

【 19 】

氏 名	朝 岡 卓 見 あさ おか たく み
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 1 2 号
学位授与の日付	昭 和 36 年 12 月 19 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	Determination of the Critical Condition by the Multiple Collision Method (多重衝突法による炉の臨界条件の決定)
論文調査委員	(主 査) 教 授 四手井綱彦 教 授 木村 毅一 教 授 小林 稔

論 文 内 容 の 要 旨

従来、原子炉の臨界条件を導くには、位相空間内での中性子密度の釣り合いをあらわしているボルツマンの輸送方程式を出発点とし、拡散の近似が成立するとして解く方法が一般に採用されている。主論文は、原子炉の臨界条件を導く問題を取り扱ったものであるが、ここでは従来の方法と異なり、位相空間内の1個の中性子に着目し、これのライフサイクルを確率過程として時間的に追っていく方法をとっている。

著者はこの方法でライフサイクルの区切りを、媒質の原子核と中性子との衝突にとり、時間 $t=0$ で位置 $\mathbf{r}_1$ 速度 $\mathbf{v}_1$ の中性子に着目する。この中性子はある時間の間 $\mathbf{v}_1$ で進み、媒質の原子核と衝突して最初のライフサイクルを終える。この衝突の結果、散乱あるいは核分裂による二次中性子が生まれ、第2のライフサイクルがはじまる。このようにして、時刻 t における $d\mathbf{r} d\mathbf{v}$ 中の中性子を見ると、この中には第1、第2、第3……のライフサイクルの中性子がある確率をもって存在することになる。したがって $n_N(\mathbf{r} \cdot \mathbf{v} \cdot t) d\mathbf{r} d\mathbf{v}$ を N 番目のライフサイクルの中性子数とすると、原子炉内の全中性子数は次式で与えられる。

$$n(t) = \sum_{N=1}^{\infty} \int n_N(\mathbf{r} \cdot \mathbf{v} \cdot t) d\mathbf{r} d\mathbf{v}$$

ここで t を無限大にもっていったときの $n(t)$ の動向を調べ、これがゼロになるときは臨界未満、無限大になるときは臨界超過であり、ゼロでないある値に収束するときに臨界であるとしてその条件を求めている。

以上のような基本的な立場に立って臨界条件を求めることを試みるため、有限の厚さの均質板状媒質中で中性子が等方散乱される場合をとり、一群速度で取り扱っている。すなわち時間 $t=0$ で位置 $\mathbf{x}=0$ にあり速度の方向余弦 $\mu=1$ の中性子に着目し、引きつづくライフサイクルを考えると、

$$n_N(t) = \left(\frac{c \Sigma v}{2} \right)^{N-1} \int dt' dt'' \dots dt^{N-1} \int d\mu_2 d\mu_3 \dots d\mu_N e^{-\Sigma v t}$$

となる、ここで c は平均二次中性子数、 Σ は全一括断面積である。無限媒質の場合この積分は簡単に遂行できるが、有限の厚さの場合は、媒質よりもれてでる中性子を除くため、変数の変域に複雑な制限がつき非常に煩雑になり、真の値を求めることは実際上不可能である。これらの点は参考論文その1で検討している。主論文では、この変数変域の制限を不連続因子をつかって入れ、ラプラスの変換を利用して見通しのよい一般的な形で臨界条件を導いている。

臨界条件は無限次元の線型連立方程式で定められる複素関数の最大実数部分をもっている極を見付けることになり、これの第1近似の解が一様分布の中性子に対する臨界条件となり、Placzekの衝突確率により得た臨界条件と一致している。第3近似で、臨界に保つ平均二次中性子数を、すべての厚さの媒質に対し、 10^{-5} 以下の誤差で求めることができた。またこの方法で、媒質内の全中性子数の時間的漸近解が、放射線の透過率と同様な形で求められた。臨界以外の系の漸近行動も臨界条件をつかって求められている。さらに拡散近似との対応により求めた外挿距離は、第3近似までで、媒質の厚さが中性子の平均自由行路の数倍程度以下で、正確な値を与える結果を得ている。以上の結果は著者のモデルの妥当性を示している。

参考論文その1は、主論文の先駆をなす研究であり、同様な立場に立って等方散乱の二次元媒質の場合を予備的に取り扱っている。参考論文その2は、中性子の減速と拡散とをあらわす積分微分方程式を出発点として、二領域熱中性子炉の臨界半径をWiener-Hopfの方法によって計算し、この方法が広く臨界計算に応用できることを示した。参考論文その3は、不均質原子炉の熱中性子利用率の計算が球調和関数をつかって、マトリックス形式で一般的に求め得ることを示し、これを天然ウラン重水炉に応用し、拡散近似によるものと比較している。

論文審査の結果の要旨

主論文は原子炉の臨界条件を導く方法を理論的に取り扱ったものである。従来、炉の臨界条件を導くには、位相空間内での中性子密度の釣り合いをあらわしているボルツマンの輸送方程式を出発点とし、拡散近似が成立するとして解く方法が一般に採用されている。主論文は、この従来の方法と違った立場にたって問題を取り扱ったもので、まず位相空間内の1個の中性子に着目し、これが媒質の原子核と衝突するまでの間を一つのライフサイクルと考え、このライフサイクルを確率過程として時間的に追っていく多重衝突法により、解析的に原子炉の臨界条件を導出することを考えたものである。従来方法は流体力学におけるオイラーの立場であり、著者の方法はラグランジの立場に立つものである。

実際の取り扱い、有限の厚さの均質板状媒質中で中性子が等方散乱される場合を一群速度で行なっている。その結果、臨界条件は無限次元の線型連立方程式で定められる複素関数の極を見付けることにより求められることを示した。また、これを近似的に解き、第1近似の解が一様分布の中性子の臨界条件となり、それがPlaczekの衝突確率より得た臨界条件と一致している。また、臨界の平均二次中性子数を、媒質の種々の厚さに対し、 10^{-5} 以下の誤差で求めることができ、臨界以外の系の中性子数の時間的漸近解も得られている。さらに、拡散近似との対応も調べ、中性子の平均自由行路の数倍以下の厚さの媒質について、正確な外挿距離が求められることを示した。

以上の結果は、著者のモデルの妥当性を示し、この方法が輸送方程式の方法と違って、位置、角度、時間の変数を含んだままで解析的に解いていくことができる点に、大きい発展があり、今後の一般化が期待

できる。

参考論文その 1 は主論文の先駆をなすもので、主論文と同じ立場に立った予備的研究であり、参考論文その 2 は Wiener-Hopf の方法による臨界計算法を検討したもので、その方法が広く臨界計算に利用できる可能性があることを示した。参考論文その 3 は、不均質原子炉の熱中性子利用率が、球調和関数の近似で計算できることを検討したものである。

要するに、朝岡卓見は、原子炉の臨界条件を求める問題を中心として、原子炉物理学の重要かつ興味ある問題を開発し、この研究分野の発展に重要な寄与貢献をしたものであって、原子炉物理学についての豊富な知識とすぐれた研究能力をもつことが認められる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。