【268】

氏　名	小　林　啓　祐 こ　ばやし　けい　すけ
学位の種類	工　学　博　士
学位記番号	論工博第181号
学位授与の日付	昭和42年11月24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	**SOLUTIONS OF NEUTRON GROUP-DIFFUSION EQUATIONS IN NUCLEAR REACTOR THEORY** (原子炉理論に於ける中性子群拡散方程式の解法)
論文調査委員	(主査) 教授 西原　宏　教授 岐美　格　教授 向坂正勝

論文内容の要旨

この論文は原子炉内での中性子束分布の満たす組分け拡散方程式（群拡散方程式ともいう）をできるだけ正確にしかも能率よく解くための数学的および数値解析的方法について著者の行なった研究をまとめたもので8章および附録からなっている。

第1章は序論で，研究の目的と意義が述べられている。

第2章は変分法を用いて輸送方程式から組分け拡散方程式を導びく方法を示したものである。この方法では各組の定数として中性子束とその共役関数との積を重みとして平均した断面積を用いる。その際，十分小さな空間およびエネルギ区間では空間座標とエネルギ変数とが変数分離できるという近似を使った繰返し計算法が提案されている。この方法をウラン・トリウム高速炉に適用した結果は，中性子束のみを重みとする平均断面積を用いた場合に比較して遥かに精度の高い固有値（実効増倍係数）を与える。

第3章は燃料と減速材の格子系における熱中性子の組定数を求める方法を研究したものである。著者は格子系における熱中性子束の微細分布を求めるのに積分形輸送方程式を用い，格子内の2点間の衝突確率とガウスの積分公式によってこの積分方程式を連立1次方程式に変換し，これを数値的に解いている。二酸化ウラン・軽水格子系に対する計算例では，従来の方法に比較して半分以下の分割点数で十分な精度が得られている。

第4章はグリーン関数を用いた1次元組分け拡散方程式の解法を示したものである。1次元拡散方程式を解く通常の計算コードでは，各エネルギ組の拡散方程式を近似的な3点階差式を用いて連立1次方程式に変換して解くようになっている。著者はグリーン関数を使って得られる厳密な3点階差式を平板，円柱および球面座標系に対して導びいている。この厳密な階差式の係数をテーラ級数に展開してはじめの2項だけをとり，また減速および核分裂による中性子源が分割点間で一定であるという近似を行なうと，通常の3点階差式が得られる。著者はさらに，源を2次式で近似し，係数は正確な形のまま用いて，精度が高くしかも数値計算に便利な3点階差式を導びき，ウラン・トリウム高速炉およびウラン・軽水熱中性子炉

についての計算例によって通常の階差式と比較して半分以下の分割点数で十分な精度の得られることを示している。

第５章はグリーンテンソルを用いた１次元組分け拡散方程式の解法を述べたものである。前章の方法は通常の拡散方程式の解法を述べたものである。前章の方法は通常の拡散コードと同様に源の項について繰返し法による逐次近似が行なわれる。この章に示されている方法では，すべてのエネルギ組を一括して求めるので繰返し計算は行なわない。すなわち，原子炉をそれぞれ中性子断面積の一定ないくつかの領域に分け，各領域における組分け拡散方程式のグリーンテンソルを求め，これを用いて，組分け拡散方程式の全体を，境界面における中性子束を未知数とする連立１次方程式に変換して解を求めるのである。各領域内部における中性子束分布は先に得たグリーンテンソルを用いて容易に計算することができる。この方法は階差法にくらべて未知数の数がすくないので計算に要する時間は遥かに短い。しかしエネルギ組数に等しい次数の多項式の根を用いるため，実用上は２組以下でしか用いられない。

第６章は１次元組分け拡散方程式のラプラス変換による解法を研究したものである。各領域における拡散方程式をラプラス変換を用いて解けば，各領域内の中性子束を領域始端の中性子束および中性子流と伝達行列との積の形で表わすことができる。従って多領域炉の場合には，原子炉方程式は炉全体の始端における中性子束および中性子流を未知数とする連立１次方程式に変換される。著者はこの方法が前述のグリーン関数あるいはグリーンテンソルによる解法と同じ結果を与えること，また，中性子束などのラプラス変換を変数の逆数の多項式に展開することによってリー級数法と同じ結果の得られることを示している。

第７章では１次元グリーン関数を用いた２次元組分け拡散方程式の解法が与えられている。すなわち，１次元グリーン関数を用いて２次元拡散方程式をｘ方向およびｙ方向の２組の３点階差方程式に変換してこれを細かい分割点に用い，一方粗い分割点の間の比較的大きい空間でｘとｙについての変数分離ができると仮定し，上記の階差方程式をｘ方向およびｙ方向に交互に解くのである。炉心と反射体とからなるウラン・軽水熱中性子炉についての計算例によれば，通常の５点階差式による２次元コードに比較してすくない分割点で十分な精度が得られ，また計算の所要時間は 1/10 以下に短縮される。

第８章は総括と結論を述べたものである。

附録には計算コードの表などが集録されている。

論文審査の結果の要旨

原子炉の解析および設計には組分け拡散方程式（群拡散方程式ともいう）の数値解が用いられる。電子計算機の発達と平行して組分け拡散方程式の解法について数多くの研究と改良が行なわれて来たが，今日なお所要時間の短縮と精度の向上に対する要求は満たされていない。この論文は著者が上記の要求にこたえるために行なった研究を記述したものであって，特に価値があると認められる内容は次に列挙する通りである。

(1) 格子系における積分形輸送方程式の数値解を求めるのにガウスの積分公式を用い，非常にすくない分割で高い精度を得た。

(2) グリーン関数を用いて，１次元拡散方程式に対する厳密な３点階差方程式を導びき，また通常用いら

れる近似的３点階差式より精度の高い近似的３点階差式を与えた。この式を用いると分割点の数を半分以下に減らすことができる。

(3) グリーンテンソルを用いて１次元拡散方程式を解く方法を見出した。この方法は清水彰直氏の考案した応答行列法と類似の解法であるが，応答行列法が物理的考察から導かれたのに対して著者はグリーン関数の理論を拡散方程式に適用するという数学的方法を用いた。

(4) １次拡散方程式をラプラス変換によって解き，グリーン関数法，グリーンテンソル法およびリー級数法による結果がすべてこの解から導びかれることを示した。

(5) １次元グリーン関数を用いて２次元組分け拡散方程式を解く中性子束合成法を開発し，５点階差式による２次元拡散コードの約 1/10 の短時間で十分な精度の得られることを示した。

(6) 上記の諸法による計算コードを作成した。

この論文に示されている解法のうち，積分形輸送方程式の数値解法はフレドホルム型積分方程式であらわされる問題に，また組分け拡散方程式に対するグリーン関数およびラプラス変換による方法は区分的に連続な係数をもつ連立微分方程式であらわされる問題にひろく応用することができる。

以上述べたように，この論文は原子炉内における中性子束分布を精度よくしかも速かに求めるための数学的および数値解析的方法を研究し，種々の新しい方法を開発し，その有用性を多数の計算例によって立証したものであって，学術上，実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。