

代替工法のための視覚・計測技術の実現可能性検討事業 <株式会社フジクラ>

目的と目標

燃料デブリ取り出し代替工法のための高放射線線量環境下においても使用可能な視覚化機材の実用化を目的として開発検討を行う。

本補助事業においては、純粋石英ガラスを用いたイメージファイバは、高い耐放射線特性を有することから、石英ガラス光ファイバ製造技術を応用して、燃料デブリ取り出しに求められる2MGy以上の高い放射線耐久性を有するファイバスコープを開発するための基礎検証作業を行う。また、石英ガラスイメージファイバの短所を補うものとして高解像度・高可撓性を有し、かつ伝送路の長尺化も容易なファイバレイ型スキャンイメージングシステムの実現性に関する設計検証を実施する。

事業の概要と特長

高放射線環境下における視覚技術の実現へ向けて、3つのテーマで可能性検討を実施する。

- A. 高OH基含有純粋石英ガラスイメージファイバを用いた近赤外領域での観察における放射線耐久性の検証
 - B. フッ素ドーピング純粋石英ガラスコア・イメージファイバの開発検討とその耐放射線特性の検証
 - C. 光ファイバアレイを用いた高解像・高可撓性イメージングシステムの検証
- ・テーマA: 石英ガラスファイバは、高い耐放射線性を有するが、特に近赤外域では伝送特性の劣化の影響が少ない領域となる。この特性を活かし、近赤外域を用いた観察で2MGy以上の放射線照射に耐え得る高耐久ファイバスコープの実現を目指す。
- ・テーマB: 石英ガラスに微量のフッ素を添加することで、光ファイバの耐放射線特性が大きく改善される。光通信用ファイバでは既に実用化しているが、この技術を画像伝送用のイメージファイバに展開し、可視領域での高耐放射線性ファイバスコープの実現を目指す。

得られた成果

今年度の事業では、イメージファイバのガンマ線照射試験を実施し、伝送画像の観察と伝送特性の計測を行って、放射線照射に対する耐久性に評価を行い、2MGyの累積線量レベルに対するファイバスコープの実現可能性の検証を行った。

1. 照射試験用サンプルファイバ試作

照射試験用イメージファイバの設計と試作を行った。照射試験実施環境により、試験用イメージファイバは照射部を20mとして全長で100mが必要となる。また線量率10kGy/hrを得るためにはイメージファイバをR100mmの小径に束ねる必要がある。この条件から、今回の照射試験に供するファイバを画素数6000画素として設計、試作を行った。

試験用ファイバとして、近赤外観察用高OH基含有コアと、可視光観察を目的としたフッ素ドーピングコアの2種類で、それぞれ100m長のイメージファイバを製作した。

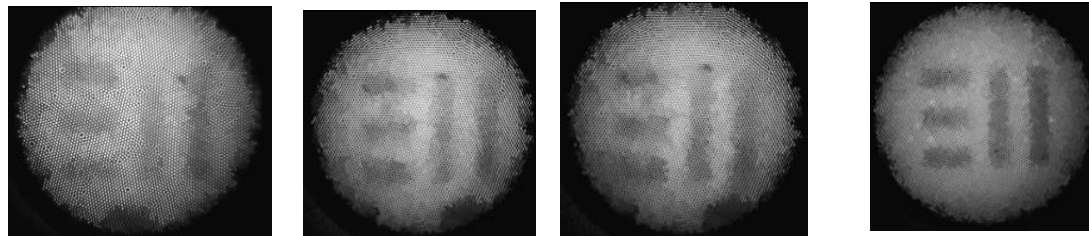
2. ガンマ線照射試験(2015年4月13日～4月23日)

線量率10kGy/hrで累積2MGy(200時間)まで照射試験を実施した。ファイバのガンマ線照射部は100mの中間部20m。ガンマ線を連続照射しながら、伝送画像と伝送特性のデータを取得した。

3. 照射試験結果

1) 近赤外観察画像(高OH含有石英コアファイバ)

波長800nm～1000nmの近赤外域での伝送画像試験では、2MGy照射後もイメージファイバの伝送画像に劣化は見られなかった。ファイバの透過特性もガンマ線照射による吸収欠陥は近赤外域で影響がないことを確認した。



初期 1MGy後 2MGy後 2MGy後(20m)

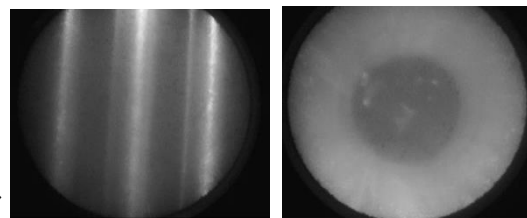
観察を行った近赤外域は可視光に比べて波長が長く、100mの長尺では画像の滲み(コントラスト低下)が生じた。ファイバ長20mでは良好な画質が得られており、波長に適した設計により長尺伝送用ファイバを製作することが可能である。

4. まとめ

近赤外を利用した視覚化検討では、従来型の耐放射線イメージファイバで2MGy照射後で劣化の無い非常に高い耐久性を有することを実証した。たとえば観察対象が金属機構物、金属配管内部などであれば、対象物の視認、状態確認に十分利用できるものであると考えられる。

3万画素ファイバスコープによる近赤外でのSUSパイプ外観、および配管内面観察の画像例を右に示します。

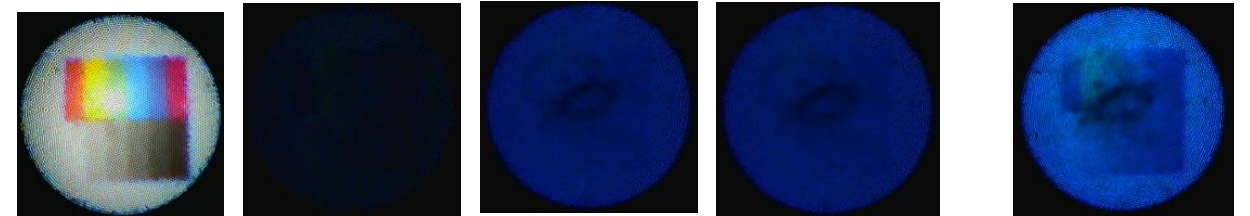
近赤外観察画像(3万画素)



SUSパイプ(3本) SUS配管内面

2) 可視光観察画像(フッ素ドーピング石英コアファイバ)

可視光伝送画像観察の結果、試験ファイバは短時間で劣化が確認された。従来の高OH含有タイプに比較して伝送特性の劣化は大幅に改善されているが、画像観察の目的には十分な改善効果は得られなかった。照明の照度を上げることで画像認識はできるが、全体に暗く特に青、赤の色の劣化が目立つ結果となった。



初期 10Kgy後 1MGy後 2MGy後 2MGy後(照度アップ)

今後に向けた課題

照射試験結果より、可視光/近赤外光それぞれの視覚化技術の実用化に向けた検討を進める。

- 1. 近赤外の波長に合わせたイメージファイバの設計とファイバの高画素化、長尺化の検討を進める。ターゲットを50m、100mとし、それぞれ画素数の最大化、およびファイバ接続技術の開発が課題となる。
- 2. 可視域観察のファイバ耐性向上を目指し、フッ素ドーピング量の最適化や、フッ素以外の他のドーピング材の効果の検討を行ない、可視光での視覚化耐久性向上を目指す。
- 3. 現場導入に向けたファイバスコープ視覚化システムの構築に向けては、ファイバスコープ単体の開発の他に、画像観察システム、スコープの搬送、駆動系などを含めた機構設計、開発が課題となる。協力パートナーとの協業を含め、検討していく。