(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6359318号
(P6359318)

(45)発行日　平成30年7月18日(2018.7.18)　(24)登録日　平成30年6月29日(2018.6.29)

(51)Int.Cl.　F I
G21C 9/004 (2006.01)　G21C 9/004
G21C 15/18 (2006.01)　G21C 15/18 M
G21C 15/18 B
G21C 15/18 W
G21C 15/18 U

請求項の数 10　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願2014-81288(P2014-81288)
(22)出願日　平成26年4月10日(2014.4.10)
(65)公開番号　特開2015-203565(P2015-203565A)
(43)公開日　平成27年11月16日(2015.11.16)
審査請求日　平成29年2月13日(2017.2.13)

(73)特許権者　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　110001829
特許業務法人開知国際特許事務所
(72)発明者　池側　智彦
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

審査官　鳥居　祐樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラント

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の燃料集合体を装荷した炉心を内包する原子炉圧力容器と、前記原子炉圧力容器の周囲のドライウェル空間と、前記ドライウェル空間と気密壁で区分された圧力抑制室空間と、前記圧力抑制室空間内に水張りして形成した圧力抑制プールと、前記ドライウェル空間と前記圧力抑制プールとを接続するベント管と、非凝縮性ガスを前記圧力抑制室空間から前記ドライウェル空間に貫流するための真空破壊弁と、前記原子炉圧力容器と前記ドライウェル空間と前記圧力抑制室空間と前記圧力抑制プールと前記ベント管と前記真空破壊弁とを内包する鋼製の原子炉格納容器と、
前記原子炉格納容器の外側に配置された生体遮蔽壁と、
前記原子炉格納容器と前記生体遮蔽壁との間に気密性を有するように形成された格納容器冷却領域と、
前記格納容器冷却領域内に水張りして形成した格納容器冷却水プールと、
前記格納容器冷却領域の外部であって、前記格納容器冷却水プールの水位面より上方に配置した熱交換器と、
前記格納容器冷却領域と前記熱交換器の上端とを接続する上流側配管と、
前記格納容器冷却水プールの水位面より下方の前記格納容器冷却領域と前記熱交換器の下端とを接続する下流側配管と、
一端側を前記下流側配管の前記格納容器冷却水プールの水位面より上方の部位に接続し、他端側を前記格納容器冷却領域の外部に開口した外部開放ラインとを備えた

ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。
【請求項２】
請求項１に記載の静的原子炉格納容器冷却系において、
前記外部開放ライン上に配置され、前記下流側配管から外部方向への流体の通過のみを許容する逆止弁と、
前記生体遮蔽壁における前記格納容器冷却水プールの水位面より上方の部位に設けられ、前記格納容器冷却領域の外部から前記格納容器冷却領域へ非凝縮性ガスを貫流可能とする格納容器冷却系用真空破壊弁とを更に備えた
ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。
【請求項３】
請求項１または２に記載の静的原子炉格納容器冷却系において、
前記熱交換器は、上部側に設けられ、前記格納容器冷却領域と前記上流側配管により接続された上流側ヘッダと、下部側に設けられ、前記格納容器冷却領域と前記下流側配管により接続された下流側ヘッダとを有し、
前記外部開放ラインの一端側を前記熱交換器の前記下流側ヘッダに接続した
ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。
【請求項４】
請求項１乃至３のいずれか１項に記載の静的原子炉格納容器冷却系において、
流体を高い位置から外部に排出できる排気塔を更に備え、
前記外部開放ラインの他端の排出先を前記排気塔に接続した
ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。
【請求項５】
請求項３又は４に記載の静的原子炉格納容器冷却系において、
筒状の空冷用垂直ダクトを更に備え、
前記熱交換器を前記空冷用垂直ダクトの内部に設置した
ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。
【請求項６】
請求項１乃至５のいずれか１項に記載の静的原子炉格納容器冷却系において、
前記格納容器冷却領域の外部に熱交換器冷却プールを更に備え、
前記熱交換器を前記熱交換器冷却プールのプール水の中に設置した
ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。
【請求項７】
請求項６に記載の静的原子炉格納容器冷却系において、
前記熱交換器冷却プールと前記格納容器冷却水プールとを接続する注水ラインを更に備え、
前記注水ラインには、前記格納容器冷却水プールの水位を調整可能なフロート弁が設置されている
ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。
【請求項８】
請求項７に記載の静的原子炉格納容器冷却系において、
前記外部開放ラインの他端側の開口部位を、前記外部開放ラインの一端側より下方に配置した
ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。
【請求項９】
請求項１乃至８のいずれか１項に記載の静的原子炉格納容器冷却系を備えた
ことを特徴とする原子力発電プラント。
【請求項１０】
請求項５に記載の静的原子炉格納容器冷却系において、
前記空冷用垂直ダクトは、上部及び下部を大気開放した
ことを特徴とする静的原子炉格納容器冷却系。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントに係り、特に、沸騰水型原子力発電プラントに適用するのに好適な静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントに関する。
【背景技術】
【０００２】
万一のプラント異常時に原子炉格納容器内に放出される熱エネルギを自然の力により長期にわたり系外に除去するのに好適な原子炉格納容器の冷却設備がある（例えば、特許文献１参照）。
【０００３】
この原子炉格納容器の冷却設備の機能について、同様の冷却設備の構成を示すシステム系統図である図７を用いて説明する。原子炉格納容器の冷却設備は、図７に示すように、原子炉格納容器１０の外側で、生体遮へい壁２２との間に設置された格納容器冷却水プール５を備えている。格納容器冷却水プール５に充填されたプール水は、原子炉格納容器１０内の圧力抑制室プール１４のプール水と原子炉格納容器１０の鋼製壁を介して熱的に接続されている。
【０００４】
原子炉格納容器１０は、原子炉圧力容器７を取り囲み、内部に、互いに区分された上部ドライウェル１１、下部ドライウェル１２、及び冷却材を充填した圧力抑制プール１４と圧力抑制室空間部１３から構成される圧力抑制室を備えている。
【０００５】
上部ドライウェル１１と圧力抑制プール１４とは垂直ベント管１７と水平ベント管１８で連結されており、垂直ベント管１７上に設けられた連通管１９によって上部ドライウェル１１と下部ドライウェル１２とが空間的に接続される。垂直ベント管１７は上部ドライウェル１１側に、水平ベント管１８圧力抑制プール１４側にそれぞれ開口している。
【０００６】
このような原子炉格納容器１０内で、原子炉圧力容器７に接続される配管の破断事故の発生を想定した場合、原子炉格納容器の冷却設備は以下のように機能する。破断した主蒸気管２３を通して原子炉圧力容器７から上部ドライウェル１１もしくは下部ドライウェル１２に流出した蒸気は、ベント管１７、１８及び連通管１９を介して圧力抑制プール１４へ導かれて凝縮されるため、原子炉格納容器１０の圧力上昇を抑制できる。
【０００７】
原子炉圧力容器７への注水は、動的注水系である高圧炉心注水系（ＨＰＣＦ）（図示せず）もしくは主蒸気逃がし安全弁（図示せず）を開いて原子炉圧力容器内圧力を十分に下げた後の低圧炉心注水系（ＬＰＦＬ）（図示せず）で実施する。圧力抑制室プール１４へ導かれた蒸気によってプール水温が上昇するが、図示しない残留熱除去系（ＲＨＲ）を用いて除熱することで事故を終息させることができる。
【０００８】
しかし、万一、最終ヒートシンク喪失等によってＲＨＲが使用出来ない場合は、圧力抑制室プール１４からの除熱ができず、原子炉格納容器１０の内圧が上昇して原子炉格納容器１０の健全性が低下する虞がある。この時、原子炉格納容器１０の鋼製壁を介して格納容器冷却水プール５のプール水によって圧力抑制室プール１４を除熱することで、原子炉格納容器１０の内圧上昇を抑制し、原子炉格納容器１０の健全性を長期にわたって確保することができる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００９】
【特許文献１】特開平１－９１０８９号公報

【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１０】
上述した原子炉格納容器冷却設備を用いることで、原子炉圧力容器７に接続される主蒸気管２３の破断事故時においても、原子炉圧力容器７内で発生した蒸気によって加温された圧力抑制室プール１４を格納容器冷却水プール５のプール水によって除熱できるので、全交流電源喪失が発生してポンプ・熱交換器による動的な除熱機能が喪失した場合であっても、原子炉格納容器１０の内圧上昇を抑制でき、原子炉格納容器１０を長期にわたって安定して冷却することができる。
【００１１】
しかし、格納容器冷却水プール５のプール水が沸騰・蒸発して水位が減少すると、伝熱特性が劣化し、原子炉格納容器１０の除熱量が不足する虞がある。生体遮へい壁２２と原子炉格納容器１０との間のギャップは経済性や施工性の観点から寸法が制限されるため格納容器冷却プール５の幅には制限がある。また。原子炉格納容器１０の外部水圧による圧壊を防止する観点から、格納容器冷却水プール５のプール水の水位は、圧力抑制プール１４のプール水の水位と同程度またはそれ以下に維持する必要があり、初期水位を高くすることで格納容器冷却水プール５の水量を確保することはできない。
【００１２】
格納容器冷却水プール５による格納容器除熱設備は、全交流電源喪失のような動的設備が使用できない設計基準外事故時における使用を前提としている。全交流電源喪失が発生したとしても、電源復旧や運転員による格納容器冷却プール水５への代替ポンプ注水に期待することが可能だが、復旧時期の不確実さや運転員の負荷を考えると、外部動力や運転員に依存しない静的な手段で格納容器冷却プール水５の枯渇を防止するのが望ましい。
【００１３】
本発明は上述した事柄に基づいてなされたものであって、その目的は、弁操作やポンプ起動のような動的な方法によらず、静的な方法で起動できる原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントを提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１４】
上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。本願は、上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、複数の燃料集合体を装荷した炉心を内包する原子炉圧力容器と、前記原子炉圧力容器の周囲のドライウェル空間と、前記ドライウェル空間と気密壁で区分された圧力抑制室空間と、前記圧力抑制室空間内に水張りして形成した圧力抑制プールと、前記ドライウェル空間と前記圧力抑制プールとを接続するベント管と、非凝縮性ガスを前記圧力抑制室空間から前記ドライウェル空間に貫流するための真空破壊弁と、前記原子炉圧力容器と前記ドライウェル空間と前記圧力抑制室空間と前記圧力抑制プールと前記ベント管と前記真空破壊弁とを内包する鋼製の原子炉格納容器と、前記原子炉格納容器の外側に配置された生体遮蔽壁と、前記原子炉格納容器と前記生体遮蔽壁との間に気密性を有するように形成された格納容器冷却領域と、前記格納容器冷却領域内に水張りして形成した格納容器冷却水プールと、前記格納容器冷却領域の外部であって、前記格納容器冷却水プールの水位面より上方に配置した熱交換器と、前記格納容器冷却領域と前記熱交換器の上端とを接続する上流側配管と、前記格納容器冷却水プールの水位面より下方の前記格納容器冷却領域と前記熱交換器の下端とを接続する下流側配管と、一端側を前記下流側配管の前記格納容器冷却水プールの水位面より上方の部位に接続し、他端側を前記格納容器冷却領域の外部に開口した外部開放ラインとを備えたことを特徴とする。
【発明の効果】
【００１５】
本発明によれば、弁操作やポンプ起動のような動的な方法によらず、完全に静的な方法で格納容器冷却水プールの冷却設備を起動・動作させることができる。これにより格納容

器冷却水プールの水量を維持することができるため、原子炉格納容器を長期にわたって安定して冷却し続けることが可能となり、信頼性の高い静的原子炉格納容器冷却系及び原子力発電プラントを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第１の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。

【図２】本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第２の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。

【図３】本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第３の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。

【図４】本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第４の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。

【図５】本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。

【図６Ａ】本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態を構成する水位制御フロート弁の高水位のときの動作を示す概念図である。

【図６Ｂ】本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態を構成する水位制御フロート弁の低水位のときの動作を示す概念図である。

【図７】従来の原子炉格納容器の冷却設備の構成を示すシステム系統図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

以下、本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの実施の形態を図面を用いて説明する。

【実施例１】

【００１８】

図１は本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第１の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。本実施の形態における静的原子炉格納容器冷却系は沸騰水型原子力発電プラントに適用されている。図１において、沸騰水型原子力発電プラントは、原子炉圧力容器７と、炉心８と、原子炉格納容器１０と、静的原子炉格納容器冷却系とを備えている。原子炉格納容器１０は、鋼製であり、生体遮へい壁２２によりその外周を気密に覆われている。

【００１９】

原子炉圧力容器７の内部には、複数の燃料集合体（図示せず）が装荷された炉心８が配置されている。原子炉圧力容器７には、主蒸気管２３や図示しない給水配管などが接続されている。

【００２０】

原子炉格納容器１０は、原子炉圧力容器７を取り囲み、その内部を互いに区分して、上部ドライウェル１１と、下部ドライウェル１２と、圧力抑制室空間部１３ａと冷却材を充填した圧力抑制プール１４とから構成される圧力抑制室１３とを備えている。上部ドライウェル１１と下部ドライウェル１２とによりドライウェル空間を形成している。ドライウェル空間と圧力抑制室空間部１３ａとは、気密壁であるダイヤラムフロア１５やペデスタル１６で区分されている。原子炉格納容器１０の内部は、万一の水素爆発発生に対する備えとして、空気を窒素に置換することで酸素を排除している。

【００２１】

下部ドライウェル１２は原子炉圧力容器７の真下の領域で、円環状の圧力抑制室１３に取り囲まれている。また、下部ドライウェル１２には、原子炉圧力容器支持スカート２０を介して原子炉圧力容器７を支持するペデスタル１６（気密壁）が設置されている。下部ドライウェル１２は、原子炉圧力容器支持スカート２０により、上部ドライウェル１１と区分されている。また、圧力抑制室空間部１３ａは、圧力抑制室１３の上部に配置された

ダイヤフロムフロア１５（気密壁）により、上部ドライウェル１１と区分されている。

【００２２】

ペデスタル１６の壁内には、垂直ベント管１７が設置されている。垂直ベント管１７は、その一端が上部ドライウェル１１に開放され、その他端が圧力抑制プール１４の冷却水中で水平ベント管１８に接続されている。水平ベント管１８は圧力抑制プール１４に開口している。垂直ベント管１７には連通管１９が設けられていて、この連通管１９によって下部ドライウェル１２と上部ドライウェル１１とが空間的に接続されている。また、ペデスタル１６の上方には、圧力抑制室空間部１３ａで生じた非凝縮性ガスを下部ドライウェル１２に貫流させるための真空破壊弁２４が設置されている。

【００２３】

静的原子炉格納容器冷却系は、原子炉格納容器１０と生体遮へい壁２２との間の気密領域である格納容器冷却領域６と、格納容器冷却領域６内であり、かつ圧力抑制室プール１４の外側に設けた格納容器冷却水プール５と、格納容器冷却水プール５のプール水を冷却するための熱交換器１と、熱交換器１の上部（上流側）と格納容器冷却領域６の上部とを接続する上流側配管２と、熱交換器１の下部（下流側）と格納容器冷却領域６の下部とを接続する下流側配管３と、熱交換器１を静的に起動するために、Ｌ字状に形成され、一端を下流側配管３に接続し、他端を上方に向けて外部に開口した外部開放ライン４とを備えている。

【００２４】

熱交換器１は、上部側に設けられ、格納容器冷却領域６の上部と上流側配管２により接続された上流側ヘッダ１ａと、下部側に設けられ、格納容器冷却領域６の下部と下流側配管３により接続された下流側ヘッダ１ｂと、その上端部が上流側ヘッダ１ａに接続され、その下端部が下流側ヘッダ１ｂに接続される複数の伝熱管１ｃとを備えている。

【００２５】

格納容器冷却領域６は原子炉格納容器１０の外側に、熱交換器１は格納容器冷却領域６の外側にそれぞれ配置している。熱交換器１の下端及び外部開放ライン４の一端側の接続部位２１は格納容器冷却水プール５の水位面より上方に配置している。

【００２６】

このように構成された静的原子炉格納容器冷却系においては、原子力発電プラントの通常運転時、格納容器冷却領域６の空間部は空気で満たされている。同様に、上流側配管２と、熱交換器１と、外部開放ライン４の各内部も空気で満たされている。一方、下流側配管３の内部は、格納容器冷却水プール５の水位面より下方は水で満たされ、水位面より上方は空気で満たされている。

【００２７】

このような、原子力発電プラントの通常運転時の状態、つまり静的原子炉格納容器冷却系の初期状態は、自然の圧力バランスから自動的に達成されるものであり、特段の操作や動力を必要としない。格納容器除熱能力を高める目的から、上流側配管２の格納容器冷却領域６との接続場所は、格納容器冷却領域６の上端近傍に配置するのが望ましい。また、下流側配管３の内部領域を可能な限り水没状態にする目的から、下流側配管３の格納容器冷却領域６との接続場所は格納容器冷却領域６の下端近傍に配置するのが望ましい。

【００２８】

本発明の第１の実施の形態の一の構造的特徴は、静的原子炉格納容器冷却系の構成に弁やポンプを含まない点にある。このため、弁操作やポンプ起動に起因する起動失敗を原理的に排除できる。また、本発明の第１の実施の形態の他の構造的特徴は、格納容器冷却水プール５の水位面より下方の下流側配管３の内部を水没させている点にある。このことにより、下流側配管３から熱交換器１への蒸気や空気の逆流が防止され、上流側配管２、熱交換器１、下流側配管３の順の１方向に、蒸気および水の安定した流量を確保できる。

【００２９】

次に、主蒸気管１本の大破断（大破断ＬＯＣＡ）を想定した場合を一例として、本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第１の実施の形態の動作を説明

する。

【００３０】

図１において、主蒸気管２３が破断すると、原子炉圧力容器７で発生した蒸気が破断口から流出し、原子炉圧力容器７内の水位９及び圧力が低下する。主蒸気隔離弁（図示せず）は、主蒸気管流量大の信号によって全閉し、主蒸気隔離弁閉信号によってスクラム信号が発生し、全ての制御棒が炉心８に挿入されることで原子炉は停止する。

【００３１】

スクラムにより原子炉が停止した後も、定格熱出力の数％以下と小さく、かつ時間と共に指数関数的に減少するものの、炉心８内に存在する核分裂生成物（ＦＰ）の原子核崩壊に伴って発生する崩壊熱により蒸気が発生し続けるため、原子炉圧力容器７内の冷却材は減少し続ける。このため、原子炉圧力容器７内の水位９を維持することで炉心８を継続的に冷却しつつ、炉心で発生する蒸気を凝縮させることで原子炉格納容器１０の圧力上昇を緩和し、原子炉格納容器１０から崩壊熱を系外に除去する必要がある。

【００３２】

まず、発生蒸気の凝縮について説明する。主蒸気管２３の破断口から上部ドライウェル１１に蒸気が流出することで上部ドライウェル１１の圧力が増加し、垂直ベント管１７内の水位を押し下げる。水平ベント管１８のベント管蒸気流出口より低い位置まで垂直ベント管１７内水位が押し下げられることで、上部ドライウェル１１から圧力抑制プール１４に窒素及び蒸気が流入する。圧力抑制プール１４に流入した窒素は圧力抑制室空間部１３ａに蓄積して原子炉圧力容器７の圧力を上昇させるが、上部ドライウェル１１の体積と圧力抑制室空間部１３ａの体積の割合を適切な範囲に設計することで圧力上昇幅が一定以下となるように調整している。

【００３３】

ここで、圧力抑制室空間部１３ａに流入した非凝縮性ガスにより、圧力抑制室空間部１３ａの圧力に対して、例えば、ドライウェル空間の圧力が負圧になった場合には、真空破壊弁２４が開動作し、圧力抑制室空間部１３ａに流入した非凝縮性ガスを下部ドライウェル１２へ貫流する。この結果、圧力抑制室空間部１３ａの圧力とドライウェル空間の圧力の差が増大することを抑制できる。

【００３４】

一方、圧力抑制プール１４に流入した蒸気は圧力抑制プール１４の未飽和水によって凝縮されて水に戻されるため、発生蒸気による原子炉格納容器１０の圧力上昇を抑制できる。

【００３５】

次に原子炉圧力容器７内の水位９の維持及び原子炉格納容器１０からの除熱について説明する。大ＬＯＣＡが発生しても、外部電源もしくは非常用電源を利用できる場合には、非常時炉心冷却系（ＥＣＣＳ）の主要設備の一つである残留熱除去系（ＲＨＲ）を用いて、原子炉圧力容器７への注水（ＬＰＦＬ）、原子炉格納容器１０へのスプレイ注水、及び圧力抑制プール１４の冷却を行う事ができる。原子炉圧力容器７への注水によって水位９を炉心８より上方に維持することで、炉心８を継続的に安定冷却しつつ、原子炉格納容器１０から除熱することで、大ＬＯＣＡを安全に収束させることができる。

【００３６】

しかし、深層防護の思想として、設計基準事故を超える事故として、例えば海水による冷却機能が失われる最終ヒートシンク喪失（ＬＵＨＳ）発生を想定した場合は、上述したＲＨＲの除熱機能が使用できないため、圧力抑制プール１４の水温が徐々に上昇すると共に、原子炉格納容器１０の圧力が徐々に上昇を続ける状況となる虞がある。このような設計基準事故を超える事故発生に対して、本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第１の実施の形態は以下のように動作する。

【００３７】

大ＬＯＣＡが発生して主蒸気管２３から原子炉格納容器１０内に蒸気が放出されると、上部ドライウェル１１及び下部ドライウェル１２に存在する窒素は垂直ベント管１７及び

水平ベント管１８を介して圧力抑制室空間部１３ａに移行する。さらに、大ＬＯＣＡ状態が継続すると、上部ドライウェル１１及び下部ドライウェル１２の窒素はほぼ全量圧力抑制室空間部１３ａに移行し、上部ドライウェル１１及び下部ドライウェル１２は原子炉圧力容器７の破断した主蒸気管２３から放出される蒸気で満たされる。

【００３８】

垂直ベント管１７及び水平ベント管１８を介して圧力抑制プール１４に蒸気が流入することで圧力抑制プール１４のプール水温が上昇すると、圧力抑制プール１４と格納容器冷却水プール５の各プール水の温度差を駆動力として、原子炉格納容器１０の鋼製壁を介して圧力抑制プール１４から格納容器冷却水プール５へと放熱され、圧力抑制プール１４のプール水が冷却されると共に格納容器冷却水プール５のプール水が加熱される。

【００３９】

ＬＯＣＡ時の原子炉格納容器１０の圧力は最大で３気圧程度まで高まるため、圧力抑制プール１４のプール水の飽和温度は１００℃を超える。これに対して、格納容器冷却領域６は外部開放ライン４を介して大気と接続されているため、大気圧に等しく、格納容器冷却水プール５において、プール水は１００℃で沸騰する。発生した蒸気は、蒸気発生前に格納容器冷却領域６を満たしていた空気とともに、上流側配管２を介して、熱交換器１へ導入する。熱交換器１へ導かれた空気と蒸気は、蒸気のみが熱交換器１で凝縮され、凝縮水は下流側配管３へ落下し、空気のみが外部開放ライン４の他端から放出される。

【００４０】

外部開放ライン４の一端側の接続部位２１が熱交換器１の下流側に設置されていて、かつ下流側配管３の内部は水で満たされているため、下流側配管３を介して外部開放ライン４への蒸気流出は発生せず、格納容器冷却領域６で発生した蒸気は必ず上流側配管２と熱交換器１とを介して外部開放ライン４に導かれる。本実施の形態によれば、格納容器冷却領域６で発生した蒸気が熱交換器１を介さずに外部に放出される可能性を原理的に排除できる。このため、外部開放ライン４を介して水蒸気が外部に放出されることによる格納容器冷却水プール５の喪失を防ぐ事ができる。

【００４１】

上述したように、空気だけが外部開放ライン４の他端から外部に押し出されることで、格納容器冷却領域６は、ほぼ蒸気で満たされた状態になる。このような状態になると、格納容器冷却領域６が空気で満たされた状態よりも、原子炉格納容器１０の鋼製壁を介した上部ドライウェル１１の高温蒸気から格納容器冷却領域６の１００℃の低温蒸気への熱伝達効率が増加し、原子炉格納容器１０を更に効率良く除熱できるようになる。また、非凝縮性ガスである空気が排除されるため、熱交換器１の除熱性能を最大限発揮できるようになる。

【００４２】

また、何らかの理由によって格納容器冷却領域６内の蒸気が凝縮して格納容器冷却領域６内の気圧が下がった場合でも、本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第１の実施の形態は、外部開放ライン４を介して空気を取り込むことができるため、外気圧によって格納容器冷却領域６が圧壊する虞は無い。

【００４３】

上述した本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第１の実施の形態によれば、弁操作やポンプ起動のような動的な方法によらず、完全に静的な方法で格納容器冷却水プール５の冷却設備を起動・動作させることができる。これにより格納容器冷却水プール５の水量を維持することができるため、原子炉格納容器１０を長期にわたって安定して冷却し続けることが可能となり、信頼性の高い静的原子炉格納容器冷却系及び原子力発電プラントを提供できる。

【実施例２】

【００４４】

以下、本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第２の実施の形態を図面を用いて説明する。図２は本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電

プラントの第２の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。図２において、図１に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

【００４５】

本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第２の実施の形態において、静的原子炉格納容器冷却系の構成は図２に示すように、大略第１の実施の形態と同じであるが、外部開放ライン４上に、下流側配管３から外部方向への流れを許容し、外部から下流側配管３方向への流れを阻止する逆止弁２５を設けた点と、生体遮へい壁２２の格納容器冷却水プール５のプール水位面より上方に、格納容器冷却領域６と外部とを連通可能な格納容器冷却系用真空破壊弁２６を設けた点と、外部開放ライン４の他端の排出先を十分に高い位置から外部に排出できる排気塔２７に変更した点が異なる。

【００４６】

次に、本実施の形態において、設計基準事故を超える事故として、主蒸気管１本の大破断（大ＬＯＣＡ）、かつ最終ヒートシンクが使用できない、最終ヒートシンク喪失（ＬＵＨＳ）の発生を想定した場合の動作について説明する。なお、原子炉格納容器１０の機能、ＬＵＨＳを伴わない大ＬＯＣＡ時の事象推移は第１の実施の形態と同じであるため、説明を省略し、大ＬＯＣＡ＋ＬＵＨＳ発生時の静的原子炉格納容器冷却系の動作について主に説明する。

【００４７】

大ＬＯＣＡが発生して主蒸気管２３から原子炉格納容器１０内に蒸気が放出されると、上部ドライウェル１１及び下部ドライウェル１２に存在する窒素は垂直ベント管１７及び水平ベント管１８を介して圧力抑制室空間部１３ａに移行する。さらに、大ＬＯＣＡ状態が継続すると、上部ドライウェル１１及び下部ドライウェル１２の窒素はほぼ全量圧力抑制室空間部１３ａに移行し、上部ドライウェル１１及び下部ドライウェル１２は原子炉圧力容器７の破断した主蒸気管２３から放出される蒸気で満たされる。

【００４８】

垂直ベント管１７及び水平ベント管１８を介して圧力抑制プール１４に蒸気が流入することで圧力抑制プール１４のプール水温が上昇すると、圧力抑制プール１４と格納容器冷却水プール５の各プール水の温度差を駆動力として、原子炉格納容器１０の鋼製壁を介して圧力抑制プール１４から格納容器冷却水プール５へと放熱され、圧力抑制プール１４のプール水が冷却されると共に格納容器冷却水プール５のプール水が加熱される。

【００４９】

ＬＯＣＡ時の原子炉格納容器１０の圧力は最大で３気圧程度まで高まるため、圧力抑制プール１４のプール水の飽和温度は１００℃を超える。これに対して、格納容器冷却領域６は外部開放ライン４を介して大気と接続されているため、大気圧に等しく、格納容器冷却水プール５において、プール水は１００℃で沸騰する。発生した蒸気は、蒸気発生前に格納容器冷却領域６を満たしていた空気とともに、上流側配管２を介して、熱交換器１へ導入する。熱交換器１へ導かれた空気と蒸気は、蒸気のみが熱交換器１で凝縮され、凝縮水は下流側配管３へ落下し、空気のみが外部開放ライン４から逆止弁２５を介して放出される。

【００５０】

外部開放ライン４の一端側の接続部位２１が熱交換器１の下流側に設置されていて、かつ下流側配管３の内部は水で満たされているため、下流側配管３を介して外部開放ライン４への蒸気流出は発生せず、格納容器冷却領域６で発生した蒸気は必ず上流側配管２と熱交換器１とを介して外部開放ライン４に導かれる。本実施の形態によれば、格納容器冷却領域６で発生した蒸気が熱交換器１を介さずに外部に放出される可能性を原理的に排除できる。このため、外部開放ライン４を介して水蒸気が外部に放出されることによる格納容器冷却水プール５の喪失を防ぐ事ができる。

【００５１】

本実施の形態においては、外部開放ライン４に逆止弁２５を設置しているため、外部に押し出された空気が熱交換器１へ逆流する虞が無く、熱交換器１の蒸気凝縮性能を常に最

大限に発揮させることができる。

【００５２】

上述したように、空気だけが外部開放ライン４の他端から外部に押し出されることで、格納容器冷却領域６は、ほぼ蒸気で満たされた状態になる。このような状態になると、格納容器冷却領域６が空気で満たされた状態よりも、原子炉格納容器１０の鋼製壁を介した上部ドライウェル１１の高温蒸気から格納容器冷却領域６の１００℃の低温蒸気への熱伝達効率が増加し、原子炉格納容器１０を更に効率良く除熱できるようになる。また、非凝縮性ガスである空気が排除されるため、熱交換器１の除熱性能を最大限発揮できるようになる。

【００５３】

また、何らかの理由によって格納容器冷却領域６内の蒸気が凝縮して格納容器冷却領域６内の気圧が下がった場合でも、本実施の形態は、格納容器冷却系用真空破壊弁２６を介して外部空気や非凝縮性ガスを取り込む（貫流する）ことができるため、外気圧によって格納容器冷却領域６が圧壊する虞は無い。

【００５４】

また、本実施の形態は、万一、鋼製の原子炉格納容器１０から小規模の漏えいが発生して格納容器冷却領域６に核分裂生成物（ＦＰ）を含む気体が漏えいしたとしても、この漏えいした気体を外部開放ライン４経由で排気塔２７に導き、十分に高い位置から外部に放出することができる。この結果、外部被ばくのリスクを更に低減することができる。

【００５５】

上述した本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第２の実施の形態によれば、上述した第１の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【実施例３】

【００５６】

以下、本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第３の実施の形態を図面を用いて説明する。図３は本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第３の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。図３において、図１及び図２に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

【００５７】

本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第２の実施の形態において、静的原子炉格納容器冷却系の構成は図３に示すように、大略第１の実施の形態と同じであるが、熱交換器１を空冷用垂直ダクト２８内に配置した点と、外部開放ライン４の一端側の接続部位２１を熱交換器１の下流側ヘッダ１ａの上方の部位とした点と、外部開放ライン４の他端を下方に向けて熱交換器１より下の位置で開口した点が異なる。空冷用垂直ダクト２８は上部及び下部を大気開放した筒状の流路で、空気の流れを整流化して自然循環力を高めることができる。筒状流路の断面形状は円形流路や矩形流路等、種々の形状を用いることができる。

【００５８】

次に、本実施の形態において、設計基準事故を超える事故として、主蒸気管１本の大破断（大ＬＯＣＡ）、かつ最終ヒートシンクが使用できない、最終ヒートシンク喪失（ＬＵＨＳ）の発生を想定した場合の動作について説明する。なお、空冷用垂直ダクト２８の設置、外部開放ライン４の排出先変更、及び外部開放ラインの接続先を熱交換器１の下流側ヘッダ１ａに変更したこと以外の構成については、第１の実施の形態と同じであるため、説明を省略し、これらを変更したことによる効果のみを説明する。

【００５９】

熱交換器１の管内で蒸気が凝縮することで熱交換器１の管外の空気温度が上昇する。高温空気の密度は低温空気の密度より小さいため、暖められた熱交換器１の管外の空気は浮力によって上昇し、低温の空気が下方から自動的に供給される、いわゆる自然循環力が得られる。しかし、空冷用垂直ダクト２８を設置せずに、熱交換器１を単に設置した場合には、浮力によって上昇した空気が熱交換器１の上方にある大量の空気と速やかに混合して

浮力を失い、自然循環力を十分に確保できない場合がある。熱交換器１を空冷用垂直ダクト２８内に設置することで、暖まった空気と混合する空気の量を制限できるので、空冷用垂直ダクト２８を設けない場合に比して強い自然循環力を確保することができる。

【００６０】

また、本実施の形態では、外部開放ライン４の他端の開口を空冷用垂直ダクト２８の下方に配置している。これにより、原子炉格納容器１０を介して暖められた格納容器冷却領域６の空気や熱交換器１で凝縮しきれなかった高温蒸気を空冷用垂直ダクト２８入口付近に放出することができる。空冷用垂直ダクト２８入口付近に放出された高温蒸気や高温空気は自らの浮力によって空冷用垂直ダクト２８内を上昇する際に、熱交換器１の管外で発生するものとは別の自然循環力を発生させることができる。

【００６１】

このように、本実施の形態においては、空冷用垂直ダクト２８内に強い自然循環力を発生させることができ、熱交換器１での蒸気凝縮性能を向上させることができる。

【００６２】

ところで、本実施の形態のように、外部開放ライン４の他端の開口を下方に向けて配置すると、何らかの原因によって格納容器冷却水プール５のプール水が誤って流出する可能性がある。本実施の形態においては、外部開放ライン４の一端側の接続部位２１を下流側配管３などの配管部より大きな体積の熱交換器１の下流側ヘッダ１ａの上方とすることで、凝縮水の誤放出のリスクを小さくしている。

【００６３】

上述した本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第３の実施の形態によれば、上述した第１の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【００６４】

また、上述した本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第３の実施の形態によれば、熱交換器１を空冷用垂直ダクト２８内に配置したので、熱交換器１の除熱性能を更に向上させることができる。この結果、信頼性の高い静的原子炉格納容器冷却系及び原子力発電プラントが提供できる。

【実施例４】

【００６５】

以下、本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第４の実施の形態を図面を用いて説明する。図４は本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第４の実施の形態の構成を示すシステム系統図である。図４において、図１乃至図３に示す符号と同符号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

【００６６】

本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第４の実施の形態において、静的原子炉格納容器冷却系の構成は図４に示すように、大略第１の実施の形態と同じであるが、熱交換器１を冷却するための熱交換器冷却プール２９を設け、熱交換器１を熱交換器冷却プール２９の熱交換器冷却プール水３０の中に水没させるように構成した点が異なる。熱交換器冷却プール２９の底面は、格納容器冷却水プール５のプール水面より上方に配置されている。外部開放ライン４の一端側の接続部位２１は、熱交換器冷却プール２９の外部にほとんどの部分を延伸した下流側配管３の格納容器冷却水プール５のプール水面より上方の部位であり、外部開放ライン４の他端は上方に向けて開口されている。

【００６７】

次に、本実施の形態において、設計基準事故を超える事故として、主蒸気管１本の大破断（大ＬＯＣＡ）、かつ最終ヒートシンクが使用できない、最終ヒートシンク喪失（ＬＵＨＳ）の発生を想定した場合の動作について説明する。なお、熱交換器冷却プール２９および熱交換器冷却プール水３０以外の構成については、第１の実施の形態と同じであるため、説明を省略し、これらを変更したことによる効果のみを説明する。

【００６８】

熱交換器１で必要となる除熱量は時間と共に変化する。上述したように、スクラム後の

炉心８は崩壊熱を放出し続けるため、事故後の崩壊熱を継続して除熱して原子炉格納容器１０を冷却する必要がある。崩壊熱の放出量は時間と共に指数関数的に減少するため、事故後初期には大きな除熱量が必要となり、事故後時間が経過した後は少ない除熱量が必要となる。第１の実施の形態から第３の実施の形態までのように、空冷タイプの熱交換器１を用いる場合は、事故後初期の大きな崩壊熱量を除去できるように熱交換器１のサイズ（伝熱面積）を決定する必要があり、熱交換器１のサイズが比較的大きなものになることが予想される。

【００６９】

本実施の形態においては、熱交換器１を熱交換器冷却プール水３０の中に水没させる構成としている。一般に未飽和水や飽和水の熱伝達率は空気の熱伝達率の２０倍以上あるため、事故後初期の大きな除熱量を比較的サイズの小さい熱交換器で実現することができる。

【００７０】

事故後の崩壊熱を熱交換器１で除去し続けると熱交換器冷却プール水３０の温度が上昇して沸騰に至る。沸騰によって水位が低下して、熱交換器１が熱交換器冷却プール水３０の水面上に露出すると、熱交換器１の露出部は水冷却から蒸気冷却に変化する。このことにより、熱交換器１での除熱量は低下するが、事故後の時間が経過すると除去すべき崩壊熱量が減少しているので、熱交換器１の除熱量が低下しても対応可能になる。熱交換器１が完全に水面上に露出した後は他の実施の形態と同様に、空冷式熱交換器として機能するようになる。

【００７１】

上述したように、本実施の形態においては、第１の実施の形態と同様の効果を維持することができる。また、熱交換器１のサイズを、事故後初期の高い崩壊熱量を空冷除去可能な大きさに設計するのではなく、事故後長時間経過したときの減少した崩壊熱量を空冷除去可能な大きさに設計できる。このことにより、熱交換器１を小型化できるとともに信頼性が高く、かつ経済性に優れた静的原子炉格納容器冷却系及び原子力発電プラントを提供できる。

【００７２】

上述した本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第４の実施の形態によれば、上述した第１の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【００７３】

なお、本実施の形態では図示していないが、第３の実施の形態のように、熱交換器冷却プール２９内を区分して空冷用垂直ダクト２８を設けることで自然循環力を高めることもできる。このような構成とすることで、熱交換器１が水冷式から空冷式に変化した後の空冷式熱交換器の除熱性能を高めることができるので、熱交換器１のサイズを更に低減することが可能となる。

【００７４】

また、第２の実施の形態のように外部開放ライン４の上に逆止弁２５を設け、かつ格納容器冷却領域６の上部に格納容器冷却系用真空破壊弁２６を設けることで、外部開放ライン４から熱交換器１への空気の逆流を防ぐ事もできる。これにより、熱交換器１への空気混入による熱交換性能低下リスクを低減することが可能になる。

【実施例５】

【００７５】

以下、本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態を図面を用いて説明する。図５は本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態の構成を示すシステム系統図、図６Ａは本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態を構成する水位制御フロート弁の高水位のときの動作を示す概念図、図６Ｂは本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態を構成する水位制御フロート弁の低水位のときの動作を示す概念図である。図５乃至図６Ｂにおいて、図１乃至図４に示す符号と同符

号のものは同一部分であるので、その詳細な説明は省略する。

【００７６】

本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態において、静的原子炉格納容器冷却系の構成は図５に示すように、大略第４の実施の形態と同じであるが、熱交換器冷却プール２９を下方に拡大し、その底面は、原子炉格納容器１０の底面と大略同じ高さに配置した点と、熱交換器冷却プール２９の底部近傍と格納容器冷却水プール５の底部近傍とを接続する注水ライン３１を設けた点と、注水ライン３１の格納容器冷却水プール５側の端部に、水位自動制御機能を備えた注水弁３２を設けた点と、外部開放ライン４の一端側の接続部位２１を熱交換器１の下流側ヘッダ１ａの上方の部位とした点と、外部開放ライン４の他端を下方に向けて熱交換器１の下部ヘッダ１ａより下方の位置で外部に開口した点が異なる。

【００７７】

注水弁３２の水位自動制御機能とは、格納容器冷却水プール５の水位に応じて、注水弁３２の開閉を制御し、熱交換器冷却プール２９から格納容器冷却水プール５へ供給される水量を制御するものであって、本実施の形態においては、水位制御フロート弁を用いる。図６Ａ及び図６Ｂを用いて水位制御フロート弁である注水弁３２を説明する。

【００７８】

図６Ａ及び図６Ｂにおいて、注水弁３２は、注水ライン３１の格納容器冷却水プール５側の端部開口を塞止／開放する蓋部３２ａと、格納容器冷却水プール５のプール水の水面に浮かぶフロート部３３と、蓋部３２ａとフロート部３３とを連結する逆Ｌ字状のロッド部３２ｂとを備えている。蓋部３２ａの下端部は、注水ライン３１の格納容器冷却水プール５側の開口下端部に軸支されていて、蓋部３２ａが直立して注水ライン３１の格納容器冷却水プール５側の端部開口を全面的に覆った場合に、注水弁３２は閉となる。一方、蓋部３２ａが直立状態から下端部を軸に傾いて注水ライン３１の格納容器冷却水プール５側の端部開口の覆いが除去された場合に、注水弁３２は開となる。

【００７９】

図６Ａに示すように、格納容器冷却水プール５の水位が高い場合には、フロート３３による浮力によりロッド部３２ｂで連結された蓋部３２ａが直立するので、注水弁３２は閉止する。一方、図６Ｂに示すように、格納容器冷却水プール５の水位が低い場合には、フロート３３が下方に移動し、ロッド部３２ｂで連結された蓋部３２ａが下端部を軸に傾くので、注水弁３２は開動作する。このように、注水弁３２は、格納容器冷却水プール５の水位に応じて自動的に注水ライン３１の連通／遮断を制御できる。

【００８０】

次に、本実施の形態において、設計基準事故を超える事故として、主蒸気管１本の大破断（大ＬＯＣＡ）、かつ最終ヒートシンクが使用できない、最終ヒートシンク喪失（ＬＵＨＳ）の発生を想定した場合の動作について説明する。なお、注水ライン３１、注水弁３２、外部開放ライン４の配置以外は、第４の実施の形態と同じであるため、説明を省略し、これらを変更したことによる効果のみを説明する。

【００８１】

例えば、熱交換器１による除熱性能が崩壊熱除去に十分では無い場合、熱交換器１で凝縮できない蒸気が外部開放ライン４を介して外部に放出される。このような場合、格納容器冷却水プール５の水位が減少することで、原子炉格納容器１０の冷却性能が低下し、原子炉格納容器１０の健全性が低下する虞がある。

【００８２】

本実施の形態においては、格納容器冷却水プール５の水位が低下すると、注水ライン３１の格納容器冷却水プール５側に設置した注水弁３２が自動的に開き、熱交換器冷却プール２９の熱交換器冷却プール水３０を格納容器冷却水プール５に供給するので、原子炉格納容器１０の冷却性能の劣化を防止できる。

【００８３】

格納容器冷却水プール５の水位が一定値まで上昇すると注水弁３２が自動的に閉止して

必要以上の冷却水が格納容器冷却水プール５に移行するのを防ぐ。この機能により、格納容器冷却水プール５の水位は圧力抑制プール１４水位と同程度以下に維持することができるので、格納容器冷却水プール５の水圧による原子炉格納容器１０の圧壊を防ぐことが可能になる。

【００８４】

しかしながら、万一、フロート弁の閉止機能が作動しなかった場合には、格納容器冷却水プール５の水位が増加するので、原子炉格納容器１０が圧壊する虞がある。この可能性を完全に排除するため、本実施の形態においては、外部開放ライン４の他端側の開口を外部開放ライン４の一端側より下方に配置している。このことにより、格納容器冷却水プール５の水位が増加した場合でも、外部開放ライン４の一端側の接続部位２１を介して余分な水が外部に排出されるため、格納容器冷却水プール５の水位は、最大でも、外部開放ライン４の一端側の接続部位２１の高さに制限することができる。

【００８５】

ところで、本実施の形態のように、外部開放ライン４の他端の開口を下方に向けて配置すると、何らかの原因によって格納容器冷却水プール５のプール水が誤って流出する可能性がある。本実施の形態においては、外部開放ライン４の一端を下流側配管３などの配管部より大きな体積の熱交換器１の下流側ヘッダ１ａの上方の部位２１に接続することで、凝縮水の誤放出のリスクを小さくしている。

【００８６】

上述した本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態によれば、上述した第１の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【００８７】

また、上述した本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態によれば、熱交換器冷却プール２９の底部近傍と格納容器冷却水プール５の底部近傍とを接続する注水ライン３１と水位自動制御機能を備えた注水弁３２とを設けたので、上述した第４の実施の形態と同様の効果を維持しながら、格納容器冷却水プール５の水位低下に伴う原子炉格納容器１０の冷却性能の劣化を防止できる。この結果、信頼性の高い静的原子炉格納容器冷却系及び原子力発電プラントが提供できる。

【００８８】

また、上述した本発明の静的原子炉格納容器冷却系および原子力発電プラントの第５の実施の形態によれば、熱交換器冷却プール２９の底部近傍と格納容器冷却水プール５の底部近傍とを接続する注水ライン３１と水位自動制御機能を備えた注水弁３２とを設けたので、上述した第４の実施の形態と同様の効果を維持しながら、熱交換器１の除熱性能を低く設計することが可能になる。この結果、経済性に優れた静的原子炉格納容器冷却系及び原子力発電プラントが提供できる。

【００８９】

なお、本発明は上述した第１乃至第５の実施の形態に限られるものではなく、様々な変形例が含まれる。上記した実施形態は本発明をわかり易く説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。例えば、ある実施形態の構成の一部を他の実施の形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施の形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加、削除、置換をすることも可能である。

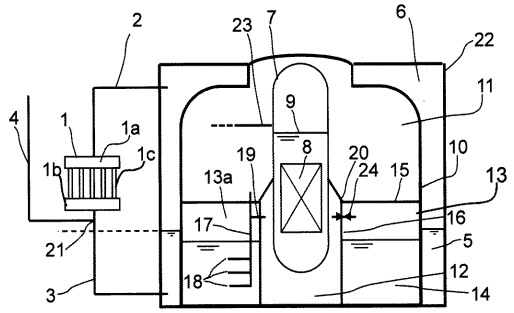
【符号の説明】

【００９０】

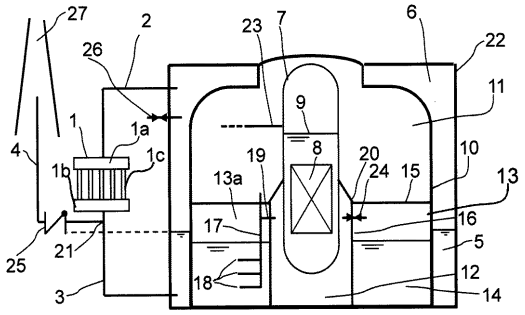
１	熱交換器
１ａ	熱交換器下流側ヘッダ
２	上流側配管
３	下流側配管
４	外部開放ライン
５	格納容器冷却水プール

6	格納容器冷却領域
7	原子炉圧力容器
8	炉心
9	原子炉圧力容器内水位
１０	原子炉格納容器
１１	上部ドライウェル
１２	下部ドライウェル
１３	圧力抑制室
１３ａ	圧力抑制室空間部
１４	圧力抑制プール
１５	ダイヤフロムフロア
１６	ペデスタル
１７	垂直ベント管
１８	水平ベント管
１９	連通管
２０	原子炉圧力容器支持スカート
２１	外部開放ラインの一端側の接続部位
２２	生体遮へい壁
２３	主蒸気管
２４	真空破壊弁
２５	逆止弁
２６	格納容器冷却系用真空破壊弁
２７	排気塔
２８	空冷用垂直ダクト
２９	熱交換器冷却プール
３０	熱交換器冷却プール水
３１	注水ライン
３２	注水弁
３３	フロート

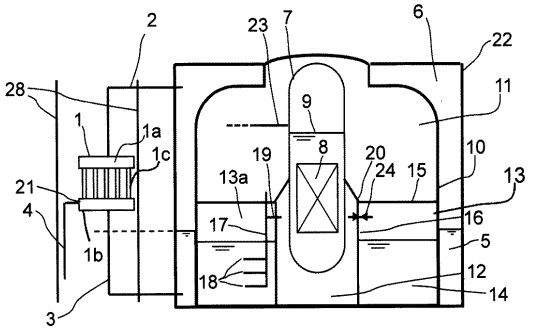
【図１】



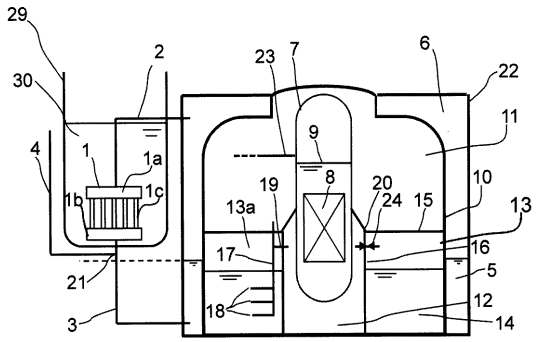
【図２】



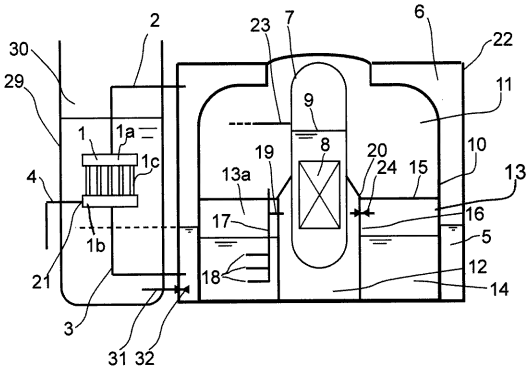
【図３】



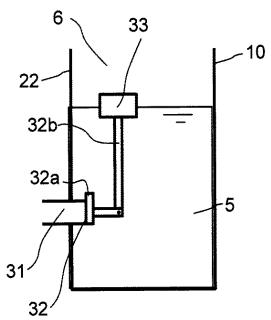
【図４】



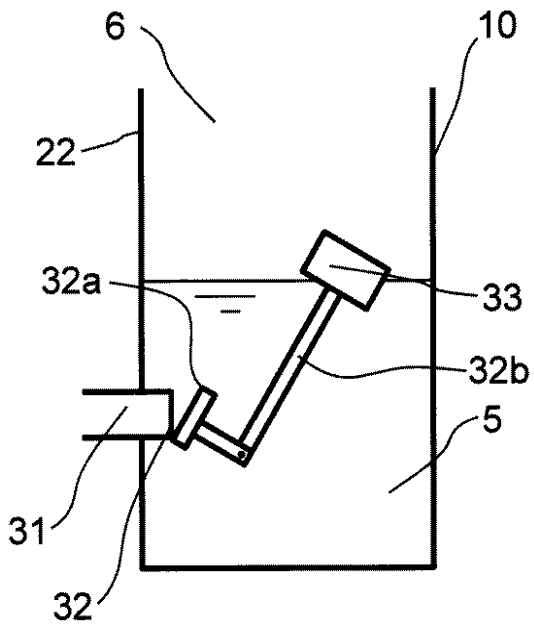
【図５】



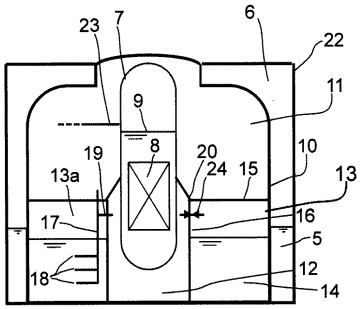
【図６Ａ】



【図６Ｂ】



【図７】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－１８０５８２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０１１５０２（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５３４５４８１（ＵＳ，Ａ）
特開昭５６－１１２６８４（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２９０９９４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１７２９７９（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２０１５５９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ２１Ｃ　　９／００４
Ｇ２１Ｃ　１５／１８
Ｇ２１Ｃ　１３／００
Ｇ２１Ｃ　１１／０２