

Title	中性子輸送理論の原子炉設計上の問題に対する応用
Author(s)	菱田, 久志
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/28946">http://hdl.handle.net/11094/28946</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【 7 】

氏名・(本籍)	菱 田 久 志 ひし だ ひさ し
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 8 2 3 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 12 月 24 日
学位授与の要件	工学研究科原子核工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	中性子輸送理論の原子炉設計上の問題に対する応用
論文審査委員	(主査) 教授 吹田 徳雄 (副査) 教授 佐野 忠雄 教授 桜井 良文 教授 関谷 全 教授 伊藤 博

論 文 内 容 の 要 旨

原子炉設計に必要な中性子の減速拡散現象の記述にボルツマン方程式の近似理論である年令一拡散理論がしばしば用いられている。しかし年令一拡散理論では、正確な中性子分布函数より中性子の速度空間における方向性を平均化した中性子束を取扱うため、境界の近傍（平均自由行程の数倍以内）系内に存在する中性子源及び中性子吸収物体の近傍では上述の年令一拡散理論によって与えられる中性子束に相当の誤差が含まれる。またフェルミ年令理論は多数回の衝突により中性子が減速されるモデルを基にボルツマン方程式より近似されているため、水素原子のように質量数が小さい原子核による中性子の減速過程の記述には全く不適当である。しかし原子炉設計にさいして我々が取り上げねばならない対象は、しばしば種々の複雑な境界を持つうえに、比較的質量数の小さい原子核による減速過程を対象とするため、中性子束の取り扱いに多くの問題点が解決されないまま残されている。さらに年令一拡散理論が適用される系の臨界計算においても、系の非均質性のより正確な取り扱いが問題点として残されている。

ここでは、1) 年令一拡散理論の適用出来ない水素原子を含む系での、連鎖反応理論を正確に組み込んだ時間依存中性子輸送問題の解及び、それより導かれる通常の四因子理論との関連性の考察、2) 非均質系に対するより正確な臨界方程式の解析的取扱い及び、3) 拡散理論の成立しない小型系での中性子角度分布の時間依存性と実験データの解析への応用が残された問題のうち重要であると考えられるので取り上げた。

得られた主な結論は次の通りである。I) 従来得られていなかった水素原子を含む系に対する連鎖形式の時間依存中性子輸送方程式の正確な解を求め、その時間的定常性より必然的に臨界条件を導いた。これより通常の四因子理論が年令一拡散理論の適用出来ない系においても正しいことが示され、

さらに定常状態での中性子スペクトルは  $v_{\alpha} [\alpha = (\Sigma_a(v) - \Sigma_s(v)) / \Sigma_t(v)]$  に比例することが求められた。Ⅱ) 非均質系に対する臨界計算の取り扱いについては、Meetzの方法を熱中性子吸収棒が規則的に排列された周期性境界条件を持つ増倍系について拡張し、得られた結果が物理的に正しいことを示した。Ⅲ) 小型系に対するパルス中性子の減衰定数を、時間依存ボルツマン方程式の  $P_3$  近似解における固有値として求め、系が小型となり系の吸収断面積が増加するほど拡散理論に含まれる誤差が増加することを数値的に示した。さらに、上述の  $P_3$  近似解析によって求めた減衰定数が Begian (M. I. T.)等の実験データとよく一致することより、上述の計算方法に対する信頼性を確認した。

### 論文の審査結果の要旨

本論文は中性子輸送理論の原子炉設計上への応用に関する研究であって、緒論、本論3章および総括よりなっている。

第1章は緒論であって、原子炉設計上必要な中性子の減速、拡散現象の記述にはボルツマン方程式の近似理論である年令拡散理論がよく用いられているが、この近似理論では中性子の速度空間における方向性を平均化しているため、境界の近傍、中性子源および中性子吸収体の近傍では相当の誤差を生じるとともに、水素原子のように質量数の小さい原子核による中性子の減速過程の記述には全く不適当であることを指摘し、著者が年令拡散理論の適用できない増倍系より正確な理論の確立を目指した本論文の主旨を明らかにしている。

第2章は均質連鎖反応系に対する  $n$  群ボルツマン輸送方程式の解に関するものであって、7節よりなっている。すなわちここでは水素原子を含む系に対する連鎖形式の時間依存中性子輸送方程式の正確な解を導き、その時間的定常性より臨界条件を求めている。同時に年令理論が適用されない場合についても通常四因子公式に相当するものが得られることを示している。

第3章は周期性境界条件をもつ非均質系に関する計算であって6節よりなっている。年令拡散理論が適用される系でも非均質性の取り扱いには通常非常な困難を伴う。著者は Meetz の方法を熱中性子吸収体が規則的に排列されている周期性境界条件をもつ増倍系について拡張し、臨界方程式および中性子束分布を求めている。

第4章は小型系にけおる中性子の時間依存拡散問題を取り扱ったもので6節よりなる。従来の時間依存拡散方程式は取り扱いが便利であるが、系の境界近傍のように中性子束の速度空間における方向依存性が重要になるところでは適用できない。従って平均自由行程に対し小型と考えられる系に対してはさらに高いオーダーの近似を行なうことが実験結果の解析上必要になる。著者は実際のデimensionが取り入れられるような三次元で時間依存ボルツマン方程式の  $P_3$ -近似解を求めている。通常の拡散理論による小型系に対するパルス中性子の減衰定数は、系が小型になる程また系の吸収断面積が増加する程、誤差が増加することを数値的に示し、さらに著者の計算が Begian 等の実験結果をよく説明できることを述べている。

第5章は総括であって本論で得た結果をまとめている。

本論文は原子炉設計上重要である水素を含む系に対する連鎖形式の輸送方程式の一般解を与え、また周期性境界条件をもつ増倍系の臨界方程式を求めさらに小型系における中性子の拡散問題に明確な解答を与えている。

以上のように本論文は原子力工学に寄与するところが大きく、博士論文として価値あるものと認める。