

SII-5

Study on Maintenance, Recycle, and Radioactive Waste Management of Fusion Reactor

Part V: Issues on maintenance engineering in hot cell

核融合炉の保守・リサイクル・バックエンド対策に関する検討

SII-5 : . ホットセル内での保守に関連する課題

Satoshi YANAGIHARA

柳原敏

Research Institute of Nuclear Engineering, University of Fukui

1-2-4, Kanawa, Tsuruga, Fukui, 914-0055 Japan

福井大学附属国際原子力工学研究所

〒914-0055福井県敦賀市鉄輪町1-2-4

核融合炉の保守では、機器が高度に放射化していることやトリチウムにより汚染されていることなどから、原子力発電所の使用済み核燃料の再処理などと同様にホットセルを用いた取扱い（ホットセル方式）が考慮されている。また、使用済み機器の一部を再利用・再使用することを前提とする場合、トリチウム除去、再利用・再使用に合致する物理的形態への変換処理、放射能レベルの低減、廃棄する機器の廃棄体製作などは必須の作業工程である。そこで、ホットセル方式における処理工程を整理し、ホットセル施設の設計における課題を検討した。

【はじめに】

ホットセル方式では、炉本体で使用された機器（セクター）を取り出した後に、ホットセル施設に搬送し、再利用・再使用または廃棄体製作に係る処理を実施することになる。セクターの特徴は、放射能レベルが非常に高いこと、トリチウム汚染していること、大型装置であることなどである（Part VI参照）。ホットセル施設では、セクターの冷却、分解処理、再利用・再使用のための処理、処理した物や廃棄体の貯蔵などが実施されることになり、これらの作業内容を検討した上で、ホットセル施設に求められる設備、安全対策などについて設計を進める必要がある。本稿では、ホットセル施設における作業工程を仮定し、ホットセル施設の設計に当たり考慮すべき課題を整理した。

【処理対象機器とホットセルの概要】

処理を必要とするセクターには、ダイバータ、ブランケット、セクター遮蔽が含まれる。これらの機器はホットセル施設において、放射能レベルや材料に応じて再利用、再使用、廃棄（処分）のための処置が施される。再使用の対象は混合ペブルで、再利用の対象はセクター遮蔽などのうち低放射化構造材料、ステンレス鋼などである。これらの処理は、将来、製品として利用し易くすることが目的であり、溶融、成形、除染などである。

セクターは輸送容器に入れてホットセル施設に搬送される。ホットセル施設では、セクターが取り出された後、適当な冷却期間を経て、様々な処理が行われる（図1参照）。これらは全て遠隔で実施されることになる。

【処理（保守）工程の概要】

ホットセル施設は保管エリア、機器処理エリアに分けられるが、機器処理エリアは作業の内容に応じて、幾つかのセル（作業部屋）から構成されることになる。各セルに要求される機能は、セクターの分解・切断・分別、トリチウム除去（溶融、レーザーによる局所加熱など）、混合ペブルの処理、廃棄体の製作、放射能測定、装置の保守などである。また、セルの壁にはマニピュレータ、観察窓が備え付けられ、内部には空調設備などが設けられることになる。

他方、セクターの処理が次のような工程において実施されることを仮定した上で、ホットセル施設の概念設計に必要な考慮事項を整理した。

セクター分解工程：本工程では、セクターを粗断/解体により処理しやすい寸法に分断し、再利用・再使用可能なものと処分すべきものを分別することになる。この際、材質などに応じた分別も考慮する。適当な寸法にした機器は、再利用処理（リサイクル）及び再使用（リユース）のためのエリアに搬送され

る。なお、分解するセクターの寸法(ITER では 14×8×8 m)[1]が大きいため、従来のホットセルのように、壁に取り付けられた観察窓を用いたマニピュレータ操作だけでは、分解作業に対応できない可能性がある。セル内に装荷された移動機能付きマニピュレータなど分解専用装置を整備する必要がある。

リサイクル処理工程:本工程では、トリチウム除去、再利用のための成形、減容などを目的にした処理が実施される。また、試料採取により核種毎の放射能濃度の評価も実施される。これらの結果から、再利用の可否が判断され、処分することが必要なものは廃棄体製作工程に回される。なお、採取する試料の放射能レベルも高いため、試料の準備(溶解、核種の分離など)や測定も遠隔で実施する必要があり、専用のセルを整備することになる。

リユース処理工程:使用済みブランケットに内蔵されるペブル(Li₂TiO₃ & Be₁₂Ti)を両材料の比重の違いにより分別し、再使用可能なものを選別する。また、セクター遮蔽は新しいブランケット及びダイバータを配置して再使用する。新規セクターの整備においても、全体寸法が大きいため、分解と同様な装置の考慮(開発)が必要となる。

廃棄体製作工程:本工程では、ダイバータやブランケットのうち放射能レベルが高く再利用品として使用することが困難と考えられるものを廃棄体にする。原子力発電所の廃止措置で発生する炉内構造物などと同様にセメントなどによる固形化を行う。

【ホットセル施設に必要な設備】

ホットセル施設に必要な設備には、上述した処理工程に必要なものに加え、空調設備、冷却設備、電源設備、照明設備、トリチウム監視設備、安全設備(非常用対策)、トリチウム除染・回収設備が考えられる。また、セクターの冷却に水槽を用いる場合には水処理系の施設が必要になる。さらに、各種作業に伴って発生する可燃性の廃棄物を焼却する施設も必要である。

トリチウム対策として、トリチウムを放出する空間の扉は二重化し、トリチウム放出空間、緩衝空間の壁はトリチウムを吸収しないような処理が必要となる。なお、トリチウムの放出量などを考慮した上で、セル毎に必要な機能を有する設備を設計することになる。

【放射性廃棄物】

処理工程で発生する放射性廃棄物は容器に収納して廃棄体とし、処分場に搬出されるまで貯蔵される。処分の方式は、核融合炉の放射性廃棄物を処理・処分するための法令整備を待つことになるが、原子炉等規制法を参考に考えると、多くの廃棄物が余裕深度処分相当の放射性廃棄物になることが予想される。廃棄体製作後直ちに処分場に搬出することは困難であり(処分量や総放射能の評価などが必要)、大型の貯蔵施設を整備することになる。

【まとめ】

保守に係る課題として、ホットセル施設の設備のあり方、必要な作業工程、装置/設備などを整理した。施設に係る主要課題は、セクターの冷却施設やトリチウム除去施設の設計、セクターの解体・分解などに必要となる技術や管理方法、再利用・再使用のための処理工程の詳細、廃棄体の保管施設、容器収納までの冷却方法などである。なお、ホットセル施設の概念を明らかにした上で、施設の使用期間や耐用年数などを考慮して、使用終了後の措置(廃止措置)の方法や発生する放射性廃棄物の量なども検討することが必要になる。

[1]プラズマ・核融合学会誌, Vol.87 Supplement, 2011

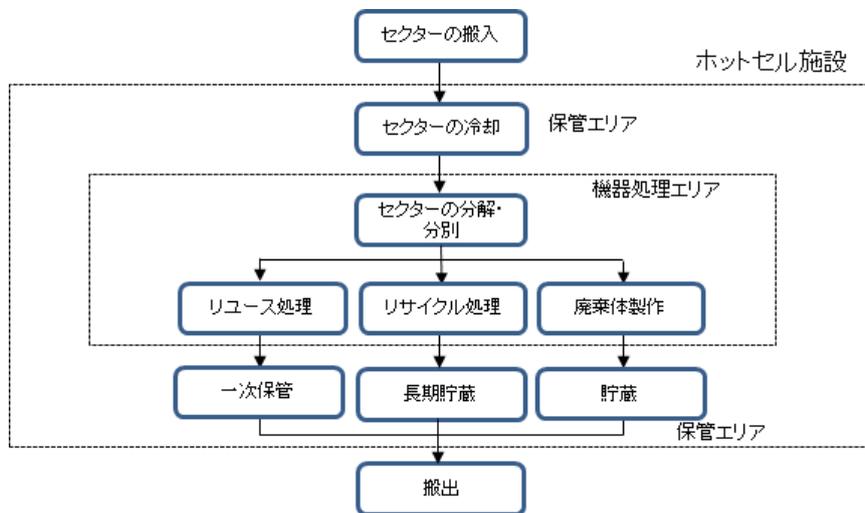


図1 ホットセル施設における主要な工程