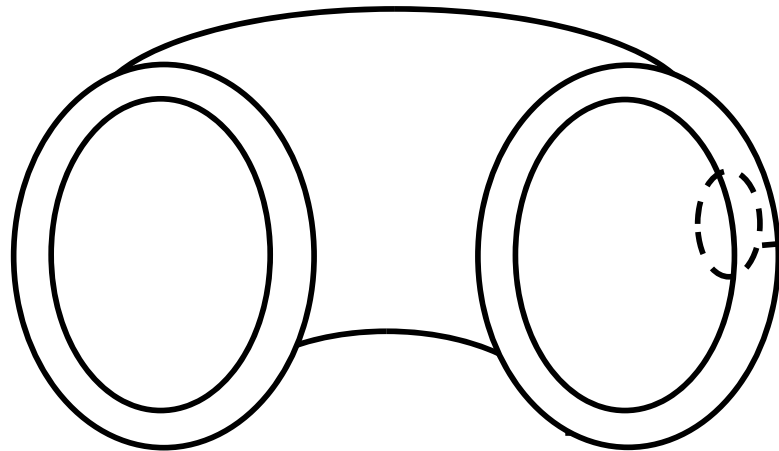
18年間のプラズマ発生装置の運転に伴い貯蔵した第一壁材(^3H やその他の核種)に加え、運転再開後の第一壁材(^3H やその他の核種)の貯蔵量が増加しても、**いずれの法令値に対しても十分下回っており、安全である。**また、プラズマ発生装置の運転時の線量を合わせても**事業所境界では最大 $10.4 \mu\text{Sv/3月}$ であり、法令値に対して下回っている。**



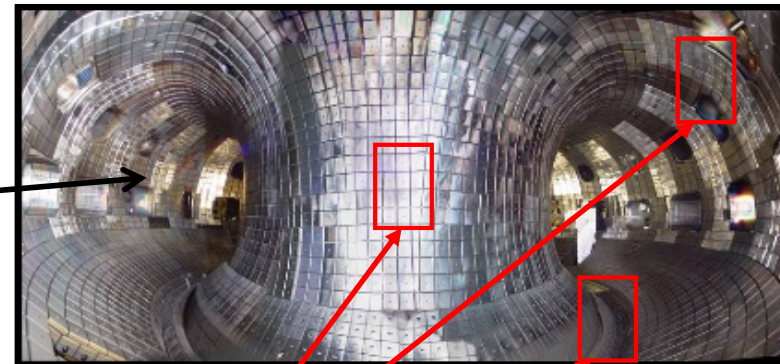
- プラズマ発生装置(JT-60)の第一壁材
-  8Cr-2W鋼タイル+ステンレス鋼台座-1
 -  炭素タイル-1+ステンレス鋼台座-1
 -  タングステン膜タイル+ステンレス鋼台座-1
 -  インコネル625試験片
- プラズマ発生装置(JT-60SA)の第一壁材
(運転再開に伴う追加分)
-  炭素タイル-2+台座
※台座: ステンレス鋼-2及び銅合金

- ・核融合エネルギーの研究開発の一環として実施している、幅広いアプローチ活動の下、日欧で協力し、JT-60装置の改修をおこなってきた。令和2年3月に装置を完成し、現在装置全体の試運転を行っているところである。今後、水素プラズマを用いた統合試験を実施する。令和5年からは、放射性同位元素等規制法の対象となる重水素プラズマの運転を開始する予定である。
- ・本計画に基づき、放射性同位元素等規制法による変更申請を実施し、令和2年10月に許可を得た。
- ・プラズマ発生装置の運転再開に際しては、JT-60の運転実績、放射性同位元素等規制法及び茨城県原子力安全協定に基づき、放射線安全（周辺公衆線量及び排気中濃度等）及び施設安全（地震、火災及び自然現象等）に対する評価を実施し、適切に安全を担保する対策を講じた。
- ・その結果、JT-60と同様に、放射線安全（周辺公衆線量及び排気中濃度等）及び施設安全（地震、火災及び自然現象等）が十分に担保されていることを確認した。

第一壁材：プラズマに対向するタイル状の材料であり、プラズマからの熱・粒子負荷を受ける。また、壁から発生する不純物がプラズマに与える影響を可能な限り抑える役割を持つ。
第一壁材は、炭素タイル等とそのタイルを真空容器に取り付けるための台座から構成されている。






JT-60真空容器



JT-60真空容器内

プラズマ発生装置 (JT-60) の第一壁材

-  8Cr-2W鋼タイル+ステンレス鋼台座-1
-  炭素タイル-1+ステンレス鋼台座-1
-  タングステン膜タイル+ステンレス鋼台座-1