

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機	設計及び工事計画審査資料
資料番号	KK6 補足-011-4 改0
提出年月日	2023年11月30日

原子炉格納施設的设计条件に関する説明書に係る補足説明資料
(格納容器圧力逃がし装置の設計)

2023年11月
東京電力ホールディングス株式会社

原子炉格納施設の設計条件に関する説明書に係る補足説明資料

(格納容器圧力逃がし装置の設計)

目 次

補足1	格納容器圧力逃がし装置の漏えいに対する考慮について……………	補足1-1
補足2	フィルタ装置及びよう素フィルタの各構成要素における機能について……………	補足2-1
補足3	電源構成の考え方について……………	補足3-1
補足4	スクラバ水が管理範囲を超えた場合の措置について……………	補足4-1
補足5	ラプチャーディスクの信頼性について……………	補足5-1
補足6	格納容器圧力逃がし装置の計測設備の網羅性について……………	補足6-1
補足7	格納容器圧力逃がし装置の計測設備の概略構成図……………	補足7-1
補足8	フィルタ装置水素濃度の計測時間遅れについて……………	補足8-1
補足9	配管内面に付着した放射性物質による発熱の影響について……………	補足9-1
補足10	主ライン・弁の構成について……………	補足10-1
補足11	系統内の水素濃度について……………	補足11-1
補足12	格納容器圧力逃がし装置使用後の保管管理……………	補足12-1
補足13	計測設備が計測不能になった場合の推定方法, 監視場所について……………	補足13-1
補足14	エアロゾルの密度の変化が慣性衝突効果に与える影響について……………	補足14-1
補足15	フィルタ装置における化学反応熱について……………	補足15-1
補足16	スクラバ水スロッシングの影響について……………	補足16-1
補足17	ベント実施時の発生荷重について……………	補足17-1
補足18	フィルタ装置の内部構造物強度計算について……………	補足18-1
補足19	FPの再揮発による影響……………	補足19-1
補足20	FPの放射性壊変による被ばく評価への影響……………	補足20-1
補足21	フィルタの除去性能に与える影響について……………	補足21-1
補足22	ステンレス構造材, 膨張黒鉛ガスケットの妥当性について……………	補足22-1
補足23	製造時における内部構造物の検査について……………	補足23-1
補足24	ベント実施時の放射線監視測定の考え方について……………	補足24-1
補足25	格納容器圧力逃がし装置の外部事象に対する考慮について……………	補足25-1
補足26	枝管に対する混合ガスの蓄積評価について……………	補足26-1

格納容器圧力逃がし装置の漏えいに対する考慮について

1. 設計条件

格納容器圧力逃がし装置を構成する容器，配管等に使用する材料については，ステンレス鋼，炭素鋼を使用しており，想定される重大事故等が発生した場合における温度，放射線，荷重及びその他の使用条件においてその機能が發揮できるように，構造設計を行っている。また，炭素鋼配管外面には防錆のため塗装を施し，特に屋外に敷設される配管の外面については，海塩粒子の付着による腐食防止の観点から，ウレタン系等の防食塗装を行う。

表1に主要な設計条件を，図1に材質範囲を示す。

表 1 格納容器圧力逃がし装置設備の主要設計条件

最高使用圧力	620kPa [gage] (ラブチャーディスク(フィルタ装置出口側)まで)
	250kPa [gage] (ラブチャーディスク(フィルタ装置出口側)以降)
最高使用温度	200℃
機器クラス	重大事故等クラス2
耐震クラス	基準地震動 S _s にて機能維持

2. 設計上の考慮事項

スクラバ水と接液する各部位及びその影響を受ける各部位については、スクラバ水の性状（高アルカリ性）と重大事故等時に原子炉格納容器より放出される放射性物質を捕集・保持すること（高線量）を考慮して、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む）））J S M E S N C 1 -2005/2007（以下「設計・建設規格」という。）のクラス2機器設計による頑健性に加え、漏えい対策として設計上の考慮事項を設けている。

具体的な設計上の考慮事項を表2に示す。

表2 各部位の設計上の考慮事項

部位	設計考慮内容
フィルタ装置	<ul style="list-style-type: none"> 溶接部は発電用原子力設備規格（溶接規格）J S M E S N B 1 -2001（以下「溶接規格」という。）に基づき非破壊検査を実施し、欠陥がないことを確認する。 スクラバ水が高アルカリ性（pH□以上）であること、重大事故等におけるベント時にはスクラバ水が高温（～200℃）となることを考慮し、耐食性に優れたステンレス鋼を採用することで、健全性を確保する。 マンホールのフランジ部は、適切なガスケットを使用し、ボルトの締め付け管理により、漏えい防止を図る（表3）。
よう素フィルタ	<ul style="list-style-type: none"> 溶接部は溶接規格に基づき非破壊検査を実施し、欠陥がないことを確認する。 重大事故等におけるベント時には高温（～200℃）蒸気が流入することを考慮し、耐食性に優れたステンレス鋼を採用することで、健全性を確保する。 マンホールのフランジ部は、適切なガスケットを使用し、ボルトの締め付け管理により、漏えい防止を図る（表3）。
配管・弁	<ul style="list-style-type: none"> 容器、配管、弁の接続部のうち溶接構造としている箇所について、溶接部は溶接規格に基づき非破壊検査を実施し、欠陥がないことを確認する。 フランジ接続部は、適切なガスケットを使用し、ボルトの締め付け管理により、漏えい防止を図る（表3）。 接液部は、スクラバ水が高アルカリ性（pH□以上）であること、重大事故等におけるベント時にはスクラバ水が高温（～200℃）となること及び高温（～200℃）蒸気が流入することを考慮し、耐食性に優れたステンレス鋼を採用することで、健全性を確保する。

表3 主なガスケット類の使用箇所

ガスケット類の使用部位	ガスケット類の材質
フィルタ装置フランジ部 よう素フィルタフランジ部 ドレン設備フランジ部 給水設備フランジ部	ガスケット内外輪：ステンレス製 フィラー材：膨張黒鉛製
上記フランジ部以外の接続部	膨張黒鉛製

以上のとおり、格納容器圧力逃がし装置の各設備については、スクラバ水の漏えいを防止する対策を実施するが、万一スクラバ水がフィルタベント遮蔽壁内に漏えいした場合でも、漏えいを検出し、漏えい水を移送できるよう、排水設備を設置するとともに、フィルタベント遮蔽壁の想定水没部を防水処理することで、汚染の拡大防止を図る計画としている。

3. 漏えい対策

格納容器圧力逃がし装置の各設備については、スクラバ水の性状（高アルカリ性）と重大事故等時に放出される放射性物質の捕捉・保持（汚染水の貯蔵）を達成するよう、構造材には耐食性に優れた材料を選定し、重大事故等時の使用環境条件及び基準地震動 S s に対して機能維持するよう、構造設計としている。また、フィルタ装置内のスクラバ水はドレン移送ポンプによりサプレッションチェンバ等に移送することとなるが、これらの設備についても漏えいし難い構造としている。

図2に排水設備の構成、表4に各部位の設計上の考慮事項、図3にドレン移送ポンプの構造を示す。

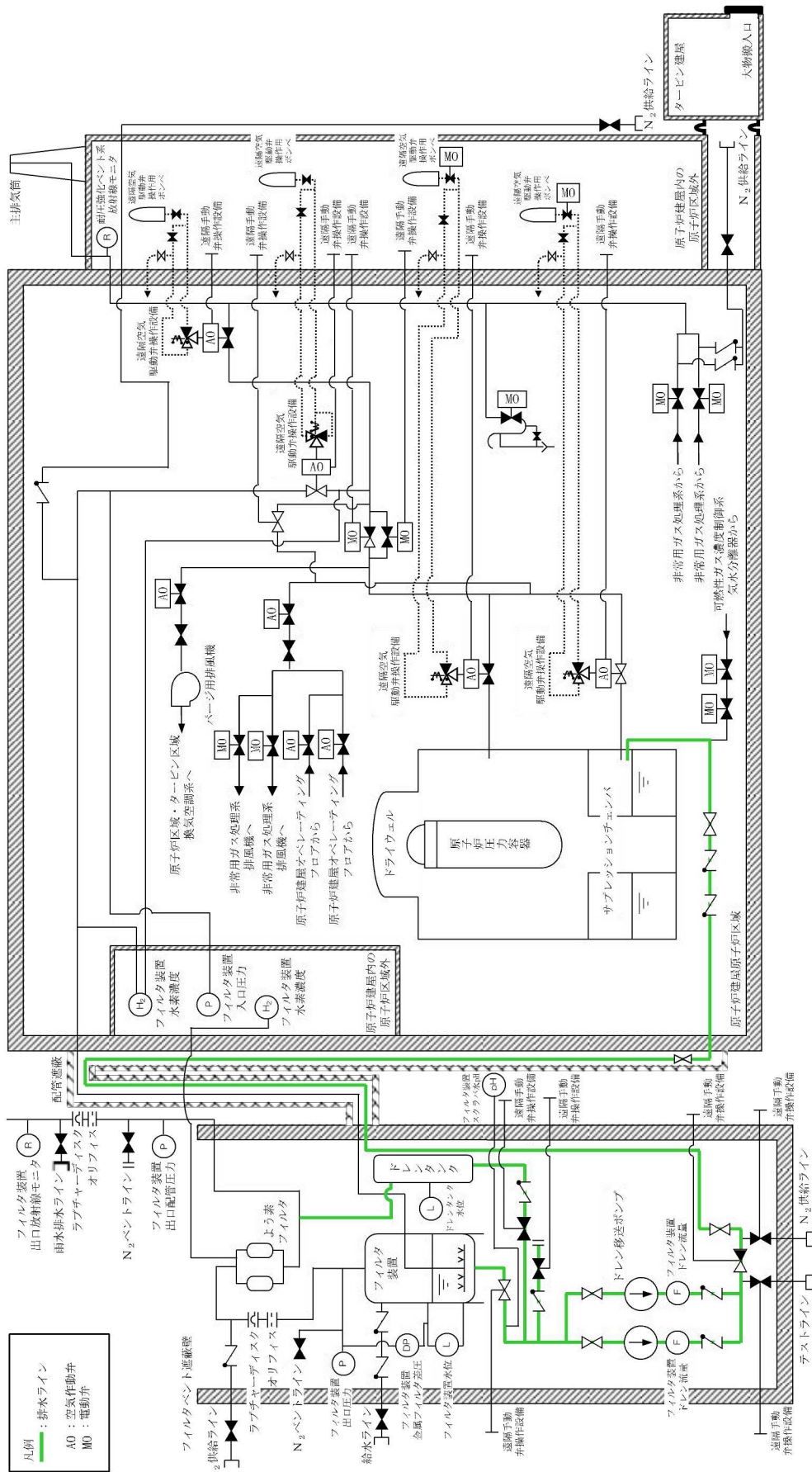


図2 排水設備の構成

表 4 各部位の設計上の考慮事項

部位	設計考慮内容
ドレン移送ポンプ (キャンドポンプ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高温，高アルカリ性（pH□以上），放射線を考慮し，耐食性に優れたステンレス鋼を採用することで，健全性を確保する。 ・ シール部に使用するガスケットについては，温度・圧力・放射線の影響を考慮して，膨張黒鉛を採用する。 ・ 軸封部は密閉され，漏えいしない構造とする（図3）。
配管・弁	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高温，高アルカリ性（pH□以上），放射線を考慮し，耐食性に優れたステンレス鋼を採用することで，健全性を確保する。 ・ 設計・建設規格のクラス2機器の規定を適用して設計するとともに，基準地震動S_sに対して機能を維持するよう設計する。 ・ フランジ接続部には，温度・圧力・放射線の影響を考慮して，膨張黒鉛製のガスケットを採用する。

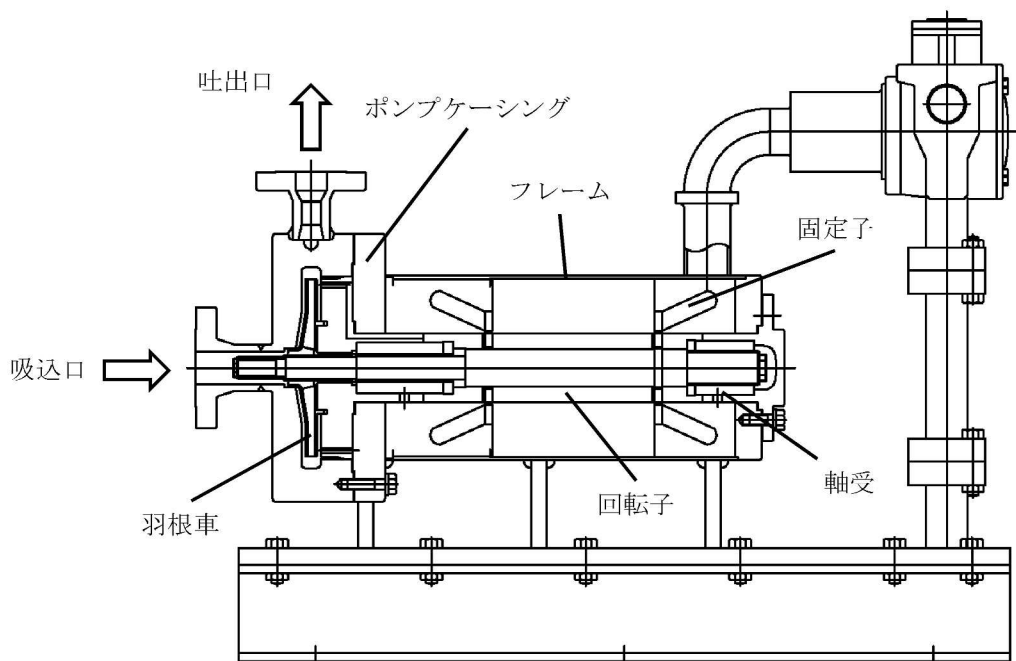


図 3 ドレン移送ポンプの構造

4. フィルタベント遮蔽壁の設計上の考慮

フィルタ装置を設置するフィルタベント遮蔽壁は，鉄筋コンクリート造の構造物で地上に設置し，基準地震動S_sに対して機能維持するよう構造設計をしている。

万一，フィルタ装置外にスクラバ水が漏えいした場合でも，漏えい検出できるようフィルタ装置にフィルタ装置水位を設置する。また，樹脂系塗装等によりフィルタベント遮蔽壁内部の想定水没部を防水処理することにより，構造的に漏えいの拡大が防止できる設計とする。

なお，フィルタベント遮蔽壁の貫通部は，コーキング又はOリングにて水密化することにより，貫通部からの外部への漏えいのおそれのない設計となっている。

5. 漏えい時等の対応

格納容器圧力逃がし装置の各設備については、スクラバ水の漏えいを防止する設計とするが、万一、フィルタ装置外にスクラバ水が漏えいした場合でも、漏えい検出できるようフィルタ装置にフィルタ装置水位を設置する。

フィルタベント遮蔽壁内における漏えい水は、フィルタベント遮蔽壁内のサンプへ収集され、ドレン移送ポンプによりフィルタベント遮蔽壁外へ移送できる設計とする。移送先はサプレッションプールとする。

表5にドレン移送ポンプの仕様を、図2に排水設備系統概略図を、図4にフィルタベント遮蔽壁断面図を示す。

表5 ドレン移送ポンプ仕様

型式	キャンドポンプ
容量	約 10m ³ /h
揚程	約 50m
台数	2
駆動源	電動駆動（交流）

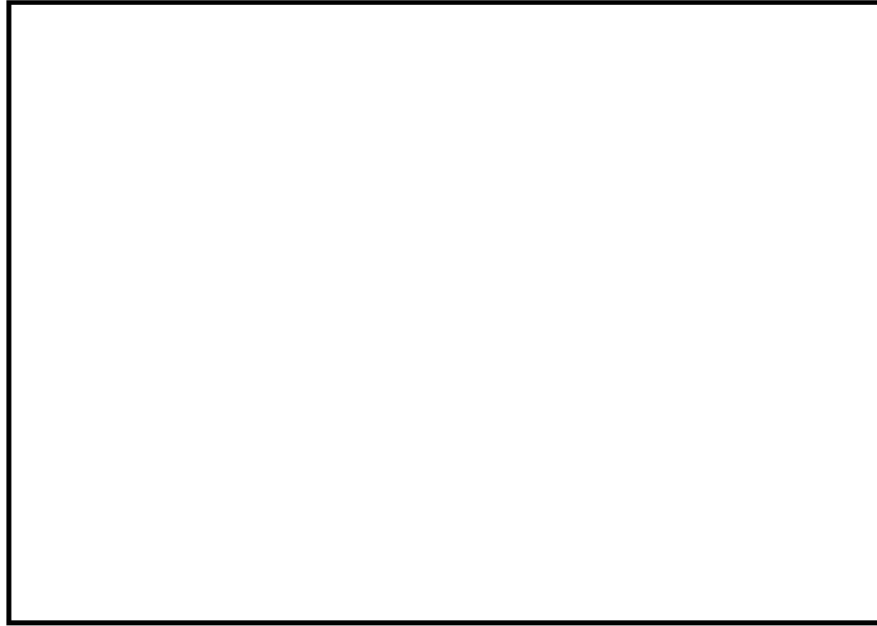


図 4 フィルタベント遮蔽壁断面図

フィルタ装置及びよう素フィルタの各構成要素における機能について

1. フィルタ装置及びよう素フィルタの機能

フィルタ装置及びよう素フィルタは、①水スクラバ、②金属フィルタ、③よう素フィルタの3つのセクションで構成され、その構成要素は以下のとおりである。フィルタ装置及びよう素フィルタの機能模式図を図1に示す。

- ① 水スクラバ…スクラバノズル、スクラバ水、気泡細分化装置
- ② 金属フィルタ…ウェブ、金属繊維焼結シート
- ③ よう素フィルタ…銀ゼオライト

注： ②と③の出口側配管に流量制限オリフィスを設ける。

ベントガスはまず水スクラバに流入し、ベントガスに含まれるエアロゾル及び無機よう素が捕捉され、スクラバ水に保持される。金属フィルタでは、水スクラバで捕捉できなかったエアロゾルを捕捉・保持する。よう素フィルタでは、ベントガスに含まれる放射性のよう素を捕捉・保持する。これら3つのセクションのうち、水スクラバと金属フィルタはフィルタ装置に格納され、その下流側によう素フィルタが接続される構成となっている。

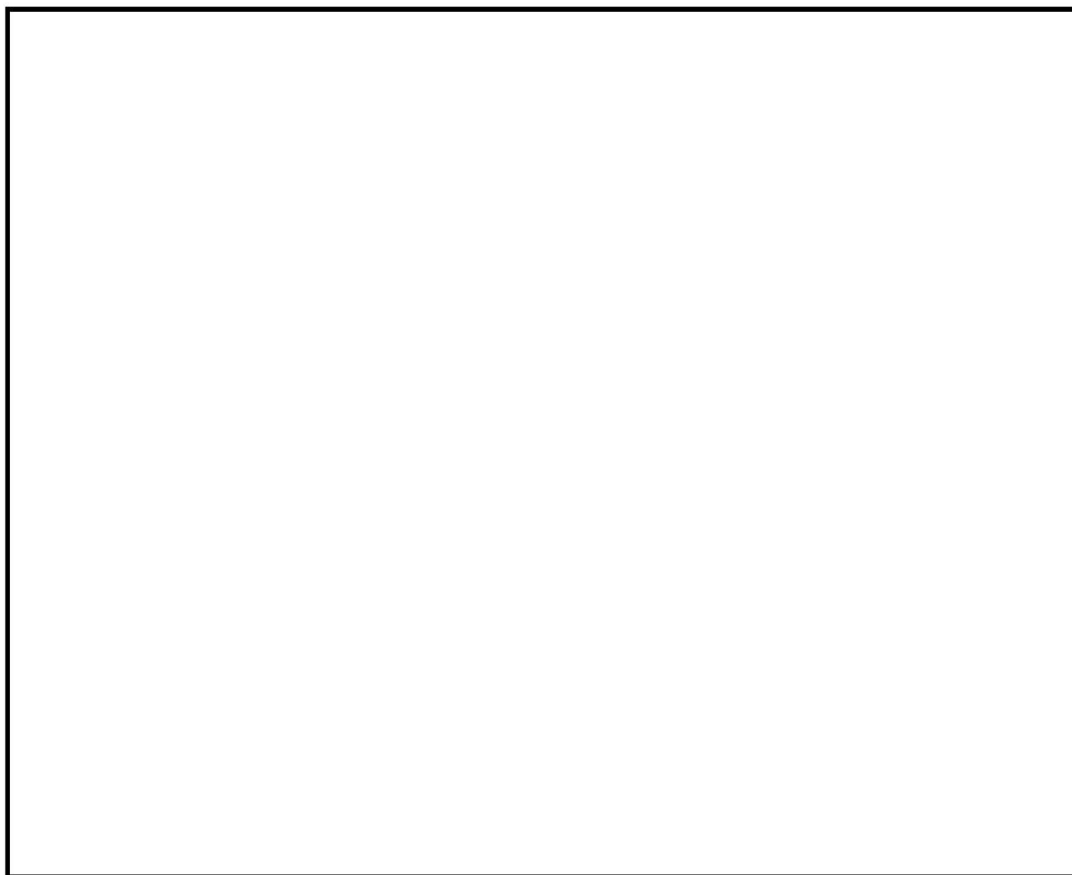


図1 フィルタ装置内及びよう素フィルタ内のベントガスの流れ

①水スクラバの機能



水スクラバには以下の機能がある。

- **機能(1)・・・【エアロゾルの捕捉・保持】**

水スクラバは、スクラバノズルにベントガスを通し、気泡細分化装置によりスクラバ水中の気泡を細分化することでエアロゾルが水と接触する面積を大きくすることにより、効果的にエアロゾルをスクラバ水中に捕捉する。捕捉したエアロゾルをスクラバ水中に保持する。

- **機能(2)・・・【無機よう素の捕捉・保持】**

無機よう素は、フィルタ装置内のスクラバ水に添加された薬剤と化学反応させることにより水スクラバで捕捉する。捕捉した無機よう素をスクラバ水中に保持する。

- **機能(3)・・・【崩壊熱の除去】**

放射性物質から発生する熱をスクラバ水の蒸発により大気へ輸送する。

①水スクラバの機能(1)【エアロゾルの捕捉・保持】

水スクラバ
(スクラバノズル, スクラバ水, 気泡細分化装置)

金属フィルタ
(ウエブ, 焼結シート, ウェブ)

オリフェイス
(フィルタ装置出口, よう素フィルタ出口)

よう素フィルタ
(銀ゼオライト)

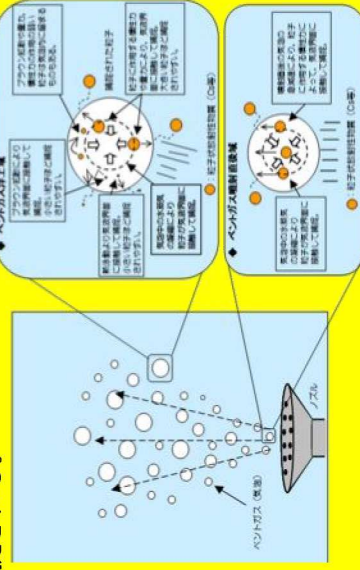
水スクラバは、スクラバノズルにベントガスを通し、気泡細分化装置によりスクラバ水中の気泡を細分化することでエアロゾルが水と接触する面積を大きくすることにより、効果的にエアロゾルをスクラバ水中へ捕捉・保持する。

● 主な原理

- スクラバ水中でのベントガスの気泡に作用する加速度により、ベントガス気泡中のエアロゾルに慣性力が働き、エアロゾルがスクラバ水と接触することで捕捉する。
- ベントガスの気泡中のエアロゾルが重力沈降し、エアロゾルがスクラバ水と接触することで捕捉する。
- ベントガスの気泡中のエアロゾルのブラウン運動により、エアロゾルがスクラバ水と接触することで捕捉する。
- スクラバ水中でベントガス気泡中の水蒸気が

凝縮することにより、エアロゾルがスクラバ水と接触することで捕捉する。

- ベントガス気泡中のエアロゾルの熱泳動により、エアロゾルがスクラバ水と接触することで捕捉される。



①水スクラバの機能(1)【エアロゾルの捕捉・保持】



水スクラバは、スクラバノズルにベントガスを通し、気泡細分化装置によりスクラバ水中の気泡を細分化することでエアロゾルが水と接触する面積を大きくすることにより、効果的にエアロゾルをスクラバ水中へ捕捉・保持する。

● 性能への主な影響因子

水位、水温、ガス流速、ガス温度、ガス蒸気の割合、エアロゾル粒径

● 設計上の考慮事項

＜エアロゾルの捕捉＞

検証試験で性能が確認されているスクラバノズル噴出部での流速を踏まえ、必要本数を決定する。

＜エアロゾルの保持＞

スクラバ水の水位が確認できるようにフィルタ装置水位を設ける。

一定期間ベントが継続できる水量を待機時から保有し、外部からの補給が可能な設計とする。また、ベントガスに含まれる水蒸気が凝縮することにより、水位が上昇した場合には、外部へ排出可能な設計とする。

①水スクラバの機能(2)【無機よう素の捕捉・保持】

水スクラバ
(スクラバナズル、スクラバ水、気泡細分化装置)

金属フィルタ
(ウエブ、焼結シート、ウエブ)

オリファイス
(フィルタ装置出口、よう素フィルタ出口)

よう素フィルタ
(銀ゼオライト)

無機よう素は、フィルタ装置内のスクラバ水に添加された薬剤と化学反応させることにより水スクラバで捕捉する。有機よう素については、よう素フィルタ内の吸着材と化学反応させることにより捕捉する。

スクラバ水に捕捉されたよう素と、気相中に含まれる無機よう素の割合(気液分配係数)は、スクラバ水のpHの影響を受け、アルカリ性条件下では気液分配係数が大きいため、スクラバ水中に捕捉されたよう素イオンが再び無機よう素となる再揮発が抑制される。

● 現象

水スクラバを通過する際、揮発性の高い無機よう素は、添加薬剤(水酸化ナトリウム)との化学反応により不揮発性のよう素イオンに変化し、スクラバ水中に捕捉・保持される。

● 主な原理

化学(還元)反応

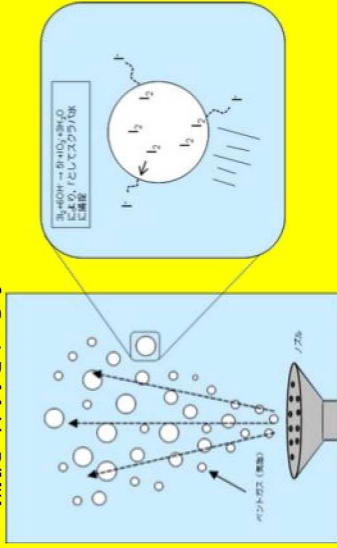


● 性能への主な影響因子

水位、水温、ガス流量、スクラバ水pH

● 設計上の考慮事項

スクラバ水に予め反応に必要な化学薬剤(水酸化ナトリウム)を添加し、通常待機とする。



①水スクラバの機能(3)【残留熱の除去】



放射性物質から発生する熱をスクラバ水の蒸発により大気へ輸送する。

● 現象

スクラバ水中に捕捉された放射性物質の崩壊熱をスクラバ水の蒸発によって除去し、発生した蒸気を系外へ放出することで熱を大気へ輸送する。

● 設計上の考慮事項

- ベントガスによるスクラバ水の蒸発や捕捉された放射性物質の崩壊熱による発熱を考慮しても、一定期間ベントが継続できる水量を待機時から保持する。
- スクラバ水の水位が確認できるように、フィルタ装置水位を設ける。
- 水位が低下した場合においても、外部からの水の補給ができる設計とする。

②金属フィルタの機能

水スクラバ
(スクラバナズル、スクラバ水、気泡細分化装置)

金属フィルタ
(ウエブ、焼結シート、ウエブ)

オリフェイス
(フィルタ装置出口、よう素フィルタ出口)

よう素フィルタ
(銀ゼオライト)

金属フィルタには以下の機能がある。

- **機能(1)・・・【湿分分離】**

水スクラバを通過したベントガスの湿分を分離する。

- **機能(2)・・・【エアゾルの捕捉】**

水スクラバで捕捉されず通過したエアゾルを捕集する。

②金属フィルタの機能(1)【湿水分離】

水スクラバ
(スクラバノズル、スクラバ水、気泡細分化装置)

金属フィルタ
(ウエブ、焼結シート、ウエブ)

オリフィス
(フィルタ装置出口、よう素フィルタ出口)

よう素フィルタ
(銀ゼオライト)

湿水分離機構で、ベントガスに含まれる湿分を分離する。

● 設置目的

エアロゾル捕集を効率的におこなうため、ベントガスの湿分を分離する。

● 機構

金属フィルタは、円筒状であり、内部は3層構造となっている。1層目には、 $\phi 30\mu\text{m}$ の金属繊維からなるウエブを設置し、大粒径のエアロゾルやスクラバ水の飛沫を捕捉する。2層目には、 $\phi 2\mu\text{m}$ の金属繊維焼結シートを設置し、小粒径のエアロゾルを捕捉する。3層目には、1層目と同様に $\phi 30\mu\text{m}$ の金属繊維からなるウエブを設置する。

金属フィルタは、スクラバノズルから5038mm上方に128本設置する。ベントガスは、スクラバ水を出した後、スクラバ水から生じる湿分(液滴)を含んでいる。長時間の運転でも高い除去効率を確保するため、ウエブで液滴を分離する。

②金属フィルタの機能(2)【エアロゾルの捕捉】

水スクラバ
(スクラバノズル, スクラバ水, 気泡細分化装置)

金属フィルタ
(ウエブ, 焼結シート, ウェブ)

オリフィス
(フィルタ装置出口, よう素フィルタ出口)

よう素フィルタ
(銀ゼオライト)

金属フィルタは、水スクラバで捕捉されずに通過したエアロゾルを捕捉する。

● 現象

エアロゾルが金属フィルタを通過することで、捕捉される。

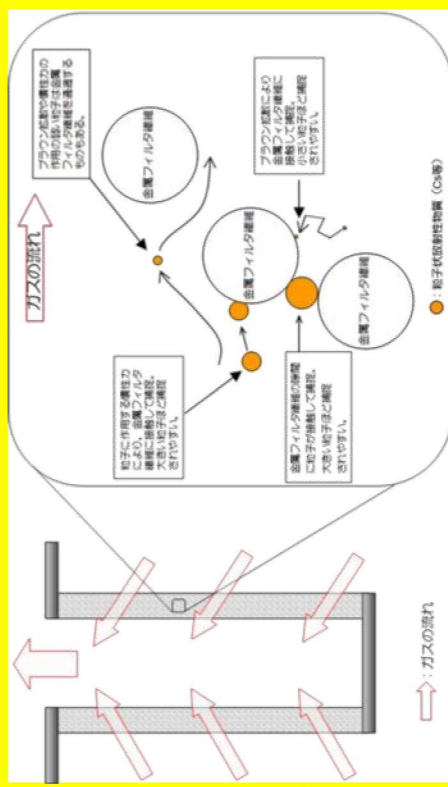
● 主な原理

- エアロゾルに働く慣性力により、ベントガスの流線から外れ、エアロゾルが金属繊維に接触することで捕捉する。
- エアロゾルのブラウン運動により、エアロゾルが金属繊維に接触することで捕捉する。
- エアロゾルが、金属繊維の隙間に付着することで捕捉する。

● 性能への主な影響因子

- ガス流速, エアロゾル粒径
- 設計上の考慮事項

金属フィルタに差圧計を設置し、監視を行う。



③オリフィスの機能(1)【オリフィス(フィルタ装置出口側)】



フィルタ装置出口オリフィスは、よう素フィルタに流入する原子炉格納容器内雰囲気ガスに適切な露点温度差を持たせるため、よう素フィルタ手前でガスを急減圧するために設置する。

● 現象

飽和温度状態のベントガスはオリフィスにおける絞りにより、オリフィス下流で過熱蒸気になり、露点温度差が大きくなる。よう素フィルタは、流入するガスの露点温度差が大きいため、有機よう素除去性能が向上する特性を有している。

● 設計上の考慮事項

オリフィスの穴径は、原子炉格納容器から原子炉建屋頂部に設置した放出口までの配管の摩擦・局所圧損、フィルタ装置の圧損、オリフィスの圧損、よう素フィルタ及びラプチャーディスクの圧損を考慮した場合、原子炉格納容器が620kPaでベントした際に、格納容器圧力逃がし装置の設計流量である31.6kg/sの水蒸気が確実に排気できるよう設定する。

③オリフィスの機能(2)【オリフィス(よう素フィルタ出口側)】



よう素フィルタ出口側オリフィスは、よう素フィルタにおいて原子炉格納容器雰囲気ガスと吸着材の接触時間を適切な値に確保するために設置する。

● 現象

よう素フィルタ出口側へのオリフィス設置により、よう素フィルタを通過するベントガスの流量が低下するため、吸着材とベントガスの接触時間が長くなる。よう素フィルタは、吸着材(銀ゼオライト)とベントガスの接触時間が長くなるほど、有機よう素除去性能が向上する特性を有している。

● 設計上の考慮事項

オリフィスの穴径は、原子炉格納容器から原子炉建屋頂部に設置した放出口までの配管の摩擦・局所圧損、フィルタ装置の圧損、オリフィスの圧損、よう素フィルタ及びラプチャーディスクの圧損を考慮した場合、原子炉格納容器が620kPaでベントした際に、格納容器圧力逃がし装置の設計流量である31.6kg/sの水蒸気が確実に排気できるよう設定する。

③よう素フィルタの機能【よう素の捕捉】

水スクラバ
(スクラバノズル, スクラバ水, 気泡細分化装置)

金属フィルタ
(ウエブ, 焼結シート, ウェブ)

オリフィス
(フィルタ装置出口, よう素フィルタ出口)

よう素フィルタ
(銀ゼオライト)

よう素フィルタでは、ベントガス中のよう素(無機よう素及び有機よう素)を捕捉する。

● 現象

吸着材(銀ゼオライト)中の銀イオン(Ag+)とベントガス中のよう素を反応させて捕捉する。

● 主な原理

化学(還元)反応

● 性能への主な影響因子

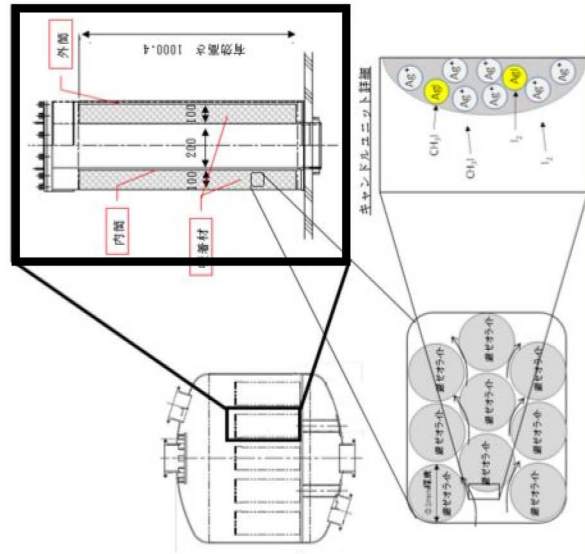
露点温度差, 接触時間

● 設計上の考慮事項

適切な露点温度差となるよう, フィルタ装置出口側配管にオリフィスを設置する。

適切な接触時間となるよう, よう素フィルタ出口側配管にオリフィスを設置する。

想定されるよう素を捕捉できるように吸着材の充填量を設定する。



電源構成の考え方について

1. 電源系統の構成

格納容器圧力逃がし装置の隔離弁及び計装設備の重大事故等時における電源構成は、以下のとおり。

1.1 常設代替交流電源設備

常設代替交流電源設備として、ガスタービン機関及び発電機を搭載した第一ガスタービン発電機を設置する。本設備は、中央制御室の遠隔起動操作スイッチにより起動を可能とする。

1.2 可搬型代替交流電源設備

可搬型代替交流電源設備として、ディーゼル機関及び発電機を搭載した電源車を配備する。本設備は、常設代替交流電源設備から位置的分散を考慮して離れた場所に分散して配備する。接続口は、原子炉建屋の北側及び南側に位置的分散を考慮して設置することで、共通要因により接続することができなくならないようにする。

1.3 常設代替直流電源設備

常設代替直流電源設備として、AM用直流125V蓄電池を設置する。本設備は、重大事故等対処設備専用の蓄電池であり、非常用直流電源設備と異なる区画及び原子炉建屋内に設置することで位置的分散を図る。本系統は常設代替交流電源設備、可搬型代替交流電源設備又は可搬型直流電源設備による電源の給電が開始されるまでの期間も格納容器圧力逃がし装置の計測設備に、24時間にわたり電源を供給できる容量を有している。

1.4 可搬型直流電源設備

可搬型直流電源設備として、電源車及びAM用直流125V充電器を配備し電源を給電する。

2. 電源種別ごとの電源給電範囲

2.1 常設代替交流電源設備による電源給電範囲

常設代替交流電源設備により，一次隔離弁（サブプレッションチェンバ側）用電磁弁，一次隔離弁（ドライウエル側）用電磁弁，二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁，非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁，ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（サブプレッションチェンバ側），ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（ドライウエル側），フィルタ装置入口弁用電磁弁，ドレン移送ポンプ（A），ドレン移送ポンプ（B），フィルタ装置周り計装設備，フィルタ装置水素濃度，フィルタ装置出口放射線モニタ及びフィルタ装置スクラバ水pHに給電が可能である。

電源給電範囲を図1に，負荷一覧を表1に示す。

表1 常設代替交流電源設備による負荷一覧

	負荷	負荷容量 (kW)	備考
1	一次隔離弁（サプレッションチェンバ側） 用電磁弁	0.073	
2	一次隔離弁（ドライウエル側）用電磁弁	0.073	
3	フィルタ装置入口弁用電磁弁	0.056	
4	フィルタ装置出口放射線モニタ	0.096	
5	フィルタ装置周り計装設備	0.074	
6	二次隔離弁	1.30	
7	二次隔離弁バイパス弁	1.30	
8	非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁	0.28	
9	ベント弁操作用空気供給電動駆動弁 （サプレッションチェンバ側）	0.12	
10	ベント弁操作用空気供給電動駆動弁 （ドライウエル側）	0.12	
11	フィルタ装置水素濃度	16.60	
12	フィルタ装置スクラバ水pH	5.20	
13	ドレン移送ポンプ（A）	7.50	
14	ドレン移送ポンプ（B）	7.50	
	合 計	約41*	

注記*：常設代替交流電源設備の設備容量は3600kW（4500kVA）とし、負荷容量
41kWに対して必要十分な容量とする。

2.2 可搬型代替交流電源設備による電源給電範囲

可搬型代替交流電源設備により，一次隔離弁（サプレッションチェンバ側）用電磁弁，一次隔離弁（ドライウエル側）用電磁弁，二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁，非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁，ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（サプレッションチェンバ側），ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（ドライウエル側），フィルタ装置入口弁用電磁弁，ドレン移送ポンプ（A），ドレン移送ポンプ（B），フィルタ装置周り計装設備，フィルタ装置水素濃度，フィルタ装置出口放射線モニタ及びフィルタ装置スクラバ水pHに給電が可能である。

電源給電範囲を図2に，負荷一覧を表2に示す。

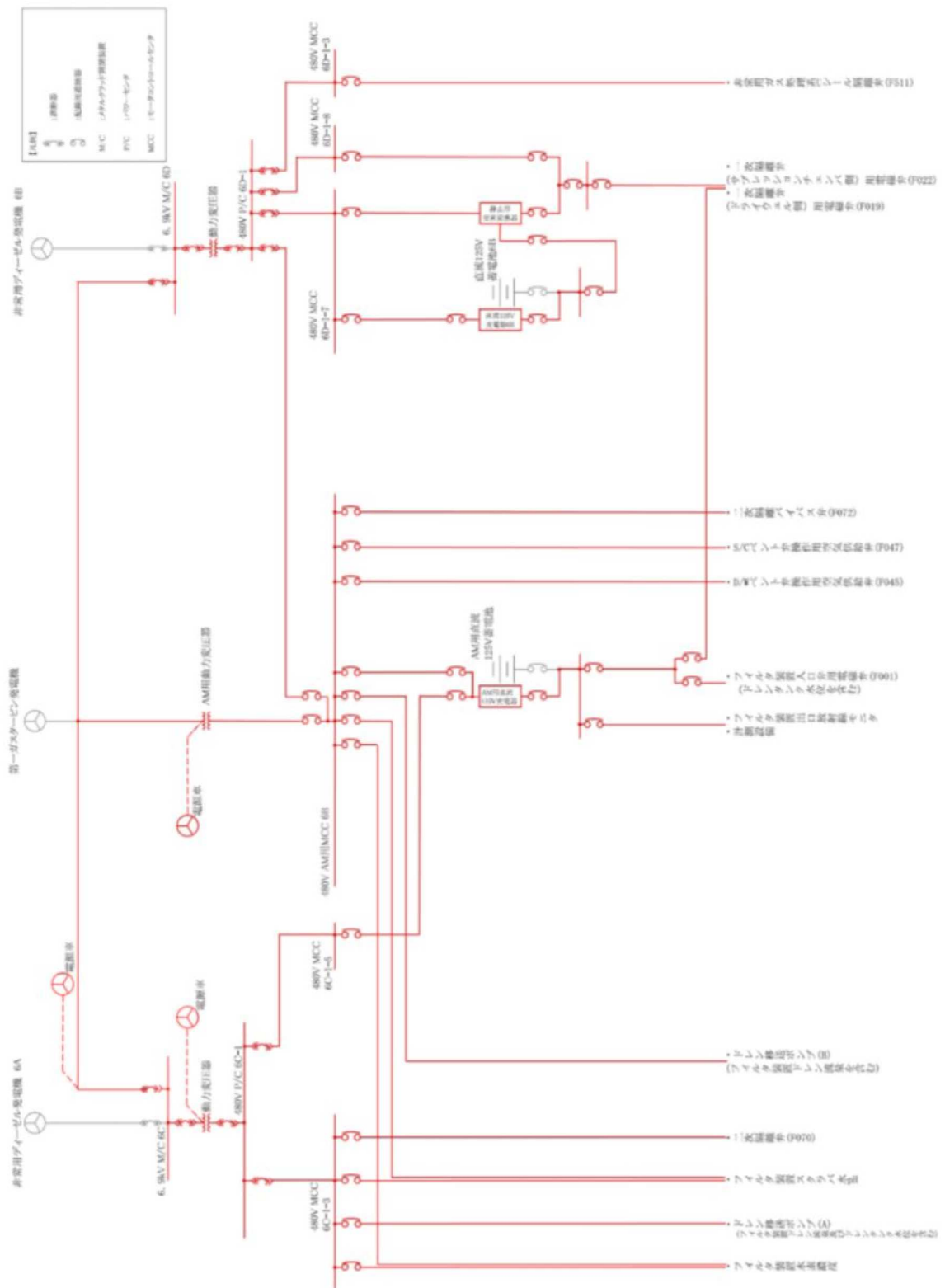


図2 可搬型代替交流電源設備による電源給電範囲

表2 可搬型代替交流電源設備による負荷一覧

	負荷	負荷容量 (kW)	備考
1	一次隔離弁（サプレッションチェンバ側） 用電磁弁	0.073	
2	一次隔離弁（ドライウエル側）用電磁弁	0.073	
3	フィルタ装置入口弁用電磁弁	0.056	
4	フィルタ装置出口放射線モニタ	0.096	
5	フィルタ装置周り計装設備	0.074	
6	二次隔離弁	1.30	
7	二次隔離弁バイパス弁	1.30	
8	非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁	0.28	
9	ベント弁操作用空気供給電動駆動弁 （サプレッションチェンバ側）	0.12	
10	ベント弁操作用空気供給電動駆動弁 （ドライウエル側）	0.12	
11	フィルタ装置水素濃度	16.60	
12	フィルタ装置スクラバ水pH	5.20	
13	ドレン移送ポンプ（A）	7.50	
14	ドレン移送ポンプ（B）	7.50	
	合計	約41*	

注記*：可搬型代替交流電源設備の設備容量は、電源車2台分の800kW(1000kVA)とし、負荷容量41kWに対して必要十分な容量とする。

2.3 常設代替直流電源設備による電源給電範囲

常設代替直流電源設備により，一次隔離弁（サプレッションチェンバ側）用電磁弁，一次隔離弁（ドライウエル側）用電磁弁，フィルタ装置入口弁用電磁弁，フィルタ装置周り計装設備，フィルタ装置出口放射線モニタに給電が可能である。

二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁，非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁，ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（サプレッションチェンバ側），ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（ドライウエル側），ドレン移送ポンプ（A），ドレン移送ポンプ

（B），フィルタ装置水素濃度及びフィルタ装置スクラバ水pHについては交流機器であり，常設代替直流電源設備から給電はできない。

なお，ドレン移送ポンプ（A），ドレン移送ポンプ（B），フィルタ装置水素濃度及びフィルタ装置スクラバ水pHについては，使用時期は事象発生後24時間以降となるため，時間的余裕があることから，常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電が十分可能である。

また，二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁及び非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁については，遠隔人力操作機構がついており，手動での開閉操作が可能である。ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（サプレッションチェンバ側）及びベント弁操作用空気供給電動駆動弁（ドライウエル側）については，現場での手動開閉操作が可能である。

電源給電範囲を図3に，負荷一覧を表3に示す。

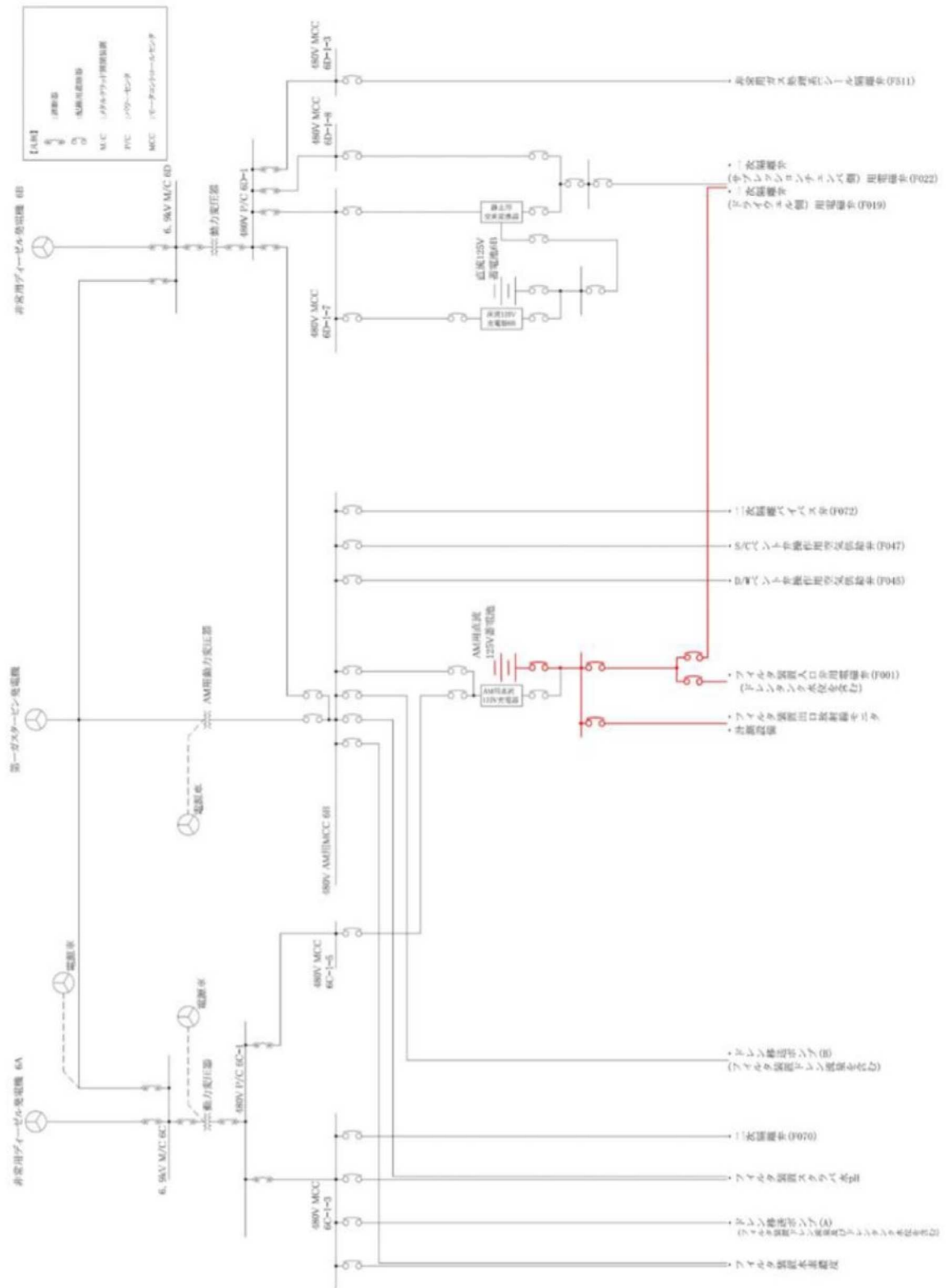


図3 常設代替直流電源設備による電源給電範囲

表3 常設代替直流電源設備による負荷一覧

	負荷	負荷容量 (A)	備考
1	一次隔離弁（サプレッションチェンバ側） 用電磁弁	0.722	ランプ回路分を含む
2	一次隔離弁（ドライウエル側）用電磁弁	0.722	ランプ回路分を含む
3	フィルタ装置入口弁用電磁弁	0.552	ランプ回路分を含む
4	フィルタ装置出口放射線モニタ	0.96	
5	フィルタ装置周り計装設備	0.72	
6	二次隔離弁	—	
7	二次隔離弁バイパス弁	—	
8	非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁	—	
9	ベント弁操作用空気供給電動駆動弁 （サプレッションチェンバ側）	—	
10	ベント弁操作用空気供給電動駆動弁 （ドライウエル側）	—	
11	フィルタ装置水素濃度	—	
12	フィルタ装置スクラバ水pH	—	
13	ドレン移送ポンプ（A）	—	
14	ドレン移送ポンプ（B）	—	
	合 計	約4	120.0 Ah*

注記*：24時間使用した場合の容量。

代替直流電源設備の設備容量は3000 Ahとし、負荷容量120.0 Ahに対して必要十分な容量とする。

2.4 可搬型直流電源設備による電源給電範囲

可搬型直流電源設備により，一次隔離弁（サブプレッションチェンバ側）用電磁弁，一次隔離弁（ドライウエル側）用電磁弁，フィルタ装置入口弁用電磁弁，フィルタ装置周り計装設備，フィルタ装置出口放射線モニタに給電が可能である。

二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁，非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁，ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（サブプレッションチェンバ側），ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（ドライウエル側），ドレン移送ポンプ（A），ドレン移送ポンプ

（B），フィルタ装置水素濃度及びフィルタ装置スクラバ水pHについては交流機器であり，可搬型直流電源設備から給電はできない。

なお，ドレン移送ポンプ（A），ドレン移送ポンプ（B），フィルタ装置水素濃度及びフィルタ装置スクラバ水pHについては，使用時期は事象発生後24時間以降となるため，時間的余裕があることから，常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電が十分可能である。

また，二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁及び非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁については，遠隔人力操作機構がついており，手動での開閉操作が可能である。ベント弁操作用空気供給電動駆動弁（サブプレッションチェンバ側）及びベント弁操作用空気供給電動駆動弁（ドライウエル側）については，現場での手動開閉操作が可能である。

電源給電範囲を図4に，負荷一覧を表4に示す。

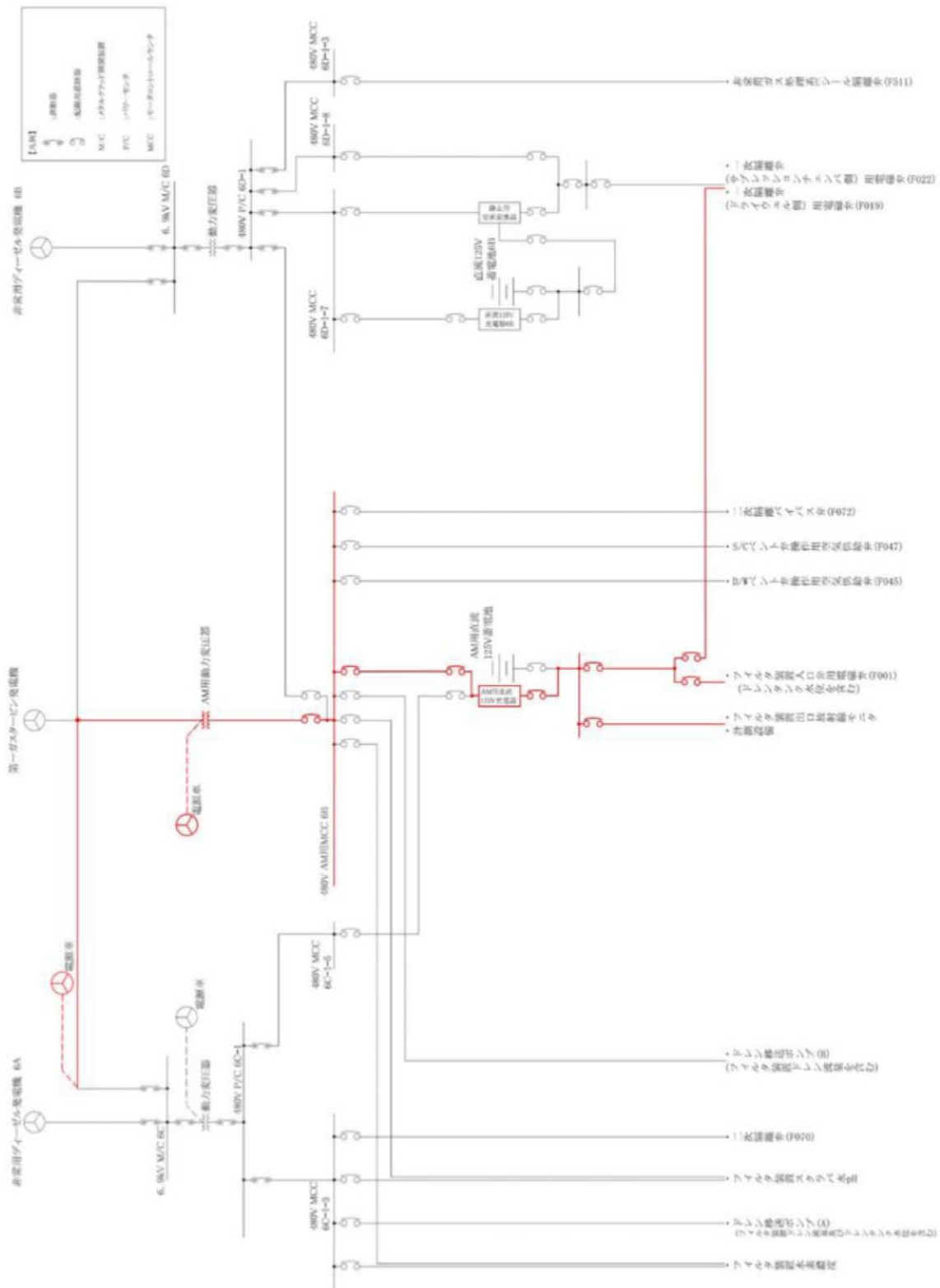


図4 可搬型直流電源設備による電源給電範囲

表4 可搬型直流電源設備による負荷一覧

	負荷	負荷容量 (A)	備考
1	一次隔離弁（サプレッションチェンバ側） 用電磁弁	0.722	ランプ回路分を含む
2	一次隔離弁（ドライウエル側）用電磁弁	0.722	ランプ回路分を含む
3	フィルタ装置入口弁用電磁弁	0.552	ランプ回路分を含む
4	フィルタ装置出口放射線モニタ	0.96	
5	フィルタ装置周り計装設備	0.72	
6	二次隔離弁	—	
7	二次隔離弁バイパス弁	—	
8	非常用ガス処理系出口Uシール隔離弁	—	
9	ベント弁操作用空気供給電動駆動弁 （サプレッションチェンバ側）	—	
10	ベント弁操作用空気供給電動駆動弁 （ドライウエル側）	—	
11	フィルタ装置水素濃度	—	
12	フィルタ装置スクラバ水pH	—	
13	ドレン移送ポンプ（A）	—	
14	ドレン移送ポンプ（B）	—	
	合計	約4*	

注記*：可搬型直流電源設備の設備容量は、AM用直流125V充電器が300Aであり、
負荷容量4Aに対して必要十分な容量とする。

スクラバ水が管理範囲を超えた場合の措置について

1. 水位が管理範囲を超えた場合の措置

フィルタ装置は、要求される放射性物質除去性能が発揮できることを確認するため、スクラバ水の水位が管理範囲にあることを監視する。水位が管理範囲を超えた場合の措置について以下に示す。

(1) 通常待機時

通常待機時においては、フィルタ装置水位にて、スクラバ水の水位がスクラバノズル先端から約1000mmにあることを確認する。

フィルタ装置内は窒素ガスで置換されており、二次隔離弁及びラプチャーディスク（フィルタ装置出口側）にて隔離された状態となっていることから、通常待機時に水位が変動することはない。

(2) ベント実施時

ベント実施時においては、フィルタ装置水位にて、スクラバ水の水位がベント時の下限水位から上限水位（500mm～2200mm）にあることを確認する。

別紙4「スクラバ水の水位の設定根拠及び健全性について」に示すとおり、フィルタ装置に捕集した放射性物質の崩壊熱により、スクラバ水が蒸発し下限水位を下回る可能性がある場合は、補給を行う。

ベントガス蒸気の凝縮により、スクラバ水が上限水位を上回る可能性がある場合は、排水を行う。

ラブチャーディスクの信頼性について

1. 設計時の考慮

ラブチャーディスクの開放設定圧力は、ベントを実施する際の妨げにならないよう、ベント開始時の格納容器からの排気圧力（310kPa又は620kPa）と比較して十分低い圧力で動作するように、開放設定圧力は100kPa（ラブチャーディスク前後差圧）を適用している。

ベント開始時におけるラブチャーディスクが開放したことの確認は、原子炉格納容器内のガスが大気へ放出されることによる格納容器圧力の指示値の下降、ベント開始時にはベントガスがフィルタ装置へ流入することによりフィルタ装置入口圧力が上昇し、ラブチャーディスク（フィルタ装置出口側）及びラブチャーディスク（よう素フィルタ出口側）が開放するとベントガスが大気へ放出されるためフィルタ装置入口圧力が下降することから、フィルタ装置入口圧力の変化によっても確認することができる。

さらに、炉心の損傷が発生している場合においては、ベントガスに含まれる放射性物質により、フィルタ装置出口放射線モニタの指示値が上昇することによっても、確認することができる。

なお、ラブチャーディスク（よう素フィルタ出口側）は、大気との境界に設置されることから、格納容器圧力逃がし装置の出口配管の頂部放出口から降水が侵入し、凍結することで機能に影響を与えることがないように系統開口部から降水が浸入し難い構造とする。また、降水が侵入した場合にも、雨水排水ラインの止め弁を常時開運用とすることにより凍結し難い構造とする。

放出口の構造を図1に示す。

2. 製作時の考慮

ラブチャーディスクは以下の項目を確認することで、信頼性を確保している。



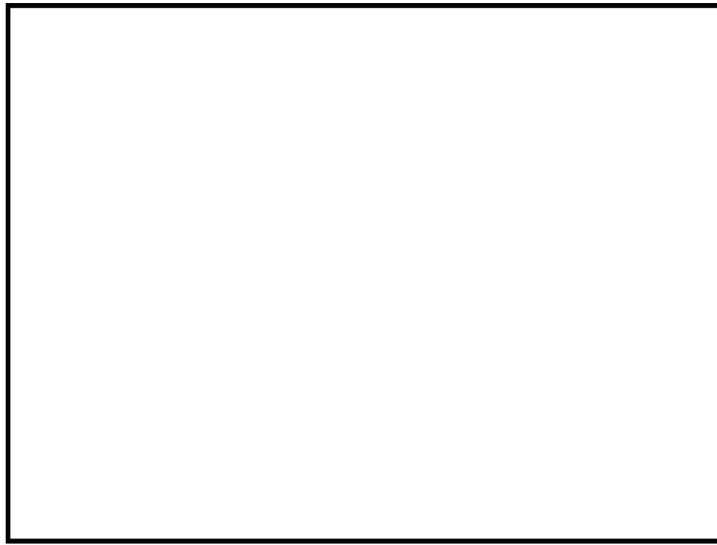


図1 放出口の構造

格納容器圧力逃がし装置の計測設備の網羅性について

1. 網羅性について

格納容器圧力逃がし装置の計測設備については、以下の考えに基づき網羅性を有する設計としている。

- (1) 通常待機時，ベント実施時及びベント停止後の各状態で，系統の要求上確認すべき項目の全てが監視可能であること。
- (2) 上記の各状態において，管理すべき値を網羅した計測範囲であること。

2. 確認すべき項目について

通常待機時，ベント実施時及びベント停止後の各状態で確認すべき項目を下記(1)～(5)に抽出し，各確認すべき項目に対する計測設備が設置されていることを表1に示す。

(1) 通常待機時

通常待機時の状態が，以下のとおり把握可能である。

a. フィルタ装置の除去性能に影響するパラメータの確認

フィルタ装置水位にて，水位が約500mm～約2200mmの間であることを確認することで把握できる。

b. フィルタ装置配管内の不活性状態の確認

フィルタ装置入口圧力及びフィルタ装置出口圧力にて，封入した窒素圧力(0.01MPa以上)を継続監視することによって配管内の不活性状態を把握できる。
また，フィルタ装置出口配管圧力にて，点検後の窒素置換操作を実施した際に，現場で圧力を監視することで，配管内が不活性状態になったことを把握できる。

(2) ベント実施時

ベント実施時の状態が，以下のとおり把握可能である。

a. 原子炉格納容器雰囲気ガスがフィルタ装置へ導かれていることの確認

フィルタ装置入口圧力にて，ベント実施により待機圧力から上昇した圧力が，原子炉格納容器の圧力の低下に追従して低下傾向を示すことを確認することで把握できる。

また，フィルタ装置出口放射線モニタにて，フィルタ装置出口の線量当量率が初期値から上昇することを測定することによりフィルタ装置が閉塞していないことを把握できる。

b. フィルタ装置の除去性能に影響するパラメータの確認

フィルタ装置水位にて，水位が約500mm～約2200mmの間であることを確認することで把握できる。

- c. 放出されるガスの放射線量の確認
フィルタ装置出口放射線モニタにて、フィルタ装置出口配管に内包される放射性物質からの線量当量率を測定し、排出経路の放射性物質濃度を推定することが可能である。
- (3) ベント停止後
- ベント停止後の状態が、以下のとおり把握可能である。
- a. フィルタ装置内スクラバ水の確認
フィルタ装置水位にて、フィルタ装置内で捕捉した放射性物質の放熱により、フィルタ装置内の水が蒸発することによる水位低下を把握できる。
 - b. フィルタ装置配管内の不活性状態の確認
フィルタ装置入口圧力及びフィルタ装置水素濃度にて、配管内が封入した窒素ガスで正圧に維持されていること、また、配管内に水素ガスが残留していないことにより不活性状態が維持されていることを把握できる。
 - c. 放出されるガスの放射線量の確認
フィルタ装置出口放射線モニタにて、フィルタ装置出口配管に内包される放射性物質からの線量当量率を測定し、排出経路の放射性物質濃度を推定することが可能である。
- (4) フィルタ装置の水位調整時
- 通常待機時、ベント実施時及びベント停止後に、フィルタ装置の水位調整時の確認として、以下のとおり把握可能である。
- a. フィルタ装置の水位調整の確認
フィルタ装置水位にて、フィルタ装置の排水又は水張りを実施する際に、フィルタ装置の水位が把握できる。また、フィルタ装置ドレン流量にて、排水操作を実施した際のドレン量の把握ができる。
 - b. フィルタ装置スクラバ水の水質管理
フィルタ装置水位にて、フィルタ装置の排水又は水張りを実施する際に、フィルタ装置の水位が把握できるとともに、必要な追加薬液量の把握ができる。また、フィルタ装置ドレン流量にて、排水操作を実施した際のドレン量から、必要な追加薬液量の把握ができる。
また、フィルタ装置へ薬液を補給する際に、スクラバ水のpHを把握できる。
- (5) 想定される機能障害の把握
- ベント実施時に、想定される機能障害の確認として、以下のとおり把握可能である。

- a. フィルタ装置の閉塞
 - (a) フィルタ装置入口圧力にて、ベント実施により待機圧力から上昇した圧力が、原子炉格納容器の圧力の低下に追従して低下傾向を示さないことを確認することで、フィルタ装置が閉塞していることを把握できる。
 - (b) フィルタ装置出口放射線モニタにて、フィルタ装置出口の線量当量率が初期値から上昇しないことを確認することにより把握できる。
 - b. 金属フィルタの閉塞
 - (a) フィルタ装置金属フィルタ差圧にて、金属フィルタの閉塞状態を把握できる。

なお、フィルタ装置入口圧力が上昇傾向を示すことを確認することで、金属フィルタの閉塞を把握できる。
 - c. よう素フィルタ出口配管の閉塞
 - (a) ドレンタンク水位にて、ドレン水によるよう素フィルタ出口配管の閉塞状態を把握できる。
 - (b) フィルタ装置入口圧力及びフィルタ装置出口圧力にて、ドレン水によるよう素フィルタ出口配管の閉塞が進行し、フィルタ装置入口圧力及びフィルタ装置出口圧力が上昇傾向を示すことを確認することで、よう素フィルタ出口配管のドレンによる閉塞状態を把握できる。
 - d. フィルタ装置入口配管の破断
 - (a) フィルタ装置入口圧力にて、ベント実施により待機圧力から上昇した圧力が、原子炉格納容器の圧力の低下に追従して低下傾向を示すが、フィルタ装置出口放射線モニタにて、フィルタ装置出口の線量当量率が初期値から上昇しないことを確認することにより把握できる。
 - e. フィルタ装置スクラバ水の漏えい
 - (a) フィルタ装置水位にて、フィルタ装置からのスクラバ水漏えいによる水位低下を確認することで把握できる。
3. 計測範囲について
- 通常待機時、ベント実施時及びベント停止後の各状態で確認すべき項目について、管理すべき値を網羅した計測範囲であることを表1及び表2に示す。

表 1 格納容器圧力逃がし装置 計測設備の網羅性について

フィルタ装置の状態	確認すべき項目	計測設備	多重性又は多様性
(1) 通常待機時	a. フィルタ装置の除去性能に影響するパラメータの確認	① フィルタ装置水位	①は多重性有り
	b. フィルタ装置配管内の不活性状態の確認	① フィルタ装置入口圧力 ② フィルタ装置出口圧力 ③ フィルタ装置出口配管圧力	①②③で多様性有り ①は多重性有り
(2) ベント実施時	a. 原子炉格納容器雰囲気ガスがフィルタ装置へ導かれて いることの確認	① フィルタ装置入口圧力 ② フィルタ装置出口放射線モニタ	①②で多様性あり ①②はそれぞれ多重性有り
	b. フィルタ装置の除去性能に影響するパラメータの確認	① フィルタ装置水位	①は多重性有り
	c. 放出されるガスの放射線量の確認	① フィルタ装置出口放射線モニタ	①は多重性有り
(3) ベント停止後	a. フィルタ装置内スクラバ水の確認	① フィルタ装置水位	①は多重性有り
	b. フィルタ装置配管内の不活性状態の確認	① フィルタ装置入口圧力 ② フィルタ装置水素濃度	①②で多様性有り ①は多重性有り ②は入口と出口配管でそれぞれ補充
(4) フィルタ装置の水位調整時	c. 放出されるガスの放射線量の確認	① フィルタ装置出口放射線モニタ	①は多重性有り
	a. フィルタ装置の水位調整の確認	① フィルタ装置水位 ② フィルタ装置ドレン流量	①②で多様性有り ①②はそれぞれ多重性有り
	b. フィルタ装置スクラバ水の水質管理	① フィルタ装置水位 ② フィルタ装置ドレン流量 ③ フィルタ装置スクラバ水 pH	①②③で多様性有り ①②はそれぞれ多重性有り
(5) 想定される機能障害の把握	a. フィルタ装置の閉塞	① フィルタ装置入口圧力 ② フィルタ装置出口放射線モニタ	①②で多様性有り ①②はそれぞれ多重性有り
	b. 金属フィルタの閉塞	① フィルタ装置金属フィルタ差圧 ② フィルタ装置入口圧力	①②で多様性有り ①②はそれぞれ多重性有り
	c. よう素フィルタ出口配管の閉塞	① ドレンタンク水位 ② フィルタ装置入口圧力 ③ フィルタ装置出口圧力	①②③で多様性有り ②は多重性有り
	d. フィルタ装置入口配管の破断	① フィルタ装置入口圧力 ② フィルタ装置出口放射線モニタ	①②で多様性有り ①②はそれぞれ多重性有り
	e. フィルタ装置スクラバ水の漏えい	① フィルタ装置水位	①は多重性有り

表2 格納容器圧力逃がし装置計測設備の計測範囲の網羅性について

監視パラメータ	計測範囲	計測範囲の根拠
① フィルタ装置水位	0～6000mm	スクラバノズル上端を計測範囲のゼロ点とし、フィルタ装置機能維持のための上限水位：約2200mm、下限水位：約500mmを監視可能。
② フィルタ装置入口圧力	0～1.0MPa	ベント実施時に、格納容器圧力逃がし装置内の最高圧力（0.62MPa）が監視可能。また、通常待機時に、窒素置換（0.01MPa以上）が維持されていることを監視可能。
③ フィルタ装置出口圧力	0～0.5MPa	点検後の窒素置換操作を実施した際に、フィルタ装置出口の圧力開放板の設定圧力（0.1MPa）を超えないことを監視可能。
④ フィルタ装置出口配管圧力	-0.1～0.2MPa	
⑤ フィルタ装置出口放射線モニタ	$10^{-2} \sim 10^5 \text{mSv/h}$	ベント実施時（炉心損傷している場合）に、想定されるフィルタ装置出口の最大線量当量率（約 $7 \times 10^4 \text{mSv/h}$ ）を監視可能。
⑥ フィルタ装置水素濃度	0～100vol%	ベント停止後の窒素ガスによるパージを実施し、フィルタ装置入口及び出口配管内に残留する水素濃度が可燃限界（4vol%）未満であることを監視可能。格納容器内水素濃度の最大値（38vol%（ドライ条件））を監視可能。
⑦ フィルタ装置ドレン流量	0～30m ³ /h	ドレンポンプの定格流量（10m ³ /h）を監視可能。
⑧ フィルタ装置スクラバ水pH	pH0～14	フィルタ装置内スクラバ水のpH（pH0～14）が監視可能。
⑨ フィルタ装置金属フィルタ差圧	0～50kPa	
⑩ ドレントンク水位	タンク底部から 510mm タンク底部から 1586mm タンク底部から 3061mm タンク底部から 4036mm	ドレントンク内の水位を把握し、ドレン排水操作の開始やドレン排水操作の停止判断が可能なことを監視可能。

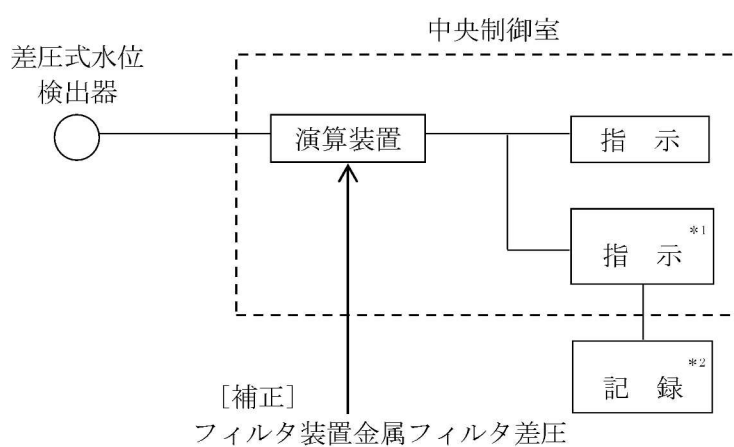
格納容器圧力逃がし装置の計測設備の概略構成図

1. 計測設備

格納容器圧力逃がし装置の計測設備について記載する。

(1) フィルタ装置水位

フィルタ装置水位は、重大事故等対処設備の機能を有しており、フィルタ装置水位の検出信号は、差圧式水位検出器からの電流信号を、中央制御室の演算装置を経由し、指示部にて水位信号へ変換する処理を行った後、フィルタ装置水位を中央制御室に指示し、緊急時対策支援システム伝送装置にて記録及び保存する(図1 「フィルタ装置水位の概略構成図」参照)。

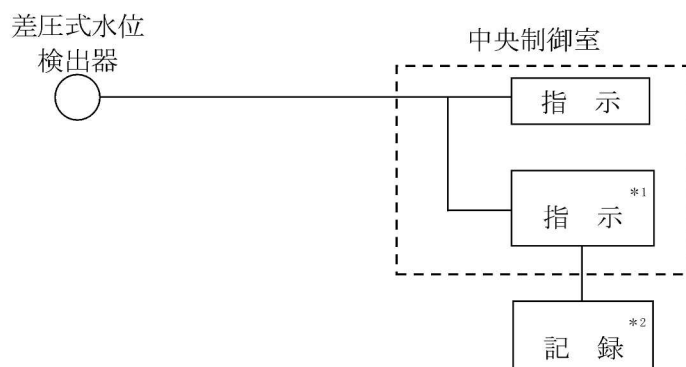


注記*1 : 記録計

*2 : 緊急時対策支援システム伝送装置

図1 フィルタ装置水位の概略構成図

フィルタ装置水位は、重大事故等対処設備の機能を有しており、フィルタ装置水位の検出信号は、差圧式水位検出器からの電流信号を、中央制御室の指示部にて水位信号へ変換する処理を行った後、フィルタ装置水位を中央制御室に指示し、緊急時対策支援システム伝送装置にて記録及び保存する（図2 「フィルタ装置水位の概略構成図」参照。）。



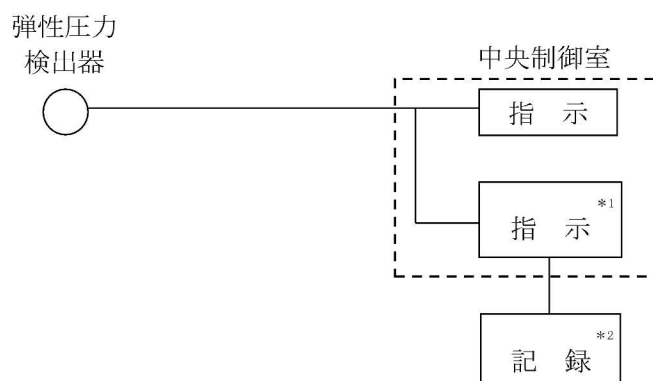
注記*1 : 記録計

*2 : 緊急時対策支援システム伝送装置

図2 フィルタ装置水位の概略構成図

(2) フィルタ装置入口圧力

フィルタ装置入口圧力は、重大事故等対処設備の機能を有しており、フィルタ装置入口圧力の検出信号は、弾性圧力検出器からの電流信号を、中央制御室の指示部にて圧力信号へ変換する処理を行った後、フィルタ装置入口圧力を中央制御室に指示し、緊急時対策支援システム伝送装置にて記録及び保存する（図3 「フィルタ装置入口圧力の概略構成図」参照。）。



注記*1 : 記録計

*2 : 緊急時対策支援システム伝送装置

図3 フィルタ装置入口圧力の概略構成図

(3) フィルタ装置出口圧力

フィルタ装置出口圧力の検出信号は、弾性圧力検出器からの電流信号を、中央制御室の指示部にて圧力信号へ変換する処理を行った後、フィルタ装置出口圧力を中央制御室に指示し、記録する（図4 「フィルタ装置出口圧力の概略構成図」参照。）。

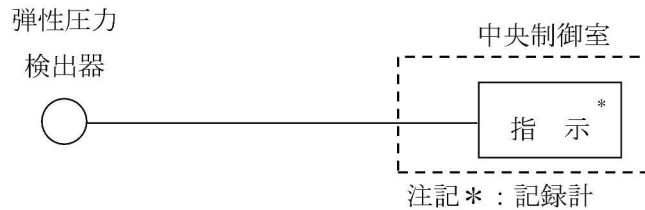


図4 フィルタ装置出口圧力の概略構成図

(4) フィルタ装置出口配管圧力

フィルタ装置出口配管圧力は、機械式圧力検出器にて圧力を検出し、フィルタ装置出口配管圧力を現場（原子炉建屋屋上）に指示する（図5 「フィルタ装置出口配管圧力の概略構成図」参照。）。

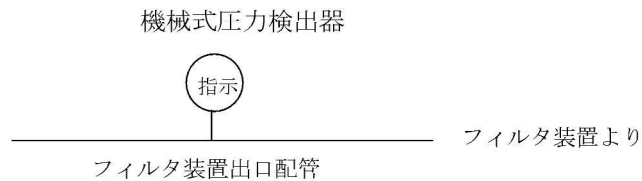


図5 フィルタ装置出口配管圧力の概略構成図

(5) フィルタ装置出口放射線モニタ

フィルタ装置出口放射線モニタは、重大事故等対処設備の機能を有しており、フィルタ装置出口放射線モニタの検出信号は、電離箱からの電気信号を前置増幅器で増幅し、中央制御室の指示部にて線量当量率信号に変換する処理を行った後、線量当量率を中央制御室に指示し、緊急時対策支援システム伝送装置にて記録及び保存する（図6 「フィルタ装置出口放射線モニタの概略構成図」参照。）。

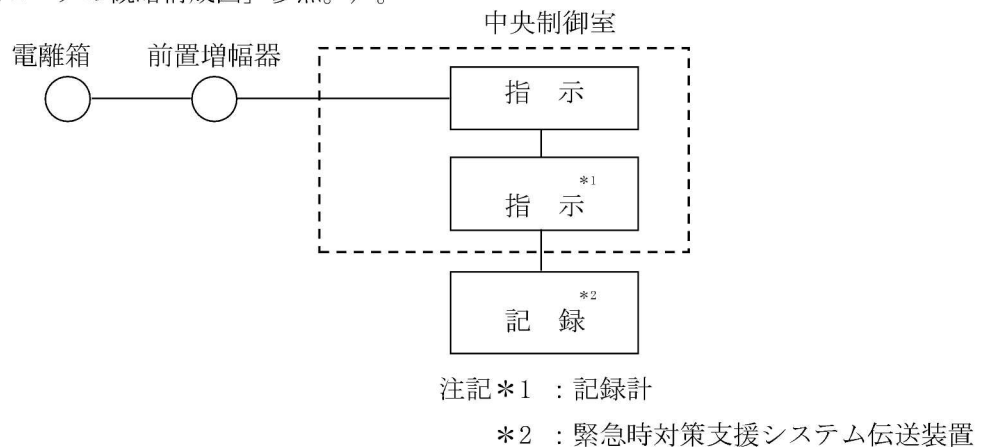


図6 フィルタ装置出口放射線モニタの概略構成図

(6) フィルタ装置水素濃度

フィルタ装置水素濃度は、重大事故等対処設備の機能を有しており、フィルタ装置水素濃度の検出信号は、熱伝導式水素検出器からの電流信号を前置増幅器で増幅し、中央制御室の指示部にて水素濃度信号へ変換する処理を行った後、フィルタ装置水素濃度を中央制御室に指示し、緊急時対策支援システム伝送装置にて記録及び保存する（図7 「フィルタ装置水素濃度 システム概要図」及び図8 「フィルタ装置水素濃度の概略構成図」参照。）。

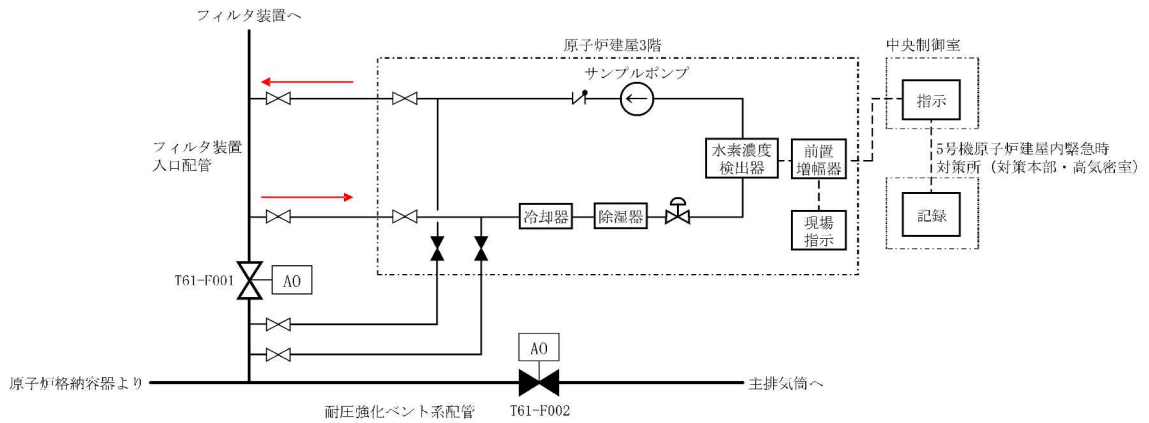
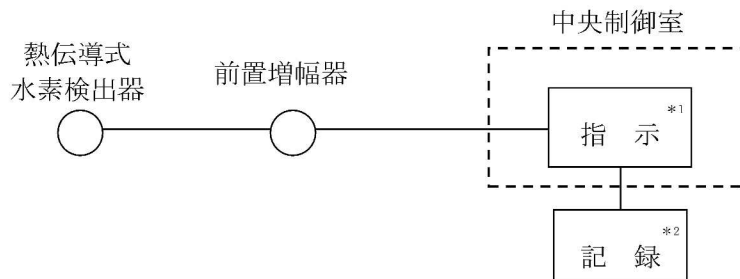


図7 フィルタ装置水素濃度 システム概要図（出口配管側も同様の構成）



注記*1：記録計

*2：緊急時対策支援システム伝送装置

図8 フィルタ装置水素濃度の概略構成図

(7) フィルタ装置ドレン流量

フィルタ装置ドレン流量の検出信号は、電磁流量検出器からの電気信号を、フィルタベント現場制御盤の指示部にて流量信号へ変換する処理を行った後、フィルタ装置ドレン流量をフィルタベント現場制御盤（フィルタベント遮蔽壁）に指示する（図9 「フィルタ装置ドレン流量の概略構成図」参照。）。

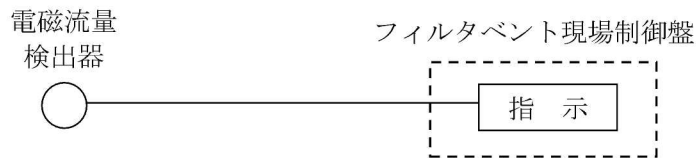


図9 フィルタ装置ドレン流量の概略構成図

(8) フィルタ装置スクラバ水pH

フィルタ装置スクラバ水pHは、重大事故等対処設備の機能を有しており、フィルタ装置スクラバ水pHの検出信号は、pH検出器からの電流信号を、中央制御室の指示部にてpH信号に変換する処理を行った後、フィルタ装置スクラバ水pHを中央制御室に指示し、緊急時対策支援システム伝送装置にて記録及び保存する（図10 「フィルタ装置スクラバ水pH システム概要図」及び図11 「フィルタ装置スクラバ水pHの概略構成図」参照。）。

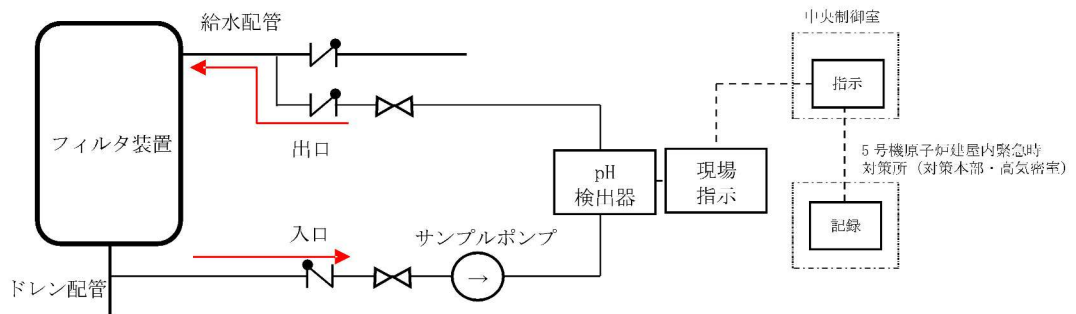
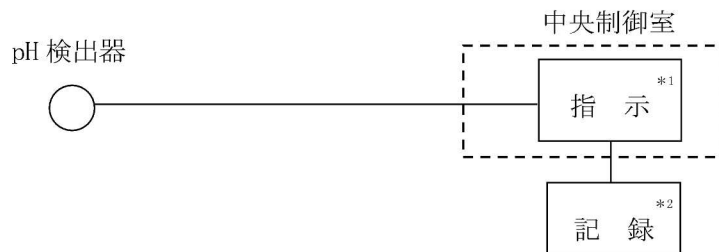


図10 フィルタ装置スクラバ水pH システム概要図



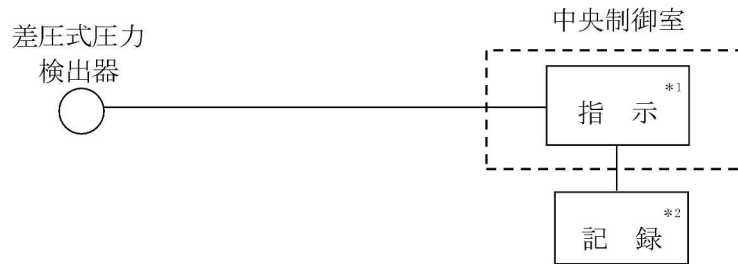
注記*1：記録計

*2：緊急時対策支援システム伝送装置

図11 フィルタ装置スクラバ水pHの概略構成図

(9) フィルタ装置金属フィルタ差圧

フィルタ装置金属フィルタ差圧は、重大事故等対処設備の機能を有しており、フィルタ装置金属フィルタ差圧の検出信号は、差圧式圧力検出器からの電流信号を、中央制御室の指示部にて差圧信号へ変換する処理を行った後、フィルタ装置金属フィルタ差圧を中央制御室に指示し、緊急時対策支援システム伝送装置にて記録及び保存する（図12 「フィルタ装置金属フィルタ差圧の概略構成図」参照。）。



注記*1 : 記録計

*2 : 緊急時対策支援システム伝送装置

図12 フィルタ装置金属フィルタ差圧の概略構成図

(10) ドレンタンク水位

ドレンタンク水位の検出信号は、フロート式水位検出器からの水位状態 (ON-OFF信号) を、中央制御室に指示し、記録する（図13 「ドレンタンク水位の概略構成図」参照。）。



注記* : 記録計

図13 ドレンタンク水位の概略構成図

(参考) 格納容器圧力逃がし装置 計測設備の機器配置図
 図14～図16に計測設備の配置を示す。

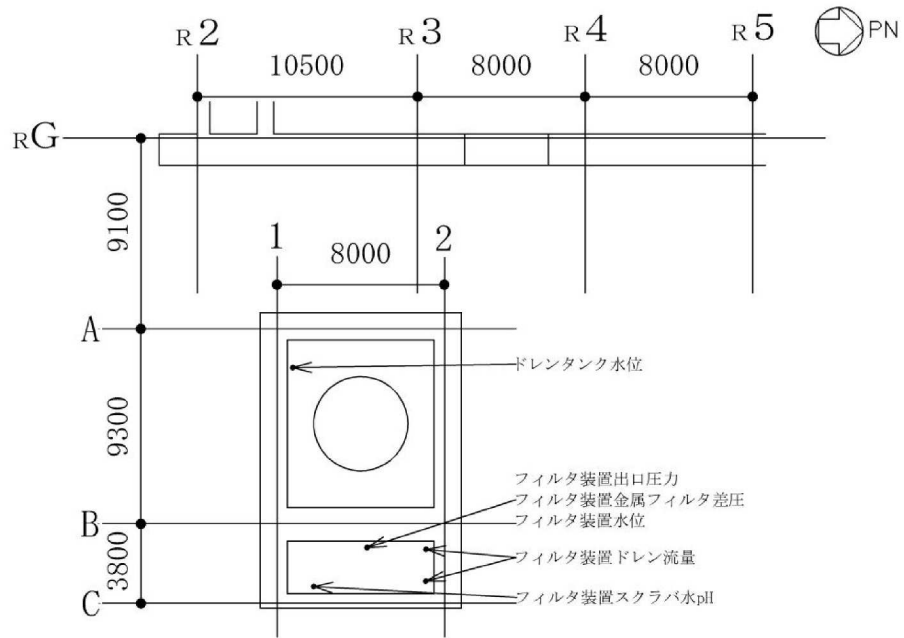


図14 機器配置図 (フィルタベント遮蔽壁)

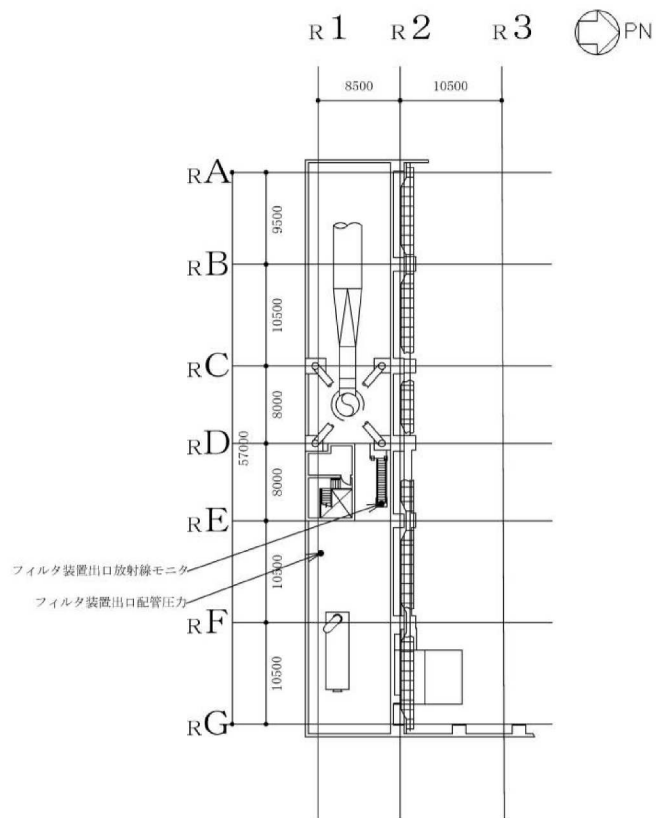


図15 機器配置図 (原子炉建屋屋上)

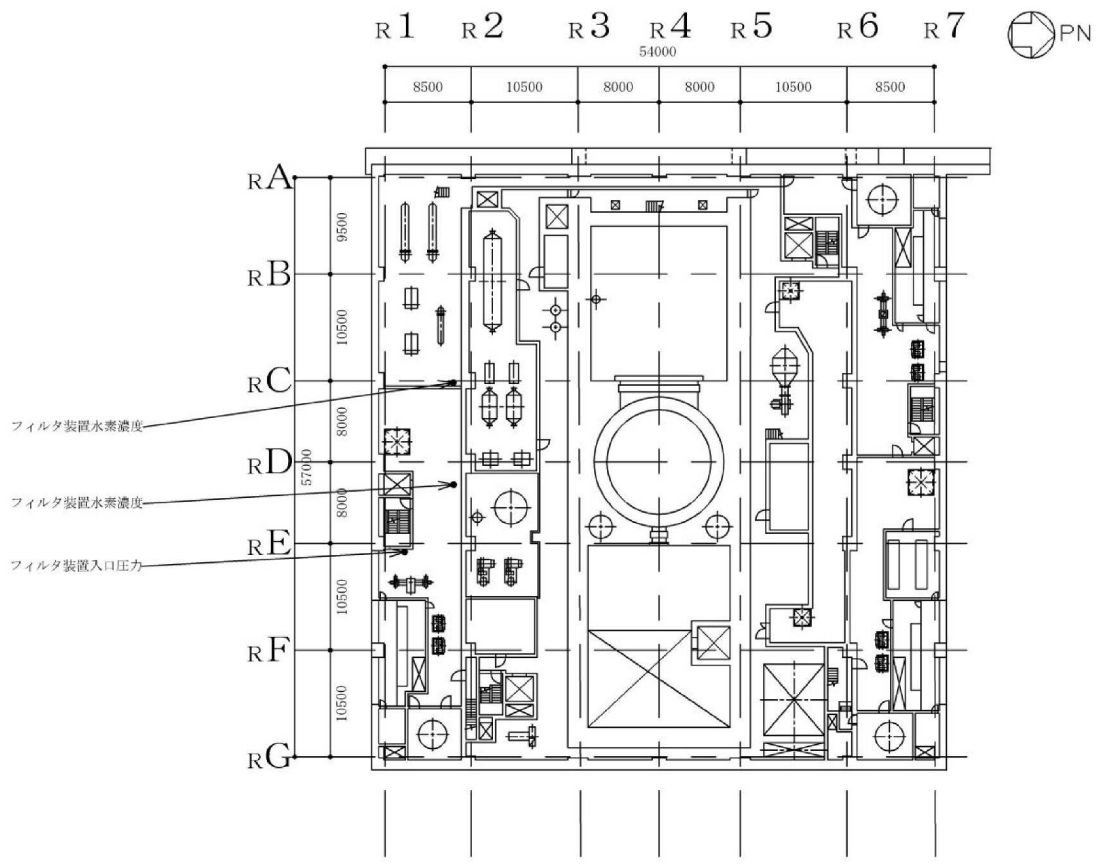


図16 機器配置図 (原子炉建屋地上3階)

フィルタ装置水素濃度の計測時間遅れについて

1. フィルタ装置水素濃度の概要

図1にフィルタ装置水素濃度測定システムの概要を示す。フィルタ装置水素濃度は、ベント停止後に配管内に水素ガスが残留していないことにより不活性状態が維持されていることを把握するため、フィルタ装置配管内のガスをサンプルポンプで引き込み、除湿器で水分が除去されて、水素濃度検出器にて測定されるようにしている。水素計測後のサンプルガスは格納容器圧力逃がし装置の配管に戻す構成としている。水素濃度検出器により計測した電気信号は演算装置で水素濃度信号に変換し、中央制御室に指示し、緊急時対策支援システム伝送装置にて記録及び保存する。

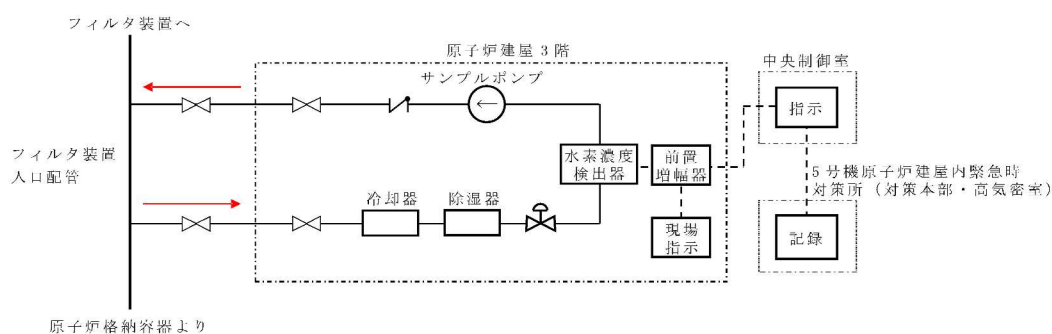


図1 フィルタ装置水素濃度 システム概要図（出口側配管も同様の構成）

2. 時間遅れ

フィルタ装置入口側配管内のガスのサンプリング点は、フィルタ装置入口側配管の頂部の原子炉建屋4階であり、また、フィルタ装置出口側配管内のガスのサンプリング点はフィルタ装置出口側配管の頂部のフィルタベント遮蔽壁である。そこから水素濃度検出器までの時間遅れは以下のとおりである。

- (1) 入口側サンプリング配管長（サンプリング点～水素濃度検出器）：約49m
 出口側サンプリング配管長（サンプリング点～水素濃度検出器）：約184m
- (2) サンプリング配管の断面積：359.7mm²（ 3.597×10^{-4} m²）
- (3) サンプルポンプの定格流量：約1L/min（約 1×10^{-3} m³/min）
- (4) サンプルガス流速（流量÷配管断面積）：約2.8m/min

なお、ガスは標準状態（0℃，101.325 kPa[abs]）として算出。

表1にフィルタ装置水素濃度の時間遅れを示す。

表1 フィルタ装置水素濃度の時間遅れ

	入口側配管	出口側配管
時間遅れ	約 18 分	約 67 分

3. 時間遅れによる窒素置換の成立性

VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の別添3「格納容器圧力逃がし装置の設計」の別紙1「可燃性ガスの爆発防止対策について」に記載しているとおり、D/Wベントの場合はベント停止後3日以降に可燃限界に達し、W/Wベントの場合は180日以上可燃限界に達することはない。仮にD/Wベントの場合でもベント停止後3日までは可燃限界に達することはないことから水素濃度の計測に時間遅れがあっても窒素置換操作に影響は与えない。

(参考)

1. 水素濃度計の測定原理

フィルタ装置配管内の水素濃度を測定するために用いる水素濃度検出器は、熱伝導式のものを用いる。熱伝導式の水素検出器は、図2に示すとおり、検知側サーミスタ素子（以下「検知素子」という。）と補償側サーミスタ素子（以下「補償素子」という。）、及び2つの固定抵抗でブリッジ回路が構成されている。検知素子の部分に、サンプリングされたガスが流れるようになっており、補償素子には基準となる標準空気が密閉されており、測定対象ガスとは接触しない構造になっている。

水素濃度計指示部より電圧を印加して検知素子と補償素子の両方を約120℃に加熱した状態で、検知素子側に水素ガスを含む測定ガスを流すと、測定ガスが熱を奪い、検知素子の温度が低下することにより抵抗が低下する。この検知素子の抵抗が低下するとブリッジ回路の平衡が失われ、図2のAB間に電位差が生じる。この電位差が水素濃度に比例する原理を用いて、水素濃度を測定する。

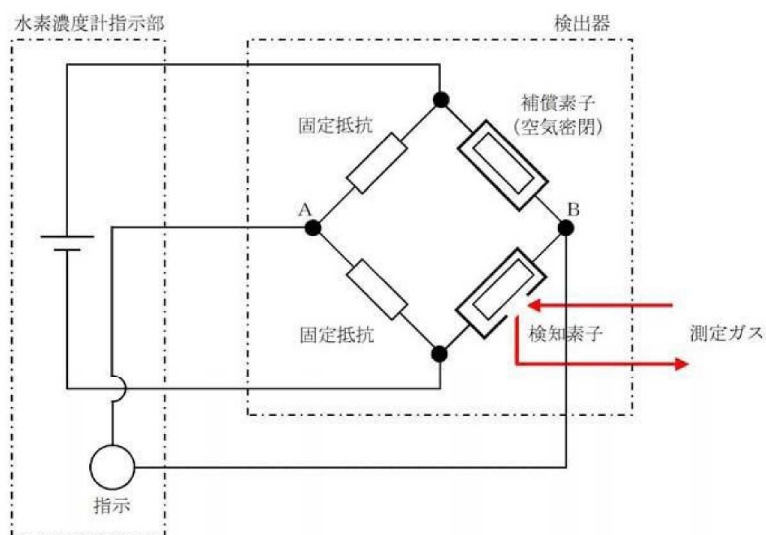


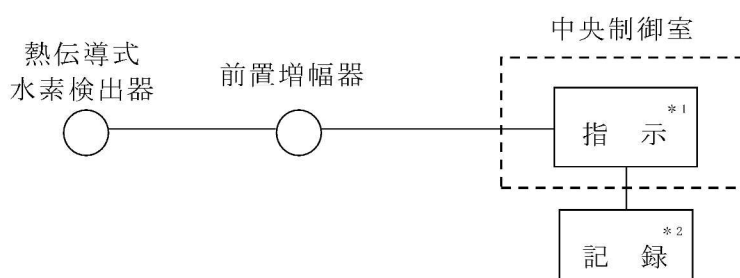
図2 水素濃度計検出回路の概要図

2. 水素濃度の測定

水素濃度検出器は「1. 水素濃度計の測定原理」で示したとおり標準空気に対する測定ガスの熱伝導率の差を検出する方式のものであり、酸素、窒素などの空気中のガスに対し、水素の熱伝導率の差が大きいことを利用しているものである。水素の熱伝導率は、約 $0.16\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ at 0°C である一方、酸素、窒素は、約 $0.02\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ at 0°C と水素より1桁小さく、これらのガス成分の変動があっても水素濃度計測に対する大きな誤差にはならない。

3. 水素濃度計の仕様

種 類	熱伝導式水素検出器
計測範囲	0～100vol%
個 数	2
設置場所	原子炉建屋3階



注記*1 : 記録計

*2 : 緊急時対策支援システム伝送装置

図3 フィルタ装置水素濃度の概略構成図

図3にフィルタ装置水素濃度の概略構成図を示す。フィルタ装置水素濃度の計測範囲0～100vol%において、計器仕様は最大 $\pm 2.0\text{vol}\%$ の誤差を生じる可能性があるが、この誤差があることを理解した上で、フィルタ装置配管内の水素濃度の推移、傾向（トレンド）を監視していくことができる。

配管内面に付着した放射性物質による発熱の影響について

フィルタ装置入口側配管の内面には放射性物質（エアロゾル）が付着することが想定されることから、その放射性物質の崩壊熱による温度上昇が配管の構造健全性に与える影響について検討した。

1. 放射性物質による発熱の影響

検討対象とする状態は、ベントガスの流れによる配管の冷却が期待できるケースとベントガスの流れのないケースを想定した。

【ケース1】

ベント中を想定し、配管内に高温の蒸気が流れ、なおかつ配管内面に付着した放射性物質からの発熱が加わった状態。

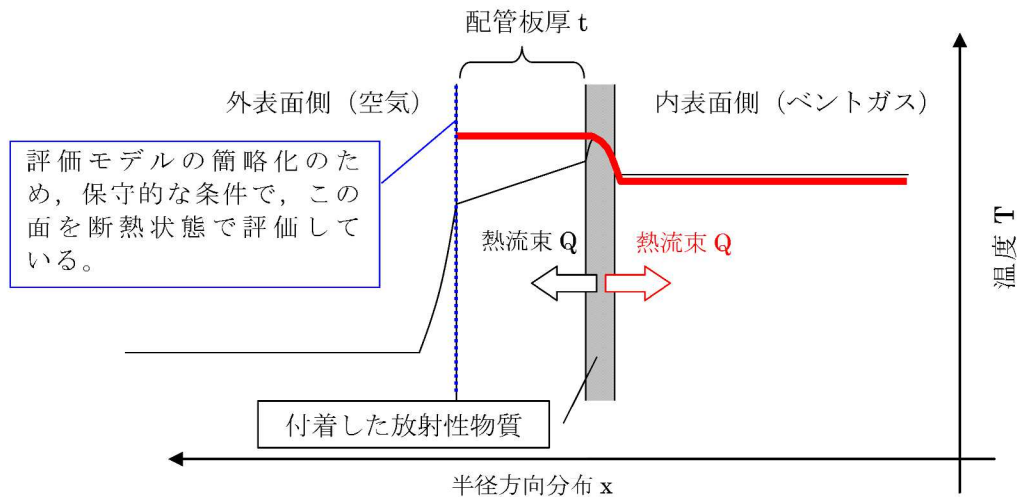
【ケース2】

ベント停止後を想定し、配管内面に放射性物質が付着した後で配管内ベントガス流れがないため、放射性物質からの発生熱がこもる状態。

まず，【ケース1】として，図1に示すような配管の半径方向の温度分布を考慮して評価を行った。配管内には高温のベントガス流れが存在し，配管内面には放射性物質が付着して崩壊熱による発熱を行っている。この場合，放射性物質の崩壊熱による熱量は配管内面・外面双方に放熱され，配管板厚方向に熱勾配ができるが，本評価では保守的に配管外面は断熱されているものとした。

【ケース1】の温度評価条件を表1に示す。

ベント時のガス温度条件を踏まえて配管内面の温度を評価する。図2に事故シーケンス（大破断LOCA+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失，D/Wベント）時の原子炉格納容器内の温度推移を示す。ベント時に最も配管内ガス温度が高い条件としてはベント開始直後であり，概ね150℃以下となる。



注；実際の伝熱状態は——で示すような分布になると想定されるが，保守的な評価となるよう配管外面を断熱し，全ての熱流束がベントガス側に移行する評価とした。（赤線で示されるような熱流束の与え方と分布）

図1 配管内表面の温度評価（ケース1のイメージ）

表1 配管内表面の温度上昇評価条件【ケース1】

項目	条件
事故シーケンス	大破断LOCA+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失，D/Wベント
フィルタ装置内発熱量	9.3kW
配管内発熱割合 (FP付着割合)	10%/100m
配管外径，板厚	400A，Sch40
配管熱流束	7.3W/m ²
ガス流量	2.5kg/s（ベント後期（ベント1ヶ月後の蒸気流量））
ガス温度	150℃

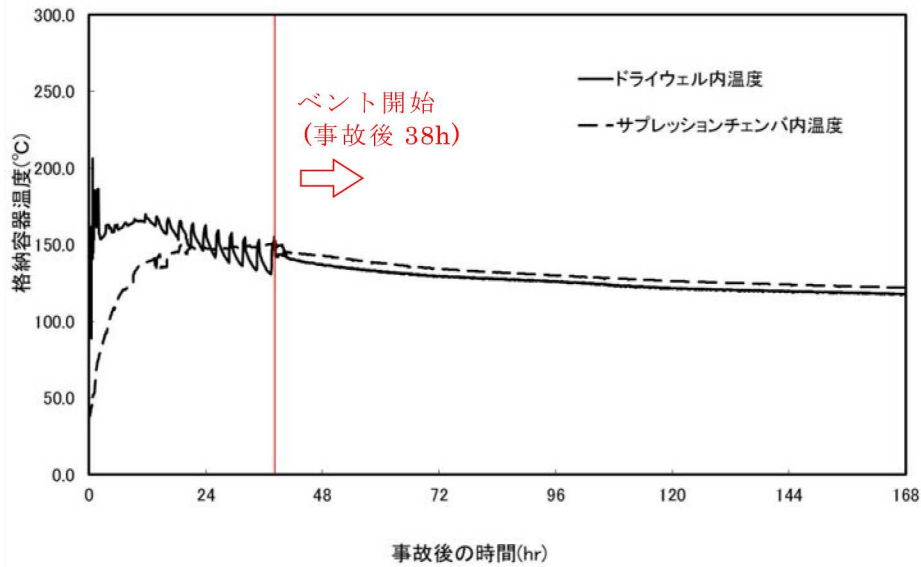


図2 原子炉格納容器内温度推移

(事故シーケンス (大破断LOCA+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失, D/Wベント))

フィルタ装置内発熱量 (原子炉格納容器よりフィルタ装置に流入する粒子状放射性物質の総崩壊熱量) は, 事故シーケンス (大破断LOCA+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失, D/Wベント) における9.3kWとし, 配管内面に付着する放射性物質割合としては, 10%/100mを用いる。評価に当たっては保守的な条件として, 付着割合の全量の放射性物質が付着した条件で発熱しているものとする。また, ガス流量については流速が低くなることで熱伝達率が低くなり, 保守的な評価となることから, ベント後の1ヶ月の蒸気流量である2.5kg/sを用いた。

配管内表面に付着する放射性物質の崩壊熱による配管内表面の温度上昇は, 以下の式で算出した温度上昇量で評価する。

$$\Delta T = q / h \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

ΔT : 放射性物質の崩壊熱による配管内表面の温度上昇(°C)

q : 配管熱流束 (W/m²)

h : 配管内表面の熱伝達率 (W/(m²·K))

$$h = Nu \times k / d \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

Nu : ヌッセルト数

k : 水蒸気の熱伝導率 (0.032 (W/(m·K)))

d : 水力等価直径 (m)

ここで、Nuを算出するにあたり円管内乱流の熱伝達率を表現するものとしてkaysの式を引用した(式(3))。

$$Nu = 0.022 Re^{0.8} \times Pr^{0.5} \dots \dots \dots \text{式(3)}$$

Re : レイノルズ数

Pr : プラントル数 (1.1 : 保守的に160 °Cの飽和蒸気の値を設定)

$$Re = v \times d / \nu \dots \dots \dots \text{式(4)}$$

v : 流速 (約6.64(m/s) : 質量流量から換算)

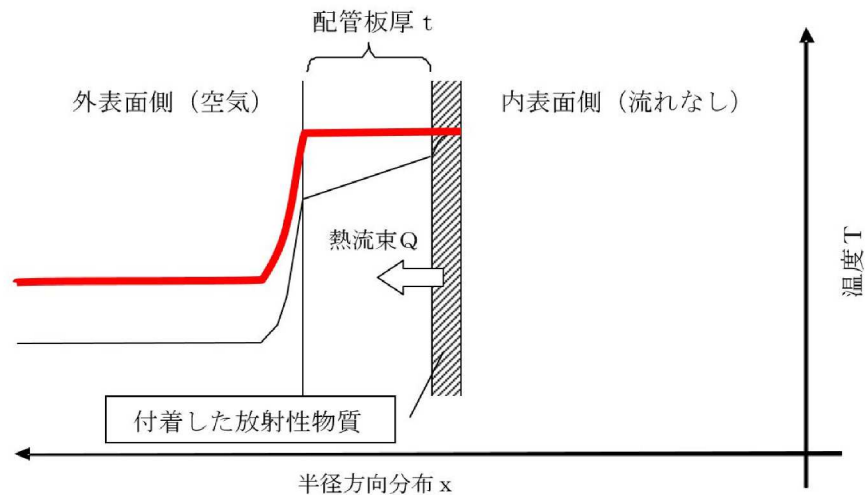
ν : 水蒸気の動粘性係数 (約 4.2×10^{-6} (m²/s))

これにより、配管内面の温度上昇は0.09°C程度であると評価できる。ベントガスの温度は150°C程度であることから、上記の温度上昇分を考慮しても、配管内表面温度は配管設計における最高使用温度200°Cを下回っているため、配管の構造健全性に影響を与えることはない。

次に、【ケース2】として、図3に示すような配管の半径方向の温度分布を考慮して評価を行った。配管内はベントガス流れがないものとし、配管内面には放射性物質が付着して崩壊熱による発熱を行っている。ここで、評価対象の配管板厚は12.7mmであり、炭素鋼の熱伝導率が50W/(m・K)程度であることから、板厚方向の温度勾配は微小であると考えられる。そのため、配管内表面の温度はほぼ配管外表面温度と同等であると考えられる。配管内部の熱量による温度を評価する方法としてJ I S A 9 5 0 1 “保温保冷工事施工標準”の表面温度及び表面熱伝達率の算出方法を用いて、配管外表面温度を評価する。

【ケース2】の温度評価条件を表2に示す。

なお、評価条件については、【ケース1】と同様に事故シーケンス（大破断LOCA＋ECCS注水機能喪失＋全交流動力電源喪失，D/Wベント）を想定する。



注：実際の伝熱状態は ———— で示すような分布になると想定されるが、保守的な評価となるよう配管内の温度勾配はないものとし、全ての熱流束が配管外表面側に移行すると評価した。（赤線で示されるような熱流束と分布）

図3 配管内表面の温度評価（ケース2のイメージ）

表2 配管内表面の温度上昇評価条件【ケース2】

項目	条件
事故シーケンス	大破断LOCA＋ECCS注水機能喪失＋全交流動力電源喪失，D/Wベント
フィルタ装置内発熱量	9.3kW
配管内発熱割合 (FP付着割合)	10%/100m
配管外径，板厚	400A，Sch. 40
配管熱流束	7.3W/m ²
配管外表面放射率	0.80（酸化鉄相当の放射率*）
環境温度	50℃

注記*：日本機械学会 伝熱工学資料 改訂第5版

評価式の概要は以下のとおりとなる。

$$T = (q / h_{se}) + T_{atm} \dots \dots \dots \text{式(5)}$$

T : 配管外表面温度 (°C)

q : 配管熱流束 (W/m²)

h_{se} : 配管外表面熱伝達率 (W/(m²·K))

T_{atm} : 環境温度 (°C)

上記の式(5)における, q と h_{se}は以下の式で表される。

$$q = Q / S \dots \dots \dots \text{式(6)}$$

$$h_{se} = h_r + h_{cv} \dots \dots \dots \text{式(7)}$$

Q : 単位長さ当たりの配管内面での発熱量 (W/m)

S : 単位長さ当たりの配管外面表面積 (m²)

h_r : 放射による配管外表面熱伝達率 (W/(m²·K))

h_{cv} : 対流による配管外表面熱伝達率 (W/(m²·K))

上記の h_r は以下の式で表される。

$$h_r = \varepsilon \times \sigma \times \left(\frac{(T+273.15)^4 - (T_{atm}+273.15)^4}{T - T_{atm}} \right) \dots \dots \dots \text{式(8)}$$

ε : 配管外表面放射率 (0.80)

σ : ステファン・ボルツマン定数 (5.67×10⁻⁸(W/(m²·K⁴)))

h_{cv}については, J I S A 9 5 0 1 “保温保冷工事施工標準” 付属書E (参考) 表面温度及び表面熱伝達率の算出方法における, 垂直平面及び管 (Nusseltの式) 及び水平管 (Wamsler, Hinleinの式) をもとに対流熱伝達率を算出した。垂直管 (式(9), (10)) と水平管 (式(11)) とで得られる h_{cv}を比較し, 小さい方の値を用いることで保守的な評価を得るようにしている。

$$h_{cv} \text{ (垂直管)} = 2.56 \times (T - T_{atm})^{0.25} \quad ((T - T_{atm}) \geq 10K) \dots \text{式(9)}$$

$$h_{cv} \text{ (垂直管)} = 3.61 + 0.094 \times (T - T_{atm}) \quad ((T - T_{atm}) < 10K) \dots \text{式(10)}$$

$$h_{cv} \text{ (水平管)} = 1.19 \times \left(\frac{T - T_{atm}}{D_o} \right)^{0.25} \dots \dots \dots \text{式(11)}$$

D_o : 配管外径 (m)

これらにより評価した結果，配管外表面温度は約51℃となる。

以上の結果から，配管内表面温度は配管設計における最高使用温度である200℃を下回っているため，配管内表面に付着した放射性物質の崩壊熱は，ベント後における配管の構造健全性に影響を与えることはない。

なお，これらの式を含めた評価については，J I S A 9 5 0 1において，適用範囲が -180℃～1000℃となっており，適用に対して問題にないことを確認している。また，管外径などの寸法にかかる制約条件は規定されていない。

(参考)

1. 配管内面への放射性物質付着量の考え方について

配管内面への放射性物質（エアロゾル）の付着量を設定するにあたっては、NUREG/CR-4551を参照し、付着量を設定する主要なパラメータとして沈着速度に着目して、配管内面への沈着割合を検討した。

NUREG/CR-4551 “Evaluation of Severe Accident Risks: Qualification of Major Input Parameters MACCS INPUT” は、環境拡散評価(MELCOR Accident Consequence Code System: MACCS 計算)についての文献となっており、その評価には、エアロゾル粒径、エアロゾル粒子密度、対象物の表面粗さで沈着速度を整理したSehmelのモデルが用いられている。

このSehmelの沈着速度モデルに基づき、配管内面の表面粗さ $0.001\text{cm}(10\mu\text{m})$ と粒子密度 $4\text{g}/\text{cm}^3$ を想定した、原子炉格納容器より放出される粒径ごとの沈着速度(図4)を用いて配管内面への沈着割合(エアロゾルの沈着速度と配管内のベントガス通過時間から算出された、流れているベントガス中のエアロゾルが壁面に到達する割合)を以下のとおり評価した。

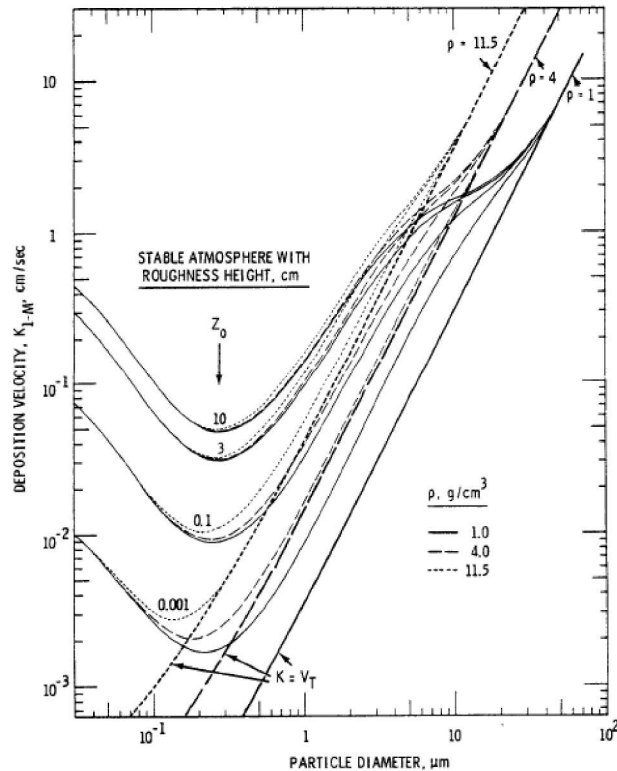


図4 エアロゾル粒径と沈着速度の関係

評価条件は、ABWR（6号機及び7号機）を対象として配管長さ100m，配管内径400mm，2Pd及び最小流量で排気される蒸気流量を適用する。また，考慮する粒径分布は事故シナリオ（大破断LOCA+ECCS注水機能喪失+全交流動力電源喪失，D/Wベント）に基づくものとした。

これらの条件から，100mの配管をベントガスが通過する時間を算出し，その時間に粒径ごとの沈着速度を乗じて，ベントガス通過時間中に配管内面方向にどれだけのエアロゾルが移動するかを評価する。この移動した粒子の総和について，ベントガス通過中のエアロゾル総量に対する割合を算出することで沈着割合を評価する。評価の考え方を図5に，評価結果を表3に示す。

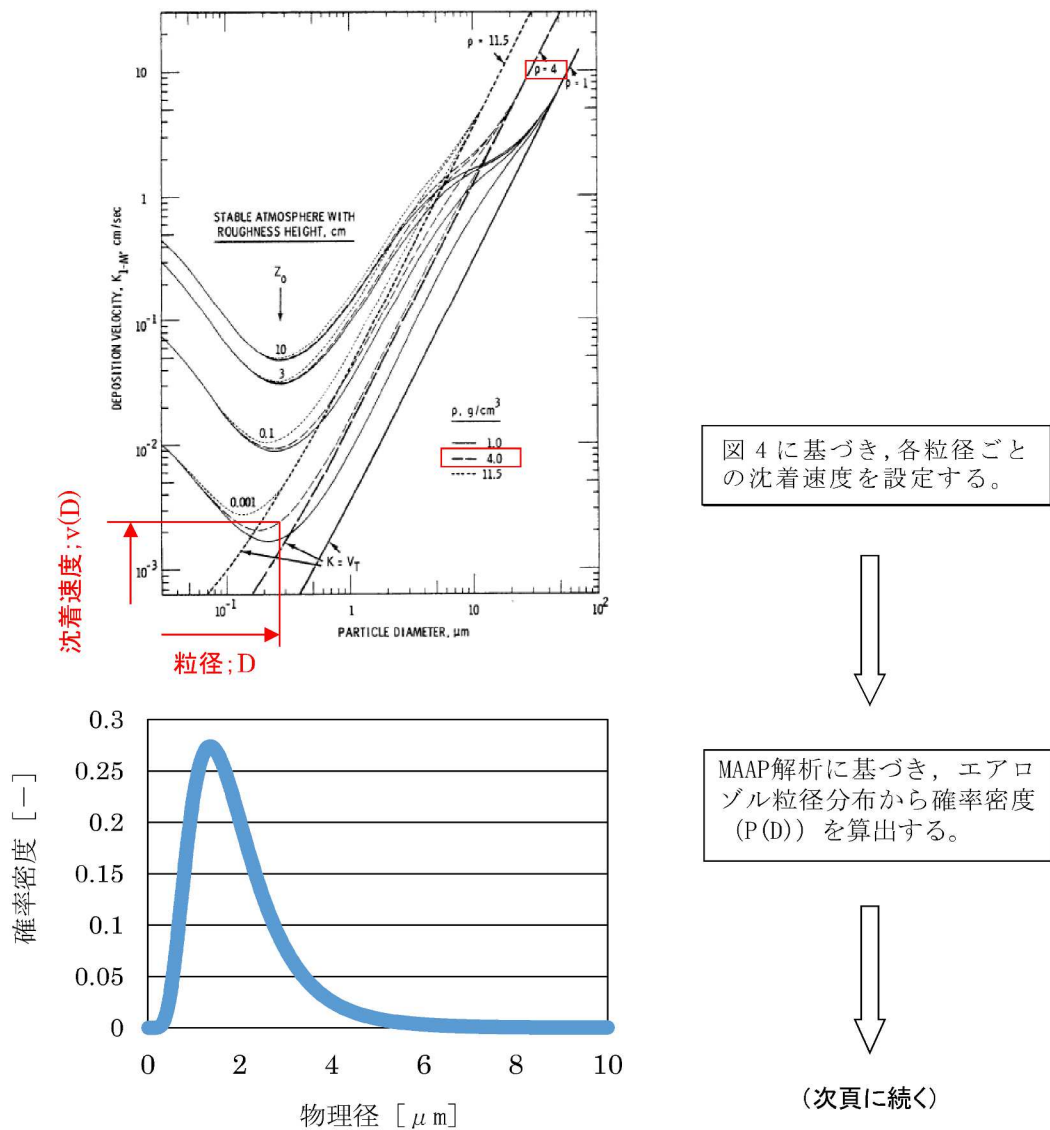


図5 沈着割合評価の考え方（1/2）

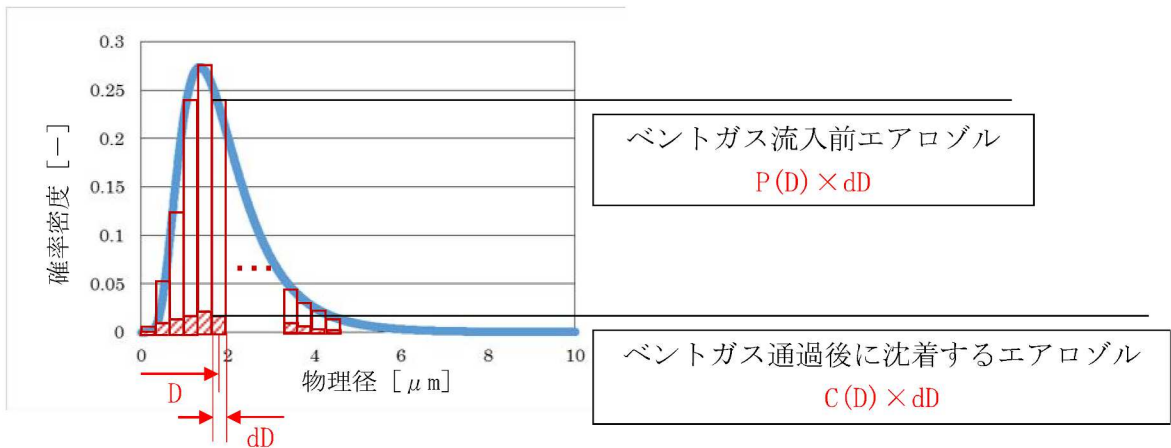
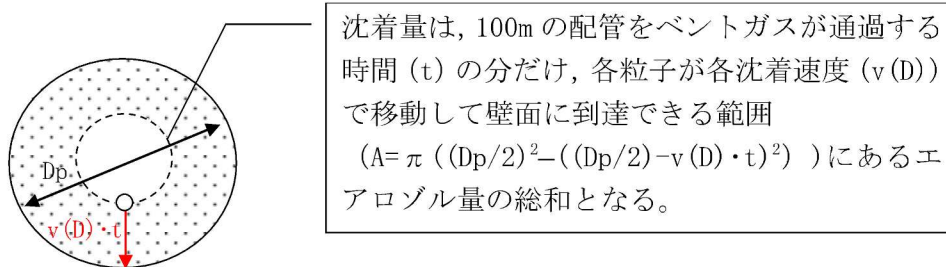


図5 沈着割合評価の考え方 (2/2)

上記の関係から、沈着割合Rは以下の式で表される。

$$R = \left(\frac{\sum \text{Red}}{\sum \text{White}} \right) \times 100 = \left(\frac{\sum (C(D) \times dD)}{\sum (P(D) \times dD)} \right) \times 100 = \left(\frac{\sum (C(D))}{\sum (P(D))} \right) \times 100$$

ここで、C(D)は以下の式で表される。

$$C(D) = P(D) \times \left(\frac{\pi \left(\frac{Dp}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{Dp}{2} - V(D) \cdot t \right)^2}{\pi \left(\frac{Dp}{2} \right)^2} \right)$$

$$= P(D) \times \left(\frac{\left(\frac{Dp}{2} \right)^2 - \left(\frac{Dp}{2} - V(D) \cdot t \right)^2}{\left(\frac{Dp}{2} \right)^2} \right)$$

表3 排気される蒸気流量に対する沈着割合評価結果

項目	パラメータ	単位	2Pd	最小流量
配管条件	長さ	m	100	
	内径	m	0.4	
沈着条件	沈着速度の分布	cm/s	$1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-1}$	
排気条件	蒸気流量	kg/s	15.7	2.5
	蒸気流速	m/s	33.1	14.8
沈着割合		%	約2.5	約5.4

表3より，最小流量であっても約5.4%の沈着割合となることが評価された。以上を踏まえ，エルボ部などといった部位での沈着量がばらつくことを考慮し，100m当たり10%を配管への沈着割合として放射性物質の付着量を設定する。

2. 引用文献

- (1) ” Evaluation of Severe Accident Risks: Qualification of Major Input Parameters MACCS INPUT” , NUREG/CR-4551 Vol.2 Rev.1 Pt.7, 1990

主ライン・弁の構成について

1. 主ライン構成

1.1 系統概要図

格納容器圧力逃がし装置のベントガスを原子炉格納容器から大気開放端まで導く主ラインの概略図を図1に示す。

1.2 設計の意図

6号機では、原子炉格納容器の圧力及び温度を低下させるためのベントを確実に行うため、以下に配慮し、主ラインの設計を行っている。

(1) 主ラインの取り出し及び構成

原子炉格納容器からの取り出しについては、サプレッションプール水でのスクラビング効果が期待できるサプレッションチェンバからの取り出しに加え、外部注水等による水没の影響を受け難いドライウエル上部からの取り出しを行っている。

具体的な取り出し位置（貫通孔）については、漏えい経路の増加等による大気への放射性物質の放出リスク増加を最小限に抑えるため、既存の貫通孔の中から十分な排気容量が確保できる口径を有する不活性ガス系の貫通孔（550A）を選定し使用する構成としている。

主ラインは不活性ガス系配管（既設）を経て、フィルタ装置入口側配管（新設）によりフィルタ装置に導かれるが、他の系統とは弁で隔離することで、他の系統や機器への悪影響を防止する設計としている。

(2) 原子炉格納容器隔離弁

原子炉格納容器隔離弁の設置要求（実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈）に基づき、サプレッションチェンバ側及びドライウエル側それぞれの主ラインに原子炉格納容器隔離弁（一次隔離弁）として空気作動弁（A0弁）を各1弁設置する構成としている。また、主ラインが合流した後に原子炉格納容器隔離弁（二次隔離弁、二次隔離弁バイパス弁）として電動弁（M0弁）を並列に2弁設置する構成としている。

(3) フィルタ装置入口弁

フィルタ装置入口弁は、耐圧強化ベント系を使用する際にフィルタ装置と隔離するために設置している。

1.3 弁の設置位置の妥当性（物理的位置，他からの悪影響）

ベント開始に必要な主ラインの隔離弁（一次隔離弁（サプレッションチェンバ側，ドライウェル側），二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁）の設置位置は，弁の設置スペース，人力による遠隔操作性等を考慮して決定している。

また，事故後の環境条件を考慮した設計としているため，ベント実施時においても弁の健全性は確保され，主ラインの隔離弁は，電源がある場合は中央制御室で操作できる。炉心損傷後は弁設置エリアが高線量となるため，現場において弁本体を直接操作することはできないが，駆動源喪失時においても，空気作動弁である一次隔離弁については，遠隔手動弁操作設備及び遠隔空気駆動弁操作設備を設けることで人力又は駆動空気による開閉操作が可能であり，電動弁である二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁については，遠隔手動弁操作設備を設けることで人力による開閉操作が可能である。

なお，遠隔手動弁操作設備及び遠隔空気駆動弁操作設備の操作場所は，遮蔽効果が得られる原子炉建屋内の原子炉区域外とし，さらに必要な遮蔽材（遠隔手動弁操作設備遮蔽）を設置し，作業員の被ばく低減に配慮している。

遠隔手動弁操作設備及び遠隔空気駆動弁操作設備は，隔離弁の付近に敷設されることから，高線量，高温雰囲気による機能への影響の可能性はあるが，設備構成要素の主要材料は金属であり，機能への影響はない。主ラインの隔離弁の配置位置及び人力による遠隔操作位置を図2～図4に示す。

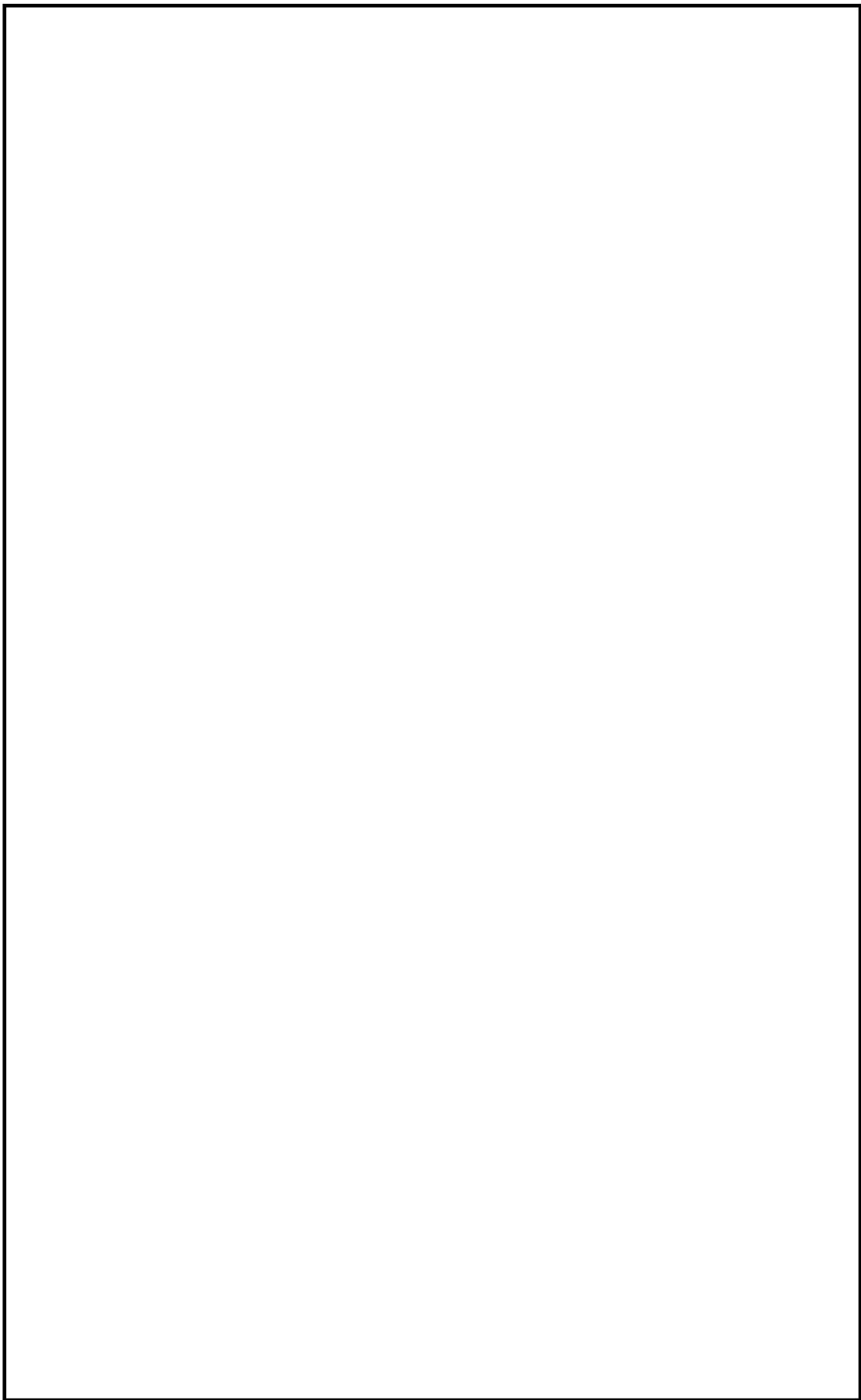


図2 隔離弁の配置及び遠隔操作位置 (1/3)

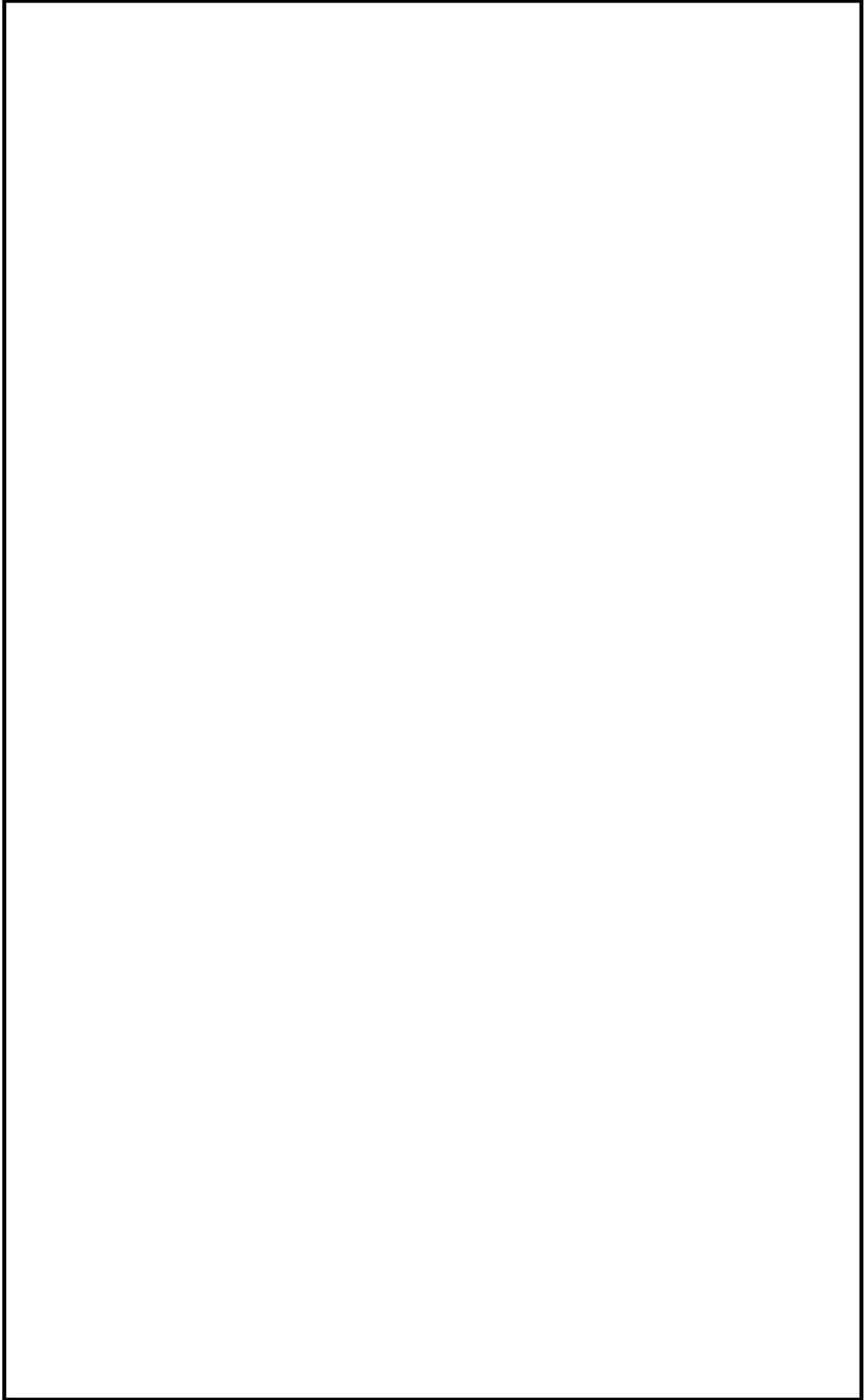


図3 隔離弁の配置及び遠隔操作位置 (2/3)

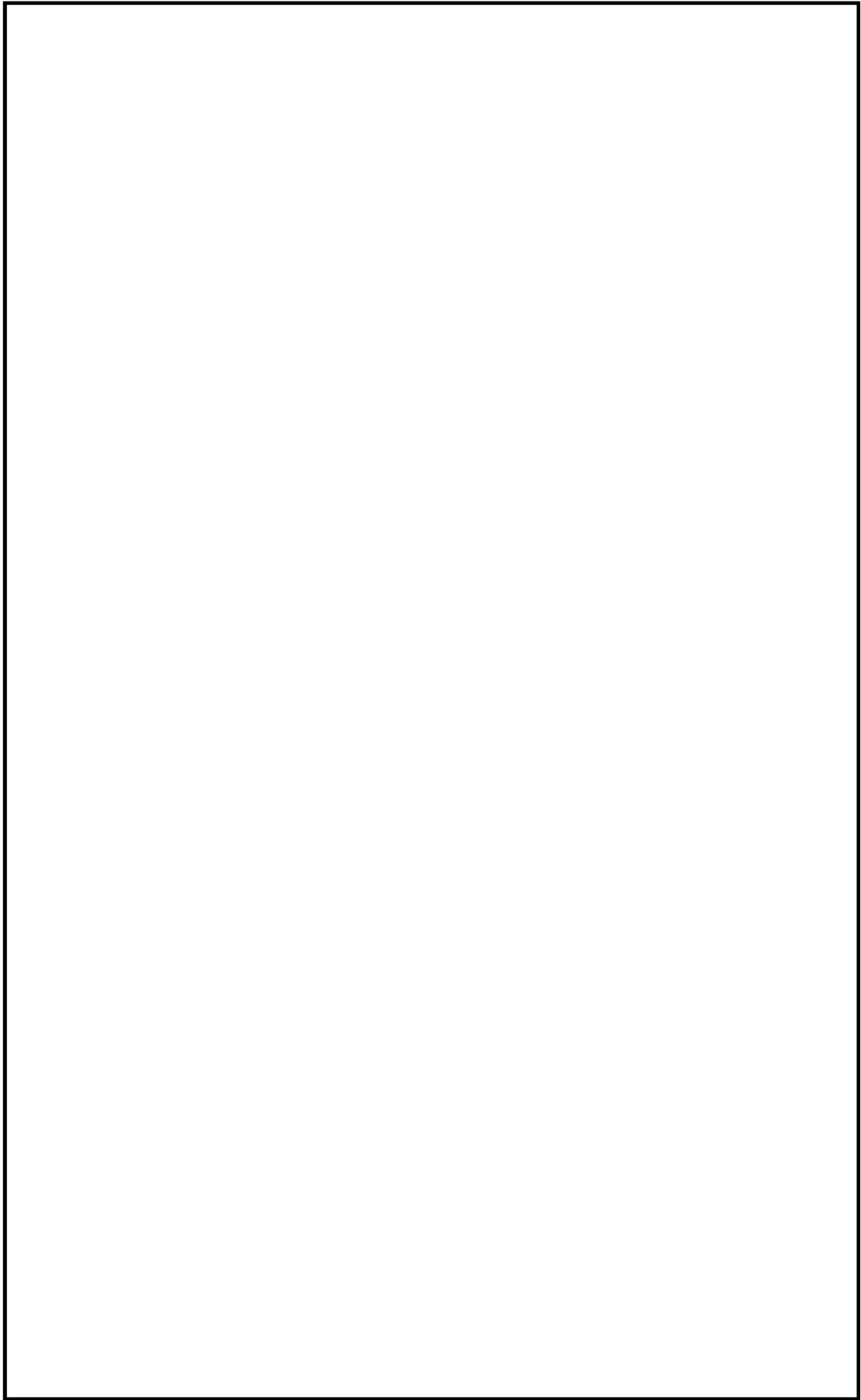


図4 隔離弁の配置及び遠隔操作位置 (3/3)

1.4 開の確実性，隔離の確実性

(1) 開の確実性

ベント実施時は，炉心損傷前ベントでは一次隔離弁，二次隔離弁の順に開弁し，炉心損傷後ベントでは二次隔離弁，一次隔離弁の順に開弁する。一次隔離弁は電磁弁への電気信号の印可により空気を供給して駆動する弁であり，二次隔離弁は交流電源で駆動する弁である。いずれも中央制御室の制御盤から遠隔操作できる設計としている。

駆動源となる電源は，通常時には非常用電源より給電しているが，重大事故等で非常用電源が喪失した場合には，重大事故等に対処するために必要な電源の供給が可能なよう代替所内電気設備から給電できる構成とし，高い信頼性を確保している。

また，これら代替所内電気設備からの受電が期待できない場合は，空気作動弁及び電動弁については，遠隔手動弁操作設備により放射線量率の低い原子炉建屋内の原子炉区域外にて人力で開閉操作が実施できる設計としている。さらに，空気作動弁については，遠隔空気駆動弁操作設備によりボンベの空気を電磁弁の排気側から弁駆動部へ供給することで，原子炉建屋内の原子炉区域外にて容易かつ確実に操作が実施できる設計としている。

以上のように，操作方法に多様性を持たせ開操作が確実に実施できる。

(2) 隔離の確実性

a. ベント実施前

ベント実施前は，原子炉格納容器バウンダリの維持が要求される。格納容器圧力逃がし装置の隔離弁（一次隔離弁，二次隔離弁，二次隔離弁バイパス弁）は常時「閉」であり，中央制御室の操作スイッチにカバーを取り付けて誤操作防止を図っていること，駆動源喪失時その状態が維持（一次隔離弁はフェイルクローズ，二次隔離弁及び二次隔離弁バイパス弁はフェイルアズイズ）されるため，確実に隔離状態は維持される。

b. ベント停止後

ベント停止後は，格納容器圧力逃がし装置の隔離弁を閉とし原子炉格納容器と隔離する。

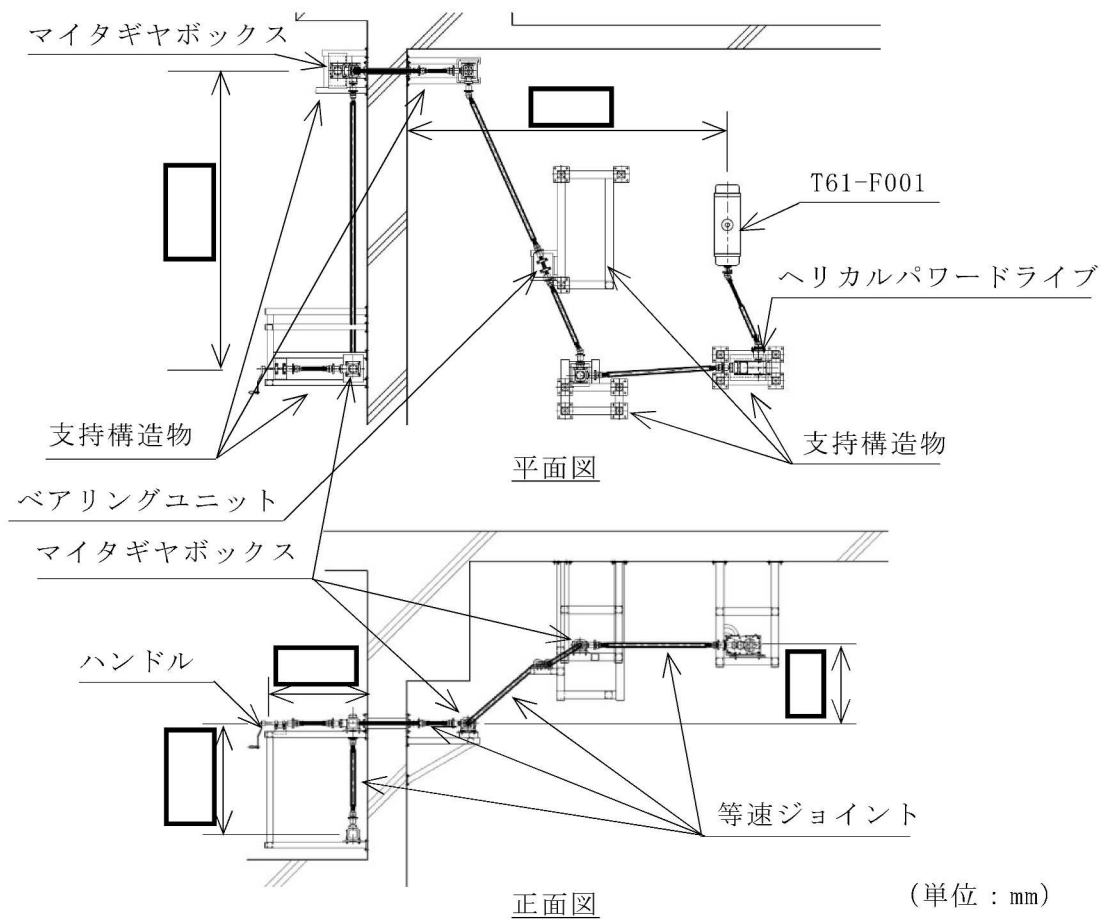
原子炉格納容器と格納容器圧力逃がし装置の隔離については，原子炉格納容器除熱機能の回復後に，ベント実施時に開弁した隔離弁（一次隔離弁）を閉とし，原子炉格納容器バウンダリを復旧する。閉操作の確実性は，(1)開の確実性と同様に実施できる。

1.5 遠隔手動弁操作設備の概要

1.5.1 隔離弁の遠隔手動弁操作設備の概要

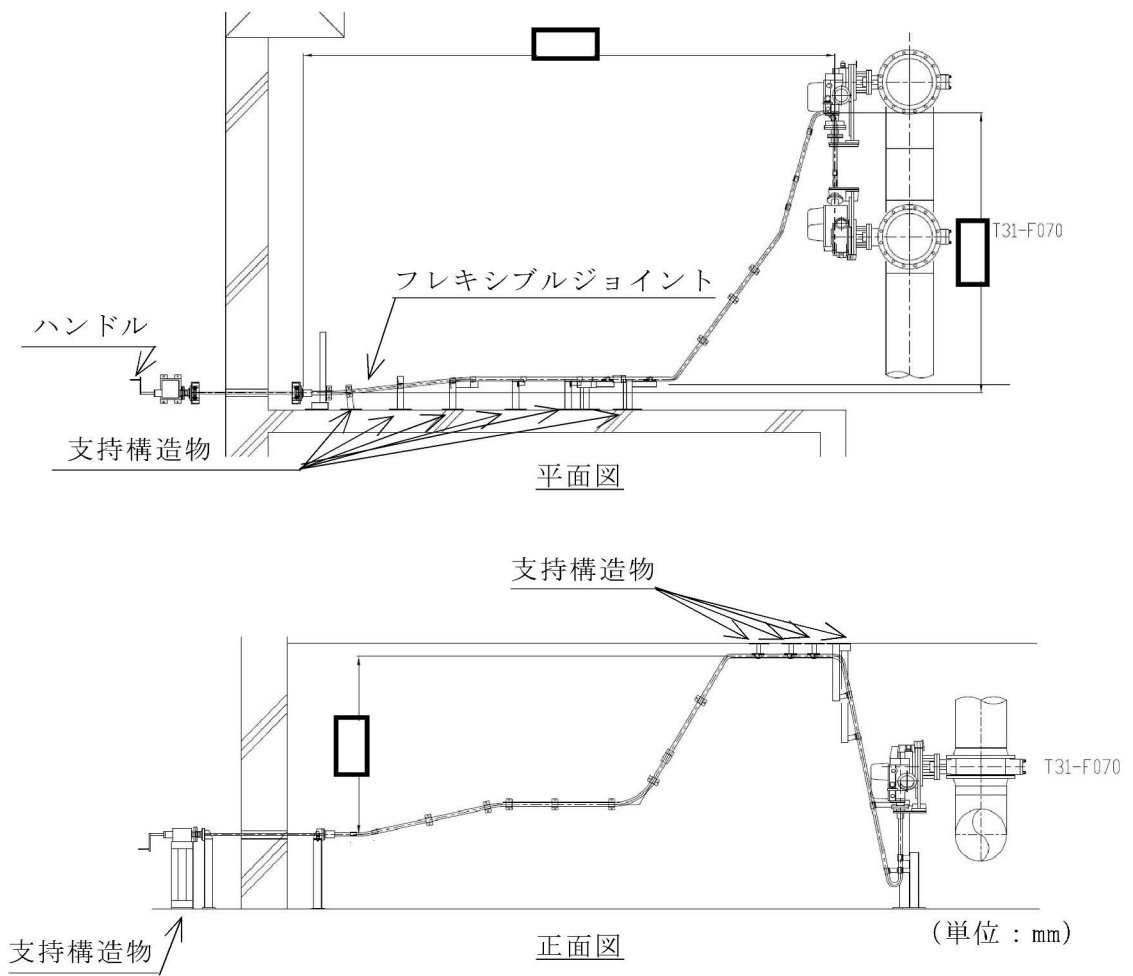
隔離弁の操作軸に等速ジョイント又はフレキシブルシャフトを接続し，原子炉建屋内の原子炉区域外まで延長し，端部にハンドルを取り付けて人力で操作できる構成とする。等速ジョイント間には，駆動力の軸方向を変えるためのマイタギアボックス，手動操作軸の回転トルクを低減するためのヘリカルパワードライブ，等速ジョイントを躯体床若しくは壁面に固定するためのベアリングユニットを設ける。フレキシブルシャフトは直線に限らずトルクが伝達可能な構造とし，容易に操作できるよう設計する。等速ジョイント，マイタギアボックス他各構成要素の一部は，隔離弁の付近に設置されることから，設備の使用時には高温，高放射線環境が想定されるが，主要部材は金属であり機能が損なわれるおそれはない。

遠隔手動弁操作設備の模式図を図5及び図6に，ベントに必要な隔離弁の遠隔手動弁操作設備の仕様を表1に示す。



※等速ジョイント，マイタギヤボックス他各構成要素の構成，配置については設置されるフロアにより異なる。

図5 遠隔手動弁操作設備の概要 (T61-F001の例)



※各構成要素の構成、配置については設置されるフロアにより異なる。

図6 遠隔手動弁操作設備の概要 (T31-F070の例)

表1 ベントに必要な隔離弁の遠隔手動弁操作設備の仕様

弁名称	一次隔離弁 (サプレッション チェンバ側)	一次隔離弁 (ドライウエル側)	二次隔離弁	二次隔離弁 バイパス弁	フィルタ装置 入口弁
弁番号	T31-F022	T31-F019	T31-F070	T31-F072	T61-F001
口径	550A	550A	550A	550A	550A
ハンドル 回転数	775回	775回	326回	977回	640回
個数	1	1	1	1	1

1.5.2 遠隔手動弁操作設備の操作確認試験

今後、実機に設置した設備においても操作確認試験を行い、遠隔手動弁操作設備の操作時間を確認する。

1.6 遠隔空気駆動弁操作設備の概要

空気作動弁については、駆動用の空気供給配管系の構成を変更し、電磁弁の排気側から駆動空気を供給することで原子炉建屋内の原子炉区域外からの操作を可能とする。変更前後の空気供給配管構成図を図7及び図8に示す。

図7の変更前においては、電磁弁に電気信号を印可できなければ、駆動空気を駆動部に供給できず、空気作動弁を操作できない。図8の変更後の構成とすることにより、電磁弁に電気信号を印可できない場合においても、電磁弁の排気側ポートより駆動空気を駆動部に供給することが可能となる。空気供給操作に必要な空気供給弁及び排気弁を原子炉建屋内の原子炉区域外に設置することで、電源喪失時においても原子炉建屋内の原子炉区域外より駆動空気による弁操作ができる。駆動空気の供給源は、常設の専用ポンペを原子炉建屋内の原子炉区域外に設置し、更に常設の予備ポンペを設けることで、信頼性を高めている。

操作時間は、空気供給弁及び排気弁の操作のみであり、25A以下の小口径の弁かつ一箇所に集中して配置されていることから、1名約2分と短時間での操作が可能である。