

氏名	北 爪 光 幸 きた つめ みつ ゆき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 201 号
学位授与の日付	昭 和 43 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	原 子 炉 内 外 の 放 射 線 空 間 線 量 評 価 法 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主査) 教授 兵藤知典 教授 岐美格 教授 清水 栄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はしゃへい設計のための空間線量の評価法に対する基礎となる、(1)水型原子炉における光中性子束分布の解析、(2)無限板状物質からの捕獲ガンマ線線量率の計算、(3)表面線源法による空間線量の評価、(4)多重層ビルドアップ係数の検討をとりあげている。本論文は6章より構成される。

第1章では現在行なわれている原子炉内外の放射線量の評価法の概要を述べ、その問題点を指摘している。

第2章は水型原子炉における光中性子束分布の解析について述べている。現在までに発表されているスイミングプール型原子炉の水中の熱中性子束分布は、炉心よりの距離が大となると指数関数曲線との差が大となっている。著者はこの現象を、指数関数的に減少しているのは炉心よりの核分裂中性子であり、指数関数との差は、炉心からのガンマ線がプールの水中に含まれている微量の重水素原子核と (γ, n) 反応を行ない発生した光中性子であると考えた。炉心部より放出されるガンマ線を数群に分割し、それぞれにより発生する光中性子束分布を2群拡散近似により求めたところ、今までに発表されている熱中性子束分布とよく一致したことが示されている。

第3章は無限板状物質からの漏えい捕獲ガンマ線の計算法について述べている。板状物質に入射する中性子を速中性子と熱中性子の2群とし、2群拡散理論により無限板状物質中の熱中性子束をあらわす式を求め、この熱中性子により発生するガンマ線の物質透過を計算する式と組合せた。水、鉛、鉄、コンクリート、アルミニウムの板状しゃへい体を考え、著者の導いた式および熱中性子のみの1群拡散近似を用いた式によって計算を行ない、中性子の入射側の面および反対側の面から出てくる捕獲ガンマ線を計算した。水、アルミニウム、コンクリート等の原子番号の小さい物質では、入射中性子を1群の取扱いにするのと、2群の取扱いにするのとではかなりの差があることを示した。

第4章は表面線源法による原子炉周辺の空間線量の評価について述べている。原子力船サバンナ号の二次しゃへい設計に用いられた考えを一般化し、原子炉のような有限の体積を有する放射線源のしゃへいを

設計するため、表面から出て来る放射線の強度分布から二次しゃへいの設計をするための線量またはしゃへい体外の線量を計算する方法について記述している。例として、円筒、角筒、球の表面線源に対する計算式を導いた。つぎにこの方法をスイミングプール型原子炉 HTR の周辺の空間線量分布の計算に適用し、実験値との比較を行ない、両者は30%以内で一致したことが示されている。

第5章は多重層ビルドアップ係数をあらわす式、および実験値、計算値を検討し新しい経験式を導いたことについて述べている。すなわち、異なった物質平板の多重層をガンマ線が透過するときのビルドアップ係数を、それぞれの単一物質のビルドアップ係数から計算するための式が導かれた。この式は多重層の構成が、軽い物質が線源側にある多重層では、かなり良く実験値と一致することを、他の研究者の実験値および新たに著者が行なった、水、鉄および鉛の各層により構成される多重層の ^{60}Co ガンマ線透過実験の結果との比較により示している。

第6章は結語である。各章で示された本研究の結果をとりまとめて示している。

論文審査の結果の要旨

原子炉周辺における放射線量を正しく評価することが原子炉しゃへい設計のため必要である。著者は動力原子炉のように、有限の大きさを持つ強度の極めて大である線源をしゃへいするための基礎的な研究を行なった。

著者は米国オークリッジ国立研究所のスイミングプール型原子炉のプール中の熱中性子束分布を詳細に検討し、炉心からの中性子のみであれば指数関数に近い分布を示すはずであるが、炉心よりおよそ 2m 附近からかなり差があることに気付いた。このことは我が国のスイミングプール型原子炉中の熱中性子束分布にも見られる。この差を炉心よりのガンマ線により水中に微量に存在する重水素原子核から (γ, n) 反応により放出される光中性子の寄与によるものであると考え、炉心ガンマ線については 3 MeV 以上 6 群の減衰計算、中性子については 2 群の拡散近似による計算で実験結果とよく一致する熱中性子束分布を得た。著者は水をしゃへい体とする原子炉では炉心よりおよそ 2m の附近から光中性子の寄与を考えて中性子束分布の計算を行なうべきであることを指摘した。

動力炉の熱しゃへい、生体しゃへいの設計で問題となる捕獲ガンマ線の評価には、従来しゃへい体中における中性子束分布を非常に複雑な計算により求めるか、簡単に熱中性子のみがしゃへい体中に入射するとして計算していた。著者は入射する中性子を高速中性子と熱中性子の 2 群に分け、2 群拡散理論を用いることによりしゃへい体中の中性子束分布の計算精度をあげた。水、コンクリート等のように構成する全部またはその大部分の元素の原子番号が小さいしゃへい体に対しては熱中性子のみ 1 群計算に比べかなり大きいガンマ線量となることを示した。

原子炉周辺の空間線量分布は、原子炉しゃへい設計のために欠くことが出来ない。また二次しゃへい設計のためには、一次しゃへいの周辺の空間線量分布を知ることが必要である。著者は原子力船サバンナ号の設計に用いられた表面線源法を改良して一般化した。著者の計算法は物体表面の線束密度と角度分布を知れば、線源外のすべての点の線量の計算が可能な点に特長がある。著者はこの方法で HTR 原子炉周辺の空間線量分布を計算したところ、実測値とかなり良い一致を見た。

船用原子炉をはじめ動力炉ではしゃへい体は異なる物質の多重層を用いる場合が多い。多重層のガンマ線透過のビルドアップ係数の計算には Broder らにより得られた式が簡単であるが、軽い物質が線源側にある場合には実験値およびモンテカルロ値との一致があまりよくない。著者は Broder の式の右辺に簡単な1項または2項を付け加えることによりさらに高いエネルギーガンマ線に対しても良い精度が得られる式を導いた。

これらの研究はいずれも動力炉用しゃへい体の設計に有用な計算法であり、計算コードとしての試算も行っており、学術上實際上寄与するところが少なくない。

よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。