

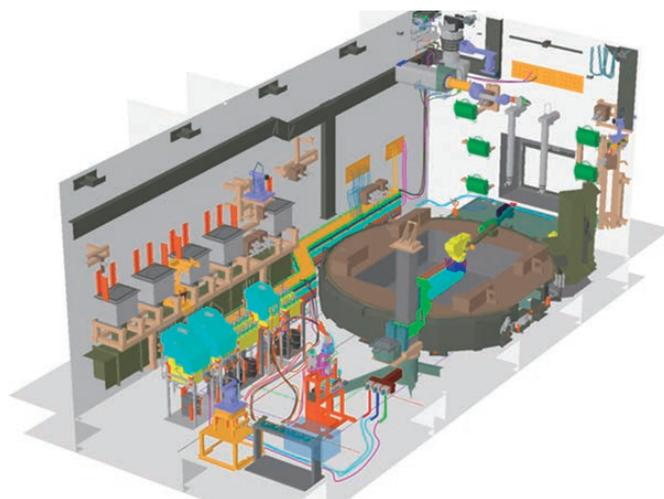
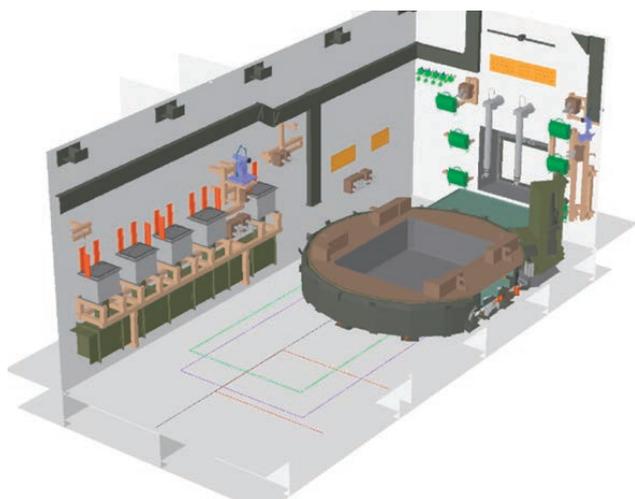
全遠隔操作による難工事 ガラス溶融炉解体設備完工

全遠隔操作による高放射線環境下での 設備導入工事実績の紹介

高レベル放射性廃液をガラス原料と混合・溶融して固化し、安定な廃棄体とするためのガラス溶融炉は、人の立ち入れない高放射線環境下で定期的に交換・解体する必要がある。ここでは、このガラス溶融炉を遠隔操作にて解体するため新たに開発した設備について、その開発経緯および導入実績を紹介する。

(a) 設備導入工事前

(b) 設備導入工事後



ガラス溶融炉解体設備全景 (3D モデル)

背景

青森県六ヶ所村にある日本原燃株式会社再処理工場では、使用済み核燃料の再処理工程で「高レベル放射性廃液」が発生する。本廃液は「高レベル廃液ガラス固化施設」内に設置された「ガラス溶融炉」にて、原料ガラスと混合・溶融し、長期保管に適した安定な固化体とする。

ガラス溶融炉およびその周辺設備は、高レベル放射性廃液と同様、極めて高い放射能を有するため、同施設内の「固化セル」と呼ばれる遮へいされた部屋の中に設置されている。また、ガラス溶融炉には設計上の

寿命があり、施設運転を継続するため、数年に一度定期的に新規品と交換する。加えて、寿命を迎えたガラス溶融炉（廃溶融炉）の保管スペースには限りがある。

そのため、廃溶融炉は施設内で解体・減容したうえで、所定の搬送容器に入れ、順次施設外へ搬出する必要がある。

この廃溶融炉を解体・減容するための設備が、「ガラス溶融炉解体設備」であり、上述の固化セル内に設けた専用の解体作業エリアに設置されている。本設備は、2009年より基本設計を開始し、詳細設計・製作・試運転などを経て、2014年4月にすべての設備導入を完了した。

ガラス溶融炉解体設備の概要

ガラス溶融炉解体設備は、主に「切断装置」および「遠隔操作装置」により構成される。

切断装置は、廃溶融炉を切断・解体するために使用され、本設備で新たに開発したレーザー切断方式の装置を採用した。レーザー切断方式を採用した主な理由は、他方式と比較して以下のような利点があるためである。

【レーザー切断方式の利点】

- ・ 切断能力が高く、廃溶融炉の主材であるステンレス鋼の厚板も高速で切断できる。
- ・ さまざまな形状の切断対象物（主にステンレス鋼）に対し、切断作業の自由度が高く、遠隔操作での高効率な切断を実現できる。
- ・ 切断時に発生する二次廃棄物が少ない。

次に遠隔操作装置は、解体作業エリア内での装置の搬入、設置、運転および保守を行うために使用され、遠隔操作可能なクレーンおよびマニピュレーターにより構成される。

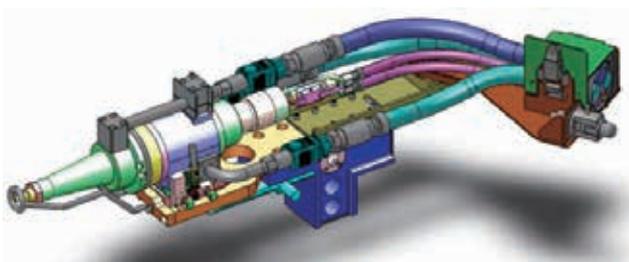
解体作業エリアは、非常に限られた作業スペースしかなく、その限られたスペースの中で、ガラス溶融炉へのアクセス性および作業性の向上を図る必要があった。そのため、解体作業エリアには、単腕の電動マニピュレーターアームを複数配置した。

遠隔操作装置による作業性を考慮した設備開発

遠隔操作装置を使用した作業には、さまざまな困難が伴う。

たとえば、フランジ付配管交換のような作業一つとっても、

- ①フランジボルトを緩める



レーザー切断装置外観



ガラス溶融炉外観



天井クレーン付マニピュレーターアーム



自立式マニピュレーターアーム

- ②古いフランジ付き配管とボルトを受け側フランジから取り外し、搬送する
 - ③古いナットとガスケットを取り外し、搬送する
 - ④新しいナットとガスケットを搬送し、所定の位置に取り付ける
 - ⑤新しいフランジ付き配管とボルトを搬送し、所定の位置に取り付ける
 - ⑥ボルトを締め付ける
- という作業ステップに分けることができる。

人手による作業ではさしたる困難はないが、遠隔操作では各作業ステップにおいて、

- ・作業の様子、遠隔操作装置とハンドリング対象物（フランジ付き配管、ボルト、ナット、ガスケットが該当）の位置関係をカメラで確認できること（視認性）
 - ・遠隔操作装置およびハンドリング対象物が、他設備、機器などと干渉することなく施設内で移動できること（動線・ハンドリング）
 - ・遠隔操作装置で、ハンドリング対象物を容易に取り外し、また取り付けられること（脱着性）
- などの条件をクリアする必要がある。

加えて本解体設備では、装置の搬入・設置および、運転・保守作業のすべてを遠隔操作で実施する必要があった。

これらを踏まえ本設備には、遠隔操作が必要となる設備固有の構造・手順・配置に関する工夫が盛り込まれている。

さらに、各装置の設計と併せて、遠隔操作に関するさまざまな検証を行うことで、遠隔操作性のさらなる向上を図っている。

以下に、その検証の一部を紹介する。

【設計段階での検証】

まず、想定されるすべての遠隔操作について、3D-CAD を用いた遠隔操作シミュレーションを行っている。シミュレーションでは、遠隔操作装置の動作や操作に用いる監視カメラの視野などを再現し、遠隔操作に適した装置構造の妥当性を検証している。

【試運転による検証】

加えて、実機または模擬体を用いたモックアップ試験による検証を実施することで、検証の確度を向上させている。

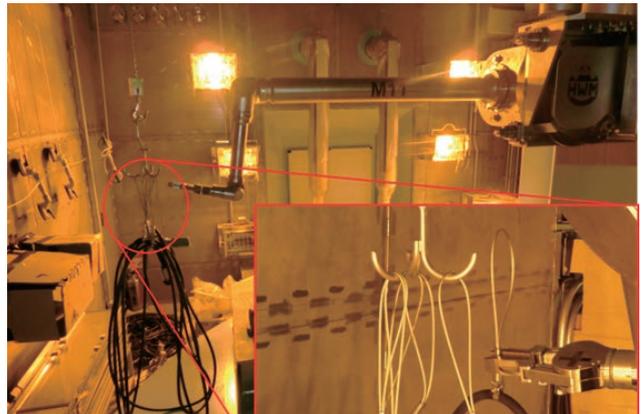
今回の導入工事では、日本原燃の実規模モックアッ

プ施設にて、製作した装置を用いて各遠隔操作を実際に行い、遠隔操作性の最終検証を実施した。

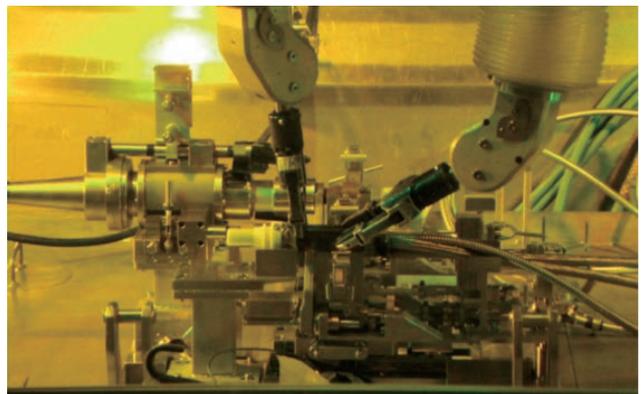
これらの入念な検証作業を経ることで、遠隔操作による本設備の現場への導入工事を大きなトラブルなく完工することができた。



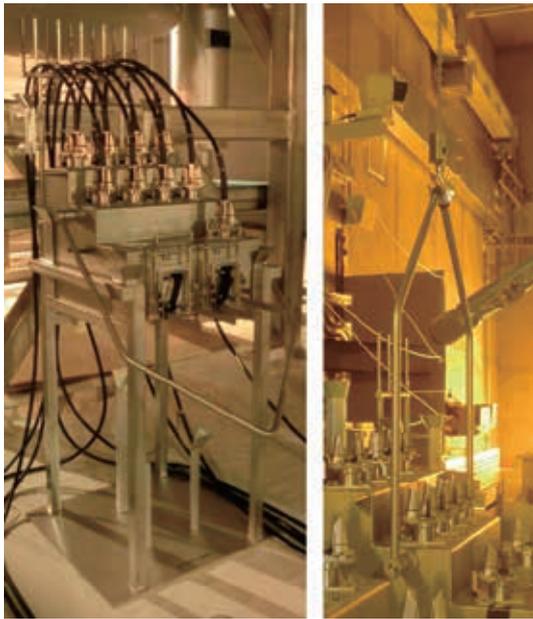
3D-CAD を用いた遠隔操作シミュレーション



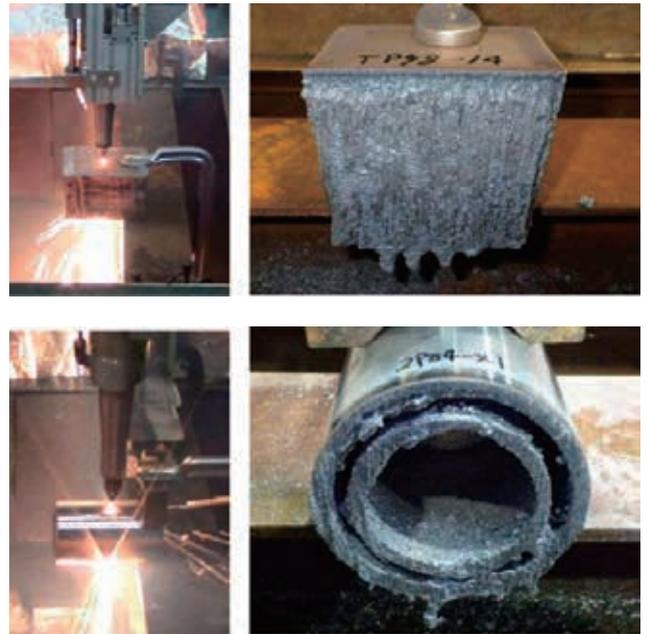
ホイストフックおよびマニピュレーターによるケーブル敷設作業（モックアップ施設にて）



接続治具による、光ファイバーおよびレーザーヘッドの接続作業



中継端子箱
(左：全体、右：吊金物にホイストフックを掛けた状態)



レーザー切断装置によるガラス溶融炉部材の切断試験
(上：ステンレス製厚板、下：インコネル製二重管)

レーザー切断装置の開発

本解体設備に適用したレーザー切断装置は、既存の高出力ファイバーレーザー切断装置をベースに、高放射線環境下であることはもとより、特殊な作業環境を考慮したさまざまな開発および実証試験を経て誕生した。

以下に本レーザー切断装置の特徴を紹介する。

まず、本切断装置のレーザーヘッド部は、徹底的な軽量化・スリム化を図った。これにより、マニピュレーターアームによるスムーズなレーザーヘッドの遠隔操作が実現できる。

また、レーザーヘッドに接続される複数のケーブル・ホースは、遠隔操作の妨げになり得る。そのため、これらケーブル・ホースのルーティングについて入念な検証作業を経て、本解体設備向けの最適化を図った。

さらに、切断時のレーザー光により、切断対象物以外の施設内構造物を損傷させることのないよう、レーザー光の熱影響範囲を考慮した安全インターロック機能を付加した。

これらの特徴により、スムーズな遠隔操作で、安全かつ高効率なガラス溶融炉解体作業を実現することができる。

今後の展望

今回のガラス溶融炉解体設備導入工事は、全遠隔操作による非常に難しい工事であったが、遠隔操作を考慮した工夫や、入念な検証を行うことで、大きなトラブルもなく無事完工することができた。

今後は、実機ガラス溶融炉解体作業の成功に向けた運転支援を行っていく。また、今回の工事で得られた知見や教訓を活かし、施設内で遠隔操作が必要な各種作業のさらなる操作性向上や作業効率の改善を図り、再処理施設の安定運転に貢献していく。

さらに、本工事のように人の立ち入れない高放射線環境下での遠隔解体技術は、福島第一原子力発電所をはじめとする廃炉事業においても多くのニーズが期待されるものである。このニーズに応えるべく、今後本技術を活かした廃炉事業への展開も図っていきたい。

問い合わせ先

株式会社 IHI

原子力セクター システム設計部

電話 (045) 759-2664

URL : www.ihico.jp/