(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6422103号
(P6422103)
(45)発行日　平成30年11月14日(2018.11.14)　(24)登録日　平成30年10月26日(2018.10.26)

(51)Int.Cl.　F I
G21C 15/18 (2006.01)　G21C 15/18 M

請求項の数 4　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2015-2868(P2015-2868)
(22)出願日　平成27年1月9日(2015.1.9)
(65)公開番号　特開2016-128754(P2016-128754A)
(43)公開日　平成28年7月14日(2016.7.14)
審査請求日　平成29年12月18日(2017.12.18)

(73)特許権者　307041573
三菱ＦＢＲシステムズ株式会社
東京都渋谷区神宮前二丁目３４番１７号
(74)代理人　100078499
弁理士　光石　俊郎
(74)代理人　230112449
弁護士　光石　春平
(74)代理人　100102945
弁理士　田中　康幸
(74)代理人　100120673
弁理士　松元　洋
(74)代理人　100182224
弁理士　山田　哲三

最終頁に続く

(54)【発明の名称】高速増殖炉の崩壊熱除去系設備

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
原子炉容器の外部に配設された中間熱交換器、前記原子炉容器と前記中間熱交換器とを結ぶ一次系ホットレグ配管及び一次系コールドレグ配管、並びに前記一次系ホットレグ配管及び一次系コールドレグ配管をそれぞれ覆う一次系ホットレグ配管保温材及び一次系コールドレグ配管保温材を備えた一次冷却系を有する崩壊熱除去系設備において、
前記中間熱交換器が、前記原子炉容器内の一次冷却材の液面よりも高い位置に設置され、
前記一次系コールドレグ配管の前記原子炉容器側の端部が、前記原子炉容器の上部プレナム内であって該上部プレナムと中間プレナムとを仕切る隔壁側に配設され、
前記一次系ホットレグ配管の前記原子炉容器側の端部が、前記原子炉容器の上部プレナム内であって前記一次冷却材の液面よりも低く且つ前記一次系コールドレグ配管の前記原子炉容器側の先端よりも高い位置に配設され、
かつ、前記一次系コールドレグ配管保温材が、前記一次系ホットレグ配管保温材よりも放熱性が高い
ことを特徴とする崩壊熱除去系設備。
【請求項２】
前記一次系ホットレグ配管保温材と前記一次系コールドレグ配管保温材とが同一の材料からなり、前記一次系コールドレグ配管保温材の厚さが前記一次系ホットレグ配管保温材の厚さよりも薄い

ことを特徴とする請求項１記載の崩壊熱除去系設備。
【請求項３】
前記一次冷却系がポンプを有しない
ことを特徴とする請求項１又は請求項２記載の崩壊熱除去系設備。
【請求項４】
前記一次系コールドレグ配管保温材は、一次冷却材が予め設定する高温状態になったときに該一次系コールドレグ配管保温材の表面温度を予め設定する所定温度以下に維持可能な材料及び厚さに設定された
ことを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか１項に記載された崩壊熱除去系設備。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、高速増殖炉の崩壊熱除去系設備に関する。
【背景技術】
【０００２】
高速増殖炉では、原子炉を停止した後にも発生する崩壊熱（残留熱）を除去するため、一次冷却系に崩壊熱除去系設備が設置される。崩壊熱除去系設備は、プラント運転中においては待機状態となる。
【０００３】
従来、このような崩壊熱除去系設備として、例えば図２に示す一次冷却系に動的機器を設置せず原子炉容器内に直接熱交換器を浸漬して原子炉容器内の冷却材を冷却する直接炉心補助冷却方式（DRACS：Direct Reactor Auxiliary Cooling system）５１、一次冷却系に補助冷却器を組み込んで冷却する一次系炉心補助冷却方式（PRACS：Primary Reactor Auxiliary Cooling system）５２、二次冷却系に補助冷却器を設けて冷却する二次系炉心補助冷却方式（IRACS：Intermediate Reactor Auxiliary Cooling system）５３等の崩壊熱除去系設備が公知となっている（下記非特許文献１，２参照）。なお、図２中、１０は原子炉容器、１１は炉心、５１ａ，５２ａ，５３ａは空気冷却器、６１は中間熱交換器（IHX）、６２は蒸気発生器（SG）、６３はタービンである。
また、主冷却系を利用しないで炉心を冷却する補助炉心冷却方式の崩壊熱除去設備も知られている（下記特許文献１参照）。
【０００４】
このような崩壊熱除去系設備は、プラントに何らかの異常が発生し原子炉が緊急停止（原子炉トリップ）すると、原子炉トリップ信号等により起動して原子炉トリップ後の炉心で発生する崩壊熱を除去し、プラントを安全に低温状態に導くように設計されており、極めて高い信頼性が要求されるものである。
【０００５】
図３に従来の補助炉心冷却方式の崩壊熱除去系設備の一例を示す。図３に示す補助炉心冷却方式の崩壊熱除去系設備では、崩壊熱除去運転時には一次系電磁ポンプ２６で原子炉容器上部プレナム１４内の一次冷却材１７を一次系ホットレグ配管２２を介して中間熱交換器２１に循環させ、これを二次冷却系の冷却器３１で冷却された二次冷却材で冷却した後、冷却された一次冷却材１７を一次系コールドレグ配管２３を介して原子炉容器下部プレナム１６へ戻すことにより、炉心１１の冷却を行う。
【０００６】
ここで、崩壊熱除去系設備は、原子炉の定格出力運転時には待機状態となるが、このとき高圧の原子炉容器下部プレナム１６から一次系コールドレグ配管２３、中間熱交換器２１、および一次系ホットレグ配管２２を通って原子炉容器上部プレナム１４へ一次冷却材１７が流入することで、炉心１１の冷却材流量が減少することを防止するため、一次系コールドレグ配管２３には逆止弁２７が設けられている。
【０００７】
ところで、原子炉格納容器４０内の雰囲気温度は５５℃前後であるのに対し、例えば一

次冷却材１７として用いられる液体ナトリウムの融点は約１００℃である。そのため、一次冷却材１７が一次系ホットレグ配管２２内、一次系コールドレグ配管２３内に滞留した状態が長時間続くと待機中に一次系ホットレグ配管２２内、一次系コールドレグ配管２３内の一次冷却材１７温度が放散熱により融点以下となり一次冷却材１７が凍結するおそれがある。

【０００８】

そのため、補助炉心冷却方式の崩壊熱除去系設備では、逆止弁２７をバイパスするバイパスライン２８を設けて、原子炉の定格出力運転時には、高圧の原子炉容器下部プレナム１６から一次系コールドレグ配管２３（バイパスライン２８）、中間熱交換器２１、一次系ホットレグ配管２２を通って原子炉容器上部プレナム１４へと一次冷却材１７を微小流量循環させて一次系ホットレグ配管２２、一次系コールドレグ配管２３内の冷却材が凍結することを防止するようにしている。原子炉容器下部プレナム１６の圧力は、原子炉容器上部プレナム１４の圧力より炉心１１の圧力損失の分高いため、補助炉心冷却方式の崩壊熱除去設備は、待機時において一次冷却材１７の流れが崩壊熱除去運転時の逆となる。

【０００９】

なお、原子炉の定格出力運転時に炉心１１をバイパスする一次冷却材１７の流量が多くなると、炉心１１を通る冷却材の流量が減少することになる。そのため、バイパスライン２８には調整弁（バイパス弁）２９が設けられて炉心１１をバイパスする一次冷却材１７の流量を調整できるようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１０】

【特許文献１】特開昭５９－２２２７９０号公報

【特許文献２】特開２００２－３４１０８０号公報

【非特許文献】

【００１１】

【非特許文献１】堀雅夫、基礎高速炉工学編集委員会（編）、「基礎高速炉工学」、日刊工業新聞社、１９９３年１０月、ｐ．１７２

【非特許文献２】「原子炉百科事典 ATOMICA」、［online］、2010年9月、一般財団法人高度情報科学技術研究機構（RIST）、［平成26年7月28日検索］、インターネット〈URL：http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=03-01-02-12〉

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１２】

しかしながら、上述したように、従来の補助炉心冷却方式の崩壊熱除去系設備では、プラント運転中に一次冷却材１７の一部が炉心１１をバイパスすることになる。そのため、運転初期に調整弁２９の開度を調節して炉心１１をバイパスする冷却材の流量を微小流量に制限するため調整弁２９の開度を固定することが必要となり、弁開度を固定する設備を付加しなければならない。さらに、炉心１１を流れる流量を確保するために図示しない主冷却系の一次系ポンプにより一次冷却材１７の流量を炉心バイパス流量分増加させる必要もあり、一次系ポンプを大型化させるという問題があった。

【００１３】

さらに加えて、原子炉の定格出力運転時に調整弁２９が故障等により開度が開きバイパスライン２８を流れる一次冷却材１７の流量が増加した場合は、炉心１１を通る一次冷却材１７の流量が不足するためプラントを停止させる必要がある。したがって、バイパスライン２８を流れる一次冷却材１７の流量を常に監視し必要なときにはプラントを停止させる信号を確実に発信することができるようにしておかなければならなかった。

【００１４】

また、崩壊熱除去運転の起動時には、一次系電磁ポンプ２６に通電されることにより一次冷却材１７が中間熱交換器１１から一次系コールドレグ配管２３（逆止弁２７）を通っ

て原子炉容器下部プレナム１６へと流動する。そのため、逆止弁２７が固着して動作しないなど逆止弁２７の開動作に不具合が生じると炉心１１の崩壊熱の除去に必要な一次冷却材１７の流量を確保することができなくなり、安全に炉心を冷却する機能を喪失するおそれがあるという問題もあった。

【００１５】

すなわち、従来の補助炉心冷却方式の崩壊熱除去系設備では、一次系動的機器（一次系電磁ポンプ２６）の駆動及び弁動作（逆止弁２７の動作）が必須であり、換言すると、炉心１１を冷却するために必要な一次系動的機器及び弁動作に不具合が生じるおそれを排除できず、一次冷却系動的機器の不動作、故障により炉心を冷却できなくなるというリスクを有しているという問題があり、さらなる信頼性の向上が求められていた。

【００１６】

図３に示す補助炉心冷却方式の崩壊熱除去系設備に対し、図２に示す直接炉心補助冷却方式の崩壊熱除去系設備５１は、熱交換器内で一次冷却材が二次冷却材との熱交換によって冷却され冷却材の密度差によって下部に向かって流動する。そのため、自然循環により熱交換器の上部に設けられた流入口から流入した一次冷却材が当該熱交換器により冷却されてこの熱交換器の下部に設けられた流出口から流出する流れが形成される。熱交換器で冷却された原子炉容器上部プレナムの一次冷却材は、発熱していない炉心を囲む図示しない遮蔽体を通常運転時とは逆に流れて炉心下部に流入し、炉心を通って原子炉容器上部プレナムに流出することにより炉心を冷却する。

【００１７】

このシステムの場合には、熱交換器が原子炉容器上部プレナム内に設置されており、一次冷却材として液体ナトリウムを用いた場合であっても一次冷却材との熱交換によりプラント運転中にこの二次冷却材が凍結することを防止できる。しかしながら、熱交換器を原子炉容器内に設置することから、熱交換器の二次側の冷却材が放射化されることを避けるために熱交換器の周りを遮蔽する必要があり、径の大きな熱交換器を原子炉容器に設置する必要がある。このため、原子炉容器の直径が大きくなって原子炉容器及び原子炉建屋が大きくなり、プラントの建設費が増加するという問題があった。

【００１８】

このようなことから本発明は、設備を大型化することなく信頼性を向上させることができる崩壊熱除去系設備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】

【００１９】

上記の課題を解決するための第１の発明に係る崩壊熱除去系設備は、

原子炉容器の外部に配設された中間熱交換器、前記原子炉容器と前記中間熱交換器とを結ぶ一次系ホットレグ配管及び一次系コールドレグ配管、並びに前記一次系ホットレグ配管及び一次系コールドレグ配管をそれぞれ覆う一次系ホットレグ配管保温材及び一次系コールドレグ配管保温材を備えた一次冷却系を有する崩壊熱除去系設備において、

前記中間熱交換器が、前記原子炉容器内の一次冷却材の液面よりも高い位置に設置され、

前記一次系コールドレグ配管の前記原子炉容器側の端部が、前記原子炉容器の上部プレナム内であって該上部プレナムと中間プレナムとを仕切る隔壁側に配設され、

前記一次系ホットレグ配管の前記原子炉容器側の端部が、前記原子炉容器の上部プレナム内であって前記一次冷却材の液面よりも低く且つ前記一次系コールドレグ配管の前記原子炉容器側の先端よりも高い位置に配設され、

かつ、前記一次系コールドレグ配管保温材が、前記一次系ホットレグ配管保温材よりも放熱性が高い

ことを特徴とする。

【００２０】

また、上記の課題を解決するための第２の発明に係る崩壊熱除去系設備は、第１の発明に係る崩壊熱除去系設備において、

前記一次系ホットレグ配管保温材と前記一次系コールドレグ配管保温材とが同一の材料からなり、前記一次系コールドレグ配管保温材の厚さが前記一次系ホットレグ配管保温材の厚さよりも薄い
ことを特徴とする。
【００２１】
また、上記の課題を解決するための第３の発明に係る崩壊熱除去系設備は、第１又は第２の発明に係る崩壊熱除去系設備において、
前記一次冷却系がポンプを有しない
ことを特徴とする。
【００２２】
また、上記の課題を解決するための第４の発明に係る崩壊熱除去系設備は、第１から第３のいずれか一つの発明において、
前記一次系コールドレグ配管保温材が、一次冷却材が予め設定する高温状態になったときに該一次系コールドレグ配管保温材の表面温度が予め設定する所定温度以下となるように材料及び厚さを設定された
ことを特徴とする。
【発明の効果】
【００２３】
上述した本発明に係る崩壊熱除去系設備によれば、中間熱交換器を原子炉容器外に設置できることから、原子炉容器の径を大型化させることなく、従来一次冷却系に設置されていた電磁ポンプ、逆止弁などの動的機器を廃止することができるため、崩壊熱除去系設備の信頼性を向上させることが可能になるとともに、これら動的機器を必要としないことにより設備の合理化を図ることもできる。
【図面の簡単な説明】
【００２４】
【図１】本発明の一実施例に係る崩壊熱除去系設備を示す模式図である。
【図２】従来の崩壊熱除去系設備の一例を示す模式図である。
【図３】従来の補助炉心系冷却方式の崩壊熱除去系設備の一例を示す模式図である。
【発明を実施するための形態】
【００２５】
以下、図面を参照しつつ本発明に係る崩壊熱除去系設備の詳細を説明する。
【実施例】
【００２６】
図１を用いて本発明の実施例に係る崩壊熱除去系設備について説明する。
図１に示すように、原子炉容器１０は内部に炉心１１を有している。この原子炉容器１１の内部には、隔壁１２及び炉心１１を支持するスカート部１３によって上下に仕切られた原子炉容器上部プレナム１４、原子炉容器中間プレナム１５、及び原子炉容器下部プレナム１６が形成されている。
【００２７】
そして、本実施例に係る崩壊熱除去系設備の一次冷却系２０は、原子炉容器１０の外部に配設された中間熱交換器２１、中間熱交換器２１の上部に設けられた上部ノズル２１ａと原子炉容器上部プレナム１４とを結ぶ一次系ホットレグ配管２２、及び、中間熱交換器２１の下部に設けられた下部ノズル２１ｂと原子炉容器上部プレナム１４とを結ぶ一次系コールドレグ配管２３を備えている。
【００２８】
中間熱交換器２１は、下部ノズル２１ｂの位置が原子炉容器上部プレナム１４内の一次冷却材１７の液面（より具体的には、図１に実線で示す原子炉容器上部プレナム１４内の一次冷却材１７が高温状態にあるときの一次冷却材１７の液面）１７ａよりも高くなるように配設されている。中間熱交換器２１としては、例えば上記特許文献２に開示されているものを用いることができる。

【００２９】
一次系ホットレグ配管２２は原子炉容器上部プレナム１４側の端部が原子炉容器１０内の一次冷却材１７の液面（より具体的には、図１に一点鎖線で示す原子炉容器上部プレナム１４内の一次冷却材１７が低温状態にあるときの一次冷却材１７の液面）１７ａから露出しない位置であって一次系コールドレグ配管２３の原子炉容器上部プレナム１４側の端部よりも高い位置に配設されている。また、一次系ホットレグ配管２２は一次冷却材１７の温度維持及び空調への負担低減のため一次系ホットレグ配管保温材２４によって覆われている。
【００３０】
ここで、一次系ホットレグ配管保温材２４の材料、厚さ及び密度等は、少なくとも、一次冷却材１７が予め設定する高温状態（例えば、６５０℃）になったときに該一次系ホットレグ配管保温材２４の表面温度が予め設定する所定温度（例えば、７０℃）以下となるものとするなど、原子炉格納容器４０内の雰囲気温度を所定の温度（例えば、５５℃）以下に維持することができる材料、厚さ及び密度等とする。
【００３１】
また、一次系コールドレグ配管２３は原子炉容器上部プレナム１４側の端部が原子炉容器上部プレナム１４と原子炉容器中間プレナム１５との間の隔壁１２の近傍に配設されている。すなわち、本実施例において一次系コールドレグ配管２３は原子炉容器中間プレナム１５を貫通していない。また、一次系コールドレグ配管２３は冷却材の温度維持及び空調への負担低減のため一次系コールドレグ配管保温材２５によって覆われている。
【００３２】
ここで、一次系コールドレグ配管保温材２５の材料、厚さ及び密度等は、その放熱性が一次系ホットレグ配管保温材２４の放熱性よりも大きく、且つ一次系コールドレグ配管２３内の一次冷却材１７を凍結しない温度に維持することができ、さらに一次冷却材１７が予め設定する高温状態（例えば、６５０℃）になったときでも該コールドレグ配管保温材２４の表面温度が一次系ホットレグ配管保温材２４と同格の予め設定する所定温度（例えば、７０℃）以下となるものとするなど原子炉格納容器４０内の雰囲気温度を所定の温度（例えば、５５℃）以下に維持することができる材料、厚さ及び密度とする。
【００３３】
なお、本実施例において崩壊熱除去系設備の二次冷却系３０は、原子炉格納容器４０の外に設けられた冷却器（最終除熱源は海水又は空気）３１、中間熱交換器２１から冷却器３１へ二次冷却材を排出する二次系ホットレグ配管３２、及び冷却器３１で冷却された二次冷却材を冷却器３１から中間熱交換器２１へ供給する二次系コールドレグ配管３３を備えている。
【００３４】
原子炉が定格出力運転しているとき、原子炉容器上部プレナム１４内の一次冷却材１７は約５５０℃になっており、崩壊熱除去系設備は待機運転となる。崩壊熱除去系設備の一次系ホットレグ配管２２及び一次系コールドレグ配管２３それぞれの口径を外径３１８．５ｍｍ、それぞれの配管２２，２３の長さを３０ｍとし、一次系ホットレグ配管保温材２４の厚さを一次系コールドレグ配管保温材２５の１．５倍の厚さ（例えば、一次系コールドレグ配管保温材２５の厚さを８０ｍｍとした場合、一次系ホットレグ配管保温材２４の厚さは１２０ｍｍ）とし、中間熱交換器２１の伝熱中心と原子炉容器上部プレナム１４内の一次冷却材１７の液面との差を１０ｍ設けると、一次冷却材１７が液体ナトリウムの場合、待機運転状態は以下の通りとなる。
【００３５】
すなわち、原子炉容器上部プレナム１４内の５５０℃の一次冷却材１７は、一次系ホットレグ配管２２から一次系コールドレグ配管２３に約１３．６ｔ／ｈの流量で流れ、一次系ホットレグ配管２２内では温度がほぼ維持される一方一次系コールドレグ配管２３内では放熱により温度が低下して、約５４７℃で原子炉容器上部プレナム１４に流出する。
【００３６】

要するに、一次系ホットレグ配管保温材２４は一次系コールドレグ配管保温材２５の１．５倍の厚さとなっており、一次系コールドレグ配管保温材２５の厚さが一次系ホットレグ配管保温材２４よりも薄くなっているため、一次系コールドレグ配管２３の放散熱量が一次系ホットレグ配管２２の放散熱量よりも大きくなり、これにより一次系ホットレグ配管２２内の一次冷却材１７の温度よりも一次系コールドレグ配管２３内の一次冷却材１７の温度が低くなる。そのため、中間熱交換器２１での放熱がないものとしても、一次系ホットレグ配管２２内の一次冷却材１７と一次系コールドレグ配管２３内の一次冷却材１７の温度の違いによる密度差によって、一次系ホットレグ配管２２から一次系コールドレグ配管２３に一次冷却材１７が自然に循環するのである。

【００３７】

なお、一次系コールドレグ配管２３から原子炉容器上部プレナム１４に流入した液体ナトリウムは、炉心１１を囲む図示しない遮蔽体を通って炉心１１下部に流入し、炉心１１を通過して炉心１１を冷却し、原子炉容器上部プレナム１４へ戻る。

【００３８】

この場合、一次冷却材１７の温度低下は３℃程度と小さく、原子炉容器上部プレナム１４の機器に悪影響を及ぼすことはない。また、一次系ホットレグ配管２２と一次系コールドレグ配管２３の放散熱の合計は約１６ｋＷであり、原子炉格納容器４０内の換気空調系の熱負荷に対する影響も小さい。

【００３９】

このように、一次系コールドレグ配管保温材２５を、一次系ホットレグ配管保温材２４よりも放熱性が高くなるように構成し、一次系ホットレグ配管保温材２４と一次系コールドレグ配管保温材２５を同じ材料且つ同じ厚さとした場合に比較して、一次系ホットレグ配管２２と一次系コールドレグ配管２３の放散熱量が異なるため、一次冷却材１７が流動することなく停止した状態で雰囲気温度まで低下するおそれがない。このため、一次冷却材１７として液体ナトリウムを用いた場合であっても、液体ナトリウムが融点（約１００℃）以下となることを防止することができ、崩壊熱除去運転時に駆動できるようにヒータなどによって液体ナトリウムの温度を高温に維持する必要もない。

【００４０】

また、高速増殖炉では、約２００℃の低温停止状態で機器のメンテナンスなどを行うが、この場合の崩壊熱除去系設備の待機運転状態は上述した条件下で以下の通りとなる。

すなわち、原子炉容器上部プレナム１４内の２００℃の一次冷却材１７は、一次系ホットレグ配管２２から一次系コールドレグ配管２３に約７．９ｔ／ｈの流量で自然循環し、一次系ホットレグ配管２２内では温度がほぼ維持される一方一次系コールドレグ配管２３内では放熱により温度が低下して約１９９℃で原子炉容器上部プレナム１４に流出する。一次系コールドレグ配管２３から原子炉容器上部プレナム１４に流入した液体ナトリウムは、炉心１１を囲む遮蔽体を通って炉心１１下部に流入し、炉心１１を通過して炉心１１を冷却し原子炉容器上部プレナム１４へ戻る。

この場合も、一次冷却材１７の温度低下は小さく、原子炉容器上部プレナム１４の機器に悪影響を及ぼすことなく、一次冷却材１７が凍結することを防止することもできる。

【００４１】

また、崩壊熱除去運転時には、二次冷却系の冷却器３１によって冷却された二次冷却材により、中間熱交換器２１内で一次側冷却材が冷却され、温度の低い一次冷却材１７が一次系コールドレグ配管２３を通って、原子炉容器上部プレナム１４に流出する。一次系コールドレグ配管２３から原子炉容器上部プレナム１４に流入した液体ナトリウムは、炉心１１を囲む遮蔽体を通って炉心１１下部に流入し、炉心１１を通過して炉心１１を冷却し原子炉容器上部プレナム１４へ戻る。

【００４２】

以上に説明したように、本実施例に係る崩壊熱除去系設備によれば、一次冷却系に原子炉容器１０の外部に設けた中間熱交換器２１を有する構成であっても、当該一次冷却系に電磁ポンプ、逆止弁、調整弁等の動的機器を設置することなく待機運転時に原子炉容器１

０と中間熱交換器２１との間で一次冷却材１７を自然循環により循環させて一次冷却材１７の凍結を防止することができる。そのため、炉容器内冷却方式に比べて原子炉容器１０の径を小さくすることができ、また、従来の動的機器の設置を必要とする補助炉心冷却方式、一次系炉心補助冷却方式、二次系炉心補助冷却方式等に比べて動的機器を設置する必要がなく動的機器の不具合が発生するおそれがないことから信頼性が向上する。さらに、動的機器を設置する必要がないため設備の合理化を図ることも可能となる。

【００４３】

なお、上述した実施例では、一次系ホットレグ配管保温材２４と一次系コールドレグ配管保温材２５をそれぞれ同一の材料で一次系ホットレグ配管保温材２４を一次系コールドレグ配管保温材２５の１．５倍の厚さとする例を示したが、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。

【００４４】

一例として、表１に、一次系ホットレグ配管２２、一次系コールドレグ配管２３の配管長をそれぞれ３０ｍとし、一次系コールドレグ配管保温材２５として、冷却材温度６５０℃において保温材表面温度が７０℃以下となるように厚さ８０ｍｍのマイクロサーム（商品名、日本マイクロサーム株式会社製）を用い、一次系ホットレグ配管保温材２４を一次系コールドレグ配管保温材２５と同一の材料で厚さを一次系コールドレグ配管保温材２５の１．２５倍、１．５倍、２倍と変化させた場合の待機運転状態のシミュレーション結果を示す。

【００４５】

【表１】

一次冷却材温度(℃)	550			200		
コールドレグ配管保温材に対するホットレグ配管保温材の厚さ比率	2倍	1.5倍	1.25倍	2倍	1.5倍	1.25倍
原子炉容器上部プレナム流出温度（℃）	546.9	546.7	546.6	198.8	198.7	198.7
自然循環流量（ｔ／ｈ）	13.2	13.6	13.9	7.7	7.9	8.1
放散熱量（ｋＷ）	14.2	15.5	16.6	3.4	3.8	4.0

ホットレグ配管保温材の厚さを変えた場合の評価結果

【００４６】

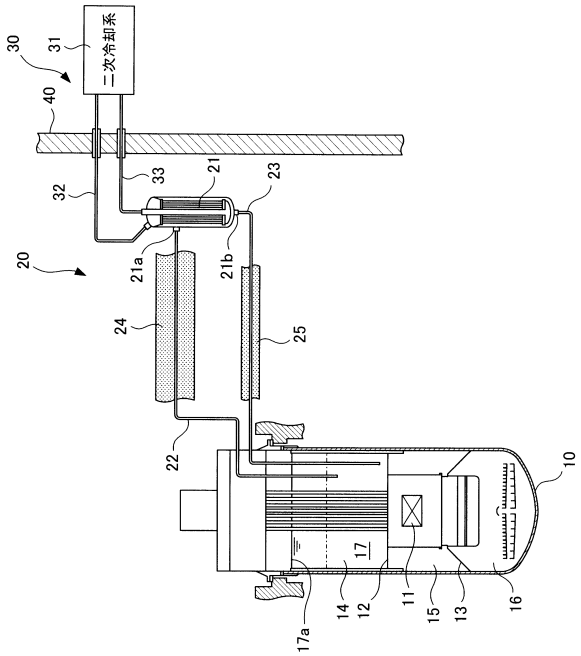
表１からもわかるように、一次系ホットレグ配管保温材２４の厚さを一次系コールドレグ配管保温材２５の厚さの１．２５倍から２倍とした場合、好適に待機運転時に原子炉容器１０と中間熱交換器２１との間で一次冷却材１７を自然循環により循環させることができる。ここで、一次系ホットレグ配管保温材２４、一次系コールドレグ配管保温材２５の材料としては、マイクロサームのほか、耐熱性を有するロックウール、グラスウール等を適用してもよい。

【００４７】

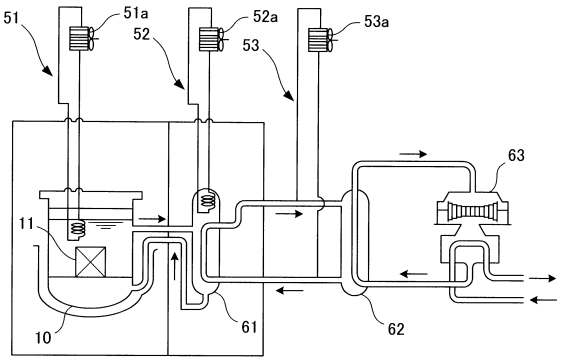
また、一次系ホットレグ配管保温材２４よりも一次系コールドレグ配管保温材２５の放熱性が高くなり、待機運転時に原子炉容器１０と中間熱交換器２１との間で一次冷却材１７を自然循環により循環させることができれば、一次系ホットレグ配管保温材２４と一次系コールドレグ配管保温材２５を異なる材料で同じ厚さとしてもよく、異なる材料かつ異なる厚さとしてもよく、また、同一の材料で同一の厚さとし保温材密度を変えてもよく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能であることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】
【００４８】
本発明は、高速増殖炉の崩壊熱除去系設備に適用して好適なものである。
【符号の説明】
【００４９】
１０　原子炉容器
１１　炉心
１２　隔壁
１３　スカート部
１４　原子炉容器上部プレナム
１５　原子炉容器中間プレナム
１６　原子炉容器下部プレナム
１７　一次冷却材
１７ａ　一次冷却材の液面
２０　一次冷却系
２１　中間熱交換器
２１ａ　上部ノズル
２１ｂ　下部ノズル
２２　一次系ホットレグ配管
２３　一次系コールドレグ配管
２４　一次系ホットレグ配管保温材
２５　一次系コールドレグ配管保温材
３０　二次冷却系
３１　二次冷却器
３２　二次系ホットレグ配管
３３　二次系コールドレグ配管
４０　原子炉格納容器

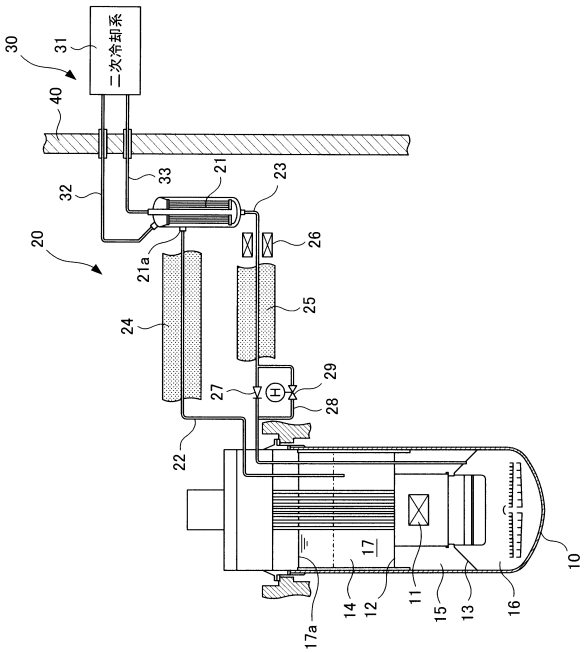
【図１】


二次冷却系
30
31
40
32
33
21
23
20
21a
21b
24
25
22
10
17
14
12
11
15
13
16
17a

【図２】


51
51a
52
52a
53
53a
63
11
10
61
62

【図３】


二次冷却系
30
31
40
32
33
21
23
20
21a
26
24
25
27
29
28
22
10
17
14
12
11
15
13
16
17a

フロントページの続き

(72)発明者　佐藤　充
東京都渋谷区神宮前二丁目３４番１７号　三菱ＦＢＲシステムズ株式会社内
(72)発明者　中田　崇平
東京都渋谷区神宮前二丁目３４番１７号　三菱ＦＢＲシステムズ株式会社内

審査官　大門　清

(56)参考文献　特開昭６２－２１２５９４（ＪＰ，Ａ）
特開平２－２１０２９５（ＪＰ，Ａ）
特開平９－２６４９９１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－２３３７３７（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１９５５７３（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－２５０９２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２３２４９６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００９／０２４５４５３（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ２１Ｃ　１５／１８、１５／０２、１５／１２、
１５／２６、１５／２４７
Ｇ２１Ｄ　１／００
Ｆ２８Ｂ　１／００
Ｆ２８Ｃ　１／００
Ｆ２８Ｆ　１／００
Ｆ２８Ｇ　１／００