

氏名	大田正男 おお た まさ お
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第75号
学位授与の日付	昭和40年12月14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	On the Physical Characteristics of Fast Breeder Reactors (高速増殖炉の物理的特性について)
論文調査委員	(主査) 教授 西原 宏 教授 岐美 格 教授 大石 純

論文内容の要旨

この論文はナトリウムを冷却材とするプルトニウム燃料大型高速中性子炉の物理的特性，特に増殖比およびナトリウム損失反応度，について研究した結果をまとめたもので緒論，3章および結論から成っている。

緒論はこの研究の目的および意義について述べたものである。

第1章は計算の方法を説明したもので，高速中性子炉の物理的特性を数値的に解析する際に注意すべき事項およびこの研究のために著者が作成した KDC-1 用 RNB コードについて記述している。

著者は先ず高精度の結果を得るために輸送方程式の S4 法による数値解析をエネルギー多数組 (16組) で行なったが計算時間が長く実用的でなかった。つぎに著者は S4 法および拡散近似法による少数組計算を試みたが，少数組定数を求める手続が煩雑であるばかりでなく，中性子スペクトルに強く依存するナトリウム損失反応度を評価するには不適當なことが判明した。

そこで著者は多領域多数組解析を短時間で実行し得る計算法を考案し，KDC-1 用 RNB コードを作成した。この方法は中性子束の空間分布を少数項で打切ったテラ級数を近似し，これに領域ごとの中性子保存則を適用したものである。多くの実例について計算した結果，充分の精度が得られたので，第2章以下の研究には専らこのコードが用いられることになった。

第2章は大型高速中性子炉 (以下高速炉という) のナトリウム損失反応度と増殖比について論じたものである。

ナトリウムを冷却材に用いる高速炉では炉内からナトリウムの失なわれる可能性がある。大型のプルトニウム-ウラン高速炉ではその際に正の反応度効果を生ずることがあるので，安全性の上から重要な問題となっている。著者はプルトニウムの酸化物および炭化物を燃料とする炉心容積 3 m^3 の大型炉についてナトリウム損失反応度を検討した結果，つぎのように結論している。

- (1) ウラン 238 の原子密度が等しい場合には酸化物燃料に比較して炭化物燃料のナトリウム損失反応度

効果は負である。

- (2) 中性子のスペクトルの変化および中性子のもれる確率の変化が反応度効果の主な要因である。
- (3) 炉心における燃料の体積比が大きいほど、スペクトル効果がもれの効果より大きくなる。
- (4) 炉心中央部からのナトリウム損失が最も正の側の反応度効果を示し、ブランケット部からの損失は負の反応度効果を示す。
- (5) 炉心におけるプルトニウム対ウランの原子数比が小さいほど反応度効果は正になる。
- (6) もれの大きい炉心構造は反応度効果を負にする。
- (7) プルトニウム-トリウム系はプルトニウム-ウラン系よりもはるかに負の反応度効果を示す。
- (8) 燃焼が進行してもナトリウムの反応度効果はあまり変化しない。一方、増殖比は燃料体積比や配置を変更してもあまり大きな変化をうけないのに対して、プルトニウムの同位体の比率によって非常に大きく変化することが明らかにされた。また増殖比は燃焼によってあまり変化しないので、通常行なわれているように、初期増殖比によって増殖能力を評価して差支えないという結論が得られた。

第3章は燃料の燃焼によって高速炉の物理的特性がどのように変化するかを研究したものであって、得られた結論はつぎの通りである。

- (1) 燃料プルトニウムとして熱中性子炉の使用済み燃料あるいは再生循環燃料から得られる高次同位体含有率の高いプルトニウムを使用する場合、燃焼の進行するにつれてプルトニウム241とプルトニウム239の原子数密度の比は小さくなる。
- (2) 通常の中央炉心構造の高速炉では燃焼の進行とともに実効増倍係数は急激に低下する。この傾向は、ナトリウム損失反応度がより負である場合程著しく、両者に対する要求は互に排他的である。

著者は結論(2)にもとづいて、炉心の内部に数パーセントのプルトニウムを初期装荷した内部ブランケットを設けることを提案している。この構造を用いるとナトリウム損失反応度を増大させることなく、炉の中央部におけるプルトニウムの蓄積によって、高い燃焼度にいたるまで実効増倍係数をほぼ一定に保つことができる。しかも増殖比は他の構造に比べて大きい。

結論は以上の結果を総括したものであるが、著者はさらに中性子に対する断面積の改訂が必要であり、また分裂性物質と親物質の種々の組み合わせについて研究すべきであるとの見解を述べている。

論文審査の結果の要旨

エネルギー資源を有効に利用するためにはウラン238およびトリウム232をそれぞれ分裂性のプルトニウムおよびウランに転換しなければならない。高速中性子炉は増殖比あるいは転換比が熱中性子炉に比べてはるかに大であるため世界的に開発が進められている。しかし従来は系統的な研究がなく、高速中性子炉（以下高速炉という）の物理的特性については未知の問題が非常に多いとされて来た。

著者はナトリウム冷却・プルトニウム燃料高速炉の物理的特性のうちで最も重要とされている増殖比とナトリウム損失反応度について、多数の体系を仮定して系統的な研究を行ない、安全で増殖比の高い高速炉に到達する一応の手段を見出している。また従来あまり注意を払われていなかった燃焼に伴う物理的特性の変化について研究し幾つかの有用な結論を得ている。

この論文の内容のうち特に価値があると認められるものは次の通りである。

- (1) 著者の考案した領域収支法による多数組多領域（一次元）計算コード（RNB コード）は所要時間が短かく、本研究のように多数の例について系統的な数値解析を実行するのに適している。
- (2) ナトリウム損失反応度の主要成分を中性子スペクトルの硬化と炉心からブランケットへの中性子的もれの増加に分解して検討した結果、炉心内での燃料の体積比が大きくまた燃料中のウラン対プルトニウム原子数比が大きいほどナトリウム損失によるスペクトル硬化が著しく、またもれの大きい炉心構造は負の反応度効果をもつことを明かにした。
- (3) 親物質としてトリウムを用いると、ウランを用いる場合に比較して、ナトリウム損失反応度ははるかに負となることを示した。
- (4) 反応度効果について酸化物燃料と炭化物燃料を比較し、炭化物の方が有利であることを明らかにした。
- (5) 燃焼の進行に判なって高速炉の物理的特性がどのように変化して行くかという問題は實際上甚だ重要であるにも拘らず系統的研究がなされていなかった。著者ははじめて増殖比、ナトリウム損失反応度、各領域におけるプルトニウムおよびウラン原子の発生・消滅の割合、および実効増倍係数などの物理的特性が燃焼によってどのように変化するかを明らかにした。
- (6) 燃焼が進行しても実効増倍係数がほとんど変化せずしかもナトリウム反応度の点で安全であり増殖比の高い内部ブランケット構造を見出した。

将来、より正確な中性子断面積が得られ、また著者の実行し得なかった二次元解析による系統的研究が可能となった場合、著者が本論文に示した結論の少なくとも一部は修正されるかも知れない。しかしこの論文に示された研究の方法および結論の大部分は高速中性子炉の開発に役立つものであって学術上、實際上寄与するところが少なくない。したがってこの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。