

## 審査の結果の要旨

氏名 鈴木 ちひろ

本論文は、原子力施設での周辺公衆の防護のためのスカイシャイン評価における線量評価手法の高度化を目的としている。現行のスカイシャイン線量評価手法には、高エネルギー・低線量場での測定、ベンチマーク問題、周辺環境の擾乱効果等の検討に不十分な点があり、考察が不足しているなどの課題を抱えている。本論文は、従来の研究結果をふまえ、これらの課題の解決のための実測及び計算を行い、その知見をまとめてスカイシャイン線量評価の高度化を図ろうとするものである。

第一章は、スカイシャイン線量評価手法の現状と課題について述べた。これまでのスカイシャイン評価研究の流れを整理し、代表的なスカイシャイン源について触れた。そのうえで、スカイシャイン線量評価の現状をまとめ、その課題を指摘し、その解決のための本研究の展開、つまりスカイシャイン線量評価手法の高度化について述べた。

第二章は、スカイシャイン線量の測定評価を目的とした検出器の選定とその特性の評価について述べた。まず、測定の難しい高エネルギー中性子の低線量領域の測定のために大容量液体有機シンチレータを選んだ。合わせて大容量化による高効率化も図った。SCINFUL-QMD モンテカルロ計算により 4–20MeV の領域で応答関数を求め、標準校正場における絶対値校正実験により応答関数を精度良く評価した。

またスカイシャイン放射源の線源強度分布の測定のためにイメージングプレート(IP)を選定した。EGS5 モンテカルロ計算によりエネルギー応答を求め、KEK-PFの単色光子ビームチャンネルによりその検証を行なった。その結果より IP 読取り時のレーザー光、輝尽性蛍光の IP 内部での減衰補正が必要であることを発見し、その補正を加えることにより各段に高い精度の応答特性を得、放射線強度の正確な評価が可能となった。

さらに、BWR 施設から環境に放出される高エネルギーガンマ線の測定のために BGO 検出器を選んだ。EGS5 モンテカルロ計算により 0.5–10 MeV までの応答関数を求め、標準校正場における絶対値校正実験により応答関数を精度良く評価した。本検出器の高エネルギーガンマ線場での有用性は、NaI (Tl) 検出器との応答特性の比較、及び BWR 原子力発電所での実測により示した。これらを含め、スカイシャイン放射線場における BGO 検出器の適用法と有用性について論じた。

第三章は、各種計算コードの精度検証のために実施されたベンチマーク実験とその解析の結果について述べた。高速中性子源炉「弥生」を線源としたスカイシ

ライン線について、ボナー球・レムカウンタを用いた実測と、MCNPX モンテカルロ計算を用いた解析が実施された。計算体系に建屋を模擬した結果、MCNPX による計算値を 5-40m の建屋構造近傍にまで拡張でき、実測値とよく一致させることができるようになった。この実測・計算の方法・手順をベンチマーク解析の手法としてまとめた。

第四章は、スカイシャイン線量評価時の、周辺環境の擾乱要因、(つまり地表面、大気密度、大気中水分密度) と、その効果について述べた。典型的なスカイシャイン線源におけるこれらの効果について、MCNPX による計算によって評価した。まず、地表面(土壌、アスファルト、水、半無限大気)の効果について評価した。この結果、地表面の効果は遠方で一定となることがわかった。細かくは、1MeV の中性子スカイシャインにおいては、従来法(半無限大気)と比較し、水・アスファルトは200m以遠で1.4倍、土壌は300m以遠で1.9倍となることがわかった。662keV のガンマ線スカイシャインは、100m以遠で土壌・アスファルトは1.4倍、水は1.5倍となることがわかった。

次に、大気密度と大気中水分密度の効果を評価した。その結果、従来法では、中性子スカイシャインは施設境界(300m)で常に過大評価(最大2.7倍)となることがわかった。また、ガンマ線スカイシャインは従来法では最大15%の誤差が生じることがわかった。これらの効果を半経験式としてまとめた。

第五章は、特殊な状況でのスカイシャインで、原子力施設のシビアアクシデント時のスカイシャインの特徴をまとめた。冷却材喪失事故でコアメルtdownを想定した。簡単なモデル化ではあるが、事故の進行に伴い、線源(炉心)の位置が変化することとした。これをモンテカルロ法により解析し、線源位置によるスカイシャイン線量の変化を見た。溶融炉心が圧力容器外部、格納容器底部へ移動する最悪の場合、敷地境界におけるスカイシャイン線量は1桁程度増大する。

第六章は、結論である。3つの検出器の応答特性評価により高エネルギー・低線量場での測定評価の高度化が可能となった。中性子スカイシャインベンチマーク問題をここで設定し、施設近傍における精度検証を可能とした。周辺環境の擾乱要因として地表面・大気密度・大気中水分密度の効果を解析しこれらを組み込んだ線量評価を可能とした。これらによりスカイシャイン線量評価手法の高度化が可能となった。

本論文は、スカイシャイン線量の評価手法に実測や理論計算に基づいた新たな考察を加え、その適用法を提示している。これは本論文の重要な成果であり、原子力施設における周辺環境の公衆の被ばく管理の最適化に有効で、工学の進展に寄与するところが少なくない。

以上のことから、本論文は新規性、有用性、学術的価値及び進捗度の観点から審査した結果、本審査は合格と認められる。