

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4994425号
(P4994425)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int.Cl.		F I	
G 2 1 D 1/00	(2006.01)	G 2 1 D	1/00 B
F 1 6 L 55/04	(2006.01)	F 1 6 L	55/04
F 0 1 D 25/00	(2006.01)	F 0 1 D	25/00 H
F 0 1 D 25/04	(2006.01)	F 0 1 D	25/04

請求項の数 7 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2009-148844 (P2009-148844)	(73) 特許権者	507250427
(22) 出願日	平成21年6月23日 (2009.6.23)		日立GEニュークリア・エナジー株式会社
(65) 公開番号	特開2011-7516 (P2011-7516A)		茨城県日立市幸町三丁目1番1号
(43) 公開日	平成23年1月13日 (2011.1.13)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成23年6月10日 (2011.6.10)		ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	奥山 圭太
			茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内
		(72) 発明者	高橋 志郎
			茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分岐部を有する配管を備えたプラント及び沸騰水型原子力プラント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

分岐管が接続されて内部に気体の流れる配管を備え、
前記分岐管に連絡される開口部が、前記分岐管と前記配管との接続部で前記配管に形成されており、

前記開口部の、前記配管の軸方向における第1の差し渡し長さが、前記開口部の、前記配管の中心軸に直交する方向で且つ前記分岐管の中心軸に直交する方向における第2の差し渡し長さよりも長くなっており、

前記第1の差し渡し長さが前記第2の差し渡し長さの10倍以下であることを特徴とする分岐部を有する配管を備えたプラント。

【請求項2】

前記分岐管が弁を設けており、
前記配管と前記弁との間で前記分岐管の少なくとも一部において、前記分岐管の流路断面積が前記配管から前記弁に向かって減少している請求項1に記載の分岐部を有する配管を備えたプラント。

【請求項3】

前記配管が蒸気発生装置に接続される蒸気配管である請求項1または2に記載の分岐部を有する配管を備えたプラント。

【請求項4】

前記プラントが原子力プラント及び火力プラントのいずれかである請求項1ないし3の

いずれか 1 項に記載の分岐部を有する配管を備えたプラント。

【請求項 5】

前記分岐管に弁が設けられている請求項 1, 3 及び 4 のいずれか 1 項に記載の分岐部を有する配管を備えたプラント。

【請求項 6】

原子炉と、前記原子炉に接続されて前記原子炉で発生した蒸気を導き、分岐管が接続されている蒸気配管とを備え、

前記分岐管に連絡される開口部が、前記分岐管と前記蒸気配管との接続部で前記蒸気配管に形成されており、

前記開口部の、前記蒸気配管の軸方向における第 1 の差し渡し長さが、前記開口部の、前記蒸気配管の中心軸に直交する方向で且つ前記分岐管の中心軸に直交する方向における第 2 の差し渡し長さよりも長くなっており、

前記第 1 の差し渡し長さが前記第 2 の差し渡し長さの 10 倍以下であることを特徴とする分岐部を有する配管を備えた沸騰水型原子力プラント。

【請求項 7】

前記分岐管に蒸気逃し安全弁が設けられている請求項 6 に記載の沸騰水型原子力プラント。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、分岐部を有する配管を備えたプラント及び沸騰水型原子力プラントに関する。

【背景技術】

【0002】

原子炉として沸騰水型原子炉（以下、BWR という）を有する沸騰水型原子力プラント（以下、BWR プラントという）では、発電容量を増大する際に、主蒸気流量の増大に伴って圧力変動が増大し、プラントの機器損傷に至る事例が報告されている。機器の損傷を避けるため、主蒸気系の流路形状の適正化及び構造強度の増大などの対策がとられている。このような事例及び対策が、G. Deboo, et al., “Quad cities unit 2 main steam line

acoustic source identification and load reduction”, ICONE14-89903 Proceedings of ICONE 14, (2006)に開示されている。

【0003】

BWR プラントにおける主蒸気系（主蒸気配管等）での圧力変動の原因の一つとして、音響共鳴が考えられている。原子炉圧力容器の蒸気ドームから主蒸気配管を通して高圧タービンに至る主蒸気系では、主蒸気配管に設置されている主蒸気逃し安全弁などの分岐管において圧力波が発生し、主蒸気系内を伝播、反射する。これによって、大きな振幅を持つ定在波（音響共振モード）が形成され、圧力変動の振幅が増大する可能性がある。特に、発電容量を増大した BWR プラントでは、主蒸気流量の増大に伴って蒸気の圧力変動が大きくなるため、音響共鳴が生じやすくなる。

【0004】

この音響共鳴を抑制する方法としては、例えば、特開 2006-153869 号公報には、ヘルムホルツ共鳴管を利用して BWR プラントの主蒸気系で発生する音響共鳴に伴う圧力変動を抑制する方法が開示されている。特開 2008-14458 号公報には、音響共鳴が発生すると考えられているキャピティに底部材を設けることで、音響共鳴に伴う圧力変動を抑制する方法が開示されている。S. Ziada, et al., “Self-excited resonance of two side-branches in close proximity”, Journal of Fluids and Structures, 6, P583-601(1992)では、隣接する 2 本の分岐管の間で音響共鳴が発生した場合に、隣接する分岐管の長さ差をつけることで、音圧を抑制できることを開示している。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-153869号公報

【特許文献2】特開2008-14458号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】G. Deboo, et al., "Quad cities unit 2 main steam line acoustic source identification and load reduction", ICONE14-89903 Proceedings of ICONE 14, (2006)

【非特許文献2】S. Ziada, et al., "Self-excited resonances of two side-branches in close proximity", Journal of Fluids and Structures, 6, P583-601(1992) 10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

原子炉の主蒸気配管が引き回される原子炉格納容器内のスペースが限られていることから、発電容量増大時の音響共鳴の抑制方法としても、空間的な制約が小さく、コンパクトな手法が必要になる。

【0008】

特開2006-153869号公報では、上記したように、主蒸気配管にヘルムホルツ管を設置することにより、ヘルムホルツ共鳴管が主蒸気系内の音響エネルギーを吸収して、効果的に音響共鳴モードを減衰させることができる。しかしながら、特開2006-153869号公報は、分岐管毎にヘルムホルツ管を設置する必要がある。BWRプラントにおいて、逃し安全弁は10ヶ所以上あることが多いため、原子炉格納容器を大きくする必要が生じる。 20

【0009】

特開2008-14458号公報も、分岐管毎に音響共鳴モードを減衰させる必要がある。この場合、配管の構造が複雑化する課題が生じる。

【0010】

S. Ziada, et al., "Self-excited resonances of two side-branches in close proximity", Journal of Fluids and Structures, 6, P583-601(1992)では、隣接する2本の分岐管の間で音響共鳴が発生した場合に、隣接する分岐管の長さに差をつけることで、音圧を抑制できることを開示している。しかしながら、分岐管が原子炉の主蒸気逃がし安全弁管台である場合、分岐管の下端には主蒸気逃がし安全弁が設置されていることから、場合によっては他の主蒸気配管と空間的に干渉する可能性がある。 30

【0011】

本発明の目的は、音響共鳴に基づく圧力変動をさらに低減できる、分岐部を有する配管を備えたプラント及び沸騰水型原子力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】

【0012】

上記した目的を達成する本発明の特徴は、分岐管に連絡される開口部が、分岐管と内部に気体の流れる配管との接続部で配管に形成されており、 40

この開口部の、配管の軸方向における第1の差し渡し長さが、その開口部の、配管の中心軸に直交する方向で且つ分岐管の中心軸に直交する方向における第2の差し渡し長さよりも長くなっており、

第1の差し渡し長さが第2の差し渡し長さの10倍以下であることにある。

【0013】

第1の差し渡し長さが第2の差し渡し長さよりも長くなっているため、分岐管と主配管の接続部において分岐管の上流側端部で発生したある渦が、その接続部での分岐管の下流側端部付近で分岐管の内面に衝突するまでの期間に発生する渦の発生周波数と、その下流側端部付近で分岐管の内面で発生した音波が、分岐管内を伝播し分岐管の上流側端部に到 50

達するまでの期間における音波の周波数とのフィードバックループが、分岐管及び配管にまたがって形成されない。このため、分岐管で発生する音響共鳴による音を小さくすることができ、音響共鳴に基づく圧力変動をさらに低減できる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、分岐管で発生する音響共鳴による音を小さくすることができ、音響共鳴に基づく圧力変動をさらに低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図2に示す主蒸気配管と分岐管の分岐部の拡大縦断面図である。

10

【図2】本発明の好適な一実施例である実施例1の分岐部を有する配管を備えたプラント（沸騰水型原子力プラント）の構成図である。

【図3】図2に示す主蒸気配管と分岐管の接続部で主蒸気配管に形成された開口部の拡大図である。

【図4】St数と二乗平均平方根（RMS）で表す圧力変動の関係を示す特性図である。

【図5】本発明の他の実施例である実施例2の分岐部を有する配管を備えたプラント（沸騰水型原子力プラント）において、主蒸気配管と分岐管の接続部で主蒸気配管に形成された開口部の拡大図である。

【図6】本発明の他の実施例である実施例3の分岐部を有する配管を備えたプラント（沸騰水型原子力プラント）における分岐部の拡大縦断面図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0016】

主蒸気逃し安全弁などの分岐管における音の発生メカニズムを、以下に説明する。弁の弁体により閉止される分岐管が主配管に設置されており、気体（例えば、空気または蒸気）が主配管内を流れている。分岐管と主配管の接続部において分岐管の上流側端部で、主配管内を流れる気体の流れが剥離し、渦が発生する。この渦は気体とともに下流に向かって流れ、上記の接続部において分岐管の下流側端部付近で分岐管の内面に衝突する。この渦の分岐管内面への衝突により音波が発生する。音波は、分岐管内を伝播し、分岐管を封鎖している弁の弁体で反射される。反射された音波が、分岐管と主配管の接続部において分岐管の上流側端部に到達する。このため、反射されてこの接続部に到達した音波が、主配管から剥離した渦を強める働きをする。分岐管と主配管の接続部において分岐管の上流側端部で発生したある渦が、その接続部での分岐管の下流側端部付近で分岐管の内面に衝突するまでの期間に発生する渦の発生周波数と、その下流側端部付近で分岐管の内面で発生した音波が、分岐管内を伝播し分岐管の上流側端部に到達するまでの期間における音波の周波数とが近い値のときに、分岐管及び主配管内において、このような音波のフィードバックループが形成される。この渦と音波のフィードバックループの形成によって、音波の強度が数十～数百倍に強められる。以上が分岐管の設置による音の発生メカニズムである。

30

【0017】

分岐管で発生する音響共鳴に伴う圧力変動を低下させるためには、上記した渦と音波のフィードバックループが形成されないようにすればよい。分岐管の主配管への接続部である分岐部で発生する音響共鳴に伴う圧力変動は、ストローハル数（St）とよばれる無次元数で（1）式のように表される。

40

【0018】

$$St = f \times d / U \quad \dots \dots (1)$$

ここで、dは分岐管との接続部で主配管に形成された開口部の、主配管の軸方向における差し渡し長さ（以下、第1の差し渡し長さという）、Lは分岐管の長さ（分岐管と主配管との接続部と、この分岐管に設けられた弁のうち、その接続部に最も近い弁の弁体との間の最短距離）、Uは主配管内の流体の流速、fは主配管と分岐配管の接続部で発生する音響共鳴に伴う圧力変動の周波数である。差し渡し長さとは、開口部での、開口部の対向す

50

る側面間の距離を示すもので、例えば、円の差し渡し長さは円の直径と等しくなる。

【 0 0 1 9 】

S t 数の値が 0 . 3 から 0 . 6 の範囲内にあるとき、前述した渦と音のフィードバックループが分岐管内等に形成されることにより、音響共鳴が発生することが知られている。特に、S t 数が 0 . 4 前後で強い音響共鳴が発生する。音響共鳴を回避する対策としては、S t 数を 0 . 3 よりも小さくする方法、及び S t 数を 0 . 6 よりも大きくして渦と音のフィードバックループの形成を回避する方法がある。プラントの定格運転時の S t 数を 0 . 3 よりも小さくした場合、その定格運転時での音響共鳴は回避できる。

【 0 0 2 0 】

しかしながら、プラントの起動時における主配管内の気体の流速はプラントの定格運転時におけるその気体の流速よりも遅いため、起動時の S t 数は約 0 . 3 から約 0 . 6 の範囲内になる可能性がある。したがって、実質的な音響共鳴を回避する対策としては、定格運転時の S t 数を 0 . 6 よりも大きくすることになるので、(1) 式に基づけば、第 1 の差し渡し長さを、大きくすることになる。主配管に接続される従来の分岐管は、ほとんどが、横断面が円形をしている。横断面が円形をしている分岐管を設けた場合における第 1 の差し渡し長さを大きくするためには、横断面が円のまま、分岐管の内径を大きくすることになる。分岐管の内径は、主配管の外径との関係で制約があり、むやみに大きくできなく、音響共鳴の回避にも限界がある。

【 0 0 2 1 】

発明者らは、このような課題の解決策を鋭意検討した結果、分岐管との接続部で主配管に形成された開口部の、主配管の中心軸に直交する方向で且つ分岐管の中心軸に直交する方向における差し渡し長さ(以下、第 2 の差し渡し長さという)が、S t 数に影響を与えていないことに気がついた。この新たな知見に基づいて、発明者らは、第 1 の差し渡し長さと第 2 の差し渡し長さとを違う長さにすれば、音響共鳴を回避できることを見出した。特に、第 2 の差し渡し長さは、主配管の内径によって制約を受けるため、第 1 の差し渡し長さを第 2 の差し渡し長さよりも長くすることが望ましい。音響共鳴を回避するために、S t 数が 0 . 6 よりも大きくなるように第 1 の差し渡し長さを決定し、第 2 の差し渡し長さを第 1 の差し渡し長さよりも短くすれば、空間的にもコンパクトな体系で積極的に音響共鳴による音を抑制できることを、発明者らが初めて見出した。

【 0 0 2 2 】

以上の検討結果を考慮して得られた、本発明の実施例を以下に説明する。

【実施例 1】

【 0 0 2 3 】

本発明の好適な一実施例である分岐部を有する配管を備えたプラントを、図 1、図 2 及び図 3 を用いて以下に説明する。本実施例の分岐部を有する配管を備えたプラントは、BWR プラント 1 である。BWR プラント 1 は、原子炉 2、主蒸気配管 10、タービン 12、復水器(図示せず)及び給水配管を備えている。

【 0 0 2 4 】

原子炉 2 は、原子炉圧力容器(以下、R P V という)3、及び R P V 3 内に配置された炉心を有する。炉心には、多数の燃料集合体(図示せず)が装荷されている。取り外し可能な蓋 4 が R P V 3 に取り付けられている。R P V 3 内には、炉心の上方に気水分離器(図示せず)が設置され、気水分離器の上方に波板 6 を有する蒸気乾燥器 5 が設置される。主蒸気配管 10 は、R P V 3 に形成されたノズル 9 に接続され、蒸気乾燥器 5 よりも上方で R P V 3 内に形成される蒸気ドーム 7 に連絡される。タービン 12 が主蒸気配管 10 に接続される。分岐管 15 が主蒸気配管 10 に接続され、蒸気逃し安全弁 13 が分岐管 15 に設置される。分岐管 15 は、図示されていないが、原子炉 2 を取り囲んでいる原子炉格納容器内に設けられた圧力抑制室内まで伸びており、その先端部が圧力抑制室内のプール水に浸漬されている。

【 0 0 2 5 】

再循環ポンプ(図示せず)の駆動によって R P V 3 内の冷却水が昇圧されて R P V 3 内

10

20

30

40

50

に設置されたジェットポンプ（図示せず）のノズルから噴出される。この噴出された冷却水流によって、ノズルの周囲に存在する冷却水が、ジェットポンプ内に吸引されてジェットポンプから吐出される。吐出された冷却水は、炉心に供給される。冷却水は、炉心を上昇する間に、燃料集合体内の核燃料物質の核分裂で発生する熱によって加熱され、一部が蒸気 16 になる。蒸気 16 に含まれている水分が、気水分離器及び蒸気乾燥器 5 で除去される。水分が除去された蒸気 16 は、主蒸気配管 10 を通ってタービン 12 に導かれ、タービン 12 を回転させる。タービン 12 に連結された発電機（図示せず）が回転し、電力が発生する。タービン 12 から排出された蒸気 16 は、復水器（図示せず）で凝縮されて水になる。この水は、給水として、給水ポンプ（図示せず）で昇圧され、給水配管（図示せず）を通して R P V 3 内に供給される。B W R プラントの原子炉 2 は蒸気発生装置である。蒸気乾燥器 5 で分離された水分は、ドレン管 8 を通って蒸気乾燥器 5 よりも下方で気水分離器の相互間に形成された領域に排出される。

10

【 0 0 2 6 】

万が一、R P V 3 内の圧力が設定値よりも高くなったとき、蒸気逃し安全弁 13 が自動的に開く。すなわち、蒸気逃し安全弁 13 の弁体 17 が押し上げられる。R P V 3 内の蒸気 16 は、主蒸気配管 10 及び蒸気逃し安全弁 13 を通り、分岐管 15 を経て圧力抑制室内のプール水中に放出され、凝縮される。これにより、R P V 3 内の圧力が設定値以下に抑えられ、原子炉 2 の安全性が確保される。

【 0 0 2 7 】

主蒸気配管 10 と分岐管 15 との接続部において、主蒸気配管 10 に開口部 18 が形成される（図 1 参照）。分岐管 15 は開口部 18 を介して主蒸気配管 10 に連絡される。本実施例において、主蒸気配管 10 に形成された開口部 18 は、真上から見た形状が図 3 に示すようになっている。すなわち、開口部 18 は、主蒸気配管 10 の軸方向において対向すされている、半円の 2 つの円弧 21 を有し、これらの円弧 21 のそれぞれの両端同士を 2 本の直線で結んで形成される側面を有している。これらの直線は主蒸気配管 10 の軸方向において互いに平行になっている。分岐管 15 との接続部で主蒸気配管 10 形成された開口部 18 の、主蒸気配管 10 の軸方向における差し渡し長さ、すなわち、第 1 の差し渡し長さ 19 は、開口部 18 の、主蒸気配管 10 の中心軸に直交する方向で且つ分岐管 15 の中心軸に直交する方向における差し渡し長さ、すなわち、第 2 の差し渡し長さ 20 よりも長くなっている。このため、(1) 式により S t 数の値が大きくなり、S t 数が 0 . 6 よりも大きくなる。S t 数が 0 . 6 よりも大きくなったとき、前述したように、渦の発生周波数と音の周波数にずれが生じるため、分岐管 15 及び主蒸気配管 10 内に渦と音（音波）のフィードバックループが形成されない。すなわち、強い音の発生を抑制することができる。

20

30

【 0 0 2 8 】

第 1 の差し渡し長さ 19 が第 2 の差し渡し長さ 20 よりも長くなっている本実施例では、主蒸気配管 10 に接続された分岐管 15 は、主蒸気配管 10 と蒸気逃し安全弁 13 の間で以下の構成を有する。分岐管 15 は、主蒸気配管 10 から蒸気逃し安全弁 13 に向かって、3 つの領域、すなわち、拡大流路部 23、流路縮小部 24 及び円管部 25 を有する（図 1 参照）。拡大流路部 23 は、流路断面積が開口部 18 を真上から見たときの開口部 18 の面積と同じであり、開口部 10 の位置で主蒸気配管 10 の外面に取り付けられる。拡大流路部 23 の内面が、開口部 18 の上記した形状と同じ形状を有している。円管部 25 が蒸気逃し安全弁 13 に取り付けられる。流路縮小部 24 は、拡大流路部 23 と円管部 25 に接続されている。流路縮小部 24 の流路断面積は、拡大流路部 23 の流路断面積から、この流路断面積よりも小さい円管部 25 の流路断面積になるように、徐々に減少している。

40

【 0 0 2 9 】

仮に、第 2 の差し渡し長さ 20 が第 1 の差し渡し長さ 19 と等しい場合、分岐管の外径が大きくなり、場合によっては分岐管の外径が主蒸気配管 10 の外径よりも大きくなる。このように分岐管の外径が主蒸気配管 10 の外径よりも大きい場合には、分岐部の形状が

50

複雑になり、実機に適用することが困難になる。

【 0 0 3 0 】

本実施例において、分岐管 1 5 が主蒸気配管 1 0 に設置されている部分、すなわち、分岐部 1 1 における圧力変動の強さである二乗平均平方根 (R M S) の S t 数に対する変化を、図 4 に示す。S t 数の値が約 0 . 3 から約 0 . 6 の範囲内で、前述した渦と音のフィードバックループが形成され、音響共鳴が発生することが知られている。特に、S t 数が 0 . 4 前後になったときに、音響共鳴が大きくなることが知られている。S t 数を小さくするためには、(1) 式から蒸気の流速を大きくするか、第 1 の差し渡し長さ 1 9 を小さくすればよい。また、S t 数を大きくするためには、蒸気の流速を小さくするか、第 1 の差し渡し長さ 1 9 を大きくすればよい。

10

【 0 0 3 1 】

音響共鳴を回避する対策としては、S t 数を小さくする方法と大きくする方法がある。B W R プラント 1 の定格出力運転時の S t 数を 0 . 3 よりも小さくした場合、その定格出力運転時の音響共鳴は回避できる。しかしながら、B W R プラント 1 の起動時における主蒸気配管 1 0 内での蒸気の流速は定格出力運転時におけるその蒸気の流速よりも遅いため、起動時の S t 数は約 0 . 3 から約 0 . 6 の範囲内の値になる可能性がある。したがって、実質的な音響共鳴を回避する対策としては、定格出力運転時での S t 数を 0 . 6 よりも大きくすることになる。このため、主蒸気配管 1 0 内の蒸気の流速を小さくするか、第 1 の差し渡し長さ 1 9 を大きくする必要がある。しかしながら、主蒸気配管 1 0 の内径を変えない限り、原子炉出力が一定であれば蒸気の流速はほぼ一定であるので、実質的な音響共鳴対策は、前述したように、第 1 の差し渡し長さ 1 9 を第 2 の差し渡し長さ 2 0 よりも大きくすることになる。ただし、第 1 の差し渡し長さ 1 9 は第 2 の差し渡し長さ 2 0 の 1 0 倍以下にすることが望ましい。

20

【 0 0 3 2 】

特開 2 0 0 6 - 1 5 3 8 6 9 号公報に記載された B W R プラントは、主蒸気配管に接続された分岐管にヘルムホルツ共鳴管を設けることによって、音響共鳴を回避している。しかしながら、B W R プラント 1 の主蒸気配管 1 0 には、1 0 本程度の分岐管が接続されている。音響共鳴を回避するためには、これらすべての分岐管にそれぞれヘルムホルツ共鳴管を設置する必要がある。しかし、このようなヘルムホルツ共鳴管の設置は原子炉格納容器を大きくすることになる。

30

【 0 0 3 3 】

本実施例では、主蒸気配管 1 0 と分岐管 1 5 との接続部で主蒸気配管 1 0 に形成された開口部 1 8 が、第 1 の差し渡し長さ 1 9 を第 2 の差し渡し長さ 2 0 よりも長くすることにより、音響共鳴を抑制することができ、音響共鳴に基づく圧力変動をさらに低減することができる。さらに、第 1 の差し渡し長さ 1 9 を第 2 の差し渡し長さ 2 0 よりも長くしているので、原子炉格納容器を大きくする必要がない。

【 0 0 3 4 】

特開 2 0 0 8 - 1 4 4 5 8 号公報に記載されたキャビティに底部材を設けた B W R プラントは、複数の分岐管に底部材を設置する必要があり、構造が複雑化する。第 1 の差し渡し長さ 1 9 を第 2 の差し渡し長さ 2 0 よりも長くする本実施例では、B W R プラント 1 の構成が、ヘルムホルツ共鳴管を設置する特開 2 0 0 6 - 1 5 3 8 6 9 号公報及び底部材を設置する特開 2 0 0 8 - 1 4 4 5 8 号公報にそれぞれ記載された B W R プラントよりも単純化される。

40

【 0 0 3 5 】

本実施例は、第 1 の差し渡し長さ 1 9 を第 2 の差し渡し長さ 2 0 よりも長くしているので、原子炉格納容器の拡大を抑えつつ、音響共鳴に基づく圧力変動をさらに低減することができる。これにより、分岐部 1 1 での音響共鳴の発生を抑制して主蒸気配管 1 0 内を流れる蒸気 1 6 の圧力変動を低減することができる。このため、B W R プラント 1 の出力向上を容易に達成することができる。B W R プラント 1 の出力向上は、炉心流量を増加させて原子炉出力を定格出力 (1 0 0 % 出力) よりも増大させるものである。この出力向上に

50

においてはタービン 12 に供給される蒸気の流量が増大される。本実施例は、第 1 の差し渡し長さ 19 を第 2 の差し渡し長さ 20 よりも長くして分岐部 11 での音響共鳴の発生を抑制でき、主蒸気配管 10 内を流れる蒸気 16 の圧力変動を低減できる。このため、本実施例は、タービン 12 に供給する蒸気 16 の流量を容易に増加させることができ、BWR プラントの出力向上を容易に達成できるのである。

【実施例 2】

【0036】

本発明の他の実施例である分岐部を有する配管を備えたプラントを、図 5 を用いて以下に説明する。本実施例の分岐部を有する配管を備えたプラントは、BWR プラント 1A である。BWR プラント 1A は、実施例 1 の BWR プラント 1 において主蒸気配管 10 に形成した開口部 18 を開口部 18A に替えた構成を有する。BWR プラント 1A の他の構成は BWR プラント 1 と同じである。

10

【0037】

本実施例における主蒸気配管 10 と分岐管 15 の接続部において、開口部 18A が形成される（図 5 参照）。分岐管 15 は開口部 18A を介して主蒸気配管 10 に連絡される。本実施例において、主蒸気配管 10 に形成された開口部 18A は、真上から見た形状が図 5 に示すように楕円形状になっている。開口部 18A においても、第 1 の差し渡し長さ 19A が第 2 の差し渡し長さ 20A よりも長くなっている。

【0038】

本実施例も、実施例 1 で生じる各効果を得ることができる。

20

【実施例 3】

【0039】

本発明の他の実施例である分岐部を有する配管を備えたプラントを、図 6 を用いて以下に説明する。本実施例の分岐部を有する配管を備えたプラントは、BWR プラント 1B である。BWR プラント 1B は、実施例 1 の BWR プラント 1 において分岐管 15 を分岐管 15A に替えた構成を有する。BWR プラント 1B の他の構成は BWR プラント 1 と同じである。

【0040】

分岐管 15A との接続部で主蒸気配管 10 に形成される開口部 18 は、実施例 1 において主蒸気配管 10 に形成される開口部 18 と同じ形状を有している。分岐管 15A は、蒸気逃し安全弁 13 に接続された端部の横断面が円形であり、主蒸気配管 10 に接続された他の端部が開口部 18 を取り囲んでいる。分岐管 15A の、蒸気逃し安全弁 13 に接続された端部の内面は、横断面が円形であり、主蒸気配管 10 に接続された他の端部の内面が、開口部 18 の上記した形状（図 3 参照）と同じ形状を有している。

30

【0041】

本実施例においても、第 1 の差し渡し長さ 19 が、実施例 1 と同様に、第 2 の差し渡し長さ 20 よりも長くなっている。このため、(1) 式により St 数の値が大きくなり、St 数が 0.6 よりも大きくなる。St 数が 0.6 よりも大きくなったとき、実施例 1 で述べたように、渦の発生周波数と音の周波数にずれが生じ、分岐管 15 及び主蒸気配管 10 内に渦と音（音波）のフィードバックループが形成されない。すなわち、本実施例は、強い音の発生を抑制することができる。

40

【0042】

本実施例も、実施例 1 で生じる各効果を得ることができる。

【0043】

以上に述べた各実施例は、蒸気発生器（蒸気発生装置）とタービンを連絡する蒸気配管を有する加圧水型原子力プラント、及びボイラ（蒸気発生装置）とタービンを連絡する蒸気配管を有する火力プラント等の分岐部を有して気体（蒸気及び空気等）が流れる配管を備えたプラントに適用することができる。また、蒸気発生装置に連絡される蒸気配管を有する暖房システムにも、上記した各実施例を適用することができる。

【産業上の利用可能性】

50

【0044】

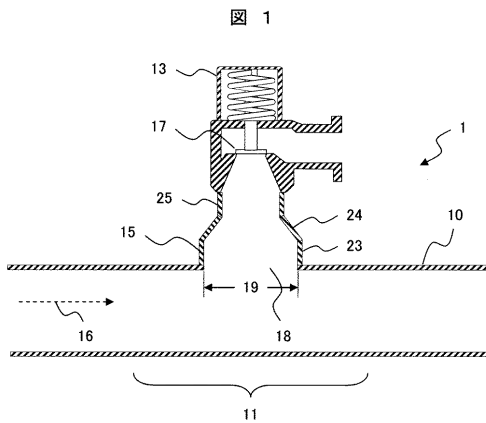
本発明は、蒸気配管を有する原子カプラント及び火力カプラント等のプラントに適用することができる。

【符号の説明】

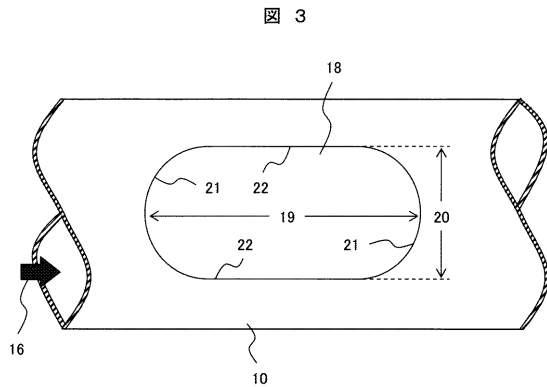
【0045】

1, 1A, 1B... 沸騰水型原子カプラント、2... 原子炉、3... 原子炉圧力容器、10... 主蒸気配管、15, 15A... 分岐管、13... 主蒸気逃し安全弁、11... 分岐部、18, 18A... 開口部。

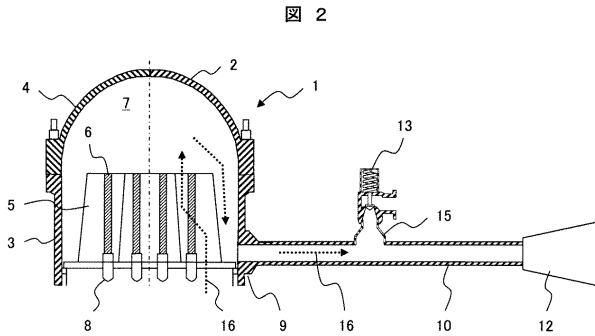
【図1】



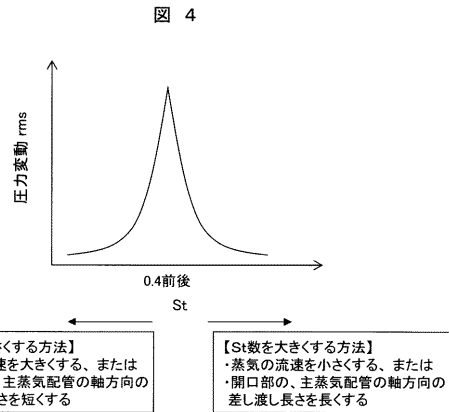
【図3】



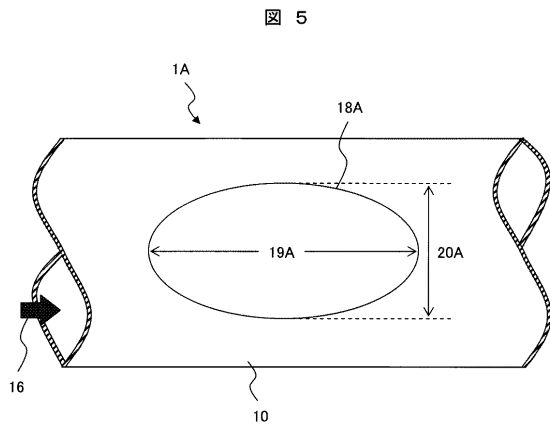
【図2】



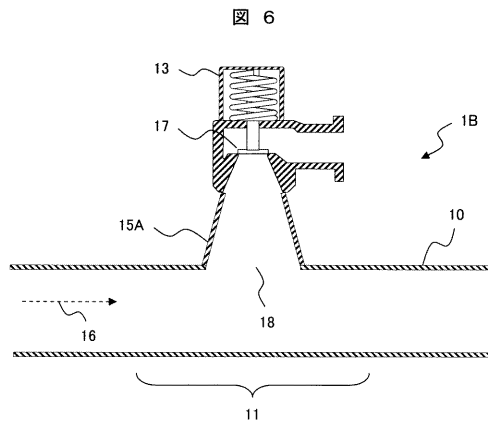
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 田村 明紀

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内

(72)発明者 椿 正昭

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 日立GEニュークリア・エナジー株式会社内

審査官 青木 洋平

(56)参考文献 特開2008-256130(JP,A)

特開平05-119187(JP,A)

特開平11-194780(JP,A)

特開2006-153869(JP,A)

特開2007-232537(JP,A)

特開平07-332576(JP,A)

特開2008-157455(JP,A)

特開2008-014458(JP,A)

実開昭57-059398(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21D 1/00

F01D 25/00

F01D 25/04

F16L 55/04