

審査の結果の要旨

論文題目 光技術を用いた原子力計測の研究

論文提出者 木村 敦

光の通信手段としてポピュラーな光ファイバーをセンサーとしても用いることを光ファイバーセンサー或いはセンシングと言う。光ファイバーは軽く、絶縁性もよく、勿論電磁雑音にも強く、光信号の高帯域性に使えるなど秀れた素材であり、この光ファイバーにレーザー光を通過させて光ファイバー内での散乱吸収、干渉現象を用いた光ファイバーセンサーは、多くの応用がなされ始めている。温度分布とか、ストレス・歪の測定や、イメージングなどの監視分野でよく利用されており、大型の橋の振動測定に利用したい、高速道トンネル内の火災報知用、大型ビルの歪測定などに利用されているが、これを原子炉計測に応用しようというのが本論文の目的であり、この場合放射線に対する光ファイバーの照射挙動が中心的課題となる。

本論文は5章と2つの付録より構成されている。

第1章は序論で、本研究の目的、意義についてまとめ、本研究の内容について述べており、ラマン散乱型温度分布センサー (RDTS)、イメージングガイド (IG) 及び光ファイバースラッググレーティング (FBG) について扱うとしている。

第2章は放射線環境下での光ファイバーの挙動についてであり、まずは放射線によって光ファイバー内にできるカラーセンターによる光の伝達損失の増加について実験データを含めて知見をまとめている。純粋石英中に生ずるカラーセンターについて基本的に詳述し、それを基に放射線に強いファイバーの作成の現状について説明している。まずは光ファイバー製造プロセス上、カラーセンターの前駆体となるような初期の不完全構造を排除するような光ファイバーの製作方法をあげている。次に、 SiO_2 結合の切断により生成されたカラーセンターを不純物と結合させて、その効果を下げる方法として、以前から用いられている OH 基を添加する方法と、1990年代に開発されたフッ素をコア中に拡散させる方法を挙げている。最近開発されたこのフッ素ドーピングの方法により、実際に、光ファイバを原子炉に使えるようになったと言える。このカラーセンターの放射線による時間的挙動や線量率依存性についてまとめているほか、発光現象についても説明している。

第3章はラマン散乱型温度分布センサーの原子力プラントへの適用について述べている。ラマン散乱法の原理と温度計測アルゴリズム、システム構成、放射線による伝達損失の影響とその補正法についてまず示した後、核燃料サイクル開発機構の高速実験炉「常陽」の一次配管系での測定実験を行ってみせている。次に東大「弥生」炉での使用例も示し、放射線環境下での実際の原子炉への適用を示した。このような実験を通じて実際上の測定誤差、特に光ファイバーを測定対象の機器に接着する際の誤差について説明している。

第4章はイメージガイドの放射線環境下への利用についての基礎実験であり、可視光を用いたイメージガイドでは、青色系の光伝達損失が増えるので、その補正の必要があり、それを補正すれば、 $1.6 \times 10^8 R$ まで使用可能であることを示している。これに対し赤外線を用いたイメージガイドでは可視光ファイバーの2倍もの放射線量までもつことを示している。また、イメージガイドの寿命評価を行ない、原子力プラントへの適用も充分可能とまとめている。

第5章は結論であり、光ファイバーやセンサーを温度計測や監視用の原子炉計測系として適用することの可能性の確認が行われたとまとめている。また、今後は、更に歪測定への適用や付録にまとめた新方式の光ファイバーブラッググレーティング (FBG) の予備実験結果を計測システムとして検討することなどが課題として挙げられている。もう1つの付録では、従来方式の核分裂計数管による原子炉出力計の感度校正について内臓のアルファ線を用いる方法で特許を取得した成果についてまとめている。

本論文は、光ファイバーセンサーを原子炉計測系に包括的に使用することを目的とした独創性に富んだアイデアに基いた多くの実験結果を示しており、原子炉計測やシステム量子工学の新しい展開に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。