

女川原子力発電所 2 号炉

静的機器の単一故障に係る設計上の考慮 審査会合における指摘事項の回答

平成 27 年 3 月 5 日

東北電力株式会社

目 次

No.	管理 番号	分類	項 目	審 査 会合日	備 考
1	129-1	個社	確率が低いことを根拠に静的機器の単一故障を仮定しないことについて、ランダム故障のみならず、あらゆるハザードを考慮し、不確かさを踏まえた上で、代替性、修復性についても説明すること。	H26. 8. 5	本日回答 回答（1）
2	129-2	個社	単一故障の仮定又は多重性の要求を不要とする場合に適用する条文解釈について整理すること。	H26. 8. 5	本日回答 回答（2）
3	129-3	共通	安全機能を担保する系統の抽出においては、継続的に機能すること、各機器のサポート系の機能（フィルタの湿分分離装置のドレンラインの閉塞など）についても考慮して説明すること。	H26. 8. 5	本日回答 回答（3）
4	129-4	個社	残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）について、他の方法で代替できるという説明であれば、それを定量的に示すこと。	H26. 8. 5	対象外
5	129-5	共通	現場での手動操作の必要がある場合、被ばく等の観点からの操作の成立性及び安全解析上での時間余裕を説明すること。	H26. 8. 5	本日回答 回答（4）
6	129-6	共通	2 Fの知見を参考にしているところは、2 Fの知見を示すこと。	H26. 8. 5	本日回答 回答（5）
7	129-7	共通	軽微な破断の場合を含め故障箇所を確実に検知可能であるということを詳細に説明すること。（狭隘部の有無、全周破断以外の場合等）その際、被ばく評価結果も踏まえて説明すること。	H26. 8. 5	本日回答 回答（6）
8	129-8	共通	S G T S等の弁を閉めなければならないときの操作について説明すること。	H26. 8. 5	本日回答 回答（7）
9	129-9	個社	単一設計機器の抽出過程を詳細に説明すること。	H26. 8. 5	対象外
10	129-10	個社	単一設計機器の抽出過程において、他の系統と組み合わせるということを詳細及び定量的に説明すること。	H26. 8. 5	対象外
11	129-11	個社	P R Aでは、F P Cについてタイラインを使用し、2系統同時に使用すると説明を受けたが、その運用をP R Aで使うことが適切かどうかについて説明すること。	H26. 8. 5	対象外
12	129-12	個社	静的機器の単一故障に対する安全の考え方の全体像を示して説明すること。	H26. 8. 5	対象外
13	129-13	個社	M C R換気空調系ダクトについては、腐食事例があるにも関わらず、故障頻度が低いとしていることについて説明すること。	H26. 8. 5	対象外
14	151-1	共通	配管破断等の覚知の実現性について、監視項目や監視内容を明確にしたうえで説明すること。	H26. 10. 23	本日回答 回答（6）
15	151-2	共通	修復方法が技術的に妥当であることを示すこと。	H26. 10. 23	本日回答 回答（8）

No.	管理 番号	分類	項 目	審 査 会合日	備 考
16	151-3	共通	二重化された部分であっても、単一設計部分に接続され隔離がなされない部分については、破損により両系統に影響を及ぼす可能性があり、これらの部分を含めて修復性等を確認していることを説明すること。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (9)
17	151-4	共通	中央制御室換気系の評価において、循環ラインのみを考慮の対象とし、外気取入ラインを除く理由を説明すること。(期待される安全機能を達成する上で当該ラインが必要か)	H26. 10. 23	本日回答 回答 (10)
18	151-5	共通	修復作業工程について、タイムチャートとともに要員配置等を含めた作業例を示し、特に被ばく評価の観点から、修復作業の実現性について説明すること。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (8)
19	151-6	共通	添付2の重要度の特に高い安全機能を有する系統・機器整理表において、想定しているハザードは具体的に明示すること。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (11)
20	151-7	共通	修復を想定した評価であるかが不明確であるので、放射性物質の放出期間の考え方等の公衆被ばく評価の条件を整理して説明すること。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (12)
21	151-8	共通	修復作業員の線量評価において、緊急作業時の線量限度を適用していることの記載方法を検討すること。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (13)
22	151-9	共通	タイラインの隔離弁までの範囲について、RH R系統と同様のMS-1で設計されているか示すこと。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (14)
23	151-10	共通	修復作業について、訓練実績を示すこと。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (15)
24	151-11	共通	単一故障を検知するまでの時間について、考え方を整理して説明すること。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (6)
25	151-12	共通	修復の位置づけについて、原子炉施設の運転継続の判断との関係を整理して説明すること。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (16)
26	151-13	共通	事故時に期待するクラス3設備については、クラス1, 2と同様な信頼性を有していることを示すこと。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (17)
27	151-14	共通	機能復旧を考慮した場合の線量評価を行うこと。	H26. 10. 23	本日回答 回答 (18)

No. 1 【指摘事項：129-1】

- ・確率が低いことを根拠に静的機器の単一故障を仮定しないことについて、ランダム故障のみならず、あらゆるハザードを考慮し、不確かさを踏まえた上で、代替性、修復性についても説明すること。

1. 回答

静的機器に対して単一故障を仮定し、修復性および代替性による評価とした。（信頼性が高い（＝確率が低いこと）を理由の一つとして単一故障の想定を除外しない評価とした）

No. 2 【指摘事項：129-2】

- ・ 単一故障の仮定又は多重性の要求を不要とする場合に適用する条文解釈について整理すること。

1. 回答

静的機器に対して単一故障を仮定し，修復性および代替性による評価とした。（信頼性が高い（＝確率が低いこと）を理由の一つとして単一故障の想定を除外しない評価とした）

No. 3 【指摘事項：129-3】

- ・安全機能を担保する系統の抽出においては、継続的に機能すること、各機器のサポート系の機能（フィルタの湿分分離装置のドレンラインの閉塞など）についても考慮して説明すること。

1. 回答

特に重要な安全機能を有する各系統の機器について、当該機器が継続的に機能するために必要な補機冷却水系や換気空調系等の必要なサポート系の抽出を行った。

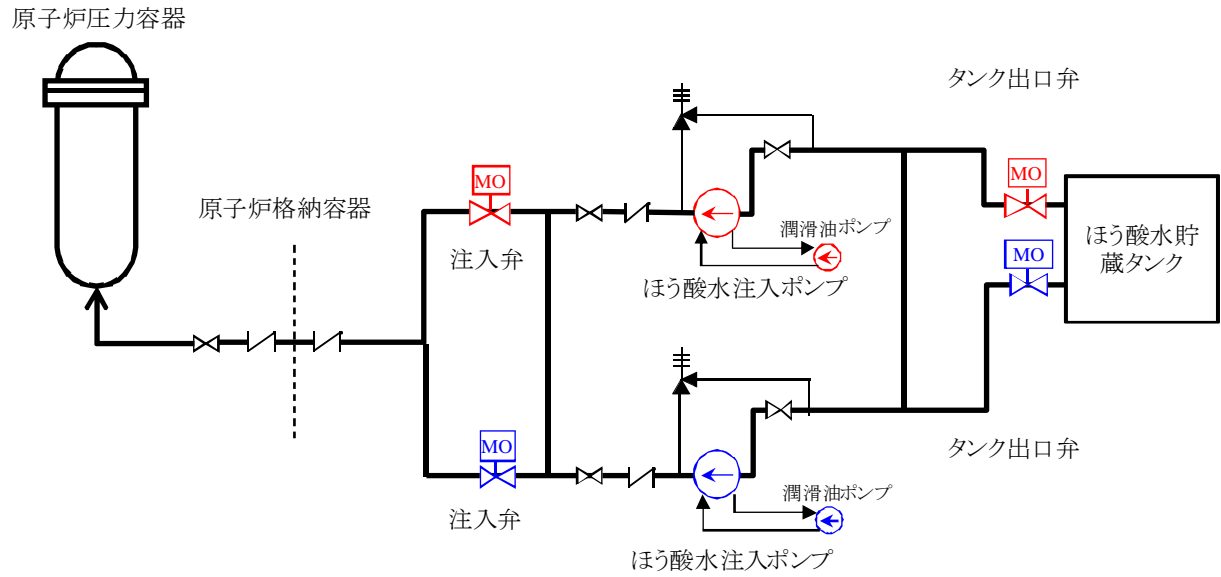
なお、フィルタの湿分分離装置のドレンライン閉塞については、閉塞を仮定した場合でも、非常用ガス処理系（SGTS系）の機能には影響がないため、SGTSの運転継続に必須のラインではない。

【添付資料2参照】

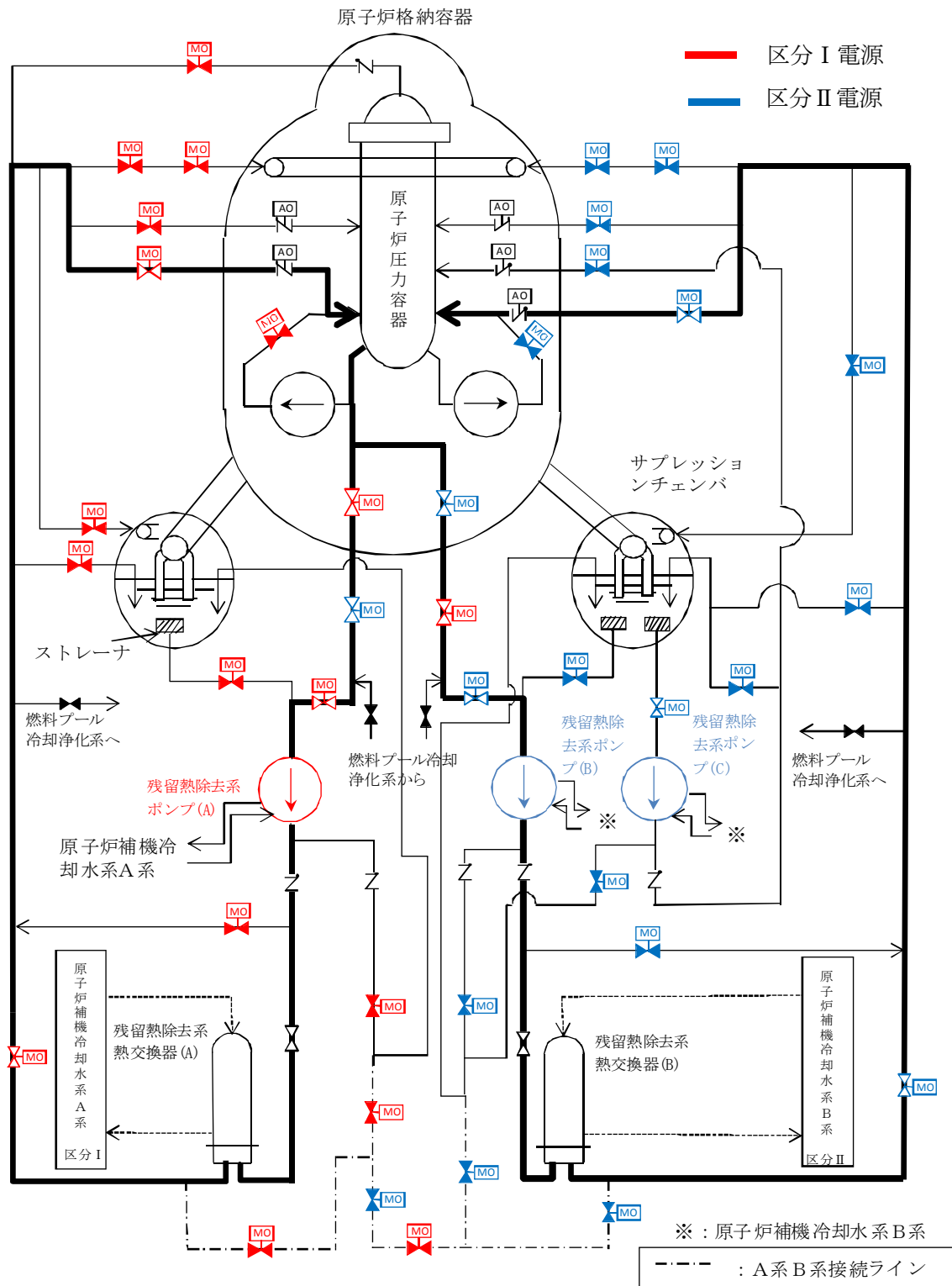
2. 資料

- (1) 添付資料2 重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表（抜粋）

— 区分 I 電源
 — 区分 II 電源



ほう酸水注入系 系統概略図

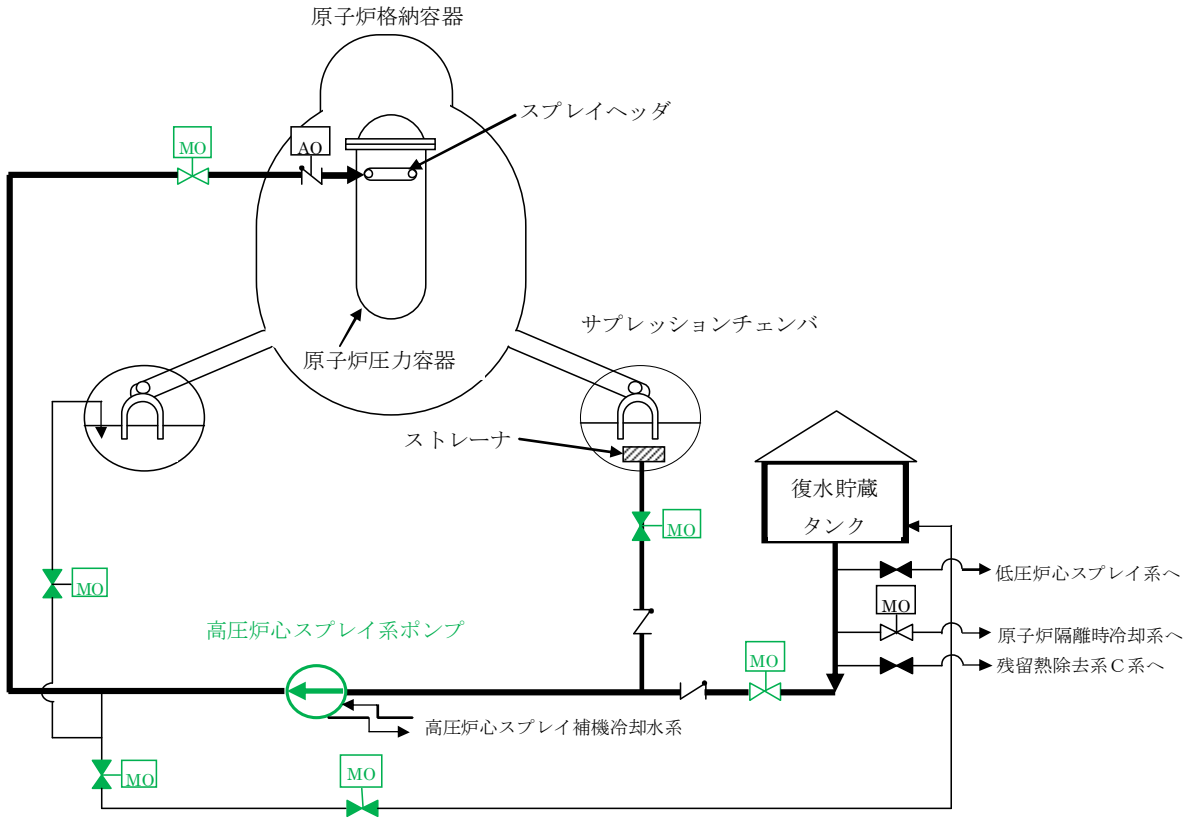


【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	残留熱除去系 (A), (B) 各ポンプ室用の空調機にはそれぞれの区分 (A系: 区分Ⅰ, B系: 区分Ⅱ) に応じた電源, 冷却水が供給されている。
-----	---

残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード) 系統概略図

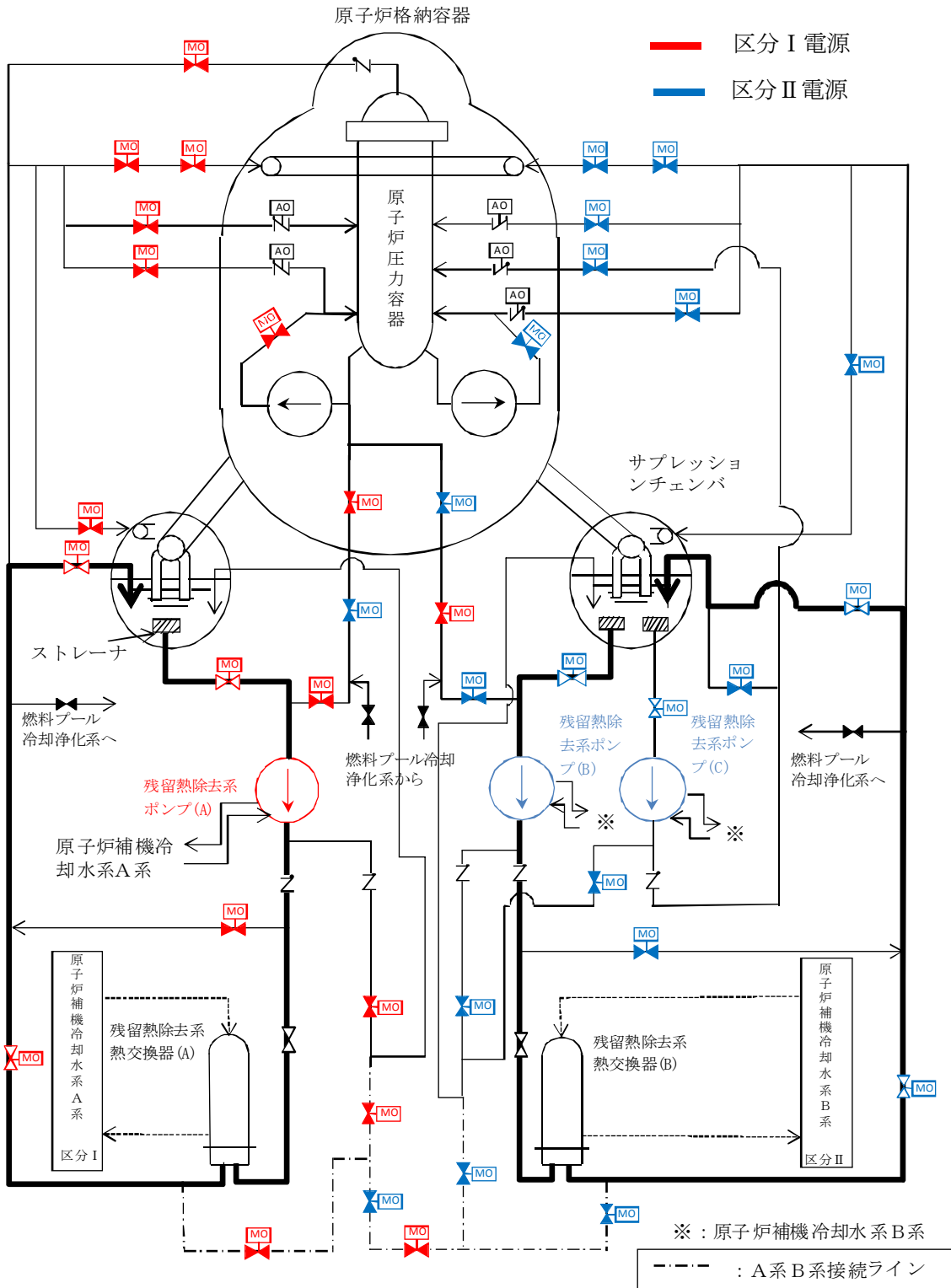
— 区分Ⅲ電源



【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	高圧炉心スプレイ系ポンプ室用の空調機には区分Ⅲの電源および高圧炉心スプレイ補機冷却水系が供給されている。
-----	--

高圧炉心スプレイ系 系統概略図

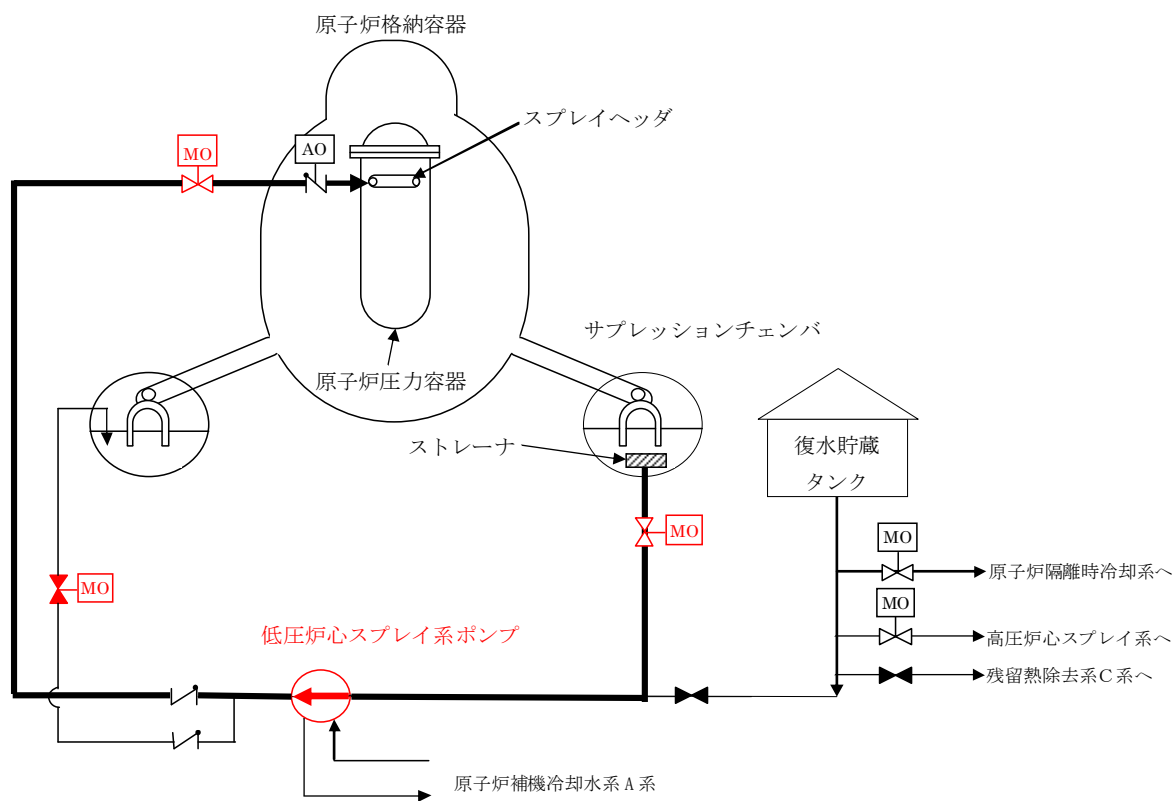


【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	残留熱除去系 (A), (B) 各ポンプ室用の空調機にはそれぞれの区分 (A系：区分Ⅰ, B系：区分Ⅱ) に応じた電源, 冷却水が供給されている。
-----	---

残留熱除去系 (サプレッションプール水冷却モード) 系統概略図

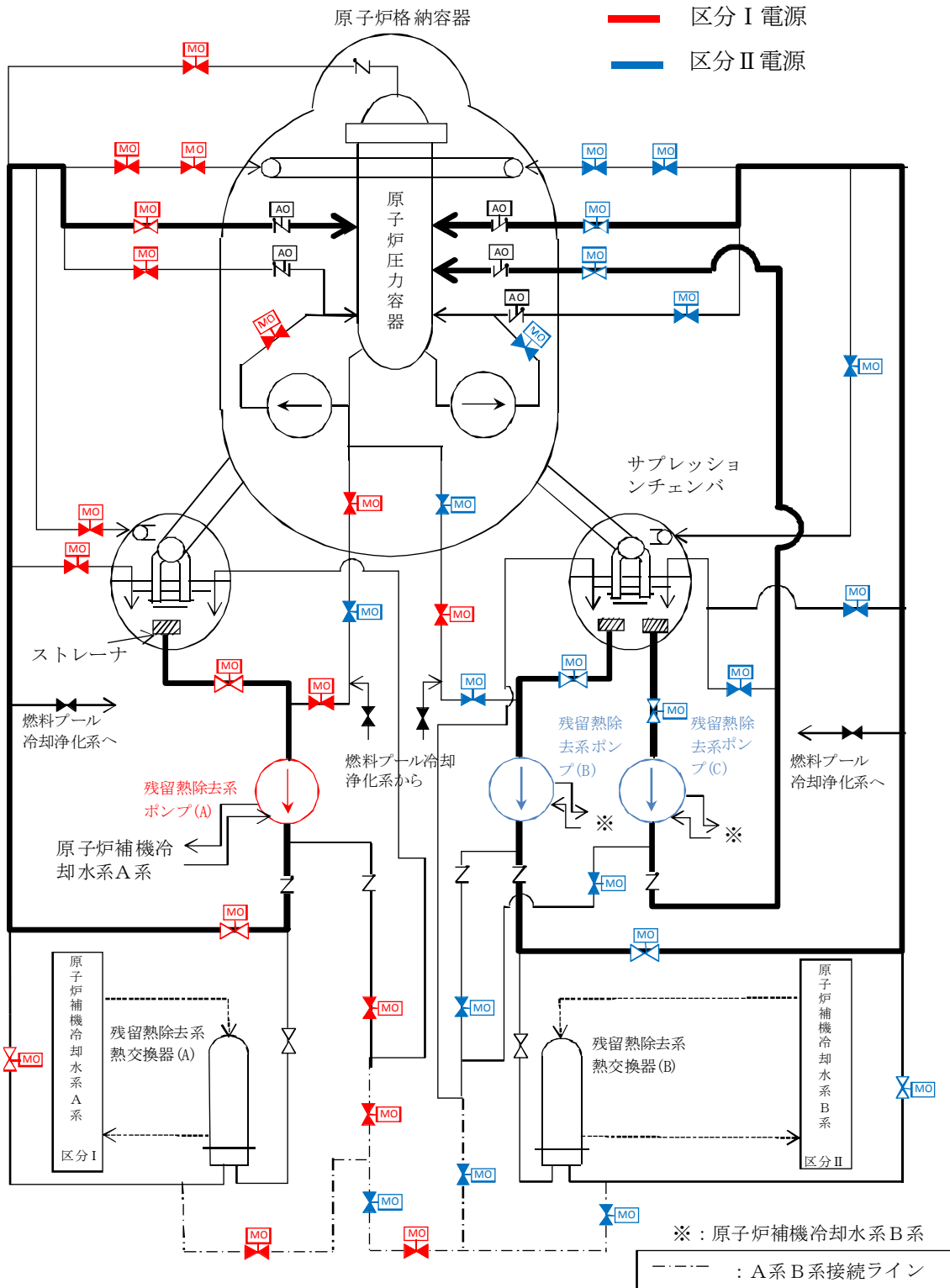
— 区分 I 電源



【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	低圧炉心スプレイ系ポンプ室用の空調機には区分 I の電源および原子炉補機冷却水系 A 系が供給されている。
-----	---

低圧炉心スプレイ系 系統概略図

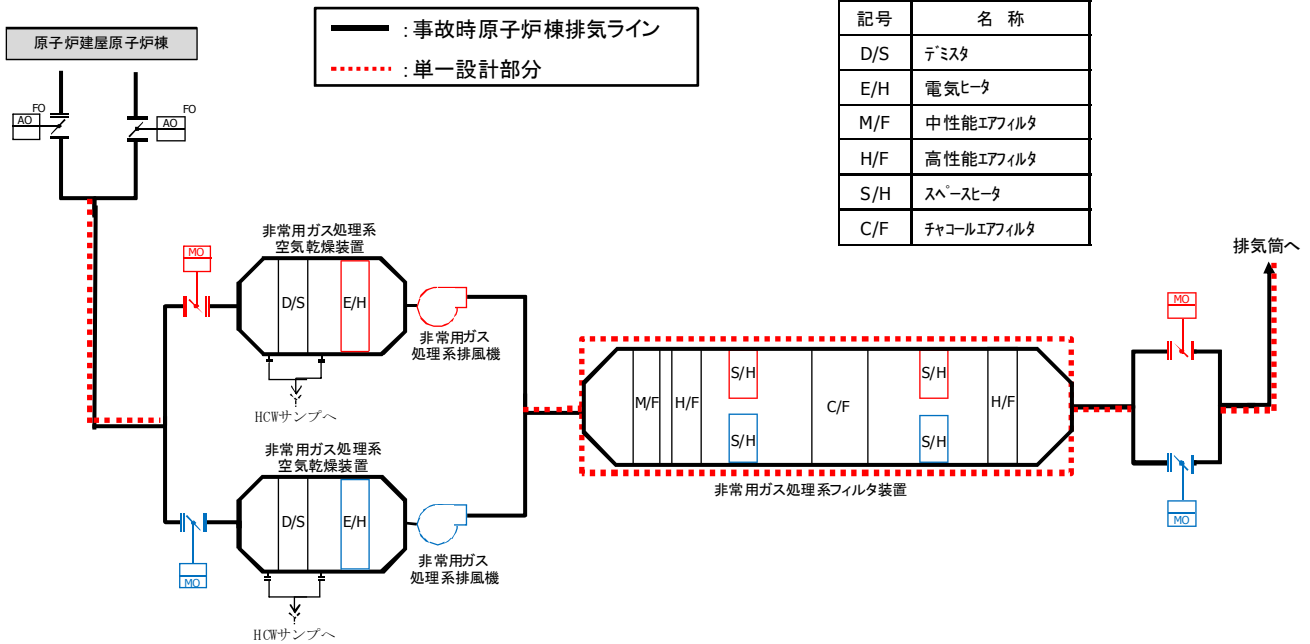


【その他 起動・運転継続に必要な設備】

空調機	残留熱除去系 (A), (B) および (C) 各ポンプ室用の空調機にはそれぞれの区分 (A系：区分I, B系/C系：区分II) に応じた電源, 冷却水が供給されている。
-----	---

残留熱除去系 (低圧注水モード) 系統概略図

— 区分Ⅰ電源
— 区分Ⅱ電源



記号表

記号	名称
D/S	デミスタ
E/H	電気ヒータ
M/F	中性能エアフィルタ
H/F	高性能エアフィルタ
S/H	スペースヒータ
C/F	チャコールエアフィルタ

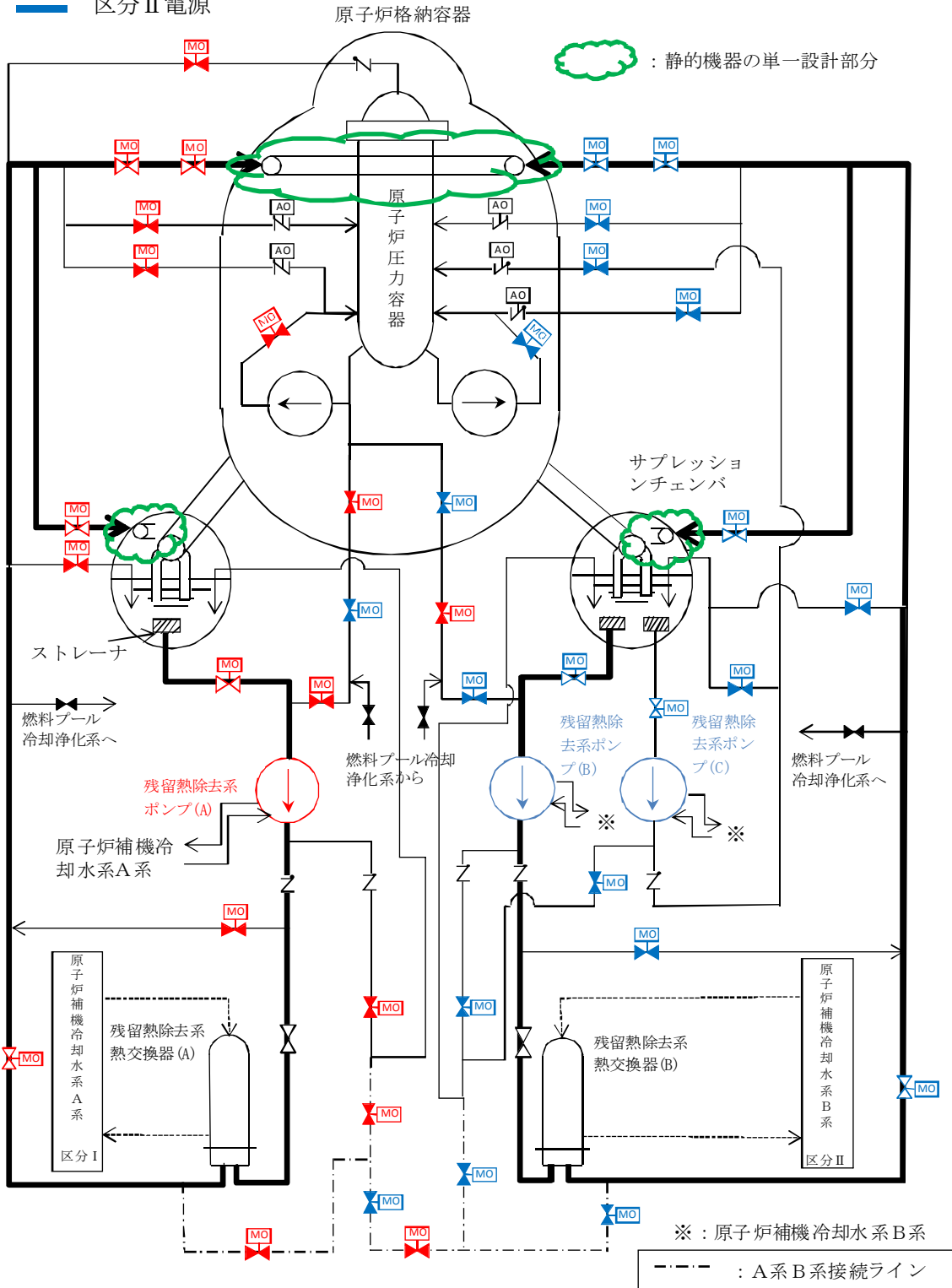
【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	非常用ガス処理系（A）室，（B）室用の空調機にはそれぞれの区分（A系：区分Ⅰ，B系：区分Ⅱ）に応じた電源，冷却水が供給されている。
-----	---

非常用ガス処理系 系統概略図

— 区分 I 電源

— 区分 II 電源

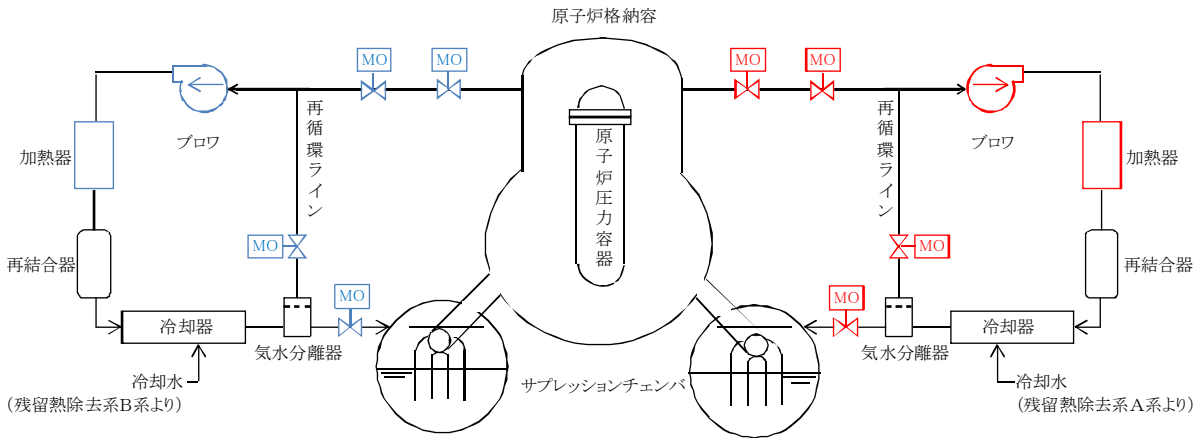


【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	残留熱除去系 (A), (B) 各ポンプ室用の空調機にはそれぞれの区分 (A系：区分 I, B系：区分 II) に応じた電源, 冷却水が供給されている。
-----	--

残留熱除去系 (格納容器スプレイ冷却モード) 系統概略図

— 区分Ⅰ電源
 — 区分Ⅱ電源

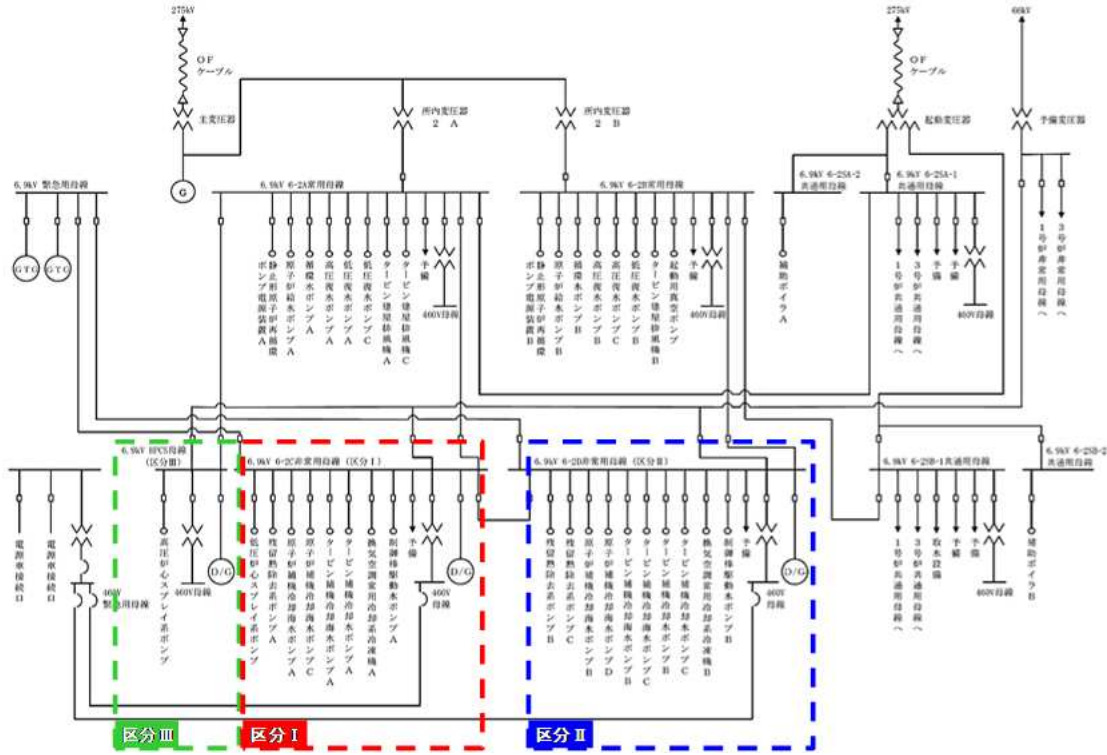


【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	可燃性ガス濃度制御系（A）室，（B）室用の空調機にはそれぞれの区分（A系：区分Ⅰ， B系：区分Ⅱ）に応じた電源，冷却水が供給されている。
-----	--

可燃性ガス濃度制御系 系統概略図

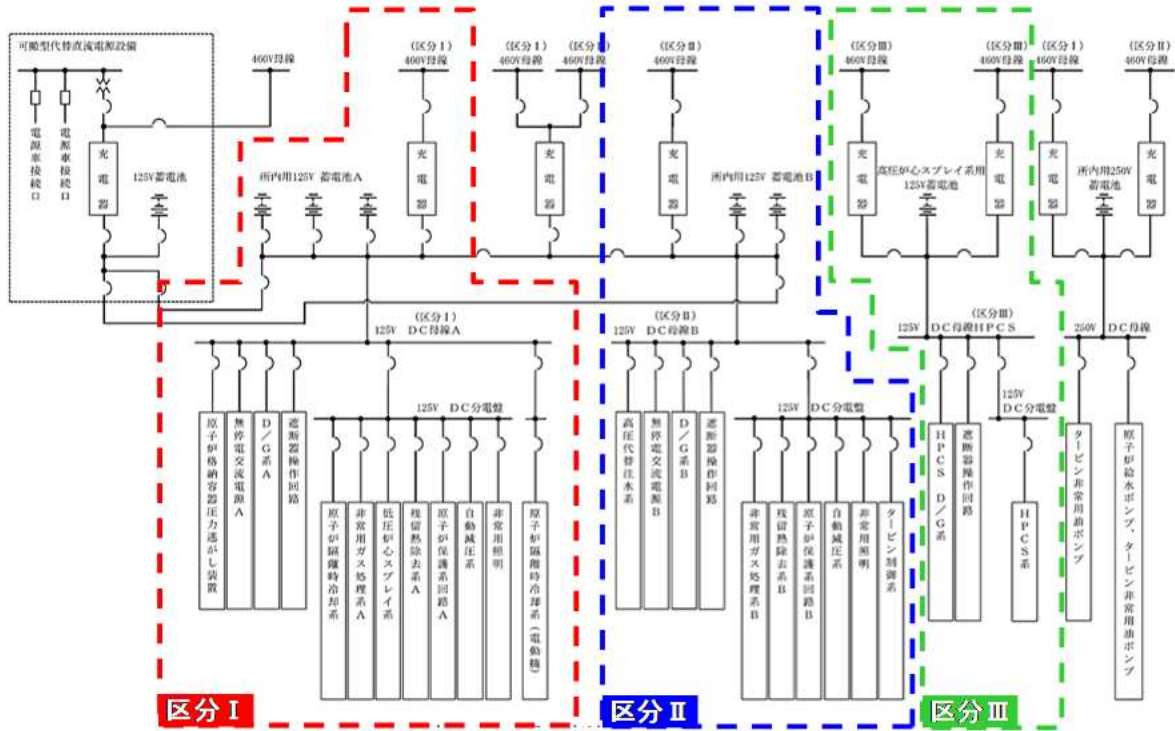
- : 非常用所内電源設備 (区分Ⅰ)
- : 非常用所内電源設備 (区分Ⅱ)
- : 非常用所内電源設備 (区分Ⅲ)



【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	各区分の非常用電気品室用の空調機にはそれぞれの区分に応じた電源、冷却水が供給されている。
-----	--

非常用所内電源設備 系統概略図



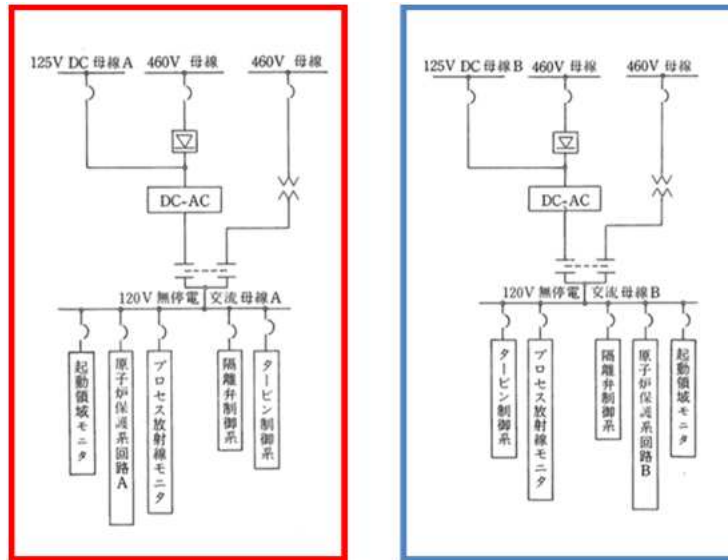
【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	各区分の直流バッテリー室はそれぞれの区分に応じた電源、冷却水で駆動される空調機により空調される。
-----	--

非常用所内電源設備（直流電源系） 系統概略図

— : 計装用電源設備 (区分 I)

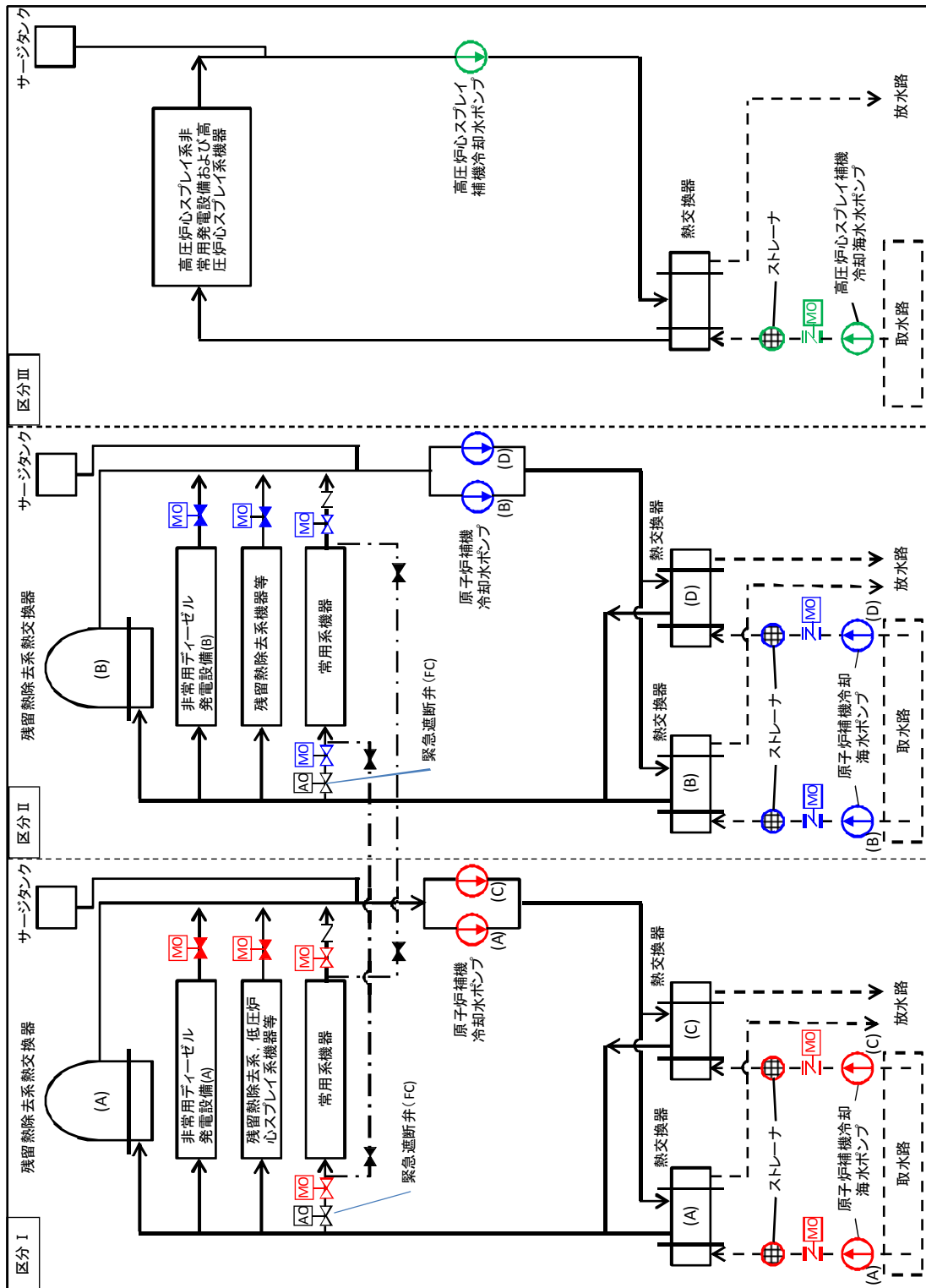
— : 計装用電源設備 (区分 II)



【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	各区分の計測制御電源室用の空調機にはそれぞれの区分に応じた電源、冷却水が供給されている。
-----	--

計装用電源設備 系統概略図



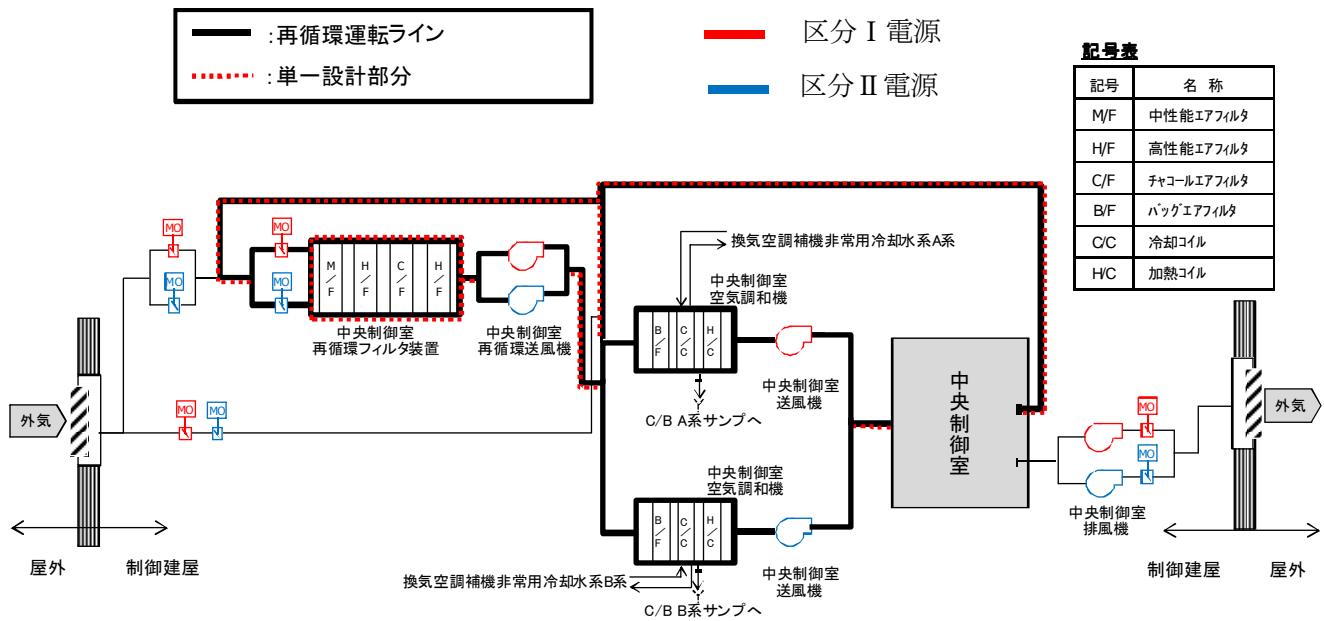
原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および
 高圧炉心スプレー補機冷却水系／高圧炉心スプレー補機冷却海水系 系統概略図

【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	原子炉補機冷却水ポンプ (A), (B) 室および高圧炉心スプレー補機冷却水ポンプ室用の空調機にはそれぞれの区分に応じた電源, 冷却水が供給されている。
-----	--

- 区分 I 電源
- 区分 II 電源
- 区分 III 電源

— : 淡水 - - - : 海水 - · - · : タイライン



【その他 運転継続に必要な設備】

空調機	各区分の制御建屋空調機械室用の空調機にはそれぞれの区分に応じた電源、冷却水が供給されている。
-----	--

中央制御室換気空調系 系統概略図

No.5【指摘事項：129-5】

- ・現場での手動操作の必要がある場合、被ばく等の観点からの操作の成立性及び安全解析上での時間余裕を説明すること。

1. 回答

残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）の吸込み側の隔離弁（格納容器外弁）はトーラス室に設置されており、遠隔での操作が不能な場合は、人力で操作することで、弁を開閉することが可能である。原子炉停止時冷却モードは、冷温停止とするための機能である。ここでは、最も厳しい状態として、事故収束後に本機能を使用する場合を想定した評価を実施した。

以下に評価条件と評価結果を示す。

(1) 温度評価

a. 評価条件

(a) サプレッションチェンバプール水温度評価

- ・原子炉停止後、30分間、高圧炉心スプレイ系または原子炉隔離時冷却系を用いた原子炉への注水を実施
- ・その後、主蒸気逃し安全弁により55°C/hで原子炉圧力を1.04MPa[gage]まで減圧
- ・原子炉停止30分後から残留熱除去系（サプレッションプール水冷却モード）1系統で冷却

(b) トーラス室温評価条件

- ・サプレッションチェンバ気相部および液相部からの伝熱を想定
- ・サプレッションチェンバ内の熱はシェルを介してトーラス室に放出
- ・トーラス室の熱は、コンクリートを介してトーラス室外に放出
- ・トーラス室外の温度は37°C

b. 評価結果

評価の結果、サプレッションチェンバ内のプール水温度は、約84°Cまで上昇するが、サプレッションプール冷却モードにより徐々に低下し、9日後には約53°Cとなり、最高使用温度104°Cを下回ることを確認した。また、このときのトーラス室内の温度は、約50°Cとなることを確認した。

サプレッションチェンバプール水温の評価結果を図1に、トーラス室温の評価結果を図2に示す。

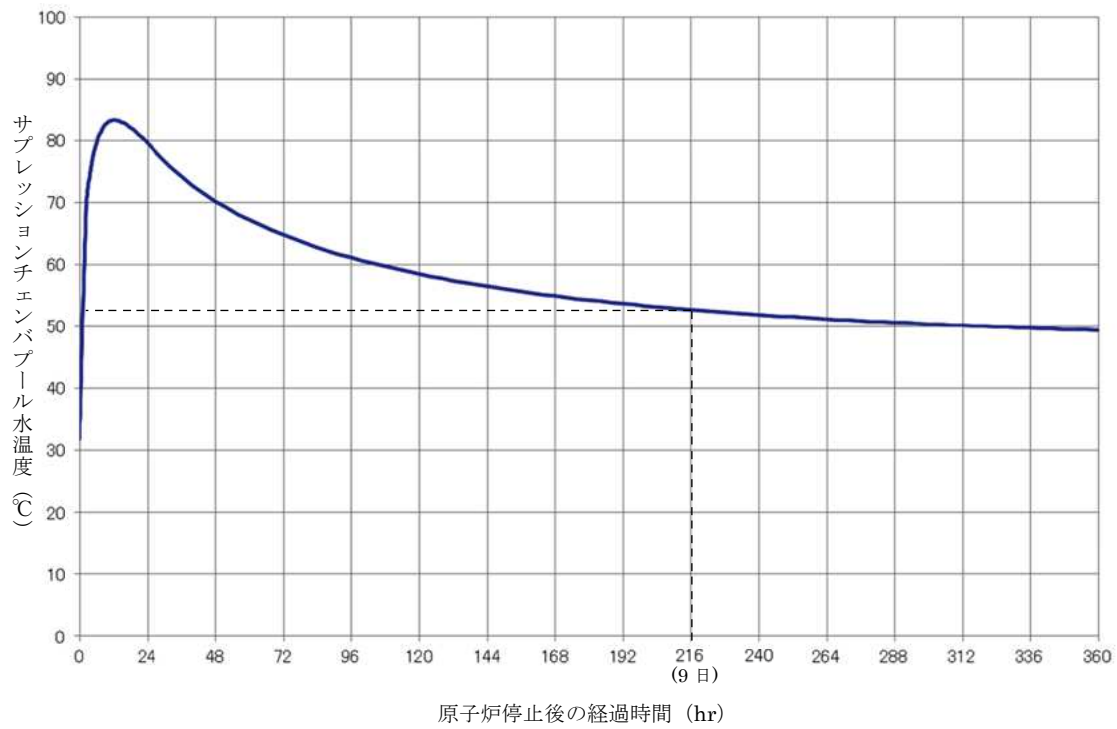


図1 サプレッションチェンバプール水温度

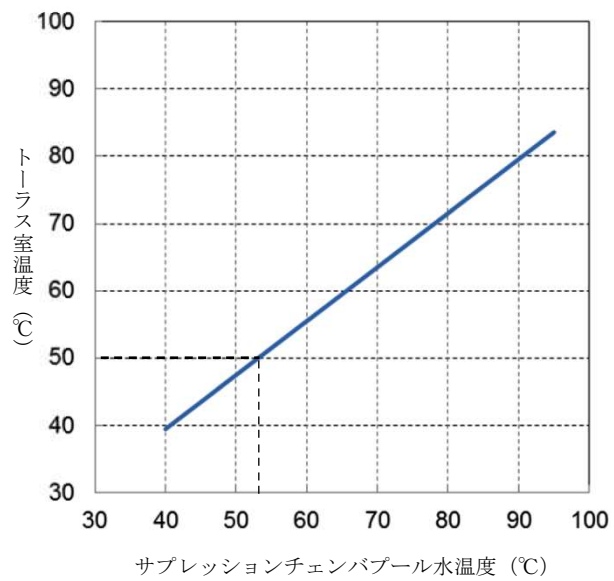


図2 トーラス室温度

(2) 線量評価

トラス室の線量評価に用いた条件および結果を以下に示す。

a. 評価条件

- ・各種事故（原子炉冷却材喪失）時における放出量を前提
- ・サプレッションチェンバへの希ガス移行量は MAAP 解析に基づく
- ・トラス室の線量は，保守的にサプレッションチェンバ内の線量に等しいとして評価

b. 評価結果

事故を想定した時の，サプレッションチェンバ内の γ 線線量率を図3に示す。原子炉停止7日後には，線量率は約15mSv/hになるため，操作に必要な時間20分を考慮しても，人力での隔離弁の開閉操作は十分可能である。

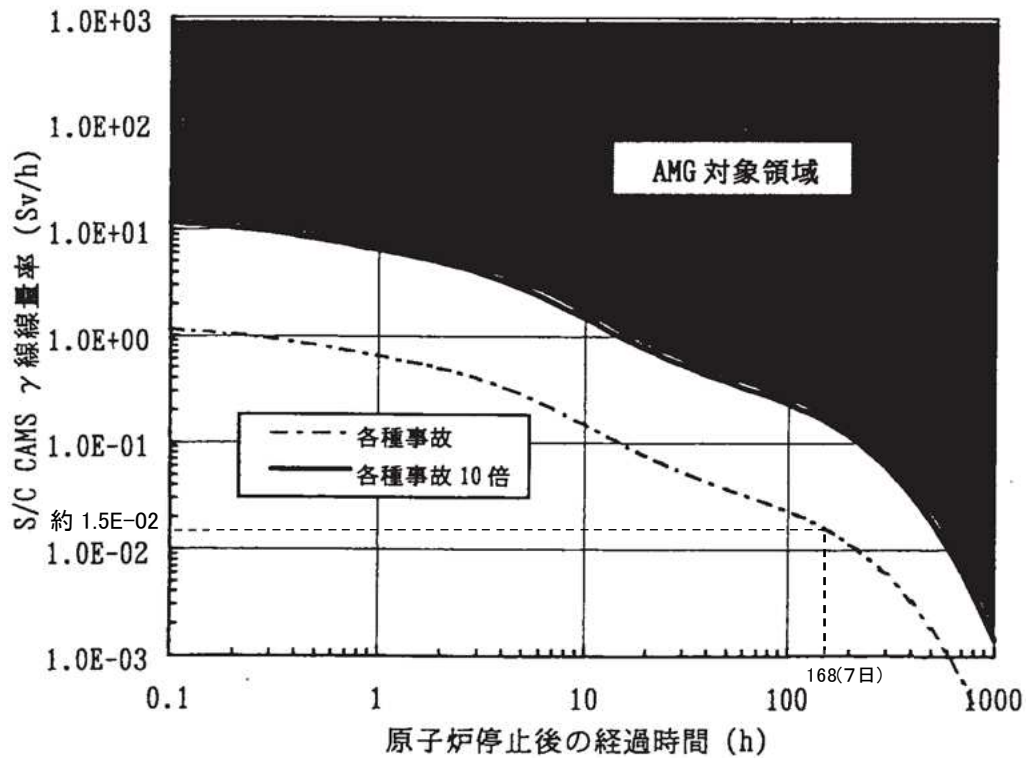


図3 S/C領域の γ 線線量率

【補足説明資料 10 参照】

No.6 【指摘事項：129-6】

・2Fの知見を参考にしているところは、2Fの知見を示すこと。

1. 回答

本検討において参考とした2Fの知見はない。

（補 足）

東京電力福島第二原子力発電所（以下、「2F」）では、東北地方太平洋沖地震後の設備点検により津波による機器の損傷の他、サブレーションプール水温度検出器の絶縁抵抗低下が確認されている。原因調査の結果、絶縁抵抗低下の原因は事故対応において外部水源からの注水によるサブレーションプール水位上昇により、格納容器内に設置されている中継端子箱が冠水したことによるものと判明している。

本事象は重大事故等発生時においては発生する可能性があるものの、設計基準事故時にはサブレーションプール水位高で非常用炉心冷却系の水源が切替る等、サブレーションプール水位は異常に上昇しないため中継端子箱が水没することはない。

No.7【指摘事項：129-7】

- ・軽微な破断の場合を含め故障箇所を確実に検知可能であるということを詳細に説明すること。（狭隘部の有無，全周破断以外の場合等）その際，被ばく評価結果も踏まえて説明すること。

No.14【指摘事項：151-1】

- ・配管破断等の覚知の実現性について，監視項目や監視内容を明確にしたうえで説明すること。

No.24【指摘事項：151-11】

- ・単一故障を検知するまでの時間について，考え方を整理して説明すること。

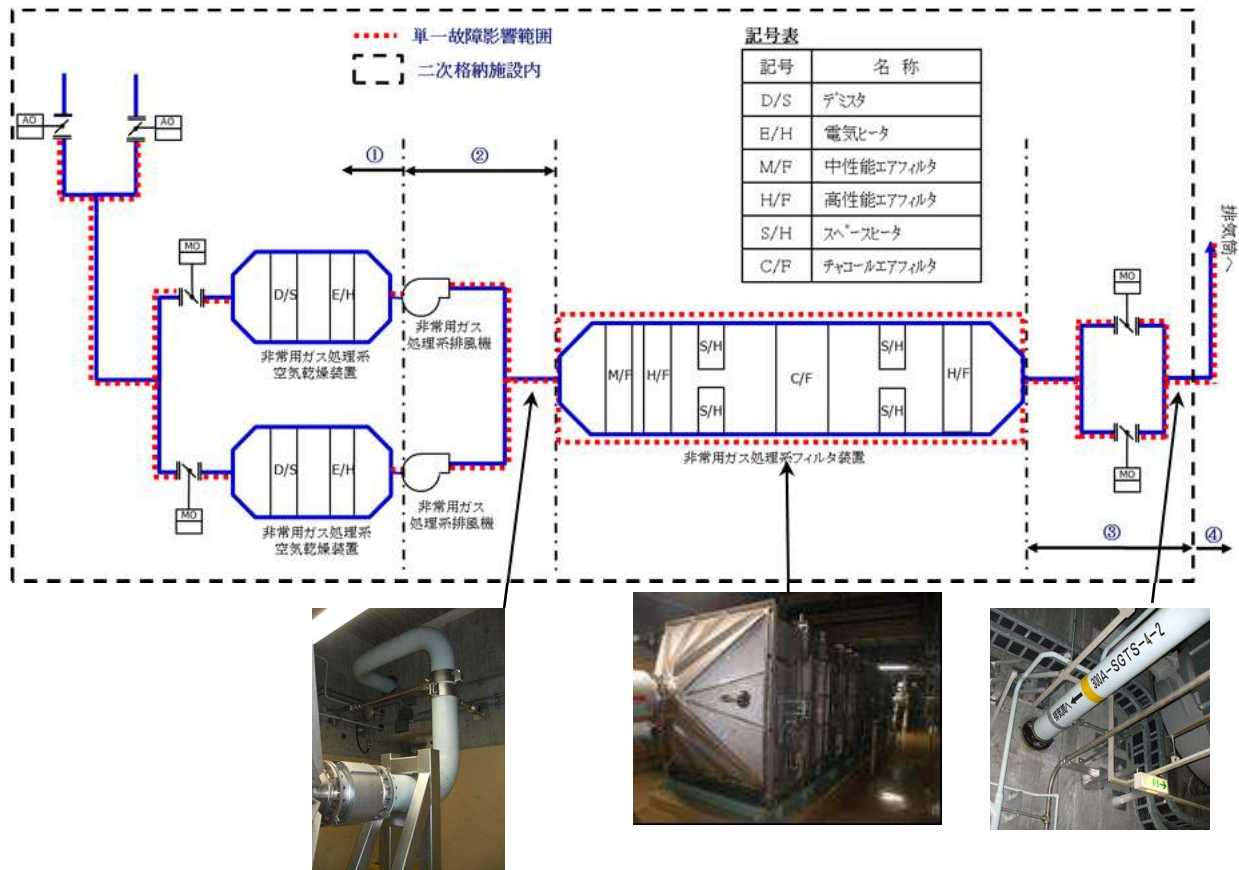
1. 回答**(1) 非常用ガス処理系**

非常用ガス処理系（以下，SGTS）配管の全周破断が発生した場合，中央制御室での確認（エリア放射線モニタ指示値変動，建屋差圧変動およびSGTSトレイン出口流量の変動）及びSGTS起動後1回/日実施する現場パトロール（視覚，聴覚，触覚）により故障発生1日以内に検知は可能である。（図1，図2，表1参照）

部分破損（10%漏えい破損を想定）の場合も損傷部から吹き出す風量が250m³/h程度，穴径は約94mmとなることから高所，死角となる範囲に吹流し等を用いて確認することにより，現場パトロールで検知は可能である。

また，フィルタ本体の閉塞が発生した場合は中央制御室での確認（SGTSトレイン出口流量の指示値低下）及び現場パトロールによるフィルタ差圧確認により検知は可能である。

なお，配管破断又はフィルタ閉塞発生直後のフィルタトレイン室では，原子炉冷却材喪失事故時には，原子炉建屋原子炉棟内に原子炉格納容器から漏えいした放射性物質による線量率（約 4.6×10^{-2} mSv/h）に加えて，フィルタに捕集された放射性物質からの直接ガンマ線による線量率（約1.1mSv/h：表面から1m位置）を考慮しても約1.2mSv/hであるため，現場パトロールは可能である。



検知性	
①	中央制御室での確認（エリア放射線モニタの指示値変動，SGTS トレイン出口流量変動，建屋差圧変動），現場パトロール（視覚，聴覚，触覚）により，全周破断箇所の特特定が可能
②③	中央制御室での確認（エリア放射線モニタ指示値変動，SGTS トレイン出口流量変動，建屋差圧変動，SGTS プロセス放射線モニタ指示値変動），現場パトロール（視覚，聴覚，触覚）により，全周破断箇所の特特定が可能
④	中央制御室での確認（SGTS トレイン出口流量変動，建屋差圧変動，SGTS プロセス放射線モニタ指示値変動），現場パトロール（視覚，聴覚，触覚）により，全周破断箇所の特特定が可能

図1 故障箇所の検知性

表 1 監視計器仕様

監視計器	測定範囲	警報設定値	備考
エリア放射線モニタ (CH1, 2, 4~8)	$10^{-4} \sim 1$ mSv/h	10^{-2} mSv/h 以上	
エリア放射線モニタ (CH3)	$1 \sim 10^4$ mSv/h	6.80 mSv/h 以上	
原子炉建屋外気間差圧 (北側), (西側), (南側), (東側)	-500~100 Pa	差压低 -70 Pa 以上 差圧高 -440 Pa 以下	負圧管理値 -60 Pa 以下
SGTS トレイン出口流量	0~5000 m ³ /h	低 1500 m ³ /h 以下 高 2750 m ³ /h 以上	系統風量 2500 m ³ /h
SGTS プロセス放射線モニタ	$10^{-13} \sim 10^{-6}$ A	高高 1.40×10^{-12} A 以上 高 7.00×10^{-13} A 以上	通常時バック グラウンド 2.34×10^{-13} A

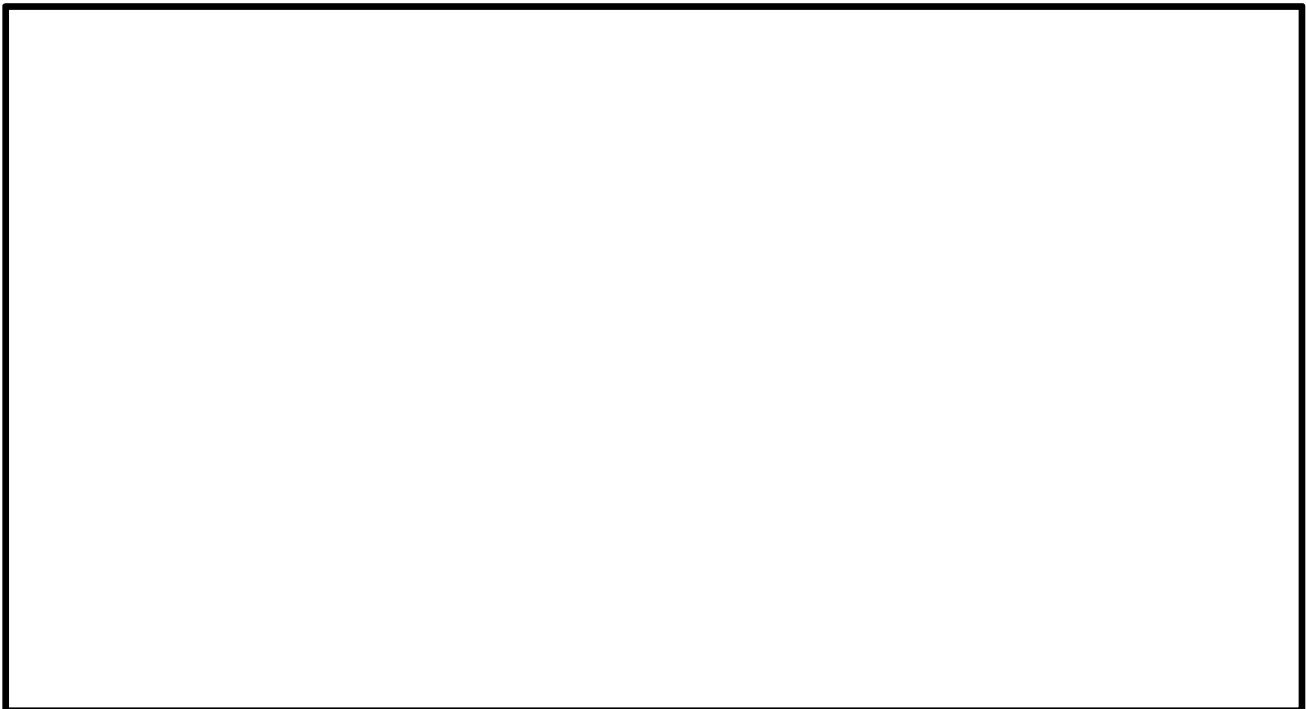


図 2 放射線モニタ設置場所

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

(2) 中央制御室換気空調系

中央制御室換気空調系ダクトの全周破断が発生した場合、中央制御室での確認（中央制御室エリア放射線モニタの指示値上昇、通風口からの破断音）及び中央制御室換気空調系が再循環運転となった後、1回/日実施する現場パトロール（視覚、聴覚、触覚）により故障発生1日以内で検知は可能である。（表2、図3参照）

部分破損（10%漏えい破損を想定）の場合も損傷部から吹き出す風量が800m³/h程度、穴径は約205mmとなることから高所、死角となる範囲に吹流し等を用いることにより現場パトロールで検知は可能である。

また、フィルタ本体の閉塞が発生した場合は中央制御室での確認（中央制御室エリア放射線モニタの指示値上昇）及び現場パトロールによるフィルタ差圧確認により検知は可能である。

なお、ダクト破断又はフィルタ閉塞発生直後の再循環フィルタユニット室では、原子炉冷却材喪失事故（仮想事故）時に室内に取り込まれた放射性物質等による線量率（約7.6×10⁻²mSv/h）に加えて、フィルタに捕集された放射性物質からの直接ガンマ線による線量率（約1.5mSv/h：表面から1m位置）を考慮しても約9.1×10⁻²mSv/hであるため、現場パトロールは可能である。

表2 中央制御室エリア放射線モニタ仕様

監視計器	測定範囲	警報設定値	備考
エリア放射線モニタ (CH42)	10 ⁻⁴ ~1 mSv/h	10 ⁻² mSv/h 以上	



図3 中央制御室エリア放射線モニタ設置場所

【本文2.2(3)a.(b)、本文2.3(3)a.(b)、補足説明資料4、補足説明資料5、補足説明資料12参照】

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

No.8 【指摘事項：129-8】

・ S G T S 等の弁を閉めなければならないときの操作について説明すること。
--

1. 回答

（1）非常用ガス処理系の修復作業時の操作について

修復作業を実施するに当たり、必要となる安全処置としては、ファンの電源断及びスイッチの停止操作のみであり、手動による弁の閉止操作は必要ない。

（2）中央制御室換気空調系の修復作業時の操作について

修復作業を実施するに当たり、必要となる安全処置としては、ファンの電源断及びスイッチの停止操作のみであり、手動による弁の閉止操作は必要ない。

【本文2.2（3）a.（c）、本文2.2（3）b.（c）、本文2.3（3）a.（c）、本文2.3（3）b.（c）】

No.15【指摘事項：151-2】

- ・修復方法が技術的に妥当であることを示すこと。

No.18【指摘事項：151-5】

- ・修復作業工程について、タイムチャートとともに要員配置等を含めた作業例を示し、特に被ばく評価の観点から、修復作業の実現性について説明すること。

1. 回答

修復作業の実現性を確認するため、非常用ガス処理系及び中央制御室換気空調系の修復方法及び作業工程について検討を実施した。その結果、作業員被ばくの観点からも十分修復作業が可能であることを確認した。また、作業工程成立性の確認のため、足場設置のモックアップを実施し、足場設置期間の妥当性を確認した。今後、修復作業のモックアップについても実施する。

なお、修復作業に使用する資機材については使用環境（耐圧性、耐熱性）を考慮したものを予め発電所構内に準備する。

【本文 2.2（3） a.（c）， 本文 2.3（3） a.（c）， 補足説明資料 4 参照】

2. 資料

- （1）別紙 1 静的機器単一故障に係る修復方法及び作業工程
- （2）別紙 2 修復に係る足場設置モックアップについて

静的機器単一故障に係る修復方法及び作業工程

(1) 非常用ガス処理系の修復方法

a. 露出配管部（直管部，エルボ部，分岐・合流部）の修復方法

露出配管部の修復手順（図1）を次に示す。また，修復手順の詳細について，直管部の作業イメージを図2に示す。

- ① 修復箇所の作業性を確保する。（高所の場合は足場設置）
- ② 配管破断箇所を整形（クランプを容易にするため，破断面を切断し，整形する。）
- ③ 予め用意している予備配管またはブーツラバーを，修復箇所の寸法に合わせ加工する。
- ④ 配管またはブーツラバーの芯を合わせ，クランプにより固定する。

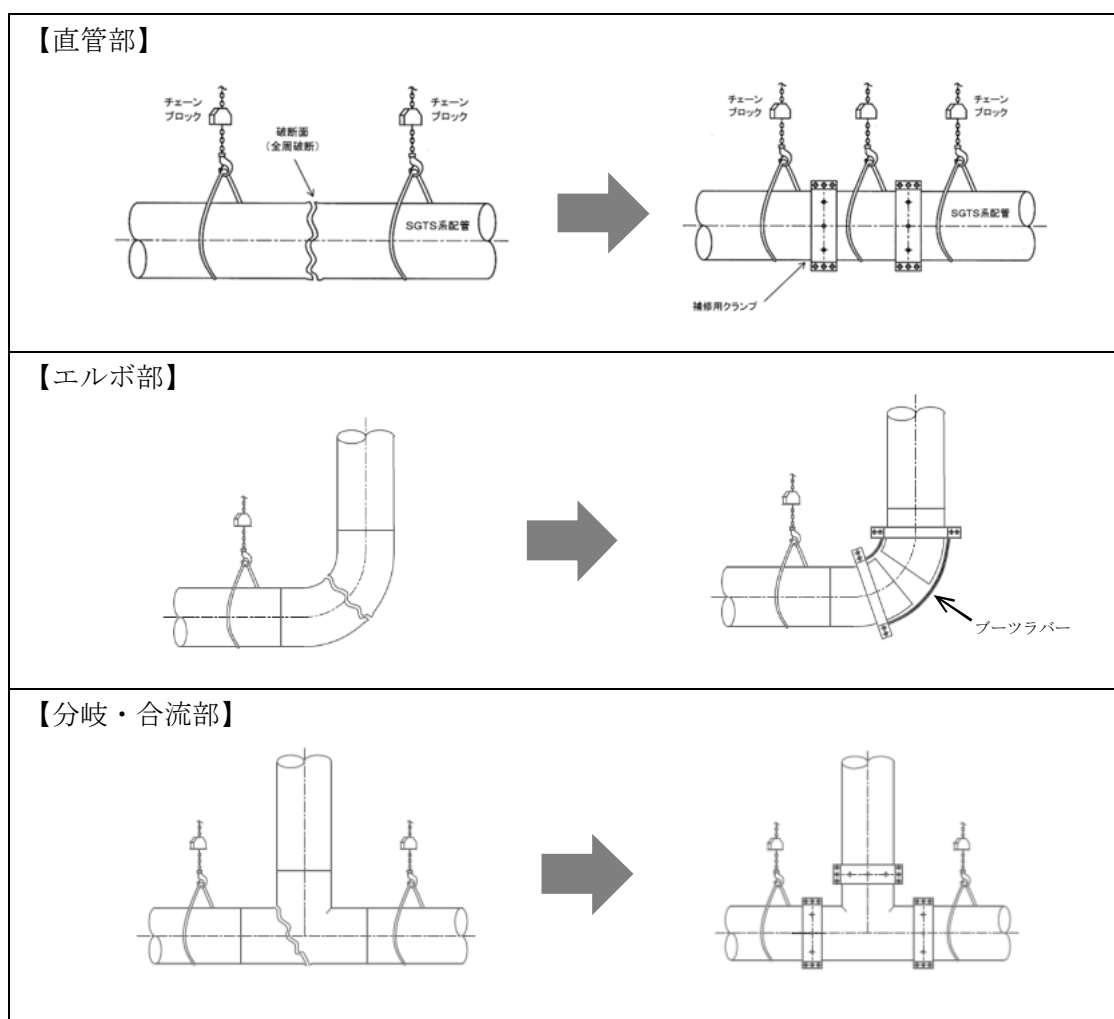


図1 露出配管部（直管部，エルボ部，分岐・合流部）の修復方法

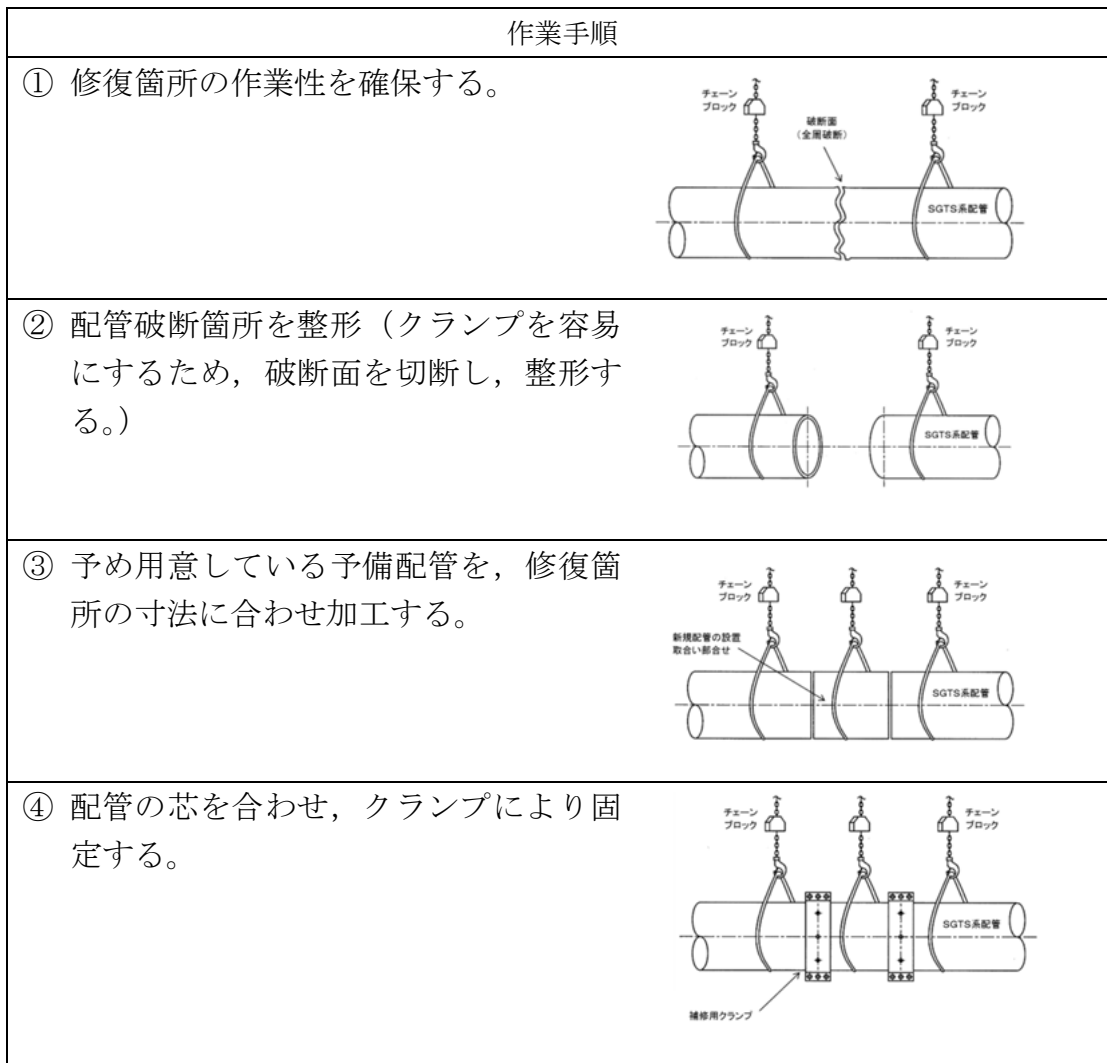
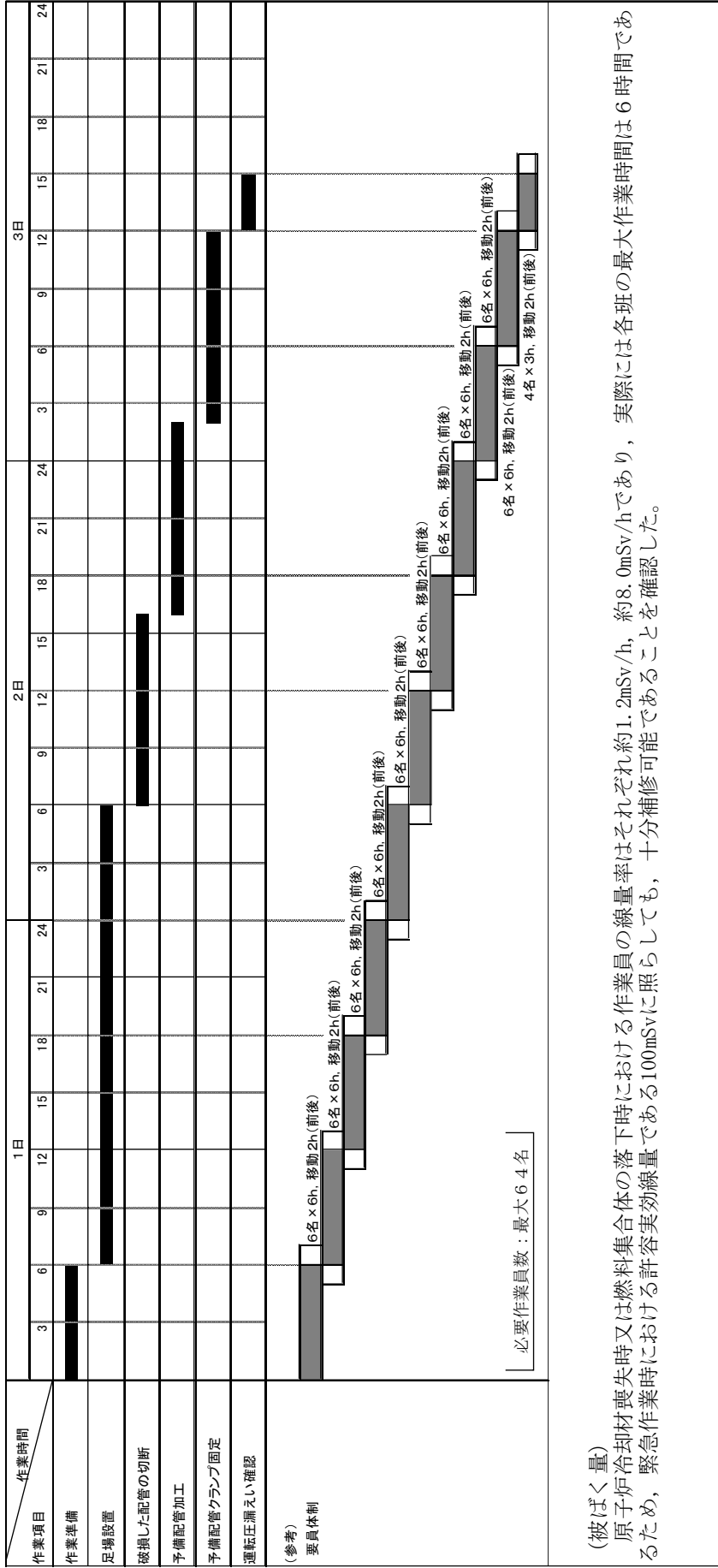


図2 露出配管（直管部）の修復手順イメージ



(被ばく量)
 原子炉炉冷却材喪失時又は燃料集合体の落下時における作業員の線量率はそれぞれ約1.2mSv/h, 約8.0mSv/hであり, 実際には各班の最大作業時間は6時間であるため, 緊急作業時における許容実効線量である100mSvに照らしても, 十分補修可能であることを確認した。

図3 非常用ガス処理系露出配管の修復期間

b. 躯体貫通部の修復方法

躯体貫通部の全周破断部の修復手順を次に示す。(図4, 5)

(a) シーリングユニット工法 (図4)

- ① 修復箇所の作業性を確保する。(高所の場合は足場設置)
- ② 貫通スリーブと配管の隙間にシーリングユニットを設置し, 固定する。

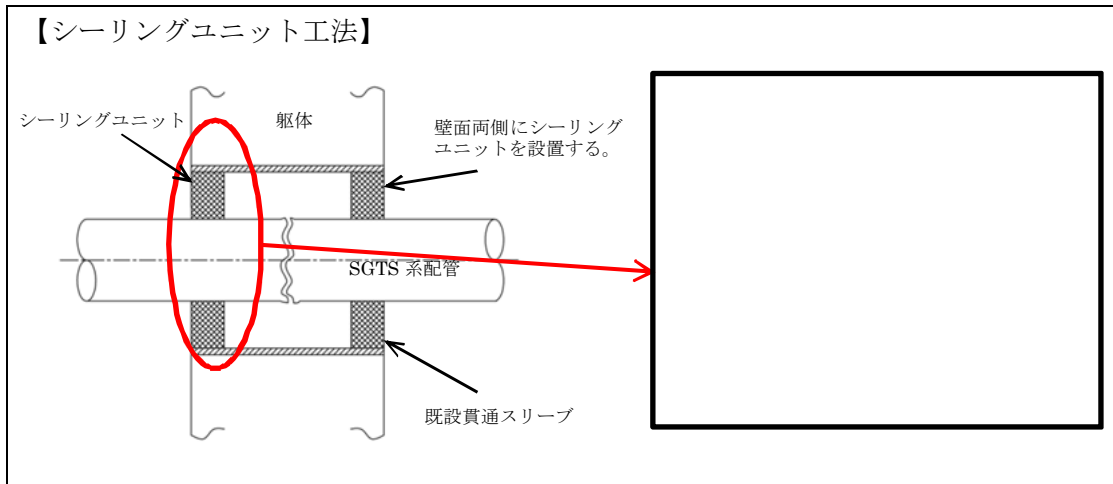


図4 躯体貫通部修復方法 (シーリングユニット工法)

(b) 充填剤注入工法 (図5)

- ① 修復箇所の作業性を確保する。(高所の場合は足場設置)
- ② 躯体貫通スリーブ内にバックアップ材を設置する。
- ③ 躯体貫通部両側に閉止鋼板を設置する。
- ④ 充填剤注入口から充填剤を注入する。

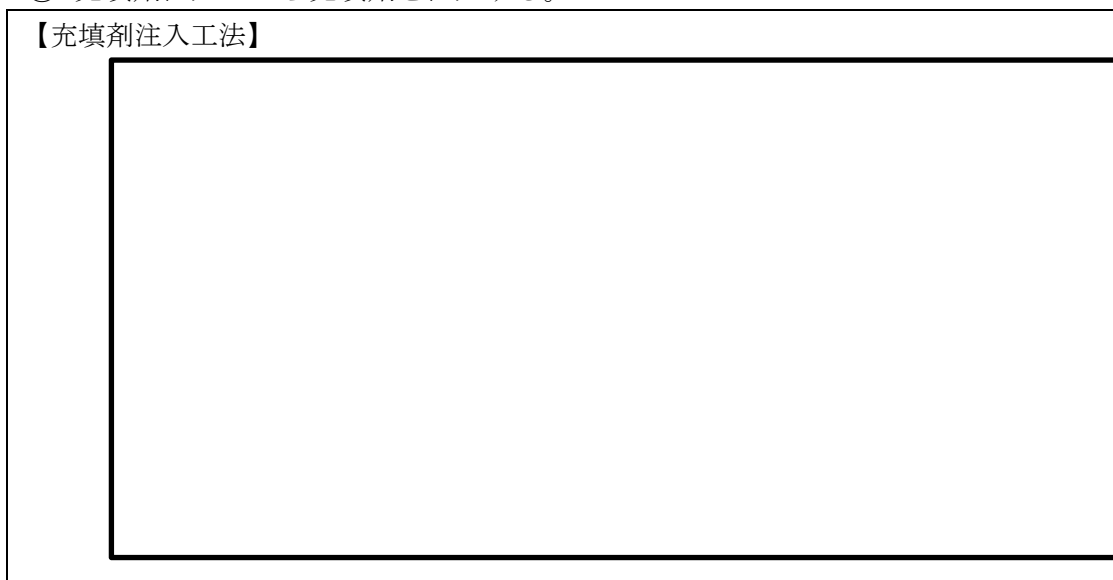


図5 躯体貫通部修復方法 (充填剤注入工法)

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

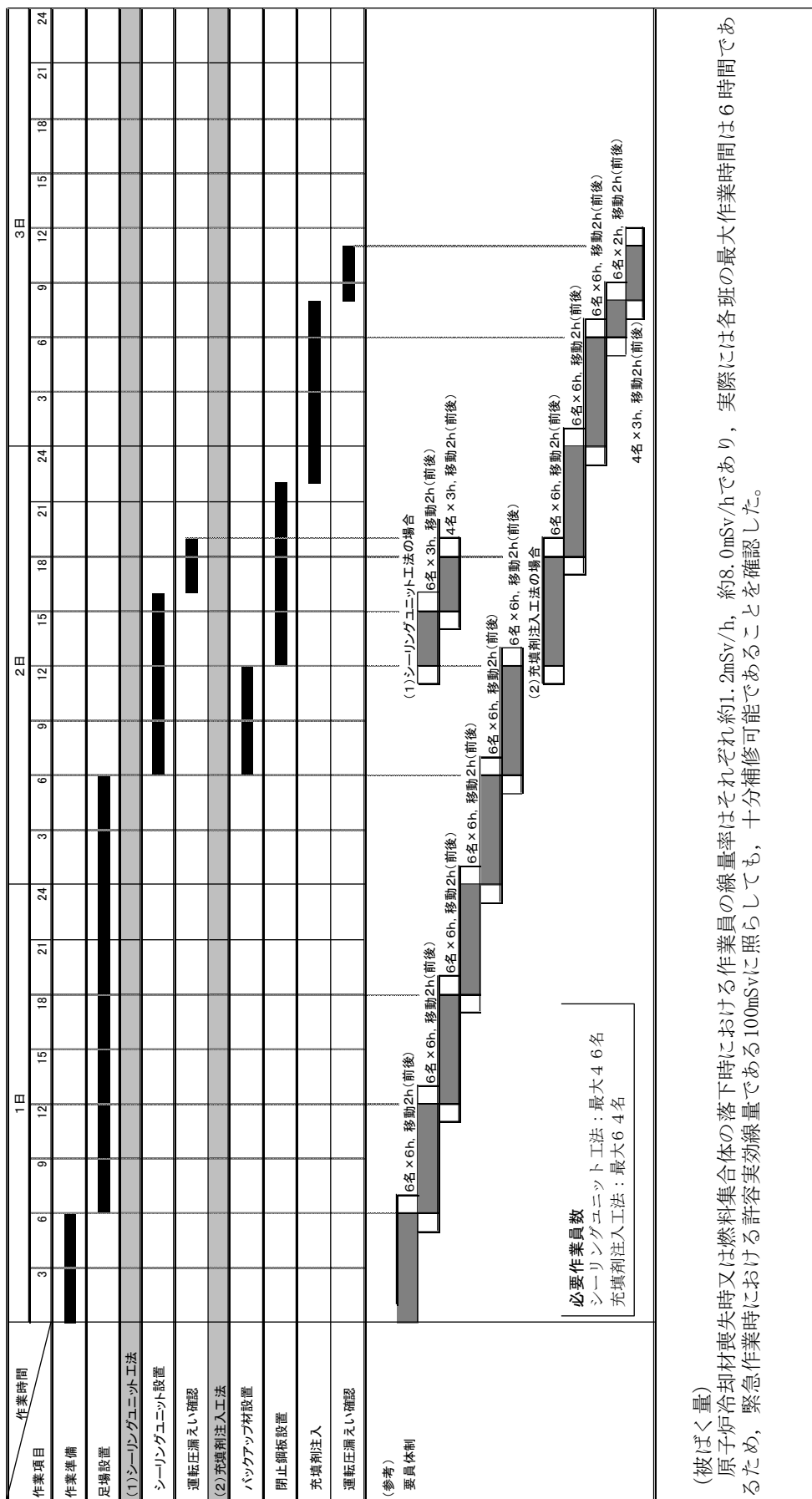


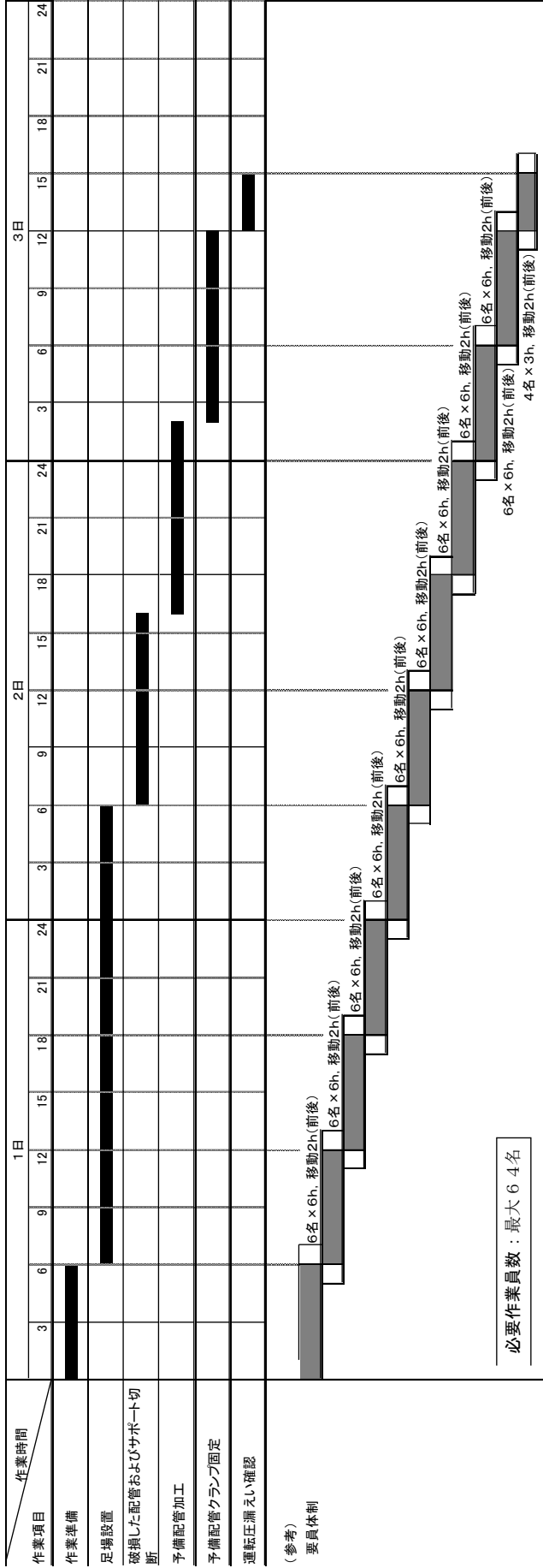
図6 非常用ガス処理系躯体貫通部の修復期間

c. サポート部の修復方法

サポート部の全周破断部の修復手順を図7に示す。

作業手順	
① サポート部を切断，撤去するとともに，配管破断部の近傍は，仮支持のためのチェンブロック等を設置する。	
② 配管破断部の両端を切断する。	
③ 予め用意している予備配管を，修復箇所の寸法に合わせ加工する。	
④ 配管の芯を合わせ，クランプにより固定する。	

図7 サポート部の修復手順イメージ



(被ばく量)
 原子炉冷却材喪失時又は燃料集合体の落下時における作業員の線量率はそれぞれ約1.2mSv/h, 約8.0mSv/hであり, 実際には各班の最大作業時間は6時間であるため, 緊急作業時における許容実効線量である100mSvに照らしても, 十分補修可能であることを確認した。

図8 非常用ガス処理系配管サポート部の修復期間

(2) 中央制御室換気空調系の修復方法

a. ダクト外面を当て板により修復する方法

ダクト外面からの修復が可能な箇所の修復方法（図9）を次に示す。また、修復手順の詳細について、作業イメージを図10に示す。

- ① 修復箇所の作業性を確保する。（高所の場合は足場設置。保温材設置箇所は保温材取外し）
- ② ダクト破断箇所を覆うように、当て板をタッピンねじまたはブラインドリベットにて固定する。
- ③ 当て板とダクトの隙間からの空気漏えいを防ぐため、アルミテープまたはコーキングにて隙間を塞ぐ。

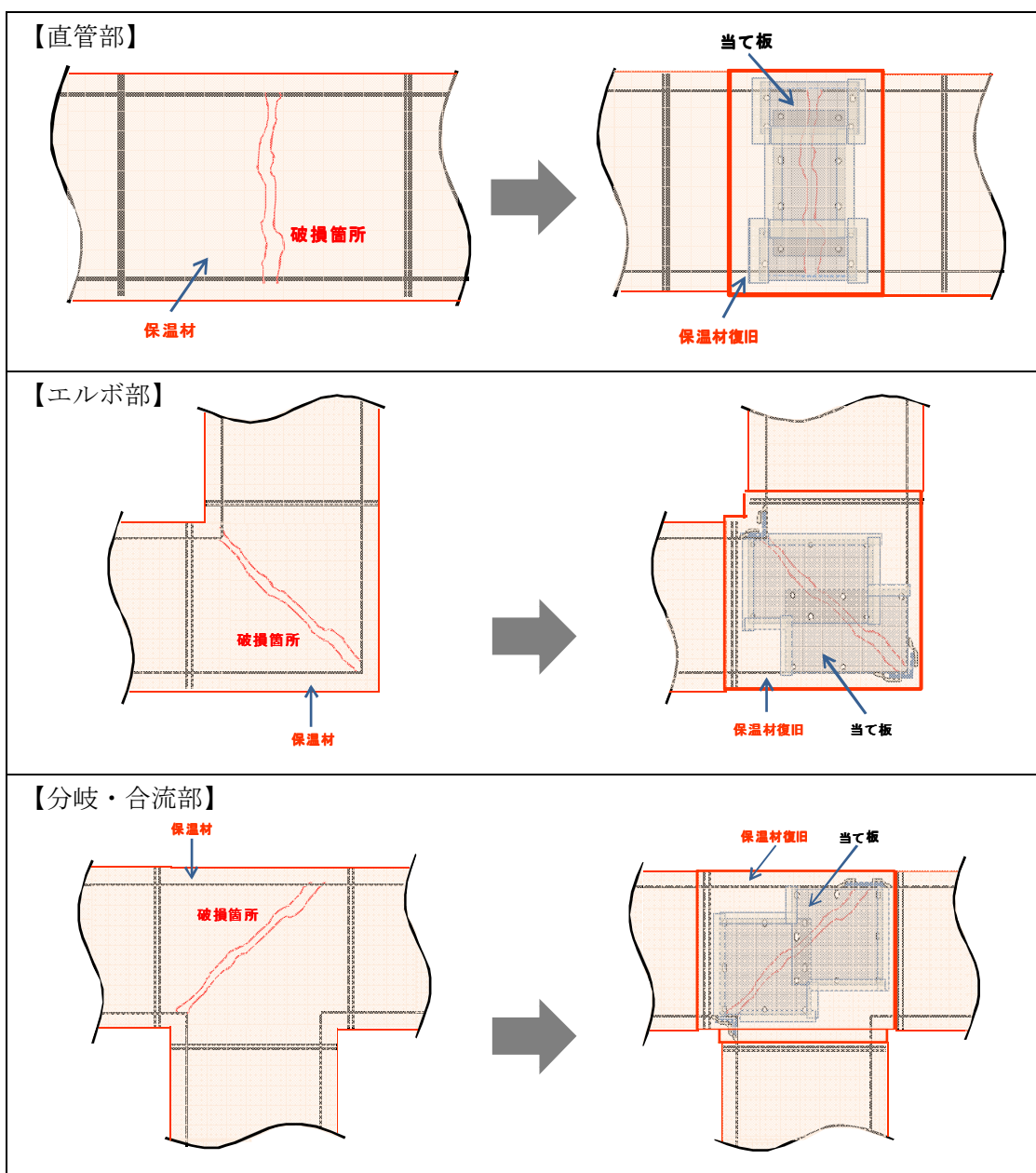


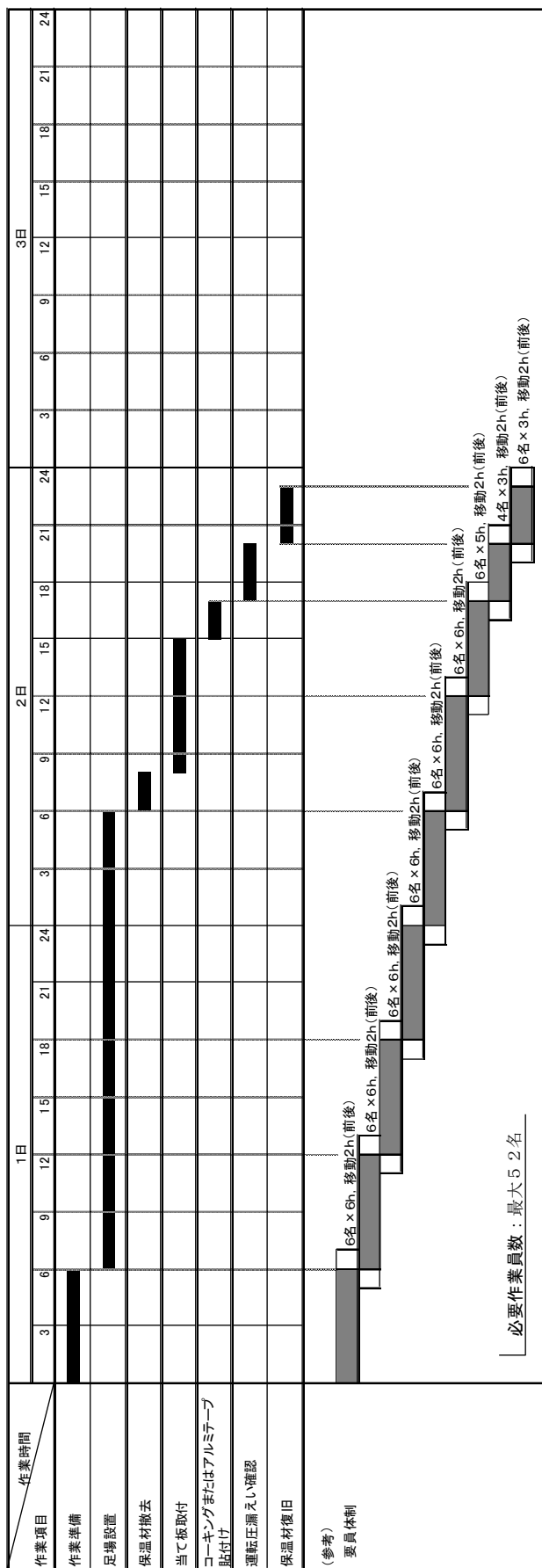
図9 ダクト外面を当て板により修復する方法

作業手順	
① 修復箇所の作業性を確保する。(高所の場合は足場設置。保温材設置箇所は保温材取外し)	
② ダクト破断箇所を覆うように、当て板をタッピンねじまたはブラインドリベットにて固定する。	
③ 当て板とダクトの隙間からの空気漏えいを防ぐため、アルミテープまたはコーキングにて隙間を塞ぐ。	
④ 保温材復旧 (保温材設置箇所)	

(補修資機材例)

<p>タッピンねじ</p>	<p>【かしまり図】 ブラインドリベット</p>
<p>アルミテープ</p>	<p>コーキング剤</p>

図10 ダクト外面からの修復手順イメージ



(被ばく量)

原子炉冷却材喪失（仮想事故ベース）時における作業員の線量率（フィルタ表面線量考慮）は約 $1.9 \times 10^{-1} \text{mSv/h}$ であり、実際には各班の最大作業時間は6時間であるため、緊急作業時における許容実効線量である 100mSv に照らしても、十分補修可能であることを確認した。

図 1.1 中央制御室換気空調系ダクトの修復期間（外面修復）

b. ダクト内面を当て板により修復する方法

サポート等干渉物によりダクト外面からの修復が困難な箇所は、ダクト内面にアクセスしダクト内面を当て板により修復する。修復手順（図12）を次に示す。

- ① 修復箇所の作業性を確保する。（高所の場合は足場設置。保温材設置箇所は保温材取外し）
- ② ダクト破断箇所近傍に点検扉がない場合には、ダクト破断箇所近傍にダクト内面アクセス用にダクト開口を設ける。または、近傍ダクト等を1スパン仮撤去する。
- ③ ダクト破断箇所を覆うように、当て板をタッピンねじまたはブラインドリベットにて固定する。
- ④ 当て板とダクトの隙間からの空気漏えいを防ぐため、アルミテープまたはコーキングにて隙間を塞ぐ。
- ⑤ ダクト内面アクセス用開口をダクト外面から当て板修復を行う。または、仮撤去した近傍ダクト等を復旧する。

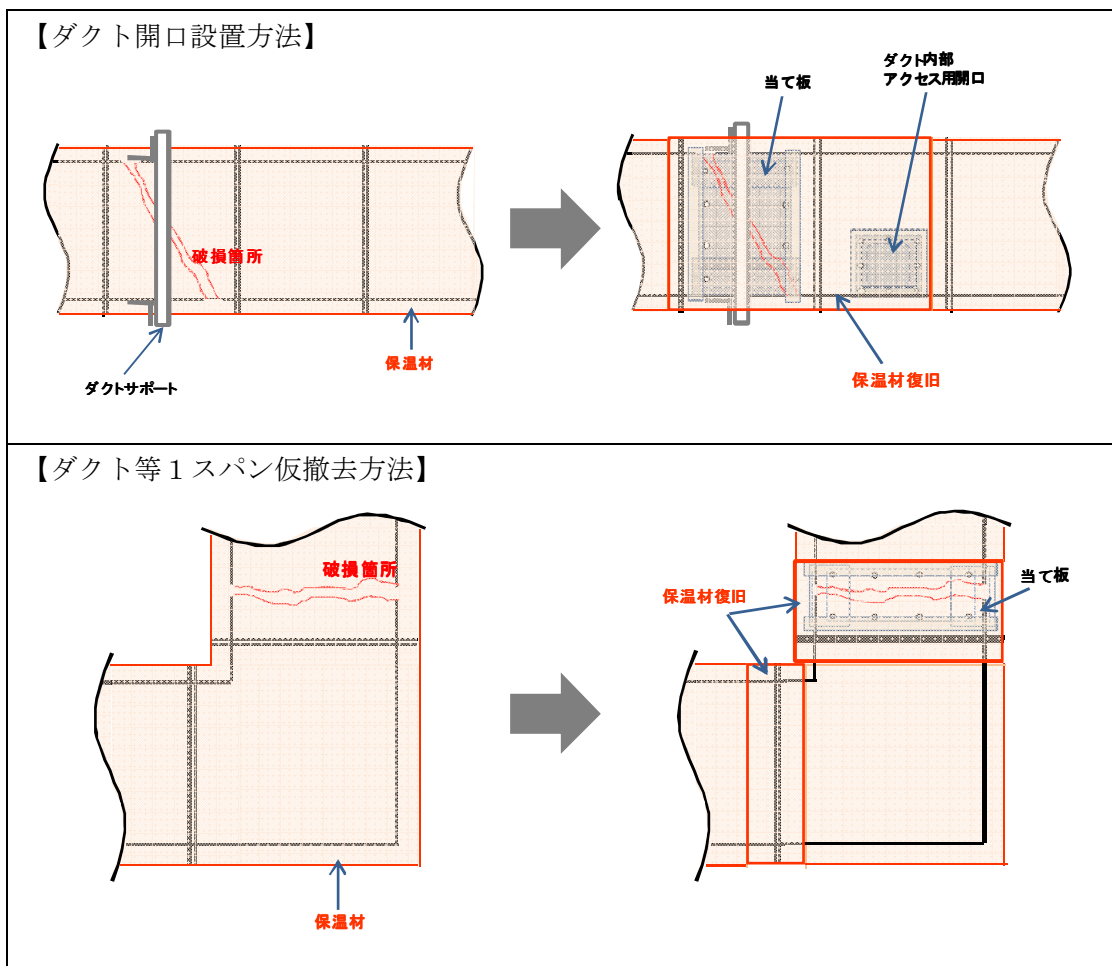


図12 ダクト内面を当て板により修復する方法

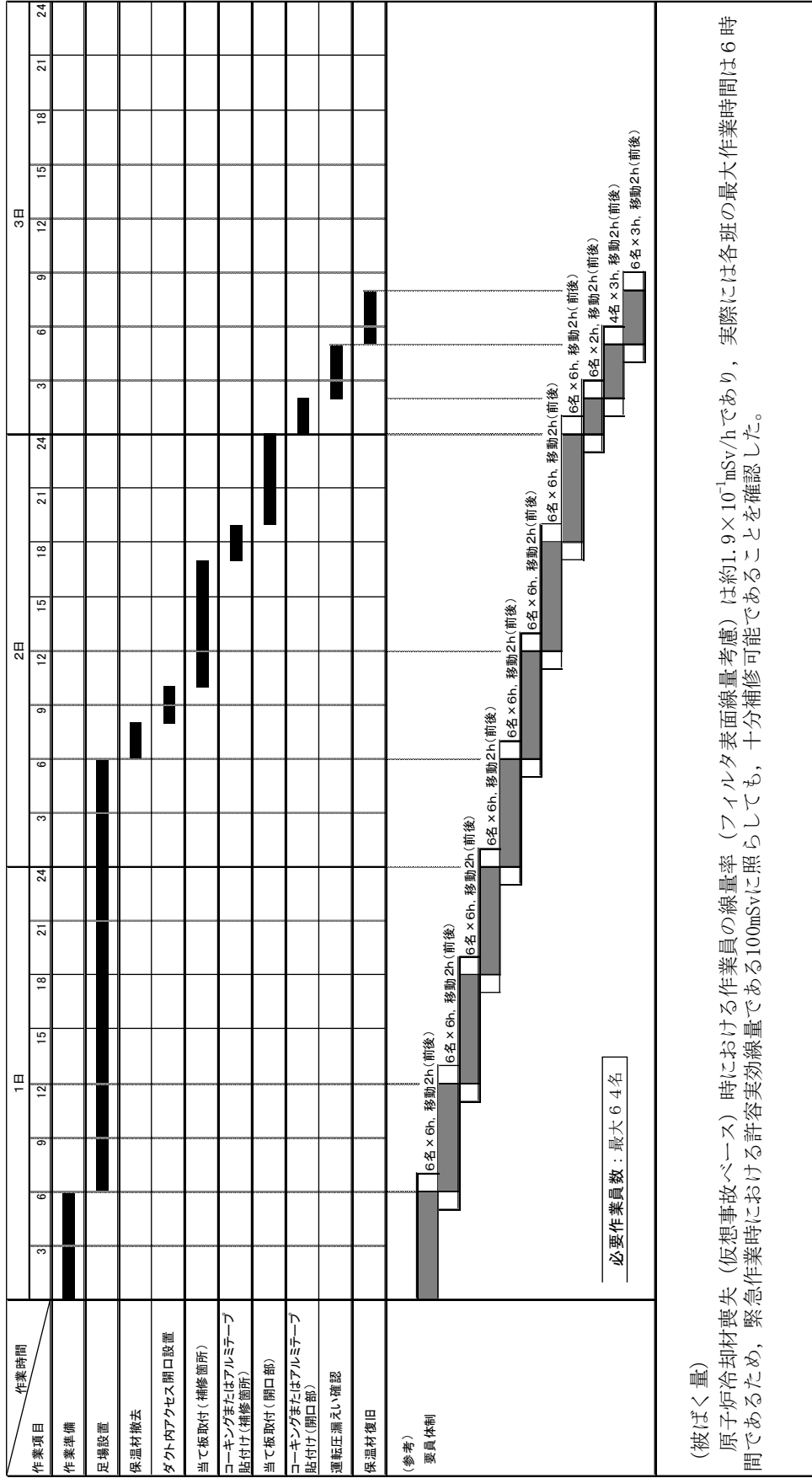


図13 中央制御室換気空調系ダクトの修復期間（内面修復）

c. 躯体貫通部を当て板により修復する方法

ダクト破断箇所が躯体貫通部である場合の修復方法（図14）を次に示す。

- ① 修復箇所の作業性を確保する。（高所の場合は足場設置。保温材設置箇所は保温材取外し）
- ② ダクトと躯体貫通部全体を覆うように、当て板（曲げ板）を取り付ける。
- ③ ダクト取合部の当て板をタッピンねじまたはブラインドリベットにて固定する。
- ④ 当て板とダクト及び躯体の隙間からの空気漏えいを防ぐため、アルミテープまたはコーキングにて隙間を塞ぐ。

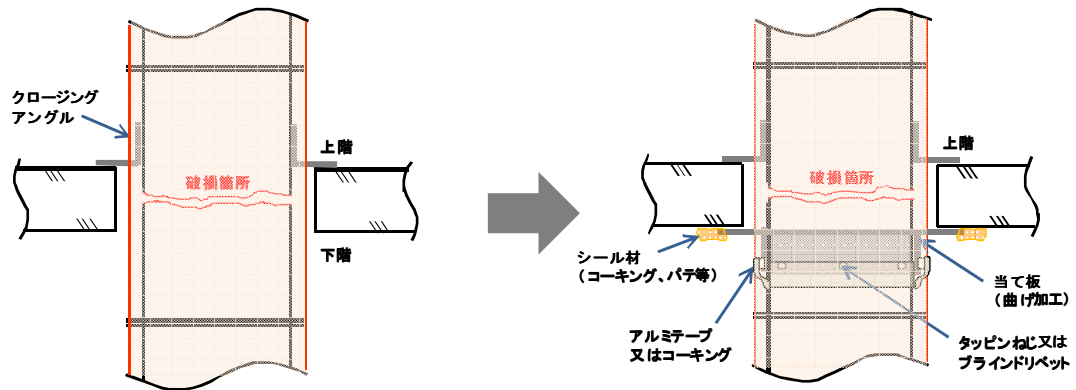


図14 ダクト（躯体貫通部）の修復方法

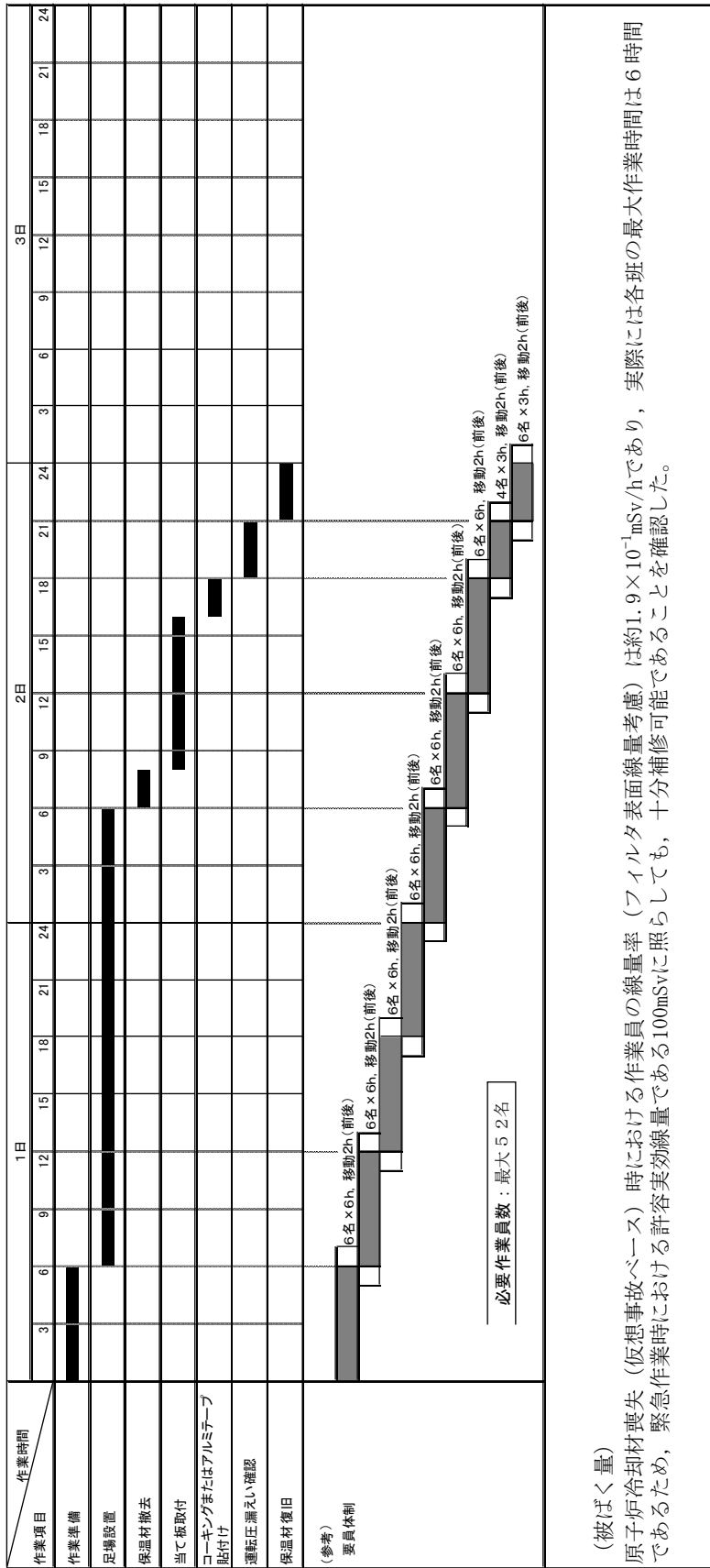


図 1 5 中央制御室換気空調系データの修復期間（躯体貫通部）

修復に係る足場設置モックアップについて

1. 目的

非常用ガス処理系及び中央制御室換気空調系に想定する故障箇所の修復について、高所等足場設置期間の妥当性を確認することを目的とし、足場設置に係る作業性(作業員、必要資機材、作業時間)のモックアップを行った。

なお、事故時環境下における作業を考慮し、全面マスク、タイベックを着用し実施した。

2. 非常用ガス処理系

(1) 足場設置モックアップ箇所の選定

S G T S 配管補修の成立性確認について、足場設置困難箇所をアクセス性、干渉物の有無の観点から選定し、図 1 の箇所を補修困難箇所として足場モックアップを行った。

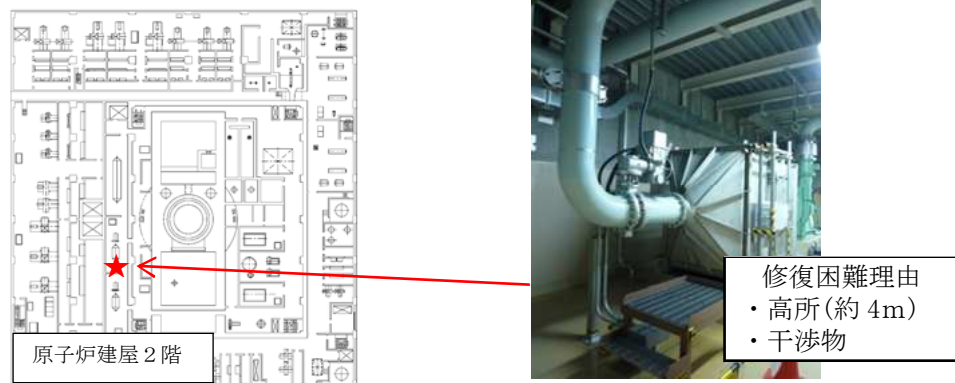


図 1 S G T S 足場設置困難箇所

(2) 足場設置モックアップ結果

作業員	6 人			
必要資機材	足場パイプ(1 m)	5 本	ベース	5 個
	足場パイプ(1.5 m)	12 本	ジョイント	5 本
	足場パイプ(2 m)	23 本	チェーン	1 組
	足場パイプ(2.5 m)	5 本	梯子	1 本
	足場パイプ(3 m)	2 本	メッシュ板(300×600)	5 枚
	足場板(1 m)	3 枚	番線	3 kg
	足場板(2 m)	9 枚		
	直交クランプ	76 個		
	自在クランプ	10 個		
作業時間	約 2 時間			

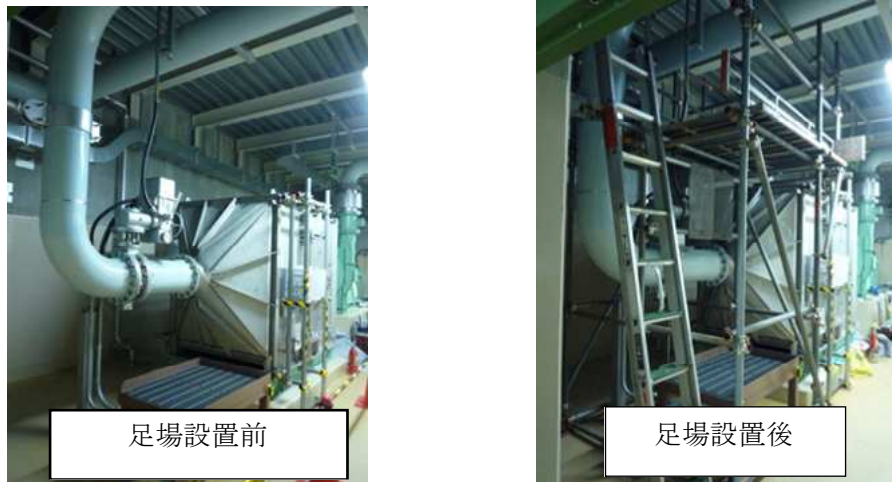


図2 SGT S配管修復箇所足場設置モックアップ状況

(3) 評価

全面マスク、タイベックを着用した状態でも1日以内で足場設置が完了できることを確認した。

3. 中央制御室換気空調系

(1) 足場設置モックアップ箇所の選定

MCRダクト補修の成立性確認について、足場設置困難箇所をアクセス性、干渉物の有無の観点から選定し、図3の箇所を補修困難箇所として足場モックアップを行った。

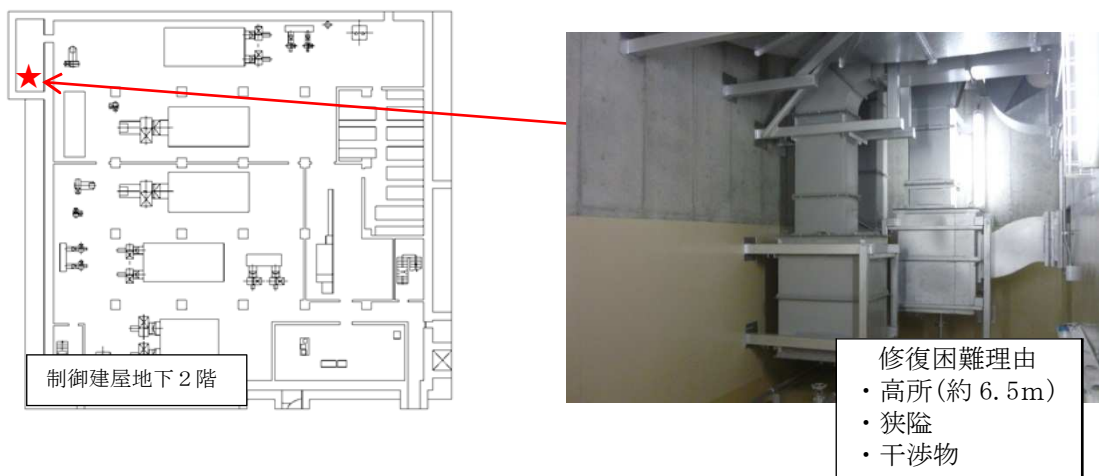


図3 MCR空調足場設置困難箇所

(2) 足場設置モックアップ結果

作業員	5人			
必要資機材	足場パイプ(1m)	35本	ベース	13個
	足場パイプ(1.5m)	23本	ジョイント	16個
	足場パイプ(2m)	13本	チェーン	1本
	足場パイプ(2.5m)	29本	梯子	2本
	足場パイプ(3m)	21本	メッシュ板(250×1000)	5枚
	足場板(1m)	17枚	0)	
	足場板(1.5m)	14枚	メッシュ板(250×500)	2枚
	足場板(2m)	6枚	メッシュ板(150×500)	4枚
	足場板(3m)	1枚	番線	15kg
	直交クランプ	122個		
	自在クランプ	32個		
作業時間	約6時間			



図4 MCR空調ダクト修復箇所足場設置モックアップ状況

(3) 評価

全面マスク、タイベックを着用した状態でも1日以内で足場設置が完了できることを確認した。

No.16 【指摘事項：151-3】

・二重化された部分であっても，単一設計部分に接続され隔離がなされない部分については，破損により両系統に影響を及ぼす可能性があり，これらの部分を含めて修復性等を確認していることを説明すること。

1. 回答

二重化された部分であっても，単一設計箇所に接続され隔離されず，その破損が両系統に影響を及ぼす範囲について「単一故障影響範囲」とし，これらの部分も含めて修復性等を確認している（図1，2参照）。

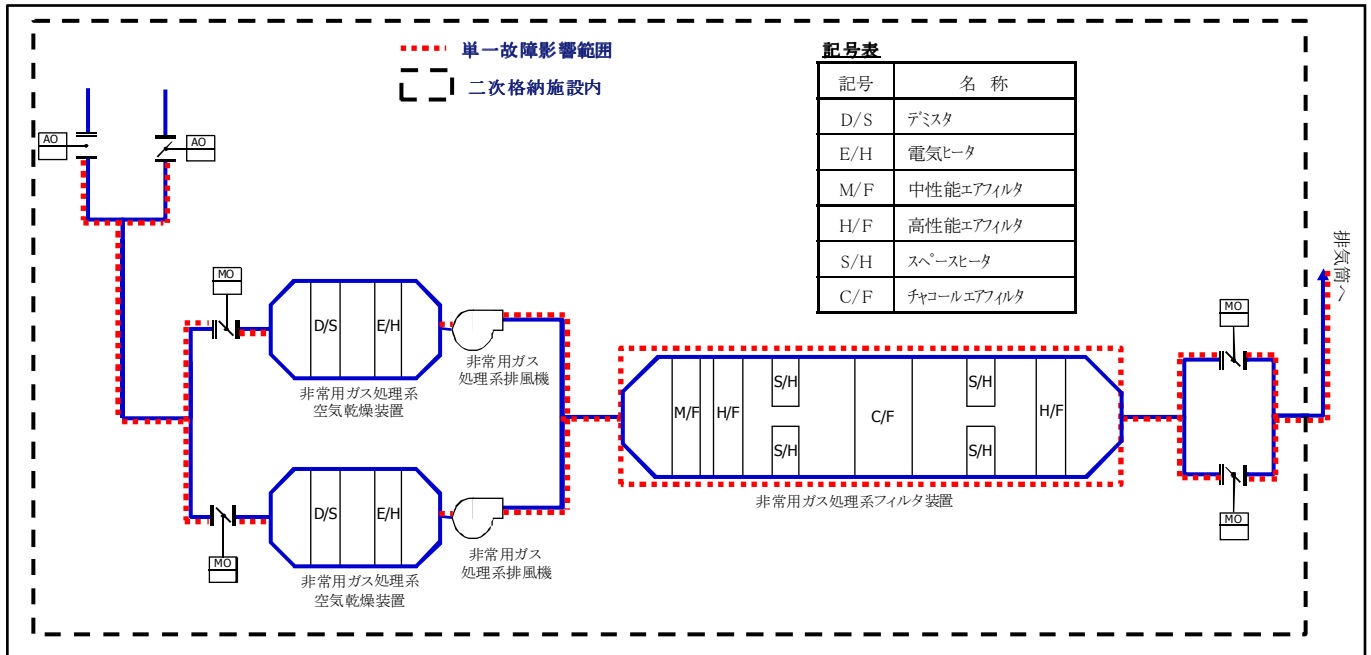


図1 非常用ガス処理系

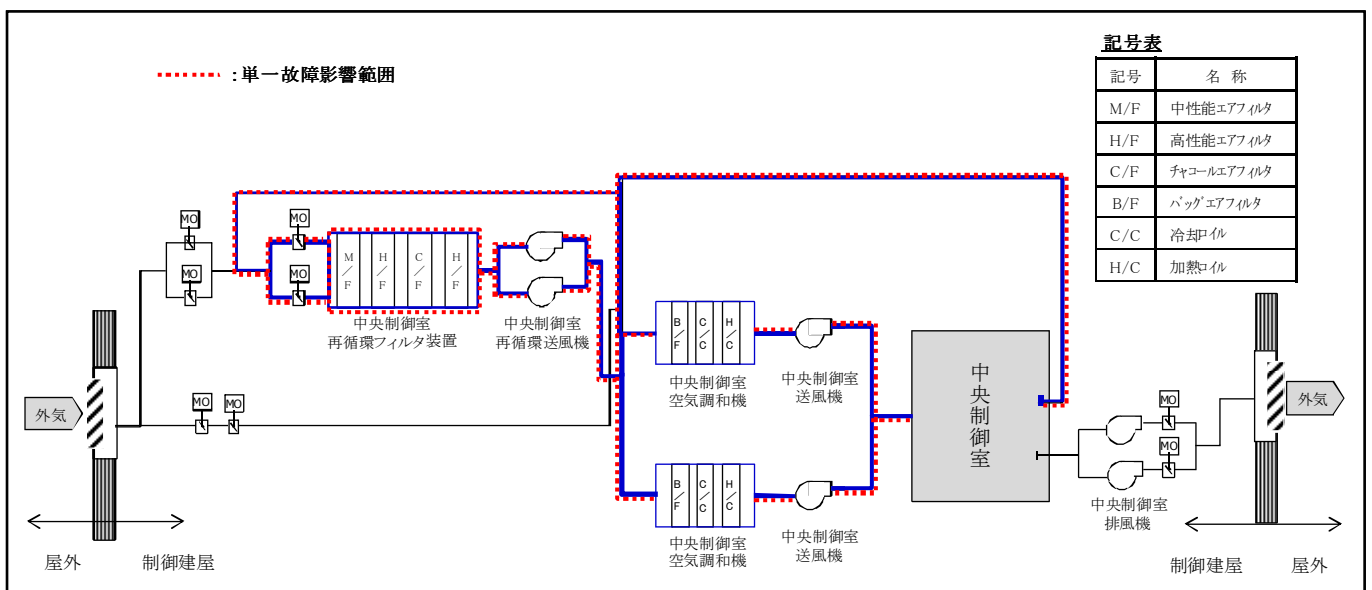


図2 中央制御室換気空調系

No.17 【指摘事項：151-4】

・中央制御室換気系の評価において、循環ラインのみを考慮の対象とし、外気取入ラインを除く理由を説明すること。(期待される安全機能を達成する上で当該ラインが必要か)

1. 回答

中央制御室換気空調系は通常時に外気を取込み (5,000m³/h) 運転しているが、事故時に外気を遮断し再循環運転となる。その後、中央制御室の酸欠防止の観点から外気を連続で少量 (500m³/h) 取込むことが可能なように、少量外気取入ライン及び排気ラインを備えており、ダクトの一部は単一設計となっている (図1参照)。

通常外気取入ライン、少量外気取入ライン及び排気ラインについては以下に示すとおり、その故障を考慮しても運転員被ばく及び少量外気取入に対する機能が達成できるため循環ラインのみを評価対象としている。

なお、ダクトへの故障想定は最も過酷な条件として全周破断を仮定する。

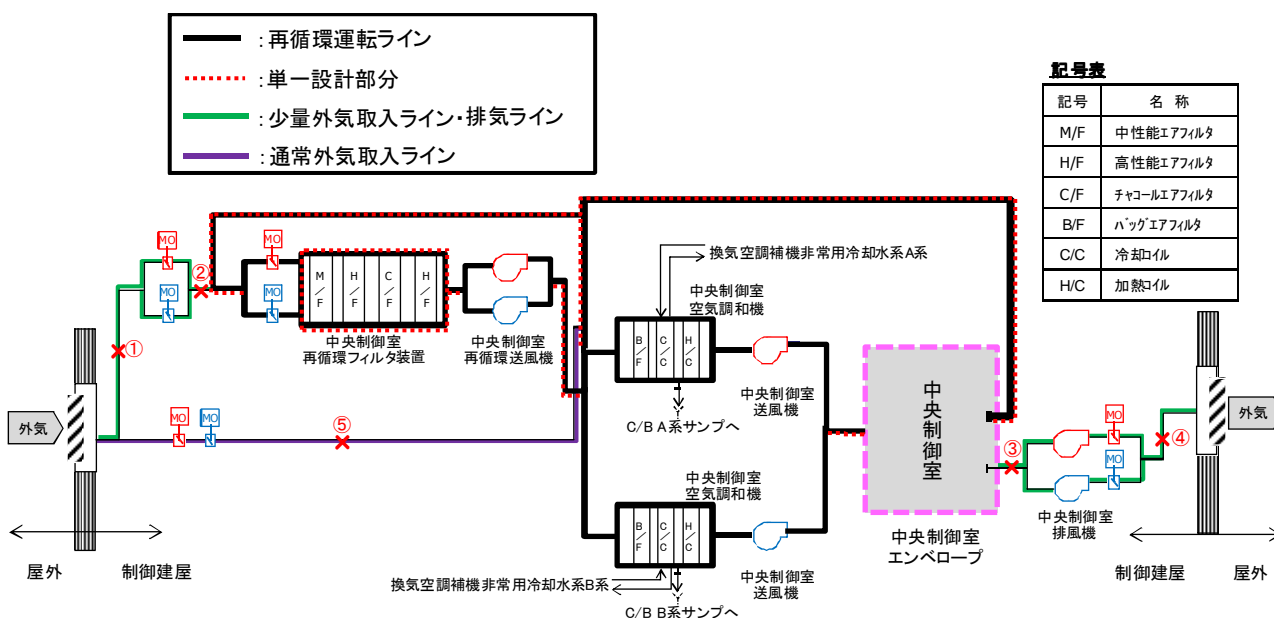


図1 中央制御室換気空調系 系統概要図

(1) 少量外気取入ライン及び排気ラインへの影響評価

a. 運転員の被ばく評価に対する影響

少量外気取入ライン、排気ラインのうち③にダクトの全周破断を想定した場合、ダクト破損部から中央制御室に流入する外気による被ばくが考えられるが、被ばく評価で考慮している空気流入率 (1回/h) は、試験結果 (約0.21回/h) から保守的に設定したものであり、ダクト破損部からの外気流入量として500m³/h (強制換気を行う少量外気取入時の外気流入量) を試験結果の値に加算しても被ばく評価で考慮している空気流入率の保守性の中に含まれるため、被ばく評価結果に包絡される (表1参照)。

なお、①又は④でダクトが全周破断した場合は隔離弁の外側であるため、被ばく

評価に対する影響はなく、②で全周破断した場合は外気が破損部から流入するものの流入した外気は再循環フィルターを通るため③で全周破断した評価に包絡される。

表1 中央制御室の被ばく評価における空気流入率について (少量外気取入時)

(a)被ばく評価で使用している空気流入率	(b)試験により求めた空気流入率	(c)少量外気取入ダクト破損時の空気流入率 (b)+500m ³ /h)
1回/h (14,000m ³ /h)	約0.21回/h (約2,940m ³ /h)	約0.25回/h (約3,440m ³ /h)

b. 少量外気取入に対する影響

①又は②においてダクトの全周破断を想定した場合、破断箇所は中央制御室エンベロープ外であり外気取入に影響はない。③で全周破断を想定した場合は排風機による排気は期待できないが、再循環送風機により外気取込が可能である。④で全周破断を想定した場合、破断箇所は排風機下流の中央制御室エンベロープ外であるため外気取入に影響はない。

以上より、少量外気取入ライン、排気ラインの故障による室内環境への影響はないと考える。

(2) 通常外気取入ラインへの影響評価

a. 運転員の被ばく評価に対する影響

通常外気取入ラインのうち⑤にダクトの全周破断を想定した場合、ダクト破損部から中央制御室に流入する外気による被ばくが考えられるが、被ばく評価で考慮している空気流入率(1回/h)は、試験結果(約0.21回/h)から保守的に設定したものであり、ダクト破損部からの外気流入量として5,000m³/h(通常外気流入量)を試験結果の値に加算しても被ばく評価で考慮している空気流入率の保守性の中に含まれるため、被ばく評価結果に包絡される(表2参照)。

表2 中央制御室の被ばく評価における空気流入率について (通常外気取入時)

(a)被ばく評価で使用している空気流入率	(b)試験により求めた空気流入率	(c)通常外気取入ダクト破損時の空気流入率 (b)+5,000m ³ /h)
1回/h (14,000m ³ /h)	約0.21回/h (約2,940m ³ /h)	約0.57回/h (約7,940m ³ /h)

【補足説明資料8参照】

No.19 【指摘事項：151-6】

・添付2の重要度の特に高い安全機能を有する系統・機器整理表において、想定しているハザードは具体的に明示すること。

1. 回答

重要度の特に高い安全機能を有する系統について想定しているハザードを記載していない系統について資料に反映した。

【添付資料2参照】

2. 資料

添付資料2 重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表 (抜粋)

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	13
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》 非常用交流電源から非常用の負荷に対し電力を供給する機能
対象系統 ・機器	非常用所内電源設備
多重性/ 多様性	非常用所内電源設備は3区分（区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）設置しており，多重性を有している。
独立性	<p>（1）非常用所内電源設備は，いずれも二次格納施設外の環境条件に想定される自然現象※においても，健全に動作するよう設計されている。</p> <p>※風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災</p> <p>（2）非常用所内電源設備は，いずれも耐震Sクラス設備として設計している。また，それぞれの区分は異なるエリアに分離して配置しており，溢水，火災が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>（3）非常用所内電源設備は，異なる区分間を接続する電路には複数のしゃ断器が設置しており，電気事故が発生した場合でも確実に電氣的な分離ができるよう設計されている。また，電路においても物理的に分離が図られている。</p> <p>上記（1）～（3）により，共通要因または従属要因によって多重性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから，独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上（長期間）
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用所内電源設備（区分Ⅰ）：100%×1系統 ・非常用所内電源設備（区分Ⅱ）：100%×1系統 ・非常用所内電源設備（区分Ⅲ）：100%×1系統
系統概略図	非常用所内電源設備：添付 2-35

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	14
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》 非常用直流電源から非常用の負荷に対し電力を供給する機能
対象系統・機器	非常用所内電源設備 (直流電源系)
多重性／多様性	非常用所内電源設備(直流電源系)は3区分(区分Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ)設置しており,多重性を有している。
独立性	<p>(1) 非常用所内電源設備(直流電源系)は,いずれも二次格納施設外の環境条件に想定される自然現象※においても,健全に動作するよう設計されている。</p> <p>※風(台風),竜巻,凍結,降水,積雪,落雷,火山の影響,生物学的事象,森林火災</p> <p>(2) 非常用所内電源設備(直流電源系)は,いずれも耐震Sクラス設備として設計している。また,それぞれの区分は異なるエリアに分離して配置しており,溢水,火災が発生した場合においても,安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 非常用所内電源設備(直流電源系)は,それぞれ異なるエリアに分散して配置している。また,電路においても物理的に分離が図られている。</p> <p>上記(1)～(3)により,共通要因または従属要因によって多重性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから,独立性を有している。</p>
期間	低温停止の維持やその監視系に必要な電源であることから,使用時間は24時間以上(長期間)とする。
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・直流電源設備(区分Ⅰ):100%×1系統 ・直流電源設備(区分Ⅱ):100%×1系統 ・直流電源設備(区分Ⅲ):100%×1系統
系統概略図	非常用所内電源設備(直流電源系):添付2-37

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	15
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》 非常用の交流電源機能
対象系統・機器	非常用ディーゼル発電設備
多重性／多様性	非常用ディーゼル発電設備は3区分（区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）設置しており，多重性を有している。
独立性	<p>（1）非常用ディーゼル発電設備は，原子炉建屋附属棟内に設置しており，原子炉建屋附属棟内の環境条件に想定される自然現象※においても，健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災</p> <p>（2）非常用ディーゼル発電設備A系，B系および高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備は，いずれも耐震Sクラス設備として設計している。また，それぞれの区分は異なるエリアに分離して配置しており，溢水および火災が発生した場合においても同時に安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>（3）電源，補機冷却系はそれぞれ区分が異なる系統（区分Ⅰ，区分Ⅱ，区分Ⅲ）から供給されている。また，燃料移送系はそれぞれの区分がタイラインで接続されているが，タイラインには2つのプラント運転中常時閉の止め弁※を設置している。</p> <p>※止め弁および止め弁までのラインも主ライン（安全上の機能分類MS-1，耐震Sクラス）と同等の設計である。</p> <p>上記（1）～（3）により，共通要因または従属要因によって全ての系統または機器の機能を同時に喪失させないものとしていることから，独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上（長期間）
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電設備：100%×2系統 ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備：100%×1系統
系統概略図	非常用ディーゼル発電設備：添付2-39～添付2-40

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	16
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	非常用の直流電源機能
対象系統・機器	直流電源設備
多重性／多様性	直流電源設備は3区分（区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）設置しており，多重性を有している。
独立性	<p>（1）直流電源設備は，いずれも二次格納施設外の環境条件に想定される自然現象※においても，健全に動作するよう設計されている。</p> <p>※風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災</p> <p>（2）直流電源設備は，いずれも耐震Sクラス設備として設計している。また，それぞれの区分は異なるエリアに分離して配置しており，溢水，火災が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>（3）直流電源設備は，それぞれ異なるエリアに分散して配置している。また，電路においても物理的に分離が図られている。</p> <p>上記（1）～（3）により，共通要因または従属要因によって多重性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから，独立性を有している。</p>
期間	低温停止の維持やその監視系に必要な電源であることから，使用時間は24時間以上（長期間）とする。
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・直流電源設備（区分Ⅰ）：100%×1系統 ・直流電源設備（区分Ⅱ）：100%×1系統 ・直流電源設備（区分Ⅲ）：100%×1系統
系統概略図	非常用所内電源設備（直流電源系）：添付 2-37

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	17
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	非常用の計測制御用直流電源機能
対象系統 ・機器	計装用電源設備
多重性/ 多様性	計装用電源設備は2区分(区分Ⅰ, Ⅱ)設けており, 多重性を有している。
独立性	<p>(1) 計装用電源設備は, いずれも二次格納施設外の環境条件に想定される自然現象※においても, 健全に動作するよう設計されている。</p> <p>※風(台風), 竜巻, 凍結, 降水, 積雪, 落雷, 火山の影響, 生物学的事象, 森林火災</p> <p>(2) 計装用電源設備は, いずれも耐震Sクラス設備として設計している。また, それぞれの区分は異なるエリアに分離して配置しており, 溢水, 火災が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 計装用電源設備は, それぞれ異なるエリアに分散して配置している。また, 電路においても物理的, 電氣的に分離が図られている。</p> <p>上記(1)～(3)により, 共通要因または従属要因によって多重性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから, 独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上(長期間)
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・計装用電源設備(区分Ⅰ): 100%×1系統 ・計装用電源設備(区分Ⅱ): 100%×1系統
系統概略図	計装用電源設備: 添付2-43

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	18, 19
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	補機冷却機能 冷却用海水供給機能
対象系統・機器	原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系 高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系
多重性／多様性	原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系は異なる3つの区分（区分Ⅰ，区分Ⅱおよび区分Ⅲ）に対応した3系統で構成され，各区分の負荷へ物理的に独立して冷却水を供給することから，多重性を有している。
独立性	<p>(1) 原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系は二次格納施設および二次格納施設外に設置しており，それぞれのエリアの環境条件に想定される自然現象※においても，健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災</p> <p>(2) 原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系の非常用系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系は耐震Sクラス設備として設計している。また，それぞれの系統は異なるエリアに分離して配置しており，溢水および火災が発生した場合においても同時に安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系はそれぞれ異なる区分から電源供給されている。また，区分Ⅰ，区分Ⅱの原子炉補機冷却水系は常用系においてタイラインにより接続されているが，タイラインには運転中常時閉の止め弁を2弁設置している。</p> <p>なお，常用系と非常用系は緊急遮断弁※にて隔離可能である。</p> <p>※緊急遮断弁も主ライン（安全上の機能分類MS-1，耐震Sクラス）と同等の設計である。</p> <p>上記（1）～（3）により，共通要因または従属要因によって多様性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから，独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上（長期間）
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系：100%×2系統 ・高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系：100%×1系統
系統概略図	原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系：添付2-45

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	20
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	原子炉制御室非常用換気空調機能
対象系統・機器	中央制御室換気空調系
多重性／多様性	中央制御室換気空調系の再循環運転ラインのうち、排風機等の動的機器については多重化されているが、再循環フィルタ装置およびダクトの一部は単一設計となっているため、基準適合性に関する更なる検討が必要である。
独立性	<p>(1) 中央制御室換気空調系は、制御建屋内に設置しており、制御建屋の環境条件に想定される自然現象※においても、健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災</p> <p>(2) 中央制御室換気空調系は、耐震Sクラス設備として設計している。また、排風機等の動的機器は異なるエリアに分離して配置しており、溢水および火災が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 多重化されている排風機等の動的機器の電源はそれぞれ異なる区分（区分Ⅰ，区分Ⅱ）から供給している。</p> <p>上記（1）～（3）により、共通要因または従属要因によって多様性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから、独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上（長期間）
容量	100%×2系統 100%×1系統（再循環フィルタ装置およびダクトの一部）
系統概略図	中央制御室換気空調系：添付 2-47

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	24
安全機能	《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》
	原子炉停止系に対する作動信号（常用系として作動させるものを除く）の発生機能
対象系統・機器	原子炉保護系の安全保護回路
多重性／多様性	原子炉保護系の安全保護回路は2区分の検出器から得られた信号を用い、トリップ論理回路（1 out of 2 twice）を通じてトリップ信号を発生させており、多重性を有している。
独立性	<p>（1）原子炉保護系の検出器は主に二次格納施設内に設置しており、最も過酷な環境条件である高エネルギー配管破断時において健全に動作するように設計している。また、論理回路は中央制御室に設置しており、想定される自然現象※においても、健全に動作するように設計している。</p> <p>※風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災</p> <p>（2）原子炉保護系の安全保護回路は耐震Sクラス設備として設計している。また、溢水、火災が発生した場合においても、原子炉スクラム信号を発生させるフェイルセーフ設計となっており、安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>（3）原子炉保護系の安全保護回路は、その区分に応じ、中央制御室の異なる盤に設置しており、それぞれ分離して配置している。また、電源（直流電源系）についてはそれぞれ異なる区分から供給しており、1つの区分に故障が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>上記（1）～（3）により、共通要因または従属要因によって多重性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから、独立性を有している。</p>
期間	使用時間はスクラムのタイミングのみ（短時間）
容量	—
系統概略図	原子炉保護系の安全保護回路：添付 2-55

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	25
安全機能	《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》
	工学的安全施設に分類される機器若しくは系統に対する作動信号の発生機能
対象系統・機器	非常用炉心冷却系作動の安全保護回路 主蒸気隔離の安全保護回路 原子炉格納容器隔離の安全保護回路 非常用ガス処理系作動の安全保護回路
多重性／多様性	<p>非常用炉心冷却系作動の安全保護回路はそれぞれの区分に応じた検出器から得られた信号を用い、論理回路（1 out of 2 twice）を通じて作動信号を発生させており、多重性または多様性を有している。</p> <p>主蒸気隔離の安全保護回路は2区分の検出器から得られた信号を用い、論理回路（1 out of 2 twice）を通じて作動信号を発生させており、多重性を有している。</p> <p>原子炉格納容器隔離の安全保護回路は2区分の検出器から得られた信号を用い、論理回路（1 out of 2 twice）を通じて作動信号を発生させており、多重性を有している。</p> <p>非常用ガス処理系作動の安全保護回路は2区分の検出器から得られた信号を用い、論理回路（1 out of 2 twice）を通じて作動信号を発生させており、多重性を有している。</p>
独立性	<p>(1) 非常用炉心冷却系作動、主蒸気隔離、原子炉格納容器隔離および非常用ガス処理系作動の安全保護回路（以下、「安全保護回路等」という。）の検出器は主に二次格納施設内に設置しており、最も過酷な環境条件である高エネルギー配管破断時において健全に動作するよう設計している。また、論理回路は中央制御室に設置しており、想定される自然現象※においても、健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災</p> <p>(2) 安全保護回路等は耐震Sクラス設備として設計している。また、検出器は区分に応じ異なるエリアに設置するとともに、設定値比較および論理回路についても区分に応じ異なる制御盤で構築しており、溢水、火災が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 安全保護回路等は、その区分に応じ、中央制御室の異なる盤に設置しており、それぞれ分離して配置している。また、電源についてはそれぞれ異なる区分から供給しており、1系統の故障が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p>

No.	25
安全機能	《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》
	工学的安全施設に分類される機器若しくは系統に対する作動信号の発生機能
	上記（１）～（３）により、共通要因または従属要因によって多重性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから、独立性を有している。
期間	使用時間は２４時間以上（長期間）
容量	—
系統概略図	非常用炉心冷却系作動の安全保護回路：添付 2-58～60 主蒸気隔離の安全保護回路：添付 2-61 原子炉格納容器隔離の安全保護回路：添付 2-61 非常用ガス処理系作動の安全保護回路：添付 2-62

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	26
安全機能	《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》
	事故時の原子炉停止状態の把握機能
対象系統・機器	中性子束（起動領域モニタ） 原子炉スクラム用電磁接触器の状態 および 制御棒位置
多重性／多様性	起動領域モニタは2区分あり、多重性を有している。 原子炉スクラム用電磁接触器の状態と制御棒位置は、この2種で多様性を有している。
独立性	<p>(1) 起動領域モニタおよび制御棒位置の検出器は炉内に設置しており、炉内の環境下において健全に動作するよう設計している。指示計、記録計および原子炉スクラム用電磁接触器については、中央制御室に設置しており、想定される自然現象※においても、健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災</p> <p>(2) 起動領域モニタおよび原子炉スクラム用電磁接触器は耐震Sクラス設備として設計している。また、起動領域モニタは、検出器を原子炉压力容器内で分散して配置し、監視ユニットおよび記録計についてはそれぞれ異なる制御盤に配置していること、ならびに原子炉スクラム用電磁接触器の状態および制御棒位置は、それぞれの確認を異なる制御盤で行うよう設備を配置しており、溢水、火災が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 起動領域モニタはその区分に応じ、中央制御室の異なる盤に設置しており、それぞれ分離して配置している。また、原子炉スクラム用電磁接触器と制御棒位置についても異なるエリアに配置している。</p> <p>上記(1)～(3)により、共通要因または従属要因によって多重性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから、独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上（長期間）
容量	—
系統概略図	中性子束（起動領域モニタ）：添付 2-64 原子炉スクラム用電磁接触器の状態 および 制御棒位置：添付 2-64

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	27
安全機能	《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》 ----- 事故時の炉心冷却状態の把握機能
対象系統・機器	原子炉水位（広帯域，燃料域） 原子炉圧力
多重性／多様性	原子炉水位（広帯域，燃料域）および原子炉圧力は、それぞれ2つの計装系により指示値を確認できることから多重性を有している。また、各々の系統において、異なる電源により計測している。
独立性	<p>(1) 原子炉水位計（広帯域，燃料域）および原子炉圧力計の発信器は二次格納施設内に設置しており、最も過酷な環境条件である高エネルギー配管破断時において健全に動作するよう設計している。また、記録計については、中央制御室に設置しており、想定される自然現象※においても、健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災</p> <p>(2) 原子炉水位計（広帯域，燃料域）および原子炉圧力計は何れも耐震Sクラス設備として設計している。また、検出器を区分に応じ異なるエリアに配置するとともに、記録計についても区分に応じ異なる制御盤に配置しており、溢水、火災が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 原子炉水位計（広帯域，燃料域）および原子炉圧力計のその区分に応じ、中央制御室の異なる盤に設置しており、それぞれ分離して配置している。また、電源（直流電源系）についてはそれぞれ異なる区分から供給しており、1系統の故障が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>上記（1）～（3）により、共通要因または従属要因によって、すべての系統または機器の機能を同時に喪失させないものとしていることから、独立性を有している。</p>
期間	事故時における炉心状態については、事故対応期間中、継続的に監視することから、使用時間は24時間以上（長期間）とする。
容量	—
系統外略図	原子炉水位（広帯域，燃料域），原子炉圧力：添付 2-66

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	28
安全機能	<p>《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》</p> <hr/> <p>事故時の放射能閉じ込め状態の把握機能</p>
対象系統・機器	<p>原子炉格納容器圧力 サプレッションプール水温度 格納容器内雰囲気モニタ（放射線レベル）</p>
多重性／多様性	<p>原子炉格納容器圧力、サプレッションプール水温度および格納容器内雰囲気モニタ（放射線レベル）は、それぞれ2つの計装系により指示値を確認できることから多重性を有している。また、各々の系統において、異なる電源により計測している。</p>
独立性	<p>(1) 原子炉格納容器圧力、サプレッションプール水温度および格納容器内雰囲気モニタ（放射線レベル）は原子炉格納容器内、または二次格納施設内に設置しており、最も過酷な環境条件として、原子炉格納容器内の設備は原子炉冷却材喪失事故時、二次格納施設内の設備は高エネルギー配管破断時において健全に動作するよう設計している。また、記録計等は中央制御室に設置しており、想定される自然現象※においても、健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災</p> <p>(2) 原子炉格納容器圧力、サプレッションプール水温度および格納容器内雰囲気モニタ（放射線レベル）は何れも耐震Sクラス設備として設計している。また、サプレッションプール水温度については、検出器をサプレッションプール内で分散して配置し、演算器および記録計を区分に応じ異なる制御盤に配置していること、ならびにサプレッションプール水温度以外については、検出器を区分に応じ異なるエリアに配置するとともに、記録計を区分に応じ異なる制御盤に配置しており、溢水、火災が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 原子炉格納容器圧力、サプレッションプール水温度および格納容器内雰囲気モニタ（放射線レベル）は、その区分に応じ、中央制御室の異なる盤に設置しており、それぞれ分離して配置している。</p> <p>また、電源についてはそれぞれ異なる区分から供給しており、1系統の故障が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>上記（1）～（3）により、共通要因または従属要因によって、すべての系統または機器の機能を同時に喪失させないものとしていることから、独立性を有している。</p>
期間	<p>事故時における放射能閉じ込め状態の把握については、事故対応期間中、継続的に監視することから、使用時間は24時間以上（長期間）とする。</p>

No.	28
安全機能	《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》 ----- 事故時の放射能閉じ込め状態の把握機能
容量	—
系統概略図	原子炉格納容器圧力，サブプレッションプール水温度：添付 2-69 格納容器内雰囲気モニタ：添付 2-69

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	29
安全機能	《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》 ----- 事故時のプラント操作のための情報の把握機能
対象系統・機器	原子炉水位（広帯域，燃料域） 原子炉圧力 原子炉格納容器圧力 サプレッションプール水温度 格納容器内雰囲気モニタ（水素・酸素濃度） 気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ
多重性／多様性	原子炉水位計（広帯域，燃料域），原子炉圧力計，原子炉格納容器圧力計，サプレッションプール水温度計および格納容器内雰囲気モニタ（水素・酸素濃度）計（以下、「原子炉水位計等」という。）並びに気体廃棄物処理設備エリア排気放射線モニタは、それぞれ2つの計装系により指示値を確認できることから多重性を有している。また、各々の系統において、異なる電源により計測している。
独立性	<p>(1) 原子炉水位計等は原子炉格納容器内、または二次格納施設内に設置しており、最も過酷な環境条件として、原子炉格納容器内の設備は原子炉冷却材喪失事故時、二次格納施設内の設備は高エネルギー配管破断時において健全に動作するよう設計している。また、記録計等は中央制御室に設置しており、想定される自然現象※においても、健全に動作するよう設計している。</p> <p>気体廃棄物処理設備エリア排気モニタはタービン建屋に設置しており、タービン建屋における環境下で健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災</p> <p>(2) 原子炉水位計等は何れも耐震Sクラス設備として設計している。また、検出器を区分に応じ異なるエリアに配置するとともに、記録計についても区分に応じ異なる制御盤に配置しており、溢水、火災が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>気体廃棄物処理設備エリア排気モニタはタービン建屋に設置しており、それぞれ異なるエリアに分離して配置している。</p>

No.	29
安全機能	《その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能》
	事故時のプラント操作のための情報の把握機能
	<p>(3) 原子炉水位計等は、その区分に応じ、中央制御室の異なる盤に設置しており、それぞれ分離して配置している。</p> <p>また、電源についてはそれぞれ異なる区分から供給しており、1系統の故障が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>気体廃棄物処理設備エリア排気モニタは異なる区分の電源から供給されている。</p> <p>上記(1)～(3)により、共通要因または従属要因によって、すべての系統または機器の機能を同時に喪失させないものとしていることから、独立性を有している。</p>
期間	事故時におけるプラント操作のための情報の把握については、事故対応期間中、継続的に監視することから、使用時間は24時間以上(長期間)とする。
容量	—
系統概略図	<p>原子炉水位(広帯域, 燃料域), 原子炉圧力: 添付 2-66</p> <p>原子炉格納容器圧力, サプレッションプール水温度: 添付 2-69</p> <p>格納容器内雰囲気モニタ: 添付 2-69</p> <p>気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ: 添付 2-72</p>

No.20 【指摘事項：151-7】

- ・修復を想定した評価であるかが不明確であるので、放射性物質の放出期間の考え方の公衆被ばく評価の条件を整理して説明すること。

1. 回答

修復を想定していない評価であることを、本文中に明記した。

2.2 非常用ガス処理系の基準適合性

(3) 想定される故障による影響評価

c. 線量評価

設置許可基準規則第12条における安全機能の重要度の特に高い安全機能に該当する非常用ガス処理系の静的機器に単一故障を想定し、設計基準事象として非常用ガス処理系の放射性物質の濃度低減機能に期待している原子炉冷却材喪失事故時の線量評価（一般公衆への線量影響及び修復作業時の線量影響）を以下のとおり実施した。また、燃料集合体の落下事故の際にも、環境中へ放出される放射性物質放出の防止機能として、放射性物質の濃度低減機能である非常用ガス処理系に機能を期待していることから、原子炉冷却材喪失事故と同様に燃料集合体の落下事故に対しても、静的機器の単一故障を想定した線量評価を実施した。一般公衆への線量影響評価にあたっては、保守的に修復による機能の復旧は期待しないものとする。

2.3 中央制御室換気空調系の基準適合性

(3) 想定される故障による影響評価

c. 線量評価

設置許可基準規則第12条における安全機能の重要度の特に高い安全機能に該当する中央制御室換気空調系の静的機器に単一故障を想定し中央制御室の居住性評価及び修復作業時の線量影響を実施する。影響評価において仮定する単一故障は、想定される損傷モードのうち中央制御室の居住性又は作業員の被ばくの観点から最も過酷なものとする。第2.3-3図に故障を想定する箇所を考え方を示す。

中央制御室の居住性評価にあたっては、保守的に修復による機能の復旧は期待しないものとする。

【本文2.2(3)c.、本文2.3(3)c.】

No.21 【指摘事項：151-8】

- | |
|---|
| ・ 修復作業員の線量評価において、緊急作業時の線量限度を適用していることの記載方法を検討すること。 |
|---|

1. 回答

設計基準事故時においても、安全上支障の無い期間内において、故障箇所を補修することから、緊急時における線量限度を適用することとしており、それが分かるよう、以下のとおり記載を見直した。

2.2 非常用ガス処理系の基準適合性

(3) 想定される故障による影響評価

c. 線量評価

(b) 作業員の線量評価

i. 原子炉冷却材喪失時の作業員線量

フィルタ取替よりも修復期間を要する配管の修復を対象に、修復期間を3日間として、マスク着用を考慮した被ばく評価を行った。評価条件を第2.2-8表に示す。

評価の結果、3日間(72時間)の修復作業における被ばく量は、約82mSvとなり、緊急作業時における許容実効線量である100mSvに照らしても、補修可能であることを確認した。評価結果を第2.2-9表に示す。

なお、実際は作業員を交替しての作業となり、さらに被ばく量を低減できると考える。

ii. 燃料集合体の落下時の作業員線量

フィルタ取替よりも修復期間を要する配管の修復を対象に、修復期間を3日間として、交替作業(8時間/人)及びマスク着用を考慮した被ばく評価を行った。評価条件を第2.2-10表に示す。

評価の結果、事故30日後から3日間(72時間)の修復作業における被ばく量は、約64mSvとなり、緊急作業時における許容実効線量である100mSvに照らしても、補修可能であることを確認した。評価結果を第2.2-11表に示す。

2.3 中央制御室換気空調系の基準適合性

(3) 想定される故障による影響評価

c. 線量評価

(b) 修復作業時の被ばく評価

フィルタ取替よりも修復期間を要するダクトの修復を対象に、中央制御室換気空調系のダクトを修復する際の影響について、原子炉冷却材喪失(仮想事故ベース)を対象とし、3日間の作業を考慮して被ばく評価を行った。評価条件を第2.3-18表に示す。

事故期間中（30日間）、放出される放射性よう素、大気拡散条件等から求めた中央制御室内のよう素濃度を踏まえ、事故期間中における中央制御室非常用給気フィルタユニット（フィルタ表面及びフィルタ表面から1m離れた場所）の線量率を評価した。評価結果を第2.3-19表及び第2.3-20表に示す。

評価結果より、現場での3日間（72時間）の修復作業における被ばく量は、保守的にフィルタ表面での線量率を基に評価した場合で約13.4mSvであるが、実際の修復作業を考慮し、フィルタ表面から1m離れた場所での線量率を基に評価した結果は約6.6mSvであり、緊急作業時における許容実効線量100mSvに照らしても、補修可能であることを確認した。第2.3-3図に故障を想定する箇所を考え方を示す。

実際には、作業員を交替しての作業となり、さらに被ばく量を低減できると考える。

【本文2.2(3)c.(b)、本文2.3(3)c.(b)】

No.22 【指摘事項：151-9】

- ・タイラインの隔離弁までの範囲について、RHR系統と同様のMS-1で設計されているか示すこと。

1. 回答

タイラインの隔離弁までの範囲の重要度について、主ライン（安全上の機能分類MS-1）と同様の設計としていることを資料に反映した。

【添付資料2参照】

2. 資料

添付資料2 重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表（抜粋）

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	4
安全機能	<p>《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》</p> <p>原子炉停止後における除熱のための崩壊熱除去機能</p>
対象系統・機器	<p>残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）</p> <p>高圧炉心スプレイ系</p> <p>原子炉隔離時冷却系</p> <p>主蒸気逃がし安全弁（手動逃がし機能）</p> <p>残留熱除去系（サブプレッションプール水冷却モード）</p>
多重性／多様性	<p>原子炉停止後における除熱のための崩壊熱除去機能については、以下に示す系統の組合せによる複数の崩壊熱除去手段を有していることから、多様性を有している。</p> <p>①残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）</p> <p>②高圧炉心スプレイ系または原子炉隔離時冷却系を用いた原子炉への注水後、主蒸気逃がし安全弁によりサブプレッションチェンバ内のプール水に移行した崩壊熱および残留熱を残留熱除去系（サブプレッションプール水冷却モード）により除去する。</p> <p>なお、原子炉冷却材喪失事故時において非常用炉心冷却系や原子炉隔離時冷却系を用いた原子炉の冷却状態について評価を行っており、破断口の大小のいずれにおいても燃料被覆管の最高温度が 1200℃を下回ることを確認している。</p>
独立性	<p>(1) 残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）、高圧炉心スプレイ系、原子炉隔離時冷却系および残留熱除去系（サブプレッションプール水冷却モード）は二次格納施設内および原子炉格納容器内に、主蒸気逃がし安全弁（手動逃がし機能）は原子炉格納容器内に設置しており、想定される最も過酷な環境条件である高エネルギー配管破断時（二次格納施設内）や原子炉冷却材喪失事故時（原子炉格納容器内）においても健全に動作するよう設計している。</p> <p>(2) 対象系統は全て耐震 S クラス設備として設計している。また、残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）、高圧炉心スプレイ系、原子炉隔離時冷却系および残留熱除去系（サブプレッションプール水冷却モード）は異なるエリアに分離して配置しており、溢水および火災が発生した場合においても同時に安全機能を損なわないよう設計しており、主蒸気逃がし安全弁（手動逃がし機能）は、溢水については原子炉冷却材喪失事故時の環境条件においても動作可能な設計とし、火災についてはプラント運転中は原子炉格納容器内は窒素で充填されているため火災の可能性はない。</p>

No.	4
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	原子炉停止後における除熱のための崩壊熱除去機能
	<p>(3) 電源、補機冷却系はそれぞれ残留熱除去系のA系が区分Ⅰ、B系が区分Ⅱ、高圧炉心スプレイ系が区分Ⅲ、原子炉隔離時冷却系が区分Ⅰの異なる区分から供給している。また、残留熱除去系のA系とB系は配管により接続されているがA系、B系にプラント運転中常時閉の止め弁※をそれぞれ2弁設置している。</p> <p>※止め弁および止め弁までのラインも主ライン（安全上の機能分類MS-1、耐震Sクラス）と同等の設計である。</p> <p>(4) 残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）の吸込み側の隔離弁（格納容器内弁、外弁）は、隔離を確実にを行うという観点から、隔離弁の電源区分を分離している（A系は区分Ⅱ電源、B系は区分Ⅰ電源）。ここで、隔離弁の電源区分を内側と外側で分離していることから、一方の区分の電源が喪失することにより多重化された残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）が同時に機能を失うが、当該隔離弁のうち格納容器外側に設置されている弁については原子炉冷却材喪失事故時においても手動での開操作が可能である。</p> <p>(5) 原子炉隔離時冷却系の蒸気供給配管の隔離弁（格納容器内弁、外弁）は、隔離を確実にを行うという観点から、その電源区分を分離している。ここで、隔離弁の電源区分を内側と外側で分離しているが、一方の区分の電源が喪失した場合でも開状態が保持されることから注水機能が喪失することはない。</p> <p>上記（1）～（5）により、共通要因または従属要因によって多重性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから、独立性を有している。</p>
期間	使用時間は、原子炉の崩壊熱を除去する時間となるため、24時間以上（長期間）
容量	<p>（定格流量）</p> <p>残留熱除去系：約 1160 m³/hr/台</p> <p>高圧炉心スプレイ系：約 320 m³/hr～1070 m³/hr</p> <p>原子炉隔離時冷却系：約 90 m³/hr</p>
系統概略図	<p>残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）：添付 2-14</p> <p>高圧炉心スプレイ系：添付 2-15</p> <p>原子炉隔離時冷却系：添付 2-16</p> <p>主蒸気逃がし安全弁：添付 2-11</p> <p>残留熱除去系（サブプレッションプール冷却水モード）：添付 2-17</p>

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	7
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための 原子炉内高圧時における注水機能
対象系統 ・機器	<p style="text-align: center;"> 高圧炉心スプレイ系 低圧炉心スプレイ系 残留熱除去系（低圧注水モード） 主蒸気逃がし安全弁（自動減圧系） </p>
多重性／ 多様性	<p>原子炉内高圧時における注水機能については、以下に示す系統の組合せによる複数の炉心へ注水する手段を有していることから、多様性を有している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高圧炉心スプレイ系 ・主蒸気逃がし安全弁（自動減圧系）＋低圧炉心スプレイ系 ・主蒸気逃がし安全弁（自動減圧系）＋残留熱除去系（低圧注水モード） <p>なお、既許可済みの原子炉冷却材喪失事故時（中小破断）の事故解析において、高圧炉心スプレイ系に単一故障を想定し、上記に示す低圧炉心スプレイ系、残留熱除去系（低圧注水モード）が作動した場合の解析を実施している。</p> <p>この結果、燃料被覆管の最高温度は約 600℃であり、燃料被覆管温度が著しく上昇することはないことを確認している。</p>
独立性	<p>(1) 高圧炉心スプレイ系、低圧炉心スプレイ系および残留熱除去系（低圧注水モード）は二次格納施設内および原子炉格納容器内に、主蒸気逃がし安全弁（自動減圧系）は原子炉格納容器内に設置しており、想定される最も過酷な環境条件である高エネルギー配管破断時（二次格納施設内）や原子炉冷却材喪失事故時（原子炉格納容器内）においても健全に動作するよう設計している。</p> <p>(2) 対象系統は全て耐震Sクラス設備として設計している。また、高圧炉心スプレイ系、低圧炉心スプレイ系および残留熱除去系（低圧注水モード）は異なるエリアに分離して配置しており、溢水および火災が発生した場合においても同時に安全機能を損なわないよう設計しており、主蒸気逃がし安全弁（自動減圧系）は、溢水については原子炉冷却材喪失事故時の環境条件においても動作可能な設計とし、火災についてはプラント運転中は原子炉格納容器内は窒素で充填されているため火災の可能性はない。</p>

No.	7
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための 原子炉内高圧時における注水機能
	<p>(3) 電源、補機冷却系はそれぞれ高圧炉心スプレイ系が区分Ⅲ、低圧炉心スプレイ系が区分Ⅰおよび残留熱除去系（低圧注水モード）A系が区分Ⅰ、B系が区分Ⅱの異なる区分から供給している。また、残留熱除去系のA系とB系は配管により接続されているがA系、B系にプラント運転中常時閉の止め弁[*]をそれぞれ2弁設置している。</p> <p>※止め弁および止め弁までのラインも主ライン（安全上の機能分類MS-1、耐震Sクラス）と同等の設計である。</p> <p>上記（1）～（3）により、共通要因または従属要因によって多様性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから、独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間未満（短期間）
容量	<p>（定格流量）</p> <p>高圧炉心スプレイ系：約 320 m³/hr～1070 m³/hr</p> <p>低圧炉心スプレイ系：約 1070 m³/hr</p> <p>残留熱除去系：約 1160 m³/hr</p>
系統概略図	<p>高圧炉心スプレイ系：添付 2-15</p> <p>低圧炉心スプレイ系：添付 2-23</p> <p>残留熱除去系（低圧注水モード）：添付 2-24</p> <p>主蒸気逃がし安全弁：添付 2-11</p>

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	8
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための 原子炉内低圧時における注水機能
対象系統 ・機器	低圧炉心スプレイ系 高圧炉心スプレイ系 残留熱除去系（低圧注水モード）
多重性／ 多様性	原子炉内低圧時の注水機能は以下に示す複数の系統で達成可能であり、多様性を有している。 ・低圧炉心スプレイ系 ・高圧炉心スプレイ系 ・残留熱除去系（低圧注水モード）
独立性	<p>(1) 低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系および残留熱除去系（低圧注水モード）は、二次格納施設内および原子炉格納容器内に設置しており、想定される最も過酷な環境条件である高エネルギー配管破断時（二次格納施設内）や原子炉冷却材喪失事故時（原子炉格納容器内）においても健全に動作するよう設計している。</p> <p>(2) 対象系統はすべて耐震Sクラス設備として設計している。また、それぞれの系統は異なるエリアに分離して配置しており、溢水および火災が発生した場合においても同時に安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 電源、補機冷却系はそれぞれ低圧炉心スプレイ系が区分Ⅰ、高圧炉心スプレイ系が区分Ⅲ、残留熱除去系（低圧注水モード）のA系が区分Ⅰ、B系およびC系が区分Ⅱの異なる区分から供給している。また、残留熱除去系のA系とB系は配管により接続されているがA系、B系にプラント運転中常時閉の止め弁※をそれぞれ2弁設置している。</p> <p>※止め弁および止め弁までのラインも主ライン（安全上の機能分類MS-1、耐震Sクラス）と同等の設計である。</p> <p>上記（1）～（3）により、共通要因または従属要因によって多様性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから、独立性を有している。</p>

No.	8
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための 原子炉内低圧時における注水機能
期間	使用時間は 24 時間以上（長期間）
容量	（定格流量） 低圧炉心スプレイ系：約 1070 m ³ /hr 高圧炉心スプレイ系：約 320 m ³ /hr～1070 m ³ /hr 残留熱除去系：約 1160 m ³ /hr
系統概略図	低圧炉心スプレイ系：添付 2-23 高圧炉心スプレイ系：添付 2-15 残留熱除去系（低圧注水モード）：添付 2-24

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	11
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	格納容器の冷却機能
対象系統・機器	残留熱除去系 (格納容器スプレイ冷却モード)
多重性／多様性	残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）のうち、ポンプ等の動的機器については多重化されているが、ドライウェルスプレイ管、サプレッションチェンバスプレイ管は単一設計となっているため、基準適合性に関する更なる検討が必要である。
独立性	<p>(1) 残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）は、二次格納施設内および原子炉格納容器内に設置しており、想定される最も過酷な環境条件である高エネルギー配管破断時（二次格納施設内）や原子炉冷却材喪失事故時（原子炉格納容器内）においても健全に動作するよう設計している。</p> <p>(2) 残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）は、耐震Sクラス設備として設計している。また、それぞれの系統は異なるエリアに分離して配置しており、溢水および火災が発生した場合においても同時に安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 電源、補機冷却系はそれぞれ残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）のA系が区分Ⅰ、B系が区分Ⅱの異なる区分から供給している。また、残留熱除去系のA系とB系は配管により接続されているがA系、B系にそれぞれ2つのプラント運転中常時閉の止め弁[*]を設置している。</p> <p>※止め弁および止め弁までのラインも主ライン（安全上の機能分類MS-1、耐震Sクラス）と同等の設計である。</p> <p>上記（1）～（3）により、動的機器については共通要因または従属要因によって多様性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから、独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上（長期間）
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ：100%×2台 ・ドライウェルスプレイ管：100%×1個 ・サプレッションチェンバスプレイ管：100%×1個
系統概略図	残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）：添付2-31

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	15
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	非常用の交流電源機能
対象系統・機器	非常用ディーゼル発電設備
多重性／多様性	非常用ディーゼル発電設備は3区分（区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）設置しており，多重性を有している。
独立性	<p>（1）非常用ディーゼル発電設備は，原子炉建屋附属棟内に設置しており，原子炉建屋附属棟内の環境条件に想定される自然現象※においても，健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災</p> <p>（2）非常用ディーゼル発電設備A系，B系および高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備は，いずれも耐震Sクラス設備として設計している。また，それぞれの区分は異なるエリアに分離して配置しており，溢水および火災が発生した場合においても同時に安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>（3）電源，補機冷却系はそれぞれ区分が異なる系統（区分Ⅰ，区分Ⅱ，区分Ⅲ）から供給されている。また，燃料移送系はそれぞれの区分がタイラインで接続されているが，タイラインには2つのプラント運転中常時閉の止め弁※を設置している。</p> <p>※止め弁および止め弁までのラインも主ライン（安全上の機能分類MS-1，耐震Sクラス）と同等の設計である。</p> <p>上記（1）～（3）により，共通要因または従属要因によって全ての系統または機器の機能を同時に喪失させないものとしていることから，独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上（長期間）
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電設備：100%×2系統 ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備：100%×1系統
系統概略図	非常用ディーゼル発電設備：添付2-39～添付2-40

重要度の特に高い安全機能を有する系統 整理表

No.	18, 19
安全機能	《その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能》
	補機冷却機能 冷却用海水供給機能
対象系統・機器	原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系 高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系
多重性／多様性	原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系は異なる3つの区分（区分Ⅰ，区分Ⅱおよび区分Ⅲ）に対応した3系統で構成され，各区分の負荷へ物理的に独立して冷却水を供給することから，多重性を有している。
独立性	<p>(1) 原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系は二次格納施設および二次格納施設外に設置しており，それぞれのエリアの環境条件に想定される自然現象※においても，健全に動作するよう設計している。</p> <p>※風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災</p> <p>(2) 原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系の非常用系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系は耐震Sクラス設備として設計している。また，それぞれの系統は異なるエリアに分離して配置しており，溢水および火災が発生した場合においても同時に安全機能を損なわないよう設計している。</p> <p>(3) 原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系はそれぞれ異なる区分から電源供給されている。また，区分Ⅰ，区分Ⅱの原子炉補機冷却水系は常用系においてタイラインにより接続されているが，タイラインには運転中常時閉の止め弁を2弁設置している。</p> <p>なお，常用系と非常用系は緊急遮断弁※にて隔離可能である。</p> <p>※緊急遮断弁も主ライン（安全上の機能分類MS-1，耐震Sクラス）と同等の設計である。</p> <p>上記（1）～（3）により，共通要因または従属要因によって多様性を有する系統が同時にその機能を失わないよう設計していることから，独立性を有している。</p>
期間	使用時間は24時間以上（長期間）
容量	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系：100%×2系統 ・高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系：100%×1系統
系統概略図	原子炉補機冷却水系／原子炉補機冷却海水系および高圧炉心スプレィ補機冷却水系／高圧炉心スプレィ補機冷却海水系：添付2-45

No.23 【指摘事項：151-10】

・修復作業について、訓練実績を示すこと。

1. 回答

修復作業に伴う足場設置の作業性を確認するため以下に示すとおり、モックアップ試験を実施した。

(1) 非常用ガス処理系

a. 足場設置モックアップ箇所の選定

S G T S 配管補修の成立性確認について、足場設置困難箇所をアクセス性、干渉物の有無の観点から選定し、図1の箇所を補修困難箇所として足場モックアップを行った。

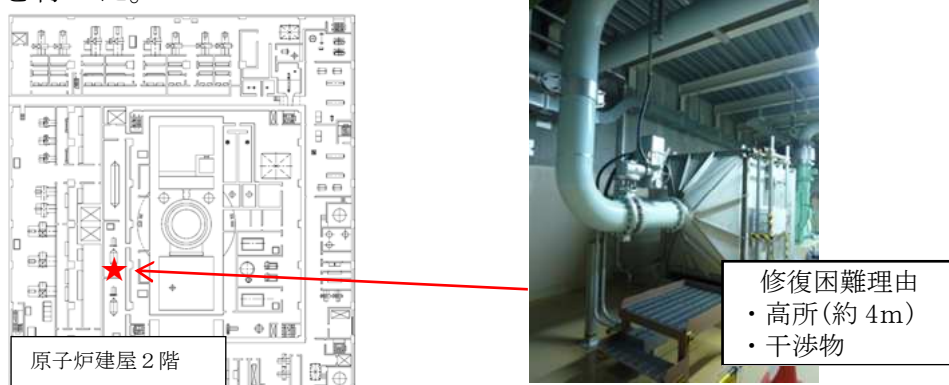


図1 S G T S 足場設置困難箇所

b. 足場設置モックアップ結果

作業員	6人
作業時間	約2時間

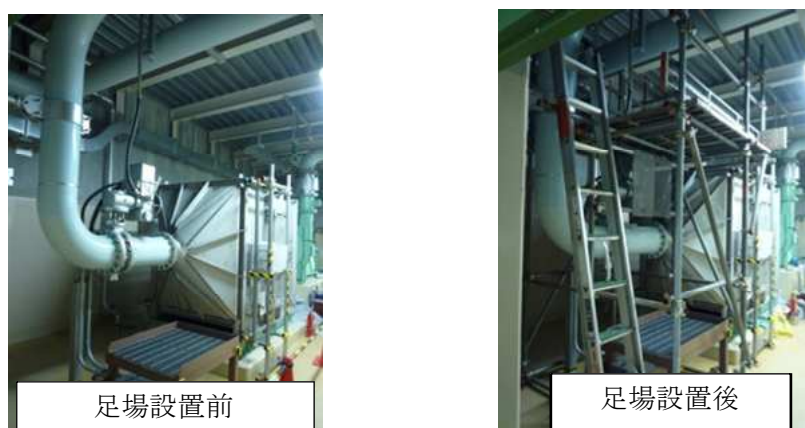


図2 S G T S 配管修復箇所足場設置モックアップ状況

c. 評価

全面マスク，タイベックを着用した状態でも1日以内で足場設置が完了できることを確認した。

(2) 中央制御室換気空調系

a. 足場設置モックアップ箇所の選定

MCRダクト補修の成立性確認について、足場設置困難箇所をアクセス性、干渉物の有無の観点から選定し、図3の箇所を補修困難箇所として足場モックアップを行った。



図3 MCR空調足場設置困難箇所

b. 足場設置モックアップ結果

作業員	5人
作業時間	約6時間



図4 MCR空調ダクト修復箇所足場設置モックアップ状況

c. 評価

全面マスク，タイベックを着用した状態でも1日以内で足場設置が完了できることを確認した。

【補足説明資料4参照】

No.25 【指摘事項：151-12】

- ・修復の位置づけについて、原子炉施設の運転継続の判断との関係を整理して説明すること。

1. 回答

本検討において示した修復方法は、単一故障が発生した場合に安全上支障のない期間に速やかに除去又は修復するための応急的な処置であり、事故収束後に当該部に対して技術基準に適合する修理を実施する。

(1) 非常用ガス処理系の修復性及び影響評価【本文 2.2(1) 参照】

非常用ガス処理系は、事故時に格納容器内から漏れ出た放射性物質の濃度低減機能を有しており、通常待機状態である。定期試験時、単一設計としているフィルタ装置及び配管（一部）の内部流体は空気であり、温度、圧力はほぼ常温、常圧である。

機能が要求される事故時においては、使用環境が多少悪化（温度、湿度上昇）するものの、事故時の環境条件を想定した設計をしており、問題とはならない。また、耐震 S クラスで設計されており、信頼性は高い。

当該系統の単一設計箇所について、故障箇所の検知性及び修復性、作業時の被ばく及び公衆の被ばくの観点から、設置許可基準規則第 12 条の解釈 5 に記載されている「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。」に適合することを確認した。

なお、本検討において示す補修方法を適用した場合においては、事故収束後に技術基準に適合する修理を実施する。

(2) 中央制御室換気空調系の修復性及び影響評価【本文 2.3(1) 参照】

中央制御室換気空調系は、通常運転時、再循環フィルタ装置をバイパスし、空気調和装置を経由して室内の空気を再循環することにより、室内の温度等を調整しており、一部は外気を給気している。事故時は、中央制御室隔離信号により外気取り入れライン、排気ラインを隔離するとともに室内空気の全量を再循環し、その際、再循環空気の一部は再循環フィルタ装置にて処理している。いずれの場合でも、内部流体は空気であり、温度、圧力はほぼ常温、常圧である。

また、耐震 S クラスで設計されており、信頼性は高い。

当該系統において単一設計としているダクト及び再循環フィルタ装置について、故障箇所の検知性及び修復性、作業時の被ばく及び中央制御室の居住性の観点から、設置許可基準規則第 12 条の解釈 5 に記載されている「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。」に適合することを確認した。

なお、本検討において示す補修方法を適用した場合においては、事故収束後に技術基準に適合する修理を実施する。

No.26 【指摘事項：151-13】

・事故時に期待するクラス3設備については、クラス1，2と同様な信頼性を有していることを示すこと。

1. 回答

女川原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書 添付書類十の事故解析で事故時に期待する異常影響緩和系のうち、MS-3に該当する設備は気体廃棄物処理設備エリア排気モニタである。

気体廃棄物処理設備エリア排気モニタは、多重化しており分散配置しているとともに、異なる区分の電源から供給されているため信頼性を有している。

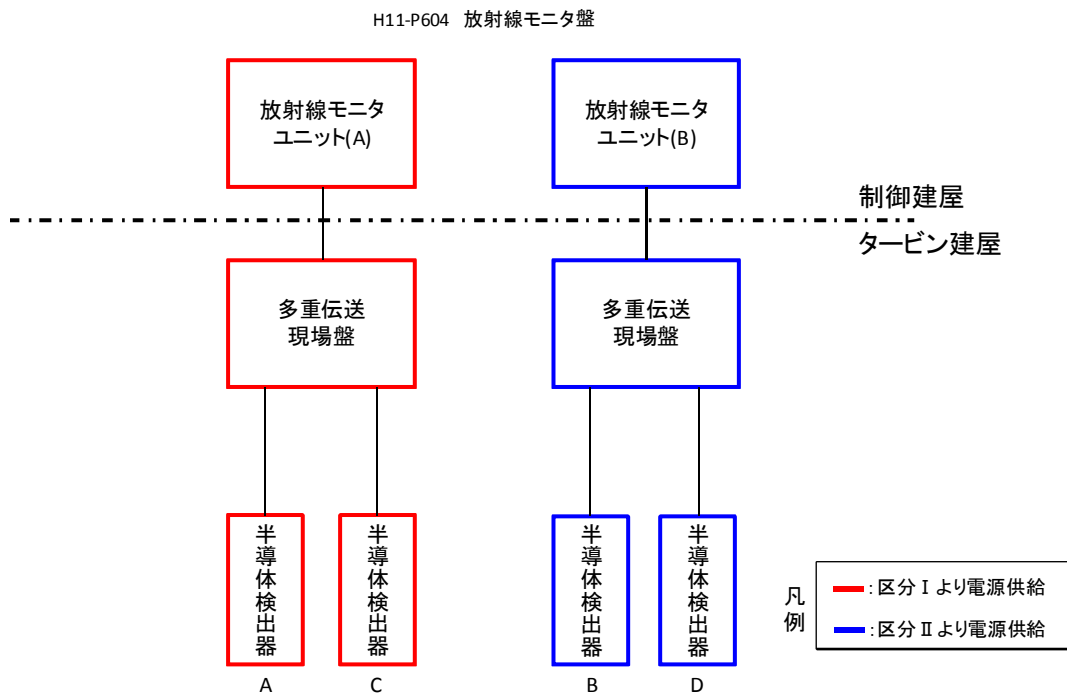


図1 気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ 系統概略図

【添付資料2，補足説明資料7参照】

2. 資料

(1) 補足説明資料7 設計基準事故解析で期待するMS-3機能について

設計基準事故解析で期待するMS-3機能について

1. 目的

女川原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書 添付書類十の事故解析で期待する異常影響緩和系のうち、重要度分類がMS-3の系統・機器を確認する。

2. 抽出方法

添付書類十の全ての事故時に期待する異常影響緩和系を抽出する。

3. 抽出結果

事故時に期待する異常影響緩和系と重要度分類を表1に示す。このうち、気体廃棄物処理設備エリア排気モニタが重要度分類MS-3に該当する。

表1 事故時に期待する異常影響緩和系の重要度分類 (1/3)

設計基準事故	機能	期待する異常影響緩和系	重要度分類
原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化			
原子炉冷却材喪失	原子炉の緊急停止機能	・制御棒および制御棒駆動系 (スクラム機能)	MS-1
	未臨界維持機能	・制御棒および制御棒駆動系 (未臨界維持機能)	
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	・主蒸気逃がし安全弁 (安全弁としての開機能)	
	炉心冷却機能	・低圧炉心スプレイ系 ・低圧注水系 (残留熱除去系低圧注水モード) ・高圧炉心スプレイ系 ・自動減圧系	
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	・原子炉保護系 (原子炉水位低) ・工学的安全施設作動回路 (原子炉水位低, ドライウェル圧力高)	
	安全上特に重要な関連機能	・非常用所内電源設備	
・原子炉冷却材流量の喪失 ・原子炉冷却材ポンプの軸固着	原子炉の緊急停止機能	・制御棒および制御棒駆動系 (スクラム機能)	MS-1
	未臨界維持機能	・制御棒および制御棒駆動系 (未臨界維持機能)	
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	・主蒸気逃がし安全弁 (安全弁としての開機能)	
	原子炉停止後の除熱機能	・残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード) ・原子炉隔離時冷却系 ・主蒸気逃がし安全弁 (手動逃がし機能) ・自動減圧系 (手動逃がし機能)	
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	・原子炉保護系 (主蒸気止め弁閉)	
	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	・格納容器隔離弁 (主蒸気隔離弁を含む)	
	安全上特に重要な関連機能	・非常用所内電源設備	

表1 事故時に期待する異常影響緩和系の重要度分類 (2/3)

設計基準事故	機能	期待する異常影響緩和系	重要度分類
反応度の異常な投入又は原子炉出力の急激な変化			
制御棒落下	原子炉の緊急停止機能	・制御棒および制御棒駆動系 (スクラム機能)	MS-1
	未臨界維持機能	・制御棒および制御棒駆動系 (未臨界維持機能)	
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	・主蒸気逃がし安全弁 (安全弁としての開機能)	
	原子炉停止後の除熱機能	・残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード) ・原子炉隔離時冷却系 ・主蒸気逃がし安全弁 (手動逃がし機能) ・自動減圧系 (手動逃がし機能)	
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	・原子炉保護系 (中性子束高) ・工学的安全施設作動回路 (主蒸気管放射能高)	
	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	・格納容器隔離弁 (主蒸気隔離弁を含む)	
	異常状態への対応上特に重要な構築物, 系統及び機器	・制御棒落下速度リミッタ	MS-2
環境への放射性物質の異常な放出			
放射性気体廃棄物処理施設の破損	放射性物質放出の防止機能	・気体廃棄物処理系の隔離弁 ・排気筒	MS-2
	異常状態の把握機能	・気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ	MS-3
主蒸気管破断	原子炉の緊急停止機能	・制御棒および制御棒駆動系 (スクラム機能)	MS-1
	未臨界維持機能	・制御棒および制御棒駆動系 (未臨界維持機能)	
	原子炉停止後の除熱機能	・原子炉隔離時冷却系 ・残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード) ・主蒸気逃がし安全弁 (手動逃がし機能) ・自動減圧系 (手動逃がし機能)	
	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	・主蒸気流量制限器 ・格納容器隔離弁 (主蒸気隔離弁を含む)	
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	・原子炉保護系 (主蒸気隔離弁閉) ・工学的安全施設作動回路 (主蒸気管流量大)	
安全上特に重要な関連機能	・非常用所内電源設備		
燃料集合体の落下	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	・非常用ガス処理系 ・排気筒 (非常用ガス処理系の排気機能) ・原子炉建屋原子炉棟	MS-2
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	・工学的安全施設作動回路 (原子炉建屋原子炉棟放射能高)	
原子炉冷却材喪失	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	・格納容器 ・格納容器隔離弁 (主蒸気隔離弁含む) ・原子炉建物原子炉棟 ・格納容器スプレイ冷却系 (残留熱除去系格納容器スプレイ冷却モード) ・非常用ガス処理系 ・排気筒 (非常用ガス処理系の排気機能) ・遮へい設備	MS-1
制御棒落下	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	・格納容器隔離弁 (主蒸気隔離弁含む)	MS-1
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	・工学的安全施設作動回路 (主蒸気管放射能高)	

表 1 事故時に期待する異常影響緩和系の重要度分類 (3/3)

設計基準事故	機能	期待する異常影響緩和系	重要度分類
原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化			
原子炉冷却材喪失	炉心冷却機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低圧注水系 (残留熱除去系低圧注水モード) ・ 高圧炉心スプレイ系 ・ 低圧炉心スプレイ系 	MS-1
	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 真空破壊装置 ・ 格納容器スプレイ冷却系 (残留熱除去系格納容器スプレイ冷却モード) 	
	安全上特に重要な関連機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常用所内電源設備 	
	事故時のプラント状態の把握機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉水位 (広帯域) ・ 原子炉格納容器圧力 	MS-2
可燃性ガスの発生	放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 真空破壊装置 ・ 可燃性ガス濃度制御系 	MS-1
	事故時のプラント状態の把握機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 格納容器雰囲気モニタ (水素・酸素濃度) 	MS-2

No.27 【指摘事項：151-14】

・機能復旧を考慮した場合の線量評価を行うこと。

1. 回答

機能復旧を考慮した場合の線量評価を以下に示す。

(1) 非常用ガス処理系

a. 原子炉冷却材喪失

補修により、非常用ガス処理系が機能復旧した場合の線量評価を実施した。評価条件を表 1-1 に、放出放射エネルギーを表 1-2 に示す。

評価の結果、周辺監視区域境界における実効線量は約 $5.2 \times 10^{-3} \text{mSv}$ となった。

b. 燃料集合体の落下

補修により、非常用ガス処理系が機能復旧した場合の線量評価を実施した。評価条件を表 1-3 に、放出放射エネルギーを表 1-4 に示す。

評価の結果、周辺監視区域境界における実効線量は約 $9.8 \times 10^{-1} \text{mSv}$ となった。

(2) 中央制御室換気空調系

a. 原子炉冷却材喪失時（仮想事故）

補修により、中央制御室換気空調系が機能復旧した場合の運転員の被ばく線量を評価した。評価条件を表 2-1 に示す。

評価の結果、運転員の被ばく線量は約 1.5mSv となった。評価結果を表 2-2 に示す。

b. 主蒸気管破断時（仮想事故）

補修により、中央制御室換気空調系が機能復旧した場合の運転員の被ばく線量を評価した。評価条件を表 2-1 に示す。

評価の結果、運転員の被ばく線量は約 1.6mSv となった。評価結果を表 2-2 に示す。

【補足説明資料 11 参照】

表 1-1 非常用ガス処理系の修復を考慮した線量評価条件
(原子炉冷却材喪失)

項 目	評価条件
原子炉建屋からの換気率	0～1日： 0.5回/day (SGTSによる換気) 1～4日： 0.2回/day (建屋漏えい) ※1 4日～∞： 0.5回/day (SGTSによる換気)
非常用ガス処理系のよう素除去効率	0～1日： 99% 1～4日： 考慮なし 4日～∞： 99%
事故の評価期間	無限期間
実効放出継続時間	放射性物質の放出形態毎に、全放出量を1時間当たりの最大放出率で除した値から適切に設定 ・0～1日 (排気筒放出) χ/Q ： 10時間, D/Q ： 10時間 ・1～4日 (地上放出) χ/Q ： 50時間, D/Q ： 60時間 ・4日～∞ (排気筒放出) χ/Q ： 200時間, D/Q ： 140時間
環境に放出された放射性物質の大気中の拡散条件	・0～1日 (排気筒放出) χ/Q ： 2.9×10^{-6} s/m ³ , D/Q ： 1.1×10^{-19} Gy/Bq ・1～4日 (地上放出) χ/Q ： 4.8×10^{-5} s/m ³ , D/Q ： 7.8×10^{-19} Gy/Bq ・4日～∞ (排気筒放出) χ/Q ： 1.1×10^{-6} s/m ³ , D/Q ： 4.6×10^{-20} Gy/Bq 〔2012年1月～2012年12月の気象データに基づき「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従って評価した相対濃度及び相対線量〕 ※2
静的機器の単一故障	非常用ガス処理系配管破断

※1 原子炉建屋原子炉棟からの漏えい率の妥当性について補足説明資料1に示す。

※2 気象データの妥当性について補足説明資料2に示す。

表 1-2 非常用ガス処理系の修復を考慮した放出放射エネルギー
(原子炉冷却材喪失)

項 目	評価結果	
よう素の放出量 (I-131 等価量－小児実効線量係数換算)	0～1日：排気筒放出	約 3.3×10^7 Bq
	1～4日：地上放出	約 1.1×10^{10} Bq
	4日～∞：排気筒放出	約 9.5×10^8 Bq
希ガスの放出量 (γ 線エネルギー 0.5MeV 換算)	0～1日：排気筒放出	約 7.4×10^{10} Bq
	1～4日：地上放出	約 7.2×10^{10} Bq
	4日～∞：排気筒放出	約 3.9×10^{11} Bq

表 1-3 非常用ガス処理系の修復を考慮した線量評価条件
(燃料集合体の落下)

項 目	評価条件
原子炉建屋からの換気率	0～1日： 0.5回/day (SGTSによる換気) 1～34日： 0.2回/day (建屋漏えい) ※1 34日～∞： 0.5回/day (SGTSによる換気)
非常用ガス処理系のよう素除去効率	0～1日： 99% 1～34日： 考慮なし 34日～∞： 99%
事故の評価期間	無限期間
実効放出継続時間	放射性物質の放出形態毎に、全放出量を1時間当たりの最大放出率で除した値から適切に設定 ・0～1日 (排気筒放出) χ/Q ： 10時間, D/Q ： 10時間 ・1～34日 (地上放出) χ/Q ： 80時間, D/Q ： 70時間 ・34日～∞ (排気筒放出) χ/Q ： 30時間, D/Q ： 30時間
環境に放出された放射性物質の大気中の拡散条件	・0～1日 (排気筒放出) χ/Q ： 2.9×10^{-6} s/m ³ , D/Q ： 1.1×10^{-19} Gy/Bq ・1～34日 (地上放出) χ/Q ： 4.0×10^{-5} s/m ³ , D/Q ： 7.4×10^{-19} Gy/Bq ・34日～∞ (排気筒放出) χ/Q ： 2.1×10^{-6} s/m ³ , D/Q ： 8.7×10^{-20} Gy/Bq 〔2012年1月～2012年12月の気象データに基づき「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従って評価した相対濃度及び相対線量〕※2
静的機器の単一故障	非常用ガス処理系配管破断

※1 原子炉建屋原子炉棟からの漏えい率の妥当性について補足説明資料1に示す。

※2 気象データの妥当性について補足説明資料2に示す。

表 1-4 非常用ガス処理系の修復を考慮した放出放射エネルギー
(燃料集合体の落下)

項 目	評価結果	
よう素の放出量 (I-131 等価量－小児実効線量係数換算)	0～1日：排気筒放出	約 2.5×10^{10} Bq
	1～34日：地上放出	約 2.5×10^{12} Bq
	34日～∞：排気筒放出	約 2.4×10^6 Bq
希ガスの放出量 (γ 線エネルギー 0.5MeV 換算)	0～1日：排気筒放出	約 7.4×10^{13} Bq
	1～34日：地上放出	約 6.3×10^{13} Bq
	34日～∞：排気筒放出	約 1.7×10^9 Bq

表 2-1 中央制御室換気空調系の修復を考慮した線量評価条件

項目	評価条件
事故時における外気取り込み方法	外気連続少量取込
中央制御室換気空調設備処理空間容積	14,000 m ³ (1,2号炉合計)
再循環フィルタ装置流量	0分～20分：0 m ³ /h 20分～1日：8,000 m ³ /h 1日～4日：0 m ³ /h 4日～30日：8,000 m ³ /h
チャコールフィルタ効率	0分～20分：0 % 20分～1日：90 % 1日～4日：0 % 4日～30日：90 %
事故時外気取り込み量	500 m ³ /h ^{※1}
外気リークイン量	14,000 m ³ /h (1回/h) ^{※2}
事故時運転モードへの切替時間	20分
静的機器の単一故障	中央制御室再循環フィルタ装置閉塞又は中央制御室換気空調系ダクト破断

※1 被ばく評価では、保守的になるよう外気を取り込みを考慮している。

※2 空気流入率試験結果を基に保守的に設定（補足説明資料3参照）

表 2-2 中央制御室換気空調系の修復を考慮した線量評価結果

被ばく経路		原子炉冷却材喪失	主蒸気管破断
室内作業時	① 原子炉建屋内の放射性物質からγ線による中央制御室内での被ばく	約 5.7×10^{-2} mSv	約 6.1×10^{-3} mSv
	② 大気中へ放出された放射性物質による中央制御室での被ばく	約 4.2×10^{-2} mSv	約 8.7×10^{-3} mSv
	③ 外気から取り込まれた放射性物質による中央制御室内での被ばく	約 6.0×10^{-1} mSv	約 1.5 mSv
	小計 (①+②+③)	約 7.0×10^{-1} mSv	約 1.5 mSv
入退域	④ 原子炉建屋内の放射性物質からのγ線による入退域での被ばく	約 7.1×10^{-1} mSv	約 1.5×10^{-3} mSv
	⑤ 大気中へ放出された放射性物質による入退域での被ばく	約 5.4×10^{-2} mSv	約 6.5×10^{-2} mSv
	小計 (④+⑤)	約 7.6×10^{-1} mSv	約 6.7×10^{-2} mSv
合計 (①+②+③+④+⑤)		約 1.5 mSv	約 1.6 mSv