

(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2021-76460

(P2021-76460A)

(43) 公開日 令和3年5月20日(2021.5.20)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード (参考)  
**G 2 1 D 3/08 (2006.01)** G 2 1 D 3/08 F 2 G 0 0 2  
**G 2 1 C 9/004 (2006.01)** G 2 1 C 9/004

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2019-202879 (P2019-202879)  
 (22) 出願日 令和1年11月8日(2019.11.8)

(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 110000925  
 特許業務法人信友国際特許事務所  
 (72) 発明者 浜田 克紀  
 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  
 Fターム(参考) 2G002 AA01 CA01 DA01 DA05 EA01

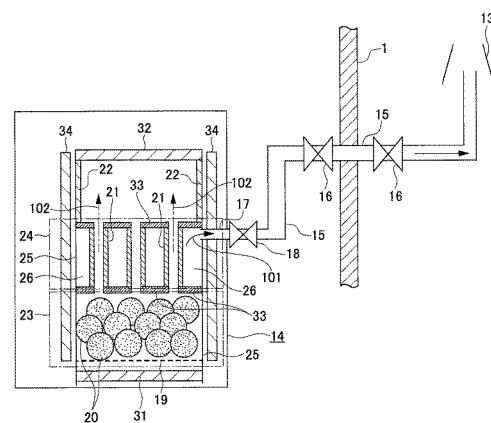
(54) 【発明の名称】 原子力発電プラント

(57) 【要約】

【課題】 水素排出時にブロウ・ポンプ等や大型の非常用発電機を必要とせず、多量の水素を処理可能な原子力発電プラントを提供する。

【解決手段】 原子炉と、原子炉を格納する原子炉格納容器と、原子炉格納容器内に設けられ、原子炉格納容器内に発生した水素を排出するための水素排出装置と、水素排出装置から原子炉格納容器の外へ、水素を排出する配管とを備え、水素排出装置は、水素のみを透過する金属水素透過膜と、金属水素透過膜の下部かつ流入側に設けられ、水素排出装置に流入した気体を加熱する加熱源とを有し、加熱源は、流入した気体に含まれる水蒸気と化学反応して反応熱を生じる物質で構成され、反応熱で気体を加熱する原子力発電プラントを構成する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

原子炉と、  
前記原子炉を格納する原子炉格納容器と、  
前記原子炉格納容器内に設けられ、前記原子炉格納容器内に発生した水素を排出するための水素排出装置と、  
前記水素排出装置から前記原子炉格納容器の外へ、水素を排出する配管とを備え、  
前記水素排出装置は、水素のみを透過する金属水素透過膜と、前記金属水素透過膜の下部かつ流入側に設けられ、前記水素排出装置に流入した気体を加熱する加熱源とを有し、  
前記加熱源は、流入した前記気体に含まれる水蒸気と化学反応して反応熱を生じる物質で構成され、前記反応熱で前記気体を加熱する  
原子力発電プラント。

10

**【請求項 2】**

前記水素排出装置は、前記加熱源の下方に気体流入口を有し、前記金属水素透過膜の上方に気体排出口を有し、前記金属水素透過膜を透過した水素を前記配管へ排出する請求項 1 に記載の原子力発電プラント。

**【請求項 3】**

前記水素排出装置は、前記金属水素透過膜の上部かつ流出側に、煙突状のチムニを有する請求項 2 に記載の原子力発電プラント。

**【請求項 4】**

前記水素排出装置は、前記加熱源に酸化カルシウムを用いている請求項 1 に記載の原子力発電プラント。

20

**【請求項 5】**

前記水素排出装置は、前記金属水素透過膜の材料としてパラジウム合金を用いている請求項 1 に記載の原子力発電プラント。

**【請求項 6】**

前記水素排出装置が前記原子炉格納容器のウェットウェル内に設けられている請求項 1 に記載の原子力発電プラント。

**【請求項 7】**

前記水素排出装置が前記原子炉格納容器のドライウェル内に設けられている請求項 1 に記載の原子力発電プラント。

30

**【請求項 8】**

前記配管に、排出された水素を酸素と反応させて処理する、静的水素処理設備が設けられている請求項 1 に記載の原子力発電プラント。

**【請求項 9】**

前記水素排出装置の前記加熱源が粒子状である請求項 1 に記載の原子力発電プラント。

**【請求項 10】**

前記水素排出装置の前記金属水素透過膜が筒状に成形され、筒状の前記金属水素透過膜の内側が空間である請求項 1 に記載の原子力発電プラント。

**【発明の詳細な説明】**

40

**【技術分野】****【0001】**

本発明は、原子炉と、原子炉を格納する原子炉格納容器を備えた原子力発電プラントに関する。

**【背景技術】****【0002】**

原子力発電プラントは、多様な安全系設備を備えている。

例えば、沸騰水型原子炉では、炉心を内包する原子炉圧力容器をさらに取り囲むように配置された原子炉格納容器（以下、単に「格納容器」とも呼ぶ）内部で、原子炉水位が低下し炉心が露出して冷却が不十分になる可能性がある。

50

この対策として、水位低下の信号により原子炉は自動的に非常停止され、非常用炉心冷却装置による冷却水の注入によって炉心を冠水させて冷却する。

【 0 0 0 3 】

しかしながら、極めて低い確率ではあるが上記非常用炉心冷却装置が作動せず、かつ代替注水設備などの他の注水設備も利用できない事態となった場合、原子炉水位の低下により炉心が露出する可能性がある。

露出した炉心の冷却が不十分となることにより、原子炉停止後も発生し続ける崩壊熱によって燃料棒の温度が上昇する。燃料棒温度の上昇に伴い、燃料被覆管の温度が上昇することで、燃料被覆管に含まれる Zr と水蒸気の反応（水 - Zr 反応）により多量の水素が発生する。

また、燃料棒の温度が上昇することで、炉心の溶融に至る可能性が存在する。下部ドライウエルへの注水により溶融炉心が冷却され、格納容器の床を形成するコンクリートと溶融した炉心の反応（MCCI；Molten Core Concrete Interaction）の進展を防止するようになっている。

しかし、万一MCCIが継続した場合、水素が発生し続ける。

【 0 0 0 4 】

原子力発電プラントのうち、沸騰水型原子炉においては、格納容器内の雰囲気は不活性ガスである窒素ガスで置換されている。このため、水素と結合可能な酸素は、格納容器内に僅かしか存在せず、格納容器内の気体が可燃状態とならない。

【 0 0 0 5 】

万一水素の発生が継続した場合、格納容器内の圧力が上昇し、過圧破損に至る可能性が存在する。

沸騰水型原子炉の格納容器内には、蒸気を凝縮させることで圧力を減少させるサブプレッションプールや、格納容器スプレイなどの安全設備が備わっている。

しかし、非凝縮性ガスである水素は凝縮せず、格納容器内の圧力のうち水素分圧が占める圧力を低減できない。

【 0 0 0 6 】

過圧破損を防止する手段として、現行の沸騰水型原子炉では、放射性物質を極力取り除きつつ格納容器内の気体を格納容器外である大気に排出することで格納容器内の圧力を低減する、フィルタベントが存在する。しかし、極少量とはいえ放射性物質を外部に放出させないため、フィルタベントを極力用いないことが望ましい。また、フィルタベントでは格納容器内の水蒸気も同時に外に逃がすことになるため、格納容器内の水量が減少し、外部水源を用いた格納容器内への注水が必要となる可能性がある。

【 0 0 0 7 】

フィルタベントを行わずに沸騰水型原子炉で発生した水素を処理する設備として、例えば、金属の酸化物等を用いて水素を除去する水素処理装置が存在する（特許文献1を参照）。

この水素処理装置は、金属酸化物自体が酸素原子を含んでいるため、酸素ガスを必要とせずに水素を処理できる。このため、過酷事故時での格納容器内の雰囲気のように、水素濃度と比較して酸素濃度が低い雰囲気でも使用可能である。このような水素処理装置は、放射性物質を格納容器外部に放出することがない。また、水蒸気を格納容器外部に放出しないため、格納容器内の水量を減らすことがない。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 4 - 1 0 8 4 0 1 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

上記特許文献1に記載の水素処理装置を用いる場合、ブロワなどで格納容器内の気体を

10

20

30

40

50

水素処理装置まで引き抜く必要がある。ブロウなどの動作には交流電源が必要であり、そのためには非常用発電機のような大型の発電機が必要となる。

【 0 0 1 0 】

一方、水素を処理する他の方法として、水素透過膜を用いて、格納容器内の水素を格納容器の外に排出することが考えられる。水素透過膜を用いることで、格納容器の内外の水素分圧差に基づき、水素を動力なしで除去し続けることができる。

このような水素透過膜のうち、金属水素透過膜は、一般的に排出される水素の純度が99.9999%以上と高く、水蒸気および放射性物質をほぼ透過しない。

これにより、格納容器内の水量を減らすことがなく、放射性物質を格納容器外部に放出することがない。また、格納容器内外の水素分圧により金属水素透過膜を通した水素透過量が決定されるため、水素分圧が高い格納容器内から水素分圧が低い格納容器外へと水素透過が可能となる。

10

【 0 0 1 1 】

しかし、金属水素透過膜を低温で使用した場合、水素脆化により水素透過性能が劣化する可能性がある。

また、多量の水素を処理するためには、水素透過膜に対して、格納容器内の気体を供給し続ける必要がある。

【 0 0 1 2 】

上述した問題の解決のために、本発明においては、上記の課題を考慮し格納容器内からの水素排出時にブロウ・ポンプ等や大型の非常用発電機を必要とせず、多量の水素を処理可能な原子力発電プラントを提供するものである。

20

【 0 0 1 3 】

また、本発明の上記の目的およびその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面によって、明らかにする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

本発明の原子力発電プラントは、原子炉と、原子炉を格納する原子炉格納容器と、原子炉格納容器内に設けられ、原子炉格納容器内に発生した水素を排出するための水素排出装置と、水素排出装置から原子炉格納容器の外へ、水素を排出する配管とを備える。

そして、水素排出装置は、水素のみを透過する金属水素透過膜と、金属水素透過膜の下部かつ流入側に設けられ、水素排出装置に流入した気体を加熱する加熱源とを有する。

30

また、加熱源は、流入した気体に含まれる水蒸気と化学反応して反応熱を生じる物質で構成され、反応熱で気体を加熱する。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、水素排出装置が、水素のみを透過する金属水素透過膜と、金属水素透過膜の下部かつ流入側に設けられ、水素排出装置に流入した気体を加熱する加熱源とを有する。また、加熱源は、流入した気体に含まれる水蒸気と化学反応して反応熱を生じる物質で構成され、反応熱で気体を加熱する。

これにより、水素排出装置に流入した、水蒸気と水素を含む気体が加熱源に接して、水蒸気と加熱源が化学反応して生じた反応熱により気体が加熱されて、加熱された気体が上昇して、加熱源の上方にある金属水素透過膜に流入する。

40

加熱されることにより、気体が金属水素透過膜の動作温度に達して、金属水素透過膜において、良好に水素を透過させることができる。そして、金属水素透過膜が水素のみを透過するので、水素を気体から分離して配管から排出することができ、水蒸気や気体に含まれる放射性核種は排出されないようにできる。

反応熱により加熱されることにより、加熱された気体が自然に上昇して加熱源の上方にある金属水素透過膜に流入するので、気体を水素排出装置に吸入させるためのブロウ・ポンプ等や、これらを駆動するための大型の非常用発電機は不要になる。

従って、事故発生時に原子炉格納容器内で発生する多量の水素を、大型の非常用発電機

50

を必要とせずに原子炉格納容器内から除去しつつ、水蒸気および放射性物質を原子炉格納容器内に保持することができる。

【0016】

なお、上記以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施例1の原子力発電プラントの概略構成図である。

【図2】図1の水素排出設備の概略構成図である。

【図3】図2の水素排出口における、水素排出装置の水素排出部の水平断面図である。

10

【図4】実施例2の原子力発電プラントの概略構成図である。

【図5】実施例3の原子力発電プラントの概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明に係る実施の形態および実施例について、文章もしくは図面を用いて説明する。ただし、本発明に示す構造、材料、その他具体的な各種の構成等は、ここで取り上げた実施の形態および実施例に限定されることはなく、要旨を変更しない範囲で適宜組み合わせや改良が可能である。また、本発明に直接関係のない要素は図示を省略する。

【0019】

前述した課題を解決するために、本発明の原子力発電プラントでは、水素のみを透過する金属水素透過膜と、金属水素透過膜の下部かつ流入側に設けられ、水素排出装置に流入した気体を加熱する加熱源とを有する水素排出装置を備える。

20

【0020】

本発明の原子力発電プラントは、原子炉と、原子炉を格納する原子炉格納容器と、原子炉格納容器内に設けられ、原子炉格納容器内に発生した水素を排出するための水素排出装置と、水素排出装置から原子炉格納容器の外へ、水素を排出する配管とを備える。

水素排出装置は、水素のみを透過する金属水素透過膜と、金属水素透過膜の下部かつ流入側に設けられ、水素排出装置に流入した気体を加熱する加熱源とを有する。

加熱源は、流入した気体に含まれる水蒸気と化学反応して反応熱を生じる物質で構成され、反応熱で気体を加熱する。

30

【0021】

上記の原子力発電プラントにおいて、さらに、水素排出装置が、加熱源の下方に気体流入口を有し、金属水素透過膜の上方に気体排出口を有し、金属水素透過膜を透過した水素を配管へ排出する構成とすることができる。

この構成において、さらに、金属水素透過膜の上部かつ流出側に、煙突状のチムニを有する構成とすることができる。

【0022】

上記の原子力発電プラントにおいて、さらに、水素排出装置が、加熱源として酸化カルシウムを用いている構成とすることができる。

【0023】

40

上記の原子力発電プラントにおいて、さらに、水素排出装置が、金属水素透過膜の材料としてパラジウム合金を用いている構成とすることができる。

【0024】

上記の原子力発電プラントにおいて、さらに、水素排出装置が原子炉格納容器のウェットウェル内に設けられている構成とすることができる。

【0025】

上記の原子力発電プラントにおいて、さらに、水素排出装置が原子炉格納容器のドライウェル内に設けられている構成とすることができる。

【0026】

上記の原子力発電プラントにおいて、さらに、配管（原子炉格納容器の外へ水素を排出

50

する配管)に、排出された水素を酸素と反応させて処理する、静的水素処理設備が設けられている構成とすることができる。

【0027】

上記の原子力発電プラントにおいて、さらに、水素排出装置の加熱源が粒子状である構成とすることができる。

【0028】

上記の原子力発電プラントにおいて、さらに、水素排出装置の金属水素透過膜が筒状に成形され、筒状の金属水素透過膜の内側が空間である構成とすることができる。

【0029】

本発明の原子力発電プラントは、沸騰水型原子炉(BWR)等の原子炉を有する原子力発電プラントに適用することができる。

10

【0030】

上記の原子力発電プラントにおいて、水素排出装置は、原子炉格納容器内に設けられ、水素のみを透過する金属水素透過膜と、水素排出装置に流入した気体を加熱する加熱源とを有する構成である。

そして、加熱源は、金属水素透過膜の下部かつ流入側に設けられている。即ち、流入側にある加熱源の上方に、金属水素透過膜が配置されている。

また、加熱源は、流入した気体に含まれる水蒸気と化学反応して反応熱を生じる物質で構成され、反応熱で気体を加熱する。

【0031】

この構成の水素排出装置では、流入側から流入した気体(水素、水蒸気他を含む。)が加熱源に流入すると、気体に含まれる水蒸気と加熱源が反応して反応熱を生じる。

反応熱により気体が加熱されて、加熱された気体が軽くなって上昇して、加熱源の上方にある金属水素透過膜に流入する。そして、金属水素透過膜において水素のみが透過するので、気体から水素の一部または全部が分離して排出される。

このとき、気体が加熱されていることにより、気体を金属水素透過膜の動作温度とすることができる。金属水素透過膜において、水素脆化を生じることがなく、良好に水素を透過して水素を排出することができる。

20

【0032】

金属水素透過膜の材料としては、従来から金属水素透過膜として広く実用化されているPd Ag、Pd Cuなどのパラジウム合金を使用することができる。

30

また、金属水素透過膜の材料としては、その他の材料、例えば、V Ni Tiなどのバナジウム合金、Ta Moなどのタンタル合金、Zr Ni、Zr Al Co Ni Cuなどのジルコニウム合金、Nb Ni Zrなどのニオブ合金等も使用することができる。

【0033】

加熱源の材料としては、例えば、酸化カルシウム、酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)などを使用することができる。

【0034】

金属透過膜の材料と、加熱源の材料には、気体の温度を金属水素透過膜の使用温度まで昇温可能である、材料の組み合わせを採用する。例えば、パラジウム合金と酸化カルシウムの組み合わせでは、酸化カルシウムによりパラジウム合金の金属水素透過膜の動作温度(300 ~ 800 )とすることができる。

40

【0035】

上記の構成の原子力プラントによれば、原子炉格納容器内に発生した水素を排出するための水素排出装置が、水素のみを透過する金属水素透過膜と、金属水素透過膜の下部かつ流入側に設けられ、水素排出装置に流入した気体を加熱する加熱源とを有する。

また、加熱源は、流入した気体に含まれる水蒸気と化学反応して反応熱を生じる物質で構成され、反応熱で気体を加熱する。

これにより、水素排出装置に流入した、水蒸気と水素を含む気体が加熱源に接して、水蒸気と加熱源が化学反応して反応熱が生じる。そして、反応熱により気体が加熱されて、

50

加熱された気体が上昇して、加熱源の上方にある金属水素透過膜に流入する。

加熱された気体は、金属水素透過膜の動作温度に達して、金属水素透過膜において、良好に水素を透過させることができる。そして、金属水素透過膜が水素のみを透過するので、水素を気体から分離して配管から排出することができ、水蒸気や気体に含まれる放射性核種は排出されないようにできる。

また、反応熱により加熱された気体は、自然に上昇して金属水素透過膜に流入するので、気体を水素排出装置に吸入させるためのブロウ・ポンプ等や、これらを駆動するための大型の非常用発電機は不要になる。

従って、事故発生時に原子炉格納容器内で発生する多量の水素を、大型の非常用発電機を必要とせずに原子炉格納容器内から除去しつつ、水蒸気および放射性物質を原子炉格納容器内に保持することができる。

10

#### 【0036】

また、水素排出装置が、加熱源の下方に気体流入口を有し、金属水素透過膜の上方に気体排出口を有し、金属水素透過膜を透過した水素を配管へ排出する構成としたときには、下方の気体流入口から流入した気体が、加熱源で加熱されて金属水素透過膜へ流入し、気体のうちの水素の一部または全部が金属水素透過膜を透過して配管へ排出される。

一方、気体中の水素以外の成分や、金属水素透過膜を透過しなかった残りの水素は、金属水素透過膜の上方の気体排出口から排出される。

そして、排出された気体は、水素排出装置の外で冷却された後に、また気体流入口から水素排出装置に流入することが可能である。

20

このように気体が循環することにより、気体から水素のみが分離されて排出される。

#### 【0037】

この構成において、さらに、金属水素透過膜の上部かつ流出側に、煙突状のチムニを有する構成としたときには、煙突状のチムニによって、気体流入口から気体流出口までの高さを大きくして水頭差を大きくすることができる。これにより、気体の上昇速度を増加させて、水素が排出される速度を増加させることができる。

また、チムニを有することにより、金属水素透過膜の高さを高くしなくても水頭差を大きくすることができ、高価な金属水素透過膜を多く使用しなくても良くなることから、水素排出装置のコストの増大を抑えることができる。

#### 【0038】

30

また、水素排出装置が原子炉格納容器のウェットウェル内に設けられている構成としたときには、水素排出装置により水素を排出すると、ウェットウェル内の全圧が減少して、ウェットウェルにドライウェルから気体が流入するので、ウェットウェル内の水素だけでなく、ドライウェル内の水素も排出できる。さらに、ウェットウェル内の水（プール水等）により、粒子状や液体状の放射性物質が除去されるので、水素排出装置の金属水素透過膜に放射性物質が付着して金属水素透過膜の機能が低下することを防ぐことができる。

#### 【0039】

また、水素排出装置が原子炉格納容器のドライウェル内に設けられている構成としたときには、ドライウェルにたまった水素を、速やかに排出することができる。

#### 【0040】

40

また、原子炉格納容器の外へ水素を排出する配管に、排出された水素を酸素と反応させて処理する、静的水素処理設備が設けられている構成としたときには、配管中の水素が静的水素処理設備で処理されて水素分圧が減少するので、金属水素透過膜を透過した後の膜外空間の水素分圧の上昇を抑制して、水素の透過効率の減少を防ぐことができる。

#### 【0041】

また、水素排出装置の加熱源が粒子状である構成としたときには、加熱源から気体に反応熱を伝えやすくなり、また粒子の間を気体が容易に通過することができる。

#### 【0042】

また、水素排出装置の金属水素透過膜が筒状に成形され、筒状の金属水素透過膜の内側が空間である構成としたときには、筒状の金属水素透過膜の内側が空間であるので、水素

50

を含む気体の流入や、水素が一部または全部除去された気体の流出が、抵抗なくスムーズになされる。

【実施例】

【0043】

次に、原子力発電プラントの実施例について、図面を用いて詳細に説明する。

【0044】

(実施例1)

実施例1の原子力発電プラントの概略構成図を、図1に示す。

本実施例の原子力発電プラントは、図1に示すように、原子炉格納容器1内に、炉心2を内包する原子炉圧力容器3が設けられている。

そして、この原子炉圧力容器3には、原子炉圧力容器3内で発生した水蒸気をタービン(図示せず)に送る主蒸気管4が接続されている。

【0045】

原子炉格納容器1の内部は、鉄筋コンクリート製のダイヤフラムフロア5によって、ドライウエル6とサブプレッションチェンバ7に区画されている。

サブプレッションチェンバ7は、内部にプール水を貯めている領域のことを言う。このサブプレッションチェンバ7内のプールのことを、サブプレッションプール8と呼ぶ。

ドライウエル6とサブプレッションチェンバ7は、ベント管9によって相互に連通されており、ベント管排気部9aは、サブプレッションチェンバ7内のサブプレッションプール8の水面下に開口している。

【0046】

原子炉格納容器1内のドライウエル6の領域に、蒸気逃し安全弁10が設置されている。この蒸気逃し安全弁10には、蒸気逃し安全弁排気管11が接続されており、蒸気逃し安全弁排気管11の他端は、サブプレッションプール8内に設けられたクエンチャ12に接続されている。

【0047】

本実施例では、特に、サブプレッションチェンバ7のウェットウエル7a内に、水素排出装置14を設置している。

水素排出装置14には、ベントライン15が接続されており、ベントライン15の先に排気塔13が設けられている。ベントライン15は、原子炉格納容器1の前後に隔離弁16が設けられている。

水素排出装置14、ベントライン15、排気塔13、隔離弁16などにより、水素排出設備40が構成されている。

図1の水素排出設備40(水素排出装置14およびその周辺)の概略構成図を、図2に示す。

【0048】

図2に示すように、水素排出装置14は、気体加熱部23、水素排出部24およびチムニ22の各部により構成されている。

具体的には、円筒状の容器25の上に接続して円筒状のチムニ22が設けられ、円筒状の容器25とチムニ22の外側を、断熱材34で覆っている。

そして、円筒状の容器25の下部が気体加熱部23となり、円筒状の容器25の上部が水素排出部24となっている。

【0049】

気体加熱部23では、円筒状の容器25の下方の部分に気体流入口19が設けられ、気体流入口19の上方に加熱源20が封入されている。

気体流入口19は、気体を主に通し、かつ固体の流入を防ぐような大きさの開口を有する構成とされる。

加熱源20は、水蒸気と化学反応(結合あるいは吸着)することで反応熱を生じる物質で構成されている。

気体加熱部23よりも下方では、円筒状の容器25に開放弁31が設けられている。こ

10

20

30

40

50



の開放弁 3 1 は、通常運転時には閉じられており、水素排出装置 1 4 の使用時に開放する。

【 0 0 5 0 】

加熱源 2 0 としては、酸化カルシウム、酸化鉄 (  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ) などを使用することができる。

加熱源 2 0 の構造としては、反応熱を気体に伝えやすくするため、加熱源 2 0 を粒子状として気体加熱部 2 3 内に複数個配置し、粒子間を気体が通過することができる形状が望ましいが、他の形状でも構わない。

【 0 0 5 1 】

また、チムニ 2 2 の上には、気体加熱部 2 3 の下の開放弁 3 1 と同様に、開放弁 3 2 が設けられている。この開放弁 3 2 も、通常運転時には閉じられており、水素排出装置 1 4 の使用時に開放する。

【 0 0 5 2 】

開放弁 3 1 および開放弁 3 2 は、開放が可能である、蓋もしくはシャッタなどで構成する。

また、開放弁 3 1 および開放弁 3 2 は、一度開放すれば、水素排出を停止するまで閉じることではないため、必要な電力は十分小さいことから、非常用バッテリーなどを開放手段として用いる構成とすることができる。なお、例えば外部から圧縮空気等の高圧気体を用いて開く弁を用いるなど、電源を使用しないその他の開放手段を用いて構わない。

【 0 0 5 3 】

水素排出部 2 4 では、円筒状の容器 2 5 内に複数の金属水素透過膜 2 1 を有し、さらに円筒状の容器 2 5 に水素排出口 1 7 が開口として設けられ、水素排出口 1 7 においてペントライン 1 5 が接続されている。

ペントライン 1 5 ( 配管 ) には、水素排出装置隔離弁 1 8 と隔離弁 1 6 が設けられている。水素排出装置隔離弁 1 8 は、水素排出装置 1 4 の内部と外部のペントライン 1 5 を隔離する。隔離弁 1 6 は、原子炉格納容器 1 の内部と外部を隔離する。

【 0 0 5 4 】

ここで、図 2 の水素排出口 1 7 における、水素排出装置 1 4 の水素排出部 2 4 の水平断面図を、図 3 に示す。

図 2 および図 3 に示すように、水素排出部 2 4 では、円筒状の容器 2 5 内に、円筒状の金属水素透過膜 2 1 が複数設置されている。

円筒状の金属水素透過膜 2 1 の外部と円筒状の容器 2 5 とで囲まれた空間である、膜外空間 2 6 は、水素排出口 1 7 と連通している。

図 2 に示すように、円筒状の金属水素透過膜 2 1 の外の膜外空間 2 6 の上下には、蓋 3 3 が設けられている。この蓋 3 3 により、膜外空間 2 6 に出た水素が水素排出部 2 4 の上下に漏れ出すことなく、膜外空間 2 6 に出た水素を水素排出口 1 7 からペントライン 1 5 へ排出することができる。

【 0 0 5 5 】

金属水素透過膜 2 1 の材料としては、Pd Ag、Pd Cuなどのパラジウム合金、V Ni Tiなどのバナジウム合金、Ta Moなどのタンタル合金、Zr Ni、Zr Al Co Ni Cuなどのジルコニウム合金、Nb Ni Zrなどのニオブ合金等を挙げることができる。これらの金属水素透過膜 2 1 の材料は、いずれも金属水素透過膜 2 1 として使用するために加熱が必要になる。

金属水素透過膜 2 1 の材料と加熱源 2 0 の材料の組み合わせとしては、気体の温度を金属水素透過膜 2 1 の使用温度まで昇温可能であればよい。

【 0 0 5 6 】

また、金属水素透過膜 2 1 のみでは、形状を保持する強度が得られないので、図示しない支持体で支持して、円筒状の金属水素透過膜 2 1 を作製する。

この支持体は、金網等の網目状の構成、または、多孔質セラミック等の開口や貫通孔を有する構成として、金属水素透過膜 2 1 を透過した水素の移動を妨げないようにする。

【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

50

金属水素透過膜 2 1 の筒の大きさ（断面積と長さ）や本数は、必要とされる水素透過性や気体の処理能力などに対応して、適切な大きさや本数に選定する。

例えば、金属水素透過膜 2 1 の表面積の合計（断面の円の長さ×筒の長さ×本数）を大きくすると、単位時間当たりに金属水素透過膜 2 1 を透過できる水素の量を多くすることができる。

また例えば、金属水素透過膜 2 1 の内容積の合計（筒の断面積×筒の長さ×本数）を大きくすると、単位時間当たりに処理できる気体の量を多くすることができる。

従って、例えば、同じ円筒状の金属水素透過膜 2 1 を使用する本数を増やすと、単位時間当たりに、金属水素透過膜 2 1 を透過できる水素の量および処理できる気体の量を増やすことができる。

また例えば、金属水素透過膜 2 1 の筒の断面積を小さくすると、水素排出装置 1 4 全体の小型化を図ることができる。

#### 【 0 0 5 8 】

円筒状のチムニ 2 2 は、円筒状の容器 2 5 の水素排出部 2 4 の上に設けられている。

気体流入口 1 9 に流入する混合気体の気体成分中で最も密度が小さい気体である水素が排出されると、混合気体の密度が大きくなることで、上昇速度は小さくなる。上昇速度が小さいと、水素排出部 2 4 に流入する気体流量、すなわち水素流量が少なくなり、水素が排出される速度が低下する。

そこで、水素が排出される速度の低下を抑制するため、水素排出部 2 4 の上方にチムニ 2 2 を設けている。

チムニ 2 2 を設けることにより、気体流入口 1 9 からチムニ 2 2 の最上部（開放弁 3 2 の部分）までの水頭差が大きくなり、気体の上昇速度が増加し、水素が排出される速度が増加する。

なお、チムニ 2 2 を設ける代わりに、水素排出部 2 4 の金属水素透過膜 2 1 の長さを大きくしても、気体流入口から最上部までの水頭差を大きくできるが、高価な金属水素透過膜 2 1 の使用量が多くなるため、水素排出装置 1 4 のコストが増大してしまう。

チムニ 2 2 を設けた場合、チムニ 2 2 によって水頭差を大きくすることができ、かつ水素排出装置 1 4 のコストの増大を抑えることができる。

#### 【 0 0 5 9 】

なお、気体加熱部 2 3、水素排出部 2 4 およびチムニ 2 2 の内部の空間は、水素排出装置 1 4 が起動する前（通常の状態）では、窒素雰囲気との密閉空間となっている。

#### 【 0 0 6 0 】

万一、配管類の一部が損傷し、原子炉格納容器 1 内に水蒸気が放出される配管破断事故（一般的には「冷却材喪失事故」で知られ、配管が通るドライウエル 6 で発生する）が発生した場合、破断口から流出する水蒸気によりドライウエル 6 の圧力が上昇する。その際に、ドライウエル 6 内に放出された水蒸気は、ドライウエル 6 とサプレッションチェンバ 7 の圧力差により、ベント管 9 を通ってサプレッションチェンバ 7 内のサプレッションプール 8 の水中に導かれる。

サプレッションプール 8 の水で水蒸気を凝縮することで、原子炉格納容器 1 内の圧力上昇を抑制する。この際に、水蒸気内に放射性物質が含まれていた場合、サプレッションプール 8 の水のスクラビング効果により、大半の放射性物質が除去される。

#### 【 0 0 6 1 】

同様に、原子炉圧力容器 3 や主蒸気管 4 の圧力が高くなった場合も、水蒸気をサプレッションプール 8 に放出し、原子炉圧力容器 3 や主蒸気管 4 の圧力を減圧する。またそれと共に、放出した水蒸気をサプレッションプール 8 で凝縮することで、原子炉格納容器 1 の圧力上昇を緩和する。

そのために、蒸気逃し安全弁 1 0 を通して放出された水蒸気は、蒸気逃し安全弁排気管 1 1 を通って、最終的にクエンチャ 1 2 からサプレッションプール 8 内に放出され、サプレッションプール 8 のプール水により凝縮される。水蒸気をサプレッションプール 8 で凝縮して液体の水にすることで、水蒸気の体積が大幅に減少し、原子炉格納容器 1 の圧力上

10

20

30

40

50

昇を抑制することができる。

サブレーションプール 8 で水蒸気を凝縮し、サブレーションプール 8 内のプール水を残留熱除去系（図示せず）で冷却することで、原子炉格納容器 1 の温度上昇と圧力上昇を防止し、事故を収束させることができる。

【 0 0 6 2 】

しかし、非常に低い可能性ではあるが、残留熱除去系が機能を喪失した場合、サブレーションプール 8 のプール水の温度が上昇する。プール水の温度が上昇するに伴い、原子炉格納容器 1 内の水蒸気の分圧はプール水の温度の飽和蒸気圧まで上昇するため、原子炉格納容器 1 内の圧力が上昇する。このような圧力上昇が起きた場合、原子炉格納容器 1 内に冷却水をスプレーすることで圧力上昇を抑えることができる。また、このスプレーは事故時に原子炉格納容器 1 の外部から消防ポンプなどを接続して作動させることも可能である。

10

【 0 0 6 3 】

一方、万一シビアアクシデントが発生した場合、燃料棒の温度の上昇に伴い、燃料被覆管の温度が上昇することで、燃料被覆管に含まれる Zr と水蒸気の反応（水 - Zr 反応）により多量の水素が発生する。

また、万一炉心が溶融し、高温の溶融炉心が原子炉圧力容器 3 の底部に落下した場合、前述した M C C I により水素が発生する。

この水素は非凝縮性ガスであるため、サブレーションプール 8 やスプレーでは凝縮できず、原子炉格納容器 1 内の圧力上昇要因となる。

20

原子炉圧力容器 3 内あるいはドライウェル 6 内で発生した水素の一部は、ウェットウェル 7 a へと流入する。

【 0 0 6 4 】

そこで、本実施例の原子力プラントでは、ウェットウェル 7 a へ流入した水素を排出するために、水素排出装置 1 4 を使用する。

次に、本実施例の原子力プラントにおける、水素排出装置 1 4 の動作について説明する。

【 0 0 6 5 】

電源を用いて、運転員の操作により、水素排出装置 1 4 の開放弁 3 1 および開放弁 3 2 を開放する。具体的には、気体加熱部 2 3 の下の開放弁 3 1 を開放した後に、チムニ 2 2 の上の開放弁 3 2 を開放する。

30

これらの開放弁 3 1 , 3 2 を開放することにより、水素を含む気体を、水素排出装置 1 4 に流入させることができる。

【 0 0 6 6 】

水素排出装置 1 4 に流入した気体は、開口を有する気体流入口 1 9 を通過して、気体加熱部 2 3 に流入する。流入する気体の気体成分は、主に水蒸気、水素、窒素であり、他の成分として放射性核種を含むことがある。

気体流入口 1 9 から気体加熱部 2 3 へと流入した水蒸気のうち、一部が気体加熱部 2 3 の加熱源 2 0 と反応することにより、加熱源 2 0 から反応熱が放出される。

加熱源 2 0 へと流入した気体は、反応熱により温められる。これにより、気体が水素排出部 2 4 の金属水素透過膜 2 1 の動作に適した温度になり、また気体が軽くなって、気体加熱部 2 3 の上方にある水素排出部 2 4 へ流入する。

40

【 0 0 6 7 】

水素排出部 2 4 に流入した気体は、円筒状の金属水素透過膜 2 1 の内部を通り、水素排出部 2 4 の上部方向に移動する。

そして、水素排出部 2 4 において、気体のうちの水素の一部または全部が金属水素透過膜 2 1 を透過して、膜外空間 2 6 に排出される。膜外空間 2 6 に排出された水素は、矢印 1 0 1 で示すように、水素排出口 1 7 からベントライン 1 5 に排出され、さらにベントライン 1 5 を経由して、排出塔 1 3 から排出される。

【 0 0 6 8 】

50

また、金属水素透過膜 2 1 を透過しなかった、残りの水素と、水蒸気などは、矢印 1 0 2 で示すように水素排出部 2 4 からチムニ 2 2 内に入り、さらに開放された開放弁 3 2 から、水素排出装置 1 4 の外部（ウェットウェル 7 a）に排出される。

そして、残りの水素を含む気体は、ウェットウェル 7 a で冷却されることにより、また水素排出装置 1 4 の気体流入口 1 9 から流入することが可能になる。

#### 【 0 0 6 9 】

水素排出装置 1 4 において、流入と排出を繰り返すことにより、気体から水素が完全に分離されて原子炉格納容器 1 から外部に排出されるが、水蒸気や放射性核種は原子炉格納容器 1 の外部に排出されない。

金属水素透過膜は、一般的に、排出される水素の純度が 9 9 . 9 9 9 9 % 以上と高く、水蒸気および放射性物質をほぼ透過しない。このため、原子炉格納容器 1 内の水量を減らすことがなく、放射性物質を原子炉格納容器 1 の外部に放出することがない。

#### 【 0 0 7 0 】

実施例 1 の金属水素透過膜として、広く実用化されているパラジウム合金を用いた場合、水素脆化を防止するため金属水素透過膜 2 1 の使用温度は 3 0 0 ~ 8 0 0 程度とする必要がある。

一方、過酷事故時のウェットウェル 7 a 内の気相温度は 1 0 0 ~ 1 6 0 程度であり、使用温度よりも低い。

一般的に、金属水素透過膜を低温で使用した場合、金属水素透過膜が水素脆化して、金属水素透過膜の水素透過性能が劣化する可能性がある。

従って、本実施例の水素排出装置 1 4 において、金属水素透過膜 2 1 の加熱が必要である。酸化カルシウムと水あるいは水蒸気が反応し、水酸化カルシウムが生じる反応が化学平衡となる温度は、事故時の水蒸気分圧 0 . 2 ~ 0 . 4 気圧程度で 5 0 0 ~ 6 0 0 程度である。このため、加熱源 2 0 の構成材料を酸化カルシウムとすることで、加熱源 2 0 に流入する気体を酸化カルシウムと水蒸気との反応が化学平衡となる温度である 5 0 0 近くまで昇温する。昇温された気体が金属水素透過膜 2 1 に流入することで、金属水素透過膜 2 1 を使用温度まで昇温できる。

#### 【 0 0 7 1 】

本実施例では、図 1 に示すようにウェットウェル 7 a 内に水素排出装置 1 4 を設置しており、サプレッションプール 8 により粒子状あるいは液体状の放射性物質がスクラビングにより除去される。このため、金属水素透過膜 2 1 に放射性物質が付着し機能が低下する可能性が極めて低い。

また、水素排出装置 1 4 により水素を排出し続けた際、ウェットウェル 7 a 内の水素分圧が低くなり、ウェットウェル 7 a 内の全圧が減少した場合、ベント管 9 を通してドライウェル 6 からウェットウェル 7 a へと水素を含む気体が流入する。流入した水素は、水素排出装置 1 4 により原子炉格納容器 1 外に排出されるため、結果的にウェットウェル 7 a 内のみならずドライウェル 6 内の水素も排出できる。

#### 【 0 0 7 2 】

なお、気体加熱部 2 3 は、起動前には窒素雰囲気下の密閉空間であり、通常運転時に加熱源 2 0 が水蒸気と反応し水酸化カルシウムへと化学変化することはない。

しかし、原子力発電プラントの運転期間は、一般的に数十年程度であるため、ウェットウェル 7 a 内の水蒸気が水素排出装置 1 4 の隙間などから加熱源 2 0 内へと漏洩し、加熱源 2 0 が徐々に水酸化カルシウムへと化学変化する可能性がある。水酸化カルシウムへと化学変化した場合、装置使用時に水蒸気が流入した際に十分な加熱ができなくなる恐れがある。

これを考慮して、定期検査時に、加熱源 2 0 と水蒸気との反応が化学平衡となる温度以上で外部から加熱することで、水酸化カルシウムを逆反応により酸化カルシウムと水蒸気に戻すことで、気体加熱部 2 3 の機能を復元できる。

#### 【 0 0 7 3 】

上述の本実施例の構成によれば、水素排出装置 1 4 が、金属水素透過膜 2 1 と、金属水

10

20

30

40

50

素透過膜 21 の下部かつ流入側に設けられ、水蒸気と化学反応し反応熱を生じる物質で構成され、流入した気体を反応熱で加熱する加熱源 20 とを有する。そして、金属水素透過膜 21 は、気体から水素のみを透過する。

これにより、水素排出装置 14 に流入した、水蒸気と水素を含む気体が加熱源 20 に接して、水蒸気と加熱源 20 が化学反応して反応熱が生じる。そして、反応熱により気体が加熱されて、加熱された気体が上昇して、加熱源 20 の上方にある金属水素透過膜 21 に流入する。加熱された気体は、金属水素透過膜 21 の動作温度に達して、金属水素透過膜 21 において、良好に水素を透過させることができる。金属水素透過膜 21 が水素のみを透過するので、水素を気体から分離して、膜外空間 26、水素排出口 17、ペントライン 15 を通じて、水素を排出することができ、水蒸気や気体に含まれる放射性物質は放出されないようにできる。

10

また、反応熱により加熱された気体は、自然に上昇して金属水素透過膜 21 に流入するので、気体を水素排出装置 14 に吸入させるためのブロワ・ポンプ等や、ブロワ・ポンプ等を駆動するための大型の非常用発電機は不要になる。

従って、事故発生時に原子炉格納容器 1 内で発生する多量の水素を、大型の非常用発電機を必要とせずに原子炉格納容器 1 内から除去しつつ、水蒸気および放射性物質を原子炉格納容器 1 内に保持することができる。

#### 【0074】

上述の本実施例の構成によれば、気体加熱部 23 および水素排出部 24 の円筒状の容器 25 の上に、煙突状のチムニ 22 が設けられているので、煙突状のチムニ 22 によって、気体流入口から気体流出口までの高さを大きくして水頭差を大きくすることができる。これにより、気体の上昇速度を増加させて、水素が排出される速度を増加させることができる。

20

また、チムニ 22 を有することにより、金属水素透過膜 21 の高さを高くしなくても水頭差を大きくすることができ、高価な金属水素透過膜 21 を多く使用しなくても良くなることから、水素排出装置 14 のコストの増大を抑えることができる。

#### 【0075】

上述の本実施例の構成によれば、水素排出装置 14 の金属水素透過膜 21 が円筒状に成形され、円筒状の金属水素透過膜 21 の内側が空間になっている。これにより、水素を含む気体の流入や、水素が一部または全部除去された気体の流出が、抵抗なくスムーズになされる。

30

これに対して、特許文献 1 の構成のように、円筒状の管に金属酸化物が充填された処理部に水素を含む気体を流入させる場合には、固体である金属酸化物が充填された処理部に気体を通すので、気体に対する抵抗があるため、ブロワやポンプ等が必要になる。

#### 【0076】

##### (実施例 2)

実施例 2 の原子力発電プラントの概略構成図を、図 4 に示す。

本実施例では、図 4 に示すように、水素排出装置 14 の配置が実施例 1 とは異なっている。

本実施例では、水素排出装置 14 が、ドライウエル 6 内の上部に配置されている。その他の構成は実施例 1 と共通している。

40

そして、ドライウエル 6 内に配置された水素排出装置 14 と、水素排出装置 14 に接続されたペントライン 15、排気塔 13 などにより、水素排出設備 40 が構成される。

#### 【0077】

以下、実施例 1 と実施例 2 とを比較した相違点を説明する。

過酷事故時には、ドライウエル 6 内の上部に水素が移行し成層化する可能性がある。

実施例 1 では、ウェットウエル 7a 内に水素排出装置 14 が存在するため、ドライウエル 6 内で成層化した水素が原子炉格納容器 1 の下部に存在するサブレーションプール 8へと移行するために多くの時間を要することから、速やかに減圧できない可能性がある。

実施例 2 では、ドライウエル 6 内の上部に水素排出装置が存在するため、速やかに成層

50

化した水素を排出可能である。

【 0 0 7 8 】

ただし、実施例 2 では、サブプレッションプール 8 によりスクラビングされていない気体が水素排出装置 1 4 に流入するため、放射性物質の付着を防ぐための追加のフィルタ（図示せず）などが気体流入口 1 9 の流入側に必要となる可能性がある。

このような追加のフィルタが必要な場合、自然循環力を確保するために装置の圧損を低減する必要が生じるので、例えばチムニ 2 2 が長くなるなど、水素排出装置 1 4 のコストが増加する欠点がある。

【 0 0 7 9 】

上述の本実施例の構成によれば、上述した実施例 1 との相違点を除いて、実施例 1 と同様の作用効果を奏する。

【 0 0 8 0 】

（実施例 3）

実施例 3 の原子力発電プラントの概略構成図を、図 5 に示す。

本実施例では、図 5 に示すように、水素排出口 1 7 から排気塔 1 3 に通じる流路上に、静的水素処理設備設置空間 2 9 を設置し、静的水素処理設備設置空間 2 9 内に静的水素処理設備 2 7 を設置して、水素排出設備 4 0 を構成している。

【 0 0 8 1 】

静的水素処理設備 2 7 は、触媒により、流入した水素と酸素を反応させることで、水蒸気とすることができる構成とする。

静的水素処理設備 2 7 により水素を処理するために必要である、酸素の含まれる外気を取り込むため、静的水素処理設備設置空間 2 9 内と大気とを連通する外気取り込み流路 3 0 を備えている。

また、外気取り込み流路 3 0 を通して水素が大気へと排出されることを防ぐため、逆止弁 2 8 が外気取り込み流路 3 0 上に設けられている。

【 0 0 8 2 】

金属水素透過膜 2 1 から膜外空間 2 6 へと水素が透過し続けるため、膜外空間 2 6 の水素分圧が徐々に上昇していく。このため、膜外空間 2 6 と金属水素透過膜 2 1 の円筒内側との水素分圧差が減少していき、水素透過効率が減少する可能性がある。

【 0 0 8 3 】

実施例 1 と比較すると、実施例 3 では、静的水素処理設備 2 7 により、膜外空間 2 6 と連通する水素排出口 1 7 から排気塔 1 3 に通じる流路上の水素を除去することで、膜外空間 2 6 の水素分圧を減少させ、水素透過効率の減少を防ぐことができる。

【 0 0 8 4 】

なお、実施例 3 では静的水素処理設備 2 7、静的水素処理設備設置空間 2 9 および外気取り込み流路 3 0 などを設ける必要があり、その分、実施例 1 の構成と比較して、水素排出設備 4 0 のコストが増加する。

【 0 0 8 5 】

（変形例）

金属水素透過膜 2 1 の断面形状は、図 3 に示した円形に限定されず、他の形状（三角形、四角形、楕円形など）としてもよい。

【 0 0 8 6 】

図 2 では、円筒状の容器 2 5 の上にチムニ 2 2 を設けていたが、円筒状の容器 2 5 を金属水素透過膜 2 1（水素排出部 2 4）よりも上方に延長して、延長した部分の円筒状の容器 2 5 をチムニとして用いることも可能である。

これに対して、図 2 に示したように、円筒状の容器 2 5 とチムニ 2 2 を別の構成とした場合には、それぞれの寸法の最適化や設計変更がしやすくなると考えられる。

【 0 0 8 7 】

図 2 および図 3 では、気体加熱部 2 3 および水素排出部 2 4 に円筒状の容器 2 5 を使用していたが、気体加熱部 2 3 に流入した気体が上部に存在する水素排出部 2 4 に流れるよ

10

20

30

40

50

うな形状であれば、容器の形状は限定されない。例えば、断面が三角形や四角形の筒状としても構わない。

気体加熱部 2 3 の容器の形状は、気体加熱部 2 3 内での圧力損失が少なくなるような形状とすることが、流入する気体の流量を増加させ、効率よく水素を除去できるという観点から望ましい。

また、水素排出部 2 4 の容器の形状についてもこの限りでなく、水素排出部 2 4 に流入した気体のうち、膜を透過しない気体が水素排出部 2 4 の上部に存在するチムニ 2 2 内の空間へと排出される構造であれば構わない。この際、気体加熱部 2 3 と同様に、効率良く水素を除去するため、水素排出部 2 4 内での圧力損失が少なくなるような形状とすることが望ましい。

10

【 0 0 8 8 】

なお、本発明は、上述した実施の形態および実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上述した実施の形態および実施例は、本発明を分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。

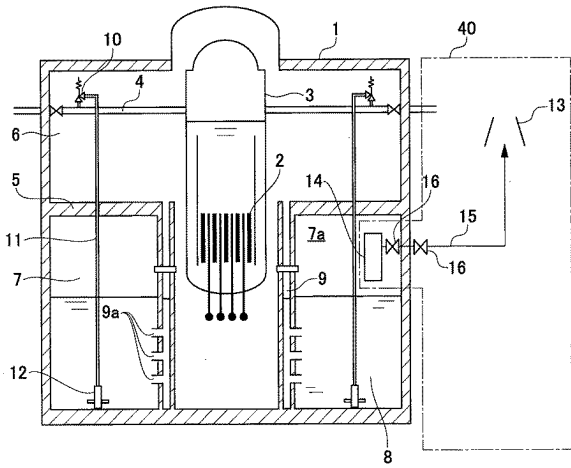
【 符号の説明 】

【 0 0 8 9 】

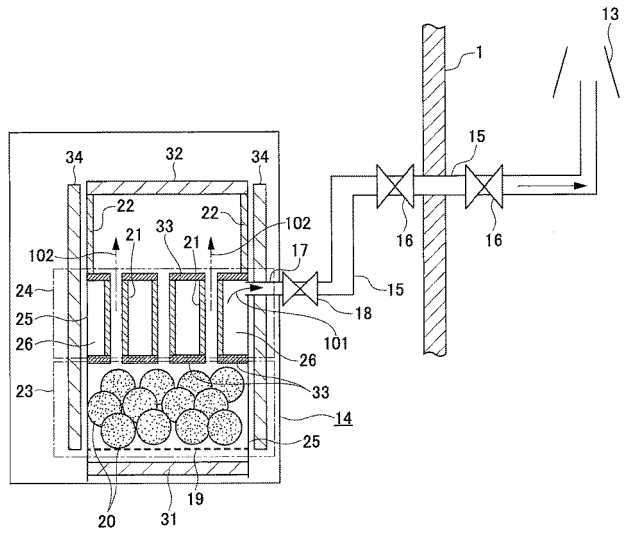
1 原子炉格納容器、2 炉心、3 原子炉圧力容器、4 主蒸気管、5 ダイヤフラムフロア、6 ドライウエル、7 サプレッションチェンバ、7 a ウェットウエル、8 サプレッションプール、9 ベント管、9 a ベント管排気部、10 蒸気逃し安全弁、11 蒸気逃し安全弁排気管、12 クエンチャ、13 排気塔、14 水素排出装置、15 ベントライン、16 隔離弁、17 水素排出口、18 水素排出装置隔離弁、19 気体流入口、20 加熱源、21 金属水素透過膜、22 チムニ、23 気体加熱部、24 水素排出部、25 円筒状の容器、26 膜外空間、27 静的水素処理設備、28 逆止弁、29 静的水素処理設備設置空間、30 外気取り込み流路、31, 32 開放弁、33 蓋、34 断熱材、40 水素排出設備

20

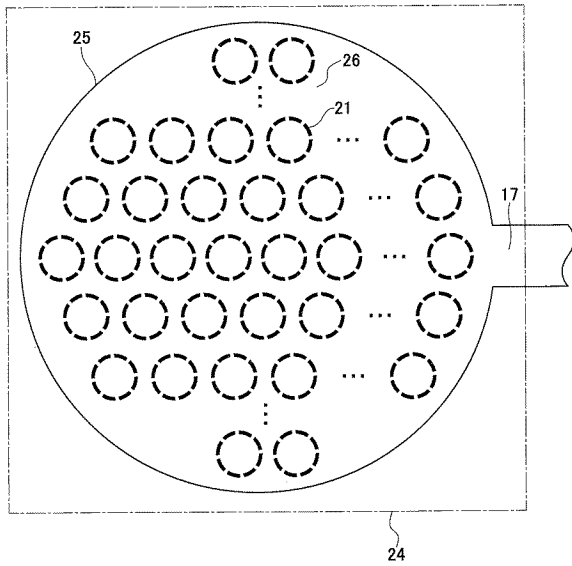
【図 1】



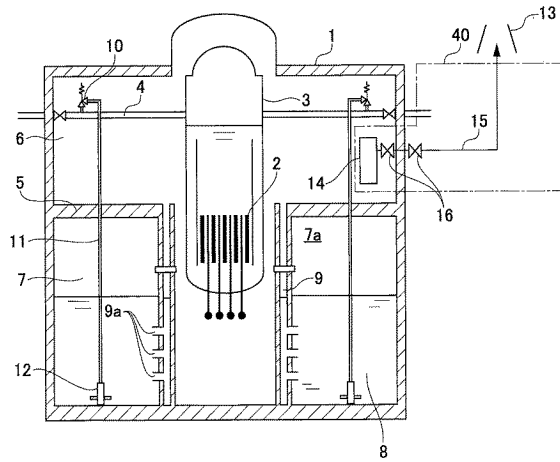
【図 2】



【図 3】



【図 4】





【図 5】

