

目的と目標

【目的】
 デブリ切削技術を多様化するため、切削能力の高いレーザー切断と、安全性の高い液体窒素切断(NitroJet®切断)の実現可能性検討を行う。

【目標】
 ・システム構築と機材仕様検討を通じて、実現のための**技術課題等を抽出**すること
 ・**レーザーによるジルコニウム切断安全性と模擬デブリ切断性が両立**できること、**NitroJet®による高硬度材料切断性能が確認**できること

事業の概要と特長

【検討項目】

- ①提案技術実現のための基本計画**
 ・切断システム、集塵システム構築
 ・システム構成機材仕様設定
 ・各種材料の切断試験
- ②現場適用に向けた検討**
 ・実現に向けた課題抽出と課題解決策立案
- ③提案技術実現のための工程、体制及び費用検討**
 ・装置開発から現地適用までの工程、体制及び費用検討

【本事業における切断技術】

レーザー切断

NitroJet®切断

【本事業での注力点と強み】

- ✓ デブリ取出し実現のため、デブリ切削技術の多様化(速く、安全に切削する技術へのチャレンジ)
- ✓ より現場適用が可能なレベルに近づけるため、切断試験実施に注力(デブリ性状が不明な状況下で切削する状況を想定)
- ✓ 高放射線環境下での廃棄物解体装置として納入実績がある、遠隔気中レーザー切断技術に基づいた現実的な検討

得られた成果

(1) 切断システム
 レーザ切断およびNitroJet®切断システムのシステム構成、機材主要仕様を設定した。

(2) 集塵システム
 局所集塵装置を換気設備と統合することにより、システム単純化とデブリ切削作業時の操作性向上、汚染拡大低減等につながる結論を得た。
 また、レーザー切断に伴うヒューム等を換気設備で処理するためのシステム構成、必要な処理方式を設定した。

(3) 遠隔操作性検討
 代替工法として垂直工法と側面工法の2つの工法を対象に、レーザー切断装置の遠隔操作性検討を実施した(図1,2)。

図1 垂直工法におけるレーザー切断作業イメージ

図2 側面工法におけるレーザー切断作業イメージ

・レーザー切断
 全試験材料に対して、レーザー切断が可能であることを確認した。
 (ジルコニウム安全切断条件範囲内)

・NitroJet®切断
 全試験材料に対して、NitroJet®切断が可能であることを確認した。

図5 切断試験結果(例)
 (左)レーザー切断(NCF600)、(右)NitroJet®切断(Zr)

切断技術	切断材料	確認項目	結果
レーザー	①Zr	水-Zr連続反応が起きないこと、水素濃度が許容値以下であることの確立	○ (確認)
	②NCF600	①とNCF600切断の両立性確認	○ (確認)
	③Al ₂ O ₃ 白・象牙	①とAl ₂ O ₃ 切断の両立性確認	○ (確認)
	④ZrO ₂ ステアタイト	切断可能性の確認	○ (切断可能)
NitroJet®	⑤NCF600	難切削材の切断性能	○ (切断可能)
	⑥Zr	⑤とZr切断の両立性確認	○ (確認)
	⑦ZrO ₂ Al ₂ O ₃ 白・象牙、ステアタイト	切断可能性の確認	○ (切断可能)

(4) 切断試験
 切断試験材料として、ビッカース硬さと融点から燃料デブリを模擬する試験材料を選定した(表1)。

<試験結果>(表2)
・ジルコニウム切断安全性
 レーザによりジルコニウムを切断する際、連続的な水-ジルコニウム反応が生じず、RPV内の水素濃度が爆発限界とならない切断条件を確認した(図3,4)。

想定する部位	試験材料	硬さ (GPa)	融点 (°C)
炉内構造物 (難切削材)	NCF600	1.8	1,370~1,410
	ステアタイト	5.8	1,300~
燃料デブリ (硬い材料)	ZrO ₂	10.7	2,720
	Al ₂ O ₃ 白	12.3	2,050
	Al ₂ O ₃ 象牙	17.2	2,050
被覆管	Zr	0.9	1,850

図3 発生水素濃度計測試験状況

図4 ジルコニウム切断時の給水状況(例)

今後に向けた課題

現場適用および提案技術実現の観点から、抽出した課題や解決方法を示す。

No.	現場状況確認に対する課題
1	オペフロ、建屋1階への切削機器設置のための スペース配分調整 が必要
2	各階間の配線スペースなど、切削機器と取合うシステム等のケーブルルーティング検討が必要
3	ペDESTAL部が狭く、PCV開口部が小さいと想定されることから、 光ファイバ等の挿入方法検討 が必要

No.	技術課題	解決方法
1	光ファイバの耐放射線性能確認	耐放射線性試験の実施(〜2MGy)
2	現場適用に向け、 気中・水中両方を想定 したレーザー切断試験	以下を確認するための気中・水中レーザー切断試験の実施 ・厚板からの切り出し ・更なるレーザーの活用(高出力・パルス) ・燃料デブリ到達までの構造物切断手法 ・被切削物凹凸面への追従性改善 ・小型レーザー加工ヘッドの適用
3	現場適用に向けたNitroJet®切断試験	NitroJet®切断のパラメータ試験実施。 ・ホイップチューブ延長による影響確認 ・スタンドオフ裕度の確認
4	遠隔セットアップ・操作・保守方法 の検証	各種遠隔操作機器や遠隔治工具を用いたモックアップ試験の実施(現地搬入前)