

JT-60 解体に伴う放射化物解体品の保管管理

西山 友和, 岡野 文範, 三代 康彦, 久保 博孝, 宮 直之, 及川 晃, 笹島 唯之, 逆井 章

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門

1. 背景

日本原子力研究開発機構（JAEA）那珂核融合研究所では、臨界プラズマ試験装置（JT-60）を超伝導コイルを用いたトカマク装置（サテライトトカマク：JT-60SA）に改修するため、本体装置を中心とする主要な設備機器の解体を進めている。平成 21 年度後期に解体準備作業を実施し、平成 22 年度初めより本格的な解体作業を開始した。本体装置が設置されている本体室や組立室（図 1 参照）などの設備機器及び構造物は、重水素プラズマによる核融合反応により発生した中性子（2.45MeV）により放射化（中性子が構造物等を構成する原子と核反応し、構造物が放射能を帯びること）している。これらの放射化した解体品は、総重量で約 6,100 トンにも及び、そのうち JT-60SA で再使用しない解体品が約 5,300 トン発生する。再使用しない解体品は、近く施行される放射線障害防止法の下でのクリアランス制度（放射化物の放射能濃度が放射線障害防止の措置を必要としない濃度であることを登録機関で確認されたものは、放射化物でないものとして取り扱うことができる制度）に基づき、有効資源として一般的に再利用するため、必要期間、収納保管する計画である。

以下に、解体品の収納保管計画やクリアランス制度にそって実施している、保管管理方法や収納保管要領等について紹介する。

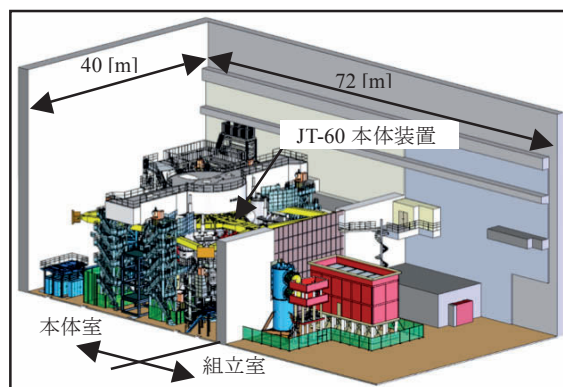


図 1 JT-60 の設置状況（本体室・組立室）

2. JT-60 解体収納

2.1. JT-60 概要

JT-60 は、本体装置などの主要部で直径約 15m、高さ約 13m、重量約 5000 トンになる国内最大のトカマク型核融合試験装置である。本体装置は、核融合反応を起こすための高温プラズマを閉じ込める真空容器や強磁場によりプラズマの閉じ込めや位置制御を行うトロイダル磁場コイル（TFC）やポロイダル磁場コイルの大型コイル、電磁力などで発生する応力に対して支持する架台から構成される。また、本体装置の周辺には、真空容器を超高真空に排気する真空排気設備などの本体附帯設備、中性粒子ビーム入射加熱装置（NBI）や高周波加熱装置（RF）の大型のプラズマ加熱装置、プラズマの挙動等を計測する計測設備などの周辺設備が配置されている。これらの機器は放射化されるとともに、真空容器や真空容器に直接繋がる計測器、真空排気ラインの配管などの内表面は、核融合反応により発生した放射性物質のトリチウムにより汚染されている。

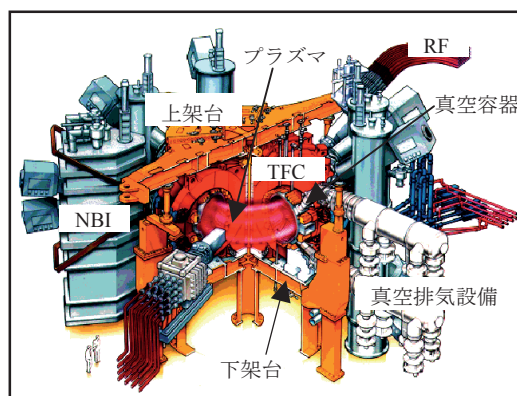


図 2 JT-60 主要部鳥瞰図

2.2. 解体品の収納保管

JT-60SA 計画では本体装置を改修するため、JT-60SA で再使用しない本体装置等や改修作業に干渉する周辺設備を解体する。解体対象となる放射化物解体品のうち、NBI 加熱装置の一部などは、JT-60SA にて再使用するが、改修作業に干渉するため解体し、一時的に別の建屋で保管する。一方、再使用しない解体品（以下「再利用品」と言う）は、クリアランス制度の下で一般資源として再利用するため、クリアランス処置を行うまでの期間、収納保管施設（使用施設としての管

理区域)に保管する。再利用品は、表面汚染の有無と構造により以下に示す 2.2.1～2.2.3 項の 3 つに区分し、それぞれに定めた収納保管施設に保管する。保管後は、施設ごとに定めた「放射化物保管管理要領」に従い、収納保管施設や再利用品又は各容器の外観点検や保管状況を定期的に点検する。

2.2.1 表面汚染のない再利用品 (2.2.3 項の再利用品は除く)

表面汚染のない再利用品は、保管容器に収納し、保管用地 (1) に保管する。保管用地 (1) は、フェンスで囲まれたアスファルト舗装の屋外施設で、放射線管理区域 (JAEA の規程により、汚染がないように管理する) として認可されている施設である。保管容器として、国際規格貨物コンテナである、天井が開閉可能なオープントップコンテナを採用し、長さ 20 フィートと 40 フィートの 2 種類のコンテナを使用している (写真 1、表 1 参照)。なお、保管容器への積荷荷重は、保管用地 (1) で使用するラフタークレーンの性能を考慮し 20 トン以内で管理している。また、屋外での保管となるため気温変動による結露防止対策として、ベンチレーターの設置、内面に耐水無臭ベニヤ板の取り付け、天蓋は SVR 塗装 (吸湿塗料) を施している。保管容器には、汚染された再利用品を収納しないように収納前の表面密度測定により汚染のないことを確認する。特に、細かな放射化物も汚染物となるため、切断により生じた切粉などの除去を確実に実施して収納する必要がある。



写真 1 保管容器と密閉容器 (上蓋開放時)

2.2.2 表面汚染のある再利用品 (2.2.3 項の再利用品は除く)

トリチウムなどの表面汚染のある再利用品は、汚染が拡散しないように密閉容器に収納し、JT-60 機器収納棟に保管する。JT-60 機器収納棟は、放射線管理区域 (JAEA の規程により、JT-60 機器収納棟の保管エリアでは、空気中の汚染がないように管理する) の建屋施設である。密閉容器は、保管容器で使用している長さ 20 フィートの保管容器内にステンレス鋼板を内張して密閉構造とする容器である (写真 1、表 1 参照)。収納時は上蓋を開放し、収納完了後は、上蓋を閉じ全周溶接により密閉処置する。

表 1 保管容器及び密閉容器の仕様

項目 \ 種類	保管容器		密閉容器 (保管容器部は除く)
	20 フィート型	40 フィート型	
外法寸法 [mm]	L6058×W2438×H2591	L12192×W2438×H2591	L5882×W2303×H2218.5
内法寸法[mm] (内容積 [m ³])	L5888×W2308×H2387 (32.4)	L12017×W2312×H2333.5 (64.8)	L5879×W2300×H2215.5 (30.0)
最大総重量 [kg]	30,480	30,480	30,000 (保管容器含む)
最大積荷荷重 [kg]	27,380	25,080	-
材質	高耐候性鋼板	高耐候性鋼板	SUS304

2.2.3 本体装置などの大型再利用品

再利用品は、保管容器または密閉容器に収納できる大きさまで切断し収納する。ただし、本体装置や大型で難加工材質や複雑な構造を持つ再利用品は、切断作業等が非効率であるため、運搬できる状態まで分解したのち、JT-60 機器収納棟に保管する。トリチウムによる表面汚染があるものは、開口部を密閉処置して保管する。また、材質がステンレス鋼で TFC 外周面より内側に設置されていた比較的放射線濃度が高い再利用品は、JT-60 機器収納棟に保管する。

3. 再利用品の保管管理方法

再利用品の保管に際しては、放射化物の厳重な管理はもちろんのこと、クリアランスも考慮した情報管理も重要である。

特に、多くの再利用品は、使用履歴の異なる物を大量に保管容器または密閉容器に収納し、さらに一定期間保管することになる。そのため、将来においても保管されている再利用品とその再利用品の情報が照合できるシステムを構築するとともに、3.1項に示す情報を確実に保管しておく必要がある。

JT-60では、切断等により分割された再利用品ごとに一つの単位とし管理している。また、同じ種類の再利用品を固縛したり、ドラム缶などの容器に格納した場合は、その纏まりごとに管理する。再利用品には、管理単位ごとにタグ（再利用品タグ）を貼り付け、そのタグ番号と再利用品情報の一覧表（保管管理台帳）を照合することにより、個々の再利用品の情報を確認できるようにする。また、すべての情報は、サーバーを用いた保管管理システムにより管理する。

3.1. 保管管理台帳（情報項目）と再利用品タグ

再利用品タグは、後に再利用品を識別するために再利用品表面にタグ番号を割り当てるものである。タグ番号は、保管容器や密閉容器の中などで長期間保管した後でも認識できるものでなければならないため、耐久性の優れた工業用バーコードシールを用いた再利用品タグを貼り付ける（図3参照）。再利用品タグには、通しのタグ番号とその番号に対応したバーコードが印刷されている。



図3 再利用品タグ

保管管理台帳は、保管容器又は密閉容器ごとに再利用品の情報を一覧表化したものである。情報項目は、再利用品情報（機器番号、再利用品タグ番号、物品管理責任者、設備名、機器名、員数、概略寸法及び外容積、重量、主材質、発生場所領域、放射化物の量、取り扱い等規制物質の有無、関連図面番号）と放射化物測定情報（測定年月日、測定者、測定器型番、測定値、放射化物区分）である。

3.2. 保管管理システム

多くの再利用品の情報を計算機で管理するために保管管理システムを開発し運用している。図4に保管管理システム構成図を示す。保管管理システムは、保管管理システムサーバ内に再利用品情報をデータベース化し、その情報を基に閲覧や保管管理台帳を出力したり、再利用品タグのバーコードを利用して照会するなどの機能を有する。登録された情報は、定期的に自動でバックアップされる。再利用品情報の登録や登録した情報の閲覧、出力などは、ローカルネットワークに接続されたパソコンから Web ブラウザ（Internet Explorer 等）を介して実施できる。図5に新規登録画面を示す。なお、情報保護のため、

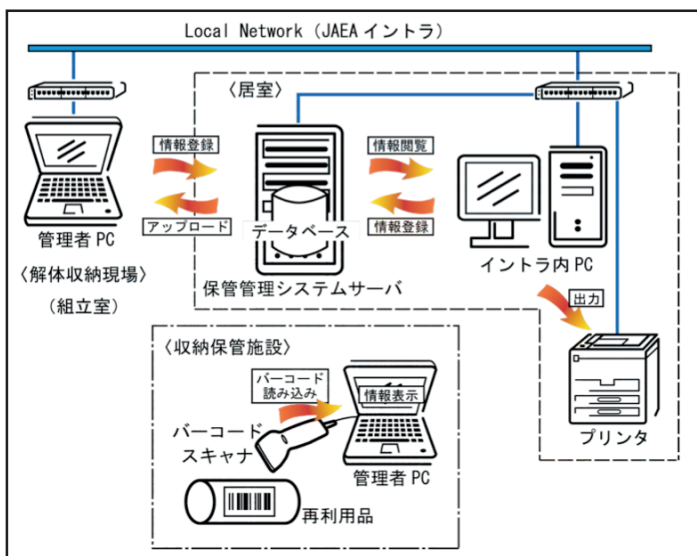


図4 保管管理システム構成図

図5 新規登録画面

ユーザ登録による ID とパスワードの認証機能を持たせている。また、将来、再利用品を保管容器等から搬出した際などに、再利用品タグのバーコードをバーコードスキャナで読み込むことにより、その再利用品の情報をパソコンの画面上に表示することも可能である。なお、収納保管施設には、ネットワーク環境が整っていないため、データベースの情報をあらかじめ管理用パソコンにアップロードして使用する。

4. 解体作業時の収納管理要領

再利用品は、管理単位ごとに情報を管理するが、多種多様の設備機器が入り組んで設置されている JT-60 の解体では、狭隘な場所での再利用品の吊り出しや運搬の観点から 1 つの設備機器が切断等により細分化されるため、機器情報を事前に収集、登録することは困難である。また、解体してから収納保管するまでには、大量の再利用品に対して 1 つの管理単位ごとに放射化物測定や重量測定などを実施する必要があることから、これらのプロセスを効率よく実施しなければ解体作業工程に大きく影響を与える恐れがある。よって、解体直後にその再利用品が、どのようなものを把握するとともに、各プロセスで得られた情報を迅速に収集し、確実に登録することが重要である。下記に再利用品の解体から保管容器等への収納までの情報管理を含めた作業の流れを記す。

4.1 解体現場における収納関連作業

解体した再利用品は、管理単位ごとに任意の機器番号を定め、管理責任者名、機器名、主材質名、外容積などの機器情報を記載した再利用品メモ（図 6 参照）を作成した後、保管容器又は密閉容器周辺に設定された放射化物測定エリアに運搬する。再利用品メモは、収納が完了するまで再利用品表面に貼り、各プロセスで得られた情報を随時書き込んでいく。なお、保管容器に収納する再利用品は運搬する前に、切粉などを除去したり、SS400 材など錆が発生しやすい材質の切断面に防錆措置をするなどの汚染防止対策を実施する。また、内部がトリチウム汚染された再利用品は、トリチウムの表面汚染密度を測定後、汚染が拡大しないよう開口部の養生などを実施してから運搬する。ただし、密閉容器に収納せずに保管する真空容器などは、開口部への閉止板溶接やフランジ閉止等により密閉措置を実施する。

4.2 収納現場における収納関連作業

放射化物測定エリアに搬入した再利用品は、重量測定や放射化物測定による表面汚染の有無などを確認した後、再利用品タグを貼り付け、得られた情報を再利用品メモに追記し仮置きする。保管容器又は密閉容器に収納する場合は、仮置きされた再利用品の中から効率よく収納できるものを選択し収納する。再利用品メモは収納直前に取り外し、容器番号を追記した後、そのメモの記載情報を保管管理システムに登録する。なお、放射化物測定エリアには、複数の解体現場から順次再利用品が搬入されることから、解体作業の状況に応じて 4～6 人程度の収納管理班を編成し対応している。保管容器等への収納完了後、内部の保管状況の確認と写真撮影を実施し保管管理台帳を作成する。写真 2 に収納が完了した保管容器内部の写真を示す。

(テープ貼り付画面)

再利用品メモ(保管容器用)			
【担当グループ記入項目】			
機器番号 ^{※1}	—		
管理責任者	設備名		
機器名	負数 ^{※2}		
概略寸法 ^{※3}	m	外容積	m ³
主材質 ^{※4}	SUS316・Inco・SUS304・高純銅・SS41・アルミ・銅・鉛・他金属・保温材・他非金属		
発生領域	本体室(領域1・領域2・領域3・領域4)・組立室・PIG室		
規制物質 ^{※5}	無・有	図面番号 ^{※6}	
備考			
<small>※1 機器番号は重複しないこと ※2 複数の機器を圍繞したり容器に入れた場合は「機器の数」、数え切れない場合は「1式」と記入 ※3 参考寸法・外容積 ①ドラム缶 寸法φ0.6×0.9 外容積 0.25m³ ②ペール缶 寸法φ0.3×0.4 外容積0.03m³ ※4 材質が他金属/他非金属の場合は材質名、主材質に他の材質も多く含まれる場合はその材質名を備考に記入(～を含む) ※5 規制物質が含まれる場合は、物質名を備考に記入 ※6 図面番号は、未記入でも可(後ほど保管管理システムに登録すること)</small>			
【収納管理班記入項目】			
タグ番号	重量	kg	
容器番号	—		
放射化物測定記録 *保安管理課業務者が実施のこと			
測定年月日	測定者	測定器	測定値
線量当量率 ^{※7}		NaI-	at10cm() [μSv/h]
表面汚染 ^{※8}		SB- L	<0.4 [Bq/cm ²] A・B
<small>※7 表面線量当量率が0.6μSv/hを超えたら、表面から10cm離れた位置で再測定 再測定の結果は、at10cmの()内に記入 ※8 表面汚染密度が0.4Bq/cm²以上の場合は、密閉容器に収納 ※9 区分「A」…表面線量当量率又は表面から10cm離れた位置の線量当量率が 0.6μSv/h以下の場合 区分「B」…表面から10cm離れた位置の線量当量率が0.6μSv/hを超えた場合</small>			

図 6 再利用品メモ (保管容器)

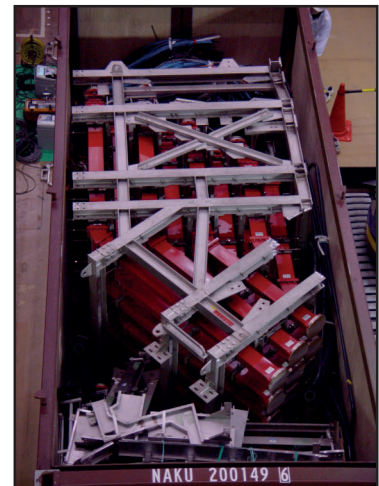


写真 2 収納済み保管容器内部の状況

5. 考察及び現状

JT-60 解体作業において、解体品の収納保管計画に基づいた収納保管作業を実施している。放射化した大量の再利用品は、クリアランス制度を活用するまでの間、収納保管施設に保管する必要があるため、将来に於いてもそれぞれの再利用品の情報を特定できるように、再利用品タグや保管管理システムを用いた収納保管管理方法を構築した。また、効率的に再利用品の情報を収集できるような収納作業要領を作成し、これにより現在まで作業工程に支障を与えることなく順調に解体作業が進んでいる。

平成 22 年 11 月までの解体作業では、主に本体装置周辺の本体附帯装置や大型プラズマ加熱装置、計測装置などの一部を解体し、5211 点、総重量 462 トンの再利用品を収納保管した。収納保管状況を表 2 に示す。保管用地 (1) には、保管容器 48 台 (20 フィート型 37 台、40 フィート型 11 台) を 2 段積みで設置し (写真 3 参照)、JT-60 機器収納棟には密閉容器 3 台と大型再利用品である RF 加熱装置のランチャー 1 台を仮設置した。今後の解体収納作業では、本体装置近傍の周辺装置などを解体し保管容器又は密閉容器に収納保管するとともに、本体装置などの大型再利用品を解体し JT-60 機器収納棟に収納保管する予定である。

表 2 再利用品の収納保管状況 (平成 22 年 11 月末時点)

収納保管施設	保管用地 (1)		JT-60 機器収納棟	
	保管容器 (20 フィート型)	保管容器 (40 フィート型)	密閉容器	大型再利用品
容器台数 (大型再利用品員数)	37 台	11 台	3 台	(1)
最大収納重量/台	14.9 [t]	9.8 [t]	14.7 [t]	-
平均収納重量/台	10.1 [t]	5.3 [t]	10.2 [t]	-
最大収納単位数/台	283	114	307	-
平均収納単位数/台	114	36	204	-



写真 3 保管用地 (1) 状況 (H23.1)