

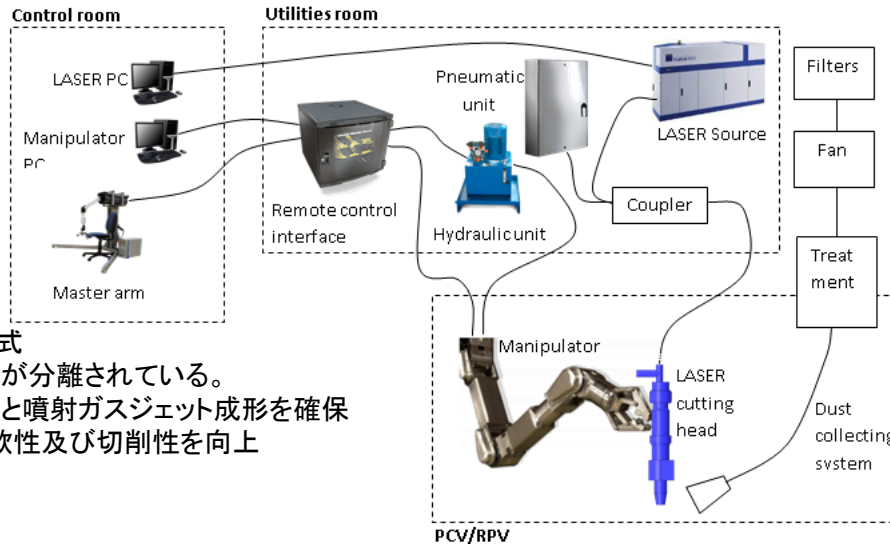
## 目的と目標

高出力レーザー技術は高い切削性があり、PCV/RPV内の燃料切削に対し非常に有効である。また、他の熱的切削技法より二次廃棄物が少なく、**粉塵等の生成も限定的**である。さらに、**自動化も容易**で、高放射線下での遠隔操作マニピュレータ作業に使用することができる。現在、レーザー切削は、特に遠隔操作が必須である場合に、様々な原子力施設で使用されており、また原子炉廃炉措置で使用され始めている。本F/Sの目的は燃料デブリ取出しに向けて開発した作業方法及び関連技術の**適用性を評価**することである。

## 事業の概要と特徴

提案する高出力レーザー技術は、異なるソース (Nd YAG、ファイバ、ディスク) から得られる $\sim 1\mu\text{m}$ の波長に適用する。波長が異なっても、適用に際し、以下の点は同様である。

- マルチキロワット出力の連続波レーザー発振器からのレーザービームは光ファイバにより伝送される。
- レーザービーム搬送装置は光結合器で接続された1つ以上の光ファイバで構成されている
- レーザートーチ交換用搬送機/マニピュレータ
- 装置制御機能ユティリティー式
- ホットゾーンとコールドゾーンが分離されている。
- レーザートーチはレーザービームと噴射ガスジェット成形を確保
- 特殊光学構造のトーチで柔軟性及び切削性を向上



CEAの特許に基づく2つのトーチ設計を適用予定:

- ガス冷却・噴射ガスによる空気トーチ。気中切削向け。
  - 水冷・及びビーム保護による水トーチ。気中及び水中切削に使用可能。
- 本プロジェクトでは、CEAの以下の強みを活かして模擬燃料デブリのレーザー切削適用性を切削試験で実証することに重点を置いている。
- VULCANO施設**では切削試験の模擬燃料デブリとして使用する燃料デブリサンプルを保有。
  - 切削試験を実施する**CELENA レーザ切削施設**
- 本プロジェクトでは遠隔操作及び廃炉における**ONETのレーザー使用の豊富な経験**を活かし、**レーザー切削の遠隔適用**及びRPV/PCV内での切削方法に重点を置いている。



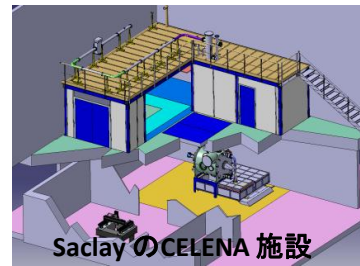
Vulcanoのサンプル



溶解槽のレーザー切削



遠隔レーザー切削



SaclayのCELENA施設

## 得られた成果

### レーザー試験結果

本検討における主要な目的の一つとして、模擬燃料デブリの挙動評価を目的とする模擬燃料デブリに対するレーザー切削の試験の実施がある。

- 炉内外の燃料デブリに相当する使用可能なサンプルから3つの模擬体を特定・選定した。
  - 切削試験フェーズ1を実施し、供給された模擬体に対するレーザー切削性能が高いことを確認。(8kWレーザーで100mmまでの厚板模擬体の切削が可能)
  - 切削試験フェーズ2では、スタンドオフ、ガス圧力、照射角度効果及び始動条件の影響を評価し、燃料デブリの塊から小片の燃料デブリを切り取り可能であることを実証した。
- この結果により、切削パラメータが関連する範囲における燃料デブリ模擬材料の挙動に関する知識が得られ、切削性が向上する(特に未貫通切削)詳細設計の提案につながった。

### 集塵システムの結果

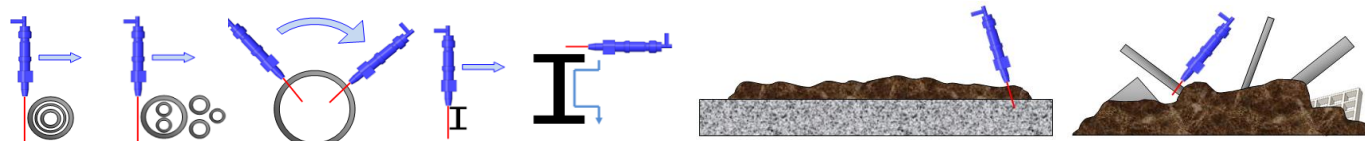
レーザー切削中に発生する粉塵・煙の評価を実施した。これらの検討の結果により、レーザー切削中のエアロゾルの粒度分布及びその発生量の予測を得ることができた。本予測は、埃及びヒュームの発生源における捕集設備から全体換気システムまでの提案に使用された。粉塵・煙の捕集・処理の実現可能性を確認するため各システムの効率及び関連する予備概念を決定した。

### 耐放射線に関する成果

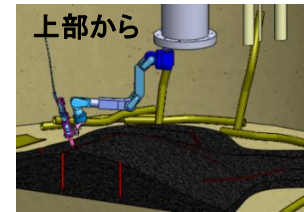
光ファイバ等のレーザー特有のコンポーネントの耐放射線性の検討を実施した。主な成果として、ファイバの損失増大について、照射により減衰が生じることが分かった。検討では、2MGyの累積線量及び10 kGy/hの線量率はファイバ損失を受容制限まで減少させることが分かった。しかし、ファイバの適用・改善は可能であり、実現可能性は高いと思われる。他の材料に関しても、マニピュレータに重点を置き、耐放射線性を評価した。

### 現場適用に関する成果

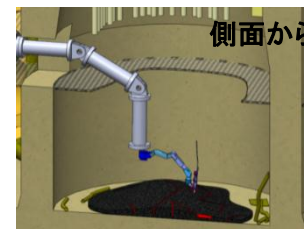
1Fの事故炉適用に必要な全機能及び制限を設定した。これらの検討により、RPV上部又はPCV側面からアクセスする燃料デブリ切削の2つのシナリオ提案した。これらのシナリオはレーザー切削性能に関連して実施するメインの切削作業の詳細(炉内構造物を含む)を含む。現場適用の検討は原子炉建屋内に設置する機器の可能なレイアウト、メンテナンスの必要性及び設置方針を含む。



レーザー切削結果



上部から



側面から

## 今後に向けた課題

現場適用のための主な2つの課題は以下のとおり。

- 気中技術においてはマニピュレータ及び光ファイバの耐放射線性。
  - レーザートーチの詳細設計の開発と未貫通切削の切削性の改善。
- その他の課題:
- エアロゾル生成及び捕集必要性の確認
  - RPV/PCVの密集した環境に対する知識
  - 現場実施前の試験を支援する放射性燃料デブリの製作及びサンプリング