

### 3 静的機器単一故障

◇静的機器の単一故障、共用・相互接続

# 適合のための基本方針

柏崎6/7, 女川2, 島根2と同様

「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」第十二条及びその解釈における新規制基準での追加要求事項を以下に示す。

設置許可基準規則 第12条 (安全施設)	解釈 (追加要求事項のみ記載)	備考
安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。		変更なし
<p>2 安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものは、当該系統を構成する機械又は器具の単一故障（単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故障を含む。）をいう。以下同じ。）が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるよう、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保するものでなければならない。</p>	<p>4 第2項に規定する「単一故障」は、動的機器の単一故障及び静的機器の単一故障に分けられる。重要度の特に高い安全機能を有する系統は、短期間では動的機器の単一故障を仮定しても、<u>長期間では動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかを仮定しても、所定の安全機能を達成できるように設計されていることが必要である。</u></p> <p>5 第2項について、短期間と長期間の境界は24時間を基本とし、運転モードの切替えを行う場合はその時点を短期間と長期間の境界とする。例えば運転モードの切替えとして、加圧水型軽水炉の非常用炉心冷却系及び格納容器熱除去系の注入モードから再循環モードへの切替えがある。また、動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかを仮定すべき長期間の安全機能の評価に当たっては、<u>想定される最も過酷な条件下においても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実であれば、その単一故障を仮定しなくてよい。</u>さらに、単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合、あるいは、単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できれば、当該機器に対する多重性の要求は適用しない。</p>	<p>変更なし</p> <p><b>（静的機器の単一故障に関する考え方の明確化）</b></p>

## 適合のための基本方針

設置許可基準規則 第12条 (安全施設)	解釈 (追加要求事項のみ記載)	備考
3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるものでなければならない。		変更なし
4 安全施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものでなければならない。		変更なし
5 安全施設は、蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわないものでなければならない。		変更なし

# 適合のための基本方針

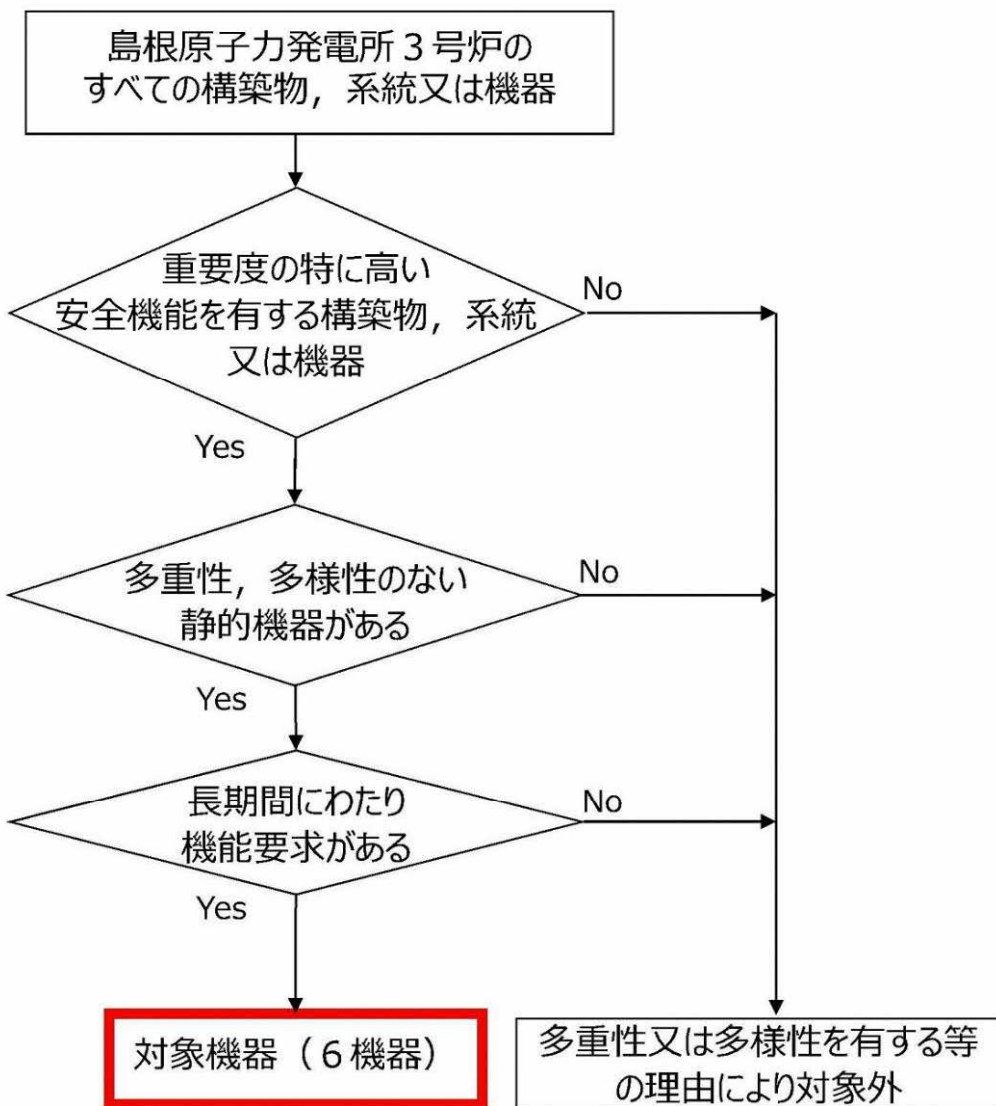
柏崎6/7, 女川2, 島根2と同様

設置許可基準規則 第12条 (安全施設)	解釈 (追加要求事項のみ記載)	備考
<p>6 重要安全施設は、二以上の発電用原子炉施設において共用し、又は相互に接続するものであってはならない。ただし、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続することによって当該二以上の発電用原子炉施設の安全性が向上する場合は、この限りでない。</p>	<p>1 1 (略)</p> <p>1 2 第6項に規定する「安全性が向上する場合」とは、例えば、ツインプラントにおいて運転員の融通ができるように居住性を考慮して原子炉制御室を共用した設計のように、共用対象の施設ごとに要求される技術的要件を満たしつつ、共用することにより安全性が向上するとの評価及び設計がなされた場合をいう。</p> <p>1 3 第6項に規定する「共用」とは、2基以上の発電用原子炉施設間で、同一の構築物、系統又は機器を使用することをいう。</p> <p>1 4 第6項に規定する「相互に接続」とは、2基以上の発電用原子炉施設間で、系統又は機器を結合することをいう。</p>	<p><b>追加要求事項</b></p>
<p>7 安全施設（重要安全施設を除く）は、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。</p>		<p><b>追加要求事項</b></p>

## 適合のための基本方針

- 重要度が特に高い安全機能を有する系統において、設計基準事故が発生した場合に長期間にわたって機能が要求される静的機器のうち、単一設計箇所については、想定される最も過酷な条件下においても安全上支障のない期間に単一故障を修復できる等の設計とし、その単一故障を仮定しない。
- 重要安全施設は、発電用原子炉施設間で原則共用又は相互に接続しないものとするが、安全性が向上する場合は、共用又は相互に接続することを考慮する。
- 安全施設（重要安全施設を除く。）を共用又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

## 静的機器の単一故障に係る設定上考慮が必要な機器の抽出



対象機器抽出フロー

### 【抽出された対象系統・機器】

- 非常用ガス処理系
  - ・配管の一部
  - ・フィルタ装置
- 中央制御室換気空調系
  - ・ダクトの一部
  - ・再循環フィルタ装置
- 格納容器スプレイ冷却系
  - ・スプレイヘッド (ドライウェル側)
  - ・スプレイヘッド (サブプレッションチェンバ側)



### 【基準適合性の判断基準】

抽出された3系統について、以下の条件のいずれかに該当することを確認

- ① 想定される最も過酷な条件下においても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実である場合
- ② 単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合
- ③ 単一故障を仮定することでシステムの機能が失われる場合であっても、他のシステムを用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できる場合

▶ 非常用ガス処理系の単一設計箇所である配管の一部及びフィルタ装置について、「①想定される最も過酷な条件下においても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できること」を確認

## ■ 故障の仮定

- 配管※は全周破断，フィルタ装置は閉塞を仮定

※ 単一設計箇所のうち，原子炉棟からの漏えいにより環境へ放射性物質が放出し，被ばく評価上厳しくなる箇所を設定

## ■ 故障の検知性

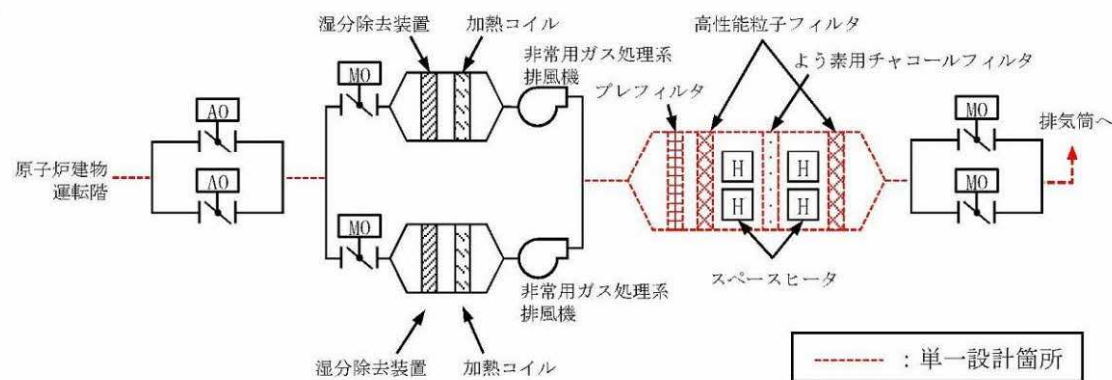
- 系統流量や原子炉棟差圧等の中央制御室での確認，現場点検

## ■ 修復作業性（配管全周破断）

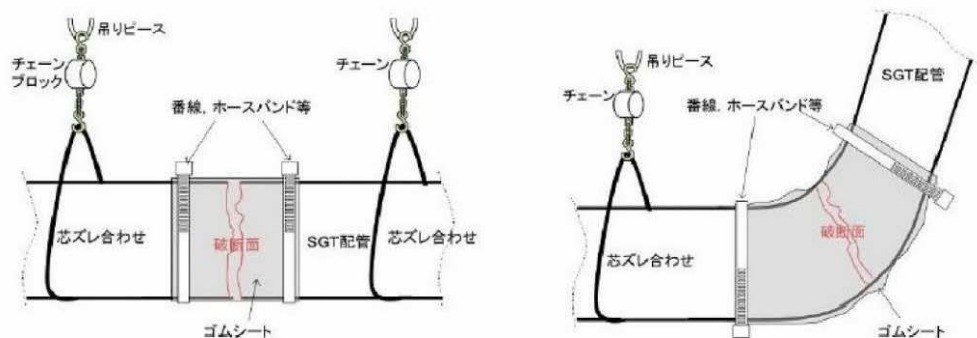
- 予め用意した修復資機材を取り付ける修復方法を採用
- 足場設置を含め2日間で修復可能であることを現場点検及びモックアップにより確認

## ■ 修復作業性（フィルタ装置閉塞）

- 発電所構内に保有している予備フィルタへの取替
- 足場設置を含め3日程度で取替可能であることをフィルタ取替実績により確認



非常用ガス処理系系統概要図



ゴムシート等による修復例

# 静的機器の単一故障 非常用ガス処理系の基準適合性

評価方法について島根2と同様

## 【修復作業時の作業員の被ばく線量評価】

### ■ 評価条件

- 燃料集合体の落下を想定
- フィルタ近傍の配管では事故発生から30日経過後、最も修復に時間を要する配管では24時間経過後に作業着手
- フィルタ近傍の配管ではフィルタ表面から1 mの破断を想定
- 1人当たりの作業時間は3時間

### ■ 評価結果

- 実効線量はフィルタ近傍の配管で約50mSv、最も修復に時間を要する配管で約97mSvであり、緊急時作業に係る線量限度（100mSv）照らしても修復可能であることを確認

修復作業時の作業員の被ばく線量評価結果

作業内容	実効線量率 (mSv/h)	実効線量 (mSv)
非常用ガス処理系配管修復 (フィルタ近傍の配管)	約16	約50
非常用ガス処理系配管修復 (最も修復に時間を要する配管)	約32	約97

## 【修復を行わない場合の周辺公衆への影響評価】

### ■ 評価条件

- 燃料集合体の落下及び原子炉冷却材喪失を想定
- 事故発生24時間後に故障発生
- 原子炉棟内の放射性物質の地上放出を想定

### ■ 評価結果

- 修復を行わない場合の影響評価結果は、燃料集合体の落下で約3.2mSv、原子炉冷却材喪失で約 $1.7 \times 10^{-2}$ mSvであり、判断基準（実効線量 5 mSv 以下）を満足することを確認

修復を行わない場合の周辺公衆への影響評価結果

	燃料集合体の落下	原子炉冷却材喪失
実効線量(mSv)	約3.2	約 $1.7 \times 10^{-2}$

# 静的機器の単一故障 格納容器スプレイ冷却系の基準適合性

系統構成について柏崎6/7と同様

➤ 格納容器スプレイ冷却系の単一設計箇所である格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側，サブプレッションチェンバ側）について、「③ 単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても，他の系統を用いて，その機能を代替できることが安全解析等により確認できること」を確認

## ■ 故障の仮定

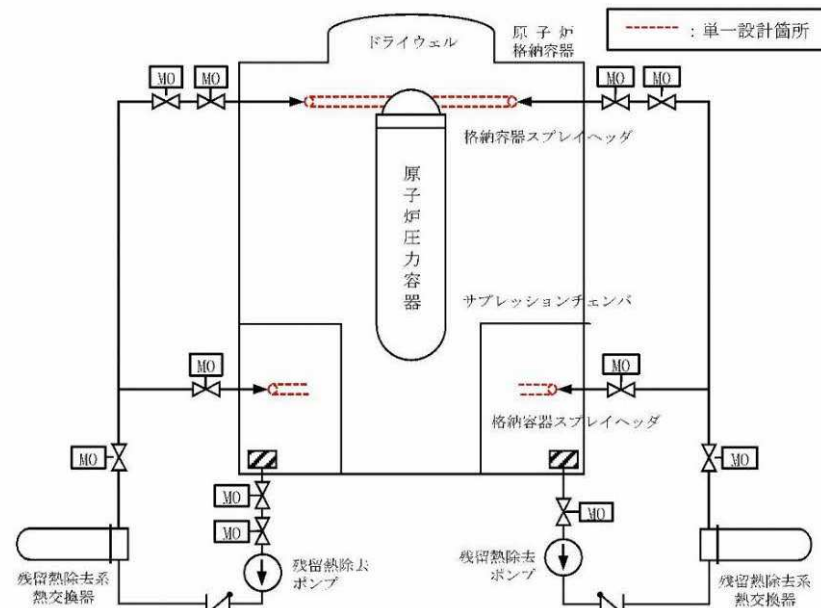
- 格納容器スプレイヘッド（ドライウェル側，サブプレッションチェンバ側）の全周破断を仮定

## ■ 故障の発生時期

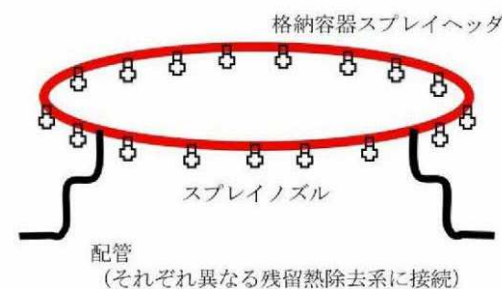
- 事故発生から15分後（格納容器スプレイ冷却モードに切り替える時間）

## ■ 評価条件

- 原子炉冷却材喪失事故を想定
- 格納容器スプレイ冷却系のスプレイ機能が使用できなくなると仮定



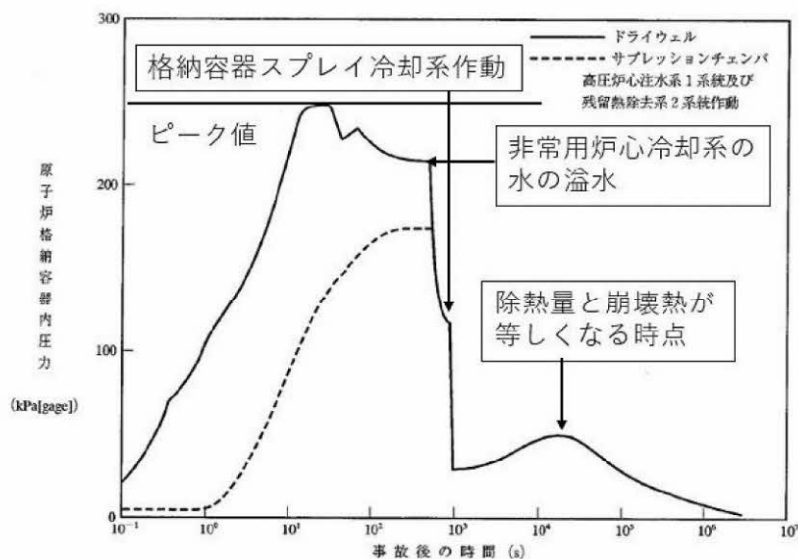
格納容器スプレイ冷却系 系統概要図



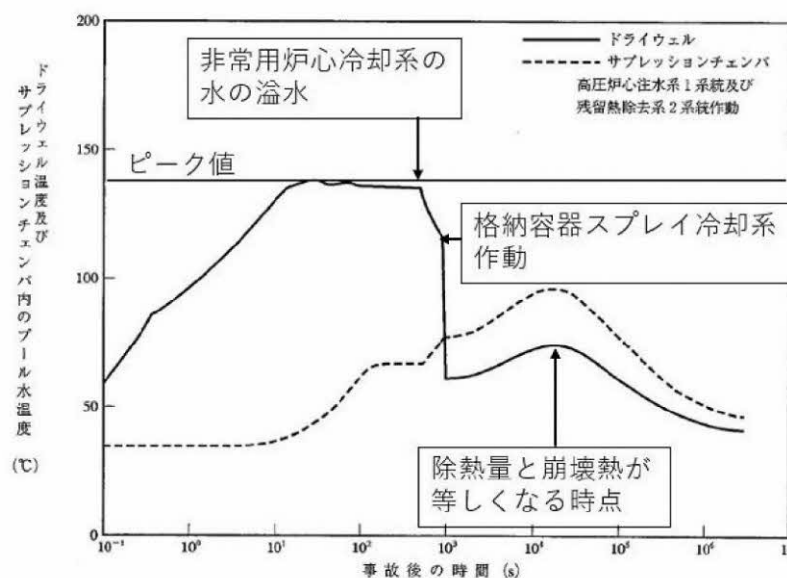
格納容器スプレイヘッド概要図

## ■ 評価結果

- 格納容器スプレイヘッドの破損箇所からそのまま格納容器内に注水することで循環による除熱が可能
- 既設置変更許可添付書類十の評価結果から、格納容器圧力・温度のピーク値に変化を与えることなく、格納容器内の除熱を行うことができることを確認
- スプレイ機能によるF P低減効果がなくなり、分配係数0になったと仮定しても、敷地境界外の実効線量は約  $7.0 \times 10^{-5} \text{ mSv}$  となり、設計基準事故時の判断基準である周辺公衆の実効線量  $5 \text{ mSv}$  を下回る程度の影響度合いであることを確認



格納容器圧力変化  
(設置変更許可申請書 添付書類十 3.5.1)



格納容器温度変化  
(設置変更許可申請書 添付書類十 3.5.1)

# 静的機器の単一故障 中央制御室換気空調系の基準適合性

故障想定及び修復方法について、  
島根2と同様

➤ 中央制御室換気空調系の単一設計箇所である再循環フィルタ装置とダクトの一部について、「①想定される最も過酷な条件下においても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できること」を確認

## ■ 故障の仮定

- 再循環フィルタ装置は閉塞、ダクトは全周破断を仮定

## ■ 故障の検知性

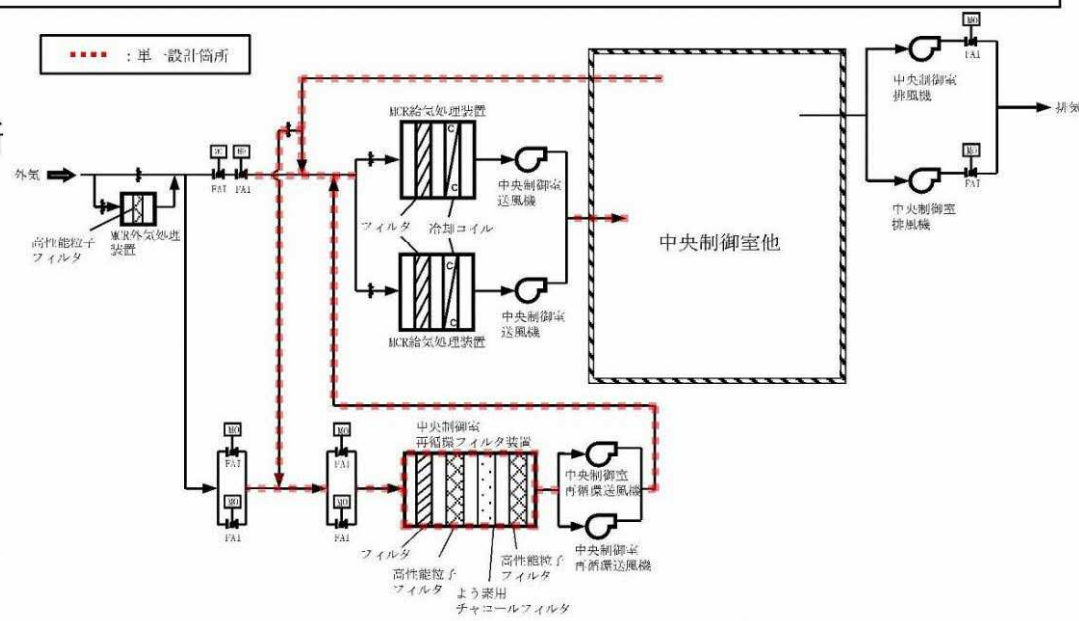
- 再循環フィルタ装置の差圧等の中央制御室での確認、現場点検

## ■ 修復作業性（再循環フィルタ装置閉塞）

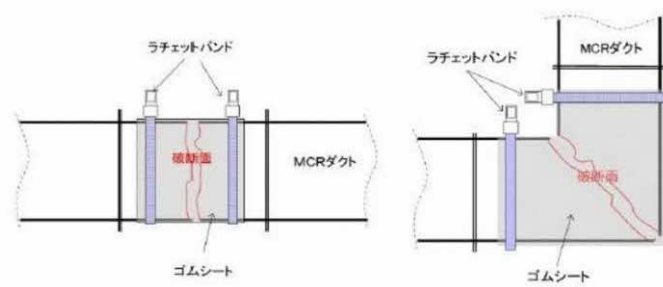
- 予備のフィルタに半日程度で取替が可能であることをフィルタ取替実績により確認

## ■ 修復作業性（ダクト全周破断）

- 予め用意した修復資機材を取り付ける修復方法を採用
- 足場設置を含め2日間で修復可能であることを現場点検及びモックアップにより確認



中央制御室換気空調系系統概略図



ゴムシート等による修復例

# 静的機器の単一故障 中央制御室換気空調系の基準適合性

評価方法について島根2と同様

## 【修復作業時の作業員の被ばく線量評価】

### ■ 評価条件

- 原子炉冷却材喪失（仮想事故ベース）を想定
- 事故発生から24時間経過後に作業着手
- 1人あたりの作業時間はフィルタ取替が12時間、ダクト破断修復が8時間
- 線量評価点はフィルタ表面

### ■ 評価結果

- 実効線量はフィルタ取替で約13mSv、ダクト破断修復で約2mSvであり、緊急時作業に係る線量限度（100mSv）照らしても修復可能であることを確認

## 【修復を行わない場合の運転員への影響評価】

### ■ 評価条件

- 原子炉冷却材喪失（仮想事故ベース）を想定
- 事故発生24時間後に故障発生
- ダクトの破断部から外気が中央制御室バウンダリに流入する状態を仮定

### ■ 評価結果

- 修復を行わない場合の影響評価結果は約18mSv、判断基準（実効線量100mSv以下）を満足することを確認

## 修復作業時の作業員の被ばく線量評価結果

作業内容	実効線量率 (mSv/h)	実効線量 (mSv)
中央制御室換気空調系 再循環フィルタ取替	約1.1※	約13
中央制御室換気空調系 ダクト破断修復	約0.1※	約2

※作業期間中の最大値

## 修復を行わない場合の運転員への影響評価結果

項目		影響評価 (mSv)
屋内作業時	建物内放射性物質からの直接線及びスカイシャイン線による被ばく	約 $1.3 \times 10^{-2}$
	大気中放射性物質による被ばく	約 $2.2 \times 10^{-1}$
	室内に取込まれる放射性物質による被ばく	約 $1.7 \times 10^1$
入退域時	建物内放射性物質からの直接線及びスカイシャイン線による被ばく	約 $3.1 \times 10^{-1}$
	大気中放射性物質による被ばく	約 $1.5 \times 10^{-1}$
合計		約18