

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7660452号  
(P7660452)

(45)発行日 令和7年4月11日(2025.4.11)

(24)登録日 令和7年4月3日(2025.4.3)

(51)国際特許分類 F I  
G 2 1 C 9/004(2006.01) G 2 1 C 9/004

請求項の数 8 (全15頁)

(21)出願番号	特願2021-112605(P2021-112605)	(73)特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(22)出願日	令和3年7月7日(2021.7.7)	(74)代理人	110002147 弁理士法人酒井国際特許事務所
(65)公開番号	特開2023-9384(P2023-9384A)	(72)発明者	原 伸英 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
(43)公開日	令和5年1月20日(2023.1.20)	(72)発明者	岡安 晋平 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
審査請求日	令和6年4月19日(2024.4.19)	(72)発明者	小田 拓央 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
		(72)発明者	谷本 浩一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 凝縮装置および凝縮方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、  
前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、  
前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパージャ管と、  
複数の前記スパージャ管を接続する接続部と、  
を備え、  
前記接続部は、各前記スパージャ管への取り付け部分に設けられた可撓性を有する接合部材と、前記スパージャ管に設けられた各前記接合部材同士のみを接続するように設けられる剛性部材で構成された本体部材とを含む、凝縮装置。

10

【請求項2】

底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、  
前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、  
前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパージャ管と、  
複数の前記スパージャ管を接続する接続部と、  
を備え、

20

前記接続部は、全体が可撓性を有する、凝縮装置。

【請求項 3】

底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、

前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、

前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパージャ管と、

複数の前記スパージャ管を接続する接続部と、

前記貯留タンクの底部に設けられて前記凝縮水を外部に排出する排水部と、

前記貯留タンクの内部で前記スパージャ管と前記排水部との間に配置され前記貯留タンクを上下に仕切るように設けられた多孔板と、

を備える、凝縮装置。

10

【請求項 4】

底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、

前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、

前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパージャ管と、

複数の前記スパージャ管を接続する接続部と、

前記貯留タンクの底部において前記凝縮水を外部に排出する排水部と、を備え、

前記排水部は、前記貯留タンクの底部において上方に延びて設けられて下端が前記貯留タンクの外部に通じる排水管と、前記排水管の上端を塞ぐ閉塞部と、前記排水管の周壁に形成された貫通孔と、を含む、凝縮装置。

20

【請求項 5】

底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、

前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、

前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパージャ管と、

複数の前記スパージャ管を接続する接続部と、

前記貯留タンクの内部に固定されて前記ヘッダー管を水平方向への移動を許容して載置する支持部と、を備える、凝縮装置。

30

【請求項 6】

底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、

前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、

前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパージャ管と、

複数の前記スパージャ管を接続する接続部と、

を備え、

前記ヘッダー管は、前記ガスの供給側との間に開閉弁を介して複数に分岐して設けられ、

前記ヘッダー管に送られるガスの圧力を検出する圧力検出部と、

前記圧力検出部が検出する圧力に応じて各前記開閉弁を開閉制御する制御部と、

を備える、凝縮装置。

40

【請求項 7】

底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、

前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、

前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパージャ管と、

50

を備え、

前記スパーージャ管は、先端部に設けられた開閉部と、前記開閉部を塞ぐように弾性支持する弾性部材と、を含み、前記ガスの圧力によって前記弾性部材の弾性力に抗して前記開閉部が開閉する、凝縮装置。

【請求項 8】

底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、

前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給され、前記ガスの供給側との間に開閉弁を介して複数に分岐して設けられるヘッダー管と、

前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパーージャ管と、

前記ヘッダー管に送られるガスの圧力を検出する圧力検出部と、

前記圧力検出部が検出する圧力に応じて各前記開閉弁を開閉制御する制御部と、

を備える、凝縮装置を用いた凝縮方法であって、

前記制御部は、前記圧力検出部が検出する圧力が上昇傾向にある場合に各前記開閉弁を開放制御する一方、前記圧力検出部が検出する圧力が下降傾向にある場合に各前記開閉弁の一部を閉鎖制御する、凝縮方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、凝縮装置および凝縮方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 に、原子炉圧力容器を格納する格納容器の安全を確保するための格納容器保全設備が開示されている。この格納容器保全設備は、格納容器の外部に引き出されて設けられた排気配管と、格納容器の外部で排気配管に接続される希ガス貯留タンク（凝縮装置）と、希ガス貯留タンクの内部上方に配置され該希ガス貯留タンクの内部に散水してガス中の蒸気を凝縮させる散水部と、希ガス貯留タンクの内部に貯留された凝縮水の液相に配置され、該凝縮水中にガスを分散させて導入するガス導入部と、を備える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第 6748012 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記格納容器保全設備は、原子力設備（原子力プラント）におけるシビアアクシデントを想定した対策として設置される。格納容器保全設備は、シビアアクシデント時に格納容器内の崩壊熱を徐熱するために冷却水がスプレイされるが、冷却水が蒸発したガスによって格納容器内の圧力が上昇することとなり、この圧力上昇を抑えるため格納容器から排気配管を通してガスが凝縮装置に送られる。凝縮装置では、ガス導入部から導入されたガスは、凝縮水中に分散されることにより、凝縮装置内でのガスの偏流を抑制し、該ガスに含まれる蒸気を凝縮水で冷却して凝縮できる。

【0005】

ところで、ガス導入部について、凝縮水の水面よりも上方の気相部にヘッダー管を配置し、当該ヘッダー管から下方に延びる複数のスパーージャ管を凝縮水の液相に配置することで、スパーージャ管の先端から凝縮水中にガスを分散させる構成が想定される。

【0006】

しかし、このように想定した構成において、スパーージャ管は、凝縮水の水位変動に対応できるように上下方向の長さを十分に確保する必要があるが、当該長さにおいて振動が発生

10

20

30

40

50

する。このため、スパーージャ管は、振動によって荷重がかかり破損のおそれがある。

【 0 0 0 7 】

また、スパーージャ管は、凝縮水中に供給されるガスに含まれる蒸気が急激に凝縮することで収縮により圧力が低下して凝縮水が吸い上げられ、その後ガスが再び供給され、これが繰り返されるチャギング現象が発生する。このため、スパーージャ管は、チャギング現象に伴う振動によって荷重がかかり破損のおそれがある。

【 0 0 0 8 】

本開示は上述した課題を解決するものであり、スパーージャ管への振動による荷重影響を防ぐことのできる凝縮装置および凝縮方法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】

【 0 0 0 9 】

上述の目的を達成するために、本開示の一態様に係る凝縮装置は、底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパーージャ管と、複数の前記スパーージャ管を接続する接続部と、を備える。

【 0 0 1 0 】

上述の目的を達成するために、本開示の一態様に係る凝縮装置は、底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管と、前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパーージャ管と、を備え、前記スパーージャ管は、先端部に設けられた開閉部と、前記開閉部を塞ぐように弾性支持する弾性部材と、を含み、前記ガスの圧力によって前記弾性部材の弾性力に抗して前記開閉部が開閉する。

【 0 0 1 1 】

上述の目的を達成するために、本開示の一態様に係る凝縮方法は、底部に凝縮水が貯留される貯留タンクと、前記貯留タンクの内部において前記凝縮水の水面より上の気相部に配置され前記貯留タンクの外部から蒸気を含むガスが供給され、前記ガスの供給側との間に開閉弁を介して複数に分岐して設けられるヘッダー管と、前記ヘッダー管から下方に延びた先端が前記凝縮水の液相部に配置される複数のスパーージャ管と、前記ヘッダー管に送られるガスの圧力を検出する圧力検出部と、前記圧力検出部が検出する圧力に応じて各前記開閉弁を開閉制御する制御部と、を備える、凝縮装置を用いた凝縮方法であって、前記制御部は、前記圧力検出部が検出する圧力が上昇傾向にある場合に各前記開閉弁を開放制御する一方、前記圧力検出部が検出する圧力が下降傾向にある場合に各前記開閉弁の一部を閉鎖制御する。

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本開示は、スパーージャ管への振動による荷重影響を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】図 1 は、実施形態に係る凝縮装置が適用される格納容器保全設備の構成図である。

【図 2】図 2 は、実施形態に係る格納容器保全設備の制御系のブロック図である。

【図 3】図 3 は、実施形態に係る凝縮装置の横断面図である。

【図 4】図 4 は、実施形態に係る凝縮装置の縦断面図である。

【図 5】図 5 は、実施形態に係る凝縮装置の部分拡大断面図である。

【図 6】図 6 は、実施形態に係る凝縮方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下に、本開示に係る実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、

10

20

30

40

50

当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。また、下記実施形態における構成要素は、適宜組み合わせが可能である。

【0015】

図1は、実施形態に係る凝縮装置が適用される格納容器保全設備の構成図である。図1において、格納容器100は、原子力設備において、炉心である複数の燃料集合体を密閉状態で収容する原子炉圧力容器101を格納するものである。原子力設備では、原子炉圧力容器101にて加熱された高温・高圧の水の熱を利用して水蒸気（以下、単に蒸気と記載する）を発生させ、この蒸気で格納容器100の外部に設けられた蒸気タービンを駆動して発電に供する。格納容器100は、岩盤などの堅固な地盤上に立設され、鉄筋コンクリートなどにより堅牢に形成されていることで、内部に所定容量の凝縮性ガスである蒸気および空気、放射性希ガスなどの非凝縮性ガスを含むガスを所定圧力の範囲で封じ込めることが可能に構成されている。

10

【0016】

格納容器保全設備50は、炉心が損傷して原子炉圧力容器101から溶融炉心が流出する過酷事象であるシビアアクシデント時において、格納容器100の安全を確保する。格納容器保全設備50は、圧力検出部10と、フィルタユニット11と、排気配管12と、凝縮装置13と、冷却部14と、凝縮水送出部15と、除湿装置16と、第一吸着部17と、第二吸着部18と、貯留部19と、を有する。

【0017】

圧力検出部10は、格納容器100の内部の圧力を検出する。

20

【0018】

フィルタユニット11は、実施形態において格納容器100の内部に設けられている。フィルタユニット11は、ガスに含まれる放射性よう素や粒子状の放射性物質を捕捉するフィルタがケーシングの内部に設けられている。フィルタユニット11は、ケーシングの内部に格納容器100の内部のガスを通させることで、フィルタによりガス中の放射性よう素や粒子状の放射性物質を除去する。ただし、キセノン(Xe)やクリプトン(Kr)のような放射性希ガス、蒸気や空気は、フィルタで捕捉できないためケーシングを通する。従って、フィルタユニット11は、放射性よう素や粒子状の放射性物質を捕捉して除去する一方で、凝縮性ガスである蒸気、および空気や放射性希ガスなどの非凝縮性ガスを含むガスを通させる。

30

【0019】

排気配管12は、一端がフィルタユニット11に接続され、他端が格納容器100の外部に引き出されて設けられている。排気配管12は、その途中に、逆止弁12Aが設けられる。逆止弁12Aは、フィルタユニット11に接続される一端側から格納容器100の外部に引き出された他端側へのガスの通過を許容し、その逆の流れを阻止する。

【0020】

凝縮装置13は、貯留タンク13Aと、ヘッダー管13Bと、開閉弁13Cと、スパージャ管13Dと、散水部13Eと、排水部13Fと、排気部13Gと、を備える。貯留タンク13Aは、半球状の底部と、半球状の頂部との間を円筒状の胴部で連結した密閉容器である。貯留タンク13Aは、底部に凝縮水13Hが貯留される。ヘッダー管13Bは、貯留タンク13Aの内部であって凝縮水13Hの水面より上の気相部に配置される。ヘッダー管13Bは、排気配管12に接続される。開閉弁13Cは、ヘッダー管13Bと排気配管12との間に配置され、排気配管12とヘッダー管13Bとを開閉する。スパージャ管13Dは、ヘッダー管13Bから下方に延びて設けられ、下方に延びた先端が凝縮水13Hの内部の液相部に配置される。散水部13Eは、貯留タンク13Aの内部であって上方に配置され、貯留タンク13Aの内部に散水する。散水による水は、凝縮水13Hとして貯留タンク13Aの底部に貯留される。排水部13Fは、貯留タンク13Aの底部に設けられ、凝縮水13Hを貯留タンク13Aの外部に排水する部分である。排気部13Gは、貯留タンク13Aの頂部に設けられ気相部の気体を貯留タンク13Aの外部に排気する部分である。従って、凝縮装置13は、開閉弁13Cの開放によってフィルタユニット1

40

50

1を通過したガスが貯留タンク13Aに供給される。凝縮装置13は、ヘッダー管13Bを介してスパージャ管13Dから凝縮水13Hの内部にガスが供給され、凝縮水13Hによってガス中の蒸気を凝縮する。また、凝縮装置13は、ガス中の蒸気を凝縮することで蒸気と非凝縮性ガスとを分離する。

【0021】

冷却部14は、循環配管14Aと、熱交換器14Bと、冷却ポンプ14Cと、を備える。循環配管14Aは、一端が貯留タンク13Aの排水部13Fに接続され、他端が貯留タンク13Aの上部にて貯留タンク13Aの内部の散水部13Eに接続される。従って、循環配管14Aは、貯留タンク13Aを含みループ状に設けられている。熱交換器14Bは、循環配管14Aの途中に設けられる。熱交換器14Bは、冷却水が供給されるケーシングの内部に循環配管14Aの途中に介在された伝熱管が設けられる。熱交換器14Bは、ケーシングの内部に冷却水が通過する。冷却水は、例えば、海水や湖水などがあり、図示しない冷却水供給ポンプにより供給されてケーシングの内部を経て海や湖に戻される。冷却ポンプ14Cは、循環配管14Aの途中に設けられており、貯留タンク13Aに貯留された凝縮水13Hを循環配管14Aによって循環させる。従って、貯留タンク13Aに貯留された凝縮水13Hは、熱交換器14Bを経由して冷却されて貯留タンク13Aの散水部13Eから散水される。

10

【0022】

凝縮水送出部15は、送出配管15Aと、送出ポンプ15Bと、送出開閉弁15Cと、逆止弁15Dと、を備える。送出配管15Aは、一端が貯留タンク13Aの排水部13Fに接続され、他端が格納容器100の内部に至り設けられている。送出配管15Aは、一端部が冷却部14の循環配管14Aの一端部と共用される。送出ポンプ15Bは、送出配管15Aの途中に設けられており、貯留タンク13Aに貯留された凝縮水13Hを送出配管15Aによって格納容器100の内部に送り出す。送出開閉弁15Cは、送出配管15Aにおいて送出ポンプ15Bよりも一端側（貯留タンク13A側）に設けられる。送出開閉弁15Cは、送出配管15Aを開閉する。逆止弁15Dは、送出配管15Aの他端側に接続されている。逆止弁15Dは、送出配管15Aにおいて送出ポンプ15Bよりも他端側（格納容器100側）に設けられる。逆止弁15Dは、貯留タンク13Aに接続される一端側から格納容器100の内部に設けられた他端側への凝縮水13Hの通過を許容し、その逆の流れを阻止する。

20

30

【0023】

除湿装置16は、除湿配管16Aと、除湿器16Bと、を備える。除湿配管16Aは、貯留タンク13Aの排気部13Gに接続され、貯留タンク13Aの内部の非凝縮性ガスを貯留タンク13Aの外部に送り出す。除湿配管16Aは、不図示の開閉弁によって開閉される。除湿器16Bは、除湿配管16Aの途中に設けられ、除湿配管16Aを通過する非凝縮性ガスから湿分を除去する。

【0024】

第一吸着部17は、吸着塔17Aと、第一排気管17Bと、第二排気管17Cと、真空ポンプ17Dと、を備える。吸着塔17Aは、除湿配管16Aが接続される。従って、吸着塔17Aは、除湿器16Bによって除湿された非凝縮性ガスが送られる。吸着塔17Aは、密閉容器の内部に希ガス吸着材が収容される。従って、吸着塔17Aは、非凝縮性ガスに含まれる放射性希ガスを吸着する。第一排気管17Bは、吸着塔17Aに接続され、不図示の開閉弁によって開閉される。第一排気管17Bは、開放時に、希ガス吸着材に吸着されなかった空気が大気に放出される。第二排気管17Cは、吸着塔17Aに接続され、不図示の開閉弁によって開閉される。真空ポンプ17Dは、第二排気管17Cに設けられる。第二排気管17Cは、開放時に、真空ポンプ17Dの駆動によって、希ガス吸着材に吸着されている放射性希ガスが送り出される。

40

【0025】

第二吸着部18は、吸着塔18Aと、第一排気管18Bと、第二排気管18Cと、真空ポンプ18Dと、を備える。吸着塔18Aは、第一吸着部17の第二排気管17Cが接続

50

される。従って、吸着塔 18 A は、第一吸着部 17 の吸着塔 17 A から送り出された放射性希ガスが送られる。吸着塔 18 A は、密閉容器の内部に希ガス吸着材が収容される。従って、吸着塔 18 A は、送られた放射性希ガスを吸着する。第一排気管 18 B は、吸着塔 18 A に接続され、不図示の開閉弁によって開閉される。第一排気管 18 B は、開放時に、希ガス吸着材に吸着されなかった空気が大気に放出される。第二排気管 18 C は、吸着塔 18 A に接続され、不図示の開閉弁によって開閉される。真空ポンプ 18 D は、第二排気管 18 C に設けられる。第二排気管 18 C は、開放時に、真空ポンプ 17 D の駆動によって、希ガス吸着材に吸着されている放射性希ガスが送り出される。従って、第二吸着部 18 は、第一吸着部 17 と協働して放射性希ガスを濃縮することで減容する。

【0026】

貯留部 19 は、密閉容器で構成され、第二吸着部 18 の第二排気管 18 C が接続される。従って、貯留部 19 は、第二吸着部 18 の吸着塔 18 A から送り出された放射性希ガスが送られる。貯留部 19 は、送られた放射性希ガスを貯留する。

【0027】

図 2 は、実施形態に係る格納容器保全設備の制御系のブロック図である。

【0028】

上述した格納容器保全設備 50 は、図 2 に示す制御部 20 により制御される。制御部 20 は、例えば、コンピュータであり、図には明示しないが、CPU (Central Processing Unit) のようなマイクロプロセッサを含む演算処理装置などにより実現される。制御部 20 は、圧力検出部 10 が接続される。制御部 20 は、凝縮装置 13 の開閉弁 13 C が接続される。制御部 20 は、冷却部 14 の冷却ポンプ 14 C が接続される。制御部 20 は、凝縮水送出部 15 の送出ポンプ 15 B と送出開閉弁 15 C が接続される。制御部 20 は、第一吸着部 17 の真空ポンプ 17 D が接続される。制御部 20 は、第二吸着部 18 の真空ポンプ 18 D が接続される。また、図には明示しないが、制御部 20 は、除湿装置 16 の除湿配管 16 A を開閉する開閉弁や、第一吸着部 17 の第一排気管 17 B を開閉する開閉弁や、第一吸着部 17 の第二排気管 17 C を開閉する開閉弁や、第二吸着部 18 の第一排気管 18 B を開閉する開閉弁や、第二吸着部 18 の第二排気管 18 C を開閉する開閉弁も接続される。

【0029】

格納容器保全設備 50 では、制御部 20 は、圧力検出部 10 によって検出される格納容器 100 の内部の圧力が所定値を超えた場合、開閉弁 13 C を開放制御する。格納容器保全設備 50 は、開閉弁 13 C の開放によって、格納容器 100 の内部からフィルタユニット 11 を通過した凝縮性ガスである蒸気、および空気や放射性希ガスなどの非凝縮性ガスが排気配管 12 からヘッダー管 13 B およびスパージャ管 13 D を経て貯留タンク 13 A に送られる。凝縮装置 13 は、貯留タンク 13 A の内部の液相部である凝縮水 13 H によって蒸気が凝縮される。一方、凝縮装置 13 は、貯留タンク 13 A の内部の気相部に非凝縮性ガスが貯留される。また、格納容器保全設備 50 では、制御部 20 は、冷却部 14 の冷却ポンプ 14 C を駆動制御する。格納容器保全設備 50 は、冷却ポンプ 14 C の駆動によって、貯留タンク 13 A の内部の凝縮水 13 H が循環配管 14 A によって循環され散水部 13 E から散水される。また、格納容器保全設備 50 では、制御部 20 は、送出開閉弁 15 C を開放制御し、送出ポンプ 15 B を駆動制御する。格納容器保全設備 50 は、送出開閉弁 15 C の開放、送出ポンプ 15 B の駆動によって、貯留タンク 13 A の内部の凝縮水 13 H が格納容器 100 の内部に送られて格納容器 100 の冷却などに用いられる。凝縮装置 13 は、凝縮水 13 H を格納容器 100 に送ることで貯留タンク 13 A の内部の凝縮水 13 H の水位が設定範囲内に調整され、スパージャ管 13 D の先端側が凝縮水 13 H の内部に常に配置される。また、格納容器保全設備 50 では、制御部 20 の制御によって、貯留タンク 13 A の内部の非凝縮性ガスが除湿装置 16 で除湿され、かつ第一吸着部 17 および第二吸着部 18 で空気が除去された放射性希ガスが貯留部 19 に貯留される。

【0030】

図 3 は、実施形態に係る凝縮装置の横断面図である。図 4 は、実施形態に係る凝縮装置

10

20

30

40

50

の縦断面図である。図5は、実施形態に係る凝縮装置の部分拡大断面図である。

【0031】

実施形態の凝縮装置13は、図3から図5に示すように、複数のスパージャ管13Dを接続する接続部13Kを備える。接続部13Kは、複数のスパージャ管13Dを連結する。接続部13Kは、スパージャ管13Dの先端部に配置される。接続部13Kは、例えば、ステンレス鋼のような耐水性の金属などの剛性部材で構成された本体部材13Kaと、耐水性の合成樹脂材やゴム材などの可撓性部材で構成された接合部材13Kbと、を含む。接合部材13Kbは、スパージャ管13Dへの取り付け部分に設けられる。接合部材13Kbは、例えば、スパージャ管13D周りに取り付けられるようにリング状に形成される。本体部材13Kaは、各スパージャ管13Dに設けられた各接合部材13Kbを接続するように設けられる。本体部材13Kaは、例えば、板状または棒状に形成される。なお、接続部13Kは、全体が耐水性の合成樹脂材やゴム材などの可撓性部材で構成されてもよい。

10

【0032】

また、実施形態の凝縮装置13は、図5に示すように、スパージャ管13Dにおいて、スパージャ管13Dを経て貯留タンク13Aの内部に送られるガスの圧力に応じて開閉可能な栓部13Lを備える。栓部13Lは、スパージャ管13Dの先端部に設けられてスパージャ管13Dの内部を上下方向に移動可能に設けられた開閉部13Laと、開閉部13Laを塞ぐように弾性力を生じる弾性部材13Lbと、を含む。開閉部13Laは、スパージャ管13Dの内径よりも小さい径の板部材であって、スパージャ管13Dの内壁に配置されたリング状の弁座13Lcに当接するように、上方に移動することでスパージャ管13Dを閉鎖する。また、開閉部13Laは、弁座13Lcから離れるように、下方に移動することでスパージャ管13Dを開放する。弾性部材13Lbは、例えば、圧縮コイルバネによって構成され、スパージャ管13Dの先端の内側に設けられた係止部13Ldと開閉部13Laとの間に配置され、その弾性力によって開閉部13Laを弁座13Lcに当接するように付勢する。従って、スパージャ管13Dを経て貯留タンク13Aの内部に送られるガスの圧力が弾性部材13Lbの弾性力を超える場合、開閉部13Laは、弁座13Lcから離れてスパージャ管13Dを開放する。一方、ガスの圧力が弾性部材13Lbの弾性力よりも小さい場合、開閉部13Laは、弁座13Lcに当接してスパージャ管13Dを閉鎖する。

20

30

【0033】

また、実施形態の凝縮装置13は、図4に示すように、貯留タンク13Aの内部に多孔板13Mを備える。多孔板13Mは、貯留タンク13Aの内部において、スパージャ管13Dの下方で貯留タンクを上下に仕切るように設けられる。多孔板13Mは、上下方向に貫通する複数の孔13Maが形成される。多孔板13Mは、網で構成されていてもよく、パンチングメタルで構成されていてもよい。

【0034】

また、実施形態の凝縮装置13は、図4に示すように、貯留タンク13Aの底部に排水部13Fを備える。排水部13Fは、上述したように、凝縮水13Hを貯留タンク13Aの外部に排水する部分であり、冷却部14の循環配管14Aと、凝縮水送出部15の送出配管15Aとが接続される。排水部13Fは、貯留タンク13Aの内部の半球状の底部の中央に配置され、排水管13Faと、閉塞部13Fbと、貫通孔13Fcと、を含む。排水管13Faは、貯留タンク13Aの内部において底部から上方に延びる筒状に形成される。排水管13Faは、その下端が循環配管14Aおよび送出配管15Aに接続される。閉塞部13Fbは、排水管13Faの上端を塞ぐ部分である。貫通孔13Fcは、排水管13Faの周壁に貫通して複数設けられる。貫通孔13Fcは、排水管13Faの上側に配置される。従って、凝縮装置13は、貯留タンク13Aの内部の凝縮水13Hが貫通孔13Fcから排水管13Faの内部に流れ、排水管13Faの下端から循環配管14Aおよび送出配管15Aに排水される。

40

【0035】

50

また、実施形態の凝縮装置 13 は、図 3 および図 4 に示すように、ヘッダー管 13 B が分岐して設けられ、それぞれが開閉弁 13 C を介して排気配管 12 に接続される。ヘッダー管 13 B は、実施形態では、第一ヘッダー管 13 B 1 と、第二ヘッダー管 13 B 2 との 2 つに分岐して設けられる。

【0036】

第一ヘッダー管 13 B 1 は、開閉弁 13 C に接続されて貯留タンク 13 A の内外に貫通する接続部 13 B 1 a と、貯留タンク 13 A の内部において接続部 13 B 1 a に繋がるヘッダー部 13 B 1 b と、を含む。接続部 13 B 1 a は、開閉弁 13 C からヘッダー部 13 B 1 b に接続する配管である。ヘッダー部 13 B 1 b は、スパージャ管 13 D が設けられる配管であって、貯留タンク 13 A の円筒状の胴部に沿って円弧状（C 字状）に形成される。実施形態のヘッダー部 13 B 1 b は、貯留タンク 13 A の内部において、接続部 13 B 1 a から水平方向の両側にそれぞれ配置され、貯留タンク 13 A の円筒状の胴部に沿って周方向に延びて設けられる。

10

【0037】

第二ヘッダー管 13 B 2 は、他の開閉弁 13 C に接続されて貯留タンク 13 A の内外に貫通する接続部 13 B 2 a と、貯留タンク 13 A の内部において接続部 13 B 2 a に繋がるヘッダー部 13 B 2 b と、を含む。接続部 13 B 2 a は、開閉弁 13 C からヘッダー部 13 B 2 b に接続する配管である。ヘッダー部 13 B 2 b は、スパージャ管 13 D が設けられる配管であって、貯留タンク 13 A の円筒状の胴部に沿って円弧状（C 字状）に形成される。実施形態のヘッダー部 13 B 2 b は、貯留タンク 13 A の内部において、接続部 13 B 2 a から水平方向の両側にそれぞれ配置され、貯留タンク 13 A の円筒状の胴部に沿って周方向に延びて設けられる。第二ヘッダー管 13 B 2 のヘッダー部 13 B 2 b は、図 4 に示すように、第一ヘッダー管 13 B 1 のヘッダー部 13 B 1 b の内側で水平方向に沿って配置される。

20

【0038】

そして、スパージャ管 13 D は、図 3 に示すように、それぞれのヘッダー部 13 B 1 b およびヘッダー部 13 B 2 b に沿って平面視で円弧状に配列される。また、スパージャ管 13 D を接続する接続部 13 K は、それぞれのヘッダー部 13 B 1 b およびヘッダー部 13 B 2 b ごとにスパージャ管 13 D を接続するように円弧状に形成される。

【0039】

よって、実施形態の凝縮装置 13 は、ヘッダー管 13 B が、ガスの供給側である排気配管 12 との間に開閉弁 13 C を介して複数に分岐して設けられる。実施形態の凝縮装置 13 は、ヘッダー管 13 B が、第一ヘッダー管 13 B 1 と第二ヘッダー管 13 B 2 との 2 つに分岐して構成されている。この構成に限らず、凝縮装置 13 は、第一ヘッダー管 13 B 1 の各ヘッダー部 13 B 1 b が、それぞれ開閉弁 13 C を介して分岐して構成され、第二ヘッダー管 13 B 2 の各ヘッダー部 13 B 2 b が、それぞれ開閉弁 13 C を介して分岐して構成されて、計 4 つに分岐して構成されてもよい。なお、各開閉弁 13 C は、それぞれ上記制御部 20 によって開閉制御される。

30

【0040】

また、実施形態の凝縮装置 13 は、図 3 および図 4 に示すように、ヘッダー管 13 B を載置する支持部 13 J を備える。支持部 13 J は、貯留タンク 13 A の内部に固定され、各ヘッダー部 13 B 1 b , 13 B 2 b を支持する。支持部 13 J は、図 4 に示すように、貯留タンク 13 A の内壁から内側に水平方向に延びて設けられた複数の支持部材 13 J a と、支持部材 13 J a を補強する補強部材 13 J b と、支持部材 13 J a の上側に配置されてヘッダー管 13 B (各ヘッダー部 13 B 1 b , 13 B 2 b ) を水平方向への移動を許容して載置する載置部材 13 J c と、を含む。

40

【0041】

このように、実施形態の凝縮装置 13 は、底部に凝縮水 13 H が貯留される貯留タンク 13 A と、貯留タンク 13 A の内部において凝縮水 13 H の水面より上の気相部に配置され貯留タンク 13 A の外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管 13 B と、ヘッダ

50

一管 13B から下方に延びた先端が凝縮水 13H の液相部に配置される複数のスパージャ管 13D と、複数のスパージャ管 13D を接続する接続部 13K と、を備える。

【0042】

この凝縮装置 13 によれば、複数のスパージャ管 13D を接続部 13K で接続したことで、スパージャ管 13D 同士の振動モードが一致することを防ぎ、かつ各スパージャ管 13D がフリーになることを防止する。この結果、実施形態の凝縮装置 13 は、スパージャ管 13D への振動による荷重影響を防ぐことができる。

【0043】

また、実施形態の凝縮装置 13 では、接続部 13K は、スパージャ管 13D への取り付け部分に設けられた可撓性を有する接合部材 13Kb を含む。従って、この凝縮装置 13 によれば、可撓性を有する接合部材 13Kb によって、各スパージャ管 13D 管の振動の伝達を防げるため、スパージャ管 13D への振動による荷重影響を防ぐ効果を顕著に得ることができる。また、実施形態の凝縮装置 13 では、接続部 13K は、それ自体が可撓性を有する構成としても、各スパージャ管 13D 管の振動の伝達を防げるため、同様の効果が得られる。

【0044】

また、実施形態の凝縮装置 13 では、スパージャ管 13D にガスの圧力に応じて開閉可能な栓部 13L を備える。従って、この凝縮装置 13 によれば、ガスの圧力が高いときは、栓部 13L が開放されてスパージャ管 13D からガスを凝縮水 13H に排出することができる。一方、この凝縮装置 13 によれば、チャギング現象が発生するような上流側圧力の低い条件では、栓部 13L が閉鎖することでガスが流れないため、チャギング現象の発生を防止できる。この結果、実施形態の凝縮装置 13 は、チャギング現象に伴う振動によるスパージャ管 13D への荷重影響を防ぐことができる。

【0045】

また、実施形態の凝縮装置 13 では、貯留タンク 13A の底部に設けられて凝縮水 13H を外部に排出する排水部 13F と、貯留タンク 13A の内部でスパージャ管 13D と排水部 13F との間に配置され貯留タンク 13A を上下に仕切るように設けられた多孔板 13M と、を備える。ここで、一般に、ガスが水中に噴流噴出され、このガスが排水部 13F から凝縮水 13H と共に排出されると、凝縮水 13H を排水するためのポンプ側にガスが巻き込まれ、ポンプの軸の折損などの問題が生じるおそれがある。この点、実施形態の凝縮装置 13 によれば、スパージャ管 13D と排水部 13F との間に設けた多孔板 13M がガスの抵抗になって、多孔板 13M よりも下側に気泡が侵入し難くできる。また、この凝縮装置 13 によれば、多孔板 13M にてガスの気泡が合一することでガスの浮力が増して上昇しやすくなり、多孔板 13M よりも下側に気泡が侵入し難くできる。この結果、実施形態の凝縮装置 13 は、ガスが排水部 13F から凝縮水 13H と共に排出される事態を防ぎ、ポンプの軸の折損などの問題を防止できる。

【0046】

また、実施形態の凝縮装置 13 では、貯留タンク 13A の底部において凝縮水 13H を外部に排出する排水部 13F を備え、排水部 13F は、貯留タンク 13A の底部において上方に延びて設けられて下端が貯留タンク 13A の外部に通じる排水管 13Fa と、排水管 13Fa の上端を塞ぐ閉塞部 13Fb と、排水管 13Fa の周壁に形成された貫通孔 13Fc と、を含む。ここで、一般に、貯留タンク 13A の底部に排水穴が設けられている場合、排水穴への吸い込みによる渦が発生し、ガスが凝縮水 13H と共に排出され易くなる。この点、実施形態の凝縮装置 13 によれば、排水管 13Fa の上端を閉塞部 13Fb で塞ぎ、排水管 13Fa の周壁に貫通孔 13Fc を形成することで、吸い込みによる渦が発生を抑制できる。この結果、実施形態の凝縮装置 13 は、ガスが排水部 13F から凝縮水 13H と共に排出される事態を防ぎ、ポンプの軸の折損などの問題を防止できる。なお、貯留タンク 13A は、半球状の底部のお椀型の下方向に向かって断面積が小さくなり、直方向の水の流れが大きくなるため、ガスの吸い込み度合いが大きい。この点、実施形態の凝縮装置 13 によれば、貫通孔 13Fc を排水管 13Fa の上側に配置することで、ガス

10

20

30

40

50

の吸い込みをし難くできる。

【 0 0 4 7 】

また、実施形態の凝縮装置 1 3 では、貯留タンク 1 3 A の内部に固定されてヘッダー管 1 3 B を水平方向への移動を許容して載置する支持部 1 3 J を備える。ここで、一般に、ヘッダー管 1 3 B を介してスパージャ管 1 3 D から高温のガスを噴出する構成にあっては、ヘッダー管 1 3 B が熱伸びを生じる。この点、実施形態の凝縮装置 1 3 によれば、支持部 1 3 J によって、ヘッダー管 1 3 B が水平方向への移動を許容して載置されていることで、熱伸びに対してヘッダー管 1 3 B が拘束されず、支持構造に荷重が生じなどの影響を防止できる。

【 0 0 4 8 】

また、実施形態の凝縮装置 1 3 では、ヘッダー管 1 3 B は、ガスの供給側である排気配管 1 2 との間に開閉弁 1 3 C を介して複数に分岐して設けられ、ヘッダー管 1 3 B に送られるガスの圧力を検出する圧力検出部 1 0 と、圧力検出部 1 0 が検出する圧力に応じて各開閉弁 1 3 C を開閉制御する制御部 2 0 と、を備える。

【 0 0 4 9 】

そして、実施形態の凝縮方法では、制御部 2 0 は、圧力検出部 1 0 が検出する圧力が上昇傾向にある場合に各開閉弁 1 3 C を開放制御する一方、圧力検出部 1 0 が検出する圧力が下降傾向にある場合に各開閉弁 1 3 C の一部を閉鎖制御する。

【 0 0 5 0 】

具体的に、実施形態の凝縮方法を、図 6 の実施形態に係る凝縮方法のフローチャートに示す。

【 0 0 5 1 】

図 6 に示すように、制御部 2 0 は、圧力検出部 1 0 が検出する圧力を入力し、当該圧力が上昇傾向にある場合（ステップ S 1 : Y e s ）、全ての開閉弁 1 3 C を開放制御する（ステップ S 2 ）。なお、制御部 2 0 は、圧力が上昇傾向にない場合は（ステップ S 1 : N o ）、圧力検出部 1 0 が検出する圧力を入力し続ける。その後、制御部 2 0 は、圧力検出部 1 0 が検出する圧力を入力し続け、当該圧力が下降傾向にある場合（ステップ S 3 : Y e s ）、一部の開閉弁 1 3 C を閉鎖制御する（ステップ S 4 ）。ステップ S 4 において、具体的に、制御部 2 0 は、上述した第一ヘッダー管 1 3 B 1 と第二ヘッダー管 1 3 B 2 について、例えば、第一ヘッダー管 1 3 B 1 が接続される開閉弁 1 3 C を閉鎖制御し、第二ヘッダー管 1 3 B 2 接続される開閉弁 1 3 C を開放制御する。なお、制御部 2 0 は、圧力が下降傾向にない場合は（ステップ S 3 : N o ）、圧力検出部 1 0 が検出する圧力を入力し続ける。その後、制御部 2 0 は、圧力検出部 1 0 が検出する圧力を入力し続け、当該圧力が所定圧力 X 未満となった場合（ステップ S 5 : Y e s ）、全ての開閉弁 1 3 C を閉鎖制御する（ステップ S 6 ）。なお、制御部 2 0 は、圧力が所定圧力 X 以上の場合は（ステップ S 5 : N o ）、圧力検出部 1 0 が検出する圧力を入力し続ける。

【 0 0 5 2 】

即ち、格納容器保全設備 5 0 において、シビアアクシデント時に格納容器 1 0 0 内の崩壊熱を徐熱するために冷却水がスプレイされ、冷却水が蒸発したガスによって格納容器 1 0 0 の内部の圧力が上昇する（ステップ S 1 : Y e s ）。そして、凝縮装置 1 3 では、この圧力上昇を抑えるため格納容器 1 0 0 から貯留タンク 1 3 A にガスが送られる（ステップ S 2 ）。その後、凝縮装置 1 3 は、格納容器 1 0 0 の内部の圧力の上昇度合いが下がって上流側から流れてくる蒸気流量が少なくなった条件において（ステップ S 3 : Y e s ）、分岐した一部のヘッダー管（第一ヘッダー管 1 3 B 1 ）を閉鎖することで（ステップ S 4 ）、スパージャ管 1 3 D の 1 本当たりの蒸気質量流束を低減することが可能となる。これにより、凝縮装置 1 3 および凝縮方法によれば、チャギング現象を発生しにくくできる。この結果、凝縮装置 1 3 および凝縮方法は、チャギング現象に伴う振動によるスパージャ管 1 3 D への荷重影響を防ぐことができる。なお、凝縮装置 1 3 は、格納容器 1 0 0 の内部の圧力が格納容器 1 0 0 の保全を確保可能な予め設定した圧力 X 未満になった条件において（ステップ S 5 : Y e s ）、ガスを貯留タンク 1 3 A に送ることを止める（ステッ

10

20

30

40

50

プS6)。

【0053】

上述した実施形態の凝縮装置13および凝縮方法にあつては、格納容器保全設備50に適用される例を説明したが、この限りではない。実施形態の凝縮装置13および凝縮方法は、底部に凝縮水13Hが貯留される貯留タンク13Aと、貯留タンク13Aの内部において凝縮水13Hの水面より上の気相部に配置され貯留タンク13Aの外部から蒸気を含むガスが供給されるヘッダー管13Bと、ヘッダー管13Bから下方に延びた先端が凝縮水13Hの液相部に配置される複数のスパージャ管13Dと、を備える構成において、適用される。

【符号の説明】

10

【0054】

- 10 圧力検出部
- 13 凝縮装置
- 13A 貯留タンク
- 13B ヘッダー管
- 13C 開閉弁
- 13D スパージャ管
- 13F 排水部
- 13Fa 排水管
- 13Fb 閉塞部
- 13Fc 貫通孔
- 13H 凝縮水
- 13J 支持部
- 13K 接続部
- 13Kb 接合部材
- 13La 開閉部
- 13Lb 弾性部材
- 13M 多孔板
- 20 制御部

20

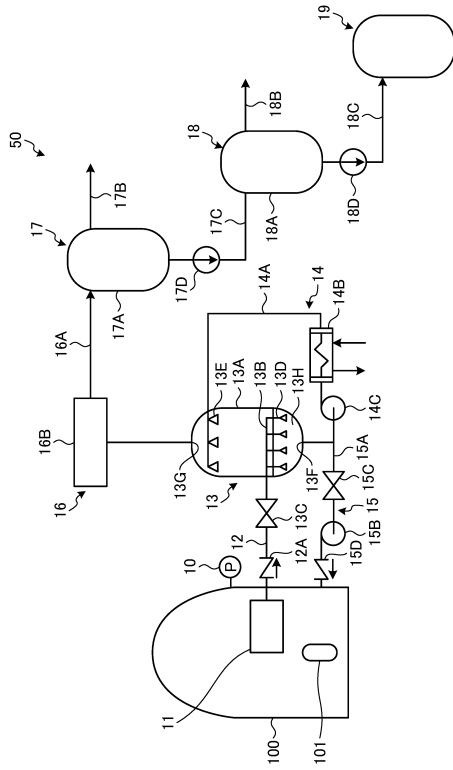
30

40

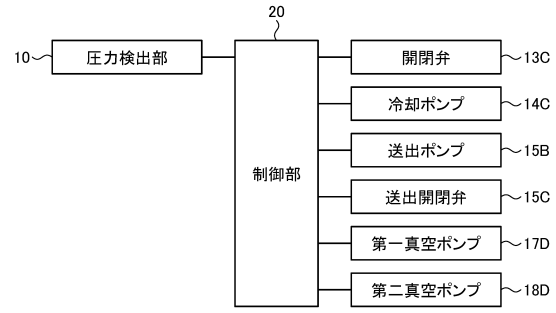
50

【図面】

【図 1】



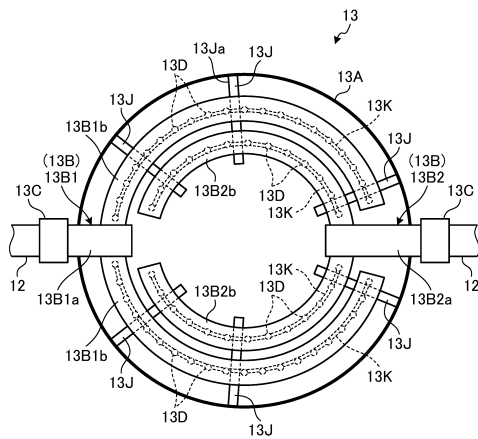
【図 2】



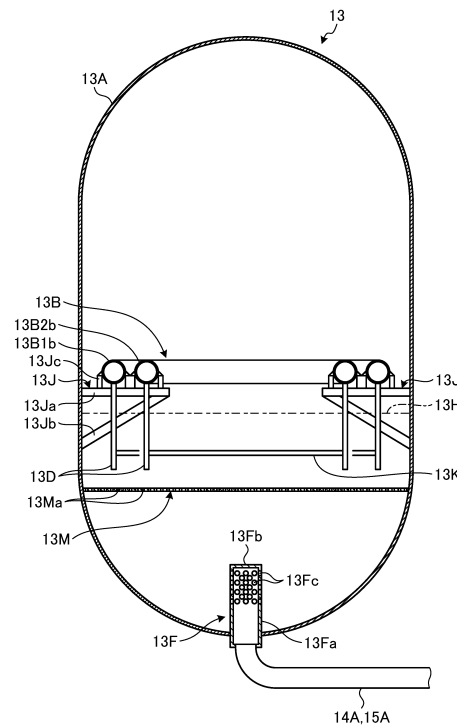
10

20

【図 3】



【図 4】

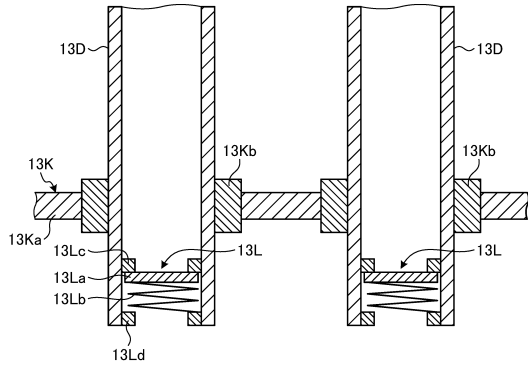


30

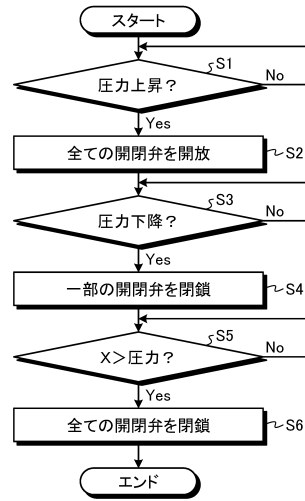
40

50

【図5】



【図6】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 三菱重工業株式会社内  
(72)発明者 寺井 健祐
- 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 三菱重工業株式会社内  
(72)発明者 亀井 聡広
- 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 三菱重工業株式会社内  
(72)発明者 富田 洋章
- 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 三菱重工業株式会社内  
審査官 大門 清
- (56)参考文献 特開昭 5 8 - 1 5 0 8 9 3 ( J P , A )  
特開昭 5 3 - 0 3 5 8 8 9 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
G 2 1 C 9 / 0 0 4  
G 2 1 F 9 / 0 2