

令和 3 年 2 月 1 9 日

1. 報告者

氏名（フリガナ）	杉田 幸（スギタ ツカサ）
生年月日（年齢）	昭和 6 1 年 9 月 1 3 日（3 4 歳）
所属機関名	東芝エネルギーシステムズ株式会社

※年齢は令和 3 年 3 月 11 日現在

2. 研究内容

研究テーマ	宇宙線ミュオンによる核物質検知
研究分野	原子力災害／復旧・復興
研究概要（要約）	
宇宙線の一種であるミュオンを用いて、建屋や容器などの構造物内部に含まれる核物質を非接触で検知する技術の開発を行っている。研究用の臨界集合体内に設置した小型炉心を測定することで、構造物に遮られた核物質を画像化できることを実証した。この技術を応用することにより、福島第一原子力発電所の廃炉作業の促進や、核物質防護、核セキュリティへの貢献が期待される。	
研究の背景	
東日本大震災にともなう福島第一原子力発電所の事故では核燃料が溶融し、圧力容器の外部へ漏洩したと考えられる。廃炉作業の促進のためには、核燃料の所在を適切に把握し、管理することが重要となるが、核燃料は高い放射能を持ち、その多くが溶融時に他の物質と混合したため、直接計測することは困難をとまなう。本研究は構造物の内部に含まれる核物質の検知を行う技術として開発が行われている。	

具体的内容

宇宙線ミュオンは、高いエネルギーを持つ荷電粒子であり、数メートルのコンクリートを透過するほどの高い透過力を持つ。宇宙線ミュオンを用いたミュオン散乱法は、米国ロスアラモス国立研究所(LANL)で開発され、ミュオンが物質中を透過する際に生じる散乱を測定し、その分布を解析することで、貨物等の内部に隠された核兵器等を検知することを目的として開発された。

本研究は、福島第一原子力発電内部の核物質の検知を想定して、建物や構造物の内部に含まれる核燃料を遠隔的に検知する技術の実現のために、LANL との共同研究として実施された。原子炉内部の核燃料が建屋外部から検知可能であることを実証するために、東芝臨界実験装置(NCA)の小型タンク内に、二酸化ウラン燃料を用いた模擬的な炉心を作成し、鉄やコンクリート壁に遮られた内部構造を画像化する実証試験を行った[1]。従来のミュオン散乱法は上空から地上に降り注ぐミュオンを測定するため、測定対象の上部に検出器を設置していたが、建造物等の大型の測定対象に対しては上部に検出器を設置することが困難であるため、事前検討として水平方向に近いミュオンによる散乱が検知できることを確認した[2]。次に、構造物内部の核物質検知の実証試験として、図1に示すような測定体系を設定し、構造物を透過するミュオンの散乱を測定する試験を行った。測定されたミュオン散乱の情報から燃料の配置を再構成した結果、測定領域内の三次元的な透過画像が作成された。解析結果から燃料の位置や形状および、中心の空洞部分までが画像化され、障害物として設置した鉄製のブロックなどの配置も確認された。

以上の結果から建物や物質内部に隠された核物質を遠隔で検知、画像化できることが実証された。

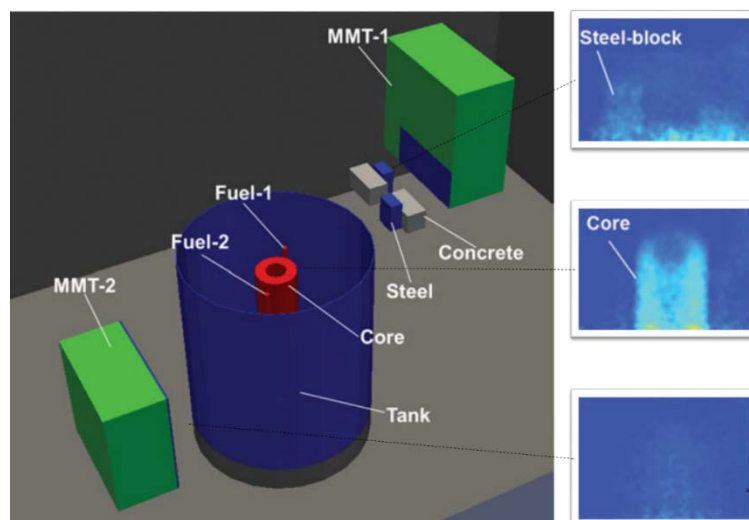


図1 ミュオン散乱法による測定体系および測定結果
(MMT:ミュオン検出器、Tank:炉心タンク、Core:炉心、Fuel:燃料棒、Steel:鉄ブロック、Concrete:コンクリートブロック)

期待される効果

本研究で開発された手法は、核物質の検知手法として、原子炉の廃炉や、核物質の管理および核セキュリティの確保への応用が期待されている。

福島第一原子力発電での廃炉作業においては、核燃料と建屋の構造物が混合した溶融燃料デブリが取り出されることが予定されている。この作業過程において、取り出される廃棄物の中に含まれる核物質を検知する技術は、安全かつ効率的な廃炉作業の促進に有効と考えられる。また、核不拡散の観点から核物質は厳密に管理される必要があるが、本技術を利用することにより、容器内に保管される核物質を開封することなく検査することが可能となる。さらに輸送される貨物中に含まれる核物質を検知する事が可能となる。

本技術は被災地の復興から国際的な核不拡散への貢献に至るまで幅広く応用され得る技術であり、引き続き研究開発を進めて行く予定である。

補足資料

[1]Tsukasa Sugita, Jeffery Bacon, Yuichiro Ban, Konstantin Borozdin, Mikio Izumi, Yoshiji Karino, Naoto Kume, Haruo Miyadera, Shinya Mizokami, Christopher L. Morris, Kohichi Nakayama, Yasuyuki Otsuka, John O. Perry, John Ramsey, Yuji Sano, Daichi Yamada, Noriyuki Yoshida and Kenichi Yoshioka, “Cosmic-ray muon radiography of UO₂ fuel assembly”, Journal of Nuclear Science and Technology, Volume 51, 1024-1031,2014

[2]Christopher L. Morris, Jeffrey Bacon, Konstantin Borozdin, Joseph Fabritius, Haruo Miyadera, John Perry, Tsukasa Sugita, “Horizontal cosmic ray muon radiography for imaging nuclear threats”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 330, 42-46,2014