

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) **公開特許公報(A)**

(11)特許出願公開番号

特開2020-3244

(P2020-3244A)

(43) 公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

G21C 5/20 (2006.01)

G2 1 C 5/20

G21C 5/00 (2006.01)

G2 1 C 5/00

A

G21C 3/60 (2006.01)

G 2 1 C 3/60

G21C 7/00 (2006.01)

G2 1 C 7/00

200

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2018-120445 (P2018-120445)

(22) 出願日 平成30年6月26日 (2018. 6. 26)

(71) 出願人 507250427

日立GEニュークリア・エナジー株式会社
茨城県日立市幸町三丁目1番1号

(74) 代理人 1100000350

ポレール特許業務法人

(72) 発明者 藤村 幸治

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
式会社日立製作所内

(72) 発明者 三輪 順一

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

(54) 【発明の名称】 高速炉の炉心

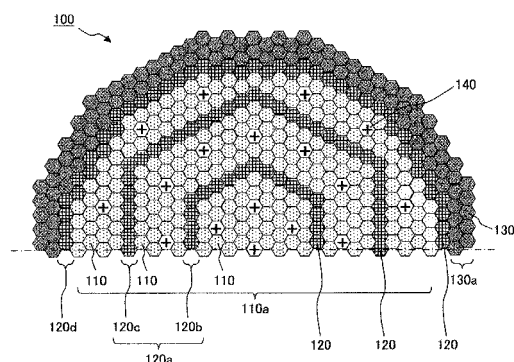
(57) 【要約】

【課題】金属燃料高速炉において、同じ外形サイズの炉心で比較した場合に従来技術の炉心よりも増殖比を向上させた炉心を提供する。

【解決手段】本発明に係る高速炉の炉心は、金属燃料を装荷した炉心燃料集合体が炉心径方向の中央領域に配置された炉心燃料領域と、他の金属燃料を装荷したブランケット燃料集合体が前記炉心燃料領域の内部に周回配置された内部ブランケット燃料領域と、前記ブランケット燃料集合体が前記炉心燃料領域の外周に周回配置された外周ブランケット燃料領域とを有し、前記金属燃料は、UとPuとZrとの合金、またはUとPuとPu以外のTRUとZrとの合金からなり、前記他の金属燃料は、UとZrとの合金からなり、前記他の金属燃料のZr含有率が、前記金属燃料のZr含有率よりも低いことを特徴とする。

【選択図】図 1

图 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高速炉の炉心であって、前記炉心は、
金属燃料を装荷した炉心燃料集合体が炉心径方向の中央領域に集合配置された炉心燃料領域と、
他の金属燃料を装荷したブランケット燃料集合体が前記炉心燃料領域の内部に周回配置された内部ブランケット燃料領域と、
前記ブランケット燃料集合体が前記炉心燃料領域の外周に周回配置された外周ブランケット燃料領域とを有し、
前記金属燃料は、UとPuとZrとの合金、またはUとPuとPu以外の超ウラン元素とZrとの合金
からなり、
前記他の金属燃料は、UとZrとの合金からなり、
前記他の金属燃料のZr含有率が、前記金属燃料のZr含有率よりも低いことを特徴とする高速炉の炉心。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の高速炉の炉心において、
前記内部ブランケット燃料領域は、前記炉心径方向の内側に配置された第 1 内部ブランケット燃料領域と、前記炉心径方向の外側に配置された第 2 内部ブランケット燃料領域とから構成されることを特徴とする高速炉の炉心。

20

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の高速炉の炉心において、
前記金属燃料のZr含有率が10質量%であり、前記他の金属燃料のZr含有率が6質量%であることを特徴とする高速炉の炉心。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の高速炉の炉心において、
前記炉心は、減速材を装荷した制御棒集合体を更に有し、
前記制御棒集合体は、前記炉心燃料領域の内部に配置され、前記内部ブランケット燃料領域の周回上に配置されていないことを特徴とする高速炉の炉心。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の高速炉の炉心において、
前記ブランケット燃料集合体を構成する燃料要素の直径が、前記炉心燃料集合体を構成する燃料要素の直径よりも大きいことを特徴とする高速炉の炉心。

30

【請求項 6】

請求項 5 に記載の高速炉の炉心において、
前記外周ブランケット燃料領域の前記ブランケット燃料集合体を構成する燃料要素の直径が、前記内部ブランケット燃料領域の前記ブランケット燃料集合体を構成する燃料要素の直径よりも大きいことを特徴とする高速炉の炉心。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の高速炉の炉心において、
前記炉心燃料集合体は、装荷された前記金属燃料の炉心軸方向の鉛直上方に前記他の金属燃料からなる軸方向上方ブランケット燃料が更に装荷され、装荷された前記金属燃料の前記炉心軸方向の鉛直下方に前記他の金属燃料からなる軸方向下方ブランケット燃料が更に装荷されていることを特徴とする高速炉の炉心。

40

【請求項 8】

請求項 7 に記載の高速炉の炉心において、
前記ブランケット燃料集合体を構成する燃料要素に装填された前記他の金属燃料の前記炉心軸方向の長さが、前記炉心燃料集合体を構成する燃料要素に装填された前記金属燃料および前記軸方向下方ブランケット燃料の前記炉心軸方向の合計長さよりも短いことを特徴とする高速炉の炉心。

【請求項 9】

50

請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の高速炉の炉心において、
前記炉心は、

前記炉心燃料領域、前記内部ブランケット燃料領域および前記外周ブランケット燃料領域
の炉心軸方向の鉛直上方に中性子遮蔽体が封鎖配置された軸方向上部遮蔽体領域と、
前記炉心燃料領域、前記内部ブランケット燃料領域および前記外周ブランケット燃料領域
の前記炉心軸方向の鉛直下方に中性子遮蔽体が封鎖配置された軸方向下部遮蔽体領域と、
前記外周ブランケット燃料領域の前記炉心径方向の外周に中性子遮蔽体が周回配置された
径方向遮蔽体領域とを更に有することを特徴とする高速炉の炉心。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、金属燃料を用いる高速炉の炉心に関する技術であり、特に増殖性能の向上に
寄与する構成を有する炉心に関するものである。

【背景技術】

【0002】

高速炉は、高速中性子による核分裂を利用する原子炉を言い、当該核分裂の連鎖反応に
よりウラン238（U-238）燃料からプルトニウム239（Pu-239）を生産するものは、しばし
ば高速増殖炉と称される。

【0003】

高速炉の炉心は、通常、径方向の中央部に炉心燃料集合体があり、該炉心燃料集合体の
外周には増殖の役割を果たすブランケット燃料集合体が配置され、最外周には中性子遮蔽
の役割を果たす中性子反射体が配置される。炉心燃料集合体は、出力分布を平坦化するた
め、しばしば内側炉心領域および外側炉心領域の二領域に分けられる。

20

【0004】

高速炉の燃料としては、従来、混合酸化物（MOX）燃料が主に使用されてきたが、近年
では、熱伝導特性や経済性の観点から金属燃料の利用が見直されてきており、種々の研究
開発が行われている。

【0005】

例えば、特許文献1（特開2005-83966）には、金属燃料を使用し、出力分布平坦化のた
めに内側炉心領域と外側炉心領域に区分されている二領域型高速炉において、金属燃料と
してU、PuもしくはPuを主体とするTRU（超ウラン元素）、及びZr（ジルコニウム）からな
る三元合金を使用し、全ての燃料ピンは、燃料のPu富化度が単一で且つピン径も同一であ
って、内側炉心燃料ピンの方が外側炉心燃料ピンよりも金属燃料スラグのZr含有率が大き
な値に設定されていることを特徴とする金属燃料高速炉、が開示されている。

30

【0006】

また、特許文献2（特開2006-226905）には、U及びPuもしくはPuを主体とするTRUから
なる重金属と、該重金属との合金金属とからなる金属燃料を使用し、炉心径方向に複数の
炉心領域に区分され、全ての燃料ピンは燃料のPu富化度およびピン径が同一とされている
金属燃料高速炉炉心において、重金属密度の異なる複数の炉心領域が炉心径方向に確保さ
れており、かつ前記合金金属の含有率及び燃料スミア密度を変化させることにより領域区
分が行われていることを特徴とする金属燃料高速炉炉心、が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2005-83966号公報

【特許文献2】特開2006-226905号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

高速炉の炉心設計では、基本的に電気出力の大きさに応じて、炉心燃料組成、燃料濃縮

50

度および炉心外形サイズ（炉心の径方向サイズと軸方向サイズ）がおおよそ決まり、これらに基づいて燃料体の設計が行われ、その後、発熱量の設計および冷却熱輸送の設計が行われる。

【0009】

高速炉本来の目的である増殖比を増大させるためには、燃料装荷量（特にブランケット燃料の装荷量）の増加が有効である。ただし、ブランケット燃料装荷量の増加を単純に行おうとすると、炉心燃料組成および炉心外形サイズをはじめとして、ほとんど全ての項目の再設計が必要となり、コスト増の要因となる。特に、炉心外形サイズの大型化は、炉心を収容する原子炉容器および冷却系統機器の大型化につながることから、大幅なコスト増を招くという問題が生じる。

10

【0010】

一方、高速炉を商用的に実現するためには、低コスト化の技術開発は最重要課題の一つである。

【0011】

したがって、本発明は、金属燃料高速炉において、同じ外形サイズの炉心で比較した場合に従来技術の炉心よりも増殖比の向上が可能な炉心を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一態様は、高速炉の炉心であって、前記炉心は、金属燃料を装荷した炉心燃料集合体が炉心径方向の中央領域に配置された炉心燃料領域と、他の金属燃料を装荷したブランケット燃料集合体が前記炉心燃料領域の内部に周回配置された内部ブランケット燃料領域と、前記ブランケット燃料集合体が前記炉心燃料領域の外周に周回配置された外周ブランケット燃料領域とを有し、前記金属燃料は、UとPuとZrとの合金、またはUとPuとPu以外の超ウラン元素（TRU）とZrとの合金からなり、前記他の金属燃料は、UとZrとの合金からなり、前記他の金属燃料のZr含有率が、前記金属燃料のZr含有率よりも低いことを特徴とする高速炉の炉心、を提供するものである。

20

30

【0013】

本発明は、上記の本発明に係る高速炉の炉心において、以下のような改良や変更を加えることができる。

(i) 前記内部ブランケット燃料領域は、前記炉心径方向の内側に周回配置された第1内部ブランケット燃料領域と、前記炉心径方向の外側に周回配置された第2内部ブランケット燃料領域とから構成される。

(ii) 前記金属燃料のZr含有率が10質量%であり、前記他の金属燃料のZr含有率が6質量%である。

(iii) 前記炉心は、減速材を装荷した制御棒集合体を更に有し、前記制御棒集合体は、前記炉心燃料領域の内部に配置され、前記内部ブランケット燃料領域の周回上に配置されていない。

40

(iv) 前記ブランケット燃料集合体を構成する燃料要素の直径が、前記炉心燃料集合体を構成する燃料要素の直径よりも大きい。

(v) 前記外周ブランケット燃料領域の前記ブランケット燃料集合体を構成する各燃料要素の直径が、前記内部ブランケット燃料領域の前記ブランケット燃料集合体を構成する各燃料要素の直径よりも大きい。

(vi) 前記炉心燃料集合体は、装荷された前記金属燃料の炉心軸方向の鉛直上方に前記他の金属燃料からなる軸方向上方ブランケット燃料が更に装荷され、装荷された前記金属燃料の前記炉心軸方向の鉛直下方に前記他の金属燃料からなる軸方向下方ブランケット燃料が更に装荷されている。

50

(vii) 前記ブランケット燃料集合体を構成する燃料要素に装填された前記他の金属燃料の前記炉心軸方向の長さが、前記炉心燃料集合体を構成する燃料要素に装填された前記金属燃料および前記軸方向下方ブランケット燃料の前記炉心軸方向の合計長さよりも短い。

(viii) 前記炉心は、

前記炉心燃料領域、前記内部ブランケット燃料領域および前記外周ブランケット燃料領域の炉心軸方向の鉛直上方に中性子遮蔽体が封鎖配置された軸方向上部遮蔽体領域と、前記炉心燃料領域、前記内部ブランケット燃料領域および前記外周ブランケット燃料領域の前記炉心軸方向の鉛直下方に中性子遮蔽体が封鎖配置された軸方向下部遮蔽体領域と、前記外周ブランケット燃料領域の前記炉心径方向の外周に中性子遮蔽体が周回配置された径方向遮蔽体領域とを更に有する。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、高出力化した金属燃料高速炉（例えば、電気出力30万kW以上の金属燃料高速炉）において、炉心の外形サイズを変更すること無しに増殖比の低下を抑制することができる。言い換えると、同じ外形サイズの炉心で比較した場合に、従来技術の炉心よりも増殖比を向上させた炉心を提供することができる。また、所望の電気出力を達成するための炉心設計において、炉心の外形サイズを設計する際に従来知見を利用できることから、新規な炉心の設計に要する追加コストを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

20

【図1】本発明に係る高速炉の炉心の一例を示す水平断面模式図（1/2領域）である。

【図2】炉心燃料集合体の一例を示す縦断面模式図およびA-A位置における水平断面模式図である。

【図3】ブランケット燃料集合体の一例を示す縦断面模式図およびB-B位置における水平断面模式図である。

【図4】本発明に係る高速炉の炉心の一例を示す縦断面模式図（1/2領域）である。

【図5】第3実施形態に係る高速炉の炉心の一例を示す縦断面模式図（1/2領域）である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

30

〔本発明の基本思想〕

前述したように、増殖比を増大させるためにブランケット燃料要素の大径化や燃料集合体数の増加を単に行おうとすると、炉心燃料組成および炉心外形サイズをはじめとして、ほとんど全ての項目の再設計が必要となり、コスト増の要因となる。特に、炉心外形サイズの大型化は、炉心を収容する原子炉容器および冷却系統機器の大型化につながることから、大幅なコスト増を招く可能性が高い。

【0017】

そこで、本発明者は、電気出力に応じて基本設計された炉心外形サイズを変更すること無しに、増殖比の増大が可能な炉心構成について鋭意研究を行った。その結果、従来の炉心構造に加えて、炉心燃料領域（炉心燃料集合体を集合配置した領域）の中に、ブランケット燃料集合体からなるブランケット燃料領域（内部ブランケット燃料領域と称する）を周回配置すると共に、ブランケット燃料中のZr含有率を炉心燃料中のZr含有率よりも低くすることに解の可能性を見出した。本発明は、当該知見に基づいて完成されたものである。

40

【0018】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら具体的に説明する。また、本発明は、ここで取り挙げた実施形態に限定されるものではなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で公知技術と適宜組み合わせたり公知技術に基づいて改良したりすることが可能である。なお、同義の構成材に対しては、同じ符号を付して重複する説明を省略することがある。

50

【 0 0 1 9 】

[第 1 実施形態]

図 1 は、本発明に係る高速炉の炉心の一例を示す水平断面図（1/2領域）である。図 1 に示したように、本発明に係る高速炉の炉心100は、炉心径方向の中央領域に金属燃料を装荷した炉心燃料集合体110が集合配置された炉心燃料領域110aを有し、炉心燃料領域110aの内部に他の金属燃料を装荷したブランケット燃料集合体120が周回配置された内部ブランケット燃料領域120aを有し、炉心燃料領域110aの外周にブランケット燃料集合体120が周回配置された外周ブランケット燃料領域120dを有し、外周ブランケット燃料領域120dの外周に中性子遮蔽体130が周回配置された径方向遮蔽体領域130aを有する。

【 0 0 2 0 】

図 1 においては、内部ブランケット燃料領域120aが、炉心径方向の内側に周回配置される第 1 内部ブランケット燃料領域120bと、炉心径方向の外側に周回配置される第 2 内部ブランケット燃料領域120cとの二領域から構成される例を示した。本発明は、内部ブランケット燃料領域120aが二領域から構成されることに限定されるものではないが（内部ブランケット燃料領域120aが一領域のみであってもよいが）、高出力化を目指した炉心では、炉心径（特に、炉心燃料領域の径）が拡大傾向にあることから、設計出力に応じて内部ブランケット燃料領域120aを二領域以上で構成することがより好ましい。

【 0 0 2 1 】

また、炉心100は、出力制御を行うため、従来技術と同様に中性子吸収材を装荷した制御棒集合体140を更に有する。ただし、所要制御反応度確保の観点から、制御棒集合体140は、炉心燃料集合体110を置換するように炉心燃料領域110aの内部に配置され、内部ブランケット燃料領域120aの周回上（内部ブランケット燃料領域120aの領域内）には配置しないことが好ましい。

【 0 0 2 2 】

次に、炉心燃料集合体110およびブランケット燃料集合体120について説明する。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、炉心燃料集合体の一例を示す縦断面模式図およびA-A位置における水平断面模式図である。図 2 において、縦断面模式図の上下方向が炉心軸方向であり、上方向が鉛直上方を表し、下方向が鉛直下方を表すものとする。図 2 に示したように、炉心燃料集合体110は、複数本（例えば、約170～330本）の燃料要素10（燃料ピンや燃料棒とも言う）がラッパ管105に収容されており、各燃料要素10とラッパ管105との隙間を冷却材（例えば、液体金属ナトリウム）が流通するようになっている。

【 0 0 2 4 】

燃料要素10は、フェライト系ステンレス鋼製の被覆管11（例えば、外径約6～9 mm）内に、軸方向下部ブランケット燃料12、炉心燃料13、軸方向上部ブランケット燃料14、および上部ガスプレナム15が装填され、被覆管11の両端が下部端栓16および上部端栓17で封止されている。また、燃料（軸方向下部ブランケット燃料12、炉心燃料13、および軸方向上部ブランケット燃料14）と被覆管11との隙間には、図示しないボンド材（例えば、金属ナトリウム）が充填されている。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、ブランケット燃料集合体の一例を示す縦断面模式図およびB-B位置における水平断面模式図である。図 3 において、図 2 と同様に、縦断面模式図の上下方向が炉心軸方向であり、上方向が鉛直上方を表し、下方向が鉛直下方を表すものとする。図 3 に示したように、ブランケット燃料集合体120は、複数本（例えば、約90～330本）の燃料要素20がラッパ管105に収容されており、各燃料要素20とラッパ管105との隙間を冷却材（例えば、液体金属ナトリウム）が流通するようになっている。

【 0 0 2 6 】

燃料要素20は、ブランケット燃料22、および上部ガスプレナム25が装填され、被覆管11の両端が下部端栓16および上部端栓17で封止されている。また、ブランケット燃料22と被覆管11との隙間には、図示しないボンド材（例えば、金属ナトリウム）が充填されている

10

20

30

40

50

。

【 0 0 2 7 】

炉心燃料13は、従来技術と同様に、UとPuとZrとの合金（U-Pu-Zr合金）またはUとPuとPu以外のTRUとZrとの合金（U-Pu-TRU-Zr合金）からなり、Zr含有率が10質量％である金属燃料を用いることが好ましい。一方、下部軸方向ブランケット燃料12、上部軸方向ブランケット燃料14、およびブランケット燃料22は、UとZrとの合金（U-Zr合金）からなり、そのZr含有率が炉心燃料13のZr含有率よりも低い金属燃料を用いることが好ましく、6質量％Zrである金属燃料を用いることがより好ましい。

【 0 0 2 8 】

本発明者等は、燃料体の詳細な発熱量解析によって、ブランケット燃料集合体における発熱量が炉心燃料集合体のそれよりも低く、金属燃料の融点に対する裕度が大きいことを見出した。そこで、本発明では、ブランケット燃料として用いる金属燃料のZr含有率を低く抑えることによって（すなわち、U含有率を高めることによって）、増殖比を向上させることができるという技術思想に到達した。

【 0 0 2 9 】

図4は、本発明に係る高速炉の炉心の一例を示す縦断面模式図（1/2領域）である。図4においては、図面簡素化の観点から被覆管およびラッパ管の図示を省略して、領域のみを図示した。

【 0 0 3 0 】

図4に示したように、炉心100は、炉心径方向（図中の左右方向）において、中央領域に炉心燃料領域13a（図1の炉心燃料領域110aに対応）を有し、炉心燃料領域13aの内部に二層のブランケット燃料領域22a（それぞれ図1の第1内部ブランケット燃料領域120b、第2内部ブランケット燃料領域120cに対応）が配置され、炉心燃料領域13aの外周にブランケット燃料領域22a（図1の外周ブランケット燃料領域120dに対応）が配置され、その外周に径方向遮蔽体領域130aが配置されている。

【 0 0 3 1 】

また、炉心軸方向（図中の上下方向）においては、中央領域に炉心燃料領域13aが配置され、炉心燃料領域13aの軸方向下方に軸方向下部ブランケット燃料領域12a（軸方向下部ブランケット燃料12からなる領域）が配置され、炉心燃料領域13aの軸方向上方に軸方向上部ブランケット燃料領域14a（軸方向上部ブランケット燃料14からなる領域）が配置され、軸方向上部ブランケット燃料領域14aの軸方向上方に上部ガスプレナム領域15a（上部ガスプレナム15からなる領域）が配置されている。

【 0 0 3 2 】

また、ブランケット燃料領域22a（それぞれ図1の第1内部ブランケット燃料領域120b、第2内部ブランケット燃料領域120c、外周ブランケット燃料領域120dに対応）の軸方向上方にも上部ガスプレナム領域25a（上部ガスプレナム25からなる領域）が配置されている。

【 0 0 3 3 】

さらに、軸方向下部ブランケット燃料領域12aおよびブランケット燃料領域22aの軸方向下方には、中性子遮蔽体からなる軸方向下部遮蔽体領域130bが配置され、上部ガスプレナム領域15a、25aの軸方向上方には、中性子遮蔽体からなる軸方向上部遮蔽体領域130cが配置されている。

【 0 0 3 4 】

図4から分かるように、第1実施形態の炉心100は、軸方向上部ブランケット燃料領域14aの上面とブランケット燃料領域22aの上面とが揃うように構成したものである。言い換えると、軸方向下部ブランケット燃料領域12aと炉心燃料領域13aと軸方向上部ブランケット燃料領域14aとの合計高さ（軸方向合計長さ）が、ブランケット燃料領域22aの高さ（軸方向長さ）と同じになるように構成したものである。

【 0 0 3 5 】

本発明者等は、炉心燃料13をU-Pu-10質量％Zr合金としブランケット燃料22をU-6質量％

10

20

30

40

50

Zr合金とした第1実施形態の炉心100と、ブランケット燃料22をU-10質量%Zr合金とした以外は炉心100と同じ構成を有する炉心（比較例）とで、出力特性のシミュレーション比較を行った。

【0036】

炉心設計条件は、次のようにした。燃料要素10および燃料要素20の被覆管11の外径を9 mm、炉心燃料集合体110およびブランケット燃料集合体120のラッパ管105への装填本数をそれぞれ169本、炉心燃料集合体110およびブランケット燃料集合体120のピッチを16 cm、炉心燃料13の高さ（軸方向長さ）を66 cm、ブランケット燃料22の高さを107 cmとした。また、炉心の電気出力を30万kWe、連続運転期間を23ヶ月、炉心燃料集合体の燃料交換バッチ数を3、ブランケット集合体の燃料交換バッチ数を5、炉心燃料の取出平均燃焼度を100 GWD/tとした。

【0037】

その結果、比較例の炉心における増殖比が約1.06であったのに対し、第1実施形態の炉心100の増殖比は約1.20に向上した。すなわち、本発明に係る炉心は、同じ外形サイズの炉心で比較した場合に、増殖比を向上させられることが確認された。

【0038】

[第2実施形態]

第2実施形態は、先の第1実施形態に対して、ブランケット燃料集合体の構成において異なり、他を同じとするものである。よって、第2実施形態におけるブランケット燃料集合体の構成についてのみ説明する。

【0039】

第2実施形態においては、ブランケット燃料集合体の燃料要素の被覆管を炉心燃料集合体のそれよりも大径化することに特徴がある。例えば、ブランケット燃料集合体120の燃料要素20の被覆管11の外径を9 mmから11 mmに拡大し、ラッパ管105への装填本数を127本とすると、第1実施形態のブランケット燃料集合体120（被覆管の外径9 mm、ラッパ管105への装填本数169本）に比して、ブランケット燃料22を約12%多く装填することができる。

【0040】

外周ブランケット燃料領域のブランケット燃料集合体の構成を上記のように変更した以外は第1実施形態と同様の炉心設計条件で出力特性のシミュレーションを行った。その結果、第1実施形態の炉心の増殖比が約1.20であったのに対し、第2実施形態の炉心の増殖比は約1.25と向上した。すなわち、第2実施形態の炉心は、第1実施形態の炉心よりも増殖比を更に向上させられることが確認された。

【0041】

なお、上記のシミュレーション例では、外周ブランケット燃料領域のブランケット燃料集合体のみを本実施形態のブランケット燃料集合体としたが、本発明はそれに限定されるものではない。例えば、各燃料体の発熱量解析から内部ブランケット燃料領域のブランケット燃料集合体においても熱的余裕度を確保できると判定される場合は、内部ブランケット燃料領域においても本実施形態のブランケット燃料集合体を利用してもよい。

【0042】

[第3実施形態]

第3実施形態は、先の第1実施形態、第2実施形態に対して、ブランケット燃料集合体の構成において異なり、他を同じとするものである。よって、第3実施形態におけるブランケット燃料集合体の構成についてのみ説明する。

【0043】

図5は、第3実施形態に係る高速炉の炉心の一例を示す縦断面模式図（1/2領域）である。図5は、図4と同様に、図面簡素化の観点から被覆管およびラッパ管の図示を省略して、領域のみを図示した。

【0044】

図5に示したように、炉心300は、炉心軸方向において、図4の炉心100（第1実施形態

）と比較して、ブランケット燃料集合体のブランケット燃料領域22bの高さ（軸方向長さ）が、炉心燃料集合体の軸方向下部ブランケット燃料領域12aと炉心燃料領域13aと軸方向上部ブランケット燃料領域14aとの合計高さ（軸方向合計長さ）よりも短くなっている。言い換えると、ブランケット燃料集合体の上部ガスプレナム領域25bの軸方向長さ、炉心燃料集合体の上部ガスプレナム領域15aの軸方向長さよりも長くなっている。

【0045】

核分裂反応で発生する高速中性子の大部分は炉心燃料集合体の炉心燃料領域13aで発生するが、炉心燃料領域13aの一部がブランケット燃料集合体の上部ガスプレナム領域25bと隣接しているため、高速中性子の炉心径方向の漏洩量が増加する。このような構成は、スクラム失敗を伴う流量喪失（ULOF）事故という万が一の事態が発生した場合であっても、

10

【0046】

一方、増殖比の観点からは、ブランケット燃料集合体のブランケット燃料領域22bの有効長さが短くなる分だけ不利になる。そこで、ブランケット燃料領域22bの高さを短くする度合は、第2実施形態によって第1実施形態よりもブランケット燃料22を増加させた分以下とすることが好ましい。

【0047】

例えば、第2実施形態の例では、第1実施形態よりもブランケット燃料22を約12%増加させたことから、第3実施形態の例としては、ブランケット燃料領域22bの高さを第2実施形態の例に比して12%以下の範囲で短くすることが好ましい。これにより、第1実施形態と同等以上の増殖比（1.20以上）を達成しながら、第1実施形態よりも安全性を向上させることができる。

20

【0048】

上述した実施形態は、本発明の理解を助けるために説明したものであり、本発明は、記載した具体的な構成のみに限定されるものではない。例えば、実施形態の構成の一部を当業者の技術常識の構成に置き換えることが可能であり、また、実施形態の構成に当業者の技術常識の構成を加えることも可能である。すなわち、本発明は、本明細書の実施形態の構成の一部について、発明の技術的思想を逸脱しない範囲で、削除・他の構成に置換・他の構成の追加をすることが可能である。

30

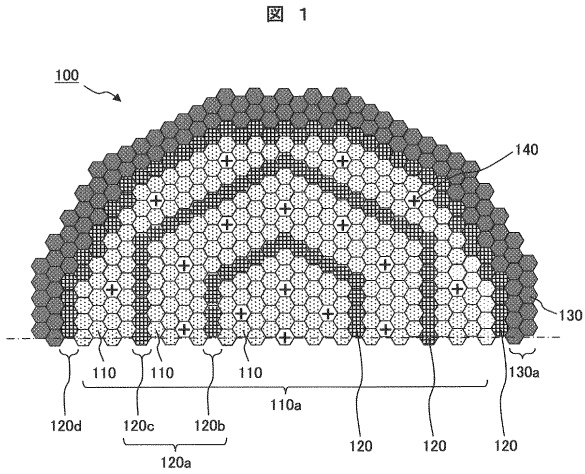
【符号の説明】

【0049】

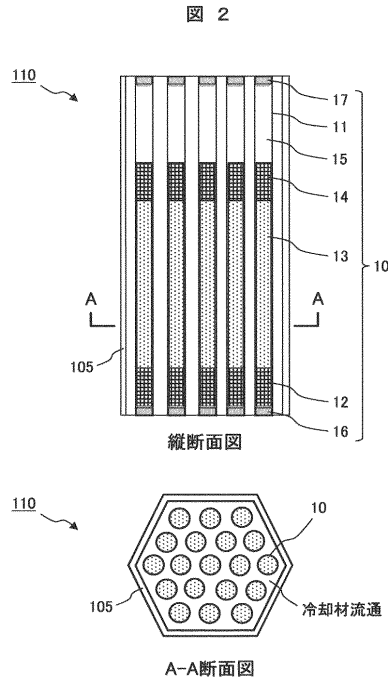
100、300... 炉心、105... ラッパ管、110... 炉心燃料集合体、110a... 炉心燃料領域、
120... ブランケット燃料集合体、120a... 内部ブランケット燃料領域、
120b... 第1内部ブランケット燃料領域、120c... 第2内部ブランケット燃料領域、
120d... 外周ブランケット燃料領域、
130... 中性子遮蔽体、130a... 径方向遮蔽体領域、
130b... 軸方向下部遮蔽体領域、130c... 軸方向上部遮蔽体領域、
10... 燃料要素、11... 被覆管、
12... 軸方向下部ブランケット燃料、12a... 軸方向下部ブランケット燃料領域、
13... 炉心燃料、13a... 炉心燃料領域、
14... 軸方向上部ブランケット燃料、14a... 軸方向上部ブランケット燃料領域、
15... 上部ガスプレナム、15a... 上部ガスプレナム領域、
16... 下部端栓、17... 上部端栓、
20... 燃料要素、22... ブランケット燃料、22a... ブランケット燃料領域、
25... 上部ガスプレナム、25a... 上部ガスプレナム領域。

40

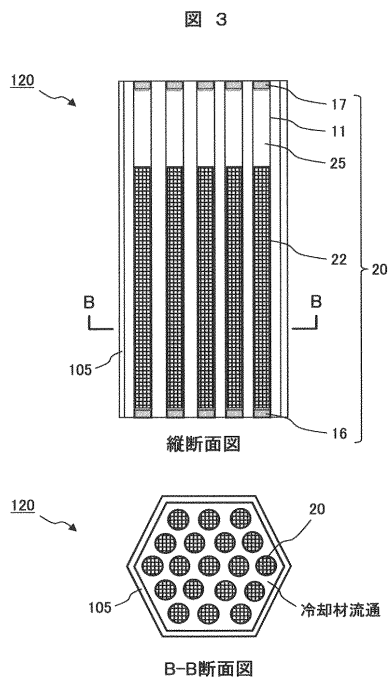
【 図 1 】



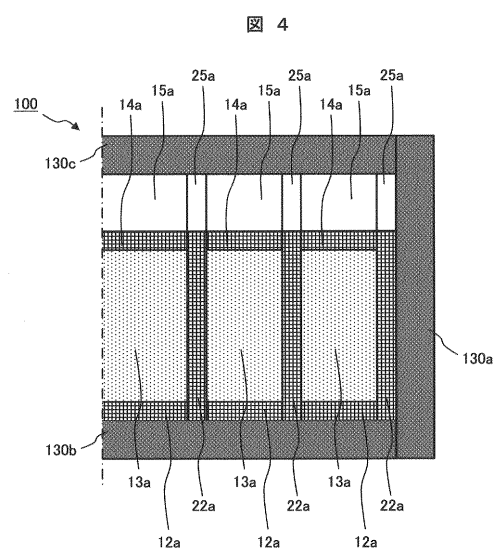
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

図 5

