

東海第二発電所安全性検討ワーキングチーム 説明資料改訂版

2021年2月16日
日本原子力発電株式会社

東海第二発電所

内部火災への対応について(改訂版)

2021年2月16日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、☐ は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

1. 火災防護に関する基本方針	3
2. 火災防護における安全対策の主要なポイント	4
3. 安全機能を有する構築物、系統及び機器等の選定	9
4. 火災区域・区画設定の考え方	10
5. 内部火災防護対策における安全性の向上	11
6-1. 火災の発生防止(全般)	14
6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応)	16
7-1. 火災の感知、消火(火災感知設備)	22
7-2. 火災の感知、消火(消火設備)	23
7-3. 火災の感知、消火(非難燃ケーブル対応)	24
8. 火災の影響軽減	25
9. 特徴的な火災区域(区画)の火災防護	28
・中央制御室(制御盤)	
・中央制御室(床下コンクリートピット)	
・原子炉格納容器	
・ケーブル処理室	
・原子炉建屋付属棟1階電気室	
・常設代替高圧電源装置置場	
・地下ケーブルトンネル	
・格納容器圧力逃がし装置等	
10. まとめ	36

補足説明資料 内部火災への対応について

1. 火災防護に関する基本方針



<設計基準対処施設に対する基本方針>

- ◆設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なうことがないよう、火災防護対策を講じる設計とする。
- ◆火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域や放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域等に設定し、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。
- ◆上記に含まれない設計基準対象施設は、消防法、建築基準法、日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備等に応じた火災防護対策を講じる設計とする。

<重大事故等対処施設に対する基本方針>

- ◆重大事故等対処施設は、火災により重大事故等により対処するために必要な機能を損なうおそれがないよう、火災防護対策を講じる設計とする。
- ◆火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、重大事故等対処施設を設置する区域を火災区域等に設定し、火災の発生防止、火災の感知及び消火のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

2. 火災防護における安全対策の主要なポイント(1/5)

【基本事項】

- ◆ 以下の火災区域及び火災区画に対し、火災発生防止①、火災の感知及び消火②、火災の影響軽減③の3つの深層防護の概念に基づいた対策により、火災防護を強化

- (1)原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統、機器(以下、「原子炉の安全停止機器等」)が設置される火災区域及び火災区画
- (2)放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域

※: 火災区域: 耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域

火災区画: 火災区域を細分化したものであって、耐火壁、離隔距離、固定式消火設備等により分離された火災防護上の区画

(実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準)



内部火災の深層防護の概念

- ◆ 原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため火災防護計画を策定し、保安規定に基づく社内規定として定めて適切に管理
 - (1)計画遂行のための体制、責任者の権限、必要な要員の確保・教育訓練・火災防護対策に必要な手順等を定める。
 - (2)安全機能を有する機器等を設置する火災区域(区画)等について、必要な火災防護対策(発生防止、感知・消火、影響軽減)について定める。

2. 火災防護における安全対策の主要なポイント(2/5)

【火災区域/火災区画の設定】

(1) 火災区域

火災区域は耐火壁で囲まれている建屋内の区域として設定

- ① 火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁、貫通部シール、防火扉及び防火ダンパ等によって他の火災区域から分離
- ② 系統分離されて配置されている場合には、それを考慮して火災区域を設定

(2) 火災区画

火災区画は、火災区域を細分化したものであって、耐火壁、離隔距離、固定式消設備等により分離された火災防護上の区画として設定

- ① 火災区画は全周囲を耐火壁で囲まれている必要はなく、隔壁や扉の配置状況を目安に設定
- ② 火災区画の範囲は、原子炉の安全停止に係わる系統分離等に応じて設定

3時間耐火能力を有する耐火壁等による系統分離の概要

区分	安全区分Ⅰ	安全区分Ⅱ	安全区分Ⅲ
高温停止	・原子炉隔離時冷却系 ・自動減圧系(A) ・低圧注水系(A)／低圧炉心スプレイ系	・自動減圧系(B) ・低圧注水系(B)／低圧注水系(C)	・高圧炉心スプレイ系
低温停止	・残留熱除去系(A) ・残留熱除去系海水系(A)	・残留熱除去系(B) ・残留熱除去系海水系(B)	—
電 源	・非常用ディーゼル発電機(C)系 ・直流電源(A)系	・非常用ディーゼル発電機(D)系 ・直流電源(B)系	・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系 ・直流電源(HPCS)系

▲ 区分Ⅰと、区分Ⅱ、Ⅲの境界を3時間以上の耐火能力を有する耐火壁等で分離



◆ 単一火災によっても安全区分ⅠとⅡ、Ⅲが同時に機能喪失することを回避し、高温停止・低温停止機能を確保

2. 火災防護における安全対策の主要なポイント(3/5)

【火災の発生防止】

(1) 原子炉施設の火災の発生を防止するための火災防護対策

- ①発火性、引火性物質を内包する設備及びこれらを設置する火災区域に対する対策
 - ・油内包機器に対する、**漏えい防止、拡大防止対策**実施
 - ・安全機能を有する機器等を設置する火災区域への**貯蔵は、運転上必要な量に制限**
- ②可燃性の蒸気・微粉が滞留する可能性のある火災区域への対策
- ③水素の漏えいに対する対策
 - ・爆発限界以下になるように**換気装置**の設置、**水素検知器設置**による漏えい検知
- ④電気系統は**保護継電器と遮断器等により過電流を遮断し、過熱を防止**



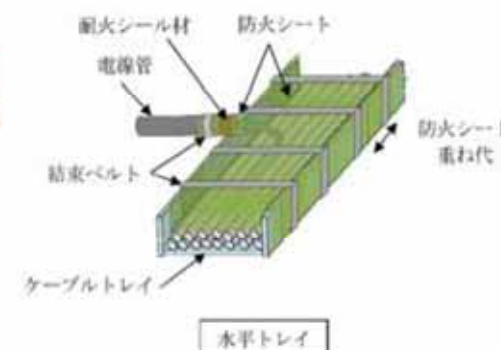
防油堤の設置



水素検知器の設置(蓄電池室等)

(2) 安全機能を有する構築物、系統及び機器への不燃性又は難燃性材料を使用した設計

- ①機器、配管、トレイ、盤の筐体等**主要な構造材は不燃性材料**を使用
- ②建屋内変圧器、遮断器は**絶縁油を内包しないもの**を使用
- ③ケーブルは難燃ケーブルを使用
 - ・**東海第二は非難燃ケーブルを使用しているため、原則、取替えし、非難燃ケーブルを使用する場合は範囲を限定し、代替措置により難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を確保したうえで使用**
- ④換気用のフィルタ、保温材、建屋内装材の材料選定



非難燃ケーブルへの対応(代替措置)

(3) 落雷、地震等の自然現象によっても火災が発生しないように設計

- ①落雷による火災発生防止のため**建屋等には避雷設備**を設置
- ②安全機能を有する機器等は、**十分な支持性能をもつ地盤**に設置

2. 火災防護における安全対策の主要なポイント(4/5)



【火災の感知・消火】

安全機能を有する機器等の火災の影響を考慮し、早期の火災感知、消火できる設計

(1) 火災感知設備

- ①放射線や温度等の環境条件、火災の性質により感知器を選定
- ②固有の信号を発する異なる種類の感知器を組合わせて設置
 - ・平常時の温度等を監視し、急激な温度上昇を把握できるアナログ式の採用
 - ・煙感知器と熱感知器、煙感知器と炎感知器等の組合せ
 - ・感知器の作動を1個ずつ特定できる受信機の設置
- ③外部電源喪失時にも機能を失わないように電源確保可能な設計
(非常用電源(非常用ディーゼル発電機)から給電し、機能維持可能)

火災感知器設置例	火災感知器の組合せ	
一般的な火災区画	アナログ式煙感知器 	アナログ式熱感知器 
屋外 (海水ポンプ室)	炎感知器 	熱感知カメラ 

(2) 消火設備

- ①煙の充満や放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域(区画)は自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置
- ②消火用水の水源及び消火ポンプの多重性又は多様性を装備
- ③安全停止機器等の系統分離のために設置される消火設備は、系統分離に応じた独立性を装備
- ④外部電源喪失時にも機能を失わないように電源確保可能な設計
(非常用電源(非常用ディーゼル発電機)から給電し、機能維持可能)
- ⑤移動式消火設備を配備
- ⑥消火設備の破損、誤動作又は誤操作によっても安全機能を失わない設計

消火設備設置例	設置箇所
水消火設備(消火栓)	各建屋及び屋外
ハロゲン化物自動消火設備(全域)	電気室、ケーブル処理室等の全域消火
二酸化炭素消火設備(全域)	非常用ディーゼル発電機室、緊急時対策所用非常用発電機室等
移動式消火設備	化学消防自動車×1台、水槽付消防ポンプ車×1台

2. 火災防護における安全対策の主要なポイント(5/5)

【火災の影響軽減】

- ◆ 影響軽減(系統分離)により、如何なる火災区域(区画)で火災が発生しても、多重化された系統が同時に機能喪失することなく原子炉を安全に停止できる手段を確保

- (1) 原子炉の安全停止機器等を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する、耐火壁等によって他の火災区域から分離
- (2) 原子炉の安全停止機器等は、その相互の系統分離を行うため、以下のいずれかの方法により、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計とする。
 - a. 異区分の機器等を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離
 - b. 異区分の機器等を水平距離で6m離隔し、かつ、火災感知・自動消火設備を設置(離隔内への可燃物の仮置き禁止)
 - c. 異区分の機器等を1時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離、かつ、火災感知・自動消火設備を設置

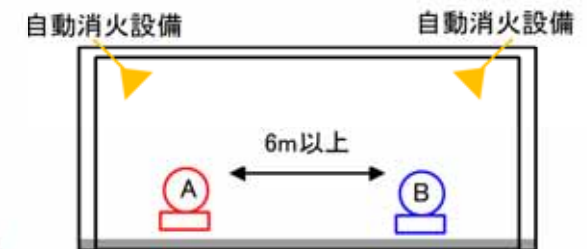
3時間以上の耐火能力を有する耐火壁により、他の火災区域から分離・安全区分ⅠとⅡ以外の設備の設置されるエリアを考慮して設定

各火災区域について、機器配置を考慮し、延焼防止及び系統分離の観点から火災区画を設定

更に、火災区画にある異区分の機器について、系統分離を実施・安全区分ⅠとⅡ、Ⅲを分離し、延焼を防止



a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離



b. 6m離隔+火災感知・自動消火



c. 1時間の耐火能力を有する隔壁等+火災感知・自動消火

系統分離対策

- ◆ 単一火災による影響を考慮しても、多重化された系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を安全停止(高温停止及び低温停止)できる設計であることを、火災影響評価により確認(系統分離対策の妥当性の再確認)

3. 火災防護対象機器の設定



(1) 火災防護対象系統・設備等の選定

- ◆ 「発電用軽水炉型原子力施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」(以下、「重要度分類審査指針」)に基づき、発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、**原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持するために必要な機能及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な機能**を抽出し、火災による影響を考慮して、原子炉の安全停止に必要なポンプ、電動機、弁、計器等、およびこれらに関連する電源盤、制御盤、ケーブル等を抽出

(2) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持するために必要な機能・系統

- ◆ 原子炉の緊急停止機能や原子炉停止後の除熱機能等の**13機能**及びこれを達成するために必要な**残留熱除去系等の20系統**を抽出

原子炉の安全停止に必要な機能の抽出(13機能)	安全停止に必要な機能を達成するための系統(20系統)
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ
原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系(制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能))
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁(安全弁機能)※ ※: 非常時に原子炉の圧力を下げるための安全弁
原子炉停止後の除熱機能 他	自動減圧系※1, 逃がし安全弁(手動逃がし機能)※2 ※1: 原子炉水位低信号等により逃がし安全弁を動作させ炉心の圧力を下げるための系統 ※2: 逃がし安全弁を手動で動作させる機能
	原子炉隔離時冷却系※ ※: 原子炉で発生した蒸気を駆動源として原子炉に外から注水する系統
	残留熱除去系(停止時冷却モード)※ ※: 原子炉から崩壊熱を除去し低温停止させるための系統
	高圧炉心スプレイ系※ 他 ※: 事故時に外から原子炉に注水する系統(非常用炉心冷却系の一部)

(3) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な機能・系統

- ◆ 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な**5機能**及びこれを達成するために必要な**非常用ガス処理系等の16系統**を抽出

放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な機能の抽出(5機能)	放射性物質の貯蔵等に必要な機能を達成するための系統(16系統)
放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮蔽及び放出低減機能	・原子炉格納容器
	・非常用ガス処理系※ 他 ※: 事故時に原子炉建屋の負圧を維持し, 放射性物質の拡散を防止する系統
原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって, 放射性物質を貯蔵する機能 他	・使用済燃料プール(使用済燃料貯蔵ラック含む) ・使用済燃料乾式貯蔵容器 他

4. 火災区域・火災区画の設定

- ◆ 非常用ディーゼル発電機, 安全上重要な電源盤等は, 耐火壁等により火災に対して相互に独立性を確保し, 系統機能を維持可能とする。
- ◆ 電源を安全区分ⅠとⅠ以外(Ⅱ,Ⅲ)に分け, 既存の構造躯体や耐火隔壁の追設等により, 系統分離を実施することで, 他方への延焼を防止可能とする。

3時間以上の耐火能力を有する耐火壁により, 他の火災区域から分離
 ・安全区分Ⅰ(オレンジ)とⅠ以外(水色)の設備の設置されるエリアを考慮して設定



各火災区域について, 機器配置を考慮し, 延焼防止及び系統分離の観点から火災区画を設定



火災区画にある異区分の機器について, いずれかの方法*により, 系統分離を実施
 ・安全区分ⅠとⅠ以外(Ⅱ, Ⅲ)を分離し, 延焼を防止

凡例	 安全区分Ⅰの火災区域
 : 火災区域	 安全区分Ⅰ以外の火災区域
 : 火災区画	
 : 3時間以上の耐火隔壁追設	
 : 1時間以上の耐火隔壁追設	
赤字: 安全区分Ⅰの火災防護対象機器	
青字: 安全区分Ⅱの火災防護対象機器	
緑字: 安全区分Ⅲの火災防護対象機器	

原子炉建屋原子炉棟及び原子炉建屋附属棟 地下2階 火災区域の設定
 内部火災-10

*3時間耐火隔壁による分離, 距離+感知・自動消火設備による分離, 1時間耐火隔壁+感知・自動消火による分離

5. 内部火災防護対策における安全性の向上(1/3)



①基本的な考え方及び火災の発生防止

安全性向上	項目	従来の対策	新規制対応	備考
深層防護概念の適用	基本的な考え方	火災発生防止, 火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の 3方策の組み合わせ による安全性確保	火災発生防止, 火災の感知及び消火, 火災の影響軽減の 3方策のそれぞれで火災防護を強化 し安全性を更に向上	強化
火災の発生防止	火災発生源となる要因を排除	発火性又は引火性の液体又は気体の漏えい防止, 地絡, 短絡等に起因する過電流による過熱防止	同左(個別要求事項の明確化)	強化
	火災防護計画策定による火災防護の徹底	持込物品や可燃性材料の管理を含む火災防護に関する計画の策定	発生防止のみならず, 火災防護全体にわたっての 火災防護計画の策定	新規
	水素対策	水素対策(放射線分解等に伴う水素による火災発生の可能な限りの防止, 換気対策, 水素使用系統の監視, バッテリー室の換気設備)	同左(個別要求事項の明確化)	強化
	不燃性材料又は難燃性材料の使用	安全機能を有する機器等には, 実用上可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用	安全機能を有する機器等には, 不燃性材料又は難燃性材料を使用	強化
		<ケーブル> ・非難燃ケーブル(建設時)は米国基準に基づき防火塗料にて延焼防止	原則, 難燃ケーブルの使用。取替に伴い安全上の課題がある範囲については, 同等以上の保安水準が確保できることを確認して代替措置(複合体) にて対応	強化
	自然現象による火災発生防止	・建屋等に避雷設備設置/安全機能を有する機器等の耐震性確保	・同左	—

5. 内部火災防護対策における安全性の向上(2/3)



②火災感知・消火

安全性向上	項目	従来対策	新規制対応	備考
火災の感知	異なる種類の感知器設置(多重性・多様性)	消防法等に基づく感知設備の配備	固有の信号を発する異なる種類(煙・熱)の感知器又は同等の機能の機器(炎・赤外線カメラ等)を組合わせて設置	新規
	電源の信頼性	外部電源喪失時にも機能を失わない電源確保	同左	—
火災の消火	消火活動困難箇所への自動消火設備又は固定式消火設備設置	消防法に基づく消火設備の配備	煙の充満等により消火活動が困難となるケーブル処理室、電気室、非常用ディーゼル発電機室、油内包機器等には自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備設置	新規
	消火設備(動的機器)の単一故障の考慮		- 容器弁及びポンペを必要数より多く設置し、容器弁の単一故障により同時に機能を喪失しない設計 - 選択弁についても多重化し、単一故障により機能を喪失しないよう設計	新規
	多重性、多様性	・消火用水の水源、消火ポンプは多重性、多様性を確保	・同左	—

5. 内部火災防護対策における安全性の向上(3/3)



③火災の影響軽減

安全性向上	項目	従来の方策	新規制対応	備考
影響軽減 (複数の安全機能が同時に機能喪失しないよう分離要求)	火災区域(区画)内及び隣接火災区域(区画)の影響軽減対策	火災区域の設定と重要度に応じた影響軽減対策	◆ 原子炉の<u>安全停止機器等を設置する火災区域を3時間以上の耐火能力を有する耐火壁で他の火災区域から分離</u> ◆ 原子炉の安全停止に係る安全区分の異なる機器、ケーブル(以下「機器等」という。)を以下の方法で系統分離 a. 安全区分の異なる機器等を<u>3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離</u> b. 安全区分の異なる機器等を<u>水平距離で6m以上離隔し、かつ、火災感知設備、自動消火設備設置</u>(機器間は可燃物管理) c. 安全区分の異なる機器等を<u>1時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知設備、自動消火設備設置</u> ◆ 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する機器等が設置される火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離	・新規
	火災の影響を考慮しても安全停止できる設計	想定される火災に対して、単一故障を想定しても <u>高温停止できる設計</u>	◆ 上記の影響軽減対策(系統分離)を実施することにより、 <u>単一火災によっても、1系統以上の安全停止機能(高温停止及び低温停止)を確保</u> (安全停止パス)できることを確認	・強化
	影響評価(対策の妥当性確認)	—	◆ 火災により原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、 <u>単一故障を想定しても、事象が収束し、低温停止可能であることを火災影響評価により確認(対策の妥当性を再確認)</u>	・新規

6-1. 火災の発生防止(全体) (1/2)



- ◆ 火災発生防止にあたっては、「火災防護対策」、「不燃性材料又は難燃性材料の使用」、「自然現象による火災の発生防止」を考慮した設計とする

対応項目		対応方針
発火性又は引火性物質を内包する設備の火災発生防止	漏えい防止・拡大防止	- 潤滑油、燃料油を内包する機器は、溶接構造・シール構造の採用により漏えいを防止。また、堰等を設置し、漏えいした潤滑油の拡大を防止 - 発火性又は引火性の気体として水素を内包する機器は、ペローズ弁及び溶接構造等を採用し漏えいを防止
	配置上の考慮	油や水素内包機器の火災により、重大事故等の対処する機能が損なわれないように、壁等による配置を考慮
	換気	- 発火性又は引火性物質を内包する設備のある建屋等は、空調機器による機械換気を実施 - なお、海水ポンプエリア等の屋外エリアは自然換気とする
	防爆	- 潤滑油や燃料油を内包する機器は、溶接構造やシール構造による漏えい防止や堰等の設置による拡大を防止。潤滑油の引火点は設置するエリアの室内温度、機器運転温度よりも高く、可燃性蒸気となることはない。また、燃料油を内包する設備が設置されるエリアについても換気されるため可燃性蒸気が滞留することはない - 水素については、溶接構造等による漏えい防止策を実施するとともに機械換気を実施。また、水素ポンペについては使用時を除き元弁を閉とする運用 「原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を定める省令」により、必要な接地を実施
	貯蔵	必要な量に制限して貯蔵(全交流動力源喪失及び全交流動力電源喪失以外の重大事故等を想定しても、100%負荷で7日間の連続運転できる量を貯蔵)
可燃性の蒸気又は可燃性の粉体の対策		「防爆」に示す通り可燃性の蒸気を発生するおそれはない - 塗料等の有機溶剤は、社内規程により、必要量のみの持ち込みに制限 可燃性粉塵及び静電気が滞まるおそれのある設備は設置しない
発火源への対策		- 火花発生のおそれのあるブラシが設置されている設備(直流電動機等)では、ブラシは金属製の本体内に収納され火花が外部に出ない構造 - 最高使用温度が60℃を超える系統は、保温材で覆うことにより、可燃性物質との接触防止や潤滑油等の可燃物の過熱防止

6-1. 火災の発生防止(全体) (2/2)



対応項目		対応方針
水素対策		「漏えいの防止, 拡大防止(換気)」に示すような対策を実施。 - 蓄電池を設置する火災区域は, 水素の漏えいを検知できるように水素濃度検出器を設置し, 中央制御室に警報を発する設計。
放射線分解による発生, 蓄積する水素の燃焼対策		審査指針で示された火力原子力発電技術協会「ガイドライン」に従った水素対策を実施。
過電流による過熱防止対策		電気系統は, 保護継電器, 遮断器を設置し過電流に対する過熱防止対策を実施。
不燃性材料 又は難燃性 材料の使用	主要な構造材料	- 主要構造材は金属, コンクリート等の不燃材を使用 - なお, 配管パッキンや金属に覆われたポンプや弁等の潤滑油(グリース)及び金属に覆われた機器内部の電気配線は, 発火した場合でも他の安全機能を有する機器等に延焼しないことから不燃性材料または難燃性材料ではない材料を使用
	変圧器及び遮断器に対する絶縁油	火災区域内の変圧器及び遮断器は絶縁油を内包していないものを使用
	難燃ケーブル	- を実施原則, 難燃ケーブルを使用する設計とし, 建設時に敷設された非難燃ケーブルを使用する場合は, 難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を確認した防火シートによる代替措置(複合体形成) - 核計装ケーブルは, 難燃ケーブルを使用。なお, 放射線モニタケーブルについては, 代替ケーブルがなく要求を満足しないため, 専用電線管で敷設し, 酸素供給防止のため電線管両端には耐火性を有するシール材を施工し延焼を防止
	換気装置フィルタ	日本空気清浄協会「空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針(JACA No.11A)」を満足する難燃性が確認されたものを使用(チャコールフィルタ除く)
	保温材	建設省告示又は建築基準法に基づく不燃材を使用
	建屋内装材	建築基準法に基づく不燃材又は消防法に基づく認定品を使用
落雷, 地震等の自然現象 による火災発生防止	落雷に対する火災発生防止	建築基準法に基づく避雷設備を設置
	安全機能を有する構築物, 系統及び機器の耐震設計	設置許可基準規則の解釈に従い耐震設計を実施

【基準要求に適合するための設計方針】

審査基準では、安全機能を有する機器は、難燃ケーブルを使用する設計が要求されているが、東海第二発電所はプラント建設時に非難燃ケーブルを使用している。このため、基準要求に適合するよう非難燃ケーブルに対する設計方針を以下のとおりとする。

なお、建設以降に改造工事を行った際には難燃ケーブルを使用している。

1. 安全機能を有する機器に使用している非難燃ケーブルについては、原則、難燃ケーブルに取替える。
2. ケーブル取替以外の措置(以下「代替措置」という。)によって、非難燃ケーブルを使用する場合は、以下の範囲に限定する。
 - ① ケーブル取替に伴い安全上の課題が生じる範囲
及び
 - ② 施工後の状態において、以下の条件を満足する範囲
 - a. 安全上の課題を回避し、基準に適合する代替措置※が適用できること
 - b. 難燃ケーブルと比較した場合、火災リスクの有意な増加がないこと

※ 代替措置の難燃性能については、設置許可基準規則の解釈に基づき、保守的に設定した保安水準が達成できることを実証する。

【設置許可基準規則の解釈(抜粋)】

設置許可基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、設置許可基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、設置許可基準規則に適合するものと判断する。

6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (2/6)



【安全上の課題を回避する取替方法の検討結果】

- ◆既設非難燃ケーブル取替に伴う検討結果を以下に示す。なお、代替措置(複合体)は、難燃ケーブルと同等以上の耐延焼性を有することを確認

回路種別	敷設形態	安全上の課題	対応
高圧電力	ケーブルトレイ	なし	取替
低圧電力	電線管	なし	取替
	ケーブルトレイ	- 可燃物量の増加 - 建屋耐震性への影響	代替措置
制御・計装	電線管	なし	取替
	コンクリートピット	なし	取替
	ケーブルトレイ	- 可燃物量の増加 - 建屋耐震性への影響	代替措置

＜参考＞

- ◆新設するケーブルは、難燃ケーブルを使用
- ◆同じケーブルトレイに非難燃ケーブルと難燃ケーブルが混在する場合には、難燃ケーブルも含めて代替措置(複合体)を適用

6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (3/6)

(1) 複合体

- ◆ 複合体はケーブル及びケーブルトレイ全体を**不燃材の防火シート**で覆い、**不燃材の結束ベルト**で固定したもの

- ◆ 複合体を構成する防火シートは下記の仕様を満足するものを採用

- 建築基準法で定められた不燃材であること
- 防火設備に要求される遮炎性を有し、使用環境下での耐久性を持つこと

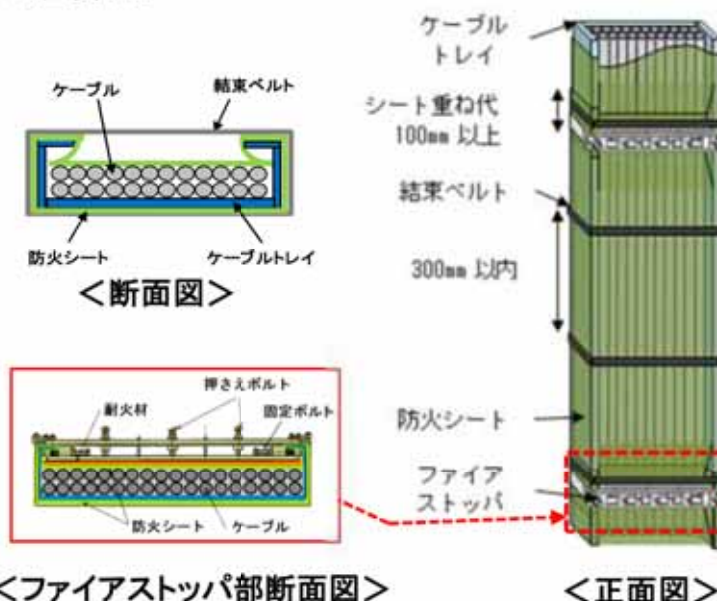
- ◆ 施工(設計)要件

- ・防火シート重ね代は100mm以上設ける
- ・結束ベルトを300mm以内ごとに設置
- ・延焼しやすいトレイ設置方向にはファイアストッパを900mm以下の間隔で設置して防火シートを密着、閉鎖空間とする

複合体構成品のスペック

- ・防火シート : 不燃材(ガラスクロス両面に難燃化ゴムをコーティング)
- ・結束ベルト : 不燃材(シリコンガラスクロス製ベルト)
- ・ファイアストッパ: 鋼材: SS400, SCM435 亜鉛メッキ

【複合体イメージ】

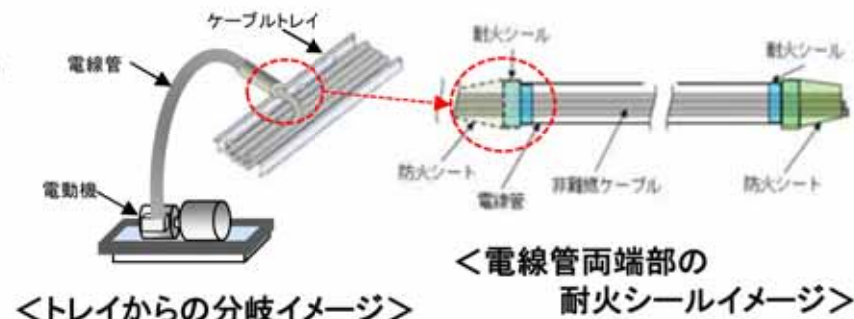


(2) ケーブルトレイから分岐する電線管

- ◆ ケーブルトレイから分岐する電線管敷設ケーブルは、開口部両端に耐火シールを施工

- 電線管内の酸素の供給を遮断

耐火シール: 耐火性能を有する難燃性シール材(難燃パテ)

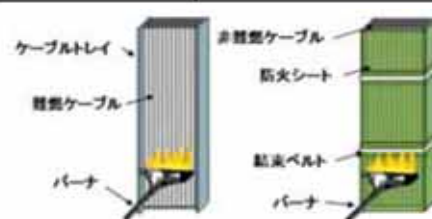


6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (4/6)



◆ 複合体の外部の火災に対し、複合体の耐延焼性及び同条件の難燃ケーブルと同等以上の性能があることを確認

試験区分	供試体	トレイ方向	ケーブル量	バーナ熱量 (kW)	最大損傷距離 (mm)	判定結果 (燃え止まること)	備考
標準状態	複合体	垂直	少量	20	570	良	・複合体は同条件の難燃ケーブルより損傷長が短いことを確認 ・難燃ケーブル満杯は設計最大量よりケーブル量が多く損傷長が長くなるため実施せず
			設計最大量		663	良	
			満杯		980	良	
	難燃ケーブル		少量		1010	良	
			設計最大量		1780	良	
	複合体	水平(参考)	設計最大量		740	良	
加熱源とFS (ファイアストッパ)の距離	複合体	垂直	設計最大量	20	①1220	良	・FSとバーナの距離に関わらず、複合体の方が難燃ケーブルより損傷長が短いことを確認 ・FS(ファイアストッパ)とバーナの距離が短いほど損傷長は長い ・難燃ケーブルはFSは設置しないためFSなし
					② 890	良	
					③ 760	良	
	難燃ケーブル				1780	良	
バーナ熱量 を変化 (50%増加)	複合体	垂直	設計最大量	30	1010	良	・バーナ熱量を50%増加させた条件でも、複合体の損傷長は難燃ケーブルより短いことを確認 ・複合体は同条件で2回実施
					930	良	
	難燃ケーブル				2030	良	



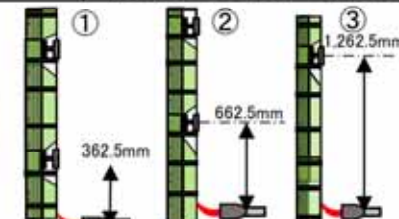
耐延焼性確認試験(垂直トレイ)概要



ケーブル量



耐延焼性確認試験(水平トレイ)概要

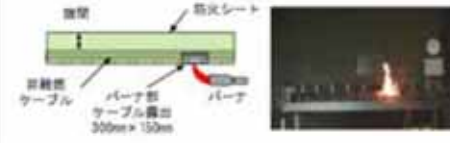
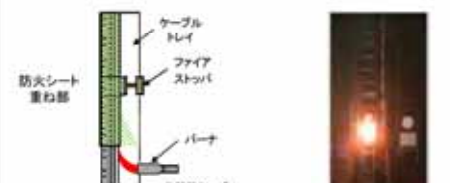


FSとバーナの位置関係

6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (5/6)



◆ 複合体の内部の火災に対して、複合体の耐延焼性を確認し、燃え止まること(延焼しないこと)を確認

トレイ方向	ケーブル量	バーナ熱量(kW)	間隙有無(FS有無)	最大損傷距離(mm)	判定結果(燃え止まること)	試験状況	備考
水平	設計 最大量	20	隙間有(FS無)	740	良		・FS(ファイアストッパ)がなく、空気層がある状態でも、複合体(ケーブルトレイ)配置が水平、勾配45°では、複合体は燃え止まることを確認
勾配45°				850	良		
垂直				— (>1800)	否	— (非難燃ケーブルの延焼試験と同じ)	
			隙間無(FS有)	1070	良		・複合体(ケーブルトレイ)が垂直の場合は、FSが無い場合は燃焼が継続と判断 FSを設置することで、複合体は燃え止まることを確認
	隙間有(FS有)	1280	良				

FS(ファイアストップパ):45°を超える傾きのケーブルトレイに対して、延焼防止を目的に防火シートをケーブルに密着させるために90cm毎に設置する器具

6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (6/6)

◆ 複合体がケーブル及びケーブルトレイ機能に与える影響を確認し、問題ないことを確認

(1) 防火シート等の耐久性試験

①実機使用環境を模擬し、各JISに準拠した防火シート等の耐久性確認試験

試験項目	準拠規格	試験対象	判定基準	判定結果
耐寒性	JIS C 3605	防火シート、結束ベルト	試験前後の外観に異常がないこと (割れ、膨れ、変色)	良
耐水性	JIS K 5600-6-2			良
耐薬品性	JIS K 5600-6-1			良
耐油性	JIS C 2320(1種2号)			良
耐塩水性	JIS K 5600			良

②高温及び放射線環境下における防火シート等の耐久性確認試験

想定年数	外観変化 (割れ、膨れ、変色)		酸素指数	
	シート	ベルト	シート	ベルト
初期	—	—	40.4	63
40年	無	無	70以上	45
判定結果	良	良	良	良

③複合体の外力(地震)による健全性確認試験

実機を模擬した保守的な加速度(水平4G,垂直3G)にて複合体の健全性を確認(JEAG4601に準拠した加振試験)

対象トレイ	結束ベルトの外れ	ファイアストップの外れ	ケーブルの露出	判定結果
水平トレイ	無	—	無	良
垂直トレイ	無	無	無	良

(2) 防火シートによる電氣的機能への影響確認

①通電機能への影響確認 <別紙1参照>

IEEE848-1996に準拠した電流低減率試験にて設計余裕内にあることを確認
(設計余裕34%に対して電流低下率は約14%)

ケーブル 設計 電流(A)	定格 電流 (A)	設計 余裕 (%)
97	72	34



②絶縁機能への影響確認

a. 絶縁抵抗測定試験

「JIS C 3005ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」

・水中に1時間以上浸し、規定電圧(直流:100V以上)を1分間印加してもケーブルの絶縁抵抗値の低下がないことを確認

b. 耐電圧試験

「JIS C 3605 600Vポリエチレンケーブル」

・規定電圧(交流:1500V)で1分間耐えることを確認



(3) 防火シートによる機械的機能への影響確認

①防火シートによる化学的影響を確認するため、JISに準拠したpH測定試験を実施し、中性範囲(pH6~8)にあることを確認(実測値pH6.4)

②防火シートによる耐震性低下

複合体形成後に増加する重量を算出し耐震余裕度を評価

判定基準:重量余裕の範囲内

・重量増加率(ラダー): (最大)3.3% < 設計重量の余裕:5%

・重量増加率(ソリッド): (最大)4.0% < 設計重量の余裕:14%



7-1. 火災の感知, 消火(火災感知設備)



- ◆ 火災感知設備は, 温度, 放射線等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し, 早期に火災を感知できる場所に, **固有の信号を発する異なる種類の感知器を設置する**

【アナログ式感知設備】

- 熱及び煙感知器 固有の信号を発する異なる種類の火災感知器の組合せの原則として選定
- 光ファイバーケーブル式熱感知器・非難燃ケーブル複合体に選定
- 熱感知カメラ 屋外環境のため熱や煙感知器が設置できない区画に選定

【非アナログ式感知設備 (アナログ式と同様に固有の信号を特定可能なように設置)】

- 防爆型感知器(熱及び煙) 可燃性ガスの蓄積が想定され防爆型が必要な箇所に選定
- 炎感知器 空間容積が大きく, 熱や煙が拡散し易い箇所に選定
- 熱感知器 放射線量が高くアナログ式感知器を設置できない区画に選定

火災区域(区画)	火災感知器の設置型式	
一般的な火災区画 (常設高圧代替注入ポンプ, 代替循環冷却系ポンプ, 格納容器圧力逃がし装置等)	アナログ式煙感知器	アナログ式熱感知器
原子炉格納容器	アナログ式煙感知器※	アナログ式熱感知器※
蓄電池室, 軽油貯蔵タンク/非常用DG燃料移送ポンプ等を設置する火災区画 (水素や揮発した燃料油により発火性ガスの充満する可能性がある区画)	非アナログ式煙感知器(防爆型)	非アナログ式熱感知器(防爆型)
海水ポンプ, 常設代替高圧電源装置を設置する火災区画 (屋外環境のため火災による煙, 熱が拡散する区画)	非アナログ式炎感知器(赤外線)	アナログ式熱感知カメラ(赤外線)
原子炉建屋オペレーティングフロア(火災区画) (天井が高く床面積が広いため火災による熱が拡散する区画)	非アナログ式炎感知器(赤外線)	アナログ式煙感知器(光電式分離型)
主蒸気管トンネル室 (運転中は放射線量が高いが常時監視が必要な区画)	アナログ式煙感知器(煙吸引式)	非アナログ式熱感知器 (感度: 温度 70~93℃)

※: 火災が想定されない窒素封入後は火災感知信号を除外する運用とし, 原子炉停止後は速やかに取替, 復旧実施

※: アナログ式感知器とは, 平常時の状態(温度, 煙の濃度)を連続して監視し, かつ, 火災現象(急激な温度や煙の濃度の上昇)を把握できるもの

■: 非アナログ式

7-2. 火災の感知, 消火(消火設備)



◆ 火災時の煙の充満等により消火活動が困難なところには, 自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置する

【消火設備選定の基本的な考え方】

- ◆ 消火活動が困難となる火災区域(区画)については, ハロゲン化物自動消火設備(全域)を設置
- ◆ 消火活動が困難とならない火災区域(区画)については, 消火器及び消火栓を設置

【基本的な考え方と異なる消火設備】

- ◆ 各火災区域における環境条件や予想される火災の性質を考慮して, 以下の消火設備を選定
 - 非常用ディーゼル発電機室, 緊急時対策所用非常用発電機室等……二酸化炭素消火設備(全域)
(人が常駐する場所でなく, 多量の油が内包されているため, 消火能力の高い二酸化炭素を選定)
 - 原子炉建屋通路部の油内包機器, 電気盤, 制御盤……ハロゲン化物自動消火設備(局所)
(空間が広く消火困難となる可能性は小さいが, 火災が想定される油内包機器, 電気盤, 制御盤に対しては, ハロゲン化物自動消火設備(局所)を選定)

【その他】

- 非難燃ケーブル複合体……ハロゲン化物自動消火設備(局所)
(火災区域(区画)の消火設備とは別に複体内ケーブルの早期消火のため自動消火設備(局所)を設置)

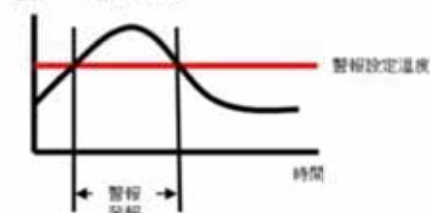
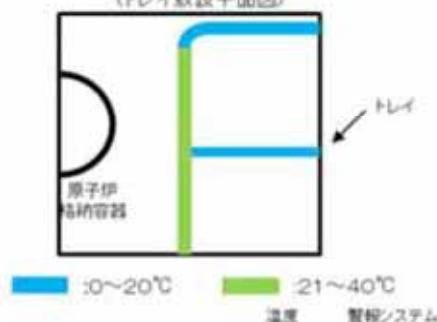
消火設備	設置箇所
水消火設備(消火栓)	各建屋及び屋外
消火器	各建屋内
ハロゲン化物自動消火設備(全域)	電気室, ポンプ室, ケーブル処理室等の全域消火可能な区画等
ハロゲン化物消火設備(局所)	ハロン1301: 原子炉建屋通路部の油内包機器, 電源盤, 制御盤, 常設低圧代替注水系ポンプ室等 FK-5-1-12: ケーブルトレイ(非難燃ケーブル複合体)
二酸化炭素消火設備(全域)	非常用ディーゼル発電機室, 緊急時対策所用非常用発電機室等
消火用水(水源)	屋内消火栓用: ・多目的タンク(約1,500m ³), ろ過水タンク(約1,500m ³) 屋外消火栓用: ・多目的タンク(約1,500m ³), 原水タンク(約1,000m ³) 多目的タンクは屋内屋外共用
消火ポンプ	屋内消火栓用: 電動機駆動消火ポンプ×1台, ディーゼル駆動消火ポンプ×1台 屋外消火栓用: 電動機駆動消火ポンプ×1台, ディーゼル駆動消火ポンプ×1台
移動式消火設備	・化学消防自動車×1台, 水槽付消防ポンプ車×1台

7-3. 火災の感知, 消火(非難燃ケーブル)

- ◆ 複合体の火災感知設備としては、**火災区域(区画)に設置する感知器とは別に、複合体内に光ファイバケーブル式熱感知器を設置し、火災感知機能を強化**
 - ◆ 複合体の消火設備として、自動及び手動で作動する**局所ハロゲン化物消火設備(FK-5-1-12)を設置し、消火機能を強化、電源不要で自動消火が可能**
 - ◆ これらの設備は単純な構造で信頼性が高く、故障や誤動作の可能性が小さいものを採用
- ケーブルトレイ(複合体内)の感知設備

項目	説明/特徴
原理	光ファイバ自身が温度センサーとなり、光ファイバ全長に沿った長距離の連続的な温度分布が確認可能
材料	・外被材料: SUS (被覆: 難燃架橋ポリエチレン) ・光ファイバ材質: 石英 ・適用温度範囲: -20℃～150℃
特徴	・光ファイバ布設方向に対し2m以下の分解能 ・ケーブル敷設エリア毎に温度表示 ・温度測定値が設定値(60℃)を超えた場合に警報を発報

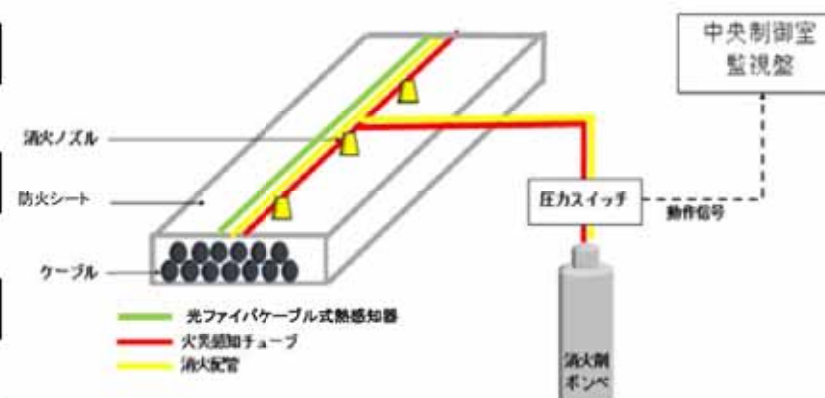
リアルタイムマップイメージ
(トレイ敷設平面図)



ケーブルトレイ(複合体内)の消火設備



消火設備動作フロー図
(自動消火の流れ(電源不要))



<誤動作防止と信頼性>

- 単純構造で信頼性が高く故障や誤動作の可能性が小さい
- 中央制御室では消火ガスの放出信号を検知する設計で、現場確認で消火設備が動作していない場合には、現場での手動起動可能
- 複合体内の感知器(光ファイバ式熱感知器)により中央制御室に警報が発するため、現場での手動起動可能
- 定期的な試験により健全性を確認

<消火ガス>

FK-5-1-12(代替ハロン)
 $(CF_3-CF_3-C(O)-CF(CF_3)_2)$

8. 火災の影響軽減(1/3)

◆火災防護の審査基準「2.3 火災の影響軽減」にて要求される以下の系統分離対策を実施

(1) 火災区域については、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で他の火災区域から分離

◆「原子炉の高温停止及び低温停止に係わる安全機能を有する構築物、系統及び機器」等が設置されている火災区域については、3時間の耐火能力を有する耐火壁、貫通部シール、防火扉及び防火ダンパ等で分離

(2) 安全停止に係る機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離を行うため、a, b, cのいずれかで延焼を防止する

分離方法a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等

- 3時間の耐火性能を確認した以下のいずれかで分離
 - ・鉄板＋発泡性耐火被覆
 - ・鉄板＋断熱材

分離方法b. 6m隔離＋火災感知・自動消火 ⇒ 適用せず

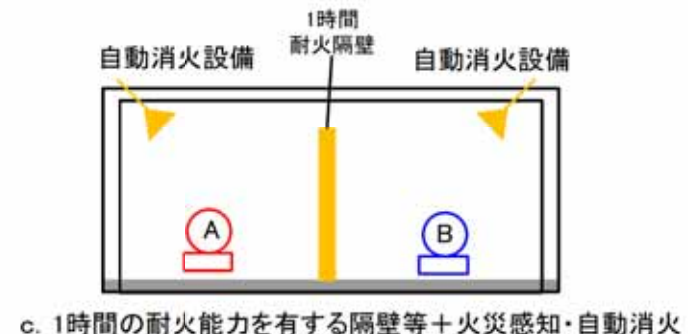
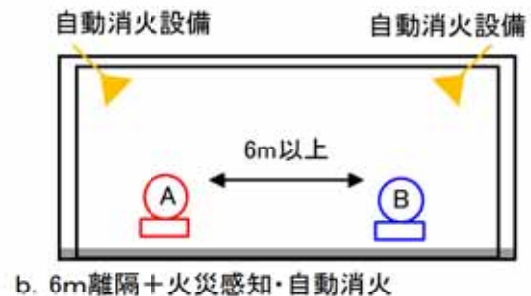
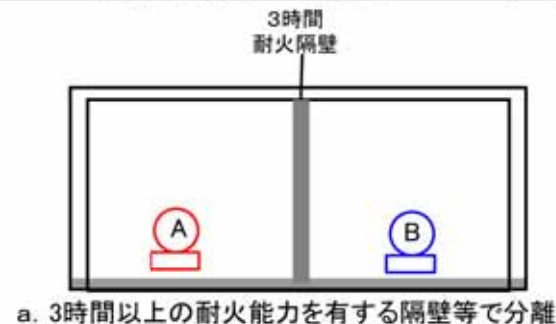
- 6mの隔離(可燃物なし)を確保した系統分離

分離方法c. 1時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火

- 1時間の耐火性能を確認した以下のいずれかで分離
 - ・鉄板＋発泡性耐火被覆
 - ・鉄板＋断熱材

(3) 審査基準にある系統分離((2)の方針a,b,c)以外の適用箇所

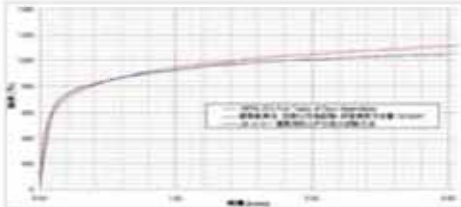
- 中央制御室
- 原子炉格納容器内

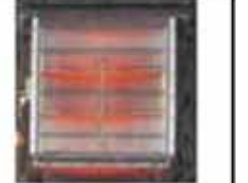


8. 火災の影響軽減(2/3)

【3時間耐火壁及び隔壁等の耐久試験】

- ◆「火災防護に係る審査基準」では、耐火壁、隔壁等の設計の妥当性が耐久試験によって確認されることを要求
- ◆火災区域を構成する壁、貫通部シール、防火扉及び防火ダンパについて、3時間耐火性能を有していることを確認

試験体	3時間耐火の試験(確認)概要	判定基準	試験結果
耐火壁	米国NFPAハンドブック (建築基準法より保守的なNFPAを採用)	コンクリートの壁圧 約150mm	150mm以上
貫通部シール	建築基準法(ISO834加熱曲線による加熱試験) 以降、耐久性試験共通 	①火炎がとおる亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと。 ②非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じないこと ③非加熱面側に10秒を超えて火炎が噴出しないこと	合格
防火扉			合格
防火ダンパ			合格

貫通部シール		防火扉		防火ダンパ	
開始前	3時間後(試験終了後)	開始前	3時間後(試験終了後)	開始前	3時間後(試験終了後)
					

8. 火災の影響軽減(3/3)

【ケーブルトレイ貫通部及び電線管貫通部の3時間耐久試験】

供試体	経過時間		試験概要	判定基準	試験結果
	試験開始前	試験終了後(3時間)			
ケーブルトレイ貫通部			建築基準法 (ISO834加熱曲線による加熱試験)	①火炎がとおる亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと ②非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じないこと ③非加熱面側に10秒を超えて火炎が噴出しえないこと	合格
電線管貫通部					合格

【ケーブルトレイ用耐火隔壁の1時間耐久試験】

供試体	供試体仕様	試験概要	判定基準	試験結果
1時間耐火材		建築基準法 (ISO834加熱曲線による加熱試験) (2時間)	製造メーカーにて、ISO834加熱曲線に基づく2時間の耐火性能について、国土交通大臣からの認定取得済(認定番号 PF120CN-0512)	合格
		建築基準法 (ISO834加熱曲線による加熱試験) (1時間)	<ケーブルの健全性> ・電気抵抗: 0.4MΩ以上 ・電圧引加試験: 充電電流に優位な変動がないこと。 <ケーブルトレイ内温度(参考)> ケーブルトレイ内温度: 205℃未満(「内部火災影響評価ガイド」に記載されているNUREG/CR-6850を参照した値)	合格

9. 特徴的な火災区画の火災防護対策(中央制御室(制御盤))



◆中央制御室制御盤のスイッチ等は以下の分離対策を実施

a. 離隔距離等による分離

中央制御盤の操作スイッチ、電線は、火災を発生させ近接する他の構成部品に影響がないことを確認した**実証試験の結果に基づき以下に示す分離対策を実施**

- ◆操作スイッチは、厚さ1.6mm以上の鋼板製筐体で覆い、更に、上下方向20mm以上、左右方向15mm以上の離隔距離を確保
- ◆盤内配線は、異なる系列間を分離するための配線用バリアとしては、金属バリアによる離隔又は離隔距離30mmを確保した盤内配線ダクト
- ◆金属外装ケーブル
- ◆中央制御室に設置している制御盤に火災が発生しても、3.2mm以上の鋼板で分離することで、隣接する制御盤に火災の影響がおよばない

b. 火災感知設備

- ◆中央制御室の火災感知設備として、煙及び熱感知器を設置
- ◆中央制御室制御盤内には、上記**区域の感知器に加え、制御盤内には高感度煙感知設備を設置**

c. 消火設備

- ◆中央制御室制御盤内の消火は、**電気機器への影響がない二酸化炭素消火器**を使用して、常駐運転員による手動消火
- ◆火災の発生箇所の特定制が困難な場合も想定し、**サーモグラフィカメラを配備**

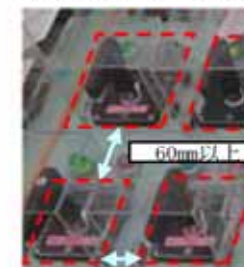
d. 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持

- ◆火災により、中央制御室内の一つの制御盤の機能がすべて喪失したと仮定しても、他の制御盤での操作により、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持が可能な設計

【操作スイッチ裏面】 【操作スイッチ表面】



金属製筐体
厚さ:3.2mm



3.2mm以上の鉄板で分離



【制御盤間の分離】

区分の境界

9. 特徴的な火災区画の火災防護対策(MCR床下コンクリートピット)

◆中央制御室の床下は、「1時間の耐火能力を有する隔壁＋火災感知・自動消火」による系統分離を実施

a. 1時間の耐火能力を有する隔壁による系統分離

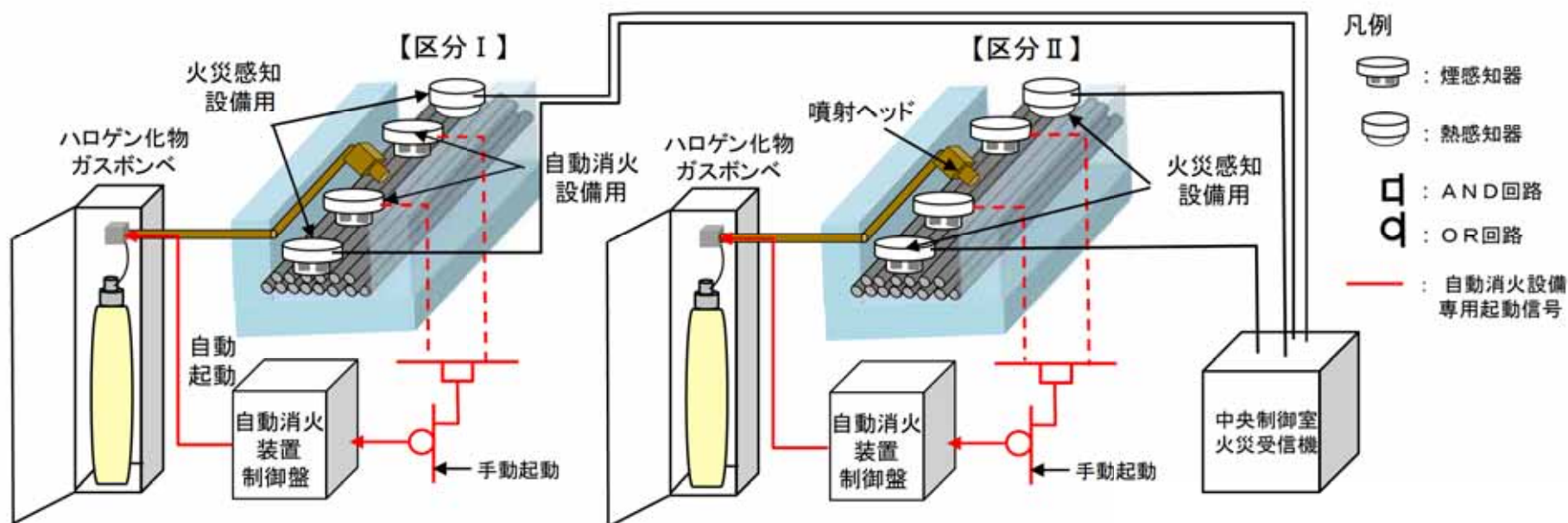
ケーブルは安全区分に応じ、区分された1時間の耐火能力を有するコンクリートピットに敷設

b. 火災感知設備

コンクリートピット内の自動消火のための専用の煙感知器を設置。なお、感知設備用としては、種類の異なる熱感知器と煙感知器を区分分離されたコンクリートピット毎に設置

c. 自動消火設備

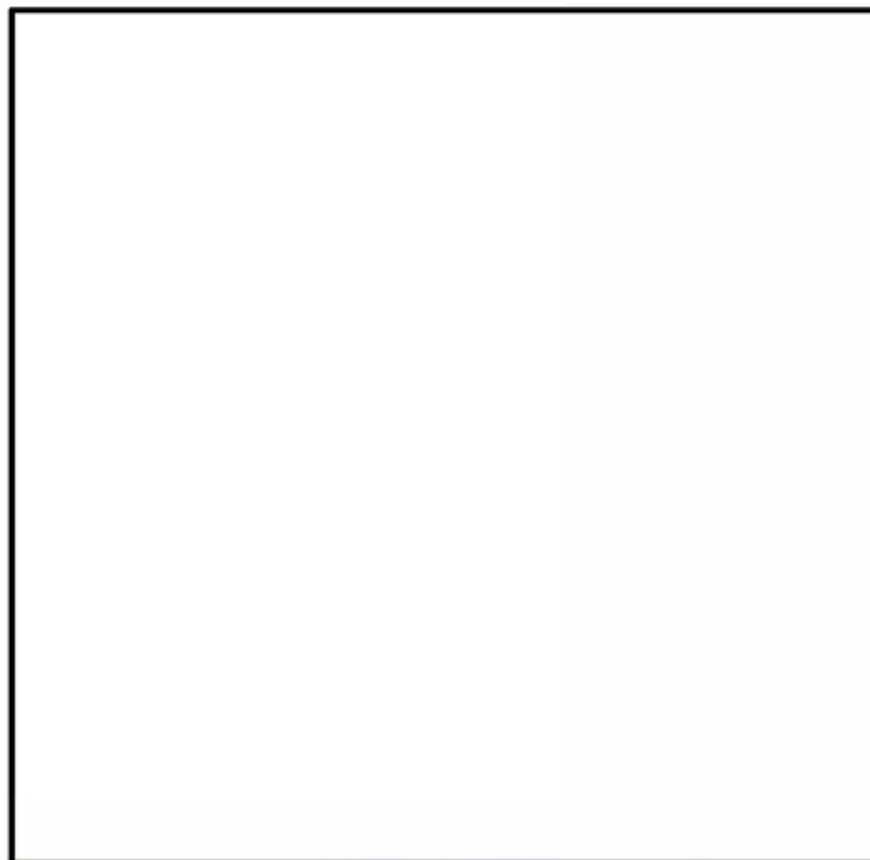
ハロゲン化物自動消火設備(ハロン1301)を設置(手動起動可能)



9. 特徴的な火災区画の火災防護対策(原子炉格納容器)



◆原子炉格納容器内にも火災感知器を設置し、火災の発生が想定される期間の火災防護を強化する



機器名称	潤滑油 引火点	最高使 用温度	内包量(L)	堰容量(L)
原子炉再循環系流量制御弁 (A,B)	254℃	171℃	約450/台	約1000(A) 約770(B)
原子炉再循環ポンプ用電動 機(A,B)	250℃		約620/台	(現在の油サンプは MCCI対応で撤去の ため、新たな堰を新 設)
主蒸気内側隔離弁(A~D)	204℃		約9/台	

格納容器内の火災源となる得る油内包設備の設置状況

<火災の発生防止>

- ・機器は漏えいを防止するため溶接又はシール構造
- ・油が漏えいしても拡大しないように堰等を設置
- ・潤滑油は引火点が最高使用温度より高いものを使用
- ・周囲に可燃物なし
- ・原子炉運転中は火災の発生しない窒素雰囲気
- ・定期検査中は当該機器は電源を切る運用であり、試運転時には要員を配置し火災発生防止を徹底

<火災の感知>

- ・原理の異なる火災感知器として、熱感知器及び熱感知器を設置
- ・原子炉運転中は格納容器内の温度及び放射線の影響による故障の可能性があるため、窒素置換完了後(火災が想定されない状態)、回路を隔離し誤動作防止
- ・原子炉停止後(窒素パージ後)は速やかに復旧(感知器は取替)
⇒火災感知器設置により、プラント停止時及び原子炉起動時、格納容器閉鎖から窒素置換完了までの期間の火災感知機能の強化

<火災の消火>

◆ 冷温停止中

- ・消防法により消火能力を満足する消火器を、火災防護対象機器並びに火災源から消防法施行規則に定めるところの20m以内の距離に配置
- ・溶接等火災を発生させるおそれのある作業を実施する場合には、別途、必要な消火器を準備するとともに監視人を配置

◆ 原子炉の起動中

- ・格納容器内は高温となり、消火器の使用温度(-30℃～40℃)を超える可能性があることから、原子炉起動前に格納容器内に設置した消火器を撤去し、格納容器内の窒素置換作業が完了するまでの間は、消火器を所員用エアロック近傍(格納容器外)に配置
- ・今後、訓練等を計画的に実施し、原子炉起動時の消火器又は消火栓を用いた消火活動に対する技量の維持向上を図る

なお、万一、格納容器内で火災が発生した場合でも、運転員の操作と相まって、プラントは安全に低温停止可能

9. 特徴的な火災区画の火災防護対策(ケーブル処理室)

ケーブル処理室には、以下の火災防護対策を実施する

◆ ケーブル処理室(火災区画)の感知と消火

- 感知設備: 2種類の感知器(煙・熱)(①-1)
- 消火設備: ハロゲン化物自動消火設備(全域)(②-1)
自動消火設備専用煙感知器(①-2)

◆ 床面に新設するケーブルトレイ(難燃ケーブル)の系統分離

- 系統分離
 - ・ 離隔: 1時間以上の耐火能力を有する耐火材(③)
 - ・ 感知設備: 2種類の感知器(煙・熱)(①-1と兼用)
 - ・ 消火設備:
 - ハロゲン化物自動消火設備設置(②-1と兼用)

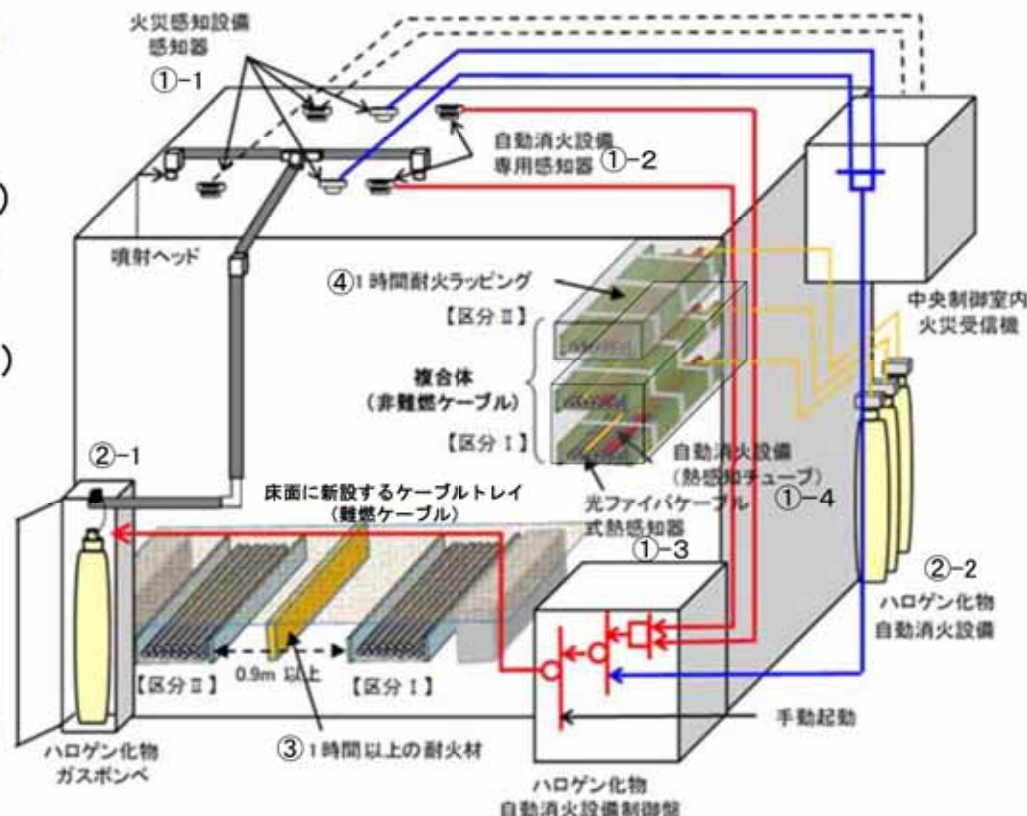
◆ 複合体の系統分離

- 系統分離
 - ・ 離隔: 1時間以上の耐火能力を有する耐火ラッピング(④)
 - ・ 感知設備: 熱感知チューブ(①-4)
光ファイバケーブル式熱感知器(①-3)
 - ・ 消火設備:
 - ハロゲン化物自動消火設備(局所)(②-2)

＜ケーブル処理室の火災防護対応全体イメージ＞

凡例



9. 特徴的な火災区画の火災防護(原子炉建屋付属棟1階電気室)



- ◆ 原子炉建屋1階電気室には、ひとつの火災区画中に安全区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの設備が配置されているため、機器を安全区分毎に再配置した上で、「1時間耐火能力を有する隔壁+火災感知設備・自動消火設備」の基準要求に従い、火災区画を更に分割し、系統分離(ⅠとⅡ、Ⅲ)を実施。分離対策は運転操作の作業性を低下させないように配慮
- ◆ 火災区画を跨がるケーブルトレイは、安全区分毎に「1時間耐火能力を有する隔壁+火災感知設備・自動消火設備」の基準要求に従い系統分離を実施



1時間の耐火能力を有する隔壁(新設)

<原子炉建屋1階の機器配置、分離壁のイメージ>

- : アナログ式煙感知器
- : アナログ式煙感知器 (自動消火設備起動専用)
- ⊗: アナログ式熱感知器
- ▲: 消火ノズル

- ◆ 火災の影響軽減として、以下のように、火災区画内又は隣接する火災区画間の延焼を防止する設計とする
 - 機器を安全区分毎に系統分離(1時間の耐火能力を有する隔壁を設置し、火災区画R-1-6をR-1-6(1)～(4)の4つの火災区画に分割)
 - 火災感知設備は、区画毎に、固有の信号を発する異なる種類の感知器(アナログ式熱及び煙)を設置
 - 自動消火設備は、全域自動消火設備(消火ガス:ハロン1301)とし、区画毎に単一故障を考慮し、選択弁を多重化
 - ケーブルトレイについても、トレイ単位で1時間の耐火隔壁で分離するとともに、トレイ単位(複合体内)に感知・自動消火設備を設置

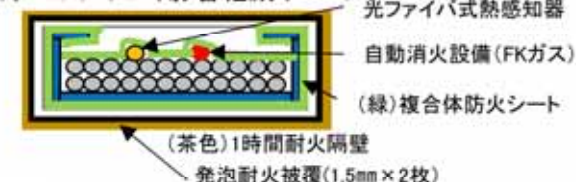
9. 特徴的な火災区画の火災防護(原子炉建屋付属棟1階電気室)



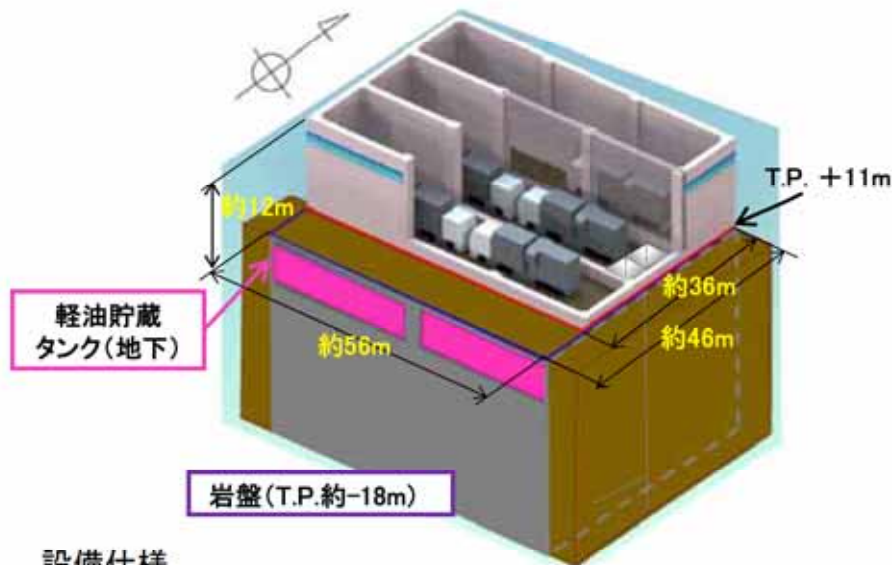
＜原子炉建屋1階の機器配置, 分離壁のイメージ＞

- ◆ 系統分離のため, 安全区分Ⅰと, 安全区分Ⅱ, Ⅲの間に1時間の耐火能力を有する隔壁を新設し, 火災感知設備・自動消火設備を設置
- : 安全区分Ⅰの機器・ケーブルトレイ
 - : 安全区分Ⅱの機器・ケーブルトレイ
 - : 安全区分Ⅲの機器

＜ケーブルトレイ影響軽減イメージ＞



9. 特徴的な火災区画の火災防護対策(常設代替高圧電源装置置場)



設備仕様

◆ 常設代替高圧電源装置

ディーゼル発電装置(容量:1,725kVA, 電圧:6,600V)
台数:全6台(5台+予備1台)

◆ 軽油貯蔵タンク

有効貯蔵量:800kL (400kL×2基)

- ◆ 常設代替高圧電源装置置場を火災区域として設定
- ◆ 電源装置2台毎に火災区画を設定。なお、区画間の隔壁は3時間耐火に十分なコンクリート厚さを確保
- ◆ 屋外であるため火災感知器は、
炎感知器及び熱感知カメラを選定
- ◆ 消火困難とならないことから、消火器(化学消防車含む)による消火を念頭にして、複数ルート、電源装置と壁間の十分な離隔(約3m)を確保

常設代替高圧電源装置置場(1階)

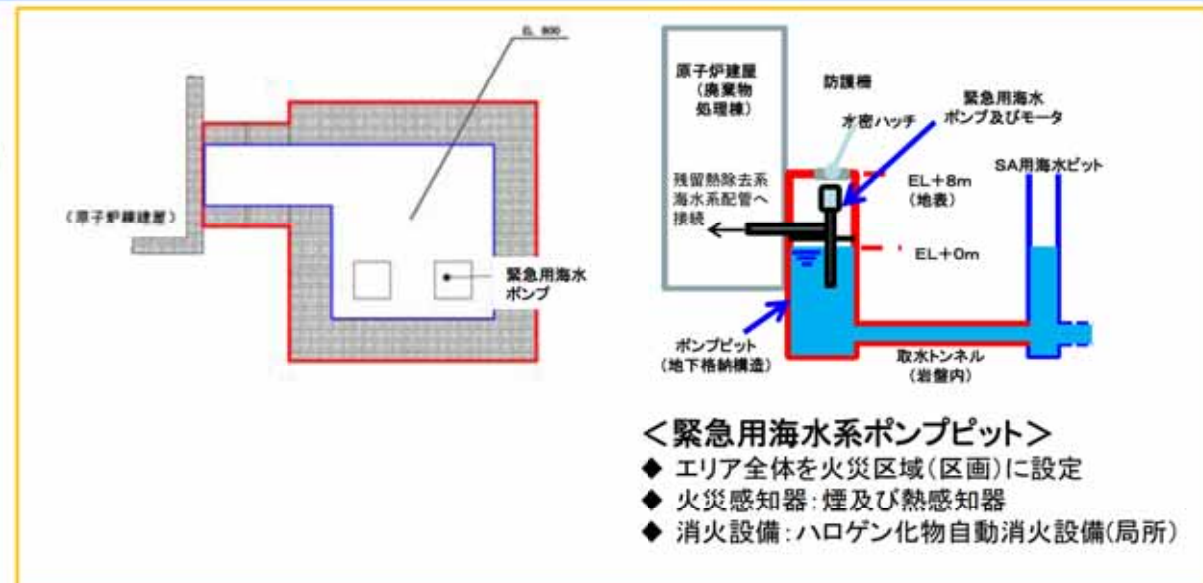
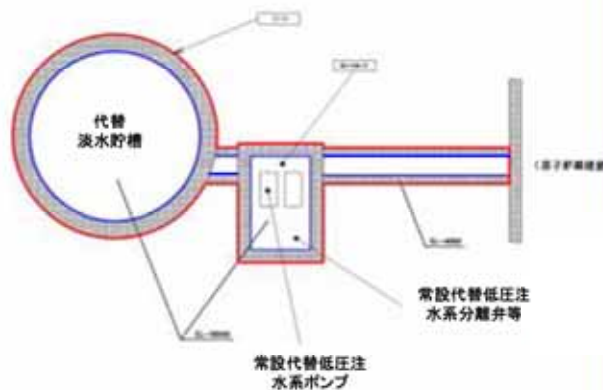
9. 特徴的な火災区画の火災防護対策(緊急用海水ポンプピット等)



- : 火災区域
 : 火災区画

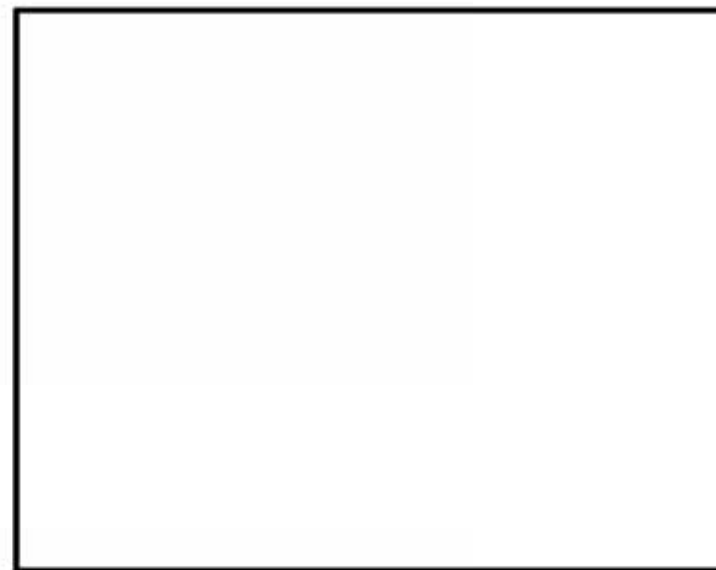
＜常設代替低圧注水系ポンプ等＞

- ◆ エリア全体を火災区域(区画)に設定
- ◆ 火災感知器: 煙及び熱感知器
- ◆ 消火設備: ハロゲン化物自動消火設備(局所)



＜緊急用海水系ポンプピット＞

- ◆ エリア全体を火災区域(区画)に設定
- ◆ 火災感知器: 煙及び熱感知器
- ◆ 消火設備: ハロゲン化物自動消火設備(局所)



各施設配置図

- ◆可燃物である潤滑油，燃料油，水素等に対する火災防護，不燃材・難燃材の使用，自然現象に対する火災発生防止を徹底することにより，**更なる火災の発生防止**を図る。
- ◆想定される火災の特性を考慮した上で，異なる種類の火災感知器を複数設置することにより，信頼性を確保するとともに，**早期の火災感知**を図る。
- ◆煙や放射線等により消火が困難となる区域(区画)に対して，自動消火設備又は遠隔手動による固定式消火設備を設置することにより，**早期の消火**を図る。
- ◆影響軽減(系統分離)の徹底により，発電所内で，**万一，火災が発生した場合でも，確実に原子炉の安全停止(高温停止及び冷温停止)**を達成し，維持することが可能である。
- ◆また，ハード対策のみならず，火災防護対策並びに火災防護対策を実施するために必要な手順，機器及び消火体制(教育，訓練含む)を含めた**火災防護計画を策定し，ソフトの面からも確実な火災防護対策**を図る。

補足説明資料 内部火災への対応について

補足説明資料 目次

1. 規制の概要	39
2. 安全機能の多重性又は多様性及び独立性確保, 火災防護対策の考え方	40
3. ケーブル取替に伴う安全上の課題	49
4. 施工後の難燃ケーブルと代替措置の比較	50
5. 難燃ケーブルに対する複合体の難燃性の実証	52
6. 複合体施工と耐延焼性試験	54
7. 防火シート施工の品質管理及び施工後の保守管理	55
8. 複合体形成による電気ケーブルの被覆や機能等への影響	59
9. 複合体の燃焼試験条件の代表性・保守性, 対策妥当性, 消火時適応性	63
10. 特徴的な火災感知設備の概要	76
11. 安全機能を有するケーブルの影響軽減(系統分離)	77
12. 電源盤等に対する火災防護対策, 火災感知設備や消火設備の設計	78
13. 火災防護計画に定める項目	85
14. 運転員による操作や消火活動が必要な火災が発生した場合の具体的な対応手順等	86
15. OFケーブルの使用範囲及び火災区画・区域並びに火災防護対策	93

1. 規制の概要



【「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」(設置許可基準規則)での要求事項】

第八条

設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)及び消火を行う設備(以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。)並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 消火設備(安全施設に属するものに限る。)は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。

第四十一条

重大事故等対処施設は、火災により重大事故等に対処するために必要な機能を損なうおそれがないよう、発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、火災感知設備及び消火設備を有するものでなければならない。

※ 「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」にて、8条の第1項については、別途定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」に適合すること、41条については、8条の第1項の解釈に準ずることが要求されている。

2. 安全機能の多重性又は多様性及び独立性確保, 火災防護対策の考え方 (1/2)



(1) 安全機能の多重性, 多様性及び独立性の確保 <別紙1参照>

○原子炉の安全確保に際して, 原子炉の高温停止及び低温停止を達成・維持するため要求される機能として, 「**バウンダリの健全性**」, 「**止める**」及び「**冷やす**」と, これらに「**関連する電源供給や計測制御**」の機能が必要であり, それぞれの機能を確保するために必要となる系統について, 多重性又は多様性及び独立性を確保して設置する。

① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成・維持するため要求される機能 : 13機能

② ①について東海第二発電所における具体的な系統 : 20系統

○仮に, 多重化等を施した系統の1つが使用できない状態であっても, 残りの系統により要求されている機能を確保可能とする。

(2) 安全機能の考え方を踏まえた火災防護対策<別紙2, 3参照>

○(1)の安全機能確保の考え方を踏まえた火災防護対策として, 如何なる火災区画での火災を想定しても, 原子炉の高温停止及び低温停止の達成・維持のために必要な機能を確保できるよう火災に対する感知・消火及び影響軽減(系統分離)対策を実施する。

⇒特定の区域(区画)で火災が発生しても, 多重化された系統が同時に機能喪失しないように火災防護の観点から分離対策*を施すことで, もう片方の系統機能を維持可能とする。

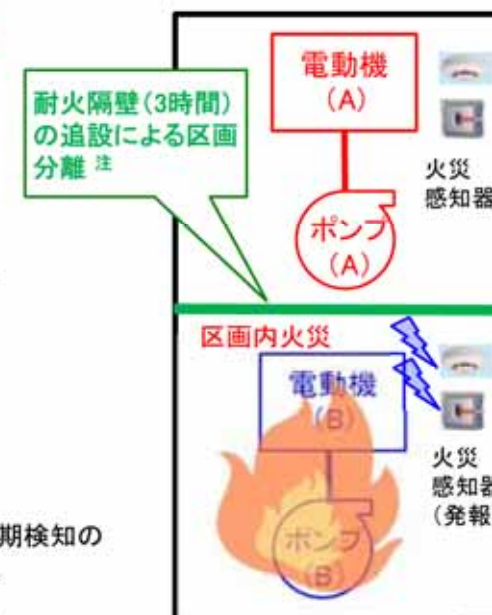
*設備の設置場所・エリアの状態に応じて, 各種の分離対策を使い分けて対応する。
これらの分離対策は, 運転操作の作業性を低下させないように配慮して施す。

- ・3時間耐火隔壁による分離 注
- ・距離+感知・自動消火設備による分離
- ・1時間耐火隔壁+感知・自動消火設備による分離

注 系統分離のための対策とは別に, 火災の早期検知の観点から, 各区画内に火災感知器を設ける。
火災感知後の消火は自衛消防隊等が行う。

内部火災-40

ポンプ・電動機の火災に対する
系統分離イメージ(例)

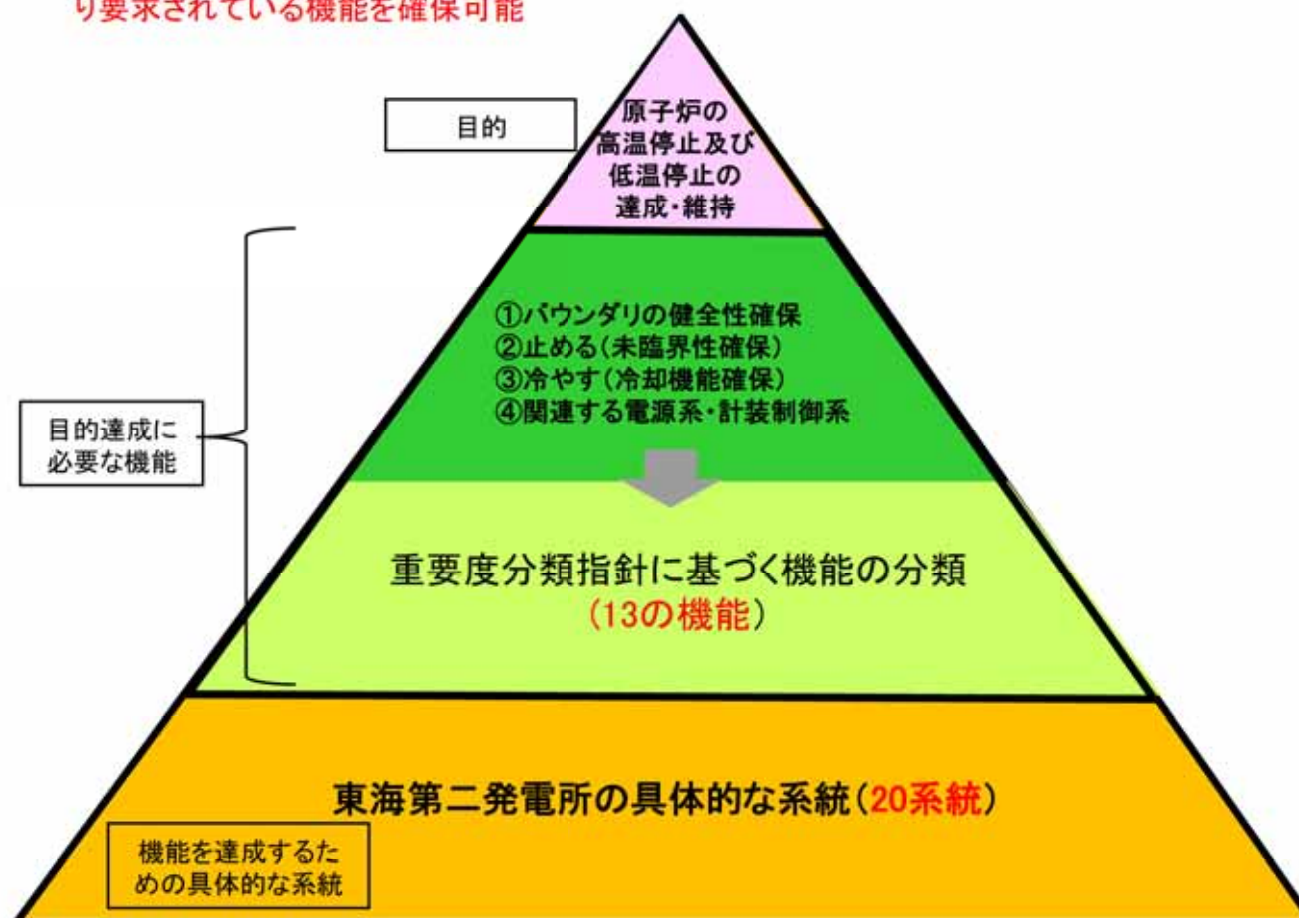


<別紙1> 要求される機能と要求を達成するための系統 (1/3)



要求される機能と系統の関係

- ◆ 原子炉の高温停止及び低温停止を達成・維持するためには、要求される機能は、「**バウンダリの健全性**」、「**止める**」、「**冷やす**」と、これらに「**関連する電源供給や計測制御**」の機能が必要であり、それぞれの機能を確保するために必要となる系統を多重化又は多様化して配置
- ◆ 系統を多重化・多様化し、かつ、独立性を確保して相互に影響を与えないよう対策を施すことで、仮に多重化・多様化された系統の1つが使用できない状態であっても、残りの系統により要求されている機能を確保可能



- ◆ 原子炉の高温停止*¹及び低温停止*²を達成し、維持するためには以下の機能が必要

- ①冷却材を保持する配管等(バウンダリ)の健全性確保
- ②原子炉を止める(未臨界にする)機能
- ③未臨界にした後、崩壊熱を除去する機能
- ④上記のための電源供給や計測制御機能

- ◆ ①～④の機能の詳細は、重要度分類審査指針により定められているので審査指針に従って整理

- ◆ ①～④には審査指針では13機能が該当

- ◆ 東海第二発電所の場合、13機能に該当する系統は20系統

- ◆ これらの系統は、多重性又は多様性及び独立性が要求されるが、内部火災に対して従来より厳しく独立性を確保

- ◆ 如何なる火災区画での火災を想定しても、原子炉の高温停止及び低温停止の達成・維持のために必要な機能(バウンダリの健全性、止める機能、冷やす機能、関連する電源系や計装制御系)を確保できるように火災に対する影響軽減(系統分離)対策を実施

*1 未臨界及び原子炉冷却材温度が100℃以上

*2 未臨界及び原子炉冷却材温度が100℃未満

<別紙1> 要求される機能と要求を達成するための系統 (2/3)



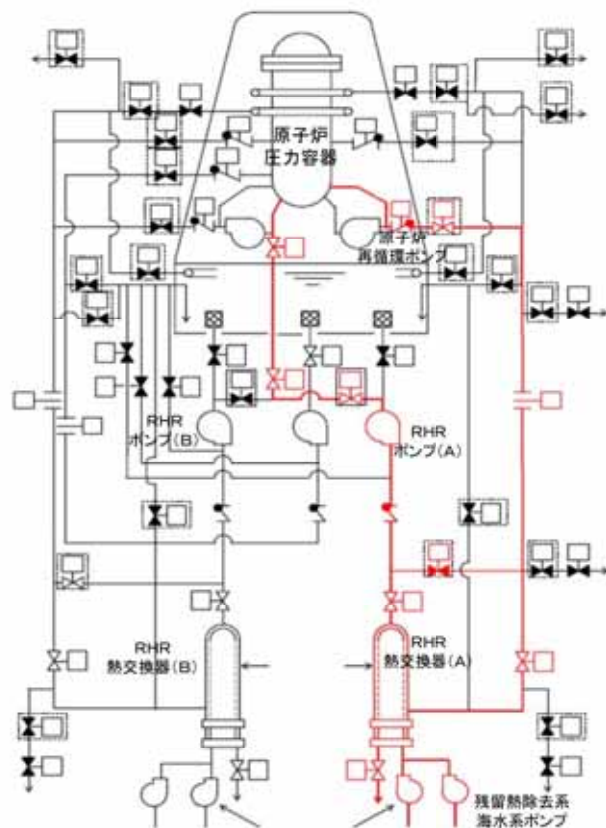
原子炉の高温停止及び低温停止の達成・維持に必要な機能(13機能)と東海第二発電所の具体的な系統(20系統)

目的	必要な機能	安全審査指針重要度分類で定義される必要機能(13機能)	目的を達成するための必要な系統			備 考
			必要な系統(20系統)	多重性又は多様性	独立性	
原子炉の高温停止及び低温停止の達成・維持	①バウンダリの健全性	①原子炉冷却材圧力バウンダリ機能(PS-1)	①原子炉冷却材圧力バウンダリ	—	—	不燃物(金属)であり火災影響なし
		②安全弁及び逃がし安全弁の吹き止まり機能(PS-2)	②逃がし安全弁(吹き止まり機能に関連する部分)	—	—	
	②止める(未臨界)	③過剰反応度の印加防止機能(PS-1)	③制御棒カップリング	—	—	制御棒を含むスクラム系はフェイルセーフ設計。また、仮に1本の制御棒が動作しなくても、他の制御棒で未臨界可能。更にほう酸水注入系あり
		④炉心形状の維持機能(PS-1)	④炉心支持構造物	—	—	
			⑤燃料集合体(燃料を除く)	—	—	
		⑤原子炉の緊急停止機能(MS-1)	⑥原子炉停止系(制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能))	○	○	
		⑥未臨界維持機能(MS-1)	⑦原子炉停止系(制御棒による系、ほう酸水注入系)	○	○	
		⑦原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能(MS-1)	②逃がし安全弁(安全弁機能)	○	○	
		⑧制御室外からの安全停止機能(MS-2)	⑧制御室外原子炉停止装置	—	—	
	③冷やす	⑨原子炉停止後の除熱機能(MS-1)	⑨自動減圧系、逃がし安全弁(手動逃がし機能)	○	○	中央制御室のバックアップ(多重性要求なし)
			⑩原子炉隔離時冷却系	○: 高圧炉心スプレイ系(電動)との多様性確保	○	
			⑪残留熱除去系(停止時冷却モード)	○(2系統)	○	
			⑫高圧炉心スプレイ系	○: 原子炉隔離時冷却系(タービン動)との多様性確保	○	
		⑩炉心冷却機能(MS-1)	⑬低圧炉心スプレイ系	○: 残留熱除去系(低圧注水モード)との多様性確保	○	
			⑭高圧炉心スプレイ系	○: 自動減圧系+残留熱除去系(低圧注水モード)との多様性確保	○	
			⑪残留熱除去系(低圧注水モード)	○(3系統)	○	
			⑨自動減圧系	○	○	
		⑧制御室外からの安全停止機能(MS-2)	⑧制御室外原子炉停止装置	—	—	
		⑪安全上重要な関連機能(MS-1)	⑭非常用換気空調系(中央制御室換気空調系)	○	○	
	④「止める」「冷やす」に直接関連する機能		⑮残留熱除去系海水系	○	○	中央制御室のバックアップ(多重性要求なし)
			⑯非常用ディーゼル発電機海水系	○	○	
			⑰非常用所内電源系(非常用ディーゼル含む)	○	○	
			⑱直流電源系	○	○	
		⑫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(MS-1)	⑲安全保護系	○	○	
		⑬事故時のプラント状態の把握機能(MS-2)	⑳事故時監視計器の一部(計装制御系)	○	○	

<別紙1> 要求される機能と要求を達成するための系統 (3/3)

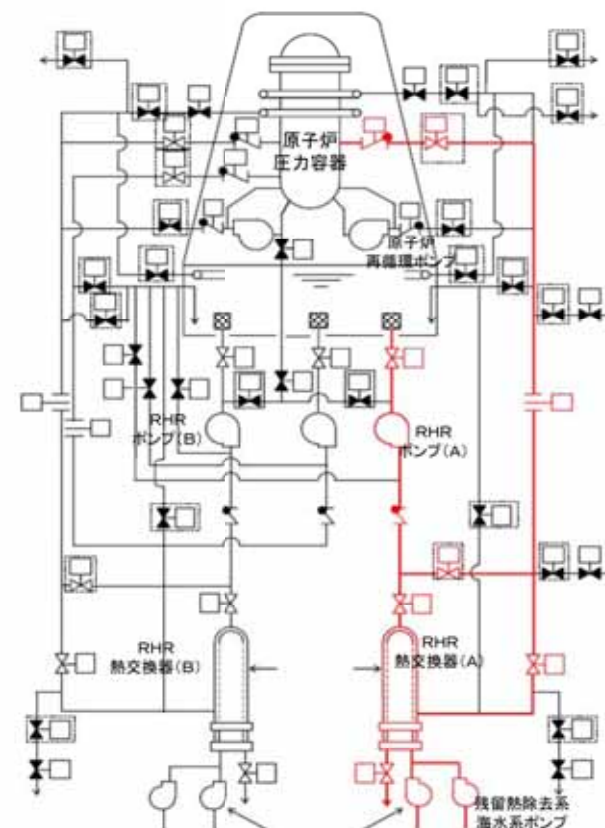
複数の機能を有する系統における機能維持の例

- ◆ 残留熱除去系には、その使い方によっていくつかの運転モードがある。
(以下に、その例として、残留熱除去系A系の**停止時冷却モード**と**低圧注水モード**時に水の流れを赤線で表示)
- ◆ 運転モードを考慮した残留熱除去系A系とB系の系統分離を実施することで、残留熱除去系のいかなる運転モードにおいても、A系、B系が同時に機能喪失することなく、残留熱除去系として要求される機能は確保できる。



残留熱除去系A系(停止時冷却モード)

〔原子炉から取り出した冷却水を熱交換器にて冷却し、再び原子炉に戻すことにより、原子炉を冷却する運転モード〕



残留熱除去系A系(低圧注水モード)

〔1次冷却材喪失事故(LOCA)の際に、格納容器内にあるサプレッションプールから取り出した冷却水を熱交換器にて冷却し、再び原子炉に注水することにより、原子炉を冷却する非常用炉心冷却系の運転モード〕

○ 東海第二発電所の安全区分に応じた火災防護上の系統分離

- ◆ 原子炉の高温停止及び低温停止の達成・維持に必要な機能(13機能)に基づく東海第二発電所の具体的な系統(20系統)は、大きく安全区分Ⅰ、Ⅱ及びⅢに区分される。
- ◆ 安全区分Ⅰ、Ⅱ及びⅢの各系統・設備は、それぞれが異なる非常用ディーゼル発電機等から電源を供給される。これらのうち、安全区分Ⅰ又は安全区分Ⅱについては、それぞれ単独で原子炉の高温停止及び低温停止までを達成できる。
- ◆ 火災防護対策として、火災によりこれらの安全区分が同時に機能喪失しないよう、安全区分Ⅰと、安全区分Ⅱ、Ⅲの間を耐火壁等で分離する。

* 本文「2. 火災防護における安全対策の主要なポイント」の表を再掲

3時間耐火能力を有する耐火壁等による系統分離の概要

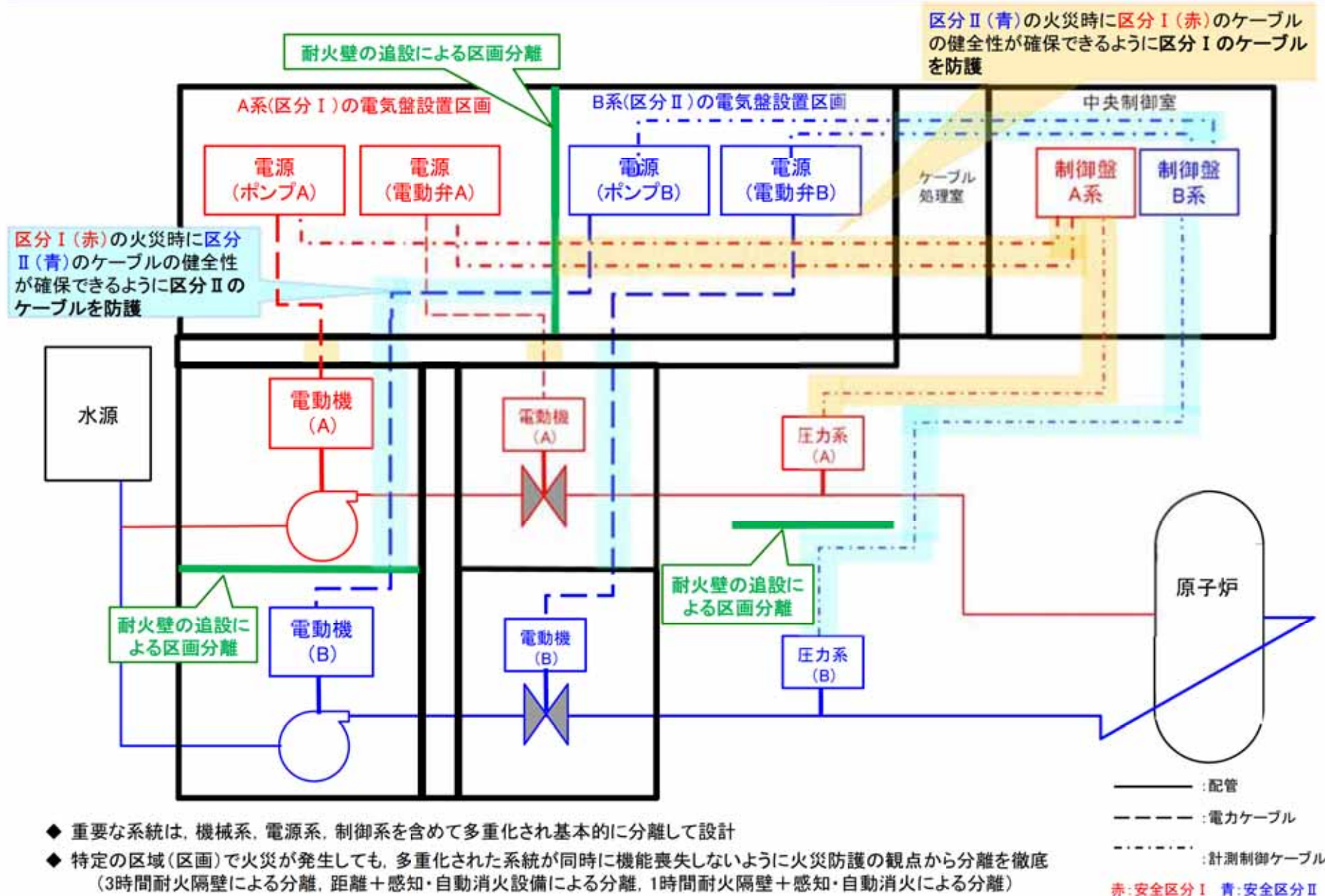
区分	安全区分Ⅰ	安全区分Ⅱ	安全区分Ⅲ
高温停止	・原子炉隔離時冷却系 ・自動減圧系(A) ・低圧注水系(A)／低圧炉心スプレイ系	・自動減圧系(B) ・低圧注水系(B)／低圧注水系(C)	・高圧炉心スプレイ系
低温停止	・残留熱除去系(A) ・残留熱除去系海水系(A)	・残留熱除去系(B) ・残留熱除去系海水系(B)	—
電源	・非常用ディーゼル発電機(C)系 ・直流電源(A)系	・非常用ディーゼル発電機(D)系 ・直流電源(B)系	・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系 ・直流電源(HPCS)系

▲ 区分Ⅰと、区分Ⅱ、Ⅲの境界を3時間以上の耐火能力を有する耐火壁等で分離



- ◆ 単一火災によっても安全区分Ⅰと、区分Ⅱ、Ⅲが同時に機能喪失することを回避し、高温停止・低温停止機能を確保

＜別紙2＞ 安全機能の多重化と火災防護(系統分離)イメージ (2/2)



<別紙3> 火災区域／火災区画の設定 (1／3)

* 本文「4. 火災区域・火災区画の設定」再掲 

- ◆ 非常用ディーゼル発電機, 安全上重要な電源盤等は, 耐火壁等により火災に対して相互に独立性を確保し, 系統機能を維持可能とする。
- ◆ 電源を安全区分ⅠとⅠ以外(Ⅱ,Ⅲ)に分け, 既存の構造躯体や耐火隔壁の追設等により, 系統分離を実施することで, 他方への延焼を防止可能とする。

3時間以上の耐火能力を有する耐火壁により, 他の火災区域から分離
 ・安全区分Ⅰ(オレンジ)とⅠ以外(水色)の設備の設置されるエリアを考慮して設定



各火災区域について, 機器配置を考慮し, 延焼防止及び系統分離の観点から火災区画を設定



火災区画にある異区分の機器について, いずれかの方法*により, 系統分離を実施
 ・安全区分ⅠとⅠ以外(Ⅱ,Ⅲ)を分離し, 延焼を防止

凡例	 安全区分Ⅰの火災区域
 : 火災区域	 安全区分Ⅰ以外の火災区域
 : 火災区画	
 : 3時間以上の耐火隔壁追設	
 : 1時間以上の耐火隔壁追設	
赤字: 安全区分Ⅰの火災防護対象機器	
青字: 安全区分Ⅱの火災防護対象機器	
緑字: 安全区分Ⅲの火災防護対象機器	

原子炉建屋原子炉棟及び原子炉建屋附属棟 地下2階 火災区域の設定
 内部火災-46

*3時間耐火隔壁による分離, 距離+感知・自動消火設備による分離, 1時間耐火隔壁+感知・自動消火による分離

<別紙3> 火災区域／火災区画の設定 (2／3)

* 本文「9. 特徴的な火災区画の火災防護(原子炉建屋付属棟1階電気室)」再掲 

○特徴的な火災区画の火災防護(原子炉建屋付属棟1階電気室)

- ◆ 原子炉建屋1階電気室には、ひとつの火災区画中に安全区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの設備が配置されているため、機器を安全区分毎に再配置した上で、「1時間耐火能力を有する隔壁＋火災感知設備・自動消火設備」の基準要求に従い、火災区画を更に分割し、系統分離(ⅠとⅡ、Ⅲ)を実施。分離対策は運転操作の作業性を低下させないよう配慮
- ◆ 火災区画を跨がるケーブルトレイは、安全区分毎に「1時間耐火能力を有する隔壁＋火災感知設備・自動消火設備」の基準要求に従い系統分離を実施



1時間の耐火能力を有する隔壁(新設) <原子炉建屋1階の機器配置、分離壁のイメージ>

- : アナログ式煙感知器
- : アナログ式煙感知器 (自動消火設備起動専用)
- : アナログ式熱感知器
- ▲: 消火ノズル

- ◆ 火災の影響軽減として、以下のように、火災区画内又は隣接する火災区画間の延焼を防止する設計とする
 - 機器を安全区分毎に系統分離(1時間の耐火能力を有する隔壁を設置し、火災区画R-1-6をR-1-6(1)～(4)の4つの火災区画に分割)
 - 火災感知設備は、区画毎に、固有の信号を発する異なる種類の感知器(アナログ式熱及び煙)を設置
 - 自動消火設備は、全域自動消火設備(消火ガス:ハロン1301)とし、区画毎に単一故障を考慮し、選択弁を多重化
 - ケーブルトレイについても、トレイ単位で1時間の耐火隔壁で分離するとともに、トレイ単位(複合体内)に感知・自動消火設備を設置

<別紙3> 火災区域／火災区画の設定 (3／3)

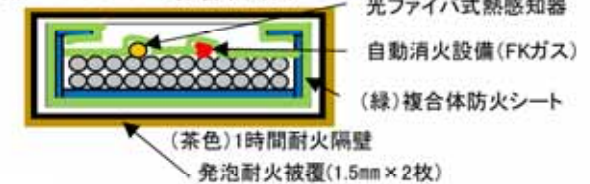
* 本文「9. 特徴的な火災区画の火災防護(原子炉建屋付属棟1階電気室)」再掲



<原子炉建屋1階の機器配置, 分離壁のイメージ>

- ◆ 系統分離のため, 安全区分Ⅰと, 安全区分Ⅱ, Ⅲの間に1時間の耐火能力を有する隔壁を新設し, 火災感知設備・自動消火設備を設置
- : 安全区分Ⅰの機器・ケーブルトレイ
■: 安全区分Ⅱの機器・ケーブルトレイ
■: 安全区分Ⅲの機器

<ケーブルトレイ影響軽減イメージ>



3. ケーブル取替に伴う安全上の課題



取替方法①: 既設トレイ内での対象ケーブル取替

多区画に跨り敷設された対象非難燃ケーブルを撤去し、新たに難燃ケーブルを同じトレイに敷設



ケーブルの区画によりケーブル群となる

ケーブルトレイ内のケーブル敷設位置が不規則になるイメージ

取替方法②: 新規トレイ設置し、対象ケーブルのみ新設

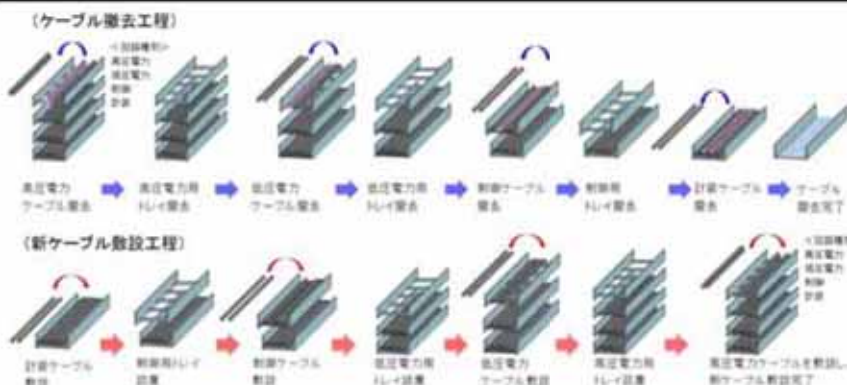
新設トレイ設置後、安全機能を有するケーブルだけを新設トレイに敷設。旧ケーブルは既設トレイに残存

取替方法③: 新設トレイ設置(全ケーブル新設)

新設トレイ設置後、安全機能を有するケーブルを含む既設トレイ上の全ケーブルを新設トレイに敷設。旧ケーブル及び既設トレイは撤去

取替方法④: 既設トレイ内で全ケーブル撤去、取替

安全機能を有するケーブルを含む既設トレイ上の全てのケーブルを撤去し、新たに難燃ケーブルを既設トレイ内に敷設



ケーブルは種類毎(高圧、低圧、制御、計装)に多段に敷設されており、取替時には上段にあるトレイを全て撤去する必要があります。下段トレイに敷設されたケーブルを取替える際には、上段にあるケーブルの安全機能も含め、片系列の全ての機能が同時に喪失
一部安全機能は、右図に示すようにトレイが交差するため、安全区分ⅠとⅡの機能が同時に喪失

<安全上の課題>

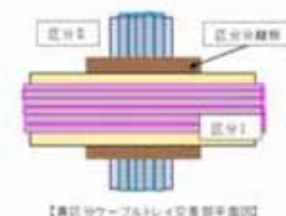
- ... トレイ内には多数のケーブルがあり、この中から個別ケーブルを全長にわたって識別、撤去し、そのスペースに新ケーブルを敷設することは不可能
- ・ケーブルは中央制御室等へ向かって集合するため、トレイ内の位置も変化
⇒ 全長にわたる識別は不可能
- ・対象以外のケーブルが混在して敷設(対象ケーブルの上に多数の対象外ケーブル有)
⇒ 数十mに及ぶケーブルを1本毎に引き出し取替えることは不可能

- ... 躯体開口による建屋耐震性の低下
- ... 可燃物量増加(旧ケーブルの撤去は不可能)



- ... 躯体開口による建屋耐震性の低下

- ... 施工時において、安全系のうち片系列全てが同時に隔離されるため、維持が必要な安全機能の信頼性が低下又は喪失(一部の安全機能については、複数の安全区分の同時機能喪失)



安全区分の異なるケーブルトレイが交差して敷設されている部位のケーブル取替では、安全区分Ⅰ、Ⅱの機能が同時に喪失

4. 施工後の難燃ケーブルと代替措置の比較(1/2)



◆施工後の状態における難燃ケーブル(取替)と代替措置(防火シートで非難燃ケーブルを覆った複合体)を**難燃性能以外で比較した場合の火災リスク**を確認

➤代替措置の対象: ケーブルトレイで敷設される高圧電力ケーブル以外(計装, 制御, 低圧電力)

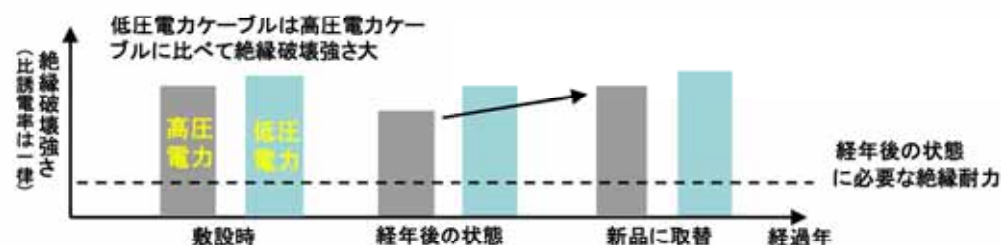
大項目	中項目	小項目	比較評価	火災リスク
発火リスク	発火の可能性	絶縁劣化	<トレイ単位でのケーブル全体取替※> - 代替措置は既存ケーブルを継続使用するため, 新規ケーブル使用に比べ, 絶縁劣化に伴う発火リスク低減効果はない - ケーブルの絶縁劣化は経年的な影響のため, 難燃ケーブルも同様であり, 地絡・短絡発生時は電気回路の保護装置により回路が遮断される。また, 定期的な絶縁抵抗測定等により管理が可能。なお, 絶縁劣化による発火リスクが比較的高い高圧電力ケーブルは難燃ケーブルに取替 ※: ケーブルトレイ全体取替のためには建屋耐震性影響等や作業時の安全機能の信頼性の低下等の火災リスク以外の安全上の課題有	有意な差はなし
	電氣的影響	電気特性の変化	<非難燃ケーブルの部分的な取替(ケーブルの継ぎ接ぎ取替を想定)> 代替措置は接続部が多量に追加されることはないため, 電気抵抗の変化による電気特性への影響なし	同上
火災荷重	可燃物量	切離しケーブル残存による可燃物増加	- 代替措置は既存の切離しケーブル(過去のケーブル取替によりトレイ内に残存する旧ケーブル)がトレイ内に残存するが, ケーブル全体量に比べ割合は少なく影響は小さい(安全機能を有するケーブルが敷設されるケーブルトレイ敷設量の約3%に相当) - 代替措置は, 取替に伴う新たな切離しケーブルによる可燃物増加がない(対象ケーブルを取替えても, 旧ケーブルは撤去できないため, 可燃物である旧ケーブルはそのままトレイ内に残存)	同上

➤難燃ケーブルと代替措置について, 施工後の状態について**難燃性能以外で火災リスクを比較しても有意な差はない**

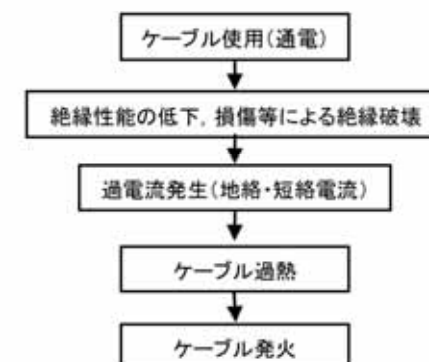
4. 施工後の難燃ケーブルと代替措置の比較(2/2)

ケーブルの発火リスク評価

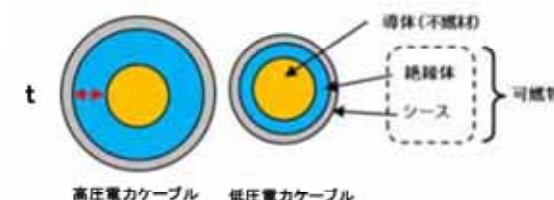
- ◆ ケーブルは熱等の影響により経年的に絶縁性能が低下し、絶縁破壊によりケーブルが発火に至る可能性がある(メカニズムのとおり)
 - 高圧電力は絶縁体単位厚さに対する電圧が高いため、低圧電力に比べて絶縁破壊強さが弱い(V/mm)の値としては大きい)
- ◆ 発火した高圧電力ケーブルによっては、低圧電源系へ停電範囲が波及する
- ◆ 高圧電力ケーブルを未使用品に取替ることは発火リスクの低減に寄与



【絶縁性能の低下によるケーブル発火メカニズム】



【ケーブル断面】



回路種別	絶縁体材料	絶縁体厚さ: t (mm)	使用電圧: V (V)	絶縁破壊強さ: V/t (V/mm)
高圧電力ケーブル 最細径	架橋ポリエチレン	4	6,900	1,725
低圧電力ケーブル 最細径	架橋ポリエチレン	1	480	480

絶縁体の単位厚さ当たりに印加される電圧: 高圧電力ケーブル=約3.6×低圧電力ケーブル

回路種別	絶縁性能低下による発火リスク			絶縁性能低下によるケーブル発火時の影響
	絶縁破壊強さ※1	劣化要因	火災時の波及的影響※2	
高圧電力	小	熱・放射線 水トリリー	大	・電気系統において最上流に位置するため、下流側の低圧電源系へ停電範囲が拡大する可能性が高い
低圧電力	大	熱・放射線	小	・低圧電源系は電気系統において中・下流に位置するため、電気系統への影響は限定される
制御	大	熱・放射線	小	・印加電圧が低く導体も細いため、過電流が発生した場合でも、導体が溶断し火災に至る可能性は低い
計装	大	熱・放射線	小	・印加電圧が微弱で導体も細いため、万一、過電流が発生した場合でも、導体が溶断し火災に至ることはない

※1: 東海第二で使用する架橋ポリエチレン絶縁体ビニルシースケーブルの比較

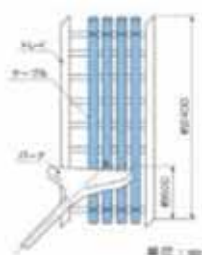
※2: 当該ケーブルの発火を想定した場合の、停電範囲(大: 停電範囲広い、小: 停電範囲狭い)

5. 難燃ケーブルに対する複合体の難燃性の実証(1/2)



◆ 難燃ケーブルは米国電気学会により開発された試験方法(IEEE std.383-1974)により認定

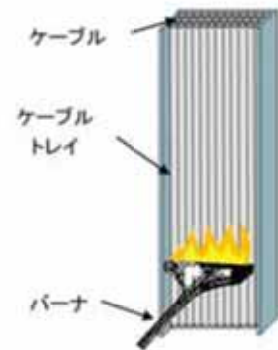
◆ 複合体(ケーブル及びケーブルトレイに防火シートで覆ったもの)はこの燃焼条件を参考に比較

難燃性の確認	難燃性の実証試験の概要(基本性能)		絶縁体/シース
	耐延焼性	自己消火性	
難燃ケーブル	【IEEE std.383(垂直トレイ燃焼試験)】 - ケーブル外径の1/2間隔開けて1層敷設 - バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 - バーナ熱量:20kW - 判定基準:トレイ上端まで損傷しないこと(1800mm未満) 	【UL-1581(垂直燃焼試験)】 - 供試体を垂直に保持し、20度の角度でバーナの炎をあてる。 15秒着火、15秒休止を5回繰り返す、試料の燃焼の程度を確認する - 判定基準: (1)残炎による燃焼が60秒を超えないこと (2)表示旗が25%以上焼損しないこと (3)落下物によって下に設置した外科用綿が燃焼しないこと 	難燃架橋ポリエチレン/難燃ビニル(低圧電力ケーブル)
複合体 (防火シートで非難燃ケーブルを覆う対応)	【IEEE std.383を参考にした燃焼条件で比較】 - ケーブル外径の1/2間隔開けて1層敷設したケーブル上に防火シートで被覆 - バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 - バーナ熱量:20kW - 判定基準:燃え止まること(難燃ケーブルの損傷長より短いこと) - 試験回数:3回*  	同上(非難燃ケーブル単体で確認)	架橋ポリエチレン/ビニル(低圧電力(比較対象)及び計装・制御ケーブル)

* 基本的な試験を3回行い、結果に有意な違いがないことを確認した上で、複合体の各条件を変更した試験を各1回行っている。

5. 難燃ケーブルに対する複合体の難燃性の実証(2/2)

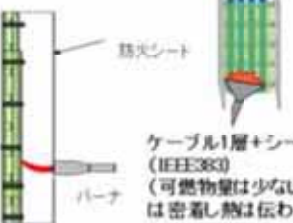
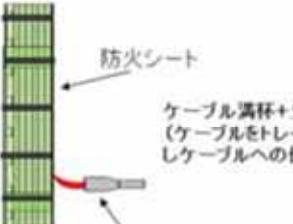
- ◆ 実機を模擬し、**ケーブルトレイにケーブルを満載にした供試体により耐延焼性を確認**
- ◆ 代替措置(複合体)はこの燃焼条件を参考に比較

難燃性の確認	難耐延焼性の実証試験の概要(実機模擬)		絶縁体/シース
難燃ケーブル	【IEEE std.383を参考にした燃焼条件】 ・ケーブルトレイにケーブルを設計最大量に敷設 ・バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 ・バーナ熱量: 20kW(参考30kW) ・判定基準: 比較基準		難燃架橋ポリエチレン/難燃ビニル(低圧電力ケーブル)
複合体 (防火シートでケーブルトレイ及び非難燃ケーブルを覆う対応)	【IEEE std.383を参考にした燃焼条件で比較】 ・ケーブルトレイにケーブルを設計最大量に敷設してその上から防火シートで被覆 ・バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 ・バーナ熱量: 20kW(参考30kW) ・判定基準: 燃え止まること(難燃ケーブルの損傷長より短いこと)		架橋ポリエチレン/ビニル(比較: 低圧電力ケーブル)

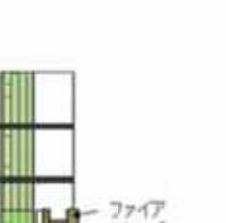
6. 複合体施工と耐延焼性試験

- ◆ 最も延焼条件の厳しい垂直トレイに対する具体的な試験条件(概要)は以下のとおりであり、**実機の施工状態を包含した保守的な条件**としている

＜複合体の外部の火災に対する試験条件(概要)＞

垂直トレイ (45° を超えるもの)	試験条件
実機施工範囲	実機状態模擬
 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 防火シート ケーブル1層+シート密着 (IEEE383) (可燃物量は少ないが、シートは密着し熱は伝わり易い状態) バーナ
 設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)	 防火シート ケーブル満杯+シート密着 (ケーブルをトレイ満杯に敷設しケーブルへの伝熱を促進) バーナ

＜複合体の内部の火災に対する試験条件(概要)＞

垂直トレイ (45° を超えるもの)	試験条件	
実機施工範囲	実機模擬状態	ばらつき(空気量)を考慮した保守的な状態
 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 ファイア ストップ バーナ 非難燃ケーブル	 防火シート ファイア ストップ バーナ 非難燃ケーブル
 設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)	 ケーブル満杯+シート密着 (可燃物量が最大で、シートは密着しており、酸素が少くない状態)	 ケーブル満杯+シート密着せず(太鼓巻) (可燃物量が最大で、空気量が多く延焼しやすい条件)

※: 外部火災について、ケーブルとシート間に隙間を設けた試験も実施しているが、外部火災については空気量が熱の伝達を抑制するため掲載した試験条件より損傷距離は短い

7. 防火シート施工の品質管理及び施工後の保守管理 (1/2)



○非難燃ケーブルへの防火シート施工に際しては、社内共通のQMS(品質保証システム)に基づき、設計・施工・保守等の一連の工事の品質管理等に係る対応^{*1}を適切に実施していくことで、防火シート施工で期待する火災防護の性能を確保できる。

- ・社内の図書レビュー、技術検討会等における設計・工事方針の妥当性、設置許可・工事計画との整合性の確認
- ・製作メーカ、現場施工者等の受注者の品質保証システムの適切性及び受注者の力量の確認
- ・受注者の設計・工事に係る提出図書の妥当性の確認、適切な現場工事の監理、使用前検査の受検

^{*1} これらの実施項目は、防火シート施工に限らず各工事共通の要件



当社及び受注者の工事に係る主な対応項目
(防火シート施工の具体的内容は次頁)

○防火シート施工に係る品質管理及び施工後の保守管理に係る具体的な取り扱いは以下のとおり。

(1) 防火シートの実機施工性の確認

- ・発電所の現場調査を通じて、狭隘部や複雑なケーブルトレイ形状に対する試験検証により実機施工性を確認している。この結果に基づき、上記QMSに則り工事を行うことで、品質管理及び施工の確実性を確保できる見通しを得ている。

<別紙参照>

(2) 防火シート施工後の複合体の保守管理方針

- ・複合体に対しては施工後の検査性も考慮して施工し、定期的に以下の外観点検、内部確認^{*2}等を耐火材内複合体^{*3}も対象として実施していく。

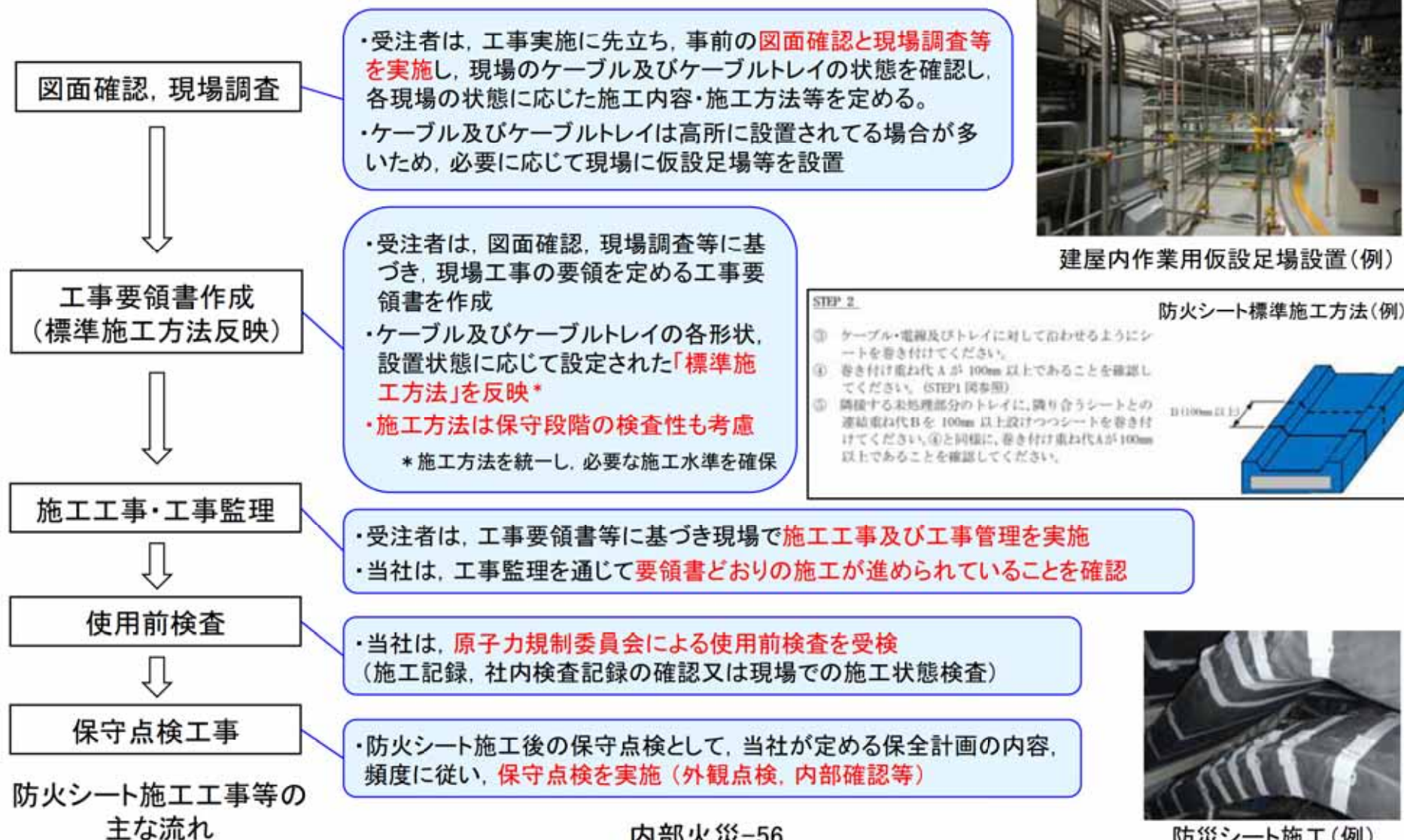
〔防火シートの破損、重なり具合、結束ベルトやファイアストッパの破損、脱落など^{*3}〕

^{*2} 防火シート等の外観に異常がない場合でも、必要に応じて防火シートを取り外し、複合体内部のケーブルの絶縁抵抗測定、火災感知器・消火設備等の取替等を実施

^{*3} 系統分離のために外部を耐火材で覆った複合体は、耐火材の外表面状態を踏まえて内部を確認(耐火材を一旦分解して内部の点検が可能になるよう施工)

7. 防火シート施工の品質管理及び施工後の保守管理 (2/2)

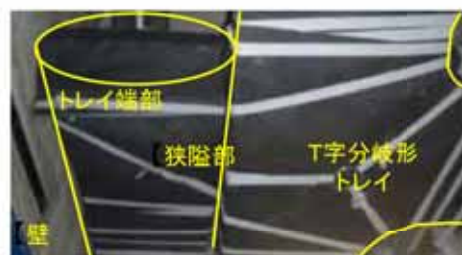
○防火シート施工工事等の具体的な流れを以下に示す。工事实施に先立ち図面確認、現場調査等を行い、結果に基づき**施工水準を確保**するよう**施工内容・施工方法を定め**、工事实施中は**設計どおりの施工が行われることを確認**。施工後に**原子力規制委員会の使用前検査を受検**



<別紙> 防火シートの実機施工性の検証 (1/2)



- ◆防火シートの施工方法の検討においては、**現場調査を実施し、その結果に基づき具体的な施工性を検証**
- ◆狭隘となる壁の干渉部及びトレイの端部、トレイの合流部、T字分岐形トレイ、傾斜トレイ等の複雑形状についても**施工可能であることを実機トレイを用いて確認**
- ◆これらの検証により、**発電所現場の各ケーブルトレイに対して、防火シートが施工可能であることを確認している**。なお、防火シートを施工しない箇所は、難燃ケーブル取替等の他の対策を行うことから、火災対策が施されない箇所はない。



狭隘部

[壁の干渉部、トレイ端部、T字分岐形トレイ]



トレイ合流部



傾斜トレイ

【実機トレイを用いて代替措置の施工性を確認】

(1) ケーブルトレイの設置方向による施工例

設置方向	構造図	代替措置施工例		
水平				
垂直				

<別紙> 防火シートの実機施工性の検証 (2/2)



(2) ケーブルトレイの各種形状、電線管分岐部への施工例

	トレイ形状	構造図	代替措置施工例
1	S字形 U字形		
2	T字分岐形 十字分岐形		
3	電線管分岐 (躯体貫通部)		
4	傾斜形		
5	トレイ端部		

8. 複合体形成による電気ケーブルの被覆や機能等への影響（1／2）



（1）複合体形成による影響の確認

○非難燃ケーブルを配置したケーブルトレイへの防火シートによる複合体形成により、外部からの火災に対して、難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を確保している。

○防火シートによる複合体形成に際して、防火シート、ケーブルトレイ等の耐久性等、ケーブルの電気的性能に想定される影響について、耐久性試験、健全性試験等により確認した結果、いずれも問題ないことを確認している。＜別紙1参照＞

想定される影響等	耐久性・健全性試験等による影響の確認	判定
①防火シート、結束ベルトの耐久性、複合体の健全性		
・実機使用環境	耐寒性、耐水性、耐薬品性、耐油性、耐塩水性について耐久性試験で防火シート外観に異常が生じないことを確認（割れ、膨れ、変色）	良
・高温及び放射線環境下	防火シート外観に異常は生じず、経年（40年相当）に応じて更に燃焼し難い傾向になる*	良
・地震による外力	・基準地震動を上回る加速度で複合体の加振試験を行い、構造が健全であることを確認（結束ベルトの外れ、ケーブルの露出等なし） ・重量増加を考慮してもケーブルトレイの耐震裕度は余裕範囲内に収まる	良
・防火シートの化学的影響	防火シートのpHは中性の範囲内であり、ケーブル被覆やケーブルトレイへの接触を想定しても影響は生じないことを確認	良
②ケーブルの電気的性能への影響		
・通電機能 ＜添付1＞	防火シートで覆ったことによる電流低下率は、最も厳しい条件の機器でも14%以下で設計裕度（約34%）を十分下回り、通電機能に影響なし	良
・絶縁機能 ＜添付2＞	・絶縁抵抗測定試験により、絶縁抵抗値に低下が生じないことを確認 ・耐電圧試験により、高電圧に対しても絶縁破壊しないことを確認	良

* 酸素指数が上昇（酸素指数は値が大きくなるほど燃焼を続けるために多くの酸素を必要とすることを表し、燃え難さを示す。）

8. 複合体形成による電気ケーブルの被覆や機能等への影響 (2/2)



(2) 複合体形成による影響に対してケーブルの高経年化に伴い加わる影響

○(1)で示した非難燃ケーブルへの防火シートによる複合体形成において想定される影響に対して、対象ケーブルの高経年化に伴い加わる影響を検討した結果、防火シートや複合体に悪影響を与えず、ケーブルの電氣的性能についても問題ないと判断している。

○また、9. に示すとおり、非難燃ケーブル自体は、高経年化に伴い燃焼し難い傾向となることを確認している。

想定される影響等	ケーブルの高経年化に伴う影響の検討*	影響
①防火シート、結束ベルトの耐久性、複合体の健全性		
・実機使用環境	ケーブルの高経年化は防火シート等の劣化条件に関係しない。 (防火シート等の耐寒性、耐水性、耐薬品性、耐油性、耐塩水性の影響)	無
・高温及び放射線環境下	ケーブルの高経年化は防火シート等の劣化条件に関係しない。	無
・地震による外力	ケーブルの高経年化を経ても複合体の重量・強度は同等であり、複合体の加振試験やケーブルトレイの耐震裕度に影響しない。	無
・防火シートの化学的影響	ケーブルの高経年化を経てもケーブルのシース(被覆外面)組成は同等であり、防火シートとの接触による影響に関係しない。	無
②ケーブルの電氣的性能への影響		
・通電機能	ケーブルの高経年化を経てもケーブルの絶縁体・シース厚さは同等であり、ケーブル導体からの伝熱・放熱の状況は変わらず、(1)で確認した防火シートで覆った際の通電機能に影響しない。	無
・絶縁機能 <添付2>	・高圧電源ケーブル： 高経年化に伴う絶縁機能低下のリスクを考慮して、新品の難燃ケーブルに取替 ・低圧電源、制御・計装ケーブル： 高経年化に伴う絶縁機能維持の性能を確認した上で複合体を形成	無
③ケーブル自体の高経年化に伴う耐火性能への影響		
・燃焼のしやすさ	ケーブルは高経年化に伴い燃焼し難い傾向となることを確認	無

* ケーブル自体の高経年化に係る影響と対策は「特別点検、劣化状況評価及び保守管理に関する方針」劣化状況評価参照
内部火災-60

<添付1> 複合体形成に伴うケーブルの温度上昇・通電機能への影響

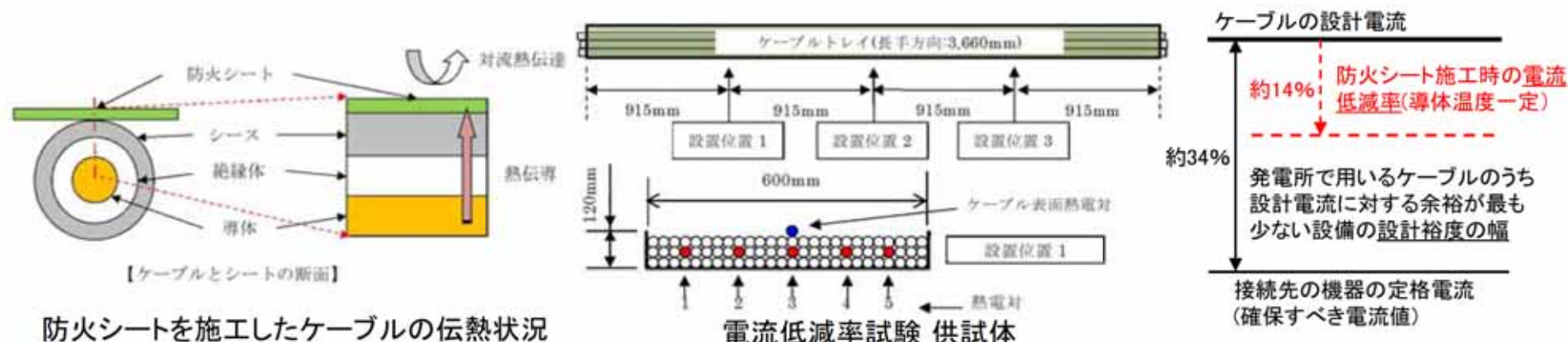


○ 防火シート施工によるケーブルの温度上昇に伴う通電機能への影響の確認試験

- ・防火シートを施工したケーブルは導体、絶縁体、シース及び防火シートの多層構造体となる。導体の発熱量が防火シート表面の放熱量を上回った場合、差分の熱量はケーブル内で温度上昇として現れる。このため、仮に絶縁体温度が許容温度まで上昇すると、絶縁体損傷等により通電機能に影響を与える可能性がある。
- ・この影響を確認するため、防火シートなし／有りの条件のケーブルトレイ供試体を用い、通電時の導体温度を同一に調整し、防火シートによる電流低下率を測定する試験を実施した*1。*1 IEEE848-1996に準拠した電流低減率試験<別紙1>
- ・ケーブルの設計電流に対する余裕が最も少ない設備の設計裕度(約34%)に対して、防火シートでケーブルを覆った試験による電流低減率は約14%となり、この範囲内に収まることから、通電機能に影響しないことを確認している。
- ・ここで、ケーブルの高経年化を考慮しても、絶縁体・シース厚さは同等であり、ケーブル導体からの伝熱・放熱の状況は変わらず、防火シートで覆った際の通電機能に影響しないと判断できる。

供試体条件	通電電流(A)*2	導体温度(℃)	電流低減率(%)	評 価
防火シートなし	約27	90	—	ケーブルの設計電流に対する余裕が最も少ない設備の設計裕度(約34%)に対して、電
防火シート有り	約23	90	約14	流低減率の試験結果(約14%)はこの範囲内に収まり、通電機能に影響しない。

*2 通電電流は試験時の環境温度に影響を受けるため、測定値に対して温度補正を行っている。

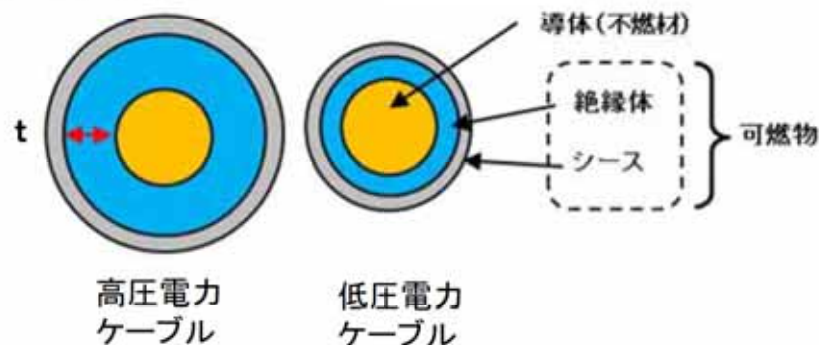


○ 防火シート施工によるケーブルの絶縁破壊, 過電流発生による発火リスクの検討と対応

- ・防火シートを施工したケーブルに対して, 絶縁抵抗測定試験により絶縁抵抗値に低下が生じないこと, 耐電圧試験により高電圧に対しても絶縁破壊しないことを確認している。<別紙1参照>
 - ・ここで一般に, ケーブルの高経年化に伴い, 被覆材の絶縁性能の低下による絶縁破壊によってケーブルが発火に至るリスクがある。<別紙2参照>
 - ・高圧電源ケーブルは, 絶縁破壊に対する強さが低圧電源ケーブルに対して小さいことを確認している。
(印加電圧に対する絶縁被覆の厚さが相対的に薄いため)
- ⇒高圧電源ケーブルは, 新品の難燃ケーブルへの取替を実施し, このリスクを低減させる。
(防火シートは施工しない。)
- ⇒低圧電源, 制御・計測ケーブルは防火シートによる複合体を形成する。
(高圧電源ケーブルと比べてリスクは抑制。またケーブル高経年に伴う絶縁性能の維持を確認済*)

*「特別点検, 劣化状況評価及び保守管理方針」劣化状況評価参照

【ケーブル断面】



【絶縁性能の低下によるケーブル発火メカニズム】

<別紙1> 防火シートを施工した複合体のケーブルトレイ機能への影響

* 本文「6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応)再掲



複合体がケーブル及びケーブルトレイ機能に与える影響を確認し、問題ないことを確認

(1) 防火シート等の耐久性試験

① 実機使用環境を模擬し、各JISに準拠した防火シート等の耐久性確認試験

試験項目	準拠規格	試験対象	判定基準	判定結果
耐寒性	JIS C 3605	防火シート、結束ベルト	試験前後の外観に異常がないこと (割れ、膨れ、変色)	良
耐水性	JIS K 5600-6-2			良
耐薬品性	JIS K 5600-6-1			良
耐油性	JIS C 2320(1種2号)			良
耐塩水性	JIS K 5600			良

② 高温及び放射線環境下における防火シート等の耐久性確認試験

想定年数	外観変化 (割れ、膨れ、変色)		酸素指数	
	シート	ベルト	シート	ベルト
初期	—	—	40.4	63
40年	無	無	70以上	45
判定結果	良	良	良	良

③ 複合体の外力(地震)による健全性確認試験

実機を模擬した保守的な加速度(水平4G,垂直3G)にて複合体の健全性を確認(JEAG4601に準拠した加振試験)

対象トレイ	結束ベルトの外れ	ファイアストップの外れ	ケーブルの露出	判定結果
水平トレイ	無	—	無	良
垂直トレイ	無	無	無	良

(2) 防火シートによる電氣的機能への影響確認

① 通電機能への影響確認 <次頁参照>

IEEE848-1996に準拠した電流低減率試験にて設計余裕内にあることを確認
(設計余裕34%に対して電流低下率は約14%)

ケーブル 設計 電流(A)	定格 電流 (A)	設計 余裕 (%)
97	72	34



② 絶縁機能への影響確認

a. 絶縁抵抗測定試験

「JIS C 3005ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」

・水中に1時間以上浸し、規定電圧(直流:100V以上)を1分間印加してもケーブルの絶縁抵抗値の低下がないことを確認

b. 耐電圧試験

「JIS C 3605 600Vポリエチレンケーブル」

・規定電圧(交流:1500V)で1分間耐えることを確認



(3) 防火シートによる機械的機能への影響確認

① 防火シートによる化学的影響を確認するため、JISに準拠したpH測定試験を実施し、中性範囲(pH6~8)にあることを確認(実測値pH6.4)

② 防火シートによる耐震性低下

複合体形成後に増加する重量を算出し耐震余裕度を評価

判定基準: 重量余裕の範囲内

・重量増加率(ラダー): (最大)3.3% < 設計重量の余裕:5%

・重量増加率(ソリッド): (最大)4.0% < 設計重量の余裕:14%



<別紙1> 防火シートを施工した複合体のケーブルトレイ機能への影響



IEEE848-1996に準拠した電流低減率試験

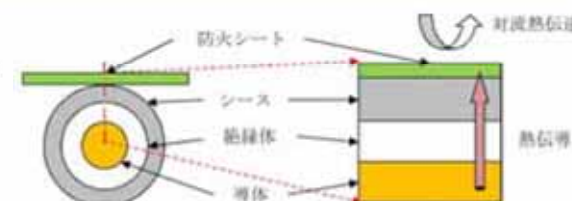
◆ 許容電流率の評価方法

- 東海第二発電所の防火シートを施工した複合体の許容電流は、IEEE848-1996に定められる許容電流低減率(ADF)を踏まえ設計

【許容電流低減率(ADF)】

$$ADF = \frac{I_0 - I_f}{I_0} \times 100(\%)$$

I_0 : 導体温度が90℃到達時の必要電流(防火シート施工前)
 I_f : 導体温度が90℃到達時の必要電流(防火シート施工後)



【ケーブルとシートの断面】

防火シートを施工したケーブルの伝熱状況

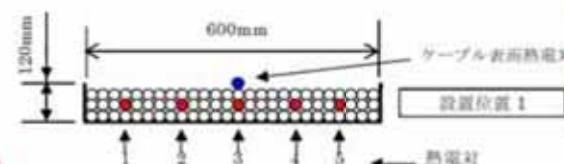
◆ 最小設計裕度

- 機器の定格電流が大きくケーブルの設計電流に対する裕度が最も小さくなる設備を選定し、**最小の設計裕度(約34%)**を確認

ケーブル種類	ケーブル材料(絶縁材/シース材)	ケーブル設計電流(A)	定格電流(A)	設計裕度(%)
低圧電力ケーブル	架橋ポリエチレン/ビニル	97	72	約34

◆ 供試体：IEEE848-1996に準じてラダートレイにケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル)を敷設して作成

試験供試体		備考
試験規格	IEEE848-1996	
ケーブル仕様	外径17.5mm	
トレイ形状	幅600mm、高さ120mm、長さ3,660mm	ラダータイプ
ケーブル配列	32本×3段	全96本
防火シート	無	
	有	



電流低減率試験 供試体

◆ 試験結果

- 防火シートなし/防火シート有りの条件で通電試験を実施
- 防火シートでケーブルを覆った場合の電流低下率は約14%となり、最も設計裕度が小さい設備の設計裕度(約34%)を下回り、通電機能に影響しないことを確認

供試体条件	通電電流(A)*	導体温度(℃)	電流低減率(%)	評価
防火シートなし	約27	90	—	試験結果の約14%は、設計裕度が最も小さい設備の約34%を下回る。
防火シート有り	約23	90	約14	

* 通電電流は試験時の環境温度に影響を受けるため、測定値に対して温度補正を実施済

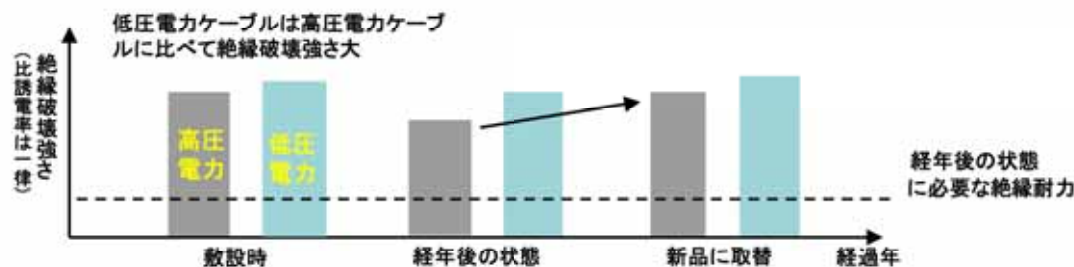
<別紙2> ケーブルの経年劣化に伴う絶縁低下の影響

* 補足説明資料「4. 施工後の難燃ケーブルと代替措置の比較」再掲

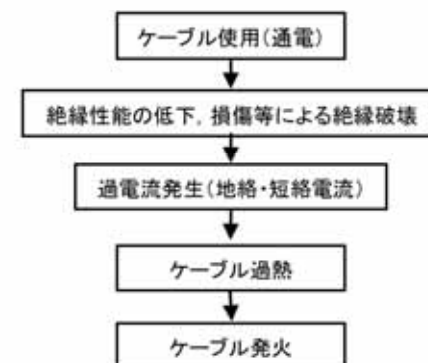


ケーブルの発火リスク評価

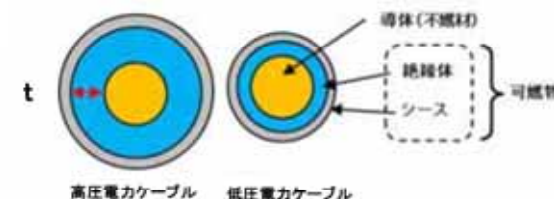
- ◆ ケーブルは熱等の影響により経年的に絶縁性能が低下し、絶縁破壊によりケーブルが発火に至る可能性がある(メカニズムのとおり)
 - 高圧電力は絶縁体単位厚さに対する電圧が高いため、低圧電力に比べて絶縁破壊強さが弱い(V/mm)の値としては大きい
- ◆ 発火した高圧電力ケーブルによっては、低圧電源系へ停電範囲が波及する
- ◆ 高圧電力ケーブルを未使用品に取替ることは発火リスクの低減に寄与



【絶縁性能の低下によるケーブル発火メカニズム】



【ケーブル断面】



回路種別	絶縁体材料	絶縁体厚さ: $t(mm)$	使用電圧: $V(V)$	絶縁破壊強さ: $V/t(V/mm)$
高圧電力ケーブル 最細径	架橋ポリエチレン	4	6,900	1,725
低圧電力ケーブル 最細径	架橋ポリエチレン	1	480	480

絶縁体の単位厚さ当たりに印加される電圧: 高圧電力ケーブル=約 $3.6 \times$ 低圧電力ケーブル

回路種別	絶縁性能低下による発火リスク			絶縁性能低下によるケーブル発火時の影響
	絶縁破壊強さ※1	劣化要因	火災時の波及的影響※2	
高圧電力	小	熱・放射線 水トリリー	大	・電気系統において最上流に位置するため、下流側の低圧電源系へ停電範囲が拡大する可能性が高い
低圧電力	大	熱・放射線	小	・低圧電源系は電気系統において中・下流に位置するため、電気系統への影響は限定される
制御	大	熱・放射線	小	・印加電圧が低く導体も細いため、過電流が発生した場合でも、導体が溶断し火災に至る可能性は低い
計装	大	熱・放射線	小	・印加電圧が微弱で導体も細いため、万一、過電流が発生した場合でも、導体が溶断し火災に至ることはない

※1: 東海第二で使用される架橋ポリエチレン絶縁体ビニルシースケーブルの比較

※2: 当該ケーブルの発火を想定した場合の、停電範囲(大: 停電範囲広い、小: 停電範囲狭い)

9. 複合体の燃焼試験条件の代表性・保守性, 対策妥当性, 消火時適応性



○非難燃ケーブルに防火シートを施工した複合体の燃焼試験等により, 以下の設計目標の達成を確認している。この燃焼試験の条件は, 実機プラントで想定される条件を包含した代表性, 保守性を有しており, 本火災防護対策は妥当と判断している。〈別紙1参照〉

- ・設計目標Ⅰ: 複合体外部からの火災に対し難燃ケーブルと同等以上の難燃性能確保
- ・設計目標Ⅱ: 複合体内部からの火災(過電流発火等)に対して難燃性能を確保
- ・設計目標Ⅲ: 複合体の想定外の施工不良・傷等を仮定しても耐延焼性を確保

○防火シートによる複合体形成時には, 複合体内部に火災感知器及び自動消火設備を設置することで, 複合体内の火災発生時も早期の消火を達成する。〈別紙2参照〉

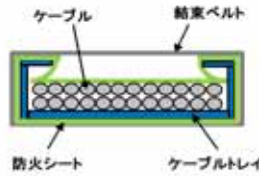
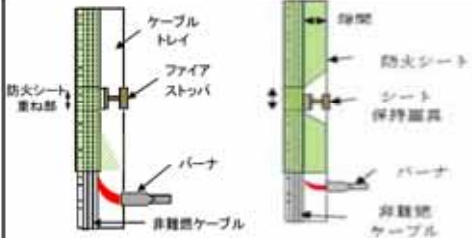
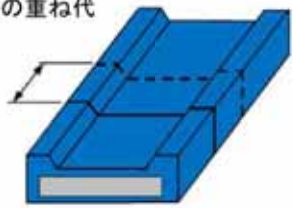
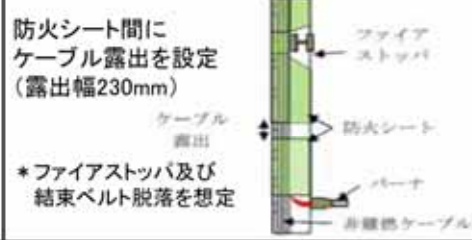
また, ケーブル火災時に複合体は空気の供給を制限し延焼を抑制することから, 火災時の外部からの消火活動を阻害せず, 自己消火を促進する方向となる。



項 目	実機プラント条件	燃焼試験条件	選定理由
ケーブル種類, 外径	計装, 制御, 低圧電力, 高圧電力 (外径: 9.5mm~39mm)	低圧電力ケーブル (外径: 14.5mm)	複数の外径のケーブルの燃焼試験を実施し, 延焼による損傷長が最も長いものを選定
ケーブル 使用期間 〈添付1〉	~最長約40年経過 【ケーブル被覆材の加速劣化による酸素指数測定結果】 ・ビニル 新 品 25.3 ⇒ 40年相当 28.6 ・架橋ポリエチレン 新 品 18.3 ⇒ 40年相当 19.3	新 品	非難燃ケーブルは, 添加した可塑剤(可燃物)の溶け出し等により高経年化に伴い燃焼し難い傾向となる*ため, 試験は新品を使用 *経年に応じて酸素指数が上昇(酸素指数は値が大きくなるほど燃焼を続けるために多くの酸素を必要とすることを表し, 燃え難さを示す。)
ケーブル 敷設量	場所により少量~設計最大量 少量(1層敷設) 設計最大量(占積率40%) 満杯(実機でなし)	少量, 設計最大量, 満杯	実機の条件を包含し, 更に, 実機で存在しないケーブルトレイ満杯の影響も燃焼試験で確認し, 敷設量の多い方が厳しい結果になることを確認
延焼防止材	延焼防止材の塗布無し, 有り	延焼防止材の塗布無し	延焼防止材は高い難燃性を有するため, 延焼防止材の塗布無しの条件を選定

9. 複合体の燃焼試験条件の代表性・保守性, 対策妥当性, 消火時適応性



項 目	実機プラント条件	燃焼試験条件	選定理由
埃(汚れ)	埃(汚れ)あり	埃(汚れ)なし	ケーブル構成材に比べ埃(汚れ)の質量はわずかで、重量当たりの発熱量も小さく 燃焼に影響しない 。
ケーブルトレイの タイプ	ラダータイプ、ソリッドタイプ、 ケーブル単体部 	ラダータイプ、ケーブル単体部	- 外部からの熱が伝わり易く、また空気を供給しやすいラダータイプを選定 - ケーブル単体部は耐火シールを施すとともに距離が短く延焼可能性が低い、参考として試験を実施
ケーブルトレイの 設置方向	垂直～勾配～水平 	垂直、勾配(45°)、水平	設置方向による違いを燃焼試験で確認し、火炎がケーブル上部に当たる 垂直方向が最も延焼速度が速いことを確認
ケーブルトレイの サイズ、形状	幅:150～750mm、高さ:120mm 直線形、L字形、十字形、T字形等	幅:300mm、高さ:120mm 直線形	- IEEE383規格で300mm幅バーナとトレイ幅を選定(トレイ幅150mm以上で損傷長が飽和する傾向を確認) - トレイ形状は延焼速度が速い直線形とする。
防火シートの 施工状態① (内部空気量)	 標準施工による複合体断面図		- 実機は標準施工方法に従い、防火シートがケーブル表面に沿うよう巻き付けるが、燃焼試験ではケーブルとシート間の隙間が広がった場合も想定する。 - 複合体内部からの火災を模擬した垂直試験では、隙間が広い方が空気量が増え厳しい結果を確認
防火シートの 施工状態② (シートズレ・傷)	 隣接するシートの重ね代 (100mm以上)	 防火シート間に ケーブル露出を設定 (露出幅230mm) *ファイアストップ及び 結束ベルト脱落を想定	- 実機は標準施工方法に従い、隣り合う防火シートを100mm以上の重ね代を設けて巻き付け、またシートに傷等が無い状態で仕上げるが、燃焼試験ではシート間に隙間を設けてケーブル露出を設定 - ケーブル露出の方が試験結果は厳しくなるが、延焼の燃え止まりを確認

<添付1> ケーブルの経年変化に伴う酸素指数の変化の確認



○新品ケーブルと経年劣化ケーブルの酸素指数測定試験

- ・燃焼試験に使用するケーブルは経年変化を考慮する必要があるため、使用するケーブル構成材料に対し、**熱及び放射線による加速劣化を施した上で、酸素指数*の変化を確認した。**
- ・試験結果より、いずれの構成材料でも、**経年変化後のケーブルは新品のケーブルと比べて酸素指数*が高くなり、より燃え難くなる結果**が得られた。**これより新品のケーブルを燃焼試験の供試体として用いることが保守的**であることを確認した。

* 酸素指数は、燃焼を続けるために必要とする酸素量を示し、この値が高くなるほど対象物が燃え難くなることを表す。

試験供試体（ケーブル材料）



熱・放射線による加速劣化（40年相当）
酸素指数測定の手順

酸素指数測定結果

構成材料	酸素指数測定結果	
	初期 （新品）	経年劣化後 （40年相当の熱劣化・放射線照射）
ビニル	25.3	28.6
架橋ポリエチレン	18.3	19.3

<ケーブルに使用される構成材料の経年劣化に伴う酸素指数増加の考察>

- ・ビニル : 経年変化で添加剤のうち可燃性物質である可塑剤がわずかに揮発し、可燃性物質が減少することにより燃え難くなる。
- ・架橋ポリエチレン : 揮発性の高い添加剤がないことから経年的に酸化劣化が主となり、可燃性成分の割合が減少し燃え難くなる。

<別紙1> 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (1/6)

* 本文「6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応)」再掲



(1) 複合体

- ◆ 複合体はケーブル及びケーブルトレイ全体を**不燃材の防火シート**で覆い、**不燃材の結束ベルト**で固定したもの

- ◆ 複合体を構成する防火シートは下記の仕様を満足するものを採用

- 建築基準法で定められた不燃材であること
- 防火設備に要求される遮炎性を有し、使用環境下での耐久性を持つこと

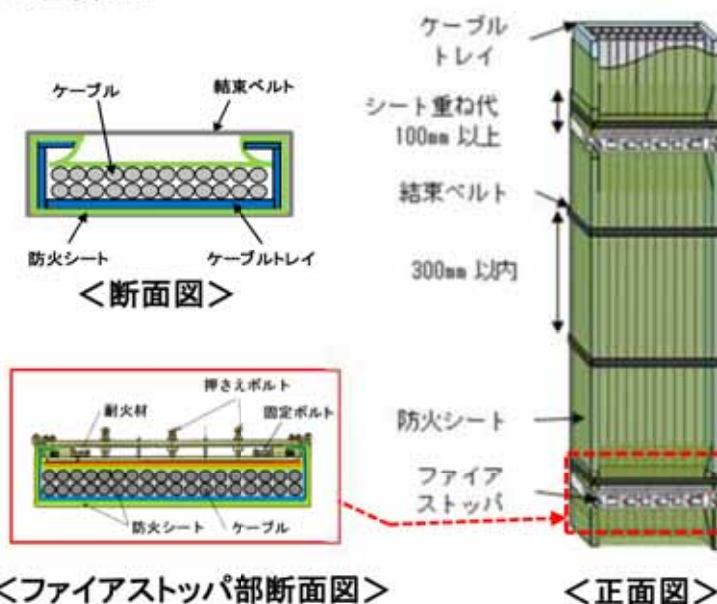
◆ 施工(設計)要件

- ・防火シート重ね代は100mm以上設ける
- ・結束ベルトを300mm以内ごとに設置
- ・延焼しやすいトレイ設置方向にはファイアストッパを900mm以下の間隔で設置して防火シートを密着、閉鎖空間とする

複合体構成品のスペック

- ・防火シート : 不燃材(ガラスクロス両面に難燃化ゴムをコーティング)
- ・結束ベルト : 不燃材(シリコンガラスクロス製ベルト)
- ・ファイアストッパ: 鋼材: SS400, SCM435 亜鉛メッキ

【複合体イメージ】

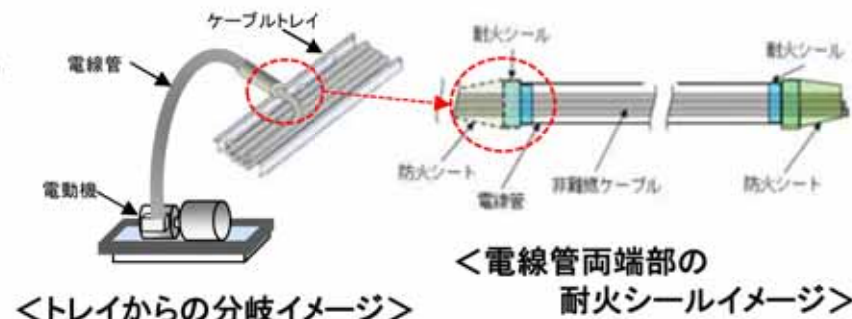


(2) ケーブルトレイから分岐する電線管

- ◆ ケーブルトレイから分岐する電線管敷設ケーブルは、開口部両端に耐火シールを施工

- 電線管内の酸素の供給を遮断

耐火シール: 耐火性能を有する難燃性シール材(難燃パテ)



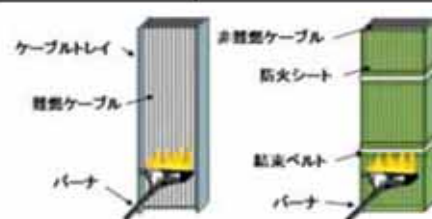
<別紙1> 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (2/6)

* 本文「6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応)」再掲



◆ 複合体の外部の火災に対し、複合体の耐延焼性及び同条件の難燃ケーブルと同等以上の性能があることを確認

試験区分	供試体	トレイ方向	ケーブル量	バーナ熱量 (kW)	最大損傷距離 (mm)	判定結果 (燃え止まること)	備考
標準状態	複合体	垂直	少量	20	570	良	・複合体は同条件の難燃ケーブルより損傷長が短いことを確認 ・難燃ケーブル満杯は設計最大量よりケーブル量が多く損傷長が長くなるため実施せず
			設計最大量		663	良	
			満杯		980	良	
	難燃ケーブル		少量		1010	良	
			設計最大量		1780	良	
	複合体	水平(参考)	設計最大量		740	良	
加熱源とFS (ファイアストッパ) の距離	複合体	垂直	設計最大量	20	① 1220	良	・FSとバーナの距離に関わらず、複合体の方が難燃ケーブルより損傷長が短いことを確認 ・FS(ファイアストッパ)とバーナの距離が短いほど損傷長は長い ・難燃ケーブルはFSは設置しないためFSなし
					② 890	良	
					③ 760	良	
	難燃ケーブル				1780	良	
バーナ熱量を変化 (50%増加)	複合体	垂直	設計最大量	30	1010	良	・バーナ熱量を50%増加させた条件でも、複合体の損傷長は難燃ケーブルより短いことを確認 ・複合体は同条件で2回実施
					930	良	
	難燃ケーブル				2030	良	



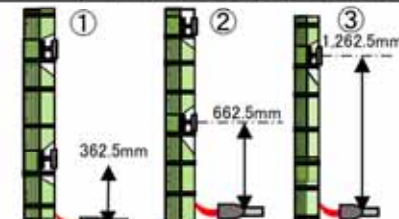
耐延焼性確認試験(垂直トレイ)概要



ケーブル量



耐延焼性確認試験(水平トレイ)概要



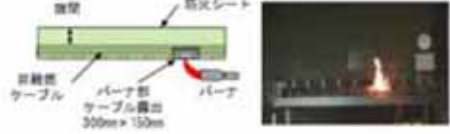
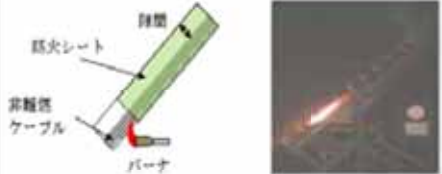
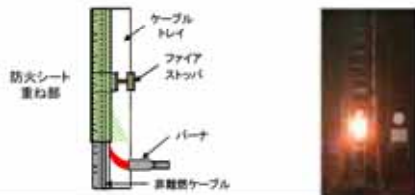
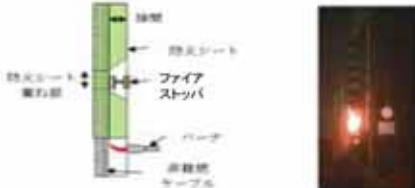
FSとバーナの位置関係

<別紙1> 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (3/6)

* 本文「6-2. 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応)」再掲



◆ 複合体の内部の火災に対して、複合体の耐延焼性を確認し、燃え止まること(延焼しないこと)を確認

トレイ方向	ケーブル量	バーナ熱量(kW)	間隙有無(FS有無)	最大損傷距離(mm)	判定結果(燃え止まること)	試験状況	備考
水平	設計 最大量	20	隙間有(FS無)	740	良		・FS(ファイアストッパ)がなく、空気層がある状態でも、複合体(ケーブルトレイ)配置が水平、勾配45°では、複合体は燃え止まることを確認
勾配45°				850	良		
垂直				— (>1800)	否	— (非難燃ケーブルの延焼試験と同じ)	
			隙間無(FS有)	1070	良		・複合体(ケーブルトレイ)が垂直の場合は、FSが無い場合は燃焼が継続と判断 FSを設置することで、複合体は燃え止まることを確認
			隙間有(FS有)	1280	良		

FS(ファイアストップパ): 45° を超える傾きのケーブルトレイに対して、延焼防止を目的に防火シートをケーブルに密着させるために90cm毎に設置する器具

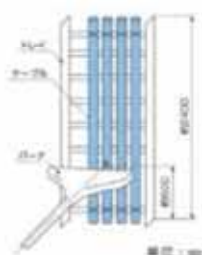
<別紙1> 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (4/6)

* 補足説明資料「5. 難燃ケーブルに対する複合体の難燃性の実証」再掲



◆ 難燃ケーブルは米国電気学会により開発された試験方法(IEEE std.383-1974)により認定

◆ 複合体(ケーブル及びケーブルトレイに防火シートで覆ったもの)はこの燃焼条件を参考に比較

難燃性の確認	難燃性の実証試験の概要(基本性能)		絶縁体/シース
	耐延焼性	自己消火性	
難燃ケーブル	【IEEE std.383(垂直トレイ燃焼試験)】 ・ケーブル外径の1/2間隔開けて1層敷設 ・バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 ・バーナ熱量:20kW ・判定基準:トレイ上端まで損傷しないこと(1800mm未満) 	【UL-1581(垂直燃焼試験)】 ・供試体を垂直に保持し、20度の角度でバーナの炎をあてる。 ・15秒着火、15秒休止を5回繰り返す、試料の燃焼の程度を確認する ・判定基準: (1)残炎による燃焼が60秒を超えないこと (2)表示旗が25%以上焼損しないこと (3)落下物によって下に設置した外科用綿が燃焼しないこと 	難燃架橋ポリエチレン/難燃ビニル(低圧電力ケーブル)
複合体 (防火シートで非難燃ケーブルを覆う対応)	【IEEE std.383を参考にした燃焼条件で比較】 ・ケーブル外径の1/2間隔開けて1層敷設したケーブル上に防火シートで被覆 ・バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 ・バーナ熱量:20kW ・判定基準:燃え止まること(難燃ケーブルの損傷長より短いこと) ・試験回数:3回* 	同上(非難燃ケーブル単体で確認)	架橋ポリエチレン/ビニル(低圧電力(比較対象)及び計装・制御ケーブル)

* 基本的な試験を3回行い、結果に有意な違いがないことを確認した上で、複合体の各条件を変更した試験を各1回行っている。

<別紙1> 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (5/6)

* 補足説明資料「5. 難燃ケーブルに対する複合体の難燃性の実証」再掲



- ◆ 実機を模擬し、**ケーブルトレイにケーブルを満載にした供試体により耐延焼性を確認**
- ◆ 代替措置(複合体)はこの燃焼条件を参考に比較

難燃性の確認	難耐延焼性の実証試験の概要(実機模擬)		絶縁体/シース
難燃 ケーブル	【IEEE std.383を参考にした燃焼条件】 ・ケーブルトレイにケーブルを設計最大量に敷設 ・バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 ・バーナ熱量: 20kW(参考30kW) ・判定基準: 比較基準		難燃架橋ポリエチレン/難燃ビニル(低圧電力ケーブル)
複合体 (防火シートでケーブルトレイ及び非難燃ケーブルを覆う対応)	【IEEE std.383を参考にした燃焼条件で比較】 ・ケーブルトレイにケーブルを設計最大量に敷設してその上から防火シートで被覆 ・バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 ・バーナ熱量: 20kW(参考30kW) ・判定基準: 燃え止まること(難燃ケーブルの損傷長より短いこと)		架橋ポリエチレン/ビニル(比較: 低圧電力ケーブル)

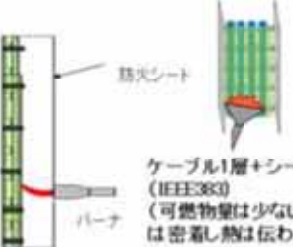
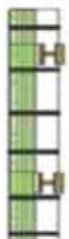
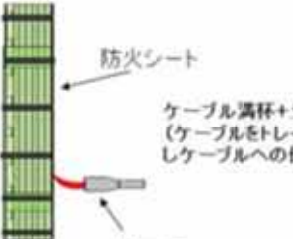
<別紙1> 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (6/6)

* 補足説明資料「6. 複合体施工と耐延焼性試験」再掲

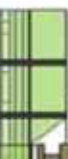


- ◆ 最も延焼条件の厳しい垂直トレイに対する具体的な試験条件(概要)は以下のとおりであり、**実機の施工状態を包含した保守的な条件**としている

<複合体の外部の火災に対する試験条件(概要)>

垂直トレイ (45° を超えるもの)	試験条件
実機施工範囲	実機状態模擬
 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 防火シート ケーブル1層+シート密着 (IEE383) (可燃物量は少ないが、シートは密着し熱は伝わり易い状態) バーナ
 設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)	 防火シート ケーブル満杯+シート密着 (ケーブルをトレイ満杯に敷設しケーブルへの伝熱を促進) バーナ

<複合体の内部の火災に対する試験条件(概要)>

垂直トレイ (45° を超えるもの)	試験条件	
実機施工範囲	実機模擬状態	ばらつき(空気量)を考慮した保守的な状態
 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)	 ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)
 設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)	 ケーブル満杯+シート密着 (可燃物量が最大で、シートは密着しており、酸素が少い状態)	 ケーブル満杯+シート密着せず(太鼓巻) (可燃物量が最大で、空気量が多く延焼しやすい条件)

※: 外部火災について、ケーブルとシート間に隙間を設けた試験も実施しているが、外部火災については空気量が熱の伝達を抑制するため掲載した試験条件より損傷距離は短い

＜別紙2＞ 非難燃ケーブルの複合体内の火災の感知, 自動消火

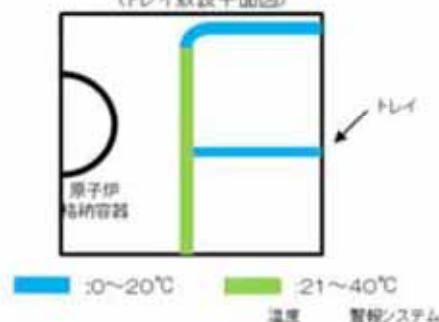
* 本文「7-3. 火災の感知, 消火(非難燃ケーブル)」再掲



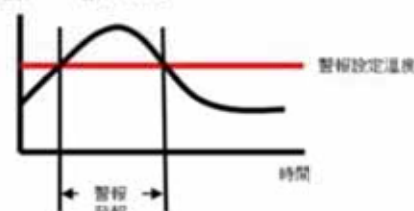
- ◆ 複合体の火災感知設備としては、**火災区域(区画)に設置する感知器とは別に、複合体内に光ファイバケーブル式熱感知器を設置し、火災感知機能を強化**
 - ◆ 複合体の消火設備として、自動及び手動で作動する**局所ハロゲン化物消火設備(FK-5-1-12)を設置し、消火機能を強化、電源不要で自動消火が可能**
 - ◆ これらの設備は単純な構造で信頼性が高く、故障や誤動作の可能性が小さいものを採用
- ケーブルトレイ(複合体内)の感知設備

項目	説明/特徴
原理	光ファイバ自身が温度センサーとなり、光ファイバ全長に沿った長距離の連続的な温度分布が確認可能
材料	・外被材料: SUS (被覆: 難燃架橋ポリエチレン) ・光ファイバ材質: 石英 ・適用温度範囲: -20℃～150℃
特徴	・光ファイバ布設方向に対し2m以下の分解能 ・ケーブル敷設エリア毎に温度表示 ・温度測定値が設定値(60℃)を超えた場合に警報を発報

リアルタイムマップイメージ
(トレイ敷設平面図)



温度 警報システム

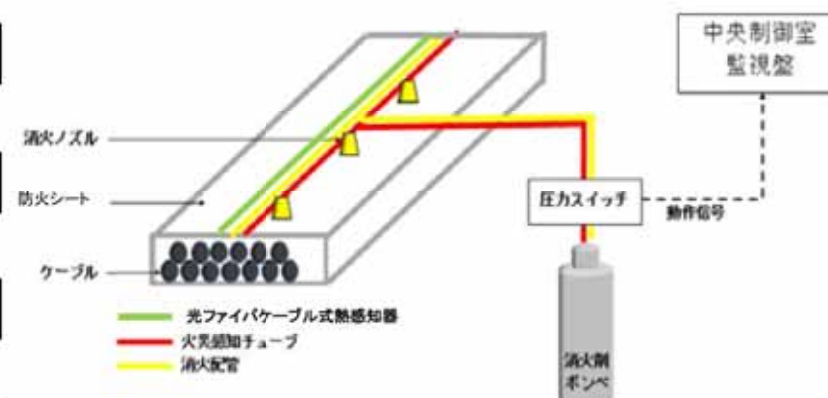


ケーブルトレイ(複合体内)の消火設備



消火設備動作フロー図
(自動消火の流れ(電源不要))

内部火災-75



＜誤動作防止と信頼性＞

- 単純構造で信頼性が高く故障や誤動作の可能性が小さい
- 中央制御室では消火ガスの放出信号を検知する設計で、現場確認で消火設備が動作していない場合には、現場での手動起動可能
- 複合体内の感知器(光ファイバー式熱感知器)により中央制御室に警報が発するため、現場での手動起動可能
- 定期的な試験により健全性を確認

＜消火ガス＞

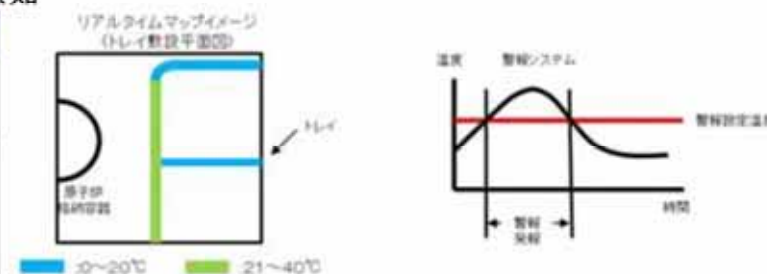
FK-5-1-12(代替ハロン)
($\text{CF}_3\text{-CF}_3\text{-C(O)-CF(CF}_3)_2$)

10. 特徴的な火災感知設備の概要

【非難燃ケーブルに対する代替措置(複合体)の火災感知】

◆ 複合体毎に光ファイバケーブル式熱感知器を設置し、早期にケーブル火災を感知

項目	説明／特徴	
原理	光ファイバー自身が温度センサーとなり、光ファイバー全長に沿った長距離の連続的な温度分布が確認可能	
材料	・外被材料: SUS (被覆: 難燃架橋ポリエチレン) ・光ファイバ材質: 石英 ・適用温度範囲: -20℃～150℃	
特徴	・光ファイバ布設方向に対し2m以下の分解能 ・ケーブル敷設エリア毎に温度表示 ・温度測定値が設定値(60℃)を超えた場合に警報を発報	代表的な機種の外観



光ファイバ温度監視装置による監視

【海水ポンプエリア(屋外)の火災感知】

◆ 煙や熱が拡散し火災が感知できない可能性が高いため、熱感知カメラを死角がないように設置

項目	説明／特徴	
原理	物体から発する赤外線の波長を温度信号として捕え、温度を連続的に監視	
特徴	赤外線は温度が高くなるほど強くなるため、強さを色別して温度マップとして画像に映し、一定の温度に達すると警報を発する火災感知設備	代表的な機種の外観



熱感知カメラによる監視

【中央制御室制御盤内の火災感知】

◆ 制御盤内に高感度煙感知器又は超高感度煙センサを追加設置

火災感知器の種類	説明／特徴
高感度煙感知器 (感度: 煙濃度 0.1～0.5%)	◆ 動作感度を一般エリアの煙濃度10%に対し煙濃度0.1～0.5%と設定することにより、高感度感知可能 ◆ 盤内天井に間仕切りがある場合は、感知器までの煙の伝搬が遅れる可能性を考慮し、盤内天井の間仕切り毎に設置
高感度煙センサ (感度: 煙濃度 0.01～20%)	◆ 制御盤内の空気をサンプリングし、高感度煙センサによりサンプリング空気中の煙濃度を設定することにより感知

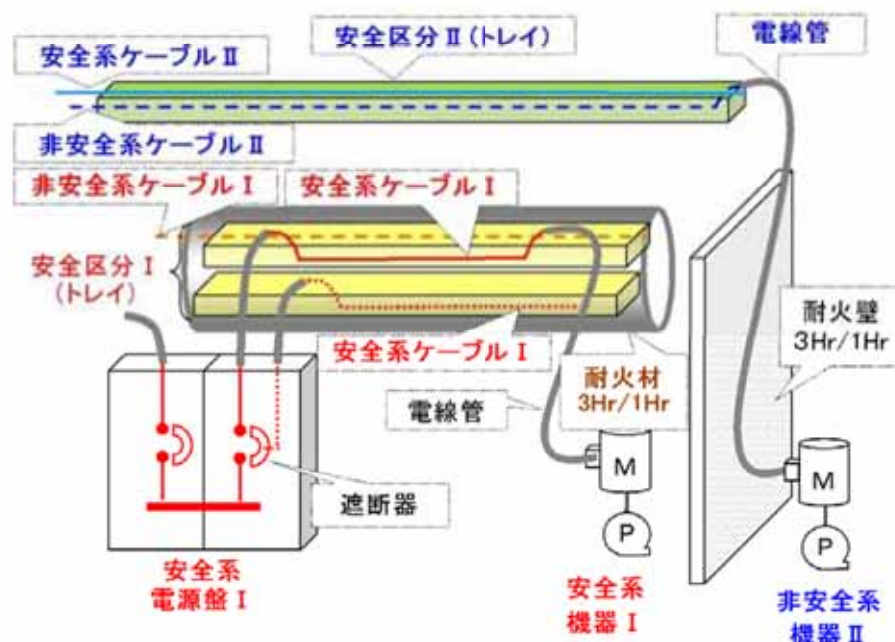


11. 安全機能を有するケーブルの影響軽減(系統分離)

系統分離に対する適合性

◆ 東海第二の系統分離(区分分離)について

- 審査基準の解釈として、「これらに関連する非安全系のケーブル」の分離方法は、火災防護に係る審査基準の a～c のいずれかの方法で、高温停止及び低温停止に係わる安全機能(以下、「安全停止機能」という。)を有する機器等の相互を分離することで、自ずと分離されることになる。
- 下図のように、安全停止機能を有する機器間を火災防護に係る審査基準に示す方法で分離することにより、これらに関連する非安全系との分離は行われる。
- この系統分離により、1区分の安全停止機能を有するケーブル(トレイ)が火災により機能喪失したとしても、多重化された別区分のケーブル(トレイ)により安全停止機能は確保される。



【系統分離方法】

- 3Hr耐火壁、耐火材等で分離
- 6m以上の離隔距離＋感知・自動消火設備で分離
- 1Hr耐火障壁、耐火材＋感知・自動消火設備で分離

【火災による影響軽減 系統分離イメージ(a,c 方法の例)】

12. 電源盤等に対する火災防護対策、火災感知設備や消火設備の設計

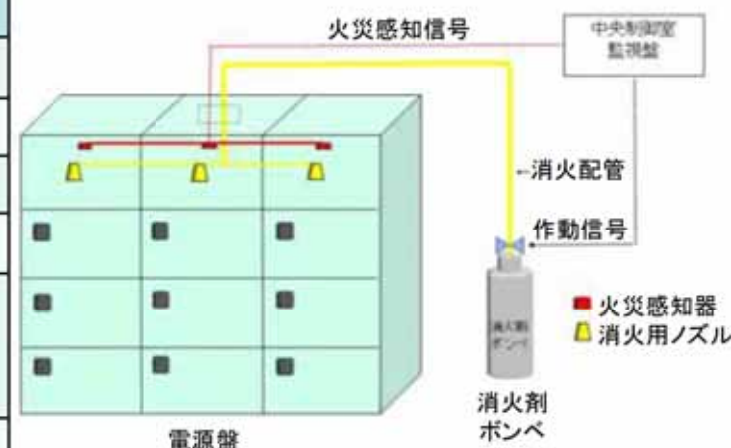


電源盤等に対する具体的な火災防護対策 <別紙1～3参照>

○電源盤等を含む電気系統に対しては、**過電流保護装置**による**火災発生防止対策**を施しているが、それに関わらず、**電源盤等から火災が発生する前提として、早期の感知・消火及び影響軽減対策**により、火災発生時も原子炉の高温停止及び冷温停止機能を維持する。

○電源盤に対する対策として、盤の設置場所・エリアの状態に応じて適切な対策を行う。

項 目	電源盤等の主な火災防護対策
①火災の発生防止	
発生防止	・保護継電器、遮断器等により 過電流 を遮断し 過熱・発火 を防止
可燃物排除	・主要な構造材として盤の 筐体は金属製の不燃性材料 を使用
②火災の感知・消火	
感知設備*	・盤の設置区画に異なる種類の火災感知器を組み合わせて設置（煙×熱、煙×炎等） * 感知設備は外部電源喪失時も非常用電源より給電し、機能維持が可能
消火設備*	- 盤の設置場所に応じて適切な消火手段で対応 ・ハロゲン化自動消火設備（現場設置の盤） ⇒自動消火又は中央制御室から手動操作可能 ・二酸化炭素消火設備（非常用ディーゼル発電機室設置の盤） ⇒燃料油等の高燃焼負荷に対応可能 ・二酸化炭素消火器（中央制御室設置の盤） ⇒常駐している運転員による早期消火が可能 * 消火設備は外部電源喪失時も非常用電源より給電し、機能維持が可能
③火災の影響軽減	
系統分離	・異なる系統の盤との間を「耐火隔壁(3時間)」*、「離隔＋自動消火」、「耐火隔壁(1時間)＋自動消火」の何れかで対策 *「耐火隔壁(3時間)」の場合は、火災感知後の消火は自衛消防隊等が行う。



電源盤用の固定式ハロゲン化物自動消火設備(局所) 概念図



電源盤の系統分離イメージ(例)

<別紙1> 火災の発生防止の対策

* 本文「2. 火災防護における安全対策の主要なポイント」再掲 

【火災の発生防止】

(1) 原子炉施設の火災の発生を防止するための火災防護対策

- ①発火性、引火性物質を内包する設備及びこれらを設置する火災区域に対する対策
 - ・油内包機器に対する、**漏えい防止、拡大防止対策**実施
 - ・安全機能を有する機器等を設置する火災区域への**貯蔵は、運転上必要な量に制限**
- ②可燃性の蒸気・微粉が滞留する可能性のある火災区域への対策
- ③水素の漏えいに対する対策
 - ・爆発限界以下になるように**換気装置**の設置、**水素検知器設置**による漏えい検知
- ④電気系統は**保護継電器と遮断器等により過電流を遮断し、過熱を防止**



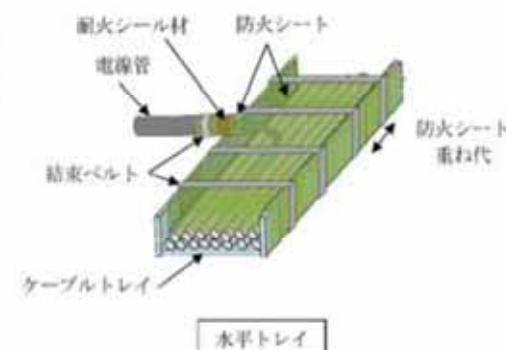
防油堤の設置



水素検知器の設置(蓄電池室等)

(2) 安全機能を有する構築物、系統及び機器への不燃性又は難燃性材料を使用した設計

- ①機器、配管、トレイ、盤の筐体等**主要な構造材は不燃性材料**を使用
- ②建屋内変圧器、遮断器は**絶縁油を内包しないもの**を使用
- ③ケーブルは難燃ケーブルを使用
 - ・**東海第二発電所は非難燃ケーブルを使用しているため、原則、取替えし、非難燃ケーブルを使用する場合は範囲を限定し、代替措置により難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を確保したうえで使用**
- ④換気用のフィルタ、保温材、建屋内装材の材料選定



非難燃ケーブルへの対応(代替措置)

(3) 落雷、地震等の自然現象によっても火災が発生しないように設計

- ①落雷による火災発生防止のため**建屋等には避雷設備**を設置
- ②安全機能を有する機器等は、**十分な支持性能をもつ地盤**に設置

＜別紙2＞ 火災の感知・消火に係る設備（1／3）

* 本文「2. 火災防護における安全対策の主要なポイント」再掲



【火災の感知・消火】

安全機能を有する機器等の火災の影響を考慮し、早期の火災感知、消火できる設計

(1) 火災感知設備

- ①放射線や温度等の環境条件、火災の性質により感知器を選定
- ②固有の信号を発する異なる種類の感知器を組合わせて設置
 - ・平常時の温度等を監視し、急激な温度上昇を把握できるアナログ式の採用
 - ・煙感知器と熱感知器、煙感知器と炎感知器等の組合せ
 - ・感知器の作動を1個ずつ特定できる受信機の設置
- ③外部電源喪失時にも機能を失わないように電源確保可能な設計
(非常用電源(非常用ディーゼル発電機)から給電し、機能維持可能)

火災感知器設置例	火災感知器の組合せ	
一般的な火災区画	アナログ式煙感知器 	アナログ式熱感知器 
屋外 (海水ポンプ室)	炎感知器 	熱感知カメラ 

(2) 消火設備

- ①煙の充満や放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域(区画)は自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置
- ②消火用水の水源及び消火ポンプの多重性又は多様性を装備
- ③安全停止機器等の系統分離のために設置される消火設備は、系統分離に応じた独立性を装備
- ④外部電源喪失時にも機能を失わないように電源確保可能な設計
(非常用電源(非常用ディーゼル発電機)から給電し、機能維持可能)
- ⑤移動式消火設備を配備
- ⑥消火設備の破損、誤動作又は誤操作によっても安全機能を失わない設計

消火設備設置例	設置箇所
水消火設備 (消火栓)	各建屋及び屋外
ハロゲン化物自動 消火設備(全域)	電気室、ケーブル処理室等の全域消火
二酸化炭素消火 設備(全域)	非常用ディーゼル発電機室、緊急時対策所用非常用発電機室等
移動式消火設備	化学消防自動車×1台、水槽付消防ポンプ車×1台

＜別紙2＞ 火災の感知・消火に係る設備（2／3）

* 本文「7-1. 火災の感知、消火（火災感知設備）」再掲



- ◆ 火災感知設備は、温度、放射線等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に、**固有の信号を発する異なる種類の感知器を設置する**

【アナログ式感知設備】

- 熱及び煙感知器 …………… 固有の信号を発する異なる種類の火災感知器の組合せの原則として選定
- 光ファイバーケーブル式熱感知器・非難燃ケーブル複合体に選定
- 熱感知カメラ …………… 屋外環境のため熱や煙感知器が設置できない区画に選定

【非アナログ式感知設備（アナログ式と同様に固有の信号を特定可能なように設置）】

- 防爆型感知器（熱及び煙） …………… 可燃性ガスの蓄積が想定され防爆型が必要な箇所に選定
- 炎感知器 …………… 空間容積が大きく、熱や煙が拡散し易い箇所に選定
- 熱感知器 …………… 放射線量が高くアナログ式感知器を設置できない区画に選定

火災区域(区画)	火災感知器の設置型式	
一般的な火災区画 (常設高圧代替注入ポンプ、代替循環冷却系ポンプ、格納容器圧力逃がし装置等)	アナログ式煙感知器	アナログ式熱感知器
原子炉格納容器	アナログ式煙感知器※	アナログ式熱感知器※
蓄電池室、軽油貯蔵タンク／非常用DG燃料移送ポンプ等を設置する火災区画 (水素や揮発した燃料油により発火性ガスの充満する可能性がある区画)	非アナログ式煙感知器(防爆型)	非アナログ式熱感知器(防爆型)
海水ポンプ、常設代替高圧電源装置を設置する火災区画 (屋外環境のため火災による煙、熱が拡散する区画)	非アナログ式炎感知器(赤外線)	アナログ式熱感知カメラ(赤外線)
原子炉建屋オペレーティングフロア(火災区画) (天井が高く床面積が広いため火災による熱が拡散する区画)	非アナログ式炎感知器(赤外線)	アナログ式煙感知器(光電式分離型)
主蒸気管トンネル室 (運転中は放射線量が高いが常時監視が必要な区画)	アナログ式煙感知器(煙吸引式)	非アナログ式熱感知器 (感度:温度70～93℃)

※: 火災が想定されない窒素封入後は火災感知信号を除外する運用とし、原子炉停止後は速やかに取替、復旧実施

※: アナログ式感知器とは、平常時の状態(温度、煙の濃度)を連続して監視し、かつ、火災現象(急激な温度や煙の濃度の上昇)を把握できるもの

■: 非アナログ式

<別紙2> 火災の感知・消火に係る設備 (3/3)

* 本文「7-2. 火災の感知, 消火(消火設備)」再掲 

◆ 火災時の煙の充満等により消火活動が困難なところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置する

【消火設備選定の基本的な考え方】

- ◆ 消火活動が困難となる火災区域(区画)については、ハロゲン化物自動消火設備(全域)を設置
- ◆ 消火活動が困難とならない火災区域(区画)については、消火器及び消火栓を設置

【基本的な考え方と異なる消火設備】

- ◆ 各火災区域における環境条件や予想される火災の性質を考慮して、以下の消火設備を選定
 - 非常用ディーゼル発電機室, 緊急時対策所用非常用発電機室等……二酸化炭素消火設備(全域)
(人が常駐する場所でなく, 多量の油が内包されているため, 消火能力の高い二酸化炭素を選定)
 - 原子炉建屋通路部の油内包機器, 電気盤, 制御盤……ハロゲン化物自動消火設備(局所)
(空間が広く消火困難となる可能性は小さいが, 火災が想定される油内包機器, 電気盤, 制御盤に対しては, ハロゲン化物自動消火設備(局所)を選定)

【その他】

- 非難燃ケーブル複合体……ハロゲン化物自動消火設備(局所)
(火災区域(区画)の消火設備とは別に複体内ケーブルの早期消火のため自動消火設備(局所)を設置)

消火設備	設置箇所
水消火設備(消火栓)	各建屋及び屋外
消火器	各建屋内
ハロゲン化物自動消火設備(全域)	電気室, ポンプ室, ケーブル処理室等の全域消火可能な区画等
ハロゲン化物消火設備(局所)	ハロン1301: 原子炉建屋通路部の油内包機器, 電源盤, 制御盤, 常設低圧代替注水系ポンプ室等 FK-5-1-12: ケーブルトレイ(非難燃ケーブル複合体)
二酸化炭素消火設備(全域)	非常用ディーゼル発電機室, 緊急時対策所用非常用発電機室等
消火用水(水源)	屋内消火栓用: ・多目的タンク(約1, 500m ³), ろ過水タンク(約1, 500m ³) 屋外消火栓用: ・多目的タンク(約1, 500m ³), 原水タンク(約1, 000m ³) 多目的タンクは屋内屋外共用
消火ポンプ	屋内消火栓用: 電動機駆動消火ポンプ×1台, ディーゼル駆動消火ポンプ×1台 屋外消火栓用: 電動機駆動消火ポンプ×1台, ディーゼル駆動消火ポンプ×1台
移動式消火設備	・化学消防自動車×1台, 水槽付消防ポンプ車×1台

<別紙3> 火災の影響軽減方策(系統分離) (1/2)

* 本文「2. 火災防護における安全対策の主要なポイント」再掲



【火災の影響軽減】

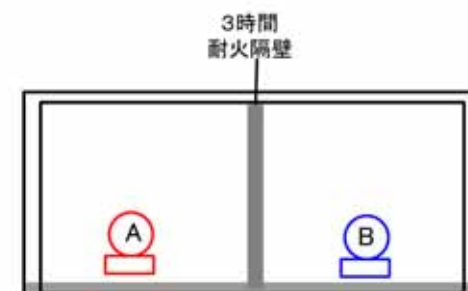
- ◆ 影響軽減(系統分離)により、如何なる火災区域(区画)で火災が発生しても、多重化された系統が同時に機能喪失することなく原子炉を安全に停止できる手段を確保

- (1) 原子炉の安全停止機器等を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する、耐火壁等によって他の火災区域から分離
- (2) 原子炉の安全停止機器等は、その相互の系統分離を行うため、以下のいずれかの方法により、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計とする。
 - a. 異区分の機器等を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離
 - b. 異区分の機器等を水平距離で6m離隔し、かつ、火災感知・自動消火設備を設置(離隔内への可燃物の仮置き禁止)
 - c. 異区分の機器等を1時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離、かつ、火災感知・自動消火設備を設置

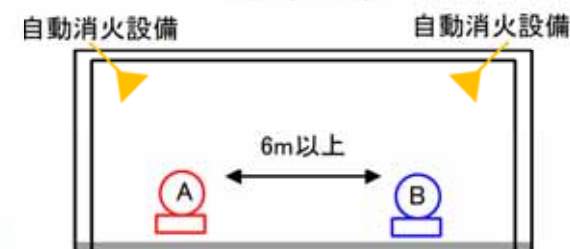
3時間以上の耐火能力を有する耐火壁により、他の火災区域から分離・安全区分ⅠとⅡ以外の設備の設置されるエリアを考慮して設定

各火災区域について、機器配置を考慮し、延焼防止及び系統分離の観点から火災区画を設定

更に、火災区画にある異区分の機器について、系統分離を実施・安全区分ⅠとⅡ、Ⅲを分離し、延焼を防止



a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離



b. 6m離隔＋火災感知・自動消火



c. 1時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火

系統分離対策

- ◆ 単一火災による影響を考慮しても、多重化された系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を安全停止(高温停止及び低温停止)できる設計であることを、火災影響評価により確認(系統分離対策の妥当性の再確認)

<別紙3> 火災の影響軽減方策(系統分離) (2/2)

* 本文「8. 火災の影響軽減」再掲



◆火災防護の審査基準「2.3 火災の影響軽減」にて要求される以下の系統分離対策を実施

(1) 火災区域については、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で他の火災区域から分離

◆「原子炉の高温停止及び低温停止に係わる安全機能を有する構築物、系統及び機器」等が設置されている火災区域については、3時間の耐火能力を有する耐火壁、貫通部シール、防火扉及び防火ダンパ等で分離

(2) 安全停止に係る機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離を行うため、a, b, cのいずれかで延焼を防止する

分離方法a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等

- 3時間の耐火性能を確認した以下のいずれかで分離
 - ・鉄板＋発泡性耐火被覆
 - ・鉄板＋断熱材

分離方法b. 6m隔離＋火災感知・自動消火 ⇒ 適用せず

- 6mの隔離(可燃物なし)を確保した系統分離

分離方法c. 1時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火

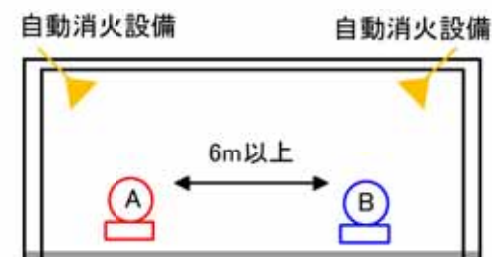
- 1時間の耐火性能を確認した以下のいずれかで分離
 - ・鉄板＋発泡性耐火被覆
 - ・鉄板＋断熱材

(3) 審査基準にある系統分離((2)の方針a,b,c)以外の適用箇所

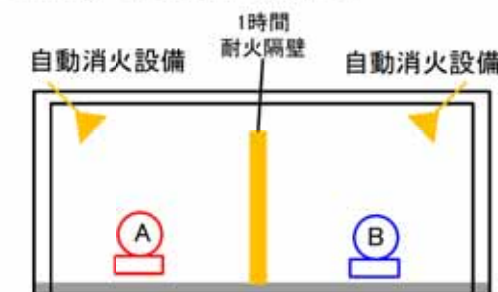
- 中央制御室
- 原子炉格納容器内



a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離



b. 6m隔離＋火災感知・自動消火



c. 1時間の耐火能力を有する隔壁等＋火災感知・自動消火

13. 火災防護計画に定める項目



東海第二の火災計画で規定する内容

審査基準要求事項を踏まえて以下を規定

(1) 火災防護計画の策定

- ・火災防護計画を、保安規定に基づく社内規程として規定

(2) 火災防護に係る責任及び権限

- ・管理職の火災防護に対する認識と、発電所職員への教育の実施
- ・発電所の作業に従事する職員の責任範囲

(3) 文書・記録の保管期間

(4) 消防計画の作成

- ・防火・防災管理者は、消防法に基づき防火・防災管理業務について必要な事項を定め、消防計画を公設消防に届出を規定
- ・消防計画の作成は、保安規定に基づき定められる火災防護計画の中で管理

(5) 自衛消防隊の編成及び役割

- ・災害発生に備えて、自衛消防隊を編成し、役割を規定

(6) 火災防護に係る体制

- ・初期消火要員の配備、消火活動に必要な資機材、教育・訓練
- ・防火・防災教育の実施、消防訓練の実施、初期消火要員に対する訓練、一般職員に対する教育、協力会社に対する教育、定期的な評価

(7) 火災発生時の対応

- ・火災対応手順、火災発生時の注意事項には、消火における人身安全を優先に、**原子力特有の放射線環境等を踏まえた各手順**等を制定
- ・**中央制御盤内の消火活動に関する注意事項**
- ・火災鎮火後の処置

(8) 格納容器内の火災防護対策

- ・作業に伴う持込み可燃物の管理、火気作業の管理
- ・火災発生に対する消火戦略

(9) 重大事故等対処施設並びにこれらが設置される火災区域に対する火災防護対策

- ・重大事故等対処施設並びにこれらが設置される火災区域
- ・可搬型重大事故等対処設備及びその保管場所の火災防護対策

(10) 消防法に基づく危険物施設予防管理・活動業務

- ・防火・防災管理者は、消防法に基づき危険物施設予防規程を作成し、市町村長へ届出するとともに、危険物保安監督者に対し、危険物災害予防規程に基づき、危険物施設の保安業務を指導することを規定

(11) 内部火災影響評価

- ・防火・防災管理者は、**内部火災影響評価の手順及び実施頻度**を定め、火災影響評価を定期的実施

(12) 外部火災影響評価

- ・防火・防災管理者は、**外部火災影響評価条件を定期的に確認**し、評価結果に影響がある場合は火災影響評価の再評価を実施

(13) 防火管理

- ・**防火監視、持込み可燃物の管理**、火気作業管理として、建屋内通路部も含めた設備の増改良による現場状況の変化に対する火災防護について、規程に取り込み管理
- ・**危険物の保管及び危険物取扱作業の管理**、**有機溶剤の取扱い**についても上記を踏まえ、金属の箱に収納するなどを規程に取り込み管理

(14) 火災防護設備の維持管理

- ・**火災区域(区画)、防火帯の維持管理、設備変更等に伴う火災区域(区画)の変更管理**(消火設備等の管理は(18)保守管理にて実施)

(15) 森林火災等の敷地外火災発生時の延焼防止対策

(16) 航空機落下等による発電所施設の大規模損壊に伴う火災対策

(17) 教育・訓練

- ・防火・防災教育の実施、消防訓練の実施、初期消火要員に対する訓練、一般職員に対する教育、協力会社に対する教育、定期的な評価

(18) 火災防護設備の保守管理

(19) 固定式消火設備に係わる運用

(20) 火災防護に係る品質保証

(21) 火災防護計画の継続的改善

14. 運転員による操作や消火活動が必要な火災が発生した場合の具体的な対応手順等

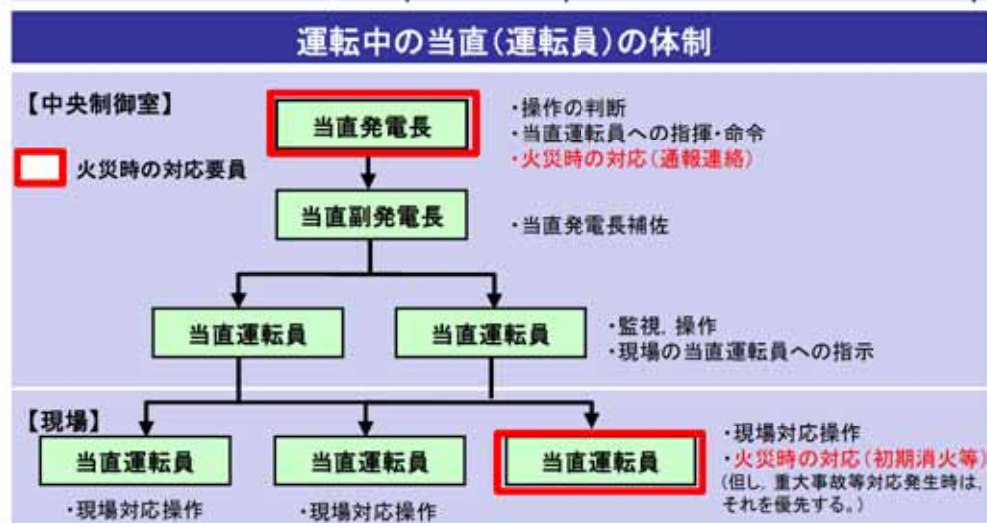


(1) 発電所構内で発生した火災に対する消火活動体制

➤ 東海第二発電所内で発生する火災への消火対応に当たっては、当直運転員が行うプラント操作に影響を与えないよう、**発電所構内に常駐する自衛消防隊が初期消火活動を担う体制を整備**している。

- 東海第二発電所の管理区域及び周辺防護区域で火災が発生した場合には、中央制御室等に常駐し、火災現場に近い当直運転員が初動対応を行うが、発電所構内に常駐する自衛消防隊が迅速に初動対応を引き継ぎ、初期消火活動を行う。
- 災害対策本部の初動体制及び全体体制の何れにおいても、自衛消防隊員11名を確保した体制としており、初期消火活動を実行できる体制を整えている。

＜別紙1参照＞



- 火災報知器の鳴動により火災の発生を認知
- 発電長は現場に当直運転員1名を向かわせ※現場状況を確認させる。
- 当直運転員は現場状況を確認、発電長に火災発生を報告し、初期消火の初動対応に入る。
- 発電長は報告を受け通報連絡を行う。
- 自衛消防隊が火災現場に出動し、当直運転員の初期消火の初動対応を引き継ぎ、初期消火活動を行う。
- 中央制御室運転員は発電長の指示を受け、プラント停止等の必要な操作を実施する。

運転員が初期消火等の初動対応を行う場合でも、必要な運転操作は他の運転員により対応可能

※ 中央制御室及び現場には、あらかじめ防火服及びセルフエアセット等の呼吸用具等の防護具を配備し、火災現場に向かう際には適切な装備を装着させる。

14. 運転員による操作や消火活動が必要な火災が発生した場合の具体的な対応手順等



(2) 中央制御室の制御盤等の火災に対する消火対応

- 中央制御室は、発電所の主要設備の状態監視、運転操作、事故対応等を行う中枢施設であり、複数名の当直運転員が常時滞在している。中央制御室内では火災が発生しないよう、不燃性材料・防災物品の適用、防火扉の運用、可燃物持ち込み制限等を行い、火災発生防止に努めている。しかしながら、これらの対応に関わらず、**火災が発生することを前提として消火手段を整備**する。
＜別紙2, 3, 4参照＞
- 中央制御室内は、**24時間常駐している当直運転員**（運転時：7名以上、停止時：5名以上）により、**火災感知器による早期の火災発生の認知及び早期の消火活動を可能**としており、また火災による煙発生時も排煙設備により排煙を可能として、消火活動を迅速・円滑に行えるように対処していく。
- 中央制御室内で火災が発生した場合に備えて、火災発生場所の特徴に応じて、それぞれ**適切な消火設備を設置して運用し、また消火活動に係る教育・訓練を実施**していく。

- | | |
|-----------------|--|
| ● 中央制御室 一般箇所 | ： 中央制御室に常駐する運転員が <u>消火器*1</u> で手動消火 |
| ● 中央制御室 制御盤 | ： 制御盤の内部の <u>分離・隔離対策</u> を行い、 <u>火災感知設備</u> を設置
制御盤内の消火は、中央制御室に常駐する運転員が <u>消火器で*2手動消火</u> |
| ● 中央制御室 床下(ピット) | ： 隔壁による <u>系統分離</u> を行い、 <u>火災感知設備及び自動消火設備*3</u> を設置 |

*1 汎用の粉末消火器を適用。なお、中央制御室に運転員が滞在し続ける必要があることから、自動消火設備を用いた区域内の窒息消火や窒素封入消火は適用しない。

*2 人体に影響を与えず、電気設備の火災に対応した二酸化炭素消火器を適用。運転員は2名で対応し、セルフエアセットを装着して初期の消火活動を行う。

*3 床下から中央制御室内に漏えいした消火剤が人体に影響を与えないようハロン1301を適用。更に運転員はセルフエアセットを装着する。

- 中央制御室は運転員が常時滞在する場所であることから、**運転員の健康に影響を与えないよう、消火設備の消火剤等は人体に影響のないものを適用**する。また、**消火活動に際しては、運転員を保護するようセルフエアセット等の呼吸具等の防護具を装備**して対応する。
- なお、中央制御室の火災に対しても、初期の消火活動は常駐する当直運転員が行い、次いで自衛消防隊が出動して消火活動を引き継ぐものとする。

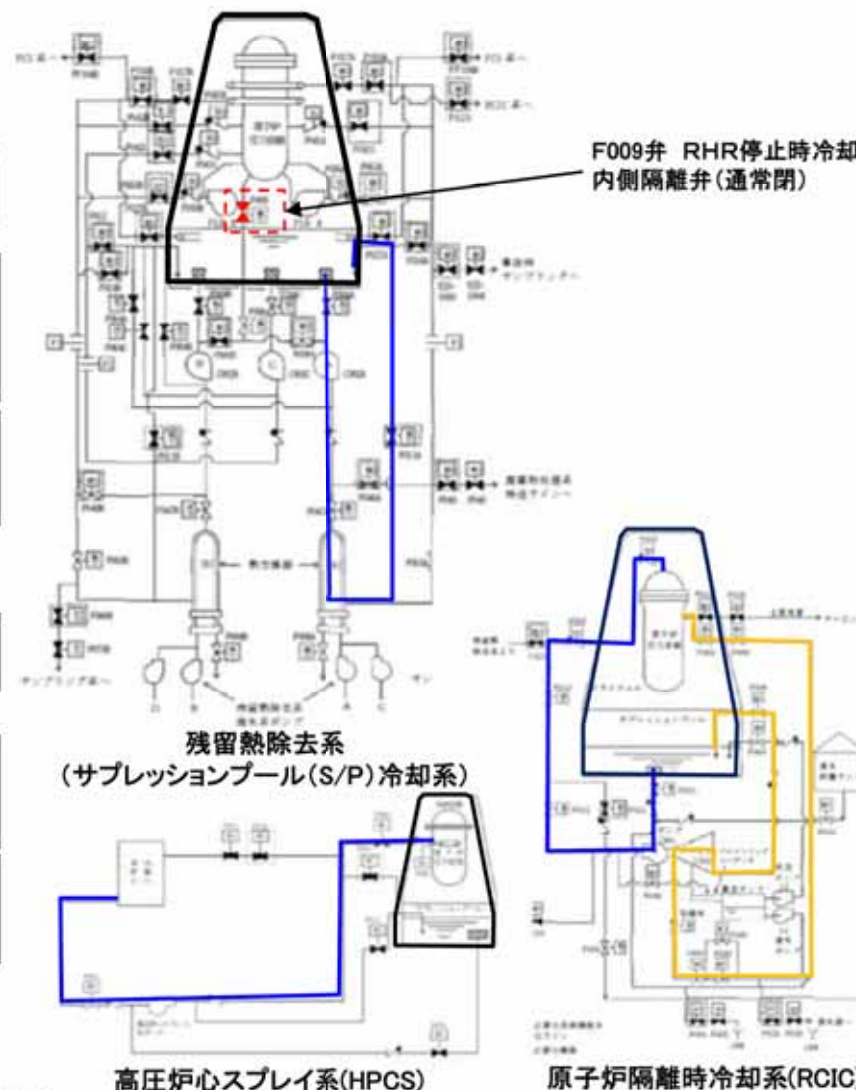
14. 運転員による操作や消火活動が必要な火災が発生した場合の具体的な対応手順等

(3) 火災発生時の原子炉の安全停止操作内容(格納容器内火災)



➤ 原子炉格納容器内の火災に対する消火活動及び原子炉停止のための運転操作

- 格納容器内で火災が発生するような過酷な状況を想定した場合でも、**消火活動と並行して運転員の原子炉停止操作が実施でき、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が達成可能であることを確認している。**



<別紙1> 自衛消防隊の体制・組織編制



◆ 自衛消防隊の編成

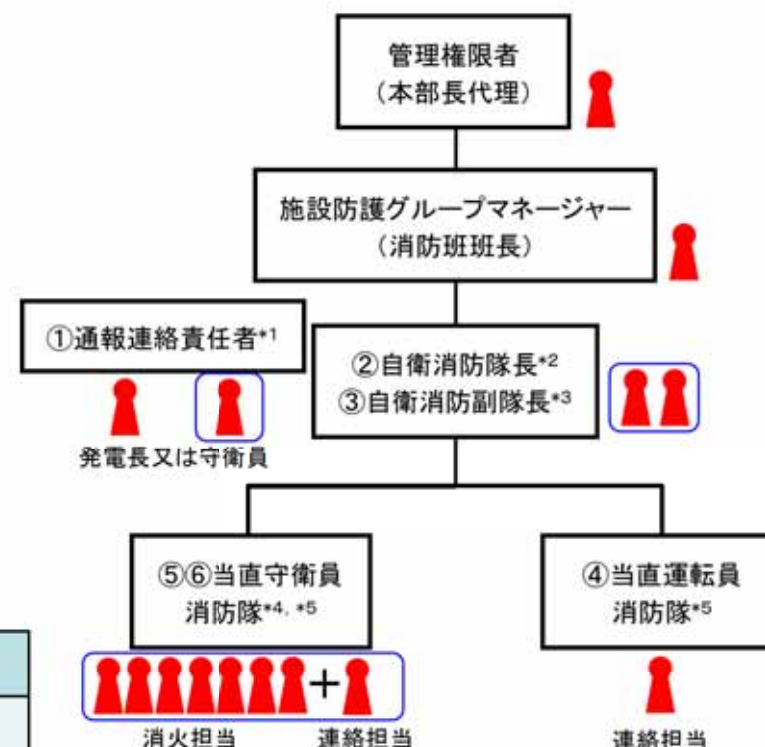
- ・東海第二発電所の管理区域及び周辺防護区域において火災が発生した場合、発電所構内に常駐している当直守衛員及び当直運転員が初期消火活動を行う。

◆ 火災発生時の消火活動要員の動き

- ・当直運転員又は当直守衛員は、火災発生時には初期消火対応及び公設消防への連絡を行う。
- ・初動対応において出動要請を受けた自衛消防隊は、初期消火に引き続いて消火対応を行い、公設消防の到着後は公設消防の指揮下で消火対応を行う。
- ・自衛消防隊は、隊長、副隊長及び当直守衛員9人により構成される。消火担当7人により、化学消防自動車及び水槽付消防ポンプ車を同時に使用した消火活動が可能である。

初期消火活動のための要員と主な役割

初期消火活動の要員	消火活動における担当(人数)	主な役割
①当直発電長 ①当直守衛員	通報連絡責任者 (1名)	・消防機関への通報 ・所内関係者への連絡及び出動指示
②自衛消防隊長 (技術系管理職)	現場指揮者 (1名)	・出動の準備／火災現場への移動 ・火災状況の把握 ・現場状況の所内関係者への伝達 ・火災現場での消火活動の指揮
③自衛消防副隊長 (管理職)	現場連絡責任者 (1名)	・消防機関への情報提供 ・消防機関の現場誘導
④当直運転員 ⑤当直守衛員	連絡担当 (1名)	・火災現場への移動及び状況確認 ・現場状況の所内関係者への伝達 ・可能な範囲での初期消火
⑥当直守衛員	消火担当 (7名)	・出動の準備／火災現場への移動 ・消防自動車、消火器、消火栓等による消火活動



注:()内は、災害対策本部設置後の体制を示す。

*1 当直発電長:管理区域・周辺防護区域の場合
当直守衛員:その他の屋外の場合

*2 現場指揮者(夜間及び休日は宿直当番者対応)

*3 現場連絡責任者(夜間及び休日は宿直当番者対応)

*4 構内全域における初期消火活動等

*5 連絡担当

当直運転員:管理区域・周辺防護区域の場合
当直守衛員:その他の屋外の場合

□:自衛消防隊員(11人)

自衛消防隊等の編成

◆中央制御室内への消火器・防護具等配備

- ・中央制御室内の一般箇所の火災は、備え付けの粉末消火器を用いて消火する。
- ・中央制御室内の制御盤内の火災は、電気設備の火災に対応した二酸化炭素消火器を使用して消火する。
- ・制御盤内で火災が発生した場合、運転員は火災受信機盤により火災が発生している区画を特定する。消火活動は2名で行い、1名は直ちに至近の二酸化炭素消火器を準備する。
- ・制御盤内での消火活動を行う場合は、二酸化炭素消火器を用いることから、セルフエアーセットを装着し、火災発生箇所に対し消火活動を行う。もう1名は、予備の二酸化炭素消火器の準備等を行う。



中央制御室内の消火器・防護具等配備状況

<別紙3> 中央制御室の火災防護対策(制御盤)

本文「9. 特徴的な火災区画の火災防護対策(中央制御室(制御盤))」再掲



◆中央制御室制御盤のスイッチ等は以下の分離対策を実施

a. 離隔距離等による分離

中央制御盤の操作スイッチ、電線は、火災を発生させ近接する他の構成部品に影響がないことを確認した**実証試験の結果に基づき以下に示す分離対策を実施**

- ◆操作スイッチは、厚さ1.6mm以上の鋼板製筐体で覆い、更に、上下方向20mm以上、左右方向15mm以上の離隔距離を確保
- ◆盤内配線は、異なる系列間を分離するための配線用バリアとしては、金属バリアによる離隔又は離隔距離30mmを確保した盤内配線ダクト
- ◆金属外装ケーブル
- ◆中央制御室に設置している制御盤に火災が発生しても、3.2mm以上の鋼板で分離することで、隣接する制御盤に火災の影響がおよばない

b. 火災感知設備

- ◆中央制御室の火災感知設備として、煙及び熱感知器を設置
- ◆中央制御室制御盤内には、上記**区域の感知器に加え、制御盤内には高感度煙感知設備を設置**

c. 消火設備

- ◆中央制御室制御盤内の消火は、**電気機器への影響がない二酸化炭素消火器**を使用して、常駐運転員による手動消火
- ◆火災の発生箇所の特定制が困難な場合も想定し、**サーモグラフィカメラを配備**

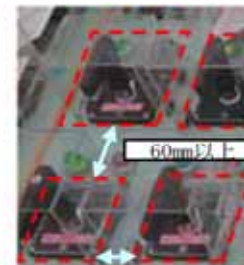
d. 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持

- ◆火災により、中央制御室内の一つの制御盤の機能がすべて喪失したと仮定しても、他の制御盤での操作により、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持が可能な設計

【操作スイッチ裏面】 【操作スイッチ表面】



金属製筐体
厚さ:3.2mm



3.2mm以上の鉄板で分離

区分の境界



【制御盤間の分離】

＜別紙4＞ 中央制御室の火災防護対策(床下コンクリートピット)

9. 特徴的な火災区画の火災防護対策(MCR床下コンクリートピット)再掲



◆中央制御室の床下は、「1時間の耐火能力を有する隔壁＋火災感知・自動消火」による系統分離を実施

a. 1時間の耐火能力を有する隔壁による系統分離

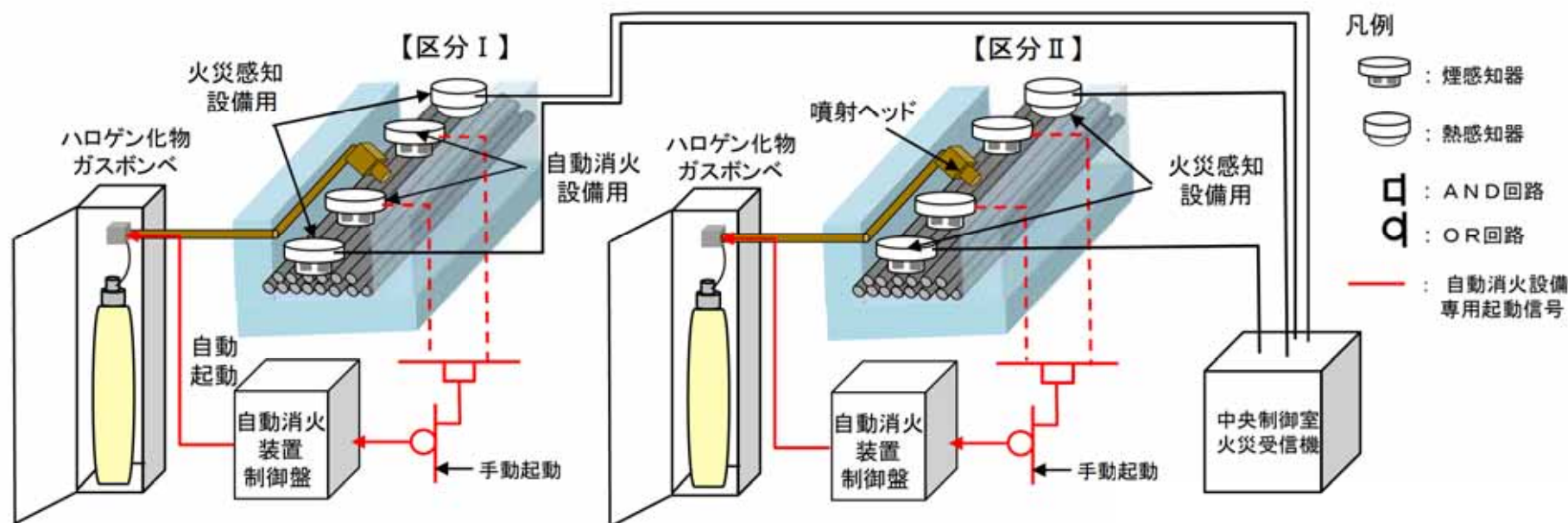
ケーブルは安全区分に応じ、区分された1時間の耐火能力を有するコンクリートピットに敷設

b. 火災感知設備

コンクリートピット内の自動消火のための専用の煙感知器を設置。なお、感知設備用としては、種類の異なる熱感知器と煙感知器を区分分離されたコンクリートピット毎に設置

c. 自動消火設備

ハロゲン化物自動消火設備(ハロン1301)を設置(手動起動可能)



15. OFケーブルの使用範囲及び火災区画・区域並びに火災防護対策

○東海第二発電所におけるOFケーブル*¹の使用状況は以下のとおりであり、発電所の火災防護基準の対象設備ではないが、火災の発生防止や早期消火等の対策を図っている。＜別紙参照＞

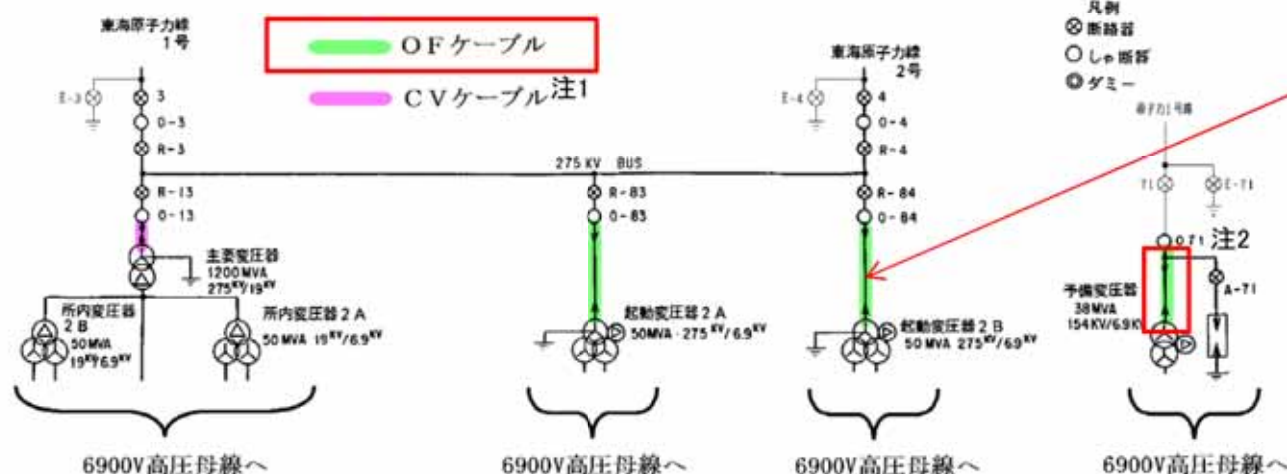
- ・OFケーブルは、送電線に接続する開閉所と変圧器の間に使用しているが、火災防護基準で定める設備*²には使用しておらず、かつ、それらとは隔離されており、仮に火災が発生しても影響を与えない。
- ・OFケーブルは、定期的な点検により健全性を確認*³した上で、ケーブルルート上の不要な可燃物の排除を行い、万一の火災時の拡大防止を図っている。
- ・なお、今後計画的に、これらのOFケーブルはCVケーブルに取り替えていく。

*¹ OFケーブルとは、内部に絶縁油を満し端部に設けたタンクで油圧を調整し油中の気泡発生を防止する高電圧ケーブルをいう。

*² 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器

*³ 点検頻度：毎定検（通常運転時）又は24ヵ月毎（長期停止中）

点検内容：外観点検、絶縁抵抗測定、絶縁油分析（油中ガス分析、誘電正接試験）



注1 CVケーブル：架橋ポリエチレン塩化ビニルシースケーブル

注2 予備変圧器用OFケーブルはCVケーブルへの取替実施中

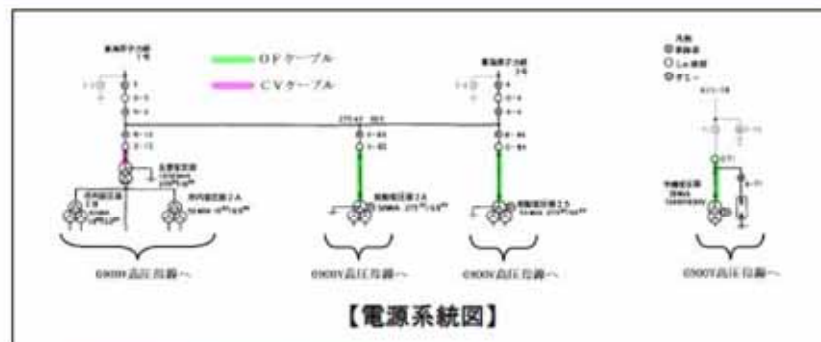


OFケーブル洞道

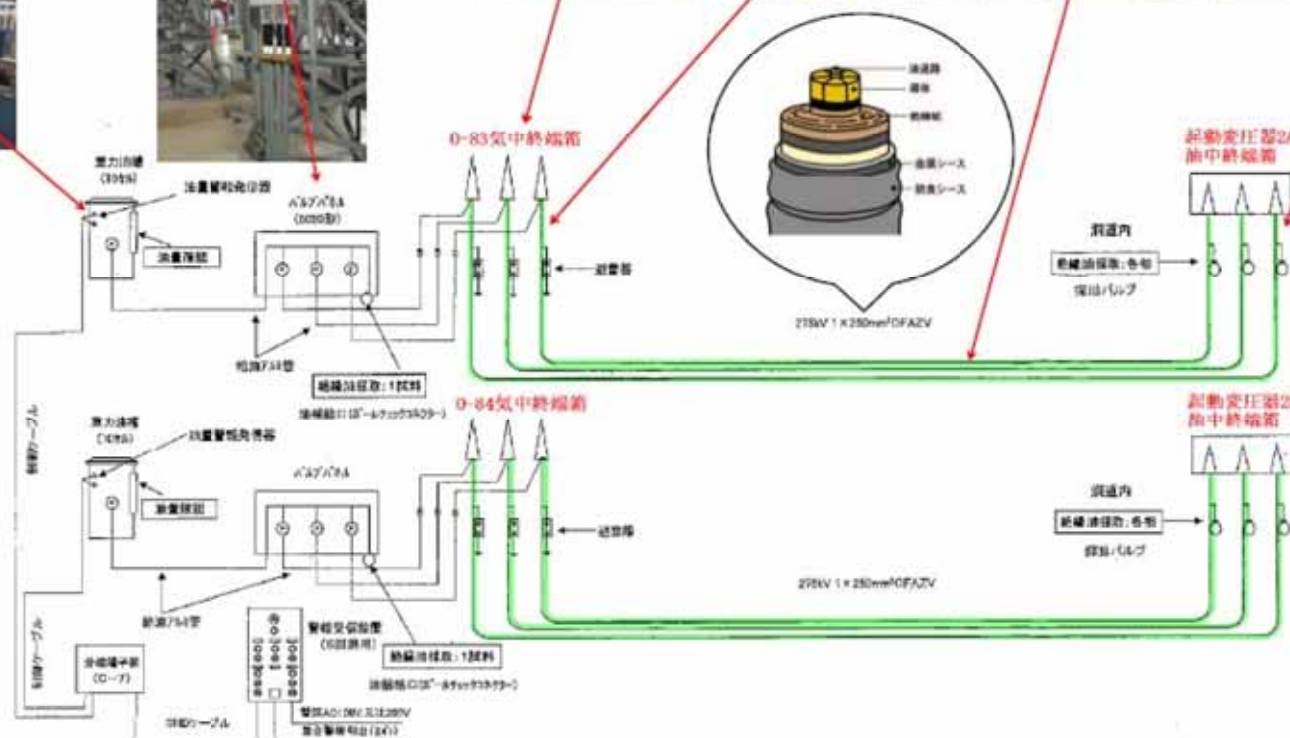


OFケーブル断面イメージ

<別紙> 東海第二発電所 OFケーブル敷設状況



- 【点検頻度】
- ・毎定検(通常運転時)
 - ・24ヵ月毎(長期停止中)
- 【点検内容】
- ①外観点検
 - ②絶縁抵抗測定
 - ③絶縁油分析
(絶縁耐力、水分量他)
- 主な試験項目
- a. 油中ガス分析
(微小放電等で発生する特徴があるガスの有無を判断可能)
 - b. 誘電正接試験
(絶縁体としての固有の性能に変化が無いかを確かめる試験)



東海第二発電所 OFケーブル敷設状況図(起動変圧器2Aの例)

東海第二発電所

内部溢水への対応について(改訂版)

2021年2月16日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、☐ は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

1. 洪水防護における安全対策の対応方針	3
2. 洪水防護対象設備の設定	5
3. 洪水防護区画及び洪水経路の設定	7
4. 洪水源の想定	9
5. 内部洪水対策における安全性の向上	10
6-1. 原子炉建屋における対策	12
・地震時洪水量の削減	
・漏えい検知器の追設	
・重要区画の水密化	
・使用済燃料プールのスロッシングに伴う洪水対策	
6-2. タービン建屋における対策	18
6-3. 海水ポンプエリアにおける対策	19
6-4. 防護対象設備が設置されているエリア外からの洪水対策	21
7. 安全向上対策結果	22

補足説明資料 内部洪水への対応について

1. 溢水防護における安全対策の対応方針(1/2)



○溢水の影響に対する防護設計方針

発電所内における機器の破損、地震・降水等の自然現象(津波の流入を含む)、火災時の消火活動により生じる漏水等を保守的に設定し、発生を想定する「溢水」とする。

安全上の重要度が高い系統設備等について、その重要度に応じて溢水に対する防護措置を講ずる。これらの対象設備を「溢水防護対象設備」とする。

溢水防護対象設備が没水等により安全機能を損なうおそれがある場合には、以下に示すいずれか若しくは組み合わせの対策を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

【発生防止】⇒ 溢水源の対策

- ・溢水源となる設備等の補強工事や耐震工事により、溢水量の低減又は溢水源の削減を図る設計とする。
- ・固定式消火設備等の水消火を行わない消火手段を採用し、被水の影響が発生しない設計とする。

【早期検知】⇒ 検知器機能の追設

- ・床漏えい検知器を追設し、溢水発生時に早期に検知できる設計とする。

【早期隔離】⇒ インターロック等による自動隔離機能の追設

- ・漏えい検知システム等による早期検知、隔離を行う設計とする。

【拡大防止】⇒ 溢水経路の止水対策、個別機器毎の防護対策

- ・設備が設置される区画外からの溢水に対し、壁、扉、堰等により溢水の流入を防止する。
- ・火災発生時に、消火対象以外の溢水防護対象設備に対して不用意な放水を行わないことを「火災防護計画」に定める。
- ・溢水発生時の流下経路を限定し、建屋最下層に滞留させ、外部への拡大を防止する。
- ・溢水防護対象設備に対する止水・防水等の防護対策を行う。
 - 「没水対策」・溢水防護対象設備周囲に浸水防護堰を設置し、対象設備が没水しない対策を行う。
 - 「被水対策」・「JIS に規定された保護等級(IPコード)」4以上の防滴仕様機器に取替を行う。
 - 「蒸気対策」・蒸気曝露試験又は机上評価により、蒸気環境への耐性を有する機器への取替を行う。
 - ・蒸気曝露試験等により安全機能を損なわないことを確認した、シールやパッキン等による防護措置を行う。

1. 溢水防護における安全対策の対応方針(2/2)

○溢水の影響に対する防護対策

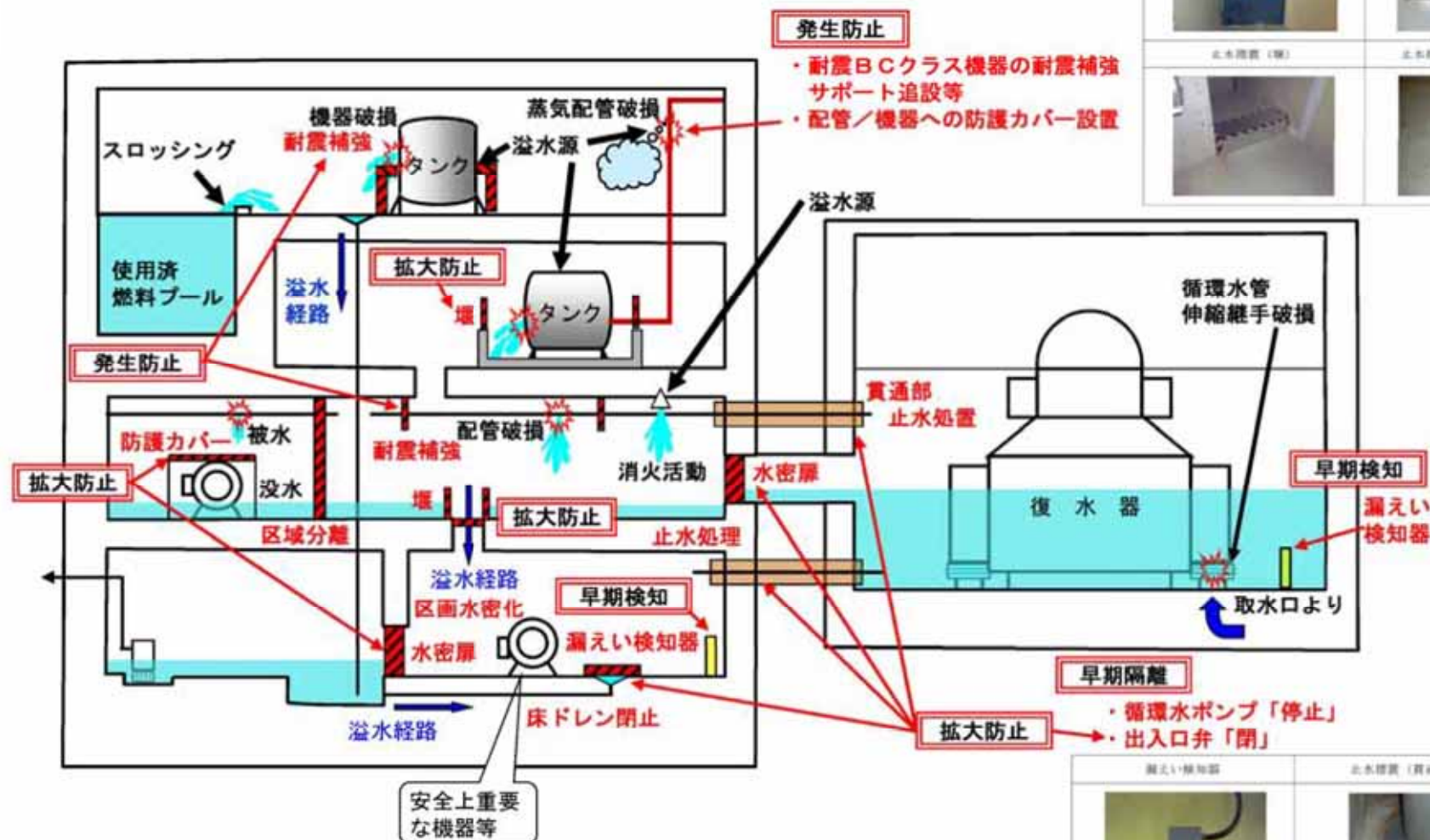


図1.1 溢水防護対策(例)

2. 洪水防護対象設備の設定

「洪水防護対象設備」を、新規基準の要求より、以下のとおり設定する。

○重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を適切に維持するために必要な設備

・「重要度分類審査指針」より、「止める」「冷やす」「閉じ込める」に必要な構造物、系統及び機器を抽出

○使用済燃料プールの冷却・給水機能を適切に維持するために必要な設備

・燃料プール冷却浄化系、残留熱除去系を抽出

◆ 防護対象設備のうち洪水影響評価対象の選定

- ・上記で抽出した系統、設備について、図2. 1のフローに従い洪水影響評価の対象となる設備を抽出
- ・洪水影響評価の対象外とする考え方は表2. 1のとおり。



図2. 1 防護対象設備のうち洪水影響評価対象の選定フロー

表2. 1 洪水影響評価の対象外とする理由

各ステップの項目	理由
① 洪水により機能を喪失しない。	容器、熱交換器、ろ過脱塩器、フィルタ、安全弁、逆止弁、配管等の静的機器は、構造が単純で外部からの動力の供給を必要としないことから、洪水により機能喪失はしない。
② PCV内耐環境仕様の設備である。	PCV内設備のうち、温度・圧力条件及び洪水影響を考慮した耐環境仕様の設備は、洪水により機能喪失しない。 なお、対象設備が耐環境仕様であることの確認は、メーカー試験等で行った事故時の環境条件を模擬した試験結果を確認することにより行う。
③ 動作機能の喪失により安全機能に影響しない。	機能要求のない電動弁及び状態が変わらず安全機能に影響しない電動弁等は、機能喪失しても安全機能に影響しない。
④ 他の設備で代替できる。	他の設備により要求機能が代替できる設備は、機能喪失しても安全機能に影響しない。

※フェイルセーフ設計となっている機器であっても、電磁弁、空気作動弁については、洪水による誤動作等防止の観点から安全側に防護対象設備に分類。

2. 溢水防護対象設備の設定



【溢水防護対象設備等の選定】

(1)「発電用軽水炉型原子力施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」(以下「重要度分類審査指針」)に基づき、発電用原子炉施設において溢水が発生した場合に、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持するために必要な機能及び放射性物質の閉じ込めに必要な機能を抽出し、溢水による影響を考慮して、これらの機能に必要なポンプ、電動機、弁、計器等、およびこれらに関連する電源盤、制御盤等を抽出

◆ 原子炉の緊急停止機能や原子炉停止後の除熱機能及び放射性物質の閉じ込めに必要な機能として、これらを達成するために必要な系統等を抽出

原子炉の安全停止及び放射性物質の閉じ込めに必要な機能の抽出	安全停止及び放射性物質の閉じ込めに必要な機能を達成するための系統
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ
原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系(制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能))
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁(安全弁機能)※ ※:非常時に原子炉の圧力を下げるための安全弁
原子炉停止後の除熱機能 他	自動減圧系※ ¹ , 逃がし安全弁(手動逃がし機能)※ ² ※ ¹ :原子炉水位低値等により逃がし安全弁を動作させ炉心の圧力を下げるための系統 ※ ² :逃がし安全弁を手動で動作させる機能
	原子炉隔離時冷却系※ ※:原子炉で発生した蒸気を駆動源として原子炉に外から注水する系統
	残留熱除去系(停止時冷却モード)※ ※:原子炉から廃熱を除去し低温停止させるための系統
	高圧炉心スプレイ系※ 他 ※:事故時に外から原子炉に注水する系統(非常用炉心冷却系の一部)
放射性物質の閉じ込め機能 他	原子炉格納容器
	非常用ガス処理系※ 他 ※:事故時に原子炉建屋の負圧を維持し、放射性物質の拡散を防止する系統

(2)使用済燃料プールの冷却及びプールへの給水機能を維持するために必要な機能・系統

◆ 使用済燃料プールの冷却及び給水に必要な系統として残留熱除去系等を選定

使用済燃料プールの冷却及び給水に必要な機能の抽出	使用済燃料プールの冷却及び給水に必要な機能を達成するための系統
使用済燃料プールの冷却及び給水機能	燃料プール冷却浄化系
	残留熱除去系他

◆ 上記の防護対象設備が設置されている区域、区画を「評価エリア」として区分し、溢水影響評価を行い、多重化された系統が同時に機能を失うことなく、発電所の安全機能が維持できる設計であることを確認する。

◆ 地震時の評価については、同時に溢水防護対象機器の単一故障も想定して評価を実施する。

3. 溢水防護区画及び溢水経路の設定

- 防護対象設備が設置され、浸水防護を行う建屋、区域等を耐津波設計において、「浸水防護区画」として設定し、基準津波の流入防止や地下水等の浸水防止対策を実施する。（内部溢水の評価においても、建屋外で発生する津波等の影響を防止する必要があることから同様の対策を実施する）
- 浸水防護区画を、以下の観点から「溢水防護区画」として区分する。
 - ・ 溢水防護対象設備が設置されている全ての区画、並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路
 - ・ 溢水防護対象設備が設置されている区画で、壁、堰、扉、階段等の段差又はそれらの組合せによって他の区画と分離され、溢水防護の観点から1つの単位と考えられる区画

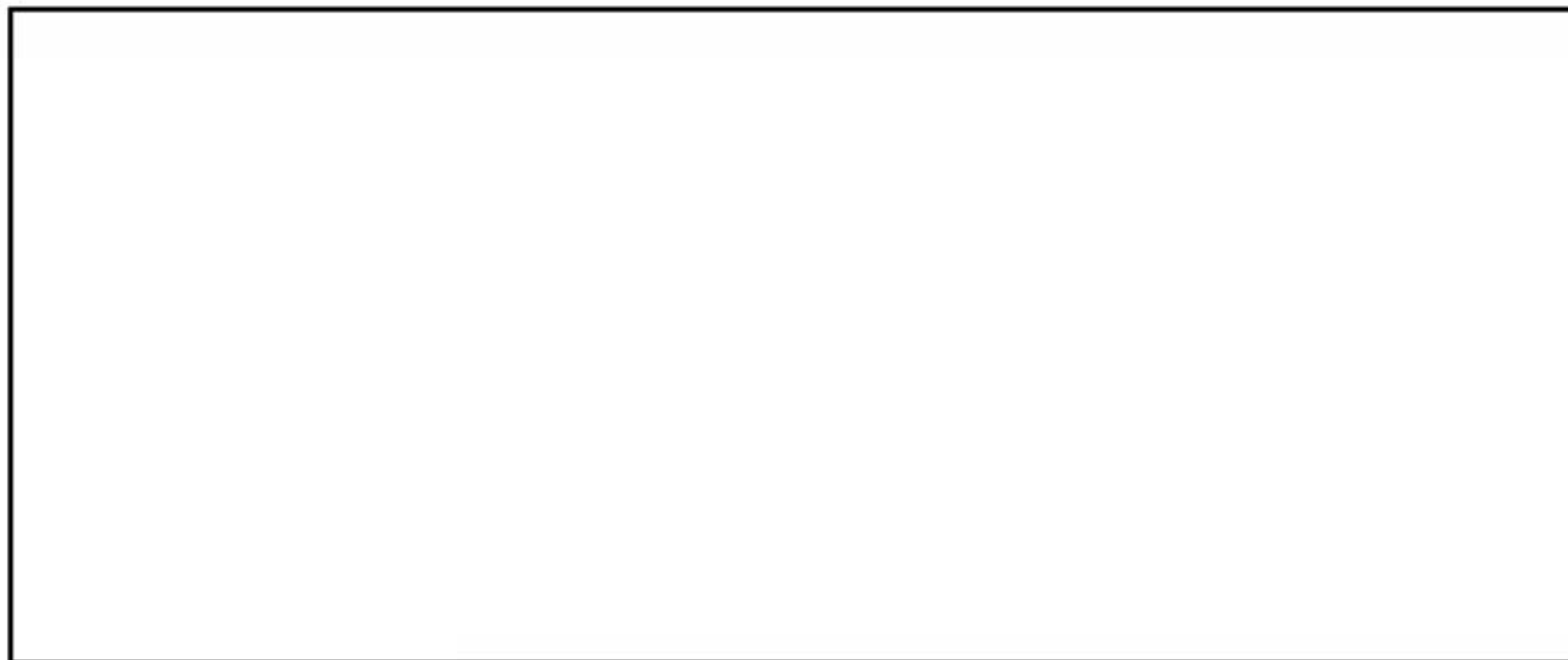


図3.1 区域・区画区分図（原子炉建屋 地下2階）
内部溢水-7

3. 溢水防護区画及び溢水経路の設定

- ・溢水評価を行うにあたり、以下のとおり「評価エリア」及び「溢水経路」を設定し、各エリア毎に溢水量／水位を算出する
 - ①各フロアを部屋等の区画及び堰等を考慮した単位で分割し、評価エリアとする（火災防護上の区域、区画も考慮）
 - ②評価エリア間の流入／流出経路を決定する
 - ③配管ルートや機器の配置等を確認し、②の流入／流出経路を考慮した溢水の発生源を評価エリア毎に決定する

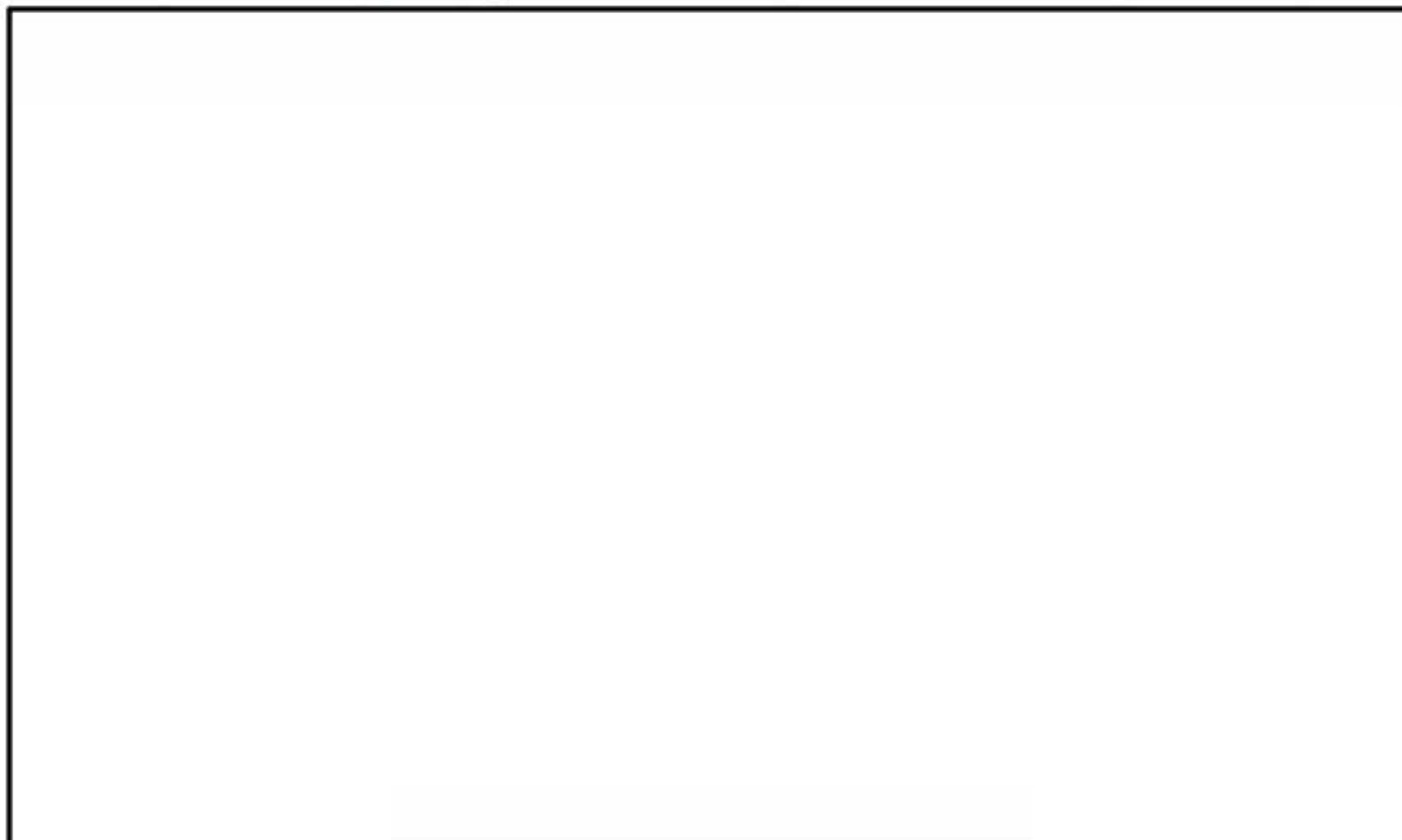


図3. 2 溢水経路モデル図(対策後状況)
内部溢水-8

4. 溢水源の想定

溢水源は、発生要因別に分類した以下の溢水を想定し、保守的な量にて評価を行う。

○溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等(以下「想定破損」という。)により生じる溢水

- ・配管は、内包する流体のエネルギーに応じて溢水評価ガイドに従い高エネルギー配管、低エネルギー配管の2種類に分類し、溢水評価ガイド附属書Aの規定による評価から、許容応力の状態に応じた破損形状を想定
- ・破損は、単一故障として評価
- ・漏水量は、配管の破損形状を考慮した流出流量に漏水箇所の隔離までに必要な時間に乗じて設定(溢水量は想定する系統により異なるが、最大約380m³)

○発電所内で生じる異常事態(火災を含む)の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水

- ・自動作動するスプリンクラーは設置されていないことから、消火栓からの放水を考慮。ただし、ガス消火設備や消火器等を用いて消火活動を行うことを前提としている区画については、当該区画における放水を想定しない。
- ・消火設備等からの単位時間当たりの放水量(130L/min:屋内)と放水時間(一律3時間、2箇所同時放水)から溢水量を設定。(溢水量は火災時に消火を想定する各区画で同じ46.8m³)

○地震に起因する機器の破損等により生じる溢水

- ・水、蒸気、油等を内包する系統のうち、基準地震動SsIによる地震力に対する耐震性が確認されていない耐震B、Cクラスに属する系統を溢水源とし、内包する水の全量放出を想定
(原子炉棟内の全破損溢水量は約 520 m³ ⇒ 耐震補強により約125m³に低減)
- ・地震による使用済燃料プール等のスロッシングについても地震時の溢水として想定。
(溢水量は、約89m³ (通常運転中)、約247m³ (定期事業者検査中))

○その他の溢水

- ・地下水の流入、降水、屋外タンクの破損等に伴う漏えい等の地震以外の自然現象やその波及的影響に伴う溢水
- ・機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象も考慮。(上記以外の少量漏えいを想定)
- ・人的過誤による漏えいを考慮

5. 内部溢水対策における安全性の向上(1/2)



【新規制基準を踏まえた対策】

安全性 向上	項目	従来の対策	新規制対応	備考
溢水の 発生防止	低耐震クラス 配管等の 耐震補強	非常用ディーゼル発電機室の 消火系配管等の耐震補強を 実施し、地震時の破損を防止	低耐震クラス機器、配管等の耐震補強に より地震時の溢水を防止	強化
	配管の撤去	バッテリー室の水系配管を撤 去し溢水源を除去	同左	
	水系消火設備 以外の選定	—	中央制御室及び電気室等については、新 たに設置する自動消火設備、固定式消火 設備には、水系消火設備を採用しない	新規
溢水の 検知	漏えい検知器 の設置	安全系ポンプ室等に床漏えい 検知器を設置	床漏えい検知器の追設（原子炉建屋内に 約30箇所追加、既設と合わせ約50箇所）	強化
溢水の 検知・隔離	循環水ポンプ へのインター ロック追設	—	インターロック設置による溢水発生時の循 環水ポンプ停止及び隔離弁閉止による系 統隔離により溢水の発生を低減	新規

6. 内部溢水対策における安全性の向上(2/2)



【新規制基準を踏まえた対策】

安全性 向上	項目	従来の対策	新規制対応	備考
溢水の拡大 防止	貫通部の止水処置	重要区画の水密化のために、配管等貫通部等の止水処置と床ファンネルの閉止を実施	同左	
	開口部への堰の設置	階段部に止水堰を設置し、原子炉建屋地下の安全系ポンプ室への溢水流入を防止	同左	
	区画分離	—	建屋内の区画分離を実施 (火災防護対策の耐火隔壁を兼用)	新規
	重要区画の水密化	—	防護対象区画の水密化及び水密扉の設置と既設扉の補強	新規
	堰の追加設置・止水処置	—	溢水拡大防止堰の設置及び貫通部の止水処置	新規
	使用済燃料プールのスロッシング対策	—	燃料プール廻りの換気口を閉止すると共に、燃料プール廻りの排気ダクトを通常空調ダクトと切り離して閉止板を設置 スロッシング水のダクトを通じた拡大を防止	新規
	循環水系伸縮継手の交換	—	循環水伸縮継手を可撓継手へ交換し、地震時の溢水量を低減	新規

【地震時溢水量の削減】

○地震時に破損が想定される設備について、耐震補強により破損させない対策を実施

○地震時に原子炉棟内で発生する溢水量を削減(約520m³※ → 約125m³)

- ・耐震B,Cクラス配管について基準地震動Ssによる耐震評価を行い、原子炉建屋内で破損を想定した場合に影響が大きい6系統については、耐震補強により地震時に溢水させない対策を行う。
- ・溢水量の削減を行うことで、地震時に発生する溢水を最地下階に溜めた場合でも安全機能を喪失しない対応が可能となる。

※ 補強対策前の溢水量想定は約520³m(原子炉棟内の低耐震クラス設備の全溢水量)

No.	耐震補強する系統	機 能	溢水量(m ³)
1	原子炉補機冷却水系(RCW系)	プラント運転補助	92
2	燃料プール冷却浄化系(FPC系)	放射性物質の貯蔵	86
3	復水・純水移送系(MUW系)	プラント運転補助	96
4	屋内消火系(FP系)	緊急時対策上重要	6
5	原子炉冷却材浄化系(CUW系)	原子炉冷却材の浄化	96
6	制御棒駆動系(CRD系)	原子炉冷却材の補給	6
削減した溢水量			382

※:スロッシングの増加分他を含む

【漏えい検知器の追設】

○漏えい検知器を追加設置し、漏えい発生箇所の早期検知を図る。

- ・主な溢水の検知手段としては、床ドレンファンネルより建屋最下層に設置されているドレンサンプへの流入により漏えいを検知する方法、及び床漏えい検知器により検知する方法がある。
- ・溢水の発生をより早期に検知し、その後の隔離作業等を迅速に実施するために、床漏えい検知器の追設を行う。

原子炉建屋内の漏えい検知器設置数 54箇所

- ・既 設:21箇所
- ・新 設:33箇所

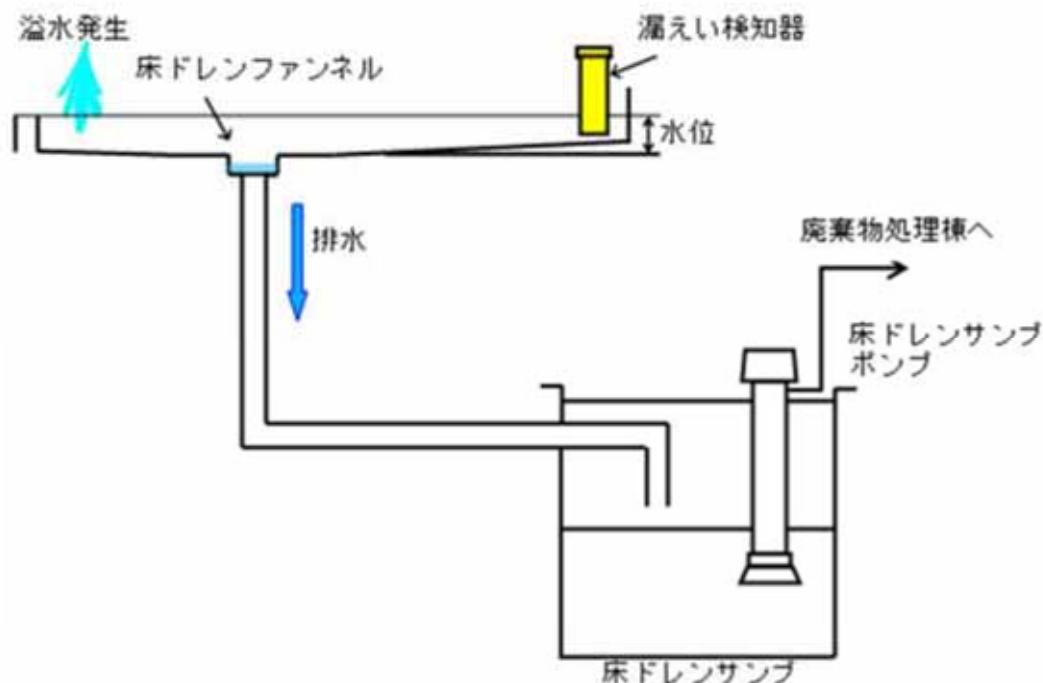


図6.1 溢水発生時の漏えい検知方法

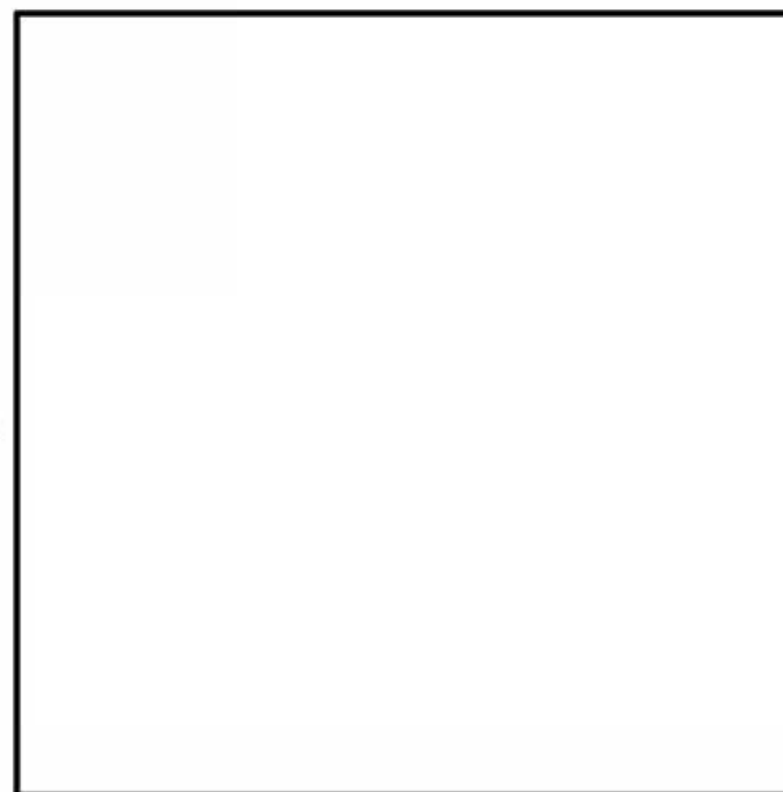


図6.2 漏えい検知器配置図

【重要区画の水密化】

○水密扉の設置並びに既設扉の補強を実施し、重要な設備が設置されている区画の水密化を図る。



図6.3 原子炉建屋水密区画図

○: 水密扉設置箇所
—: 区域分離壁



高さ約5.6m
幅5.4m
厚さ約0.9m

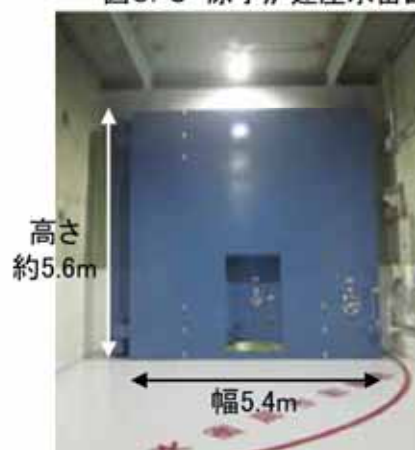


図6.4 水密扉設置状況

【重要区画】

重要な設備が設置されている建屋、区域を重要区画として、防水を目的とした壁及び水密扉にて区画、分離する。

(原子炉建屋機器搬入口扉)
扉総重量約19ton(既設)

【重要区画の水密化】

○地下水による影響評価

- ・溢水防護対象設備を内包する原子炉建屋、タービン建屋等の周辺地下部に排水設備(サブドレン)を設置しており、地震によりすべての排水ポンプが同時に機能喪失した場合は、仮設分電盤及び仮設ポンプを常備していることから排水は可能。
- ・建屋地下部の配管等の貫通部における止水措置としては、敷地への津波浸水等も考慮した仕様とすることから、30m耐水压相当の仕様とするため、地下水の上昇時においても影響はない。



図6.5 サブドレン概要図



図6.6 貫通部止水対策(例)

【使用済燃料プールのスロッシングに伴う溢水対策】

○使用済燃料プール溢水量の評価

- ・基準地震動Ssにおけるスロッシングによる使用済燃料プール溢水時の水位を求め、プール冷却機能及び使用済燃料の遮蔽機能に必要な水位が確保されていることを、3次元流動解析により算定。

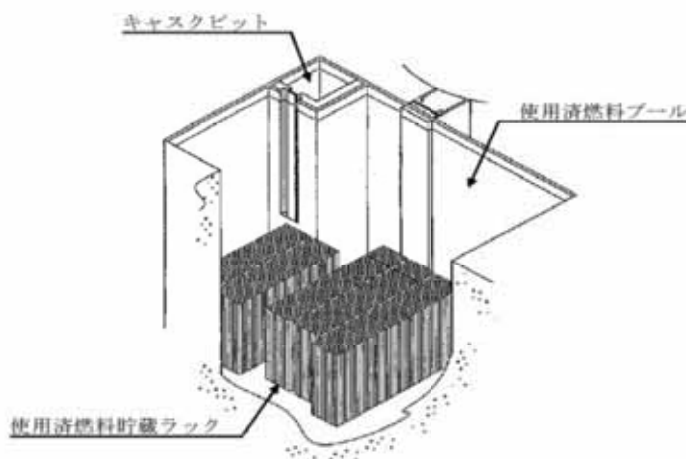


図6.7 使用済燃料プール概要図

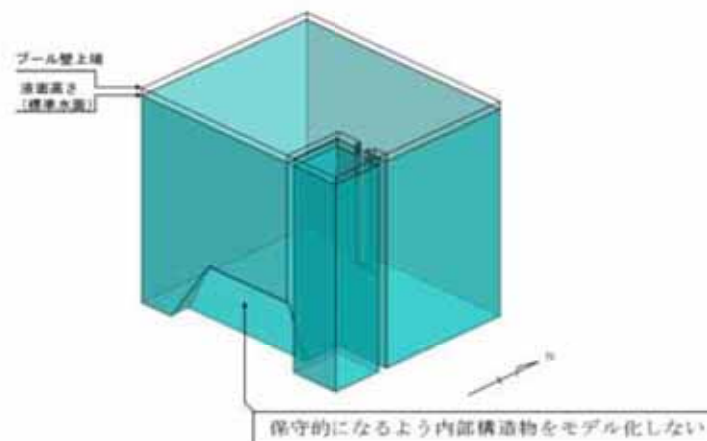


図6.8 使用済燃料プールのモデル概要図

○使用済燃料プールの冷却機能及び遮蔽機能維持の確認

- ・使用済燃料の遮蔽に必要な水位が維持されること及び冷却機能維持への影響はないことを確認

表6.1 使用済燃料プールの水位評価

地震後の使用済燃料 プール水位(m) ※1	遮蔽に必要な 水位(m)※2	循環に必要な 水位(m)※3
10.75 (EL.45.495)	10.45 (EL.45.195)	11.337 (EL.46.082)

※1 地震によるスロッシング水量分の水位低下を反映

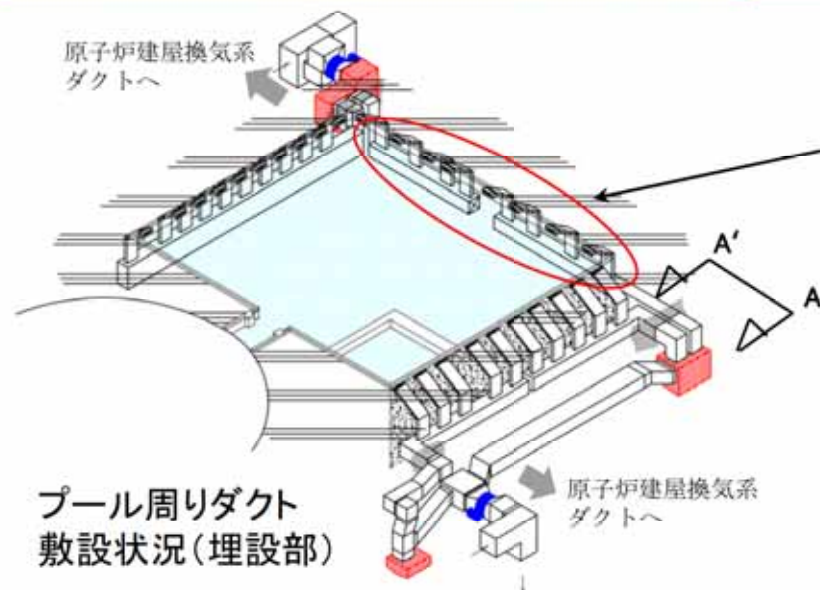
※2 保安規定で定めた管理区域内における特別措置を講じる基準である線量率($\leq 1.0\text{mSv/h}$)を満足する水位

※3 スキマサージタンクに流入するオーバーフローに必要な水位

一時的にオーバーフロー水位を下回るが、残留熱除去系による給水・冷却が可能であり、冷却機能維持への影響はない。

6-1. 原子炉建屋における対策(6/6)

○スロッシングに起因する使用済燃料プール水のダクト流入による下層階等への溢水影響を防止



【対策内容】

- ・プール側換気口の閉止
- ・空調ダクトから切離し
埋設ダクト出口側の躯体壁面
へ閉止板を設置

図6.9 プール側ダクト換気口(現状)

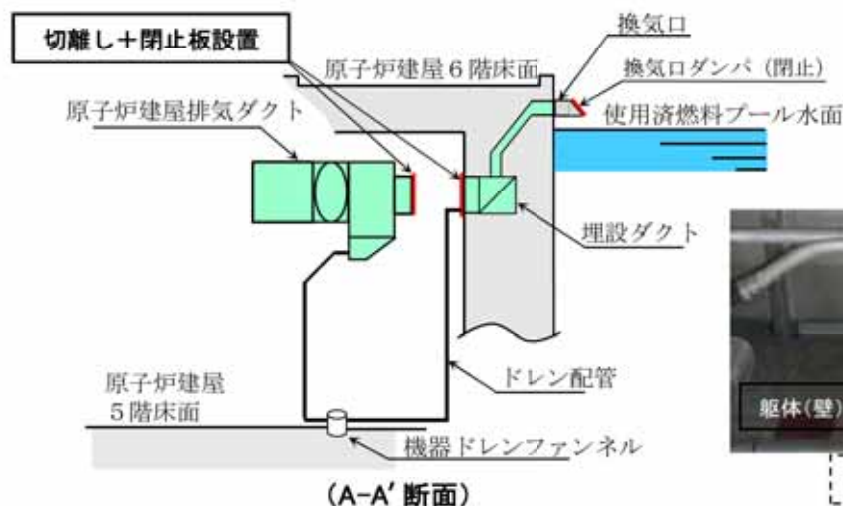


図6.10 閉止板設置箇所

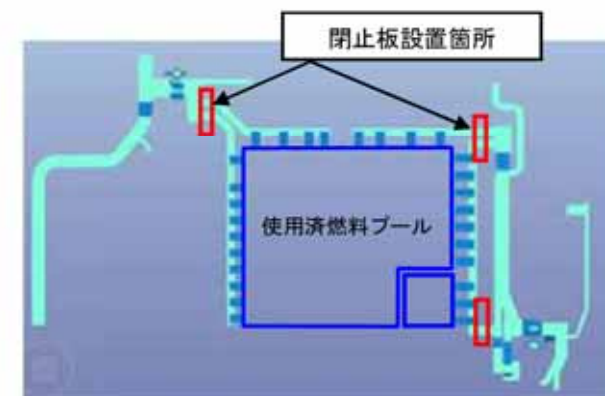


図6.11 ダクト敷設状況(平面図)

6-2. タービン建屋における対策

○溢水影響評価

- ・タービン建屋における溢水については、循環水管の伸縮継手破損及び地震に起因する耐震B, Cクラス機器の破損を想定。循環水ポンプを停止、復水器出入口弁を閉止するまでの間に生じる溢水量と耐震B, Cクラス機器の保有水による溢水量を合算した水量が、タービン建屋空間部に滞留するものとして没水評価※を実施。
(※漏洩検知器による循環水ポンプ停止と隔離弁閉インターロックを考慮)

＜想定破損による没水影響評価結果＞

- ・循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量 $11,287\text{m}^3$ は、タービン建屋の最下層(E.L.-4.00m ~ E.L.-1.60m)の貯留可能容積 $2,784\text{m}^3$ より大きいことから、地下1階範囲は溢水により没水するが、代替設備への切替が可能のため、安全機能への影響はない。また、溢水量がタービン建屋の溢水を貯留できる空間容積を上回らないことから、タービン建屋内の地下部に滞留が可能であり、**原子炉建屋への溢水の流出はないことを確認**

表6. 2 タービン建屋の溢水を貯留できる空間容積

タービン建屋階層	空間容積(m^3)
E.L. -4.00 ~ E.L. -1.60m	約 2,784
E.L. -1.60 ~ E.L. 5.50m	約 17,326
E.L. 5.50 ~ E.L. 8.20m	約 6,589
合計	約 26,699



図6.12 タービン建屋断面図

＜地震起因による没水影響評価結果＞

- ・循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量と耐震B, Cクラス機器の保有水量を合計した溢水量は、タービン建屋の貯留可能容積より小さいことから、タービン建屋内の地下部に貯留可能で、**原子炉建屋への流出がないことを確認**

$20,910\text{m}^3$ (地震起因による溢水量) < $26,699\text{m}^3$ (タービン建屋地下部の貯留可能容積)

貫通部止水対策は、裕度を見込みT.P.+8.2mまで実施

6-3. 海水ポンプエリアにおける対策

○想定破損による溢水影響評価

- ・循環水ポンプエリアでの想定破損による溢水が、隣接する海水ポンプエリアの防護対象設備である**残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機海水系ポンプ等の設置エリアに流出しないことを確認**

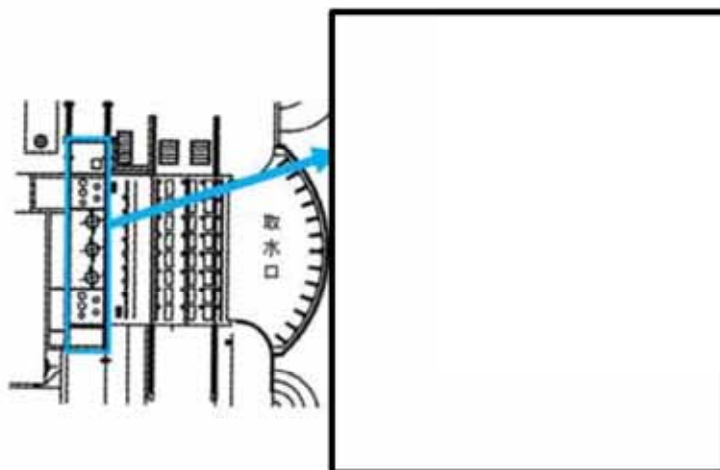


図6.13 海水ポンプエリア平面図



図6.14 海水ポンプエリア断面図

○地震起因による溢水影響評価(伸縮継手の破損考慮)

- ・地震起因により溢水源となりうる機器のうち、破損の生じるおそれがある伸縮継手部を溢水源として評価。溢水量が、海水ポンプエリア躯体壁上部から流出する際の越流水深は0.14mであり、**既設分離壁の高さを越えて、防護対象設備の設置されている区画に流入しないことを確認**

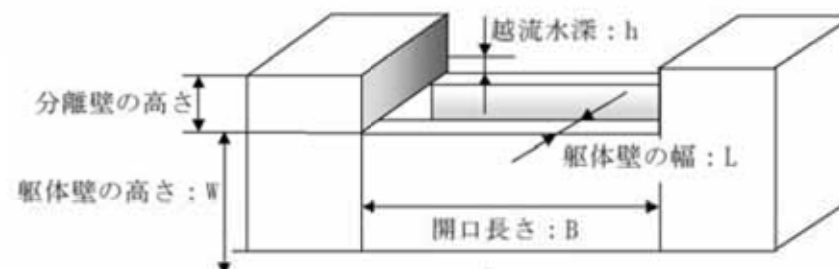
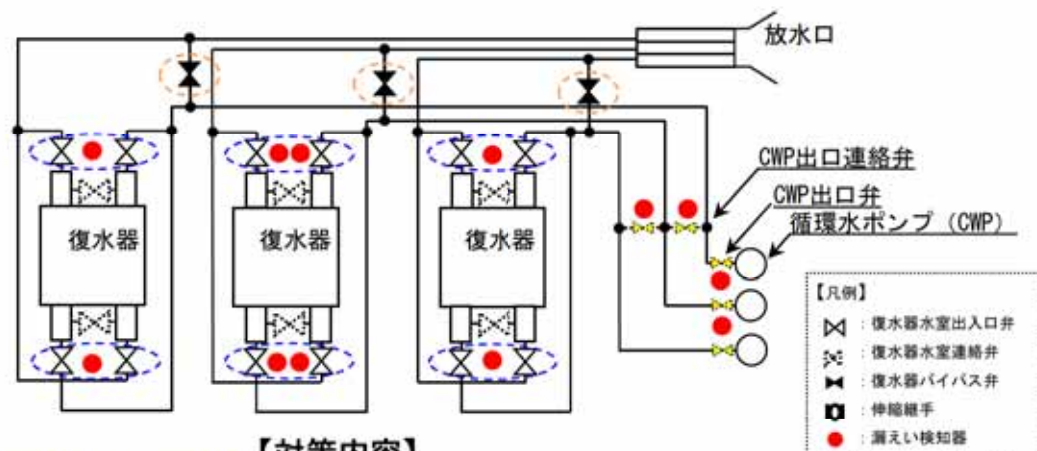


図6.15 海水ポンプエリアモデル図

6-3. 海水ポンプエリアにおける対策

○浸水量の低減対策



【対策内容】

- ・循環水ポンプ出口のゴム伸縮継手を可撓継手に交換することで、継手の破損幅を80mmから7mmに削減し、地震時に発生するポンプエリアでの浸水量を約1/10に低減。
- ・伸縮継手部の溢水を検知し、循環水ポンプを停止するとともに復水器出入口弁及びポンプ出口弁を閉止するインターロックを設置することで、タービン建屋内に流入する溢水量を削減し、系外への漏えいも防止する。

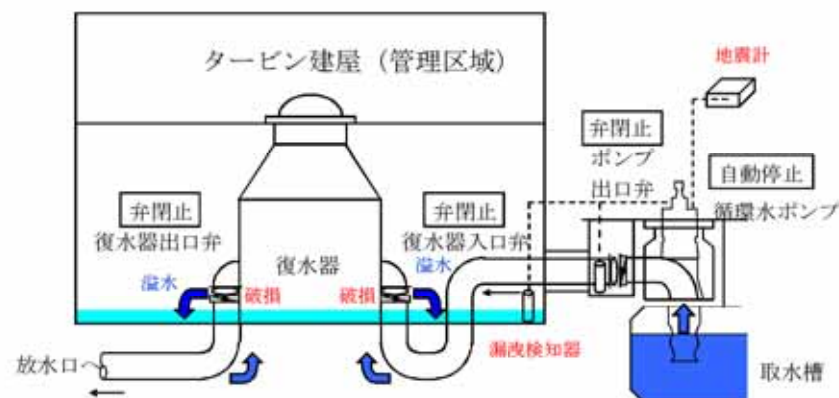


図6. 17 対策概要図

内部溢水-20



図6. 16 循環水ポンプ出口管及び伸縮継手

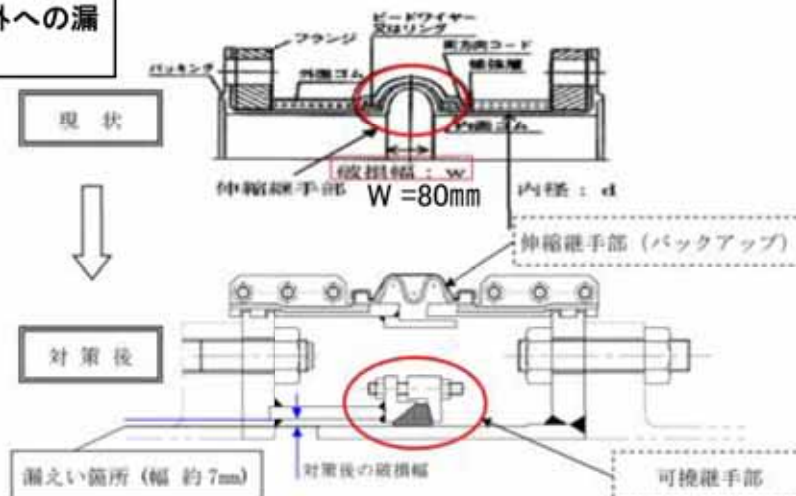


図6. 18 循環水ポンプ出口伸縮継手対策概要

6-4. 防護対象設備が設置されているエリア外からの溢水対策

○屋外タンクの溢水による影響評価

- ・発電所敷地近傍にある屋外タンク等の溢水が重要な設備が設置されている建屋、区画に与える影響を評価。
- ・評価した水位は、重要区画への浸水水位に達しないことから影響なし。



図6.19 屋外タンク等の配置図(各No.位置に配置)



図6.20 東海第二発電所敷地のレベル図

表6.3 屋外タンク等による溢水影響評価結果(E.L.+8.0mエリア)

E.L.+8.0m エリア	許容浸水深 (m)	溢水量 (m ³)	敷地面積 (m ²)	敷地浸水深 (m)	評価
原子炉建屋	0.2 ^{※1}	7,408	151,000	0.1	○
タービン建屋	0.2 ^{※1}				○
使用済燃料乾式 貯蔵建屋	0.3 ^{※1}				○

※1 設置高さから敷地レベル E.L.+8.0m を引いた値(設計床高さまでの高さ)

表6.4 屋外タンク等による溢水影響評価結果(E.L.+3.3mエリア)

E.L.+3.3m エリア	許容 浸水深 (m)	溢水量 (m ³)	海水ポンプ室周り の滞留可能容積 (m ³)	敷地 浸水深 (m)	評価
海水ポンプ室	約 4.0 ^{※2}	7,408	9,000	2.4	○

※2 既設分離壁の上端から設置高さを引いた値

○溢水対策のまとめ

◆原子炉建屋での対策

- ・溢水影響を軽減するための壁、扉、堰等にて溢水防護区画への流入防止対策を行う
- ・多重性又は多様性を有する防護対象設備については、同時に没水等により機能が損なわれない別区画に設置するため、区画間の流入を防止する対策や溢水発生区画からの拡大を防止する
- ・地震時に想定される機器の破損等による溢水については、耐震補強等により溢水量を削減する

◆タービン建屋での対策

- ・機器の破損等による溢水を想定した場合でも、建屋地下部に漏えい水を滞留させることが可能であり、外部への漏えいを防止する

◆海水ポンプエリアでの対策

- ・溢水影響の大きい循環水配管の破損に対し、インターロックによる早期隔離対策を実施する
- ・多重性又は多様性を有する防護対象設備については、同時に没水等により機能が損なわれない別区画に設置するため、区画間の流入を防止する対策や溢水発生区画からの拡大を防止する

◆建屋及び区画外からの溢水対策

- ・発電所敷地内にある屋外タンク等の破損、降水、地下水の上昇による溢水についても、壁、扉、堰等にて重要な設備が設置された建屋・区画への流入防止対策を行う

これら溢水対策を実施することで、地震時に想定する機器の破損等による溢水だけでなく、自然災害や火災発生時、保守的に想定した機器の破損により生じる溢水に対しても、プラントの安全機能を維持するとともに、発生した溢水を外部に漏えいさせないこととする。

補足説明資料 内部溢水への対応について

補足説明資料 目次

1. 規制の概要	25
2. 安全機能の多重性又は多様性及び独立性確保と溢水対策の考え方	26
3. 溢水の想定と評価の保守性	32
4. 東北地方太平洋沖地震による使用済燃料プールスロッシング発生と冷却状況	36
5. 使用済燃料プールのスロッシング周期及び発電所で想定する地震動の影響	37
6. 使用済燃料プールのスロッシングに伴う溢水に対する主な対策	48
7. 溢水対策設備の運用方法, 点検計画, 健全性確認	54

1. 規制の概要



<第9 条>

- 安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- 設計基準対象施設は、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器又は配管の破損によって当該容器又は配管から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしないものでなければならない。

基準及びガイド要求に従い、原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないことを以下のように確認している。

- ①重要度の特に高い安全機能を有する系統並びに使用済燃料プールの冷却及びプールの給水機能を有する系統を抽出し、それらの系統から防護すべき対象設備を抽出
- ②発電用原子力施設内に設置された機器及び配管の破損、消火系統等の作動又は使用済燃料プールのスロッシングにより発生する溢水量を基準に従い算出
- ③発生する溢水量に加え単一故障を仮定しても防護すべき対象設備の機能(安全保護機能等)が喪失しないことを確認

2. 安全機能の多重性又は多様性及び独立性確保と溢水対策の考え方 (1/3)

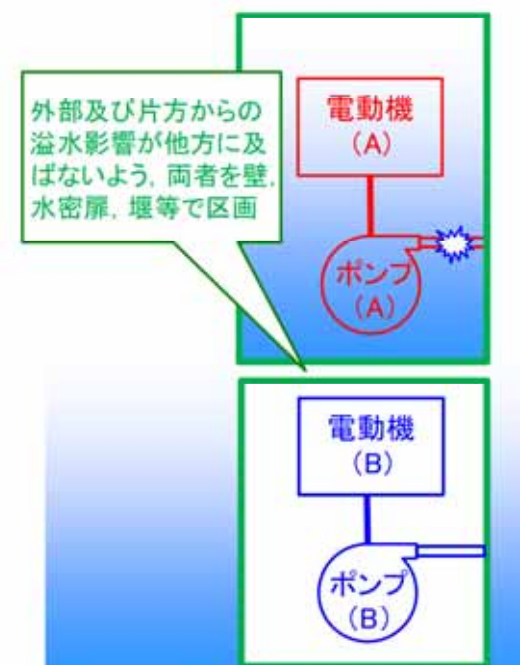
(1) 安全機能の多重性又は多様性及び独立性の確保

- 原子炉の安全確保に際して、**原子炉の高温及び冷温停止(原子炉の安全停止等)を達成・維持**するため要求される機能として、「バウンダリの健全性」、「止める」及び「冷やす」と、これらに「関連する電源供給や計測制御」の機能が必要であり、**それぞれの機能を確保するために必要となる系統について、多重性又は多様性及び独立性を確保して設置する。**
- 仮に、**多重化等を施した系統の1つが使用できない状態であっても、残りの系統により要求されている機能を確保可能とする。**

(2) 安全機能の考え方を踏まえた溢水防護対策 <別紙参照>

- (1)の安全機能確保の考え方を踏まえた溢水防護対策として、**溢水防護対象設備**を定め、それぞれに**溢水防護区画**を設定し、溢水が生じた場合でも**原子炉の安全停止等を確保できる**ようする。
 - ・**特定の区画で溢水が発生し、当該系統・設備の機能喪失を想定しても、多重化された系統が同時に機能喪失しないように溢水防護の観点から対策***を施すことで、**原子炉の安全停止等に必要なもう片方の系統機能を維持可能とする。**
 - ・上記の防護対象として使用済燃料プールの冷却・給水機能も対象

* 溢水防護区画(壁、水密扉、堰の設置)、防滴仕様・蒸気耐性機器への取替、等



同じ機能を有する
2系統のポンプ・電動機の
溢水防護対策イメージ

2. 安全機能の多重性又は多様性及び独立性確保と溢水対策の考え方（2／3）



（3）溢水防護対象設備と溢水防護区画の設定

○溢水防護区画（壁，堰，扉，階段等の段差又はそれらの組合せ）により他の区画と分離し，溢水により多重化された溢水防護対象設備の機能が喪失しても，もう片方の系統機能を維持可能とする。

○溢水防護区画は，多重化・多様化した系統・設備毎にそれぞれ設定。具体的な対策は以下参照

安全機能と溢水防護区画の対応（原子炉建屋地下2階）

機 能	主な溢水防護区画	系統
電源供給機能	①非常用ディーゼル発電設備（2C） ②非常用ディーゼル発電設備（2D） ③高圧炉心スプレイ系（HPCS） ディーゼル発電設備	3
	④6.9kV電源盤（2C） —6.9kV電源盤（2D）（他階設置） ⑤6.9kV電源盤（HPCS）	3
原子炉注水機能	⑥原子炉隔離時冷却系ポンプ ⑦高圧炉心スプレイ系ポンプ ⑧低圧炉心スプレイ系ポンプ ⑨残留熱除去系ポンプ（A） ⑩残留熱除去系ポンプ（B） ⑪残留熱除去系ポンプ（C）	6
除熱機能	⑨残留熱除去系ポンプ（A） ⑩残留熱除去系ポンプ（B）	2

1. は防護対象区域境界線を示す。
2. は溢水防護区域の区画番号を示す。
3. は管路上の区画番号を示す。

溢水防護区画配置図（原子炉建屋地下2階） 内部溢水-27

2. 安全機能の多重性又は多様性及び独立性確保と溢水対策の考え方 (3/3)



(4) 溢水評価における安全機能の確保の判定

- 溢水影響評価では溢水防護区画毎に溢水防護対象設備の没水等による機能喪失の有無を判定し、最終的に原子炉の安全停止等の達成に必要な安全機能が確保されていることを確認する。
- 安全機能の判定は、原子炉の停止、注水、除熱等の機能毎に設定した以下の判定基準を用いる。

評価対象	原子炉施設																	
安全機能	緊急停止機能		未臨界維持機能				高温停止機能						原子炉隔離時注水機能		手動逃がし機能			
機能判定	＊１		＊１				＊１						＊１		＊１			
主たる系統	水圧制御ユニット (HCU)		水圧制御ユニット (HCU)		ほう酸水注入系 (SLC)		自動減圧系 (ADS)	残留熱除去系 (RHR)	低圧炉心スプレイ系 (LPCS)	自動減圧系 (ADS)	残留熱除去系 (RHR)	高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	原子炉隔離時冷却系 (RCIC)	高圧炉心スプレイ系 (HPCS)	逃がし安全弁 (SRV)	自動減圧系 (ADS)		
系列 (安全区分)	－ (Ⅰ系)	－ (Ⅱ系)	－ (Ⅰ系)	－ (Ⅱ系)	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	A系 (Ⅰ系)	A系 (Ⅰ系)	－ (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	B系 (Ⅱ系)	C系 (Ⅱ系)	－ (Ⅲ系)	－ (Ⅰ系)	－ (Ⅲ系)	－ (Ⅰ・Ⅱ系)	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)
系列の判定	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊２	＊	＊２	＊２	＊２
安全機能の維持	機能維持 HCU (Ⅰ) and HCU (Ⅱ)		機能維持 [HCU (Ⅰ) and HCU (Ⅱ)] or [SLC (A) and SLC (B)]				機能維持 ADS (A) and [RHR (A) or LPCS]			機能維持 ADS (B) and [RHR (B) or RHR (C)]			機能維持 HPCS	機能維持 RCIC or HPCS		機能維持 SRV (Ⅰ・Ⅱ) or ADS (A) or ADS (B)		
							機能維持 2区分以上											

評価対象	原子炉施設								使用済燃料プール								中央制御室			
安全機能	冷温停止機能		閉じ込め機能						監視機能		冷却機能				給水機能				中央制御室換気機能	
機能判定	* 1		* 1						* 1		* 1				* 1				* 1	
主たる系統	残留熱除去系 (RHR)		隔離弁機能 (PCIS)		非常用ガス処理系 非常用ガス再循環系 (FRVS・SGTS)		可燃性ガス濃度制御系 (FCS)		事故時計装系		燃料プール冷却浄化系 (FPC)		残留熱除去系 (RHR)		燃料プール補給水系 (CST)	残留熱除去系 (RHR)		中央制御室換気空調系 (MCR-HVAC)		
系列 (安全区分)	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	— (Ⅰ系)	— (Ⅱ系)	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	A系	B系	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	—	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	A系 (Ⅰ系)	B系 (Ⅱ系)	
系列の判定	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	* 2	
安全機能の維持	機能維持 RHR(A) or RHR(B)		機能維持 PCIS (Ⅰ) or PCIS (Ⅱ)		機能維持 FRVS・SGTS(A) or FRVS・SGTS(B)		機能維持 FCS(A) or FCS(B)		機能維持 A系 or B系		機能維持 FPC(A) or FPC(B) or RHR(A) or RHR(B)				機能維持 CST or RHR(A) or RHR(B)				機能維持 MCR-HVAC(A) or MCR-HVAC(B)	
					機能維持 PCIS and FRVS・SGTS and FCS															

- * 1: * 2の判定結果より、最終的に機能判定がすべて○になることを確認する。
- * 2: 各区画の溢水影響を評価し、系列毎に○又は×を判定する。

<別紙> 溢水防護対象設備と溢水防護区画等の設定 (1/3)

* 本文「2. 溢水防護対象設備の設定」再掲 

「溢水防護対象設備」を以下のとおり設定する。

○重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を適切に維持するために必要な設備

・「重要度分類審査指針」より、「止める」「冷やす」「閉じ込める」に必要な構造物、系統及び機器を抽出

○使用済燃料プールの冷却・給水機能を適切に維持するために必要な設備

・燃料プール冷却浄化系、残留熱除去系を抽出

◆ 防護対象設備のうち溢水影響評価対象の選定

- ・上記で抽出した系統、設備について、図のフローに従い溢水影響評価の対象となる設備を抽出
- ・溢水影響評価の対象外とする考え方は表のとおり。

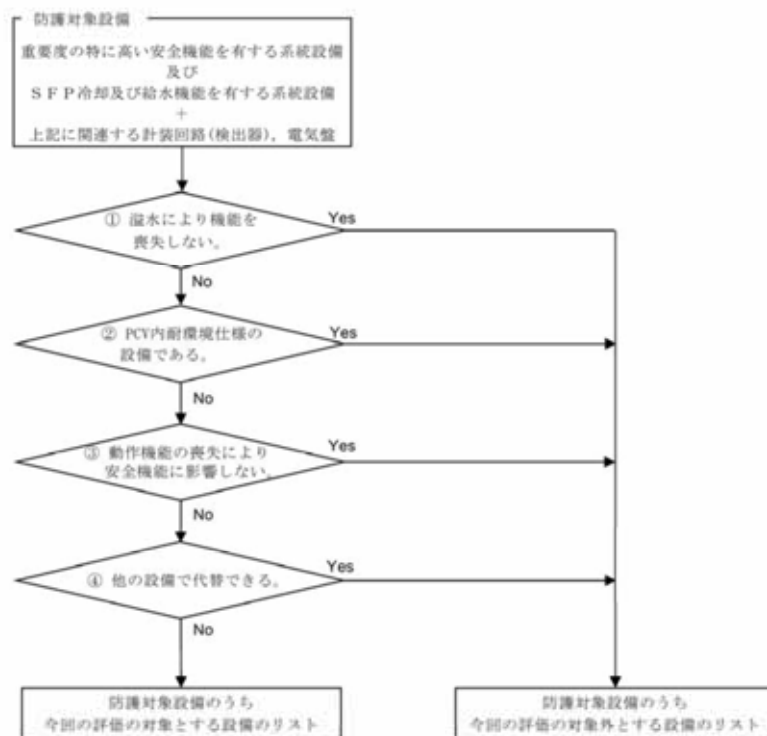


図 防護対象設備のうち溢水影響評価対象の選定フロー

表 溢水影響評価の対象外とする理由

各ステップの項目	理由
① 溢水により機能を喪失しない。	容器、熱交換器、ろ過脱塩器、フィルタ、安全弁、逆止弁、配管等の静的機器は、構造が単純で外部からの動力の供給を必要としないことから、溢水により機能喪失はしない。
② PCV内耐環境仕様様の設備である。	PCV内設備のうち、温度・圧力条件及び溢水影響を考慮した耐環境仕様様の設備は、溢水により機能喪失しない。 なお、対象設備が耐環境仕様であることの確認は、メーカー試験等で行った事故時の環境条件を模擬した試験結果を確認することにより行う。
③ 動作機能の喪失により安全機能に影響しない。	機能要求のない電動弁及び状態が変わらず安全機能に影響しない電動弁等は、機能喪失しても安全機能に影響しない。
④ 他の設備で代替できる。	他の設備により要求機能が代替できる設備は、機能喪失しても安全機能に影響しない。

※フェイルセーフ設計となっている機器であっても、電磁弁、空気作動弁については、溢水による誤動作等防止の観点から安全側に防護対象設備に分類。

<別紙> 溢水防護対象設備と溢水防護区画等の設定 (2/3)

* 本文「2. 溢水防護対象設備の設定」再掲 

【溢水防護対象設備等の選定】

(1)「発電用軽水炉型原子力施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」(以下「重要度分類審査指針」)に基づき、発電用原子炉施設において溢水が発生した場合に、原子炉の高温停止及び冷温停止を達成し維持するために必要な機能及び放射性物質の閉じ込めに必要な機能を抽出し、溢水による影響を考慮して、これらの機能に必要なポンプ、電動機、弁、計器等、およびこれらに関連する電源盤、制御盤等を抽出

◆ 原子炉の緊急停止機能や原子炉停止後の除熱機能及び放射性物質の閉じ込めに必要な機能として、これらを達成するために必要な系統等を抽出

原子炉の安全停止及び放射性物質の閉じ込めに必要な機能の抽出	安全停止及び放射性物質の閉じ込めに必要な機能を達成するための系統
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ
原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系(制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能))
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁(安全弁機能)※ ※: 非常時に原子炉の圧力を下げるための安全弁
原子炉停止後の除熱機能 他	自動減圧系※ ¹ , 逃がし安全弁(手動逃がし機能)※ ² ※ ¹ : 原子炉水位低値等により逃がし安全弁を動作させ炉心の圧力を下げるための系統 ※ ² : 逃がし安全弁を手動で動作させる機能
	原子炉隔離時冷却系※ ※: 原子炉で発生した蒸気を駆動源として原子炉に外から注水する系統
	残留熱除去系(停止時冷却モード)※ ※: 原子炉から廃熱を除去し冷温停止させるための系統
	高圧炉心スプレイ系※ 他 ※: 事故時に外から原子炉に注水する系統(非常用炉心冷却系の一部)
放射性物質の閉じ込め機能 他	原子炉格納容器
	非常用ガス処理系※ 他 ※: 事故時に原子炉建屋の負圧を維持し、放射性物質の拡散を防止する系統

(2) 使用済燃料プールの冷却及びプールへの給水機能を維持するために必要な機能・系統

◆ 使用済燃料プールの冷却及び給水に必要な系統として残留熱除去系等を選定

使用済燃料プールの冷却及び給水に必要な機能の抽出	使用済燃料プールの冷却及び給水に必要な機能を達成するための系統
使用済燃料プールの冷却及び給水機能	燃料プール冷却浄化系
	残留熱除去系他

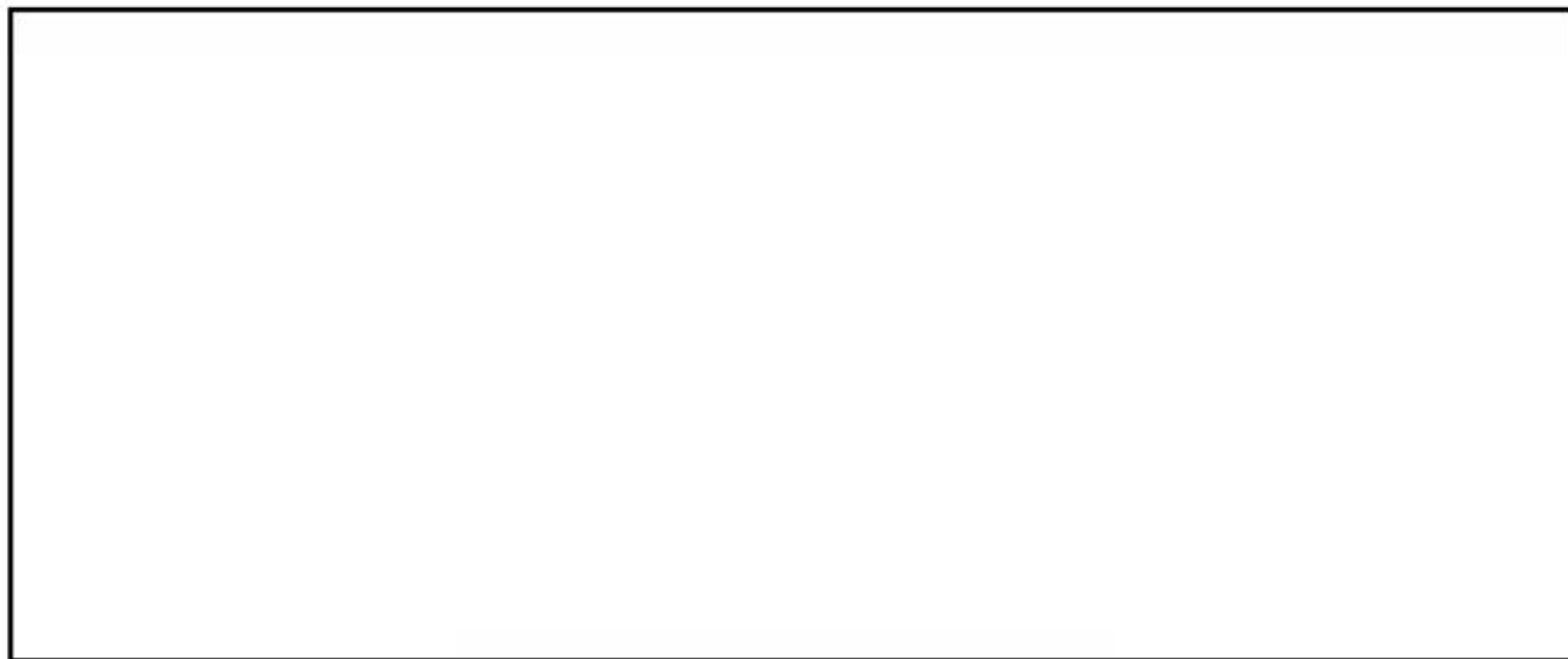
◆ 上記の防護対象設備が設置されている区域、区画を「評価エリア」として区分し、溢水影響評価を行い、多重化された系統が同時に機能を失うことなく、発電所の安全機能が維持できる設計であることを確認する。

◆ 地震時の評価については、同時に溢水防護対象機器の単一故障も想定して評価を実施する。

<別紙> 溢水防護対象設備と溢水防護区画等の設定 (3/3)

* 本文「2. 溢水防護対象設備の設定」再掲 

- 防護対象設備が設置され、浸水防護を行う建屋、区域等を耐津波設計において、「浸水防護区画」として設定し、基準津波の流入防止や地下水等の浸水防止対策を実施する。(内部溢水の評価においても、建屋外で発生する津波等の影響を防止する必要があることから同様の対策を実施する)
- 浸水防護区画を、以下の観点から「溢水防護区画」として区分する。
 - ・ 溢水防護対象設備が設置されている全ての区画、並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路
 - ・ 溢水防護対象設備が設置されている区画で、壁、堰、扉、階段等の段差又はそれらの組合せによって他の区画と分離され、溢水防護の観点から1つの単位と考えられる区画

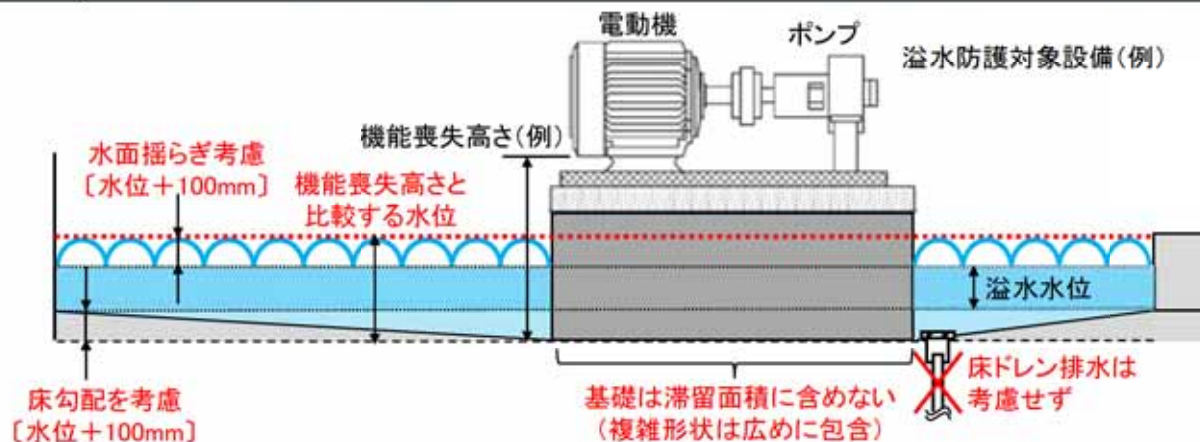


区域・区画区分図 (原子炉建屋 地下2階)
内部溢水-31

3. 溢水の想定と評価の保守性 (1/2)

○溢水の想定及び評価では、機器の偶発的な破損に伴う溢水、地震等の自然現象に伴う溢水、火災時消火活動等、種々の起因事象による溢水を想定し、溢水評価にて溢水発生時の実現象を十分包含するよう、溢水源、滞留面積、溢水水位等をそれぞれ保守的に扱っている。＜別紙参照＞

項 目	溢水想定・評価における主な保守性
①想定破損による溢水(溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水)	
溢水源	・溢水源となる系統の 保有水量は1.1倍 とする。
滞留面積	・溢水した水位の算出に用いる床の滞留面積には、 機器の基礎等の占有面積は含めない 。 ・評価で用いる 床の滞留面積は0.7倍 とする。
溢水水位	・床ドレンによる排水が期待できる場合でも、 当該区画の溢水評価上は排水を考慮しない 。 (一方で、上層階からの流入の可能性がある場合は流入水を考慮する。) ・ 床勾配を考慮して最も高い場所を起点とする考えから、溢水水位を一律100mm上昇 (下図参照) ・ 水面の揺らぎを考慮し、溢水水位を一律100mm上昇 (下図参照) (溢水の流入状態や溢水源からの距離、人のアクセス等による一時的な水位変動)



没水による機能喪失
評価条件イメージ

3. 溢水の想定と評価の保守性 (2/2)

項 目	溢水想定・評価における主な保守性
②消火による溢水(発電所内の火災等の異常事態の拡大防止のため設置される系統からの放水による溢水)	
溢水源	・消火設備からの放水の想定として2箇所同時に3時間の連続放水(屋内; 合計放水量約47m ³)を仮定しており、消防法上で要求される消火継続時間(20分間)に比べ長めの見積もりをしている。
滞留面積 溢水水位	・「①想定破損による溢水」と同様の保守性を考慮している。
③地震による溢水(地震に起因する機器の破損等により生じる溢水)	
溢水源	・耐震B, Cクラスで基準地震動Ssの地震力に対する耐震性が確認されていない系統を溢水源とし、内包する水の全量放出を仮定。この系統の保有水量は1.1倍とする。
滞留面積 溢水水位	・「①想定破損による溢水」と同様の保守性を考慮している。
④その他の溢水(地下水の流入, 降水, 屋外タンクの破損, 機器の誤作動や人的過誤による漏えい等)	
溢水源	【地下水の流入, 降水】 ・建屋の止水措置により, 地下水は浸水防護区画に浸水しない。 ・想定する降水(雨水)強度は127.5mm/hであり構内排水路で排水可能 【機器誤作動による漏えい】 ・前頁表「①想定破損による溢水」の溢水量で包含される。 【人的過誤による漏えい】 ・漏えい検知システムによる早期検知・隔離対応が可能
滞留面積 溢水水位	【屋外タンクの破損の評価】 ・滞留面積として, 敷地高さの低いエリアへの流出を考慮しない。 ・水位評価として, 構内排水路への流入や地中への浸透は考慮しない。

溢水源は、発生要因別に分類した以下の溢水を想定し、保守的な量にて評価を行う。

○溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等（以下「想定破損」という。）により生じる溢水

- ・配管は、内包する流体のエネルギーに応じて溢水評価ガイドに従い高エネルギー配管、低エネルギー配管の2種類に分類し、溢水評価ガイド附属書Aの規定による評価から、許容応力の状態に応じた破損形状を想定
- ・破損は、単一故障として評価
- ・漏水量は、配管の破損形状を考慮した流出流量に漏水箇所の隔離までに必要な時間に乗じて設定（溢水量は想定する系統により異なるが、最大約380m³）

○発電所内で生じる異常事態（火災を含む）の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水

- ・自動作動するスプリンクラーは設置されていないことから、消火栓からの放水を考慮。ただし、ガス消火設備や消火器等を用いて消火活動を行うことを前提としている区画については、当該区画における放水を想定しない。
- ・消火設備等からの単位時間当たりの放水量(130L/min: 屋内)と放水時間(一律3時間、2箇所同時放水)から溢水量を設定。(溢水量は火災時に消火を想定する各区画で同じ46.8m³)

○地震に起因する機器の破損等により生じる溢水

- ・水、蒸気、油等を内包する系統のうち、基準地震動SsIによる地震力に対する耐震性が確認されていない耐震B、Cクラスに属する系統を溢水源とし、内包する水の全量放出を想定
(原子炉棟内の全破損溢水量は約 520 m³ ⇒ 耐震補強により約125m³に低減)
- ・地震による使用済燃料プール等のスロッシングについても地震時の溢水として想定。
(溢水量は、約89m³ (通常運転中)、約247m³ (定期事業者検査中))

○その他の溢水

- ・地下水の流入、降水、屋外タンクの破損等に伴う漏えい等の地震以外の自然現象やその波及的影響に伴う溢水
- ・機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象も考慮。(上記以外の少量漏えいを想定)
- ・人的過誤による漏えいを考慮

○没水の影響に対する評価及び対策方針(機能喪失高さの設定)

- ・発生した洪水による水位が、洪水の影響を受けて防護対象設備の安全機能を損なうおそれがある高さ(以下「機能喪失高さ」という。)が最も低い設備を選定し、機能喪失高さと洪水水位を比較し水位が上回らない設計とする。その際、洪水の流入状態、洪水源からの距離、人のアクセス等による一時的な水位変動を考慮した裕度を確保した設計とする。また、洪水源となるシステムの保有水量の算定にあたっては、10%の裕度を確保する。
- ・水位の算出に用いる床の滞留面積は、機器等の占有面積を除外し、更に30%の裕度を考慮して算出する。

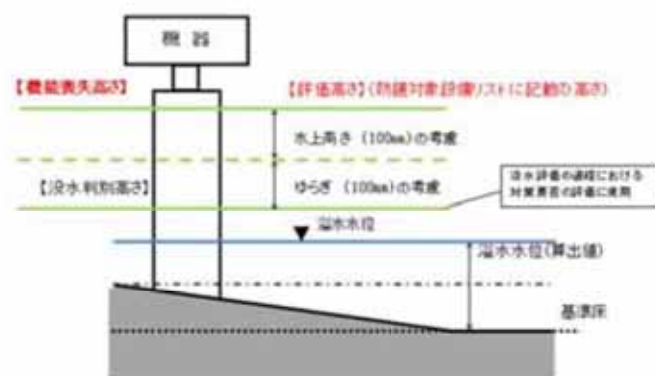


図1 内部洪水評価に用いる高さの関連図
(評価高さを機能喪失高さとする場合)

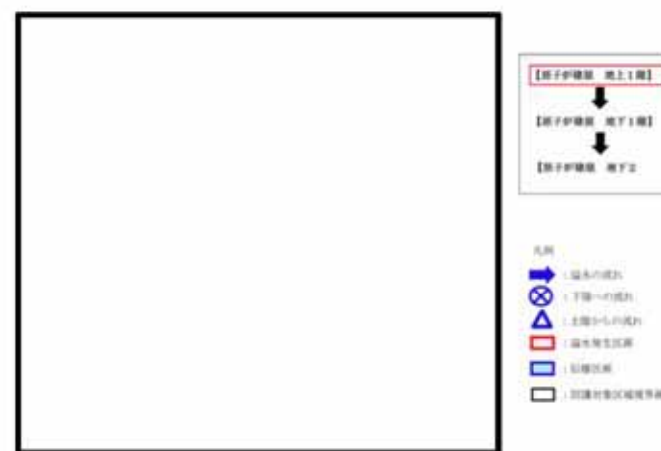


図2 洪水伝播経路概略図(例)

○被水の影響に対する評価及び対策方針

- ・洪水源からの直線軌道及び放物線軌道の飛散による被水、及び天井面の開口部若しくは貫通部からの被水の影響を受ける範囲内にある防護対象設備が被水により有害な影響を生じないように、保護構造※を有する設計とする。
 - ・実機での被水試験等により確認した保護カバーやパッキン等により、被水防護措置を実施
- ※「JIS C 0920電気機械器具の外郭による保護等級(IPコード)」における第二特性数字4以上相当の保護等級

○蒸気の影響に対する評価及び対策方針

- ・防護対象設備の仕様(温度、湿度およびその継続時間等)と建設時に求めた蒸気漏えい発生時の環境条件を比較し、想定破損発生区画内での漏えい蒸気による防護対象設備への影響及び区画間を拡散する漏えい蒸気による防護対象設備への影響が、蒸気曝露試験又は机上評価によって防護対象設備の健全性が確認されている条件(温度、湿度及び圧力)を超えない対策を行う。

4. 東北地方太平洋沖地震による使用済燃料プールのスロッシング発生と冷却状況



○東北地方太平洋沖地震発生以降の使用済燃料プール（以下「SFP」という。）の燃料体の冷却状況（2011/3/11～）

- ・地震によるSFPプール水スロッシング（揺動）による溢水発生，プール水位は通常水位より20cm低下（約25m³相当）*1
- ・外部の水源（復水貯蔵タンク）からSFPに水張りをを行い，プール水位の回復
- ・外部電源喪失で停止した燃料プール冷却浄化系を起動して，プール水の冷却再開*2
- ・SFPの水張り，冷却用の設備の電源は，非常用ディーゼル発電機（2C又は2D）からの給電で確保
- ・以上の対応により，SFPの安定的な冷却を継続

*1 「使用済燃料プール水位高／低」警報発報。この水位低下時も燃料頂部より約7mの水位が確保され，燃料冠水や放射線遮蔽への影響はなし。

原子炉建屋6階のSFP周りでスロッシングによる溢水が生じたが，溢水は床ドレンファンネル等を流下し下階タンク等に収集され，原子炉の安全停止に影響を与えるような事象は生じていない。

*2 プール水温度：冷却停止前27℃ ⇒ 冷却再開時29℃

平成23年3月11日14時46分
東北地方太平洋沖地震発生

①SFPプール水の溢水発生
「SFP水位高／低」警報発報

(3月11日14:48)

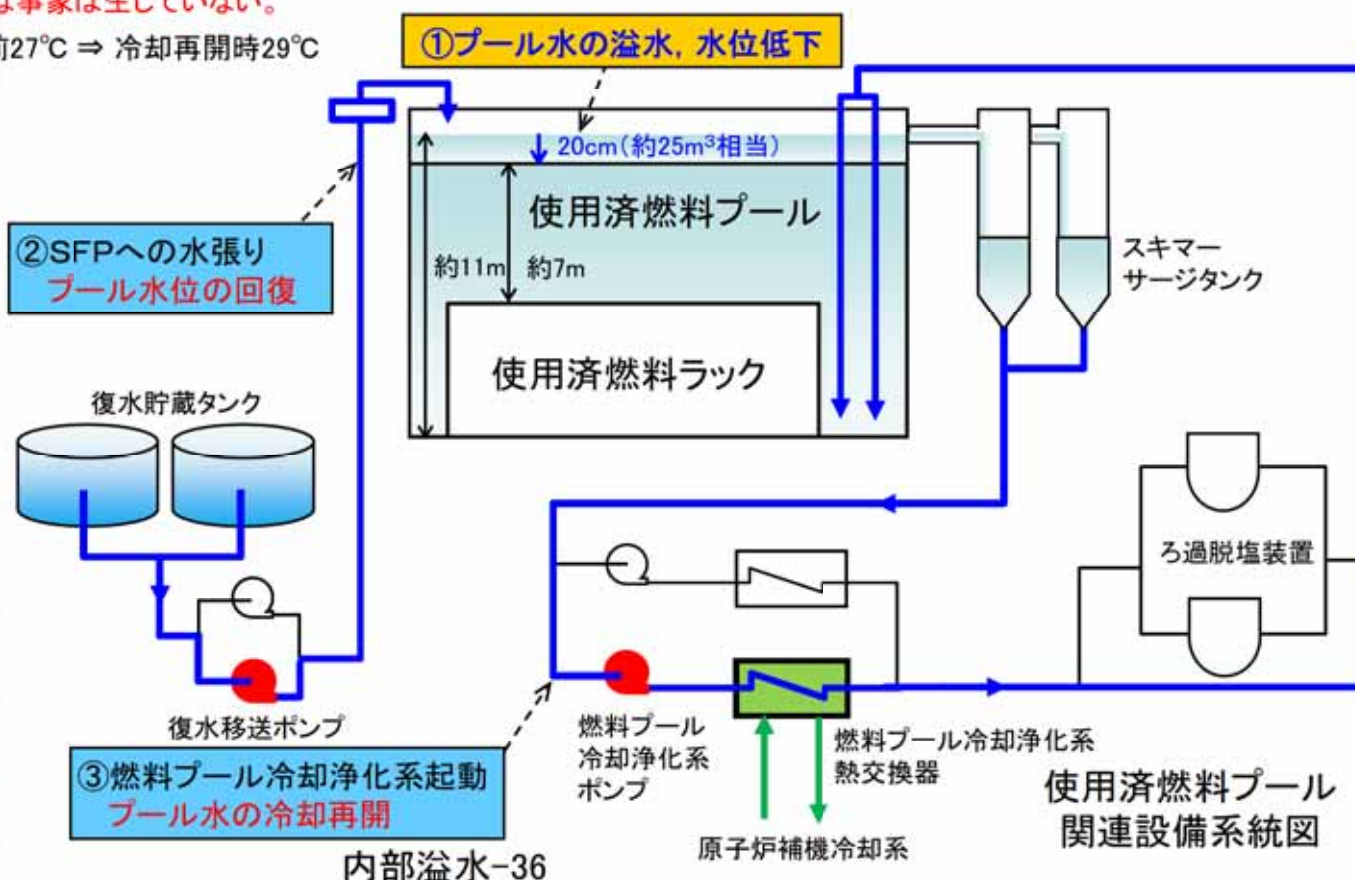
②復水貯蔵タンクよりSFPへの水張り，プール水位の回復

(3月11日18:51～22:13)

③燃料プール冷却浄化系の起動によるプール水の冷却再開

(3月12日18:14)

④SFPの安定的な冷却継続



(1) 使用済燃料プールのスロッシングの特性

- 一般に矩形水槽のスロッシングの固有振動数は下式のとおり。

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot g}{L} \cdot \tanh \left\{ \frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot H}{L} \right\}}$$

f_n : n 次の固有振動数(Hz)

g : 重力加速度(9.8m/s²)

L : プールの幅(m)

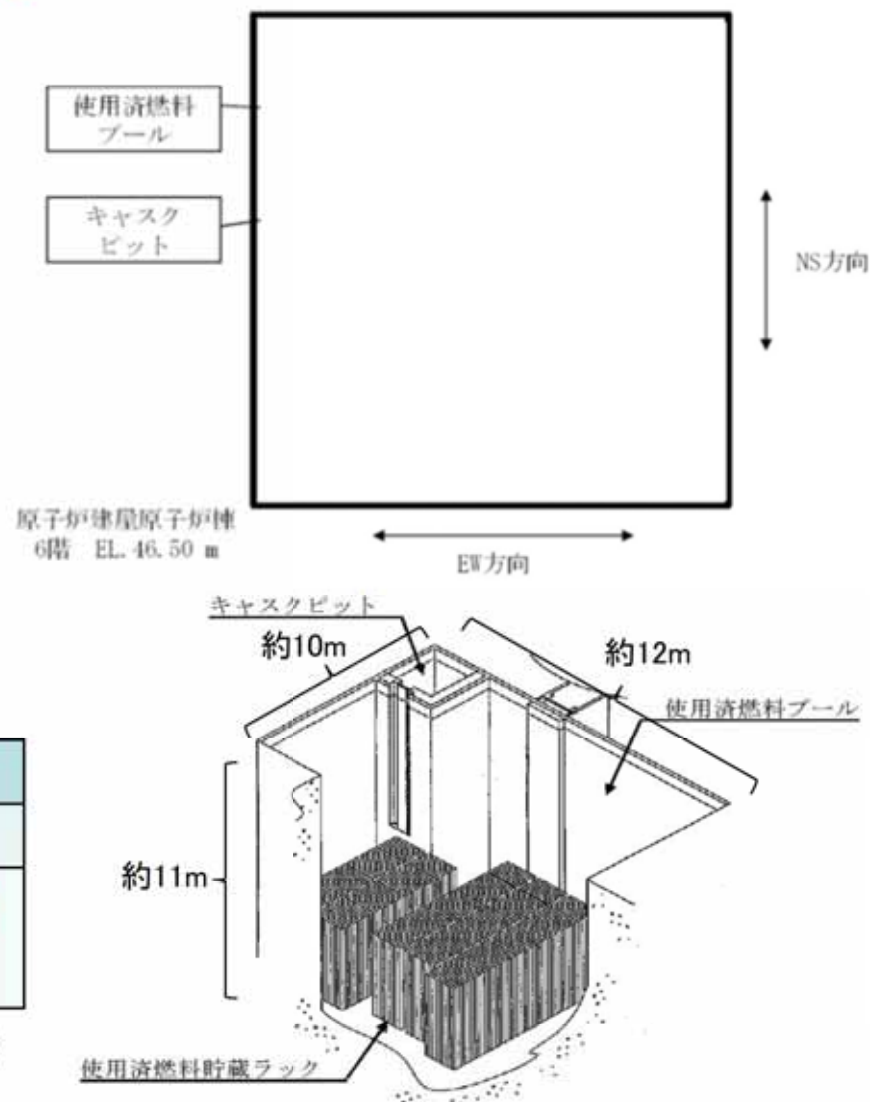
H : プールの深さ(m)

出典: 藤田勝久: タンクのスロッシング(その: 2矩形)タンク),
三菱振動マニュアル, 1976.7

- 東海第二発電所の使用済燃料プールは矩形水槽に該当する。使用済燃料プールの仕様より上式を用いてスロッシングの固有振動数・固有周期を求めると、以下のとおりとなる。

プール大きさ	プール水深	固有振動数／固有周期*	
		1次	2次
約12m × 約10m	約11m	約0.25Hz／ 約3.9秒	約0.44Hz／ 約2.3秒

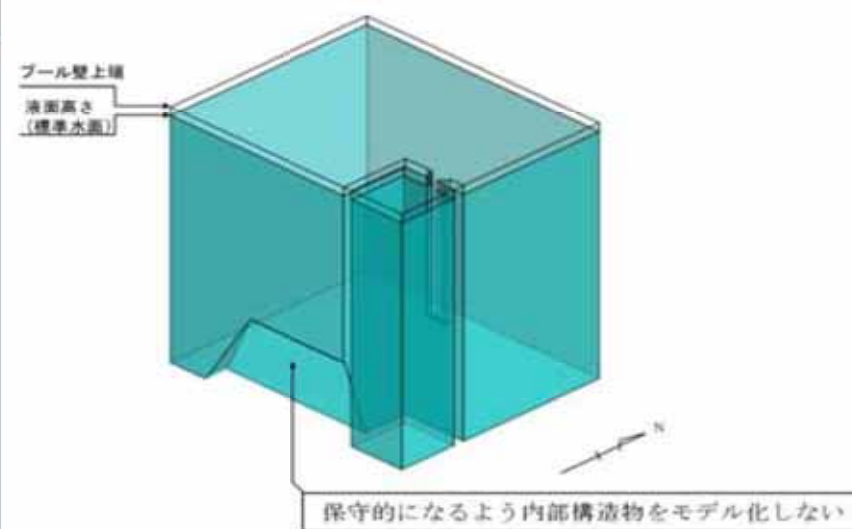
* 代表長さとしてプール長尺側(12m)で算出



(2) 基準地震動による使用済燃料プールのスロッシング評価 <別紙参照>

- ・東海第二発電所の使用済燃料プールのスロッシング評価は、汎用熱流体解析コードSTAR-CDを用いて使用済燃料プールを3次元でモデル化し、基準地震動Ssによる時々刻々の応答加速度を入力してプール水のスロッシングによる溢水量を3次元流動解析で評価している。
- ・基準地震動Ssは東海第二発電所で起こり得る種々の地震を包含するよう8波を想定しているが、それぞれ周期や継続時間等の特性が異なり、スロッシングに最も影響する地震波を特定することは難しいため、すべての地震波のプールの応答加速度を用いてスロッシング評価を行った。
- ・各地震波による評価の結果、Ss-13で最もスロッシングによる溢水量が多くなる結果(81.49m³)が得られた。この結果に基づき地震による溢水の評価を実施している。

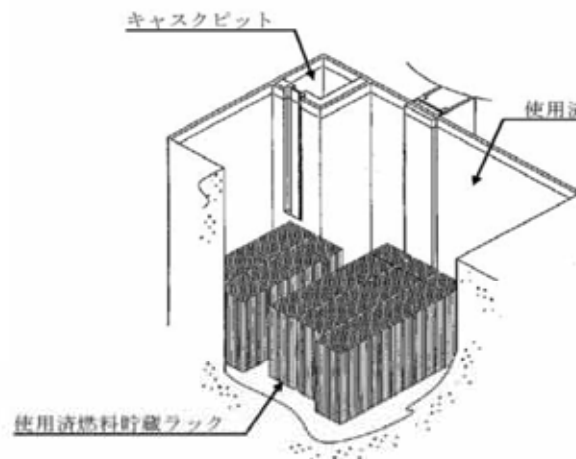
ケース名	入力地震動 (基準地震動)	スロッシングによる 溢水量(m ³)	地震による溢水 評価上の扱い
ケース1			最も溢水量が多い ケース4の81.49m³ に基づき、これに保 守性を考慮して1.1 倍した89.64m³を地 震による溢水評価 に用いる。
ケース2			
ケース3			
ケース4			
ケース5			
ケース6			
ケース7			
ケース8			



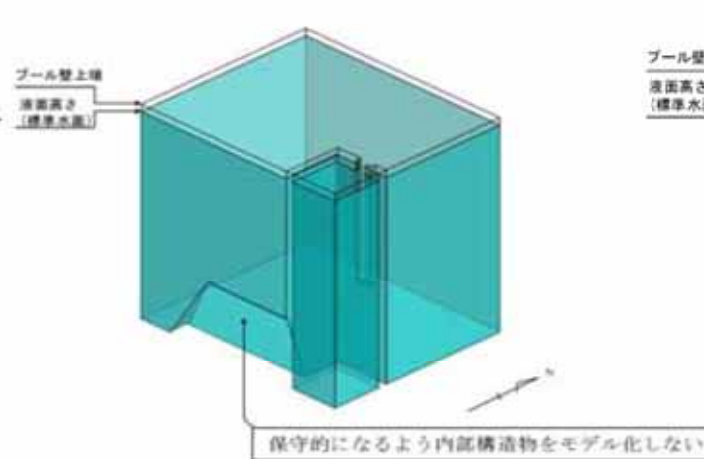
使用済燃料プールのモデル概要図

○使用済燃料プール溢水量の評価

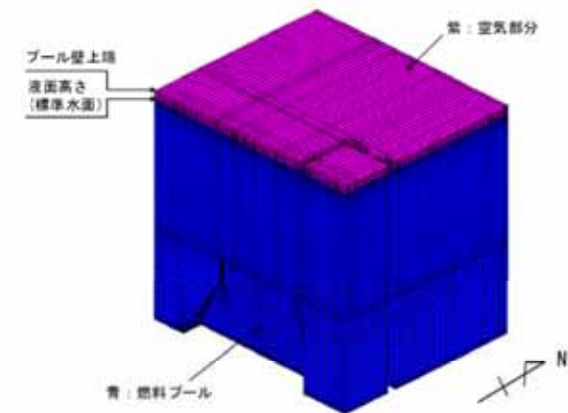
- ・基準地震動Ssにおけるスロッシングによる使用済燃料プール溢水時の水位を求め、プール冷却機能及び使用済燃料の遮蔽機能に必要な水位が確保されていることを、3次元流動解析により算定。



使用済燃料プール概要図



使用済燃料プールのモデル概要図



解析モデルメッシュ概要図

○使用済燃料プールの冷却機能及び遮蔽機能維持の確認

- ・基準地震動Ssによるスロッシングに伴う水位低下時も、**使用済燃料の遮蔽に必要な水位が維持されること及び冷却機能維持への影響はないことを確認**

使用済燃料プールの水位評価

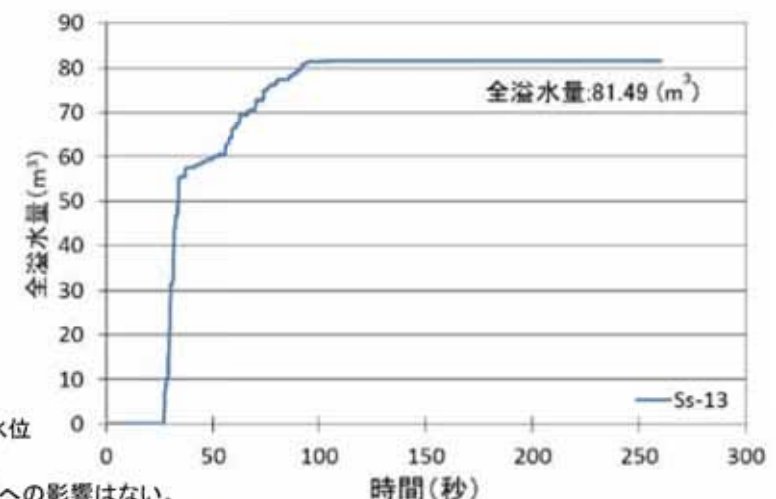
地震後の使用済燃料 プール水位(m) ※1	遮蔽に必要な 水位(m)※2	循環に必要な 水位(m)※3
10.75 (EL.45.495)	10.45 (EL.45.195)	11.337 (EL.46.082)

※1 地震によるスロッシング水量分の水位低下を反映

※2 保安規定で定めた管理区域内における特別措置を講じる基準である線量率($\leq 1.0\text{mSv/h}$)を満足する水位

※3 スキマサージタンクに流入するオーバーフローに必要な水位

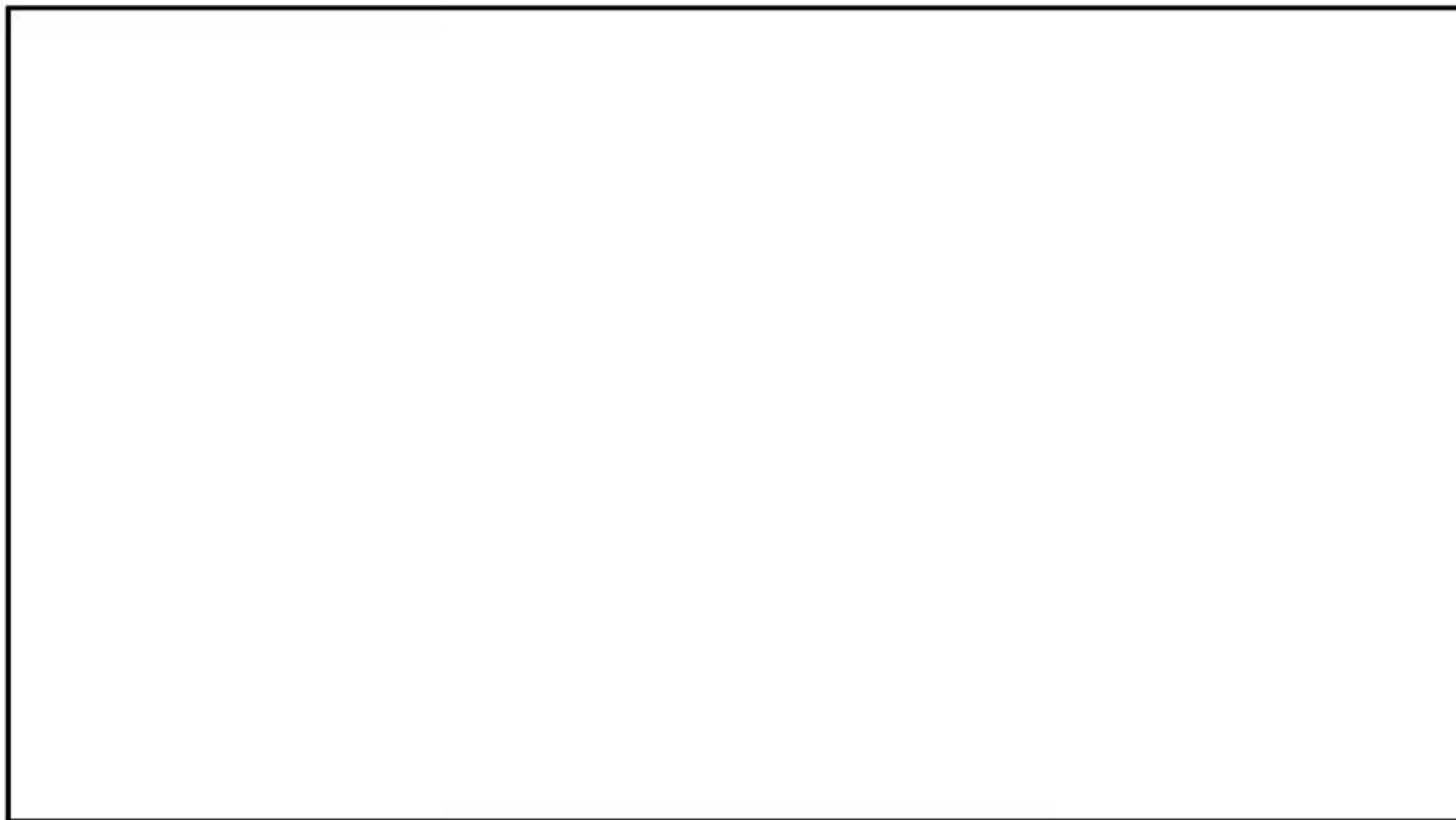
一時的にオーバーフロー水位を下回るが、残留熱除去系による給水・冷却が可能であり、冷却機能維持への影響はない。



時間ごとの溢水量の変化(ケース4)

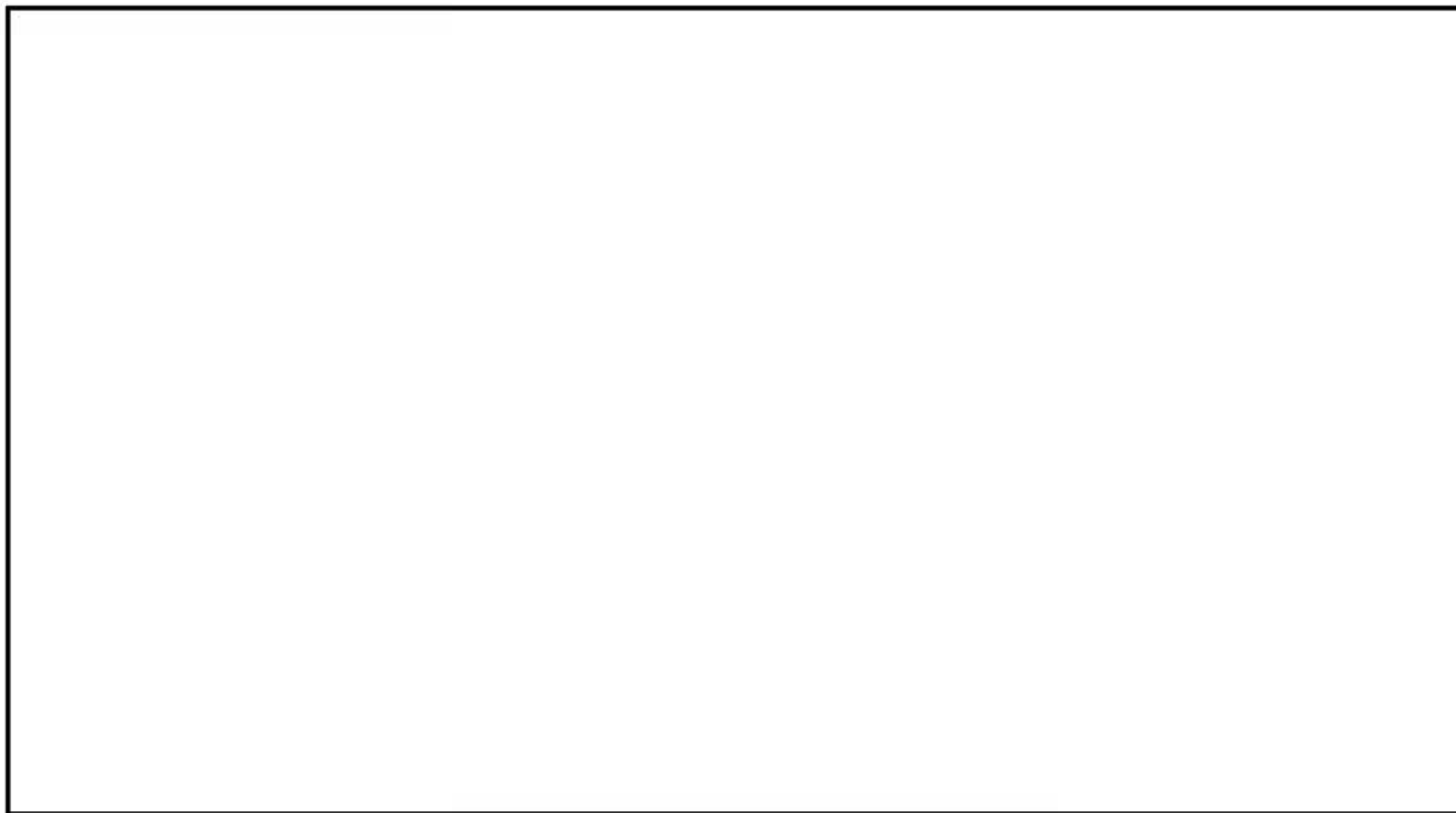
使用済燃料プールのスロッシング評価 (1/8)

OS_s-D1による応答加速度



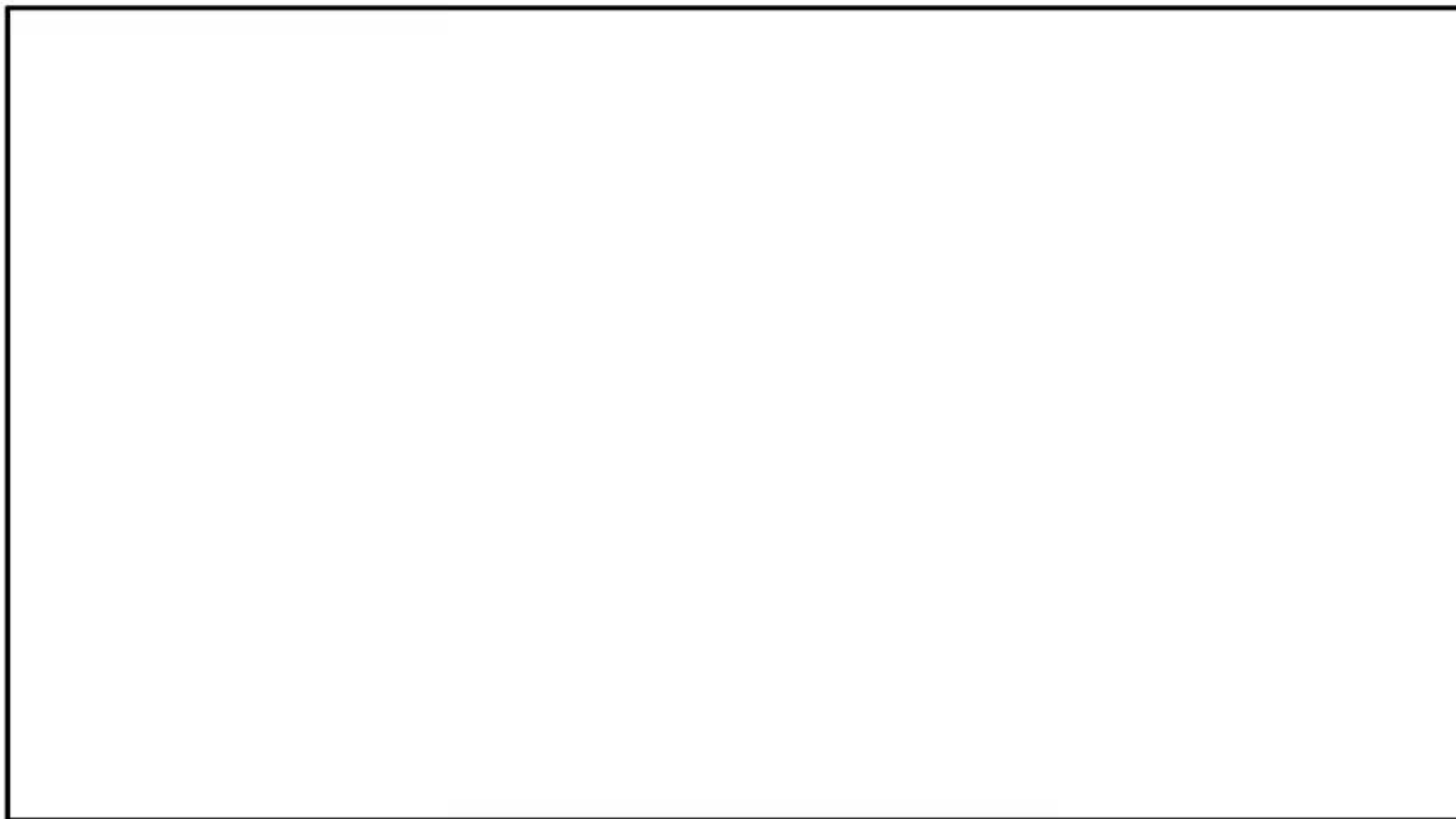
使用済燃料プールのスロッシング評価（2／8）

OS_s-11による応答加速度



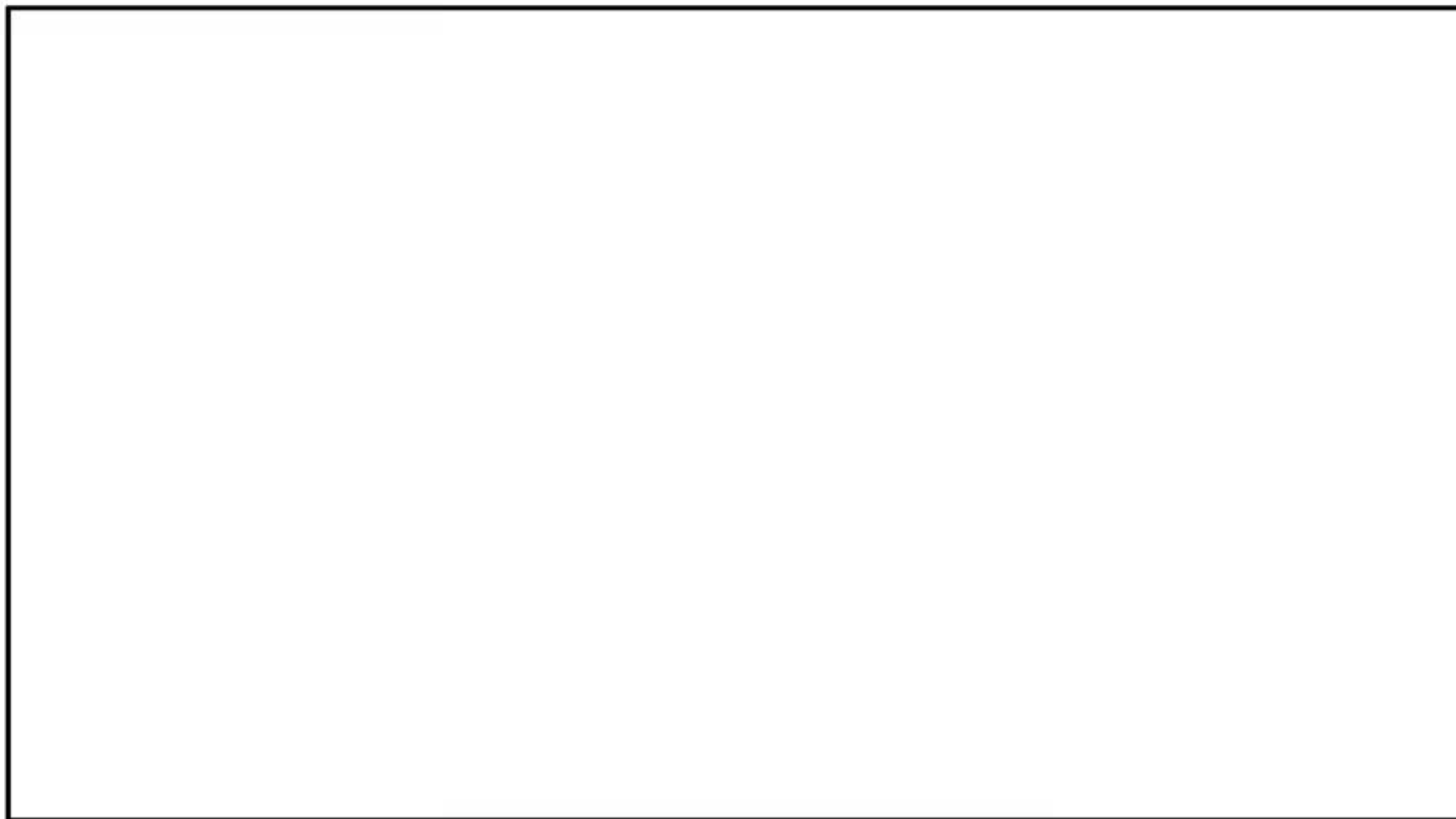
使用済燃料プールのスロッシング評価 (3/8)

OS_s-12による応答加速度



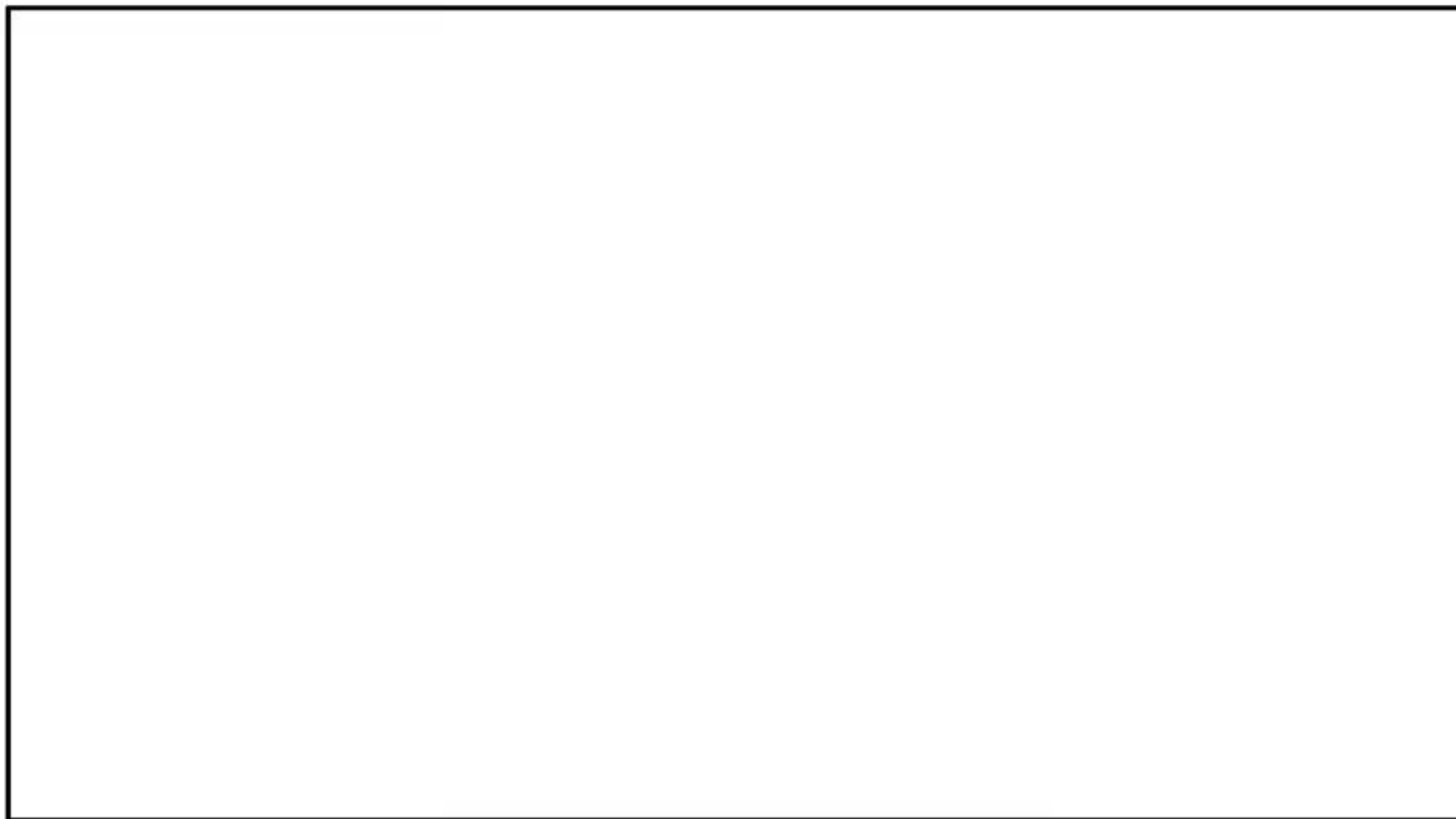
使用済燃料プールのスロッシング評価（4／8）

OS_s-13による応答加速度



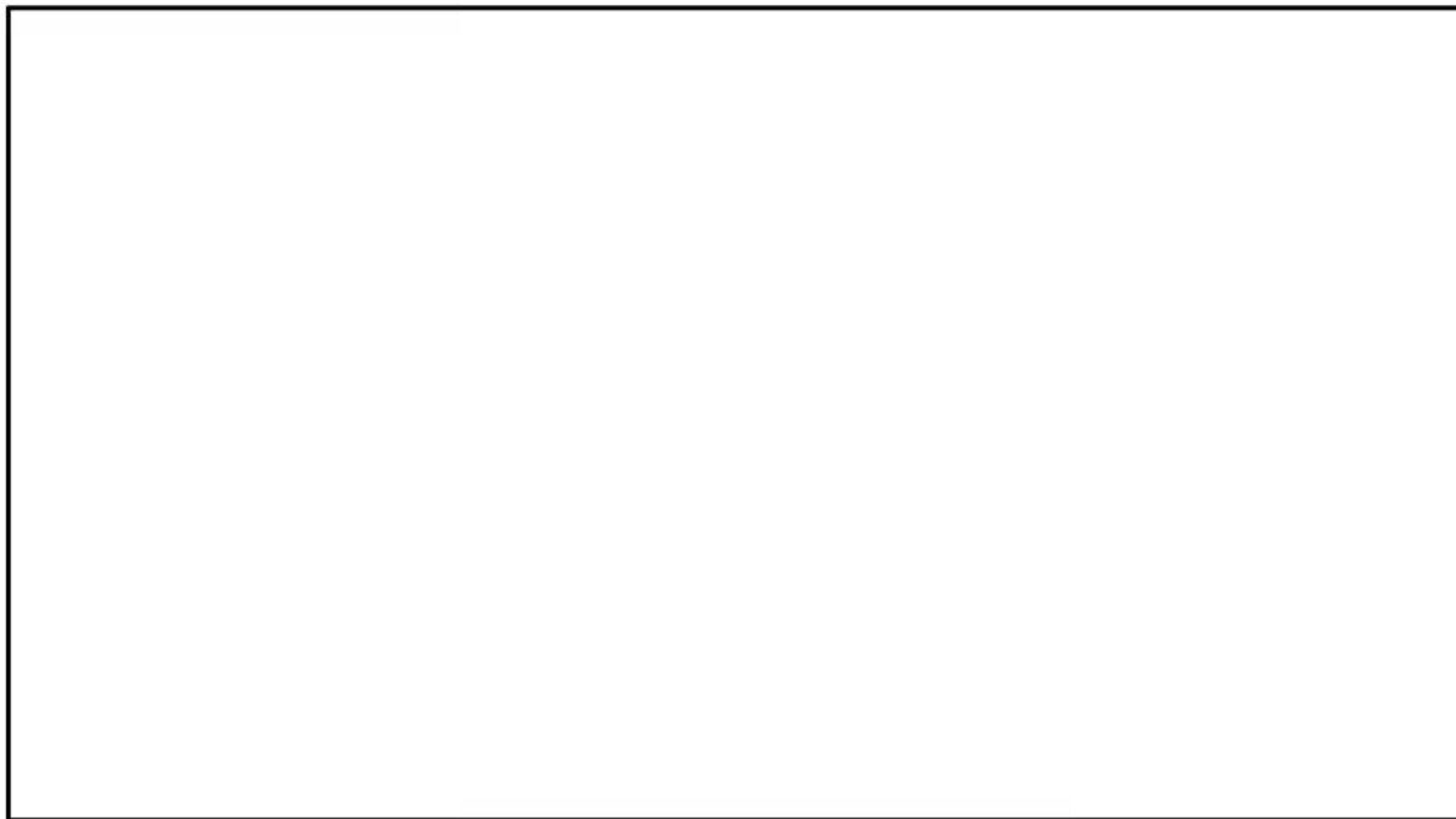
使用済燃料プールのスロッシング評価 (5/8)

OS_s-14による応答加速度



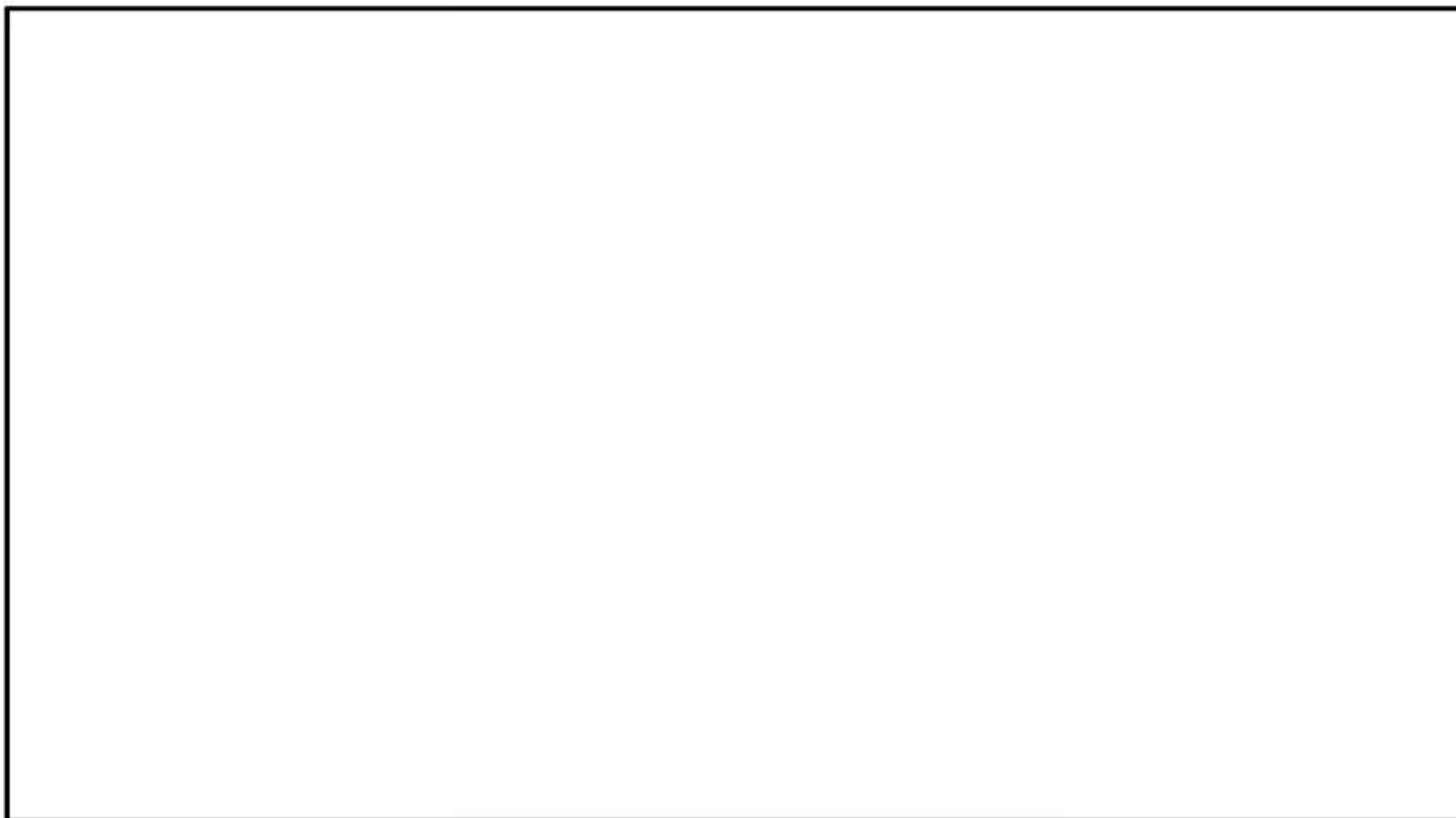
使用済燃料プールのスロッシング評価（6／8）

OS_s-21による応答加速度



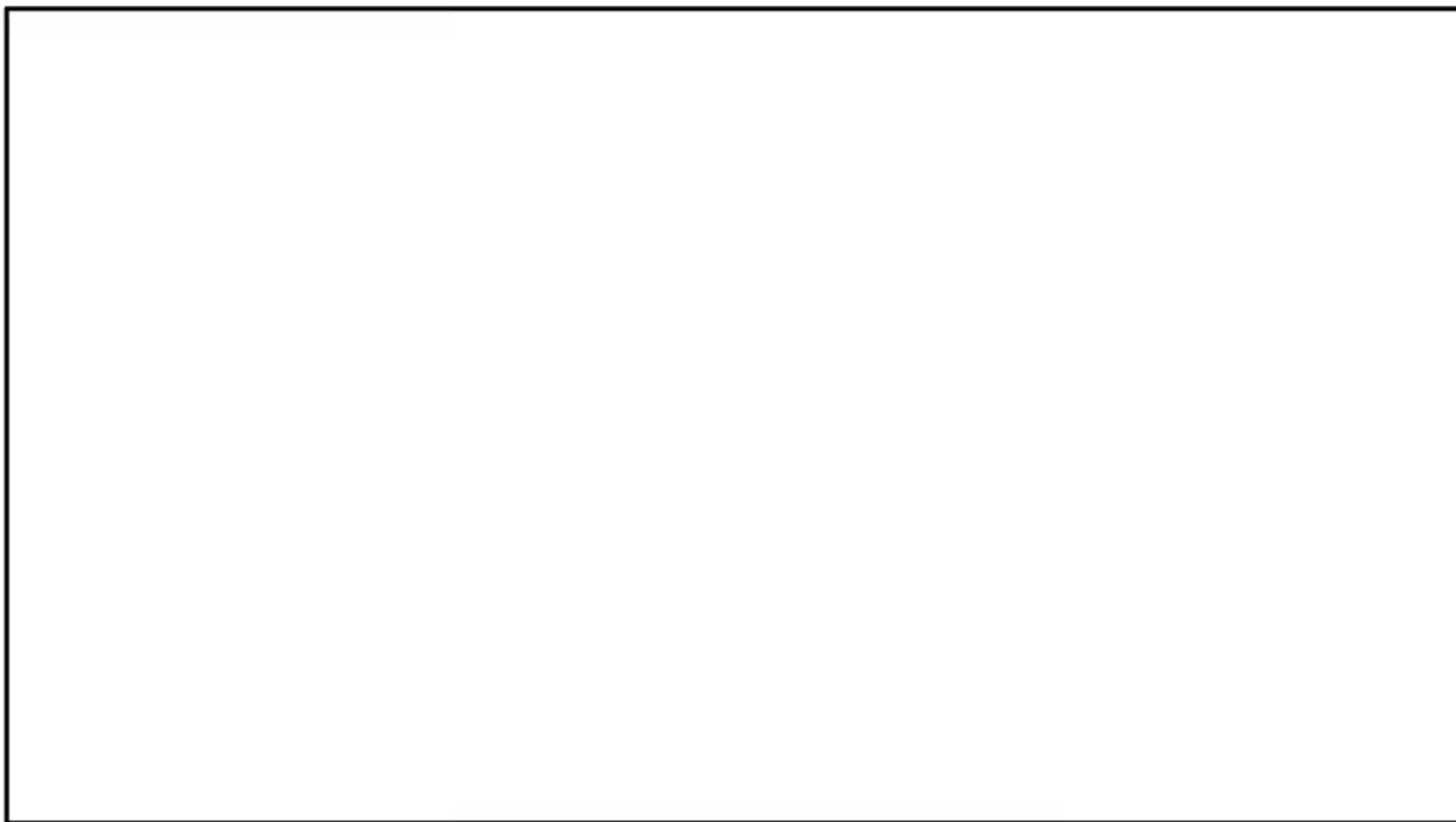
使用済燃料プールのスロッシング評価 (7/8)

OS_s-22による応答加速度



使用済燃料プールのスロッシング評価（8／8）

OS_s-31による応答加速度



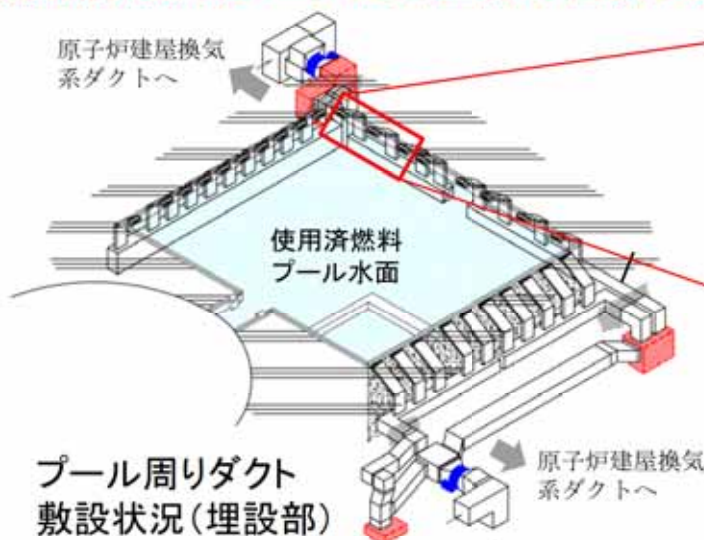
6. 使用済燃料プールのスロッシングに伴う溢水に対する主な対策（1／2）



（1）通常運転中のプラント状態の溢水対策

使用済燃料プールからのスロッシングによる溢水に対して、以下の対策を実施する。

①使用済燃料プール壁面上部の空調ダクトへの流入防止対策 <別紙1参照>



* 空調ダクト換気口の対策

- ・対策前：通常開でスロッシング時には波圧で蓋が閉止する機構
- ・対策後：閉止板により完全閉止

【対策内容】

- ・使用済燃料プール側の換気口を完全閉止
- ・原子炉建屋換気系への空調ダクト接続部を切離し、埋設ダクト出口側の躯体壁面へ閉止板を設置

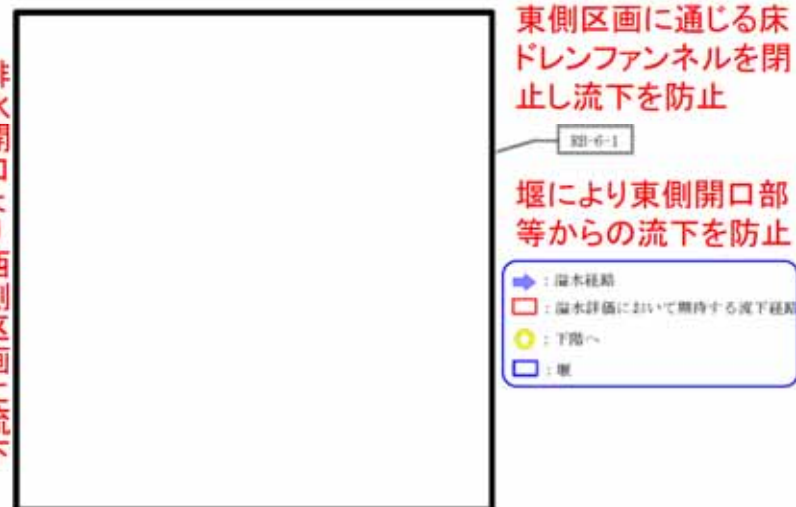
②原子炉建屋6階から下層階への流下対策* <別紙2参照>

- ・原子炉建屋東側区画に通じる開口部等に堰を設置
- ・原子炉建屋東側区画に通じる床ドレンファンネル閉止
- ・溢水は新設する排水開口より西側区画に流下

* 溢水を原子炉建屋の東側の区画に流下させない対策

原子炉建屋6階の使用済燃料プールのスロッシングによる溢水は、対策を実施しない場合、各所の床ドレンファンネル・配管、階段、床開口部等を経由して下階に流下し、最終的に建屋最下層の地下2階に滞留する。地下2階は東側の区画が比較的狭隘であり、溢水水位が高くなるため、上層階から東側区画への流下を抑制する。

排水開口より西側区画に流下



東側区画に通じる床ドレンファンネルを閉止し流下を防止

堰により東側開口部等からの流下を防止

6. 使用済燃料プールのスロッシングに伴う溢水に対する主な対策（2／2）

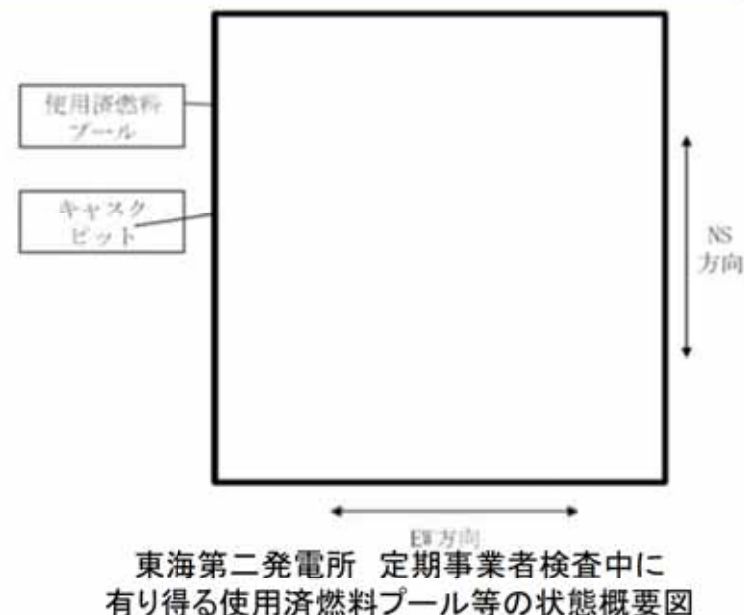
（2）定期事業者検査中のプラント状態の対策＜別紙3,4参照＞

- ・定期事業者検査中には、原子炉運転中と比べて原子炉建屋6階により多くの水プールが構成される時期がある。具体的には、原子炉圧力容器蓋の開放、圧力容器内部のドライヤ・セパレータの取り出し、燃料の取替等に際しては、**原子炉ウェル及びドライヤセパレータプールに水張りを行う。**
- ・このため使用済燃料プールに加え原子炉ウェル及びドライヤセパレータプールが水で満たされた状態でモデル化し、スロッシングの溢水量を3次元流動解析で評価した。
- ・評価の結果、これらのスロッシングによる溢水量は合計で約247m³となり、原子炉運転中のスロッシング溢水量（約81m³）と比べて大幅に増加することを確認した。
- ・これより、原子炉建屋6階から下層階の溢水影響がより厳しくなることから、原子炉運転中の対策に加えて定期事業者検査中の溢水対策*を以下のとおりとした

- ・原子炉建屋西側区画に通じる床ドレンファンネル閉止
- ・原子炉建屋西側区画に通じる排水開口（2箇所）閉止
- ・上記対策で溢水を6階から流下させず各プールに戻す

* 溢水を下層階に流下させない対策

下層階へ溢水影響を及ぼさないよう、原子炉建屋6階から下層階への溢水伝播をすべて防止する。6階に滞留した溢水は、ほぼ全量が使用済燃料プール、原子炉ウェル及びドライヤセパレータプールへ流下して戻るため、原子炉建屋6階に滞留し続けることはない。



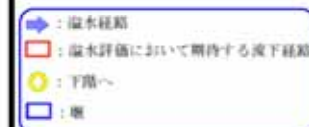
西側区画に通じる床ドレンファンネルを閉止し流下を防止

排水開口を閉止し流下を防止

東側区画に通じる床ドレンファンネルを閉止し流下を防止

図-6-1

堰により東側開口部等からの流下を防止

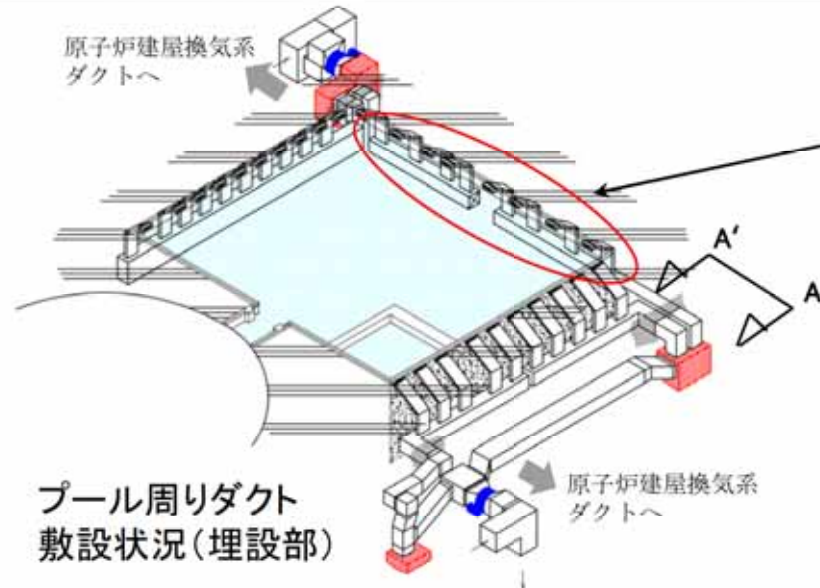


<別紙1>使用済燃料プールのスロッシングに対する空調ダクトの対策

* 本文「6-1. 原子炉建屋における対策」再掲



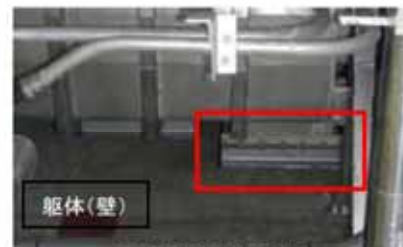
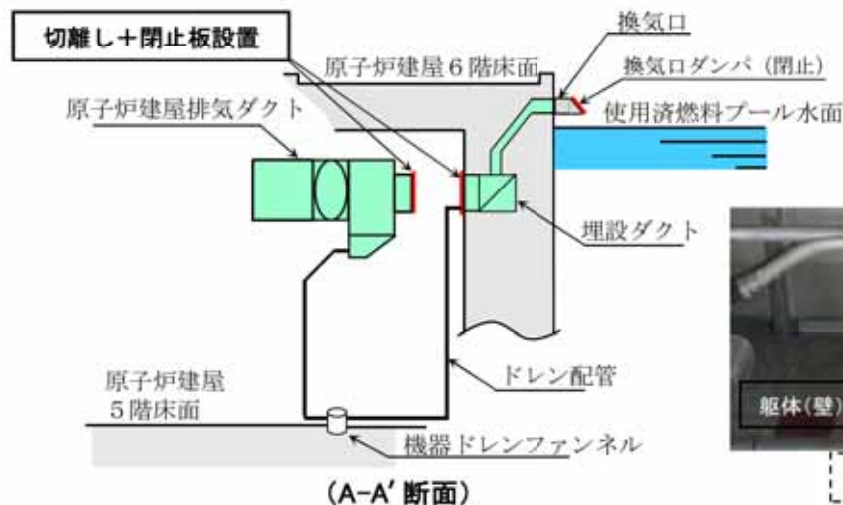
○スロッシングに起因する使用済燃料プール水のダクト流入による下層階等への溢水影響を防止



【対策内容】

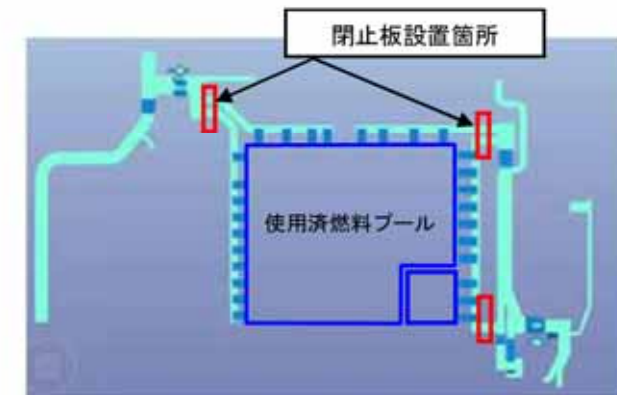
- ・プール側換気口の閉止
- ・空調ダクトから切離し
埋設ダクト出口側の躯体壁面
へ閉止板を設置

プール側ダクト換気口(現状)



下から見た状況

閉止板設置箇所



ダクト敷設状況(平面図)

○スロッシングによる原子炉建屋6階から下層階への溢水の流下対策(通常運転中)*

- ・原子炉建屋東側区画に通じる開口部等に堰を設置する。
- ・原子炉建屋東側区画に通じる床ドレンファンネルを閉止する。
- ・溢水は6階西側の新設する排水開口より西側区画に流下させる。

* 溢水を原子炉建屋の東側の区画に流下させない対策

原子炉建屋6階の使用済燃料プールのスロッシングによる溢水は、対策を実施しない場合、各所の床ドレンファンネル・配管、階段、床開口部等を経由して下階に流下し、最終的に建屋最下層の地下2階に滞留する。地下2階は東側の区画が比較的狭隘であり、溢水水位が高くなるため、上層階から東側区画への流下量を抑制する。

排水開口より西側区画に流下

東側区画に通じる床ドレンファンネルを閉止し流下を防止

RB-6-1

堰により東側開口部等からの流下を防止

- ➡ : 溢水経路
- : 溢水評価において期待する流下経路
- : 下階へ
- : 堰

溢水経路(原子炉建屋6階)

地震による溢水
・溢水量 : 123.26m³
・溢水水位 : 0.64m
(6階対策実施後)

地震による溢水
・溢水量 : 0.5m³
・溢水水位 : 0.01m
(6階対策実施後)

- 凡例
- ➡ : 溢水の流下
 - ⊗ : 下階への流下
 - △ : 上階からの流下
 - : 溢水発生区画
 - : 切替区画
 - : 防護対象区域境界線

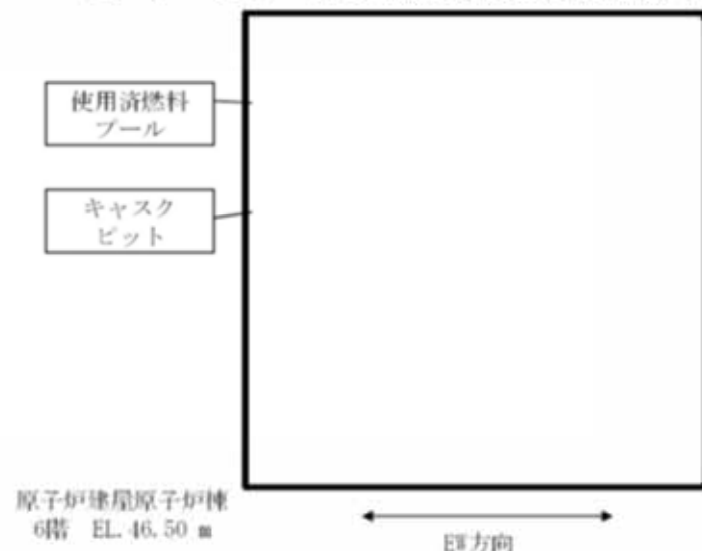
溢水経路(原子炉建屋地下2階西側区画)

溢水経路(原子炉建屋地下2階東側区画)

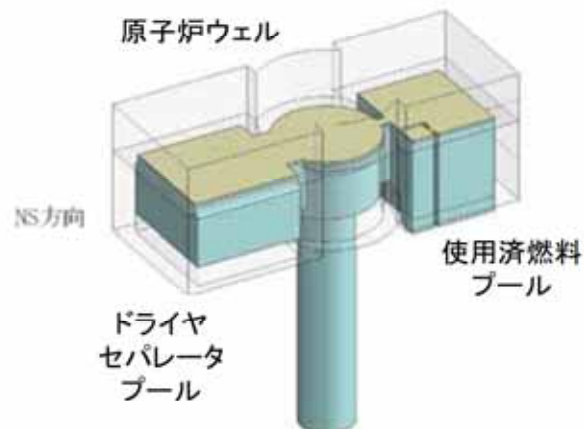
内部溢水-51

○定期事業者検査中の使用済燃料プール等のスロッシングによる溢水量の評価

- ・定期事業者検査中において、基準地震動 S_s によるスロッシングに伴う使用済燃料プール、原子炉ウェル及びドライヤセパレータプールの溢水量を求め、流下により下層階の溢水防護対象設備の安全機能を損なわないよう対策を行う。

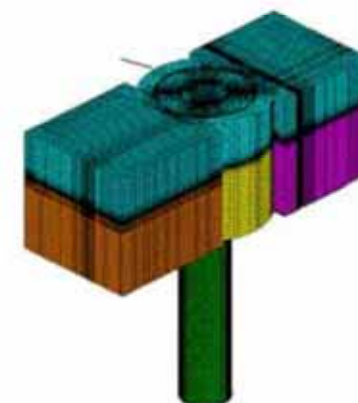


使用済燃料プール等概要図

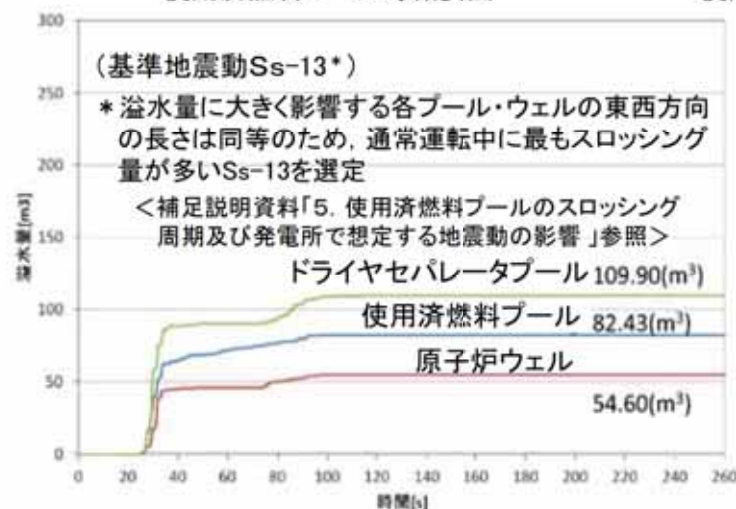


保守的になるよう内部構造物をモデル化しない

使用済燃料プール等のモデル概要図

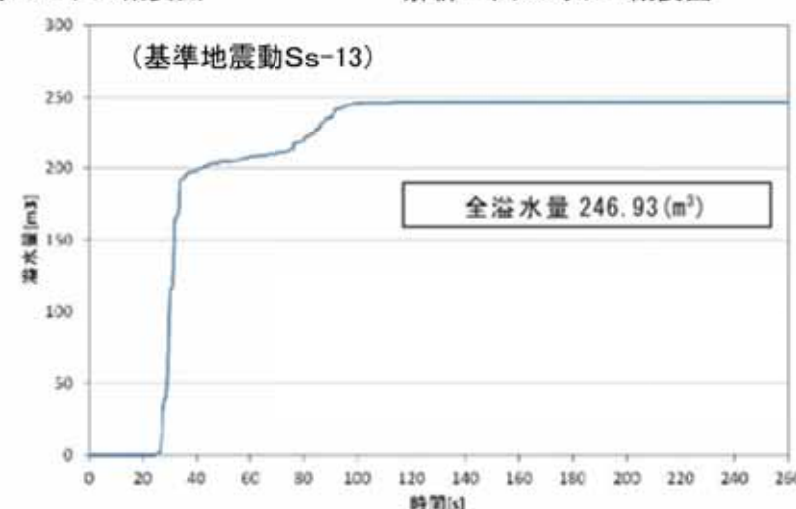


解析モデルメッシュ概要図



時間ごとの溢水量の変化(各プール)

内部溢水-52



時間ごとの溢水量の変化(合計)

○スロッシングによる原子炉建屋6階から下層階への溢水の流下対策（定期事業者検査中）*

- ・原子炉建屋西側区画に通じる床ドレンファンネルを閉止する。
- ・原子炉建屋西側区画に通じる排水開口（2箇所）を閉止する。
- ・上記の対策より溢水を6階から流下させず各プールに戻す。

* 溢水を下層階に流下させない対策

下層階へ溢水影響を及ぼさないよう、原子炉建屋6階から下層階への溢水伝播をすべて防止する。6階に滞留した溢水は、全量が使用済燃料プール、原子炉ウェル及びドライヤセパレータプールへ流下して戻るため、原子炉建屋6階に滞留し続けることはない。

西側区画に通じる床ドレンファンネルを閉止し流下を防止

排水開口を閉止し流下を防止

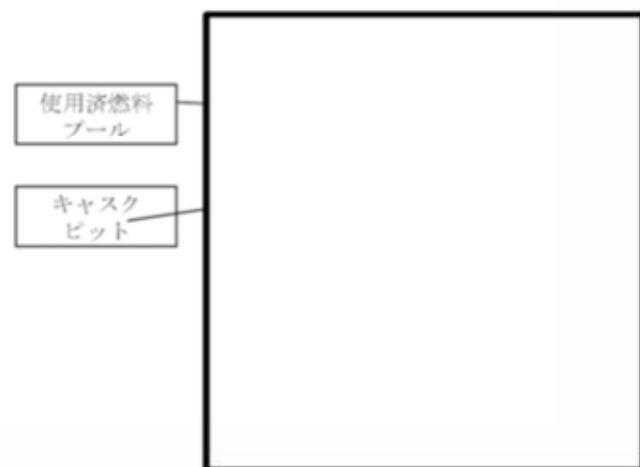
東側区画に通じる床ドレンファンネルを閉止し流下を防止

RB-6-1

堰により東側開口部等からの流下を防止

- ➡：溢水経路
- ：溢水評価において期待する流下経路
- ：下階へ
- ：堰

溢水経路概要（原子炉建屋6階）

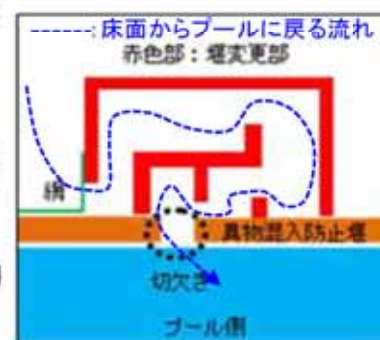


原子炉建屋6階の各プールの堰の高さ

異物混入防止堰有り（高さ10cm）

異物混入防止堰なし（床面からウェルに落水）

異物混入防止堰有り（高さ10cm）



異物混入防止堰の切欠き部処理（平面図）

- ・使用済燃料プールとドライヤセパレータプールには、床との境に10cm高さの縁石（異物混入防止堰）がある。
- ・床面の水位が10cm以下に低下しても溢水をプールにより戻り易くするため、異物混入防止堰に切欠きを設け、迷路構造と網を設置する。

7. 溢水対策設備の運用方法, 点検計画, 健全性確認



(1) 溢水対策設備の運用方法, 点検計画等

＜別紙参照＞

- ・6. に示したとおり, 使用済燃料プールのスロッシングに対する溢水対策設備は, 発電所の**通常運転中又は定期事業者検査中の状態**に応じて溢水対策を一部切り替える必要があるため, これらの**運用方法を保安規定に定め, 詳細を社内規程に記載して管理・運用していく。**

溢水対策設備	通常運転中	定期事業者検査中	運用方法の説明
①溢水拡大防止堰 (エレベータ等用)	設 置	設 置	プラントの状態に関わらず常時設置
②溢水拡大防止堰 (大物機器搬入口側)	設置／取外し	設 置	使用済燃料輸送容器, 使用済燃料乾式貯蔵容器等を原子炉建屋6階に搬出入する際に干渉するため, 通常運転中に一時的に取外し
③残留熱除去系熱交換器 ハッチ止水板	*	*	* 殆どの期間はハッチを閉止して水密性を確保しているが, 熱交換器の補修作業等によるハッチ開放時(10年に1回程度)に限り, ハッチ周囲に止水板を設置
④床ドレンファンネル(主に西側) 排水開口	開運用	閉止運用	・通常運転中 : 開放し, 溢水の下階への排水を許容 ・定期事業者検査中 : 閉止し, 溢水の下階への排水を防止
⑤床ドレンファンネル(主に東側) (常時閉止)	閉 止	閉 止	プラントの状態に関わらず常時閉止。閉止板・モルタル等により完全閉止

(2) 床ドレンファンネル及び床ドレン配管の健全性確認

＜別紙参照＞

- ・内部溢水評価では, 流入した区画の床ドレン配管からの排水に期待せず溢水水位を評価しており, その条件でも原子炉の高温停止及び冷温停止の達成が可能になるよう対処している。 * 補足説明資料「3. 溢水の想定と評価の保守性」参照
- ・上記の評価上の取り扱いに関わらず, **開口部の閉止を行わず排水を考慮する床ドレンファンネル及びドレン配管については, 保安規定等で点検計画を定め, 年1回の通水試験を行い, 健全性の確認を行っていく。**
- ・また, 内部溢水事象静定後のプラント復旧作業に際しては, これらの床ドレン配管に閉塞が生じて溢水が滞留している場合も想定して, 排水ポンプ・仮設ホース等を配備して排水処理が行えるよう対応していく。

使用済燃料プールのスロッシングに伴う溢水対策を図1に示す。

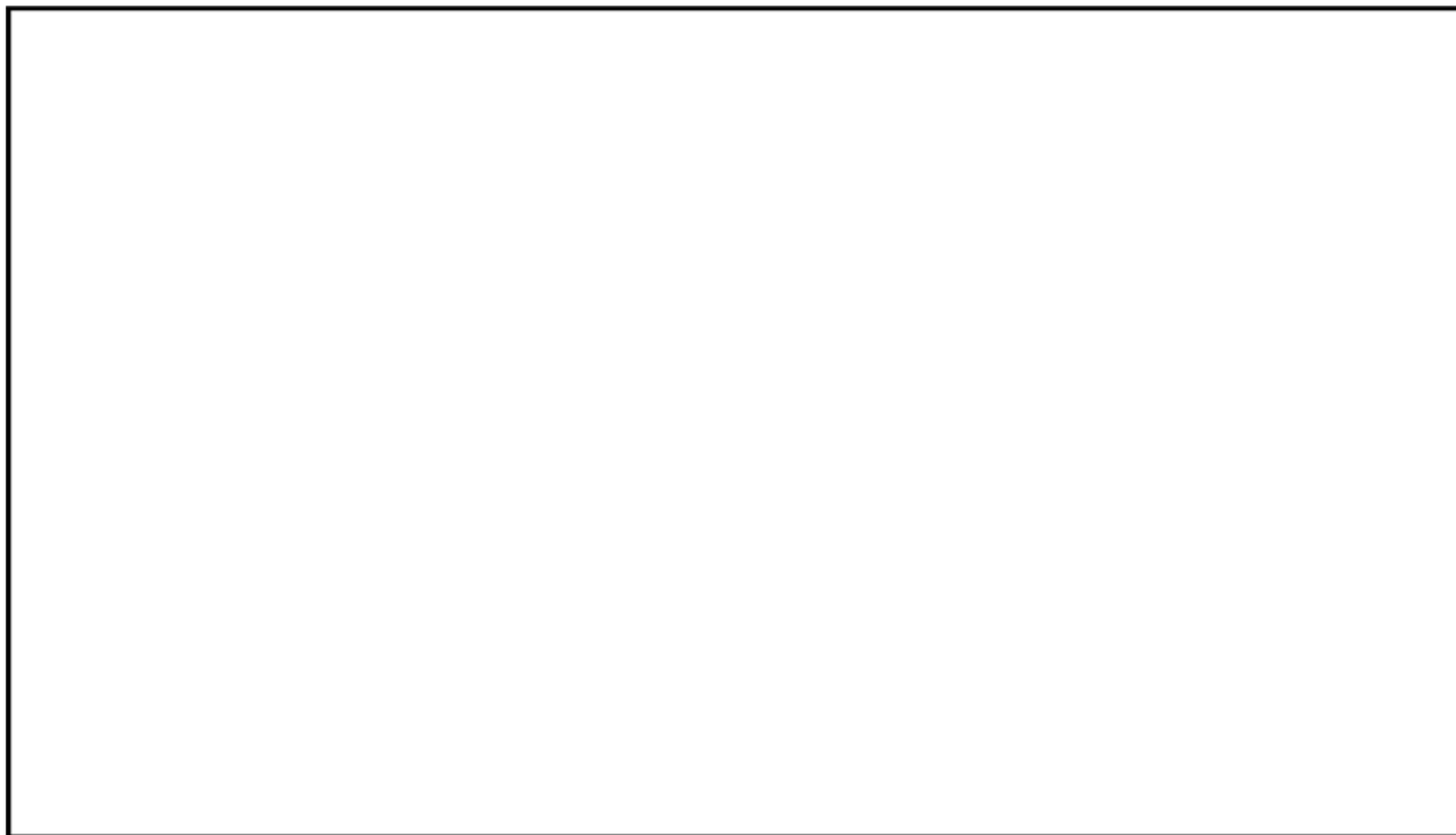
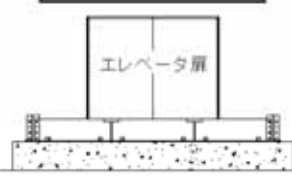
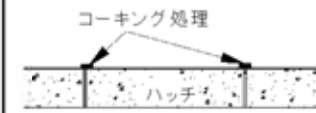
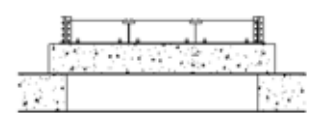
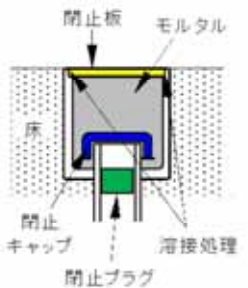
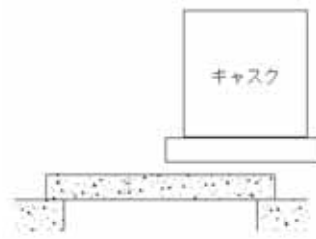
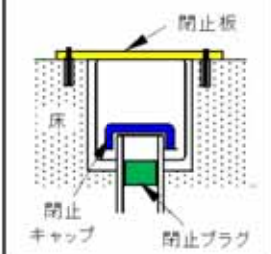


図1 原子炉建屋6階での溢水対策

<別紙> 溢水対策の運用方法, 点検計画, 健全性確認



使用済燃料プールのスロッシングに伴う溢水対策の運用を以下に示す。

	① 溢水拡大防止堰 (緑色)	② RHR熱交換器ハッチ 止水板(青色)	③ 溢水拡大防止堰 (赤色)	床ファンネル及び排水開口	
				●床ファンネル ○:排水開口	●床ファンネル
保安規定 及び 社内規程	・通常運転時, 定期事業者 検査時ともに常時設置とす るため, 設置・取り外しに 関する運用はなし。	・ハッチ開放時(1回/10年程 度)に設置し, ハッチ閉止後 に取り外す運用とする。	・通常運転中のキャスク搬出入 時に銅板部の設置・取り外し を行う運用とする。 ・定期事業者検査時には, 確 実に常時設置する運用とする。	・通常運転中は閉止し ない運用とする。 ・定期事業者検査中は 閉止する運用とする。	・通常運転中及び定期 事業者検査中ともに常 時閉止措置を行うため, 運用はなし。
運用 概念図	通常運転時及び 定期事業者検査時 	ハッチ閉止時 	通常運用状態 	通常運転中 	以下の閉止板, モルタル, 閉止キャップ等のうち, 施工性を考慮し, 実施可能な閉止措置を行う。 
		ハッチ開放時 	ドライキャスク搬出入時 	定期事業者検査中 以下のうち施工性を考慮し, 実施可能な閉止措置を行う。 	

➤ 堰(止水板)の施工について(図2)

構造強度: 堰のボルト取付位置(メス側)は躯体側に固定されることから, 運用による設置時のボルト間の寸法と耐震/強度計算書の評価モデルが同様となり, 基準地震動 S_s に対しても構造強度を確保することは可能であるため, 本施工方法を保安規定に定める。*

止水性能: 鋼板部同士の接合部はゴムパッキンにて止水性を確保する構造であり, モックアップ試験にて止水性を確認した締め代寸法を管理することを保安規定に定める。鋼板部と躯体との接合部はシーリング処理にて止水性を確保する構造であり, モックアップにて確認したシーリング処理の厚さ・脚長を管理することを保安規定に定める。*

* 堰及び止水板の設置時には, 外観点検, ボルトの締め付け力, ゴムパッキンの締め代寸法, シーリング処理の厚さ・脚長等を管理することで, 地震を想定した止水性能を確保できる。



設置前状況



支柱レールの取付状況例



堰設置状況

図2 堰(止水板)の設置例)

➤ 床ファンネル及び排水開口について

(1) 保守管理

- ・排水を考慮する床ドレン配管については, 点検計画を定め, 年1回の通水試験を行い健全性の確認*を行う。

(2) 逆流防止装置の設置及び管理

- ・堰や壁等で区画され溢水発生時に開口部等からの排水を期待しない浸水防護区画の床ドレンファンネルについては, 排水ラインの詰まり等から他区画のドレン水の逆流により浸水するおそれがあるため, 床ドレンファンネルに逆流防止装置を設ける。なお, 当該装置については, 点検計画を定め保守管理を行う。

*ドレン配管の定期的な健全性確認

タンクベント処理装置室内の各ドレンファンネル配管に鉄さび等による閉塞部位や狭隘化した部位を確認したことから, 管理区域内で放射能を含んだ液体を排水する各ドレンファンネル配管については, 定期的に健全性確認するため, 通水確認することを点検計画に反映している。また, その排水状況により修繕を行う。

(3) 閉止板の施工について(図3, 図4)

構造強度: 取付ボルトの設置位置(メス側)は躯体側に固定されることから, 運用による設置時のボルト間の寸法と耐震性及び強度の評価モデルと同様となり, 構造強度を確保することは可能であるため, 本施工方法を保安規定に定める。*

止水性能: 鋼板部同士の接合部はゴムパッキンにて止水性を確保する構造であり, モックアップ試験にて止水性を確認した締め代寸法を管理することを保安規定に定める。*

* 閉止板の設置時には, 外観点検, ボルトの締め付け力, ゴムパッキンの締め代寸法等を管理することで, 地震を想定した止水性能を確保できる。

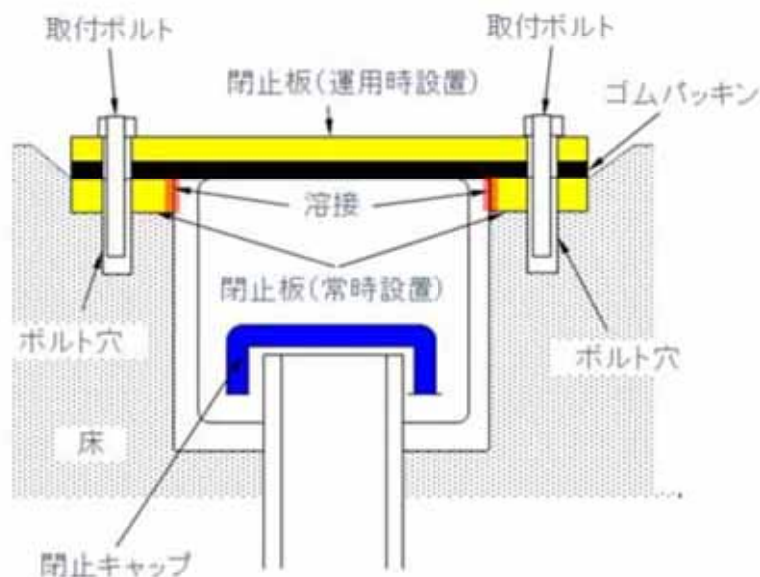


図3 閉止板の概要

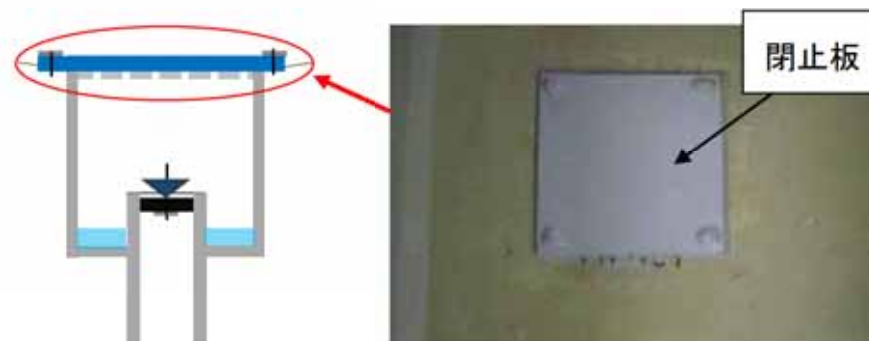


図4 床ファンネルへの閉止例

＞その他

(1) 溢水の滞留に対する措置について

- ・原子炉棟6階において、溢水の滞留に対する措置として、プール廻りには異物混入防止を目的とした縁石（高さ約0.10m）を設置している（図5）。滞留する水位が0.10 m以下となった場合においても、溢水が各プールへ戻りやすくするよう、使用済燃料プール及びドライヤセパレータープール廻りの縁石の一部に切欠きを設置している。（図6）
- ・切欠きについては、従来の異物混入防止を考慮するだけでなく、スロッシング水の越流による物品の流入や作業における仮置物品などの流入を防止するために迷路構造とし、また流入部には異物混入防止の網を設置する。
- ・上記の措置に加えて、原子炉建屋6階エリアは、社内規程に従い特定異物混入防止管理区域として管理し、持込み工具や資機材と消耗品等物品の搬出入管理、機材の固縛や固定等の実施及び監視人の配置や表示による管理を行い、これに加えてスロッシング等の溢水を考慮した物品の固定や保管管理を行い、溢水時のプール等への物品の流入を抑制していく。



図5 使用済燃料プール及びドライヤセパレータープール縁石位置

内部溢水-60

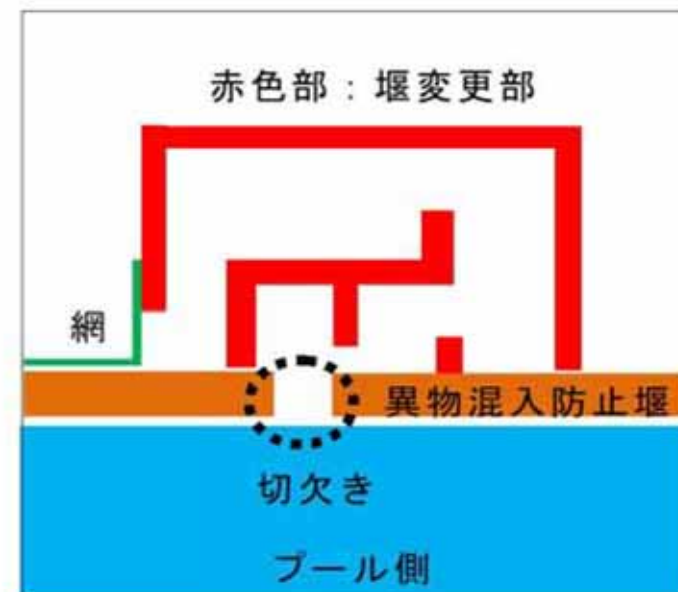


図6 切り欠き概要（平面図）

(2) 排水ライン閉塞時における排水処理について

- ・原子炉棟6階において、排水開口及びプール廻りの縁石の切欠き部に閉塞が発生した場合を想定し、滞留水が発生する場合は、排水ポンプ等にて他フロアの既設ファンネルを利用し排水を実施する。具体的には、ドレンラインや排水受入れ先の廃棄物処理系設備の復旧、若しくは健全性の確認後、各階段室を通して下層階に仮設ホースを設置し、健全が確認されたファンネルに排水を行う。必要な排水作業について図7に示す。
- ・溢水したスロッシング水を再びプール側に戻す場合、水質悪化等による燃料等への影響が考えられるが、各浄化系統を復旧することで、設備等への大きな影響はないと考える。なお、異物の有無を確認するため燃料や炉内の点検を実施する。

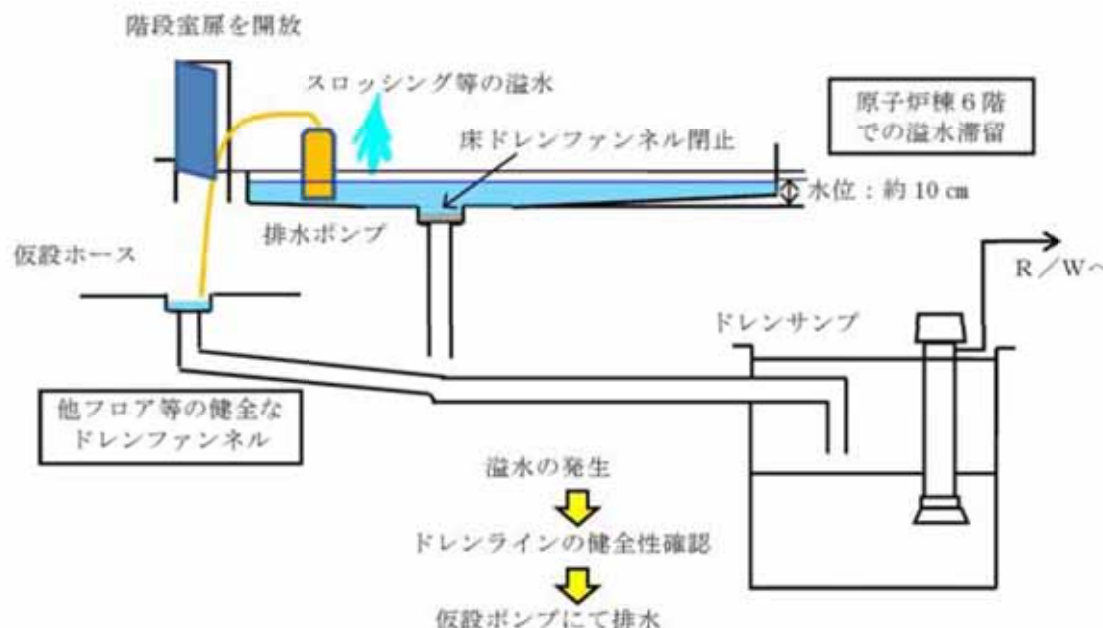


図7 排水作業概要

東海第二発電所

電源設備への対応について(改訂版)

2021年2月16日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、☐ は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

1. 電源設備に関する基本方針	3
2. 電源設備の概要	5
3. 電源設備の主要な変更	7
① 電源の多様化(代替電源(交流)の確保)	8
② 電源の多様化(代替電源(直流)の確保)	11
③ 直流電源設備の増強	14
④ 耐震性の向上(外部電源受電設備の強化)	15
⑤ 耐震性の向上(電線路間水平距離の確保)	16
4. まとめ・結論	17

補足説明資料 電源設備への対応について

1. 電源設備に関する基本方針

<福島第一原子力発電所の事故の推移と教訓(電源確保に関して)>

- ① 地震による送電系統損傷により外部電源からの受電が喪失したが、発電所内の非常用ディーゼル発電機が設計どおりに作動し、事故当初は所内の交流電源*¹、直流電源*²とも供給可能だった。
- ② その後の想定を超える津波襲来により、非常用ディーゼル発電機の海水ポンプ*³の浸水等によりディーゼル発電機が機能喪失して交流電源が喪失、さらに、建屋への津波浸水により蓄電池や配電盤も冠水し機能喪失して直流電源も喪失、シビアアクシデント(炉心損傷・放射性物質放出等)に至った。
- ③ 地震津波の被害、配電盤損傷等により、電源の回復にも時間を要し、被害拡大の抑制が遅れた。

*¹ 交流電源：主にポンプモータの駆動等に用いる電源

*² 直流電源：主にプラントの状態監視・制御に用いる電源

*³ 海水ポンプ：非常用ディーゼル発電機を冷却するためのポンプ

↓ 電源確保に関する事故の教訓

事故の大きな要因は、

必要な電源が確保されなかったこと。

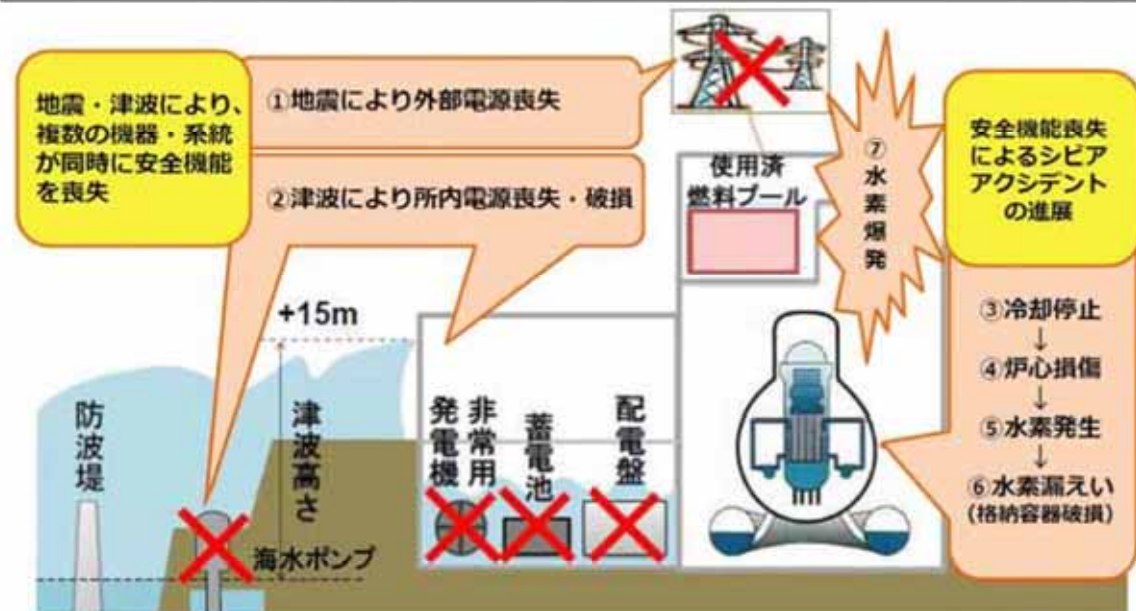
◆ 外部事象による共通原因故障に係る脆弱性を克服する観点から電源の多様性が図られていなかったこと。

◆ 交流電源が復帰する前に直流電源が枯渇し、全注水機能及び監視機能を喪失したこと。

◆ 外部電源の回復に要する時間の目標が明確でなかったこと。

◆ 配電盤等の設備が冠水等の厳しい環境に耐えられるものになっていなかったこと。

- 福島第一原発事故では地震や津波により、複数の機器・系統が同時に安全機能を喪失
- さらに、その後のシビアアクシデントの進展を食い止めることができなかった



1. 電源設備に関する基本方針

＜福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえた電源設備に係る主な基本方針＞

----- 電源確保に関する事故の教訓 -----

◆電源の**多様性**が図られていなかった。



非常用ディーゼル発電機が機能喪失した場合を想定し、**常設代替高圧電源装置**、**可搬型代替低圧電源車等**を設置することにより、**電源を多様化する**。

◆**交流電源**が復帰する前に**直流電源**が**枯渇**した。



代替交流電源の復旧まで電源(直流)の供給を行えるよう、**蓄電池の容量を増加する**。

◆外部電源の回復に要する**時間**の目標が明確でなかった。



外部事象(地震・津波等)等による**7日間の外部電源喪失を仮定**しても、非常用ディーゼル発電機等の運転を続けるための燃料を確保する。[要求の明確化]

◆冠水等の厳しい**環境**に耐えられるものになっていなかった。

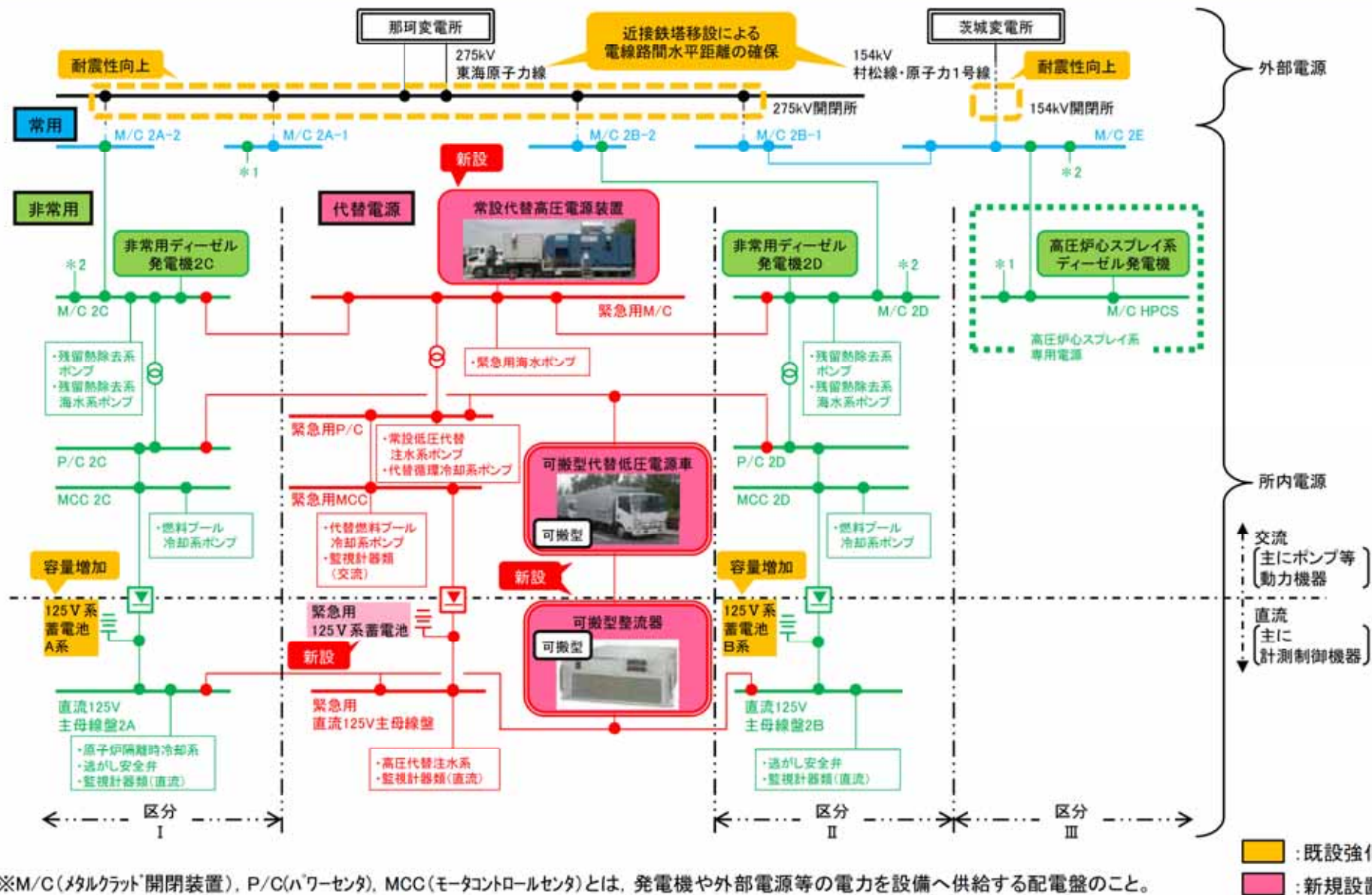


津波による浸水等の溢水対策については、第7回「内部溢水」にて説明済。

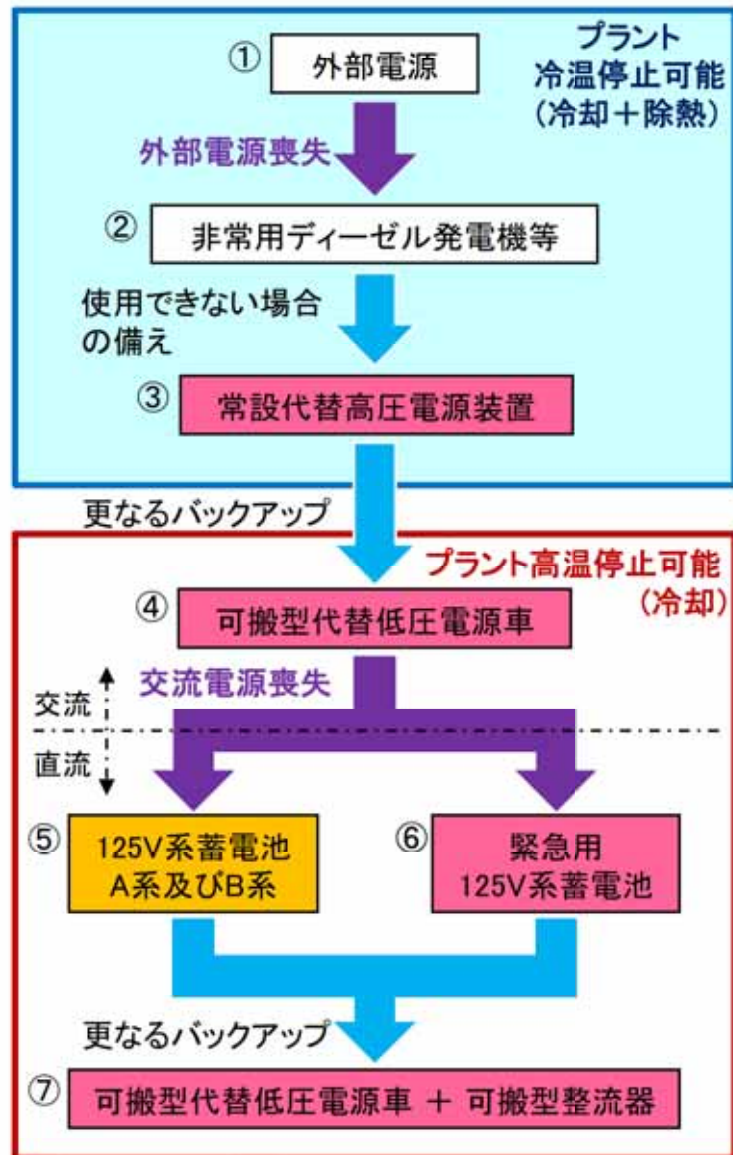
外部電源を受電する**開閉所設備は、耐震性の高い機器とする**。

近接している鉄塔を倒壊範囲外へ移設し、**電線路間の水平距離を確保する**。

2. 電源設備の概要



2. 電源設備の概要



■ : 既設強化 ■ : 新規設置

給電対象負荷一覧

機能	系統	冷温停止 (冷却+除熱)			高温停止 (冷却)			
		① 外部電源	② 非常用ディーゼル発電機等	③ 常設代替高压電源装置	④ 可搬型代替低压電源車	⑤ 125V系蓄電池 A系及びB系	⑥ 緊急用 125V系蓄電池	⑦ 可搬型代替低压電源車 + 可搬型整流器
炉心冷却 ※1	高压炉心スプレイ系	○	○	—	—	—	—	—
	高压代替注水系	○	○	○	○	—	○	○
	原子炉隔離時冷却系	○	○	○	○	○	—	○
	低压 ECCS系	○ (2系列)	○ (2系列)	○ (1系列)	※3	※3	※3	※3
	低压代替注水系 (常設)	○	○	○	○	※3	※3	※3
除熱 ※1	残留熱除去系	○	○	○	—	—	—	—
	代替循環冷却系	○	○	○	※4	—	—	—
SFP ※2 冷却 ※1	燃料プール冷却系	○	○	—	—	—	—	—
	代替燃料プール冷却系	○	○	○	○	※3	※3	※3
補機冷却 ※1	緊急用海水系	○	○	○	※3	—	—	—
監視	監視計器類	○ (交流+直流)	○ (交流+直流)	○ (交流+直流)	○ (交流+直流)	○ (直流)	○ (直流)	○ (直流)

※1: 起動・制御に関するものを含む。

※2: SFPは、使用済燃料プール (Spent Fuel Pool) の略

※3: 可搬型注水設備 (ポンプ車等) により、炉心冷却等を実施

※4: 他負荷を使用しない場合は運転可能

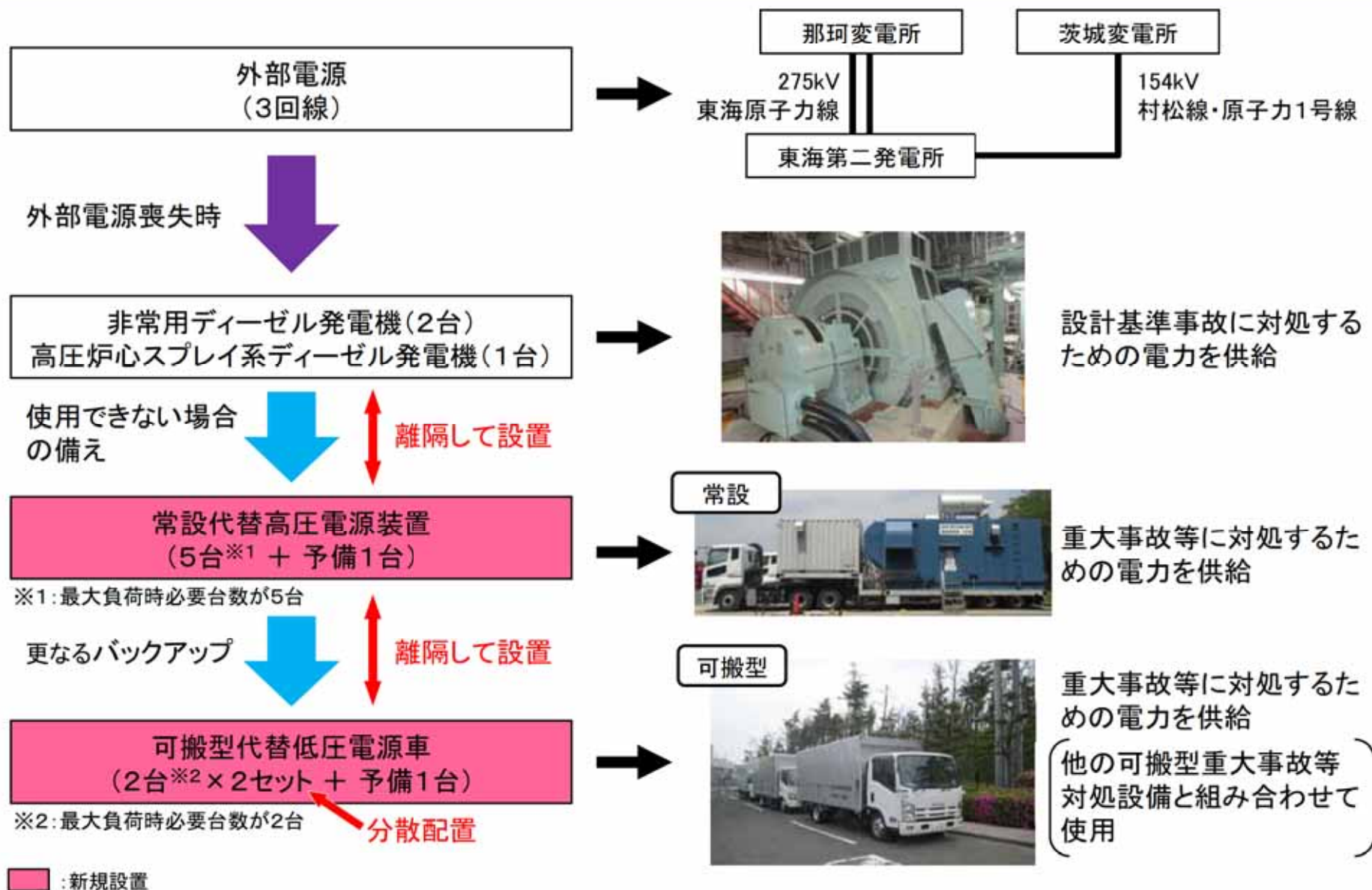
電源設備-6

3. 電源設備の主要な変更



安全性向上 の考え方	項目	従来の方策	新規制対応	備考
<u>電源の 多様化</u>	代替電源 (交流)の 確保	重大事故等対 応用の代替電 源なし。	① 常設代替交流電源設備として 常設代替高圧電源装置 を設 置。可搬型代替交流電源設備として 可搬型代替低圧電源車 を配備	新規
	代替電源 (直流)の 確保	重大事故等対 応用の代替電 源なし。	② 負荷切り離しを行わず24時間にわたり、電源(直流)の供給 を行うことが可能な 緊急用125V系蓄電池 を設置。 また、24時間にわたり、重大事故等の対応に必要な設備に 電源(直流)の供給を行うことが可能である可搬型直流電 源設備として 可搬型代替低圧電源車と可搬型整流器 を配備	新規
<u>交流電源 復帰までの 直流電源の 確保</u>	直流電源設 備の増強	125V系蓄電池 A系及びB系が、 8時間電源(直 流)を供給	③ 125V系蓄電池A系及びB系は 、負荷切り離しを行わずに8時 間、その後、必要な負荷以外を切り離して残り16時間の合計 24時間にわたり電源の供給を行うことを可能とするため、 容 量を増加 。(24時間後には交流電源の復旧が期待できるた め、安全性が向上)	強化
<u>耐環境性の 向上</u>	耐震性の 向上	外部電源を受 電する開閉所 設備は、気中開 閉所	④ 外部電源を受電する開閉所設備を、 耐震性の高いガス絶縁 開閉装置 とする。	強化
		鉄塔基礎は安 定した場所に設 置	⑤ 電線路の近接箇所である275kV東海原子力線No2鉄塔－ 154kV原子力1号線 No5 鉄塔間について、 154kV原子力1号 線 No5鉄塔を倒壊範囲外へ移設 し、電線路間の水平距離を 確保する。	強化

3. ① 電源の多様化(代替電源(交流)の確保)



3. ① 電源の多様化(代替電源(交流)の確保)

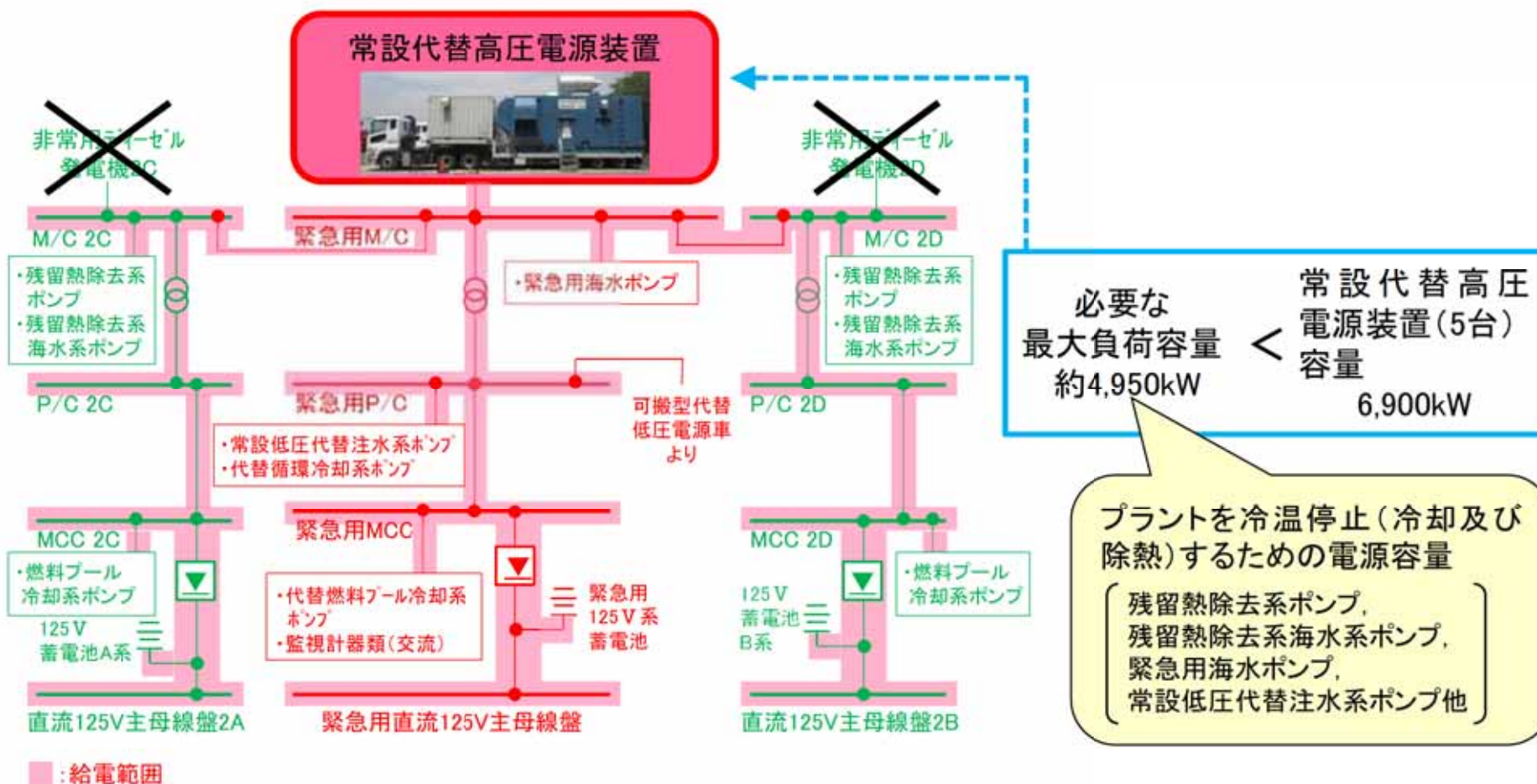


多重化されている
非常用ディーゼル発電機が
両系統機能喪失



代替交流電源設備から重大事故等対処設備へ電力を
供給し、重大事故等への対処を可能とする。

- ・ 常設代替交流電源設備…**常設代替高圧電源装置**
- ・ 可搬型代替交流電源設備…可搬型代替低圧電源車



3. ① 電源の多様化(代替電源(交流)の確保)

多重化されている
非常用ディーゼル発電機が
両系統機能喪失



代替交流電源設備から重大事故等対処設備へ電力を供給し、重大事故等への対処を可能とする。

- ・ 常設代替交流電源設備…常設代替高圧電源装置
- ・ 可搬型代替交流電源設備…**可搬型代替低圧電源車**



■: 給電範囲

原子炉への低圧注水,
使用済燃料プールの冷却及び
直流負荷のための電源容量

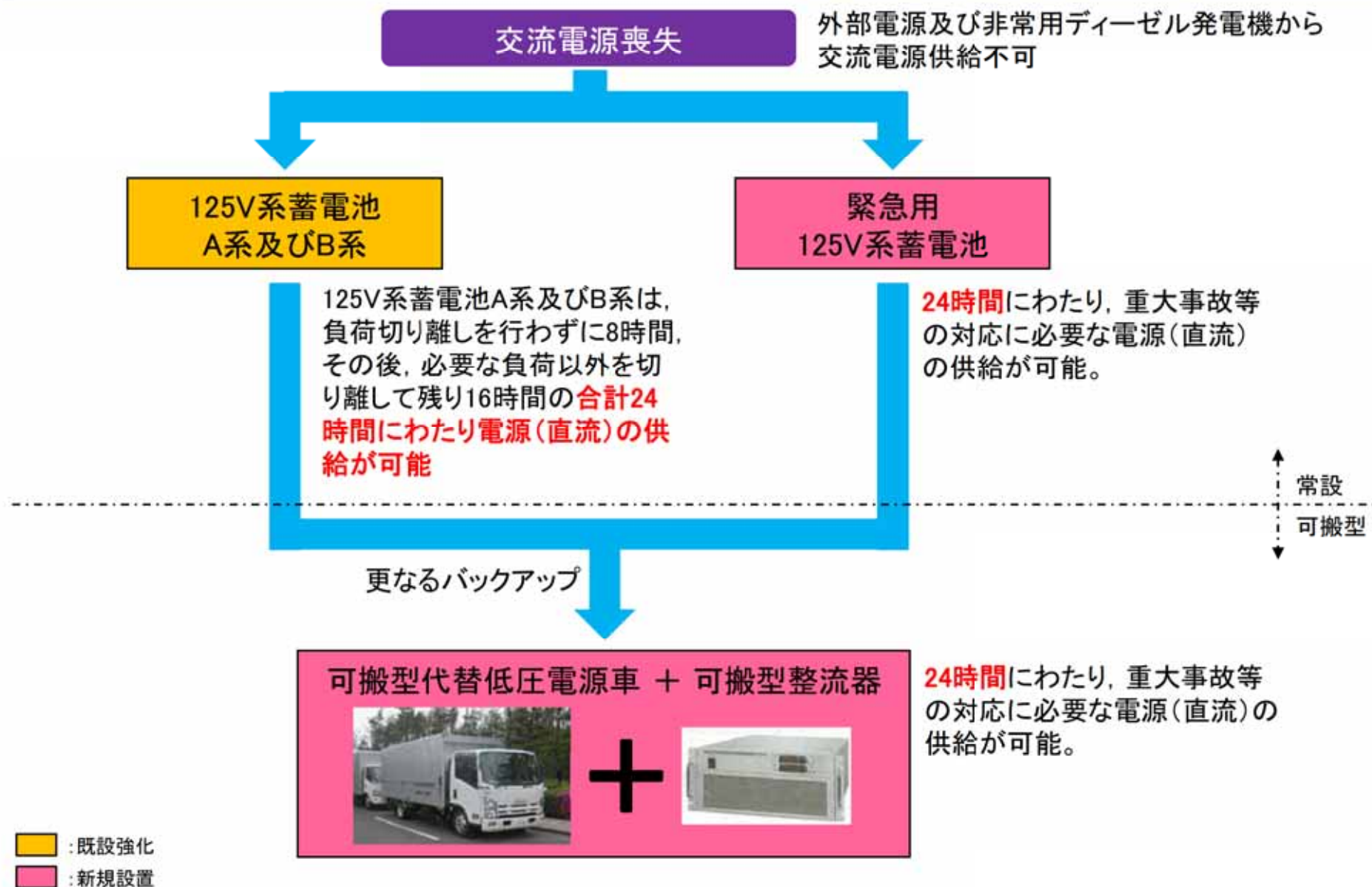
〔常設低圧代替注水系ポンプ,
代替燃料プール冷却系ポンプ,
125V充電器盤, 監視計器類他〕

必要な
最大負荷容量 約680kW < 可搬型代替低圧
電源車(2台)容量 800kW

可搬型代替低圧電源車は、以下の負荷が含まれていないため、
常設代替高圧電源装置と比べて容量が小さい。

・ 除熱機能に関する負荷(除熱はフィルタベント設備にて対応)

3. ② 電源の多様化(代替電源(直流)の確保)



3. ② 電源の多様化(代替電源(直流)の確保)

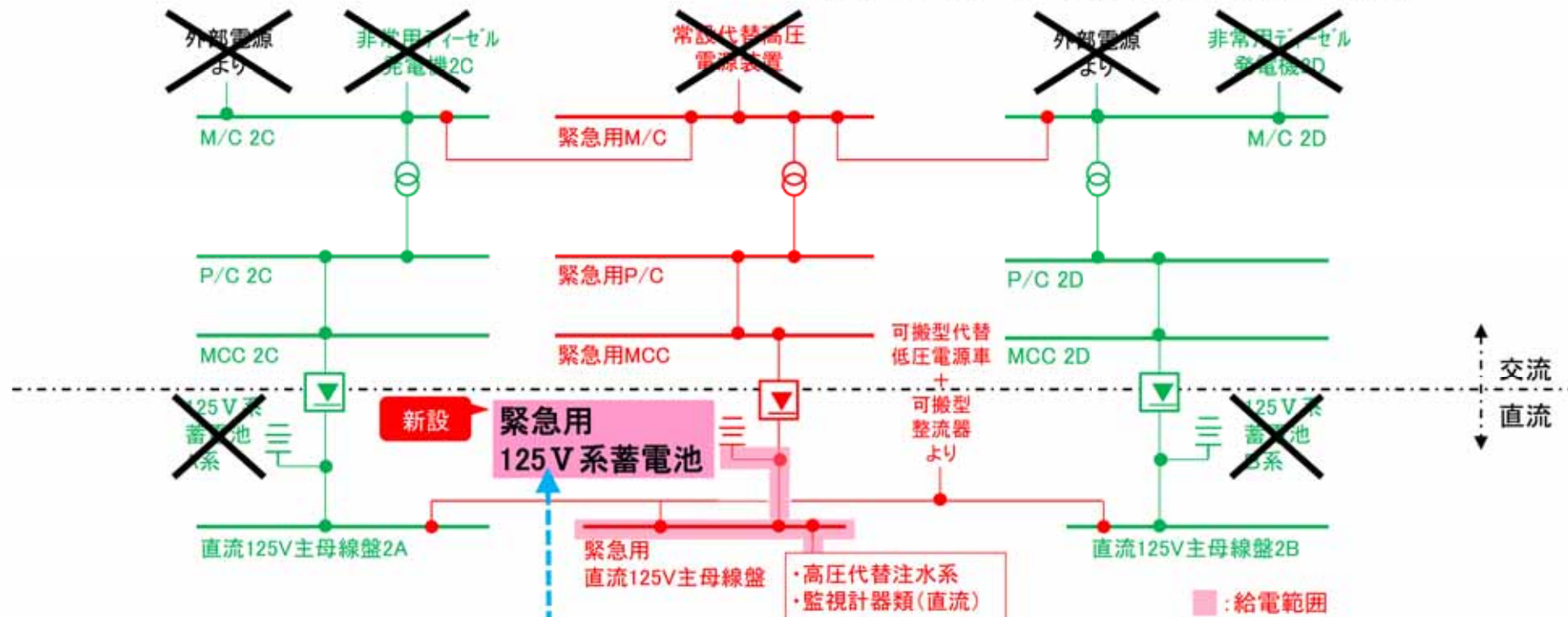
交流電源喪失



代替直流電源設備から重大事故等対処設備へ電力を供給し、重大事故等への対処を可能とする。

- ・ 常設代替直流電源設備… **緊急用125V系蓄電池**
- ・ 可搬型代替直流電源設備

…可搬型代替低圧電源車及び可搬型整流器



重大事故等時に使用する
代替注水及び監視計器
(直流)のための電源容量
(高圧代替注水系、監視計器類 他)

必要な
最大負荷容量 < 緊急用125V系
約5,530Ah 蓄電池容量
6,000Ah

3. ② 電源の多様化(代替電源(直流)の確保)

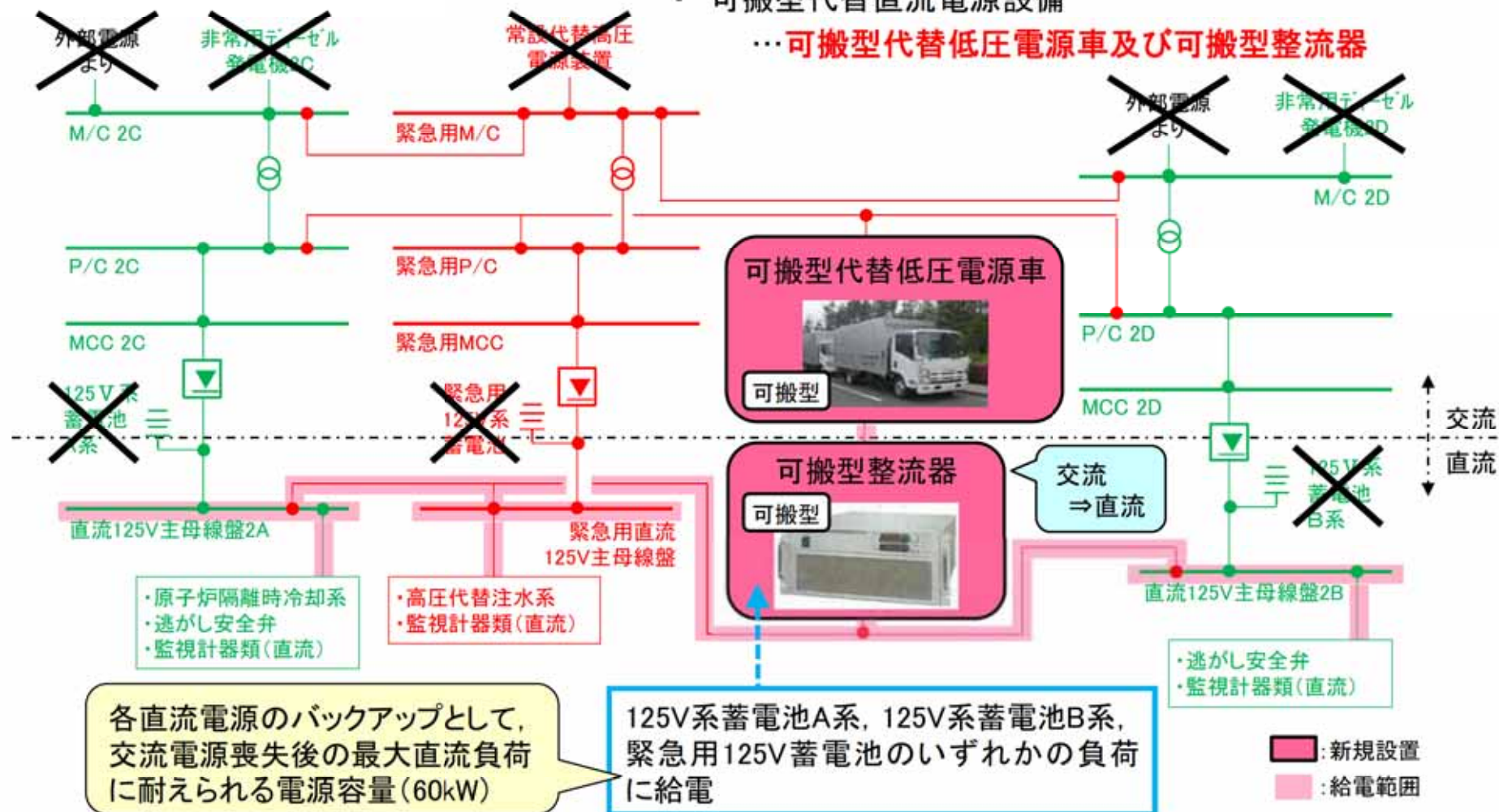
交流電源喪失



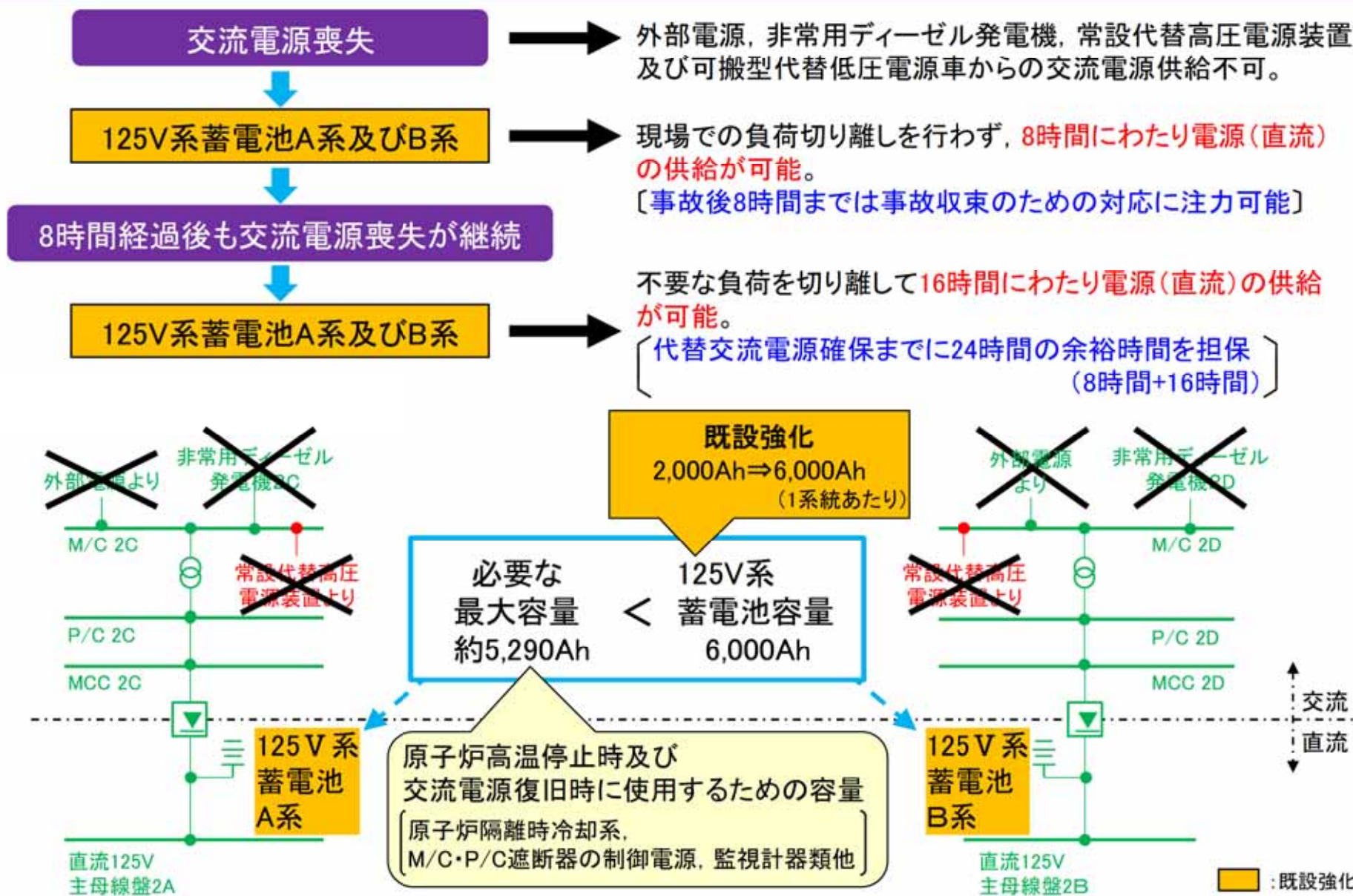
代替直流電源設備から重大事故等対処設備へ電力を供給し、重大事故等への対処を可能とする。

- ・ 常設代替直流電源設備… 緊急用125V系蓄電池
- ・ 可搬型代替直流電源設備

…可搬型代替低圧電源車及び可搬型整流器



3. ③ 直流電源設備の増強



3. ④ 耐震性の向上(外部電源受電設備の強化)

外部電源を受電する開閉所設備を
気中開閉所機器から**ガス絶縁開閉装置**
とする。



- ガス絶縁開閉装置は、構造上、
気中開閉所機器よりも重心が
低いため**耐震性が高い**。
- コンパクトな配置が可能であり、
メンテナンス性も良い。



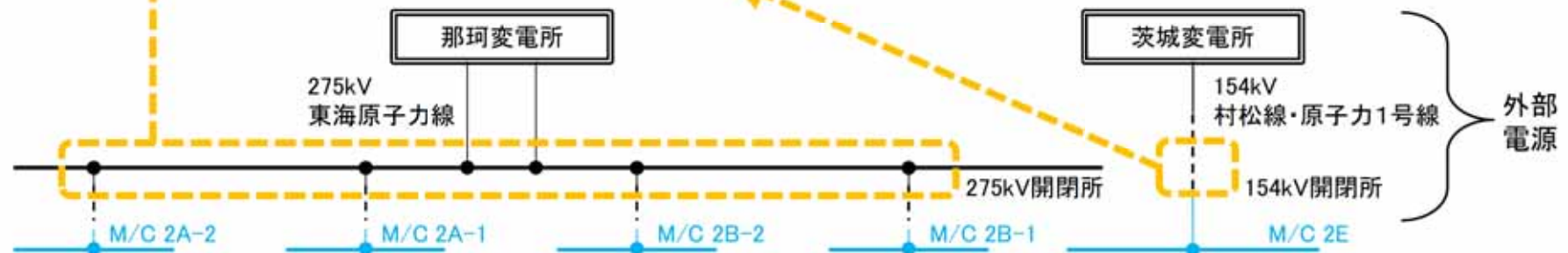
気中開閉所



気中開閉所



ガス絶縁開閉装置(イメージ)

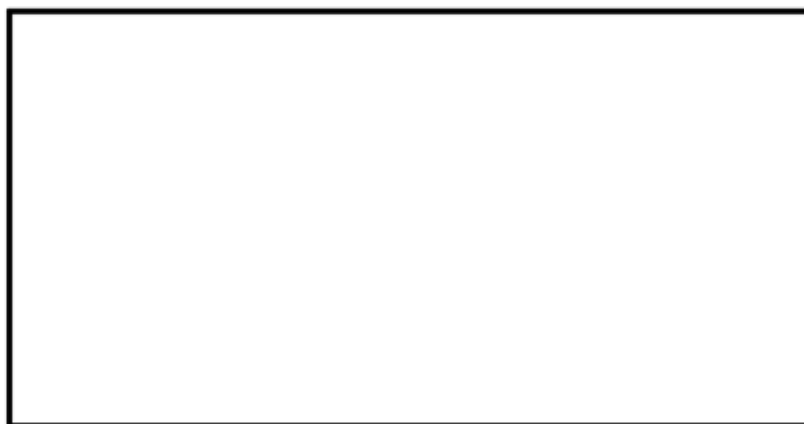


3. ⑤ 耐震性の向上(電線路間水平距離の確保)

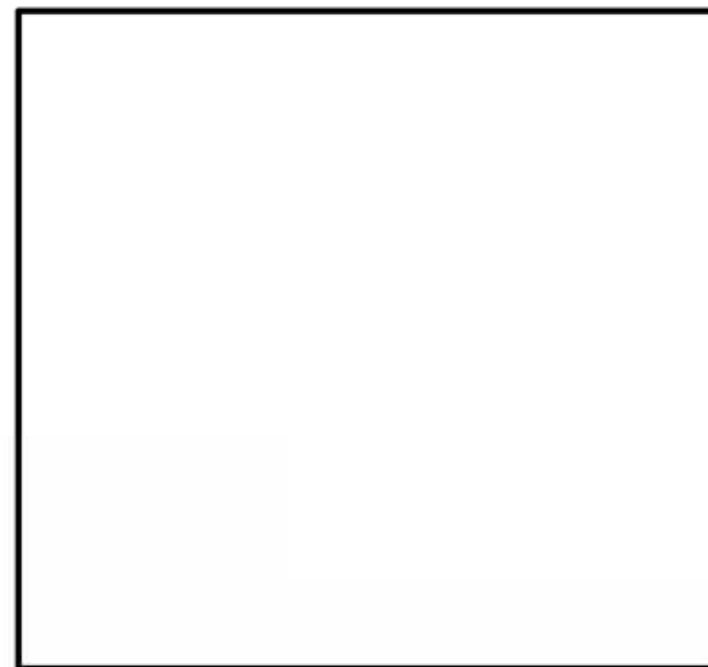
電線路の近接箇所である275kV東海原子力線 No2鉄塔－154kV原子力1号線 No5 鉄塔間について、**154kV原子力1号線 No5鉄塔を275kV東海原子力線 No2鉄塔の倒壊範囲外へ移設**(移設場所は2018年3月末頃までに決定予定)



仮に1つの鉄塔が倒壊しても、すべての送電線が同時に機能喪失しない**電線路間の水平距離を確保**する。



第1図 外部電源送電線ルート



第2図 発電所敷地周辺の鉄塔配置

- ◆常設代替高圧電源装置，可搬型代替低圧電源車等の新設により電源が多様化され，外部電源喪失及び非常用ディーゼル発電機が使用できない場合においても，プラントの停止・冷却に関わる安全確保が可能。
- ◆蓄電池容量を増加することにより，代替交流電源確保までの十分な時間を確保し，安全性を向上。
- ◆外部電源を受電する開閉所設備を耐震性の高いガス絶縁開閉装置とすること及び近接している鉄塔を倒壊範囲外へ移設し，電線路間の水平距離を確保することにより，外部電源の信頼性が向上。

補足説明資料 電源設備への対応について

補足説明資料 目次

1. 規制要求と対応(電源設備における安全性の向上)	20
2. 電源設備の共通要因等への対応について	32
3. 原子力発電所の施設の保全に関する実施方針と代替電源設備の扱い	49
4. 可搬型代替低圧電源車及び電源ケーブル接続口の扱い	53
5. 発電所の交流電源の復旧時間について	54
6. 代替電源設備の負荷容量及び燃料確保について	60
7. 常設代替高圧電源装置の竜巻飛来物の影響とセキュリティ上の対応について	71

1. 規制要求と対応(電源設備における安全性の向上)(1/2)



安全性向上 の考え方	項目	従来の対策	新規制対応	備考
—	電力系統への 連系	・275kV送電線(東京電力パワーグリッド株式会社東海原子 力線)1ルート2回線及び154kV送電線(東京電力パワーグ リッド株式会社村松線・原子力1号線)1ルート1回線で電 力系統に連系した設計とする。	同 左	別紙1
—	電線路の独立	・275kV送電線は、東京電力パワーグリッド株式会社那珂変 電所に、154kV送電線は、東京電力パワーグリッド株式会 社茨城変電所に接続する。	同 左	
—	電線路の物理 的分離	・東京電力パワーグリッド株式会社東海原子力線2回線及 び村松線・原子力1号線は、同一の送電鉄塔に架線しない よう、それぞれに送電鉄塔を備える設計であることを確認 している。	同 左	
—	非常用電源設 備の設置	・非常用電源設備として非常用ディーゼル発電機(高圧炉心 スプレイ系ディーゼル発電機を含む)及び蓄電池は非常用 (非常用)を設ける設計とする。	同 左	別紙2
—	異常の検知及 び拡大の防止	・発電機、外部電源系、非常用電源系、その他の関連する 電気系統機器の短絡や地絡又は母線の低電圧や過電流 等を保護継電器にて検知した場合は、ガス絶縁開閉装置 あるいはメタルクラッド開閉装置等の遮断器により故障箇 所を隔離することにより、故障による影響を限定できる設 計とする。	同 左	別紙3
<u>外部電源の 確保</u>	電力の供給停 止の防止	・外部電源を受電する開閉所設備は気中開閉所である。	・外部電源を受電する開閉所 設備を耐震性の高いガス 絶縁開閉装置とする。	(強化)*

* 本文「3. ④ 耐震性の向上(外部電源受電設備の強化)」参照

1. 規制要求と対応(電源設備における安全性の向上)(2/2)

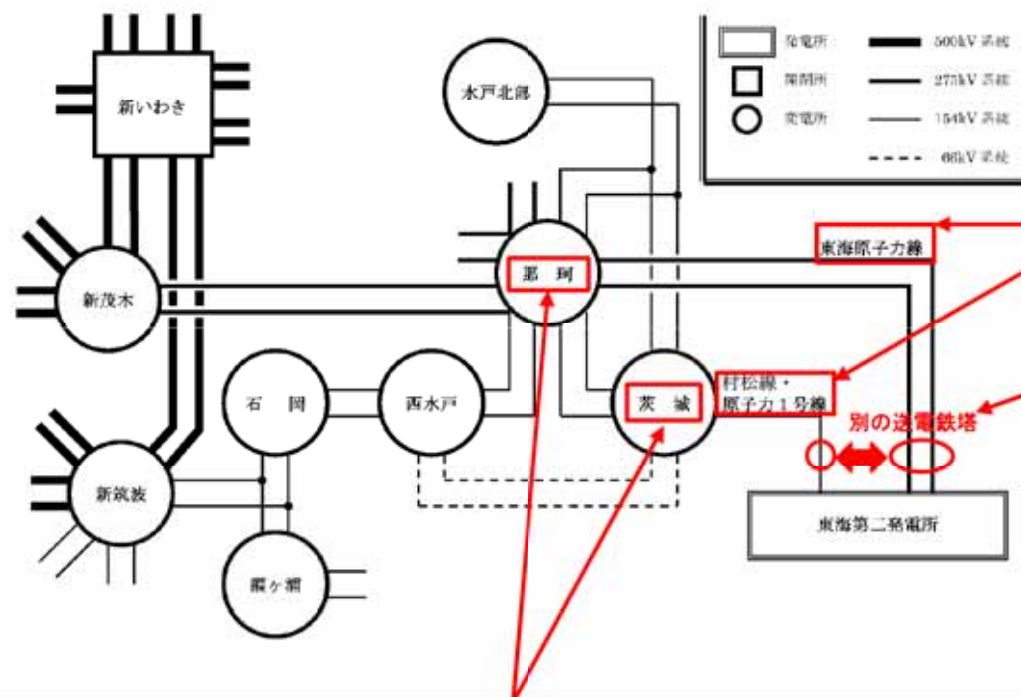


安全性向上 の考え方	項目	従来対策	新規制対応	備考
—	非常用 電源設備 の設置	・非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む)及びその付属設備は、多重性及び独立性を考慮して必要な容量のものを各々別の場所に3台備え、共通要因により機能が喪失しない設計とするとともに、各々非常用母線に接続し、7日間の連続運転に必要な容量以上を有する軽油タンクを設置する。	同 左	別紙4
		・蓄電池は非常用3系統をそれぞれ独立した部屋に設置し、多重性及び独立性を確保し、共通要因により機能が喪失しない設計とする。	同 左	別紙5
SA用電源の 確保	重大事故 等対処設 備の設置	・重大事故等対処設備なし。	・常設代替交流電源設備として常設代替高圧電源装置を設置。 ・可搬型代替交流電源設備として可搬型代替低圧電源車を配備。 ・負荷切り離しを行わず24時間にわたり、電源の供給を行うことが可能な緊急用125V系蓄電池を設置 ・代替所内電気設備として緊急用メタルクラッド開閉装置、緊急用パワーセンタ及び緊急用モータコントロールセンタ等を設置	別紙6 (新規)
			・125V系蓄電池A系及びB系は、負荷切り離しを行わずに8時間、その後、必要な負荷以外を切り離して残り16時間の合計24時間にわたり、電源の供給を行うことを可能とするため容量を増加。 (現状は8時間の設計。24時間後には交流電源の復旧が期待できるため、安全性が向上) ・24時間にわたり、重大事故等の対応に必要な設備に電源(直流)の供給を行うことが可能である可搬型直流電源設備として可搬型代替低圧電源車と可搬型整流器を配備する。	別紙7 (新規)

<別紙1> 規制要求と対応 <保安電源設備(第33条)>



- 1 発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。
- 4 設計基準対象施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであって、当該設計基準対象施設を電力系統に連系するものでなければならない。
- 5 前項の電線路のうち少なくとも一回線は、設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるものでなければならない。
- 6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の工場等の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないものでなければならない。



275kV送電線(東京電力パワーグリッド株式会社東海原子力線)1ルート2回線及び154kV送電線(東京電力パワーグリッド株式会社村松線・原子力1号線)1ルート1回線で電力系統に連系した設計とする。

東京電力パワーグリッド株式会社東海原子力線2回線及び村松線・原子力1号線1回線は、同一の送電鉄塔に架線しないよう、それぞれに送電鉄塔を備える設計であることを確認している。

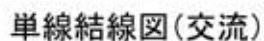
これらの送電線は1回線で発電所の停止に必要な電力を供給し得る容量とされ、いずれの2回線が喪失しても、発電用原子炉施設が外部電源喪失に至らない構成であることを確認している。

275kV送電線は、東京電力パワーグリッド株式会社那珂変電所に連系する。
154kV送電線は、東京電力パワーグリッド株式会社茨城変電所に連系する。

275kV送電線の送電容量: 約1138MW(1回線当たり)
及び154kV送電線の送電容量: 約269MWは、非常用
ディーゼル発電機容量: 5200kW以上。

 ぎんぎん

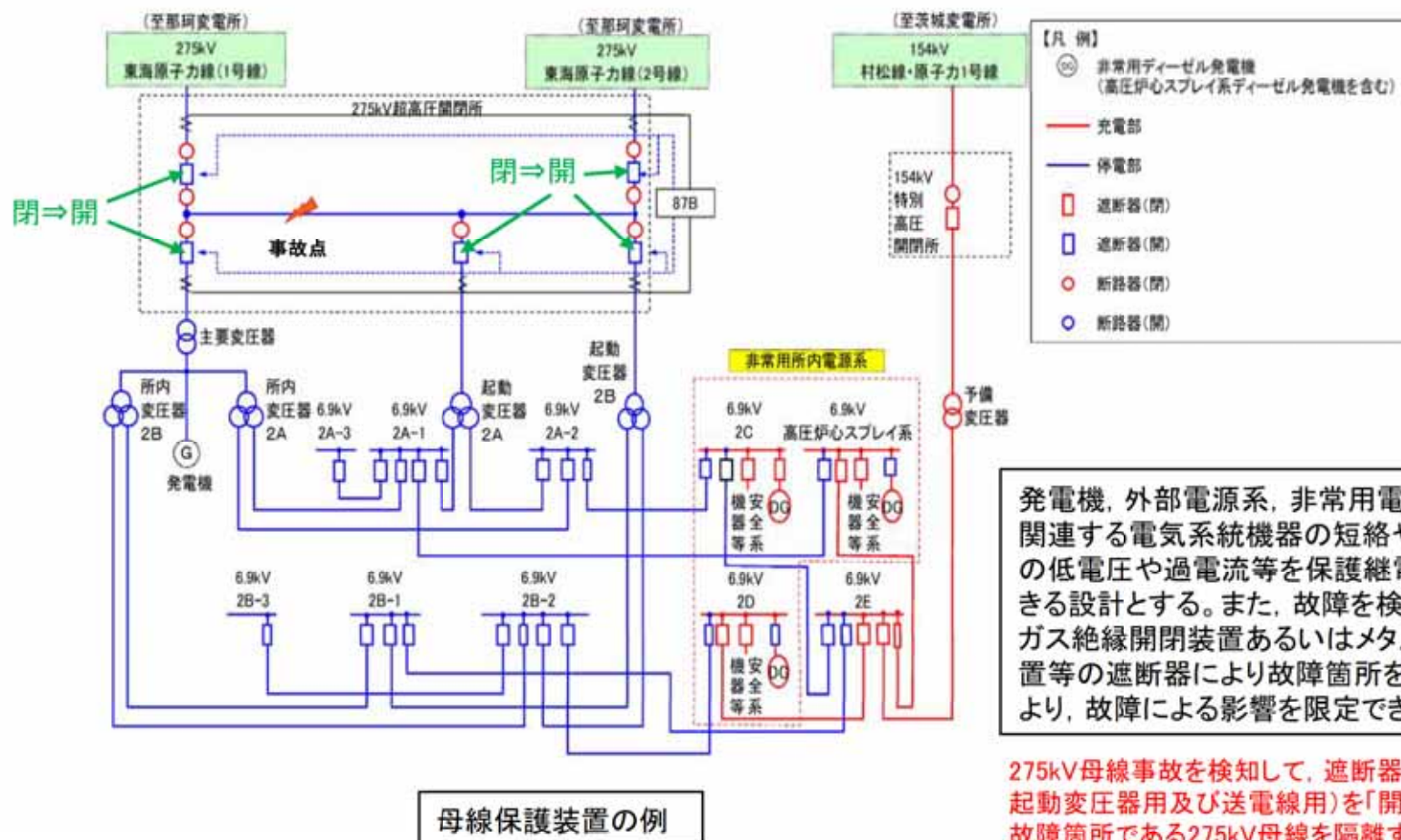
非常用電源設備として非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）及び蓄電池（非常用）を設ける設計とする。



<別紙3> 規制要求と対応 <保安電源設備(第33条)>



- 3 保安電源設備(安全施設へ電力を供給するための設備をいう。)は、電線路、発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から安全施設への電力の供給が停止することがないよう、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならない。



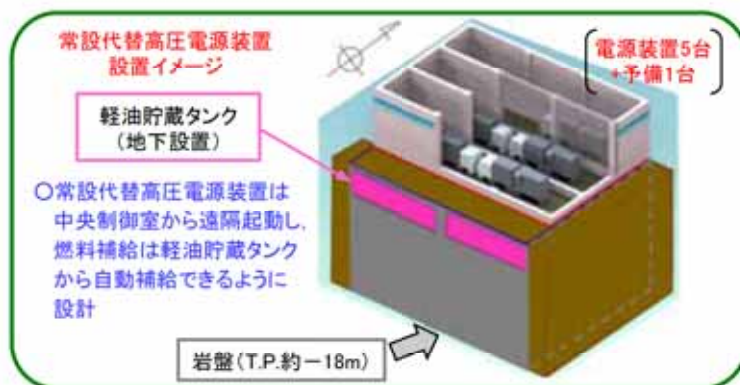
発電機、外部電源系、非常用電源系、その他の関連する電気系統機器の短絡や地絡又は母線の低電圧や過電流等を保護継電器にて検知できる設計とする。また、故障を検知した場合は、ガス絶縁開閉装置あるいはメタルクラッド開閉装置等の遮断器により故障箇所を隔離することにより、故障による影響を限定できる設計とする。

275kV母線事故を検知して、遮断器(主要変圧器用、起動変圧器用及び送電線用)を「開」とすることにより、故障箇所である275kV母線を隔離する。

<別紙4> 規制要求と対応 <保安電源設備(第33条)>



○常設電源設備(非常用ディーゼル発電機等及び常設代替高圧電源装置)用の燃料貯蔵設備として、**7日間の電源供給を可能とする軽油貯蔵タンク(400kL)を2基設置**



軽油貯蔵タンク
配置図

○軽油貯蔵タンクの容量は、燃料消費量が最大となるケースである外部電源喪失が発生した場合を想定しても、7日間電源供給が可能な量を上回る容量を設定

外部電源喪失

非常用ディーゼル発電機等により・・・
非常用母線を受電

非常用ディーゼル発電機等が7日間運転可能な燃料
(53,184 L/日 × 7日 ÷ 372.3kL)

+

+

常設代替高圧電源装置により・・・
緊急用母線を受電
(重大事故への備え)

常設代替高圧電源装置が1日運転可能な燃料
(20,160 L/日 × 1日 ÷ 20.2kL)

$$372.3\text{kL} + 20.2\text{kL} = 392.5\text{kL} * < 400\text{kL}$$

* 何れかの電源のみで7日間運転を続ける場合は、このケースよりも燃料消費量が少なくなる。

- 7 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機器又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。

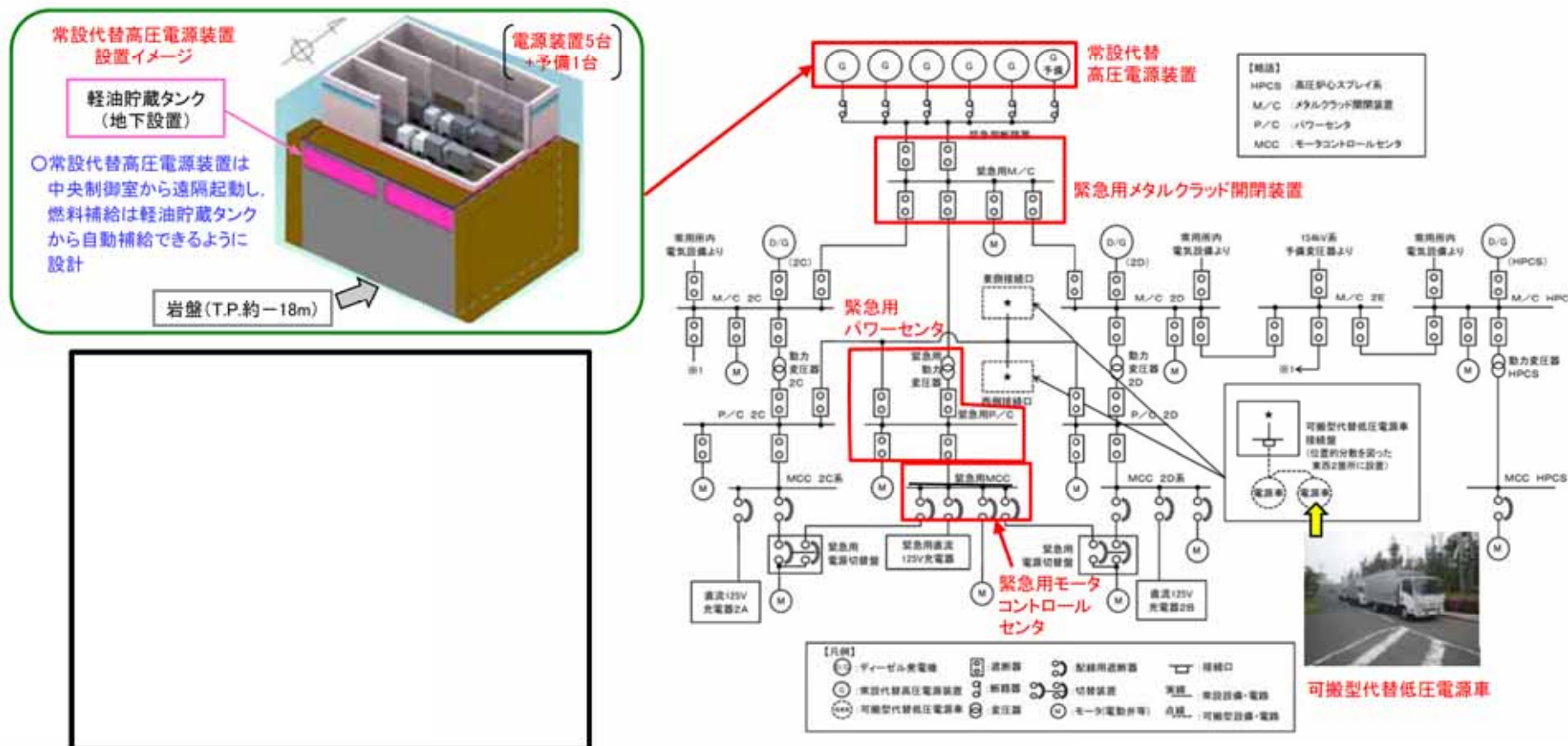
非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む)及び蓄電池(非常用)の配置図

- ・非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)及びその付属設備は、多重性及び独立性を考慮して、必要な容量のものを各々別の場所に3台備え、共通要因により機能が喪失しない設計とするとともに、各々非常用高圧母線(高圧炉心スプレイ系用母線を含む。)に接続する。
- ・蓄電池は、非常用3系統をそれぞれ独立した部屋に設置し、多重性及び独立性を確保し共通要因により機能が喪失しない設計とする。

<別紙6> 規制要求と対応 <電源設備(第57条)>



- 1 発電用原子炉施設には、設計基準事故対処設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な電力を確保するために必要な設備を設けなければならない。



常設代替高圧電源装置 配置イメージ

- ・可搬型代替電源設備として可搬型代替低圧電源車を配備
- ・常設代替電源設備として常設代替高圧電源装置及び緊急用125V系蓄電池を設置
- ・代替所内電気設備として緊急用メタルクラッド開閉装置(緊急用M/C)、緊急用パワーセンタ(緊急用P/C)及び緊急用モータコントロールセンタ(緊急用MCC)等を設置

<別紙6> 規制要求と対応 <電源設備(第57条)>



常設代替高圧電源装置 負荷一覧表

起動順序	主要機器名称	負荷容量(kW)
①	緊急用母線自動起動負荷 ・緊急用直流125V充電器 ・その他必要な負荷	約 120 約 97
②	非常用母線 2 C 自動起動負荷 ・直流125V充電器 A ・非常用照明 ・120/240V計装用主母線盤 2 A ・その他必要な負荷 ・その他不要な負荷	約 79 約 108 約 134 約 14 約 234
③	非常用母線 2 D 自動起動負荷 ・直流125V充電器 B ・非常用照明 ・120/240V計装用主母線盤 2 B ・その他不要な負荷	約 60 約 86 約 134 約 135
④	残留熱除去系海水系ポンプ	約 837
⑤	残留熱除去系海水系ポンプ	約 837
⑥	残留熱除去系ポンプ その他必要な負荷	約 584 約 3
⑦	非常用ガス再循環系排風機 非常用ガス処理系排風機 その他必要な負荷 停止負荷	約 55 約 8 約 95 約 52
⑧	中央制御室換気系空気調和機ファン 中央制御室換気系フィルタ系ファン その他必要な負荷	約 45 約 8 約 183
⑨	蓄電池室排気ファン その他必要な負荷	約 8 約 154
⑩	緊急用海水ポンプ（使用済燃料プール冷却用として起動） その他必要な負荷 （緊急用海水ポンプ及びその他負荷の起動時の合計）	約 510 約 4 （約 982）
⑪	代替燃料プール冷却系ポンプ	約 30
合計 連続最大負荷 （最大負荷）		約 4,510 （約 4,948）

可搬型代替低圧電源車 最大負荷一覧表

(1) 非常用所内電気設備に給電する場合

起動順序	主要機器名称	負荷容量(kW)
①	非常用母線 2 C 自動起動負荷 ・直流125V充電器 A ・非常用照明 ・120V AC計装用電源 2 A ・その他負荷	約 79 約 22 約 134 約 134
②	非常用母線 2 D 自動起動負荷 ・直流125V充電器 B ・非常用照明 ・その他負荷	約 60 約 22 約 52
③	・中央制御室換気系空気調和機ファン ・中央制御室換気系フィルタ系ファン （中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンの起動時合計）	約 45 約 8 （約 172）
④	・蓄電池室排気ファン ・蓄電池室空気調和機ファン	約 8 約 11
合計 連続最大負荷 （最大負荷）		約 575 （約 675）

(2) 代替所内電気設備に給電する場合

起動順序	主要機器名称	負荷容量(kW)
①	常設低圧代替注水系ポンプ	約 190
②	常設低圧代替注水系ポンプ （起動時）	約 190 （485）
③	代替燃料プール冷却系ポンプ	約 30
④	緊急用母線自動起動負荷 ・緊急用直流125V充電器 ・その他必要な負荷	約 120 約 95
合計 連続最大負荷 （最大負荷）		約 625 （約 675）

<別紙6> 規制要求と対応 <電源設備(第57条)>

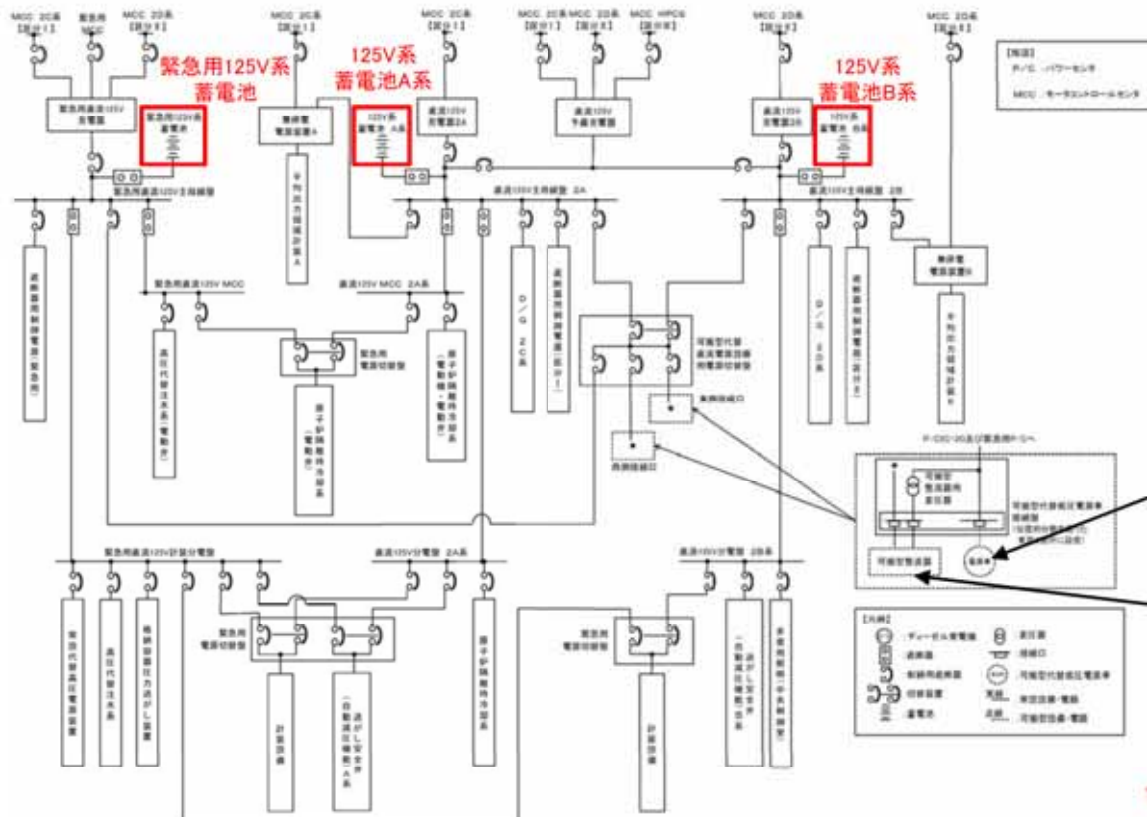


緊急用125V系蓄電池 負荷一覧表

負荷名称	負荷電流 (A) と運転時間 (分)	
	0～1 分	1～1440 分
6.9kV 緊急用M/Cトリップ・投入		
480V 緊急用P/Cトリップ・投入		
S A制御盤, S A監視盤, S A変換器盤		
高圧代替注水制御盤		
常設代替高圧電源装置遠隔操作盤		
計測装置		
逃がし安全弁(自動減圧機能) A系		
安全パラメータ表示システム (S P D S)		
緊急用 125V 系蓄電池室水素濃度計		
緊急用無停電電源装置		
緊急用無停電電源装置制御電源		
高圧代替注水系注入弁		
高圧代替注水系タービン止め弁		
原子炉隔離時冷却系 S A 蒸気止め弁		
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口弁		
原子炉隔離時冷却系原子炉注水弁		
高圧代替注水系ミニフロー弁		
高圧代替注水系ミニフロー弁		
非常用逃がし安全弁駆動系電動弁		
合計 (A)	約 1,844	約 181

※蓄電池の容量(Ah)は、負荷電流(A)に各種係数を用いて算出

<別紙7> 規制要求と対応 <電源設備(第57条)>



可搬型代替低圧電源車



可搬型整流器(イメージ)

- ・125V系蓄電池A系及びB系は負荷切り離しを行わずに8時間、その後、必要な負荷以外を切り離して残り16時間の合計24時間にわたり、電源の供給を行うことが可能。緊急用125V系蓄電池は負荷切り離しを行わず24時間にわたり、電源の供給を行うことが可能。
- ・24時間にわたり、重大事故等の対応に必要な設備に電源(直流)の供給を行うことが可能である可搬型直流電源設備として可搬型代替低圧電源車と可搬型整流器を配備する。

<別紙7> 規制要求と対応 <電源設備(第57条)>



125V系蓄電池A系 負荷一覧表

負荷名称	負荷電流 (A) と運転時間 (分)			
	0～1 分	1～60 分	60～540 分※1	540～ 1440 分
M/C・P/C遮断器の制御電源				
2C D/G初期励磁				
原子炉隔離時冷却系真空ポンプ				
原子炉隔離時冷却系復水ポンプ				
原子炉隔離時冷却系蒸気入口弁				
原子炉隔離時冷却系ポンプ 出口弁				
その他の負荷				
合計 (A)	1,750	255	238	134

- ※1 事象発生後 8 時間から負荷切り離し作業を実施するが、作業時間を考慮し 9 時間給電を継続するとして容量を計算している。
- ※2 2C D/G初期励磁は、M/C・P/C遮断器の制御電源（遮断器投入・引外し）と同時に操作されることはなく、各動作時間は 1 分未満である。また、2C D/G初期励磁電流 [] はM/C・P/C遮断器の制御回路電流（遮断器投入・引外し）より小さいため、電流値の大きいM/C・P/C遮断器の制御回路電流（遮断器投入・引外し）に 1 分間電源給電するものとして蓄電池容量を計算する。

125V系蓄電池B系 負荷一覧表

負荷名称	負荷電流 (A) と運転時間 (分)			
	0～1 分	1～60 分	60～540 分※1	540～ 1440 分
M/C・P/C遮断器の制御電源				
2D D/G初期励磁				
その他の負荷				
合計 (A)	1,200	237	220	139

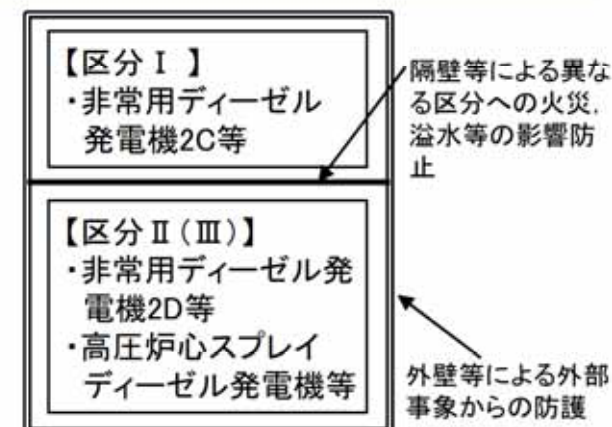
- ※1 事象発生後 8 時間から負荷切り離し作業を実施するが、作業時間を考慮し 9 時間給電を継続するとして容量を計算している。
- ※2 2D D/G初期励磁はM/C・P/C遮断器の制御電源（遮断器投入・引外し）と重なって操作されることはなく、各動作時間は 1 分未満である。また、2D D/G初期励磁電流 [] はM/C・P/C遮断器の制御回路電流（遮断器投入・引外し）より小さいため、電流値の大きいM/C・P/C遮断器の制御回路電流（遮断器投入・引外し）に 1 分間電源給電するものとして蓄電池容量を計算する。

※蓄電池の容量(Ah)は、負荷電流(A)に各種係数を用いて算出。

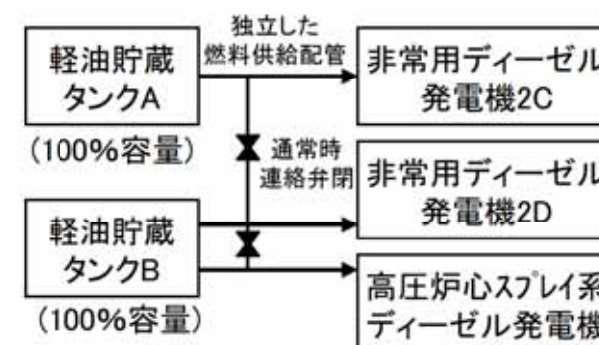
2. 電源設備の共通要因等への対応について (1/3)

2.1 電源設備の多重性又は多様性及び独立性の確保及びその信頼性について

(1) 非常用ディーゼル発電機等の非常用電源設備は、安全区分に応じて区分Ⅰと区分Ⅱ(Ⅲ)に区画された電気室等に隔離して設置し、地震、津波、火災、溢水等の外乱に対しても必要な機能を維持するよう、耐震、耐津波、火災防護、内部溢水等の各対策等により、すべての非常用電源が同時に機能喪失しないようにしている。
 <別紙1,2参照>

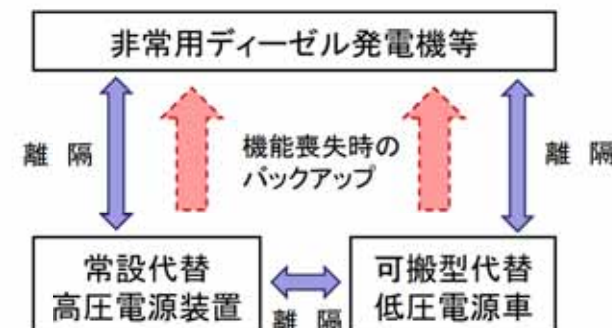


(2) 燃料貯蔵設備については、必要容量を有するタンクを2つ設置し、それぞれのタンクから独立した配管で異なる安全区分のディーゼル発電機等に燃料を供給する。これらの連絡配管は通常時は手動弁により隔離しており、万一、片系で漏えい等が生じた場合でも他系に影響しない。
 <別紙3参照>



(3) 外部電源喪失に加えて、非常用ディーゼル発電機等の設計基準事故対処設備の電源も喪失し、全交流動力電源喪失に至った場合の代替電源設備として、常設代替高圧電源装置や可搬型代替低圧電源車を設置、配備する。
 <別紙4参照>

(4) 代替電源設備は、地震、津波、溢水、火災を考慮した設置場所に設置又は保管する。また、その他の外部事象による共通要因によって、非常用ディーゼル発電機等と同時に機能を損なわないよう、位置的分散を図る。
 <別紙5参照>



2. 電源設備の共通要因等への対応について (2/3)



2.2 非常用電源設備の電源盤等に対する共通要因の影響確認と対策

○非常用電源設備である非常用ディーゼル発電機や電源盤等は、下表のとおり、その機能を失う**共通要因**となり得る**地震、津波等の外部事象**による悪影響を受けても、**機能を維持できることを確認している**。また、**建屋内部で発生した火災や溢水で片方の系統の機能が喪失しても、他系統の機能を維持できる**。

○上記の対策により、非常用電源設備の機能は確保できるが、更に、これらの想定を超える事象等ですべての電源機能が喪失する事態も考慮し、**重大事故等対処設備として多様性及び独立性を有する代替電源設備を非常用電源設備に対して位置的分散を図り設置することで、電源確保の信頼性を高めている**。＜別紙5,6,7参照＞

主な共通要因	非常用ディーゼル発電機や電源盤等の機能への各事象の影響確認	結果
①外部からの影響		
・地震による外力	・基準地震動S_sの地震力により、各所に設置された電源盤等の設備に加わる加速度と設備の応答を評価し、また加振試験等を実施して地震後の設備の機能維持を確認することで、各設備が十分な耐震性を有し、地震によっても必要な機能を維持できることを確認している。 ・当該設備の周囲には、地震により損傷して当該設備に波及的な悪影響を及ぼす可能性がある耐震性が低い設備がないことを確認している。 ※「地震対策(耐震設計方針)について」参照	良
・津波による浸水、波圧及び漂流物	①基準津波*¹に対しては、防潮堤等により原子炉建屋等を設置した発電所敷地に津波が浸水しないことを確認している。 ②防潮堤を超えて敷地に遡上する津波*²に対しては、発電所敷地に津波が浸水するが、原子炉建屋付近の浸水深さは約1mに留まり、更に漂流物等を考慮しても、外壁・水密扉等*³により建屋内部への浸水を防止し、必要な機能を維持できることを確認している。 *1 基準津波による防潮堤前面の最高水位：T.P.+17.1m、防潮堤高さ：T.P.+20m(海側)及びT.P.+18m(陸側) *2 防潮堤前面の最高水位：T.P.+24m(無限鉛直壁を想定)。このような津波が発生する可能性は極めて低いが、津波リスクに対する発電所の安全性を高める観点から設定し、対処していく。 *3 建屋外壁の水密扉の運用として、扉の開放時は人が立ち会い、大津波警報発令時等は直ちに扉を閉止することで、建屋外壁の水密性を確実にする。 ※「津波対策(耐津波設計)について」参照	良

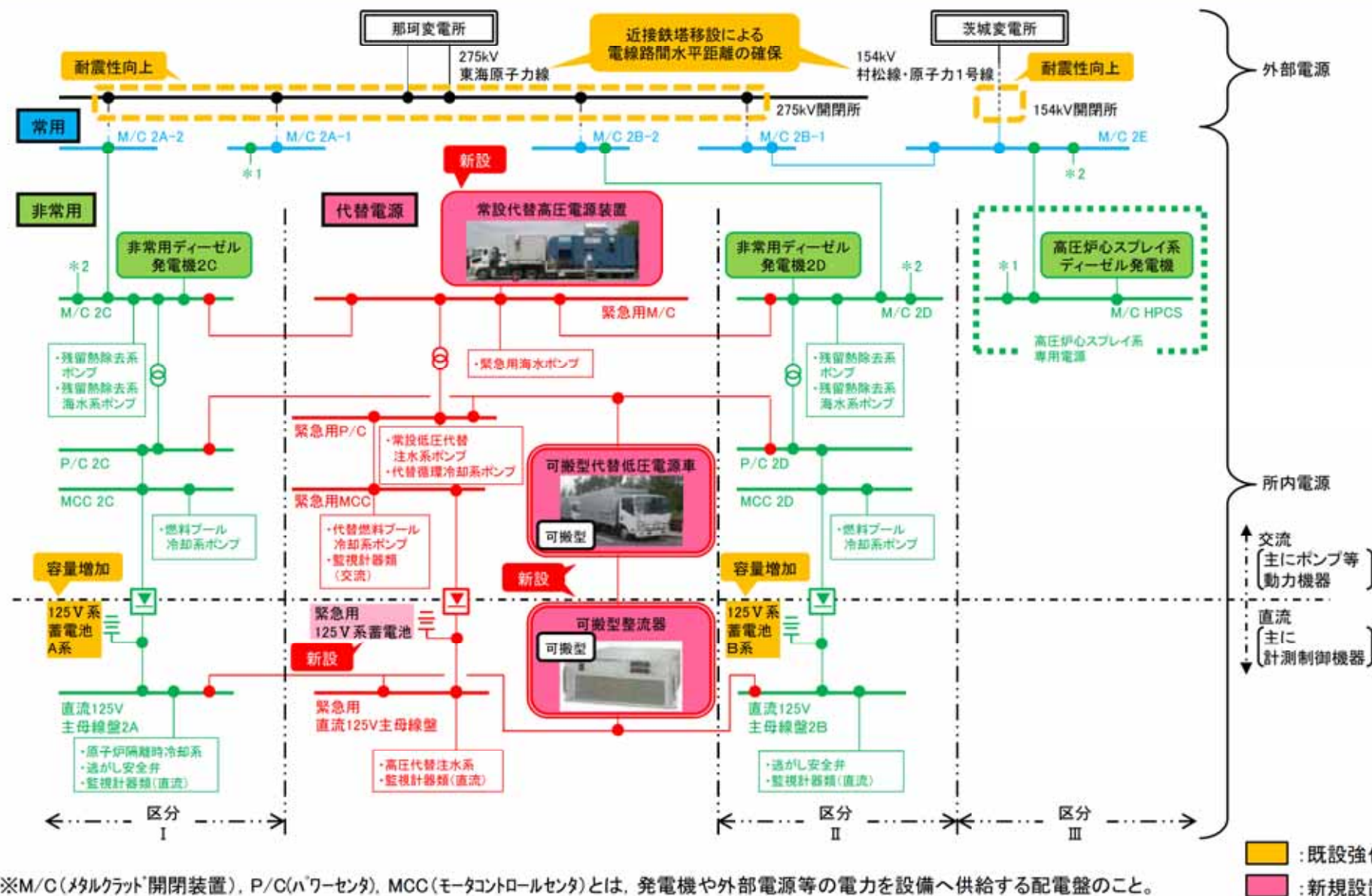
2. 電源設備の共通要因等への対応について (3/3)



主な共通要因	非常用ディーゼル発電機や電源盤等の機能への各事象の影響確認	結果
①外部からの影響(続き)		
・竜巻による風圧及び飛来物	・発電所内は竜巻による飛来物発生防止対策の運用を行った上で、設計竜巻*4による風圧及び設計飛来物*5による荷重に対しても、原子炉建屋等の外壁、開口部等が耐性を有するよう設置することで、各設備は竜巻から防護され、必要な機能を維持できることを確認している。 *4 最大風速100m/s *5 長さ約4m, 重さ135kgの角型鋼管等 ※「外部事象対策について(自然事象(地震・津波を除く)及び人為事象への対応)」参照	良
・その他の外部事象	・発電所外部からの、森林火災、落雷、火山(降灰)等の自然現象に対しても、防火帯の確保、避雷設備の設置、原子炉建屋の外壁やフィルタ装置の運用等により、各設備は外部事象から防護され、必要な機能を維持できることを確認している。 ・発電所外部からの、近隣施設の火災・爆発、電磁的障害等の人為事象に対しても、発生源からの離隔距離の確保、原子炉建屋の外壁による防護、サージ・ノイズ対策設備等により、各設備は外部事象から防護され、必要な機能を維持できることを確認している。 ※「外部事象対策について(自然事象(地震・津波を除く)及び人為事象への対応)」参照	良
②内部の影響		
・内部火災	・発電所内部での火災の発生防止を図ると共に、各電源設備の系統を区分・区画し、耐火隔壁や火災感知設備、自動消火設備等を設け、早期の感知・消火、影響軽減を図ることで、火災によっても多重化された系統が同時に機能喪失しないことを確認している。 ※「内部火災への対応について」参照	良
・内部溢水	・発電所内部での溢水発生防止を図ると共に、各電源設備の系統を区分・区画し、水密扉や堰の設置、床ドレンファンネルの閉止運用等により、溢水の流れをコントロールすることで、溢水*6によっても多重化された系統が同時に機能喪失しないことを確認している。 *6 火災発生時の消火活動に伴う消火水の溢水も考慮している。 ※「内部溢水への対応について」参照	良

<別紙1> 電源設備の概要

* 本文「2. 電源設備の概要」再掲



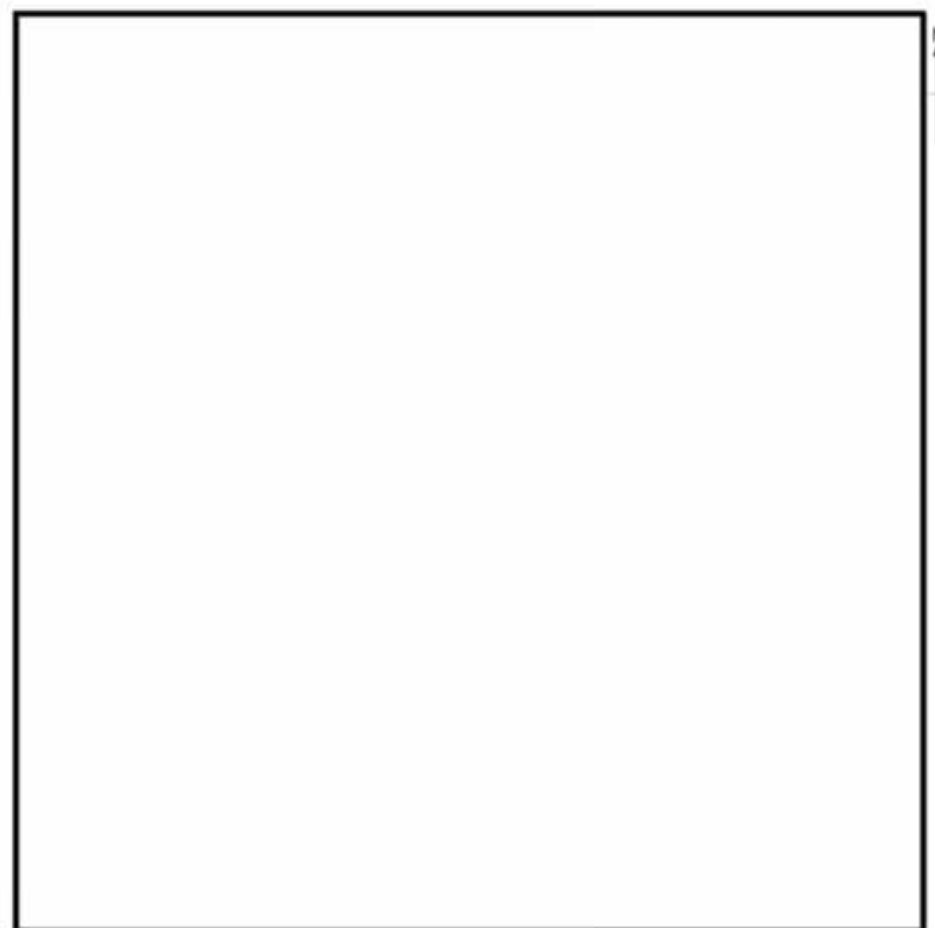
＜別紙2＞ 非常用電源設備等の配置（1／5）



- 非常用電源設備は、安全区分に応じて区分Ⅰと区分Ⅱ（Ⅲ）に区画された電気室等に設置している。
- 非常用電源設備の配置に関して、同じ機能を有する設備は、運転性、保守性に配慮し、近傍に配置しているが、地震、津波、火災、溢水等の外乱に対しても必要な機能を維持するよう、耐震性の確保、耐津波性（外壁、水密扉）、火災防護対策（隔壁、火災感知・消火設備等）、内部溢水対策（隔壁、水密扉）等により、すべての非常用電源が同時に機能喪失しないように設計している。



非常用ディーゼル発電機等の
火災防護対策における区画



原子炉建屋付属棟 E3.2.00m

<別紙2> 非常用電源設備等の配置 (2/5)



非常用高圧母線 2 D



非常用高圧母線電源盤の
火災防護対策における区画 (1/2)

原子炉建屋付属棟 EL. 2.00m

<別紙2> 非常用電源設備等の配置 (3/5)



区分Ⅰ 区分Ⅱ (Ⅲ)

防護対象設備の凡例

赤字：区分Ⅰ 青字：区分Ⅱ 緑字：区分Ⅲ
黒字：区分Ⅳ

———：火災区域の境界
- - - - -：3時間耐火壁追設計画
———：火災区画の境界
- . - . -：機盤等分離用の耐火隔壁
(1時間耐火隔壁)

非常用高压母線 2 C

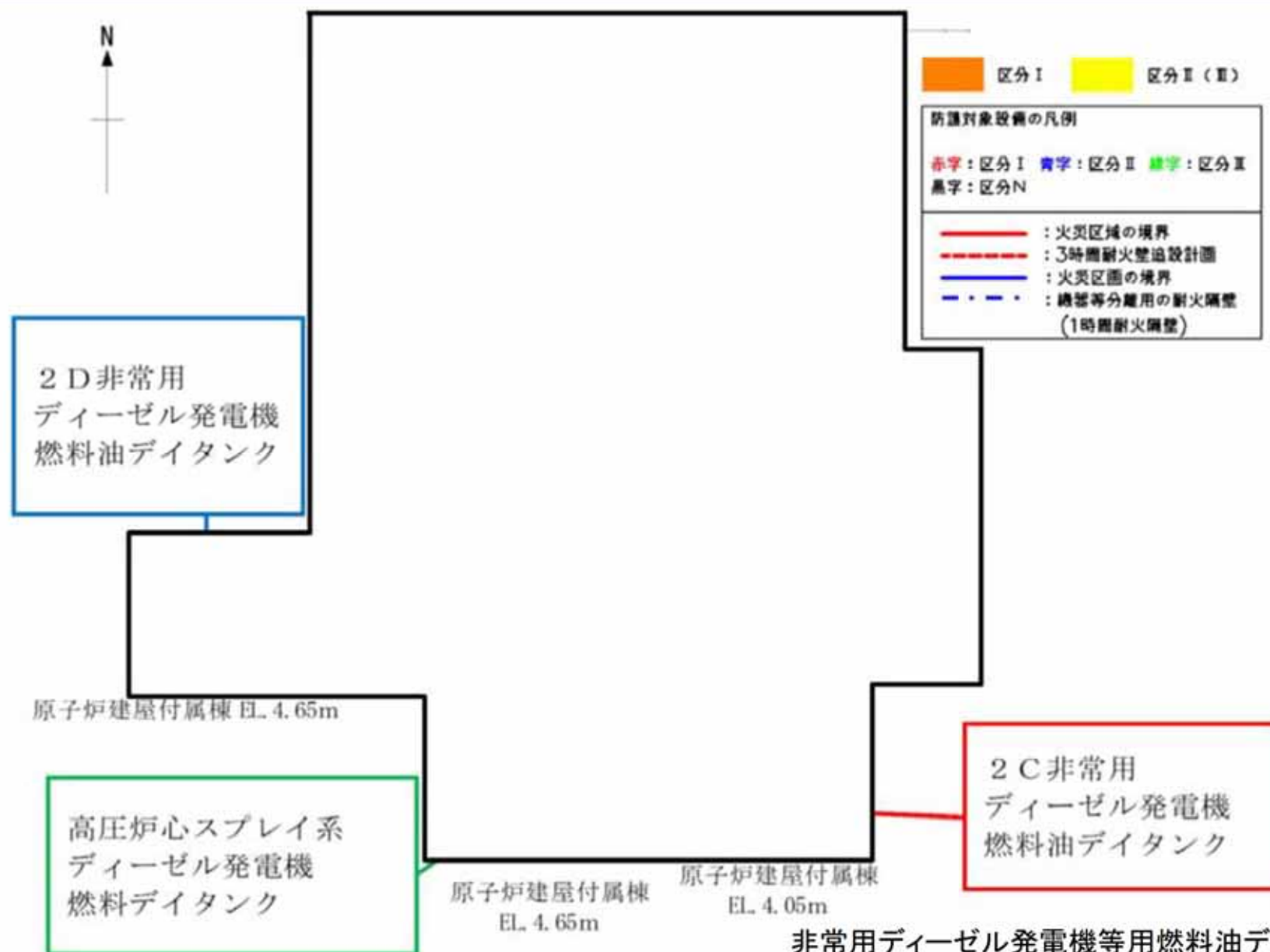
非常用高压母線 H P C S



原子炉建屋付属棟 EL. -4.00m

非常用高压母線電源盤の
火災防護対策における区画 (2/2)

<別紙2> 非常用電源設備等の配置 (4/5)



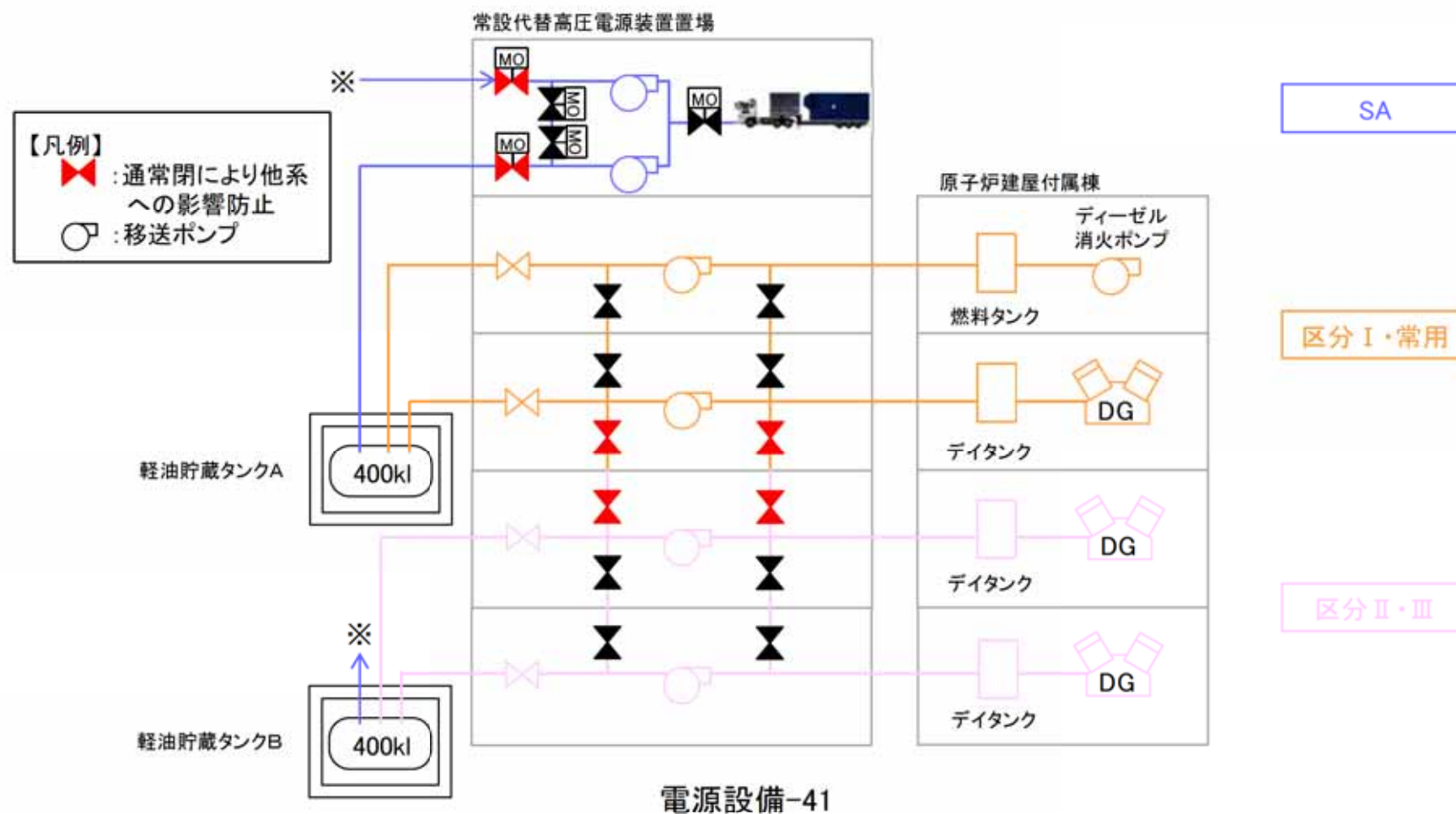


非常用ディーゼル発電機等用軽油貯蔵タンクの
火災防護対策における区画

＜別紙3＞ ディーゼル発電機の燃料供給システムの構成

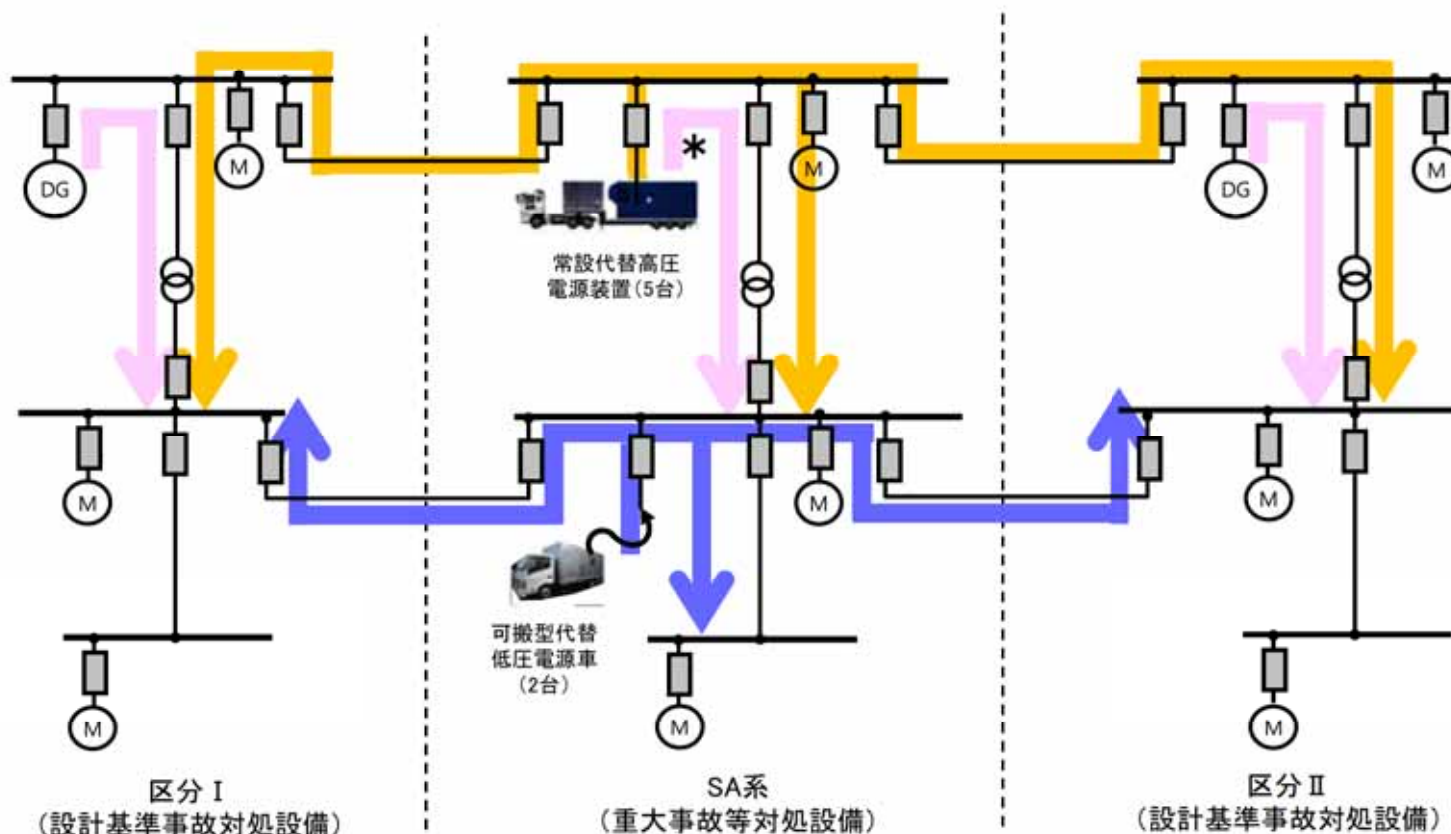


- 燃料貯蔵設備として、必要な容量を有した軽油貯蔵タンク(400kl)を2基設置する。
- 軽油貯蔵タンクから燃料移送ポンプにてディーゼル発電機へ供給される系統を3系統有しているため、ディーゼル発電機の単一故障に対しても必要な機能を確保できる。
- 軽油貯蔵タンクは連絡配管により接続されており、3台のディーゼル発電機いずれも使用できる設計としている。
- 連絡配管は通常時は、手動弁により隔離されており、片系で漏えい等が生じた場合でも他系への影響を防止する。
- 常設代替高圧電源装置への燃料供給は、通常待機時閉としており、他系への影響を防止する。



＜別紙4＞ 代替電源設備の給電系統

- 設計基準事故対処設備（非常用ディーゼル発電機）の電源が喪失（全交流動力電源喪失）した場合の重大事故等対処設備として、常設代替高圧電源装置及び可搬型代替低圧電源車を設置、配備する。



* 外部電源喪失時は非常用ディーゼル発電機で電源供給可能なためSA系は必要ないが、不測の事態に備えたバックアップとして予め電源装置(2台)を起動して緊急用母線を充電しておく。

【凡例】

(優先順位) ①→②→③

①: (外部電源喪失時)*

②: (非常用ディーゼル発電機給電不可時)

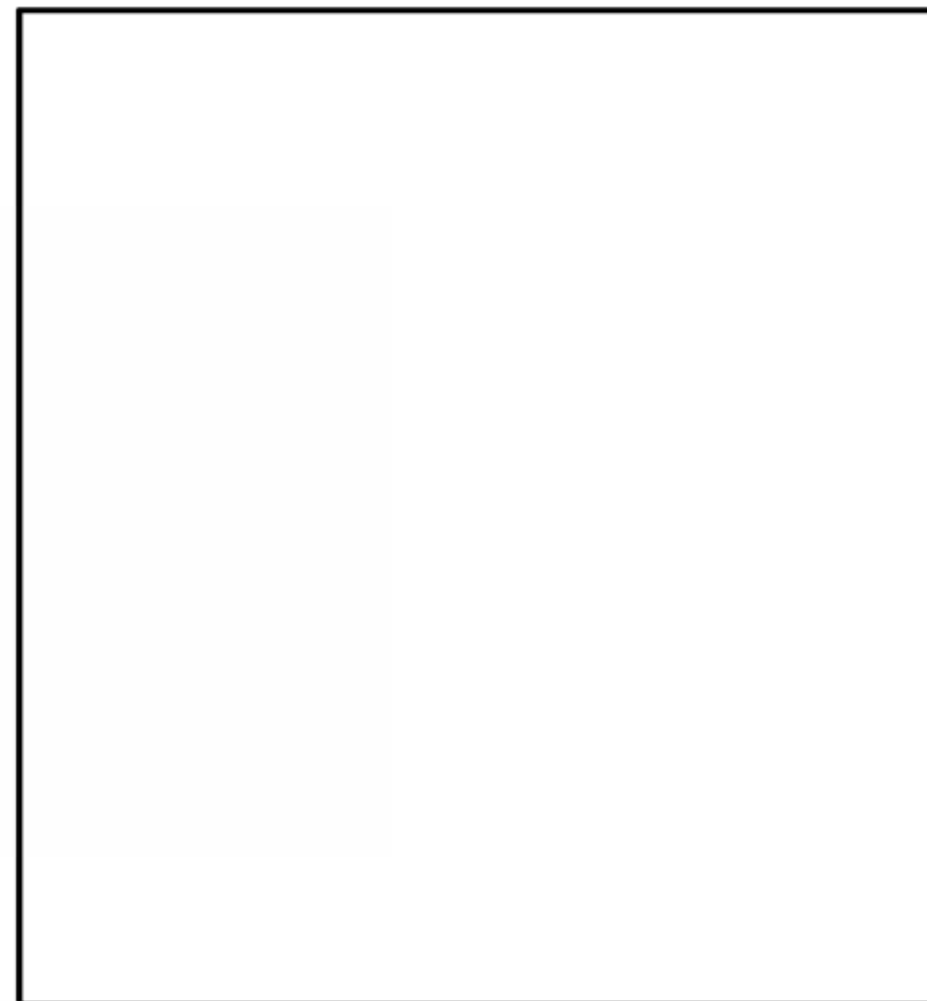
③: (常設代替高圧電源装置給電不可時)

- 代替電源設備は、地震、津波、火災、溢水等の事象を考慮し、機能が損なわれないよう配置する。
- 代替電源設備は、設計基準事故対処設備と同時に機能を損なう恐れがないように、非常用ディーゼル発電機等に対して独立性を有し、位置的分散を図るよう配置する。

設置許可基準規則		設計基準事故対処設備	重大事故等対処設備	
		非常用交流電源設備	常設代替交流電源設備	可搬型代替交流電源設備
対象設備		2C・2D非常用ディーゼル発電機 (以下「DG」という。)	常設代替高圧電源装置	可搬型代替低圧電源車
設備に対する考慮事項	多重性又は多様性	・C系及びD系の多重化 ・水冷式	・C系及びD系いずれの系統に対しても給電可能 ・空冷式	・C系及びD系いずれの系統に対しても給電可能 ・空冷式
	独立性	・独立電路	・独立電路	・独立電路
	号炉間の共用	・共用しない設計	・同 左	・同 左
	耐震性	・耐震Sクラス設計	・基準地震動S _{el} による地震力に対して、必要な機能が損なわれる恐れがない	・同 左
設置場所に対する考慮事項	地震	・適用される地震力に対して安全上支障がないことが確認された建屋に設置	・同 左	・地震による周辺斜面の崩壊を受けない場所に適切に保管
	津波	・津波の影響を受けない場所に設置	・津波の影響を受けない場所に設置 (敷地に遡上する津波を含む。)*	・同 左 (左記電源装置よりも更に高所に配置)
	火災	・火災発生防止、感知・消火及び影響軽減対策を実施	・火災発生防止、感知・消火対策を実施	・同 左
	溢水	・溢水による影響を考慮した設置高さ(場所)に設置	・2C・2D DGと位置的分散	・2C・2D DGと位置的分散 ・分散配置
	外部からの衝撃(竜巻等)	・頑健性を確保した建屋に設置	・2C・2D DGと位置的分散	・2C・2D DGと位置的分散 ・分散配置
	位置的分散	・C系及びD系の区画分離	・2C・2D DGと位置的分散	・2C・2D DG及び常設代替高圧電源装置と位置的分散

* 常設代替高圧電源装置はT.P.+11mの高所に設置することで、敷地に遡上する津波による浸水(原子炉建屋等のT.P.+8mのエリアが約1m深さで浸水)に対しても、十分な余裕を確保している。さらに、自主対策として浸水を防止できる防護壁(防護壁天端高さ:地上約12m)を設ける。

設備名称	設置場所	設備設置高さ
2C・2D DG	原子炉建屋付属棟	標高+0.7m
常設代替高圧電源装置	常設代替高圧電源装置置場	標高+約11m
可搬型代替低圧電源車	可搬型重大事故等対処設備保管場所 (西側)・(南側)	西側: 標高+約23m 南側: 標高+約25m



各電源設備の設置位置

<別紙6> 非常用電源設備(設計基準事故対処設備)の基準要求と対応

* 補足説明資料「1. 規制要求と対応(電源設備における安全性の向上)」再掲



- 7 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機器又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。

非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む)及び蓄電池(非常用)の配置図

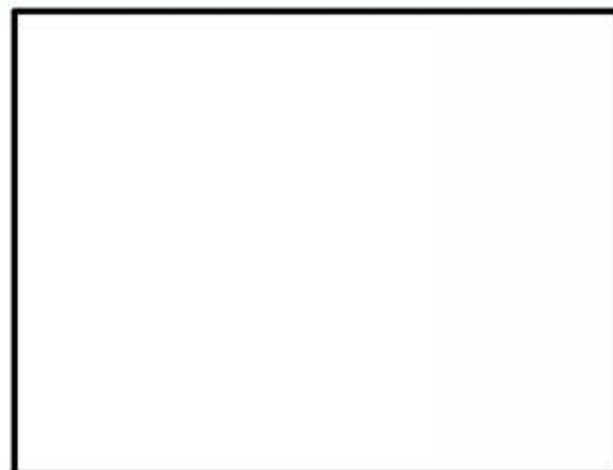
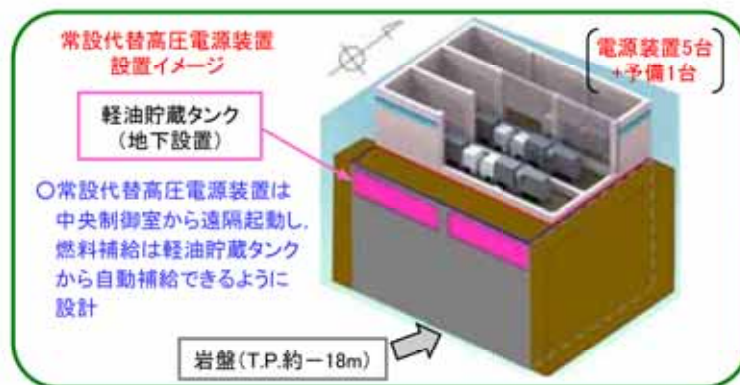
- ・非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)及びその付属設備は、多重性及び独立性を考慮して、必要な容量のものを各々別の場所に3台備え、共通要因により機能が喪失しない設計とするとともに、各々非常用高圧母線(高圧炉心スプレイ系用母線を含む。)に接続する。
- ・蓄電池は、非常用3系統をそれぞれ独立した部屋に設置し、多重性及び独立性を確保し共通要因により機能が喪失しない設計とする。

<別紙6> 代替電源設備(重大事故等対処設備)の基準要求と対応

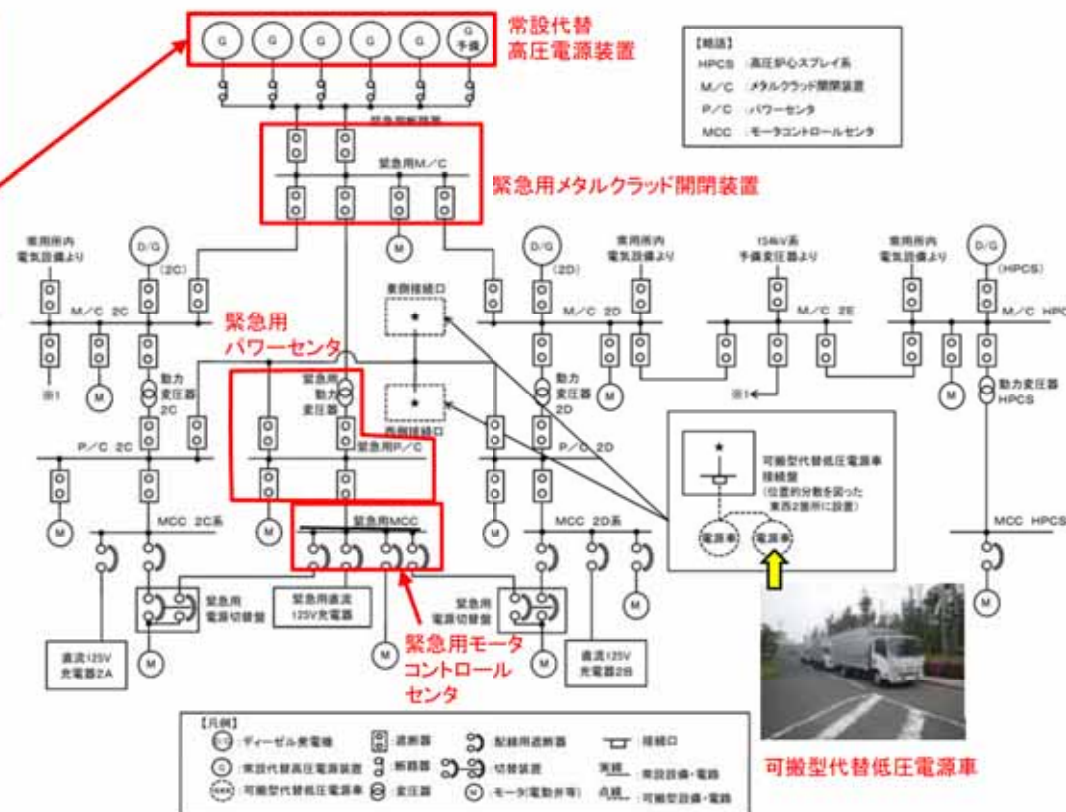
* 補足説明資料「1. 規制要求と対応(電源設備における安全性の向上)」再掲



- 1 発電用原子炉施設には、設計基準事故対処設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な電力を確保するために必要な設備を設けなければならない。



常設代替高圧電源装置 配置イメージ

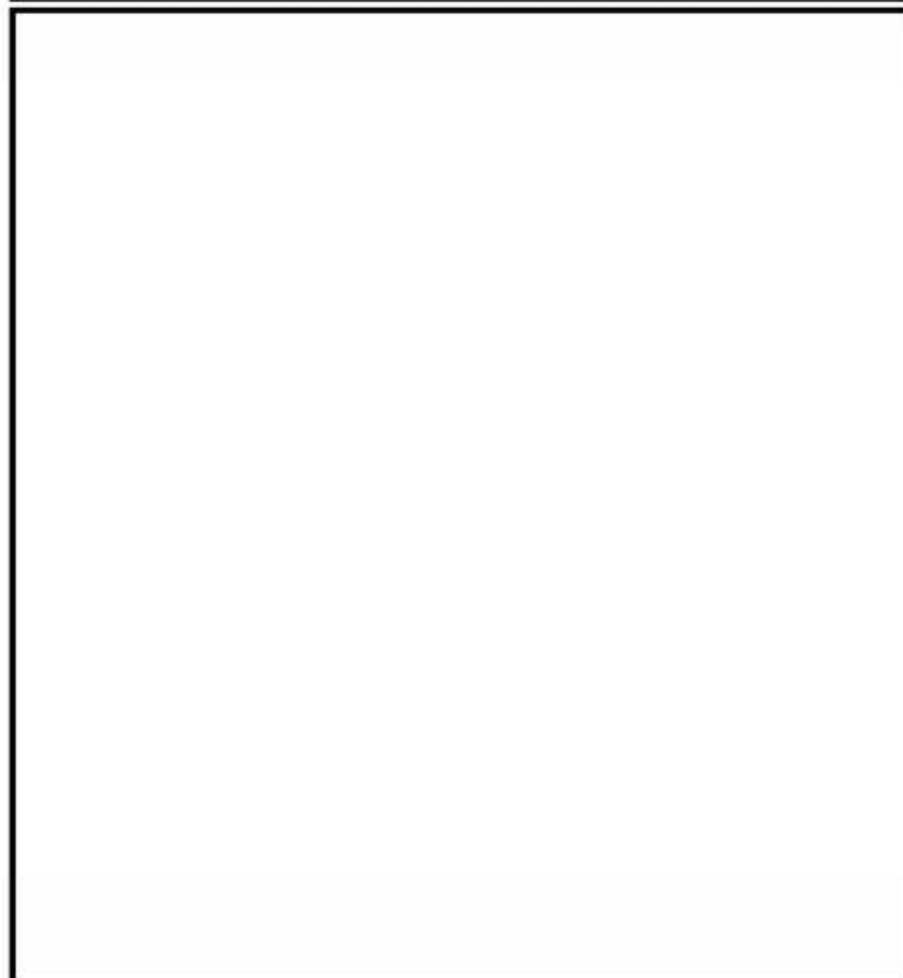


- ・可搬型代替電源設備として可搬型代替低圧電源車を配備。
- ・常設代替電源設備として常設代替高圧電源装置及び緊急用125V系蓄電池を設置
- ・代替所内電気設備として緊急用メタルクラッド開閉装置(緊急用M/C)、緊急用パワーセンタ(緊急用P/C)及び緊急用モータコントロールセンタ(緊急用MCC)等を設置

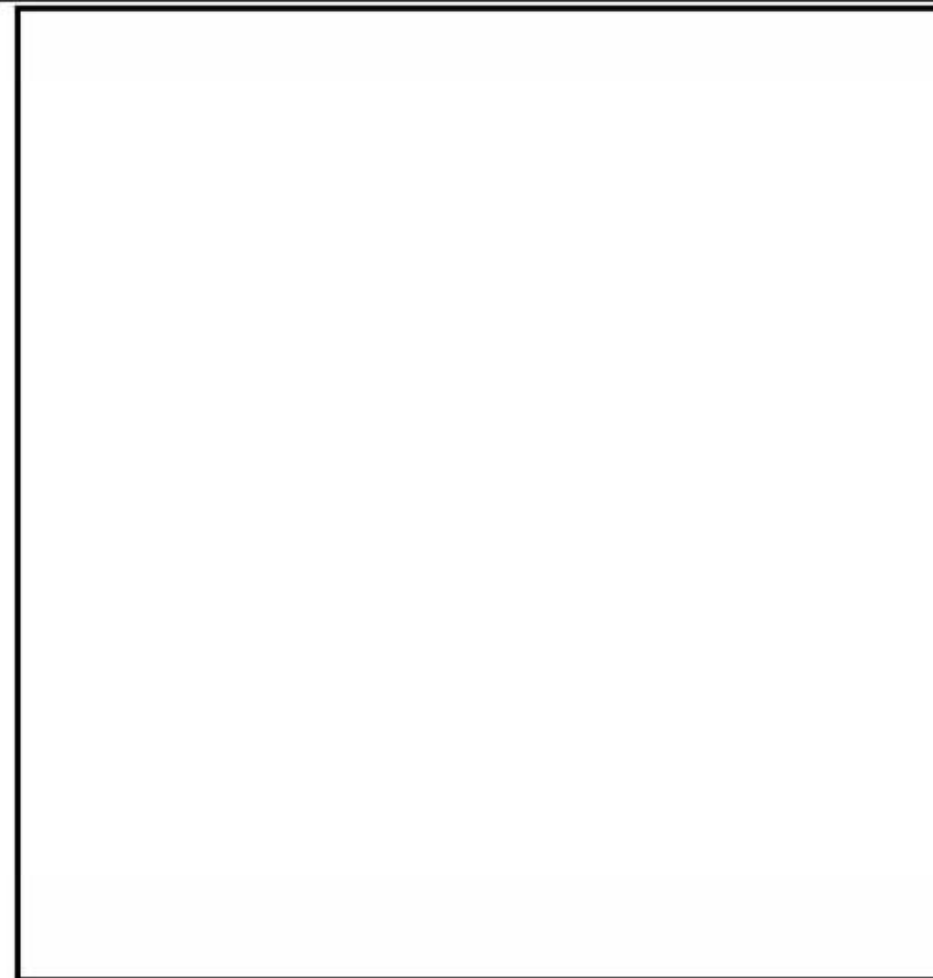
<別紙7> 非常用電源設備と代替電源設備の配置 (1/2)



・重大事故等対処設備として新たに設置する代替電源である常設代替高圧電源装置や電源盤等は、非常用電源設備(非常用ディーゼル発電機、電源盤等)と同時に機能が失われる恐れが無いよう、多様性及び独立性を有した設計としており、その設置場所については、非常用電源設備と位置的分散を図る等の配慮をしている。



原子炉建屋(非常用ディーゼル発電機等)の配置と
常設代替高圧電源装置置場及び可搬型重大事故等対処設備保管場所



原子炉建屋(M/C 2C, P/C 2C, M/C 2D, P/C 2D及びM/C
HPCS)の配置と緊急用M/C及び緊急用P/Cの配置

注 写真是一部イメージを含む



125 V 系蓄電池A系、B系の配置と
緊急用125V系蓄電池の配置のイメージ
（原子炉建屋内）



直流125V主母線盤A系、B系の配置と
緊急用直流125V主母線盤の配置のイメージ
（原子炉建屋内）

  : 非常用電源設備（設計基準事故対処設備）
 : 代替電源設備（重大事故等対処設備）

注 写真の一部イメージを含む

3. 原子力発電所の施設の保全に関する実施方針と代替電源設備の扱い



○原子力発電所では、原子炉の安全確保及び発電所の安全・安定運転のため、定期的な検査等を通じて以下項目を適切に実施し、各設備の健全性を確認するとともに、機能の維持や信頼性の向上のための措置を図っている。

・健全性の確認：

- ・主要な設備が正常に機能することを確認する。
- ・分解点検や漏洩検査によって、設備の機能が維持されていることを点検する。

・機能維持：

- ・消耗品を交換し、補修など劣化に対する処置を行い、異常を早期に発見して必要な処置を行う。

・信頼性の向上：

- ・他の発電所で発生した事故や故障を把握し、当該発電所での類似箇所を点検し、必要に応じて処置を施す。
- ・設備、機器に交換の必要が生じたときには新品に取り替える。



原子力発電所の定期検査の目的

出典：電気事業連合会HP「検査・点検によって安全を守る」

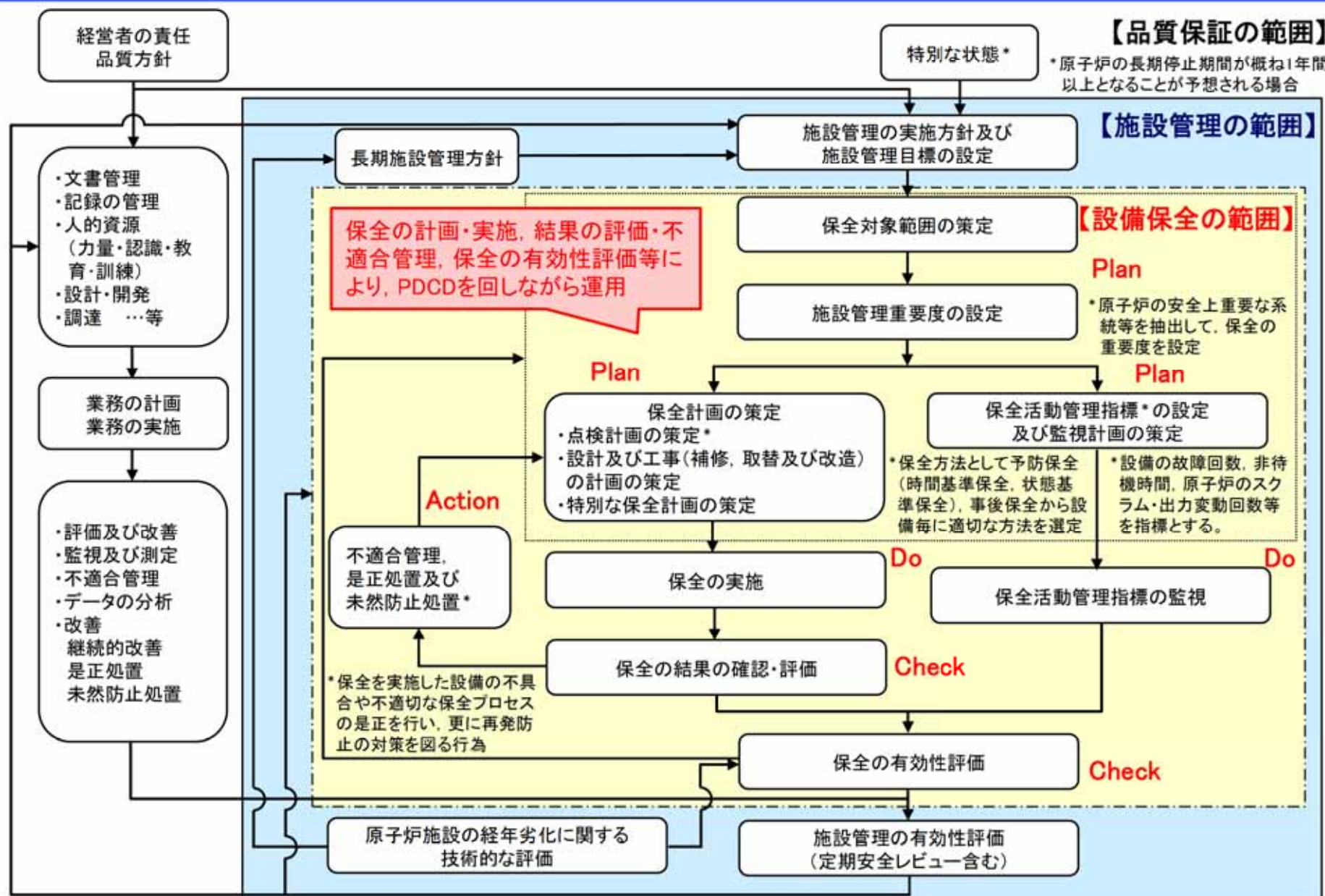
○東海第二発電所では品質マネジメントシステムに基づき、上記の定期的な検査等を含め、**発電所施設の管理・設備の保全に関して包括的な社内ルール***を定め、PDCAを回しながら運用している。＜別紙1参照＞

*「JEAC4209 原子力発電所の保守管理規程」等に基づく。対象としては施設の設計、工事、巡視、点検、検査、その他の施設の管理に必要な措置を含む。

○新たに設置する**代替電源設備**についても上記のルールに則り**保全の計画を定めて実施していく**ことで、設備の健全性確認、機能維持及び信頼性向上等が可能と判断している。

○また、上記で定めた保全計画の内容を満足するように、**代替電源設備に対しても定期的な動作確認・性能試験等を実施していく**。＜別紙2参照＞

<別紙1> 東海第二発電所の施設の管理, 設備の保全方法の概要



- 発電所で新たに導入する**重大事故等対処設備**(常設設備、可搬型設備)等については、今後、当該設備に対して定める**保全計画に基づき、定期的な動作確認・性能試験等を実施していく。**
- 重大事故等対処設備の動作確認・性能試験等の実施時期、頻度は、今後策定する保全計画で定める頻度を下回らないよう以下の方針で設定し、管理していく。
- また、これらの機能確認以外にも、**日々の巡視点検や週次・月次の外観点検等を通じて、また訓練実施時の設備の運転状態等を把握し、設備の不具合等を早期に発見するように努める。**
- 本方針による代替電源設備の機能確認等の内容、頻度について、次頁に例示する。

東海第二発電所 重大事故等対処設備の主な機能確認等の頻度(案) *1

	性能確認 (定検時等毎に行う性能確認)	動作確認 (定期的に行う動作試験)	機能確認の頻度の 設定の考え方
常設の重大事故等 対処設備 (電源、ポンプ等)	定検停止毎 (定期事業者検査による 原子炉停止期間中)	1ヵ月に1回	当該設備が機能を代替する設計基準事故対処設備と同等の頻度とする。
可搬型の重大事故等 対処設備 (電源車、ポンプ車等)	定検停止毎(又は1年毎) 又は 2定検毎(又は2年毎)	3ヵ月に1回	運用管理の観点から、メーカー推奨値等に基づき保全計画で設定した定期的な運転頻度以上の頻度に設定する。

*1 試験頻度等は例示であり、内容は今後の保安規定変更認可申請の審査結果に基づき決定する。

＜別紙2＞ 重大事故等対処設備の機能確認の内容、頻度（代替電源設備）



- 重大事故等対処設備として新たに設置する代替電源設備は、当該設備に対して定めた保全計画に基づき、定期的な動作確認・性能試験等を実施していく。主な性能確認・定期試験の内容*1について、代替電源設備に対応する非常用電源設備（非常用ディーゼル発電機等）と比較して下表に示す。

東海第二発電所 各電源設備の主な機能確認の内容

プラント状態	(参考) 非常用電源設備(設計基準事故対処設備) 【東海第二発電所原子炉施設保安規定より】		新たに設置する代替電源設備(案)*1 (重大事故等対処設備)	
定検停止時	非常用ディーゼル発電機 *3	模擬信号による作動確認	常設代替高圧電源装置	・分解検査、外観検査 ・模擬負荷(100%)による機能・性能確認 (性能確認の頻度:定検停止時)
原子炉 運転時等*2		機関の始動、定格出力運転可能の確認 (定期試験頻度:1ヵ月に1回)		・起動試験による動作確認 (定期試験頻度:1ヵ月に1回)
—	—	—	・可搬型代替低圧電源車 ・可搬型整流器	・分解検査 ・模擬負荷(100%)による出力特性の確認 ・可搬型整流器の出力特性確認 (性能確認の頻度:1年に1回) ・外観検査、運転状態確認 (定期試験頻度:3ヵ月に1回)
定検停止時	直流電源 (蓄電池及び充電器*4)	直流電源(蓄電池及び充電器)機能確認	緊急用125V系蓄電池	・外観検査 ・蓄電池及び充電器の電圧確認 (性能確認の頻度:定検停止時) (定期試験頻度:1週間に1回)
原子炉 運転時等*2		蓄電池及び充電器の電圧の確認 (定期試験頻度:1週間に1回)		
原子炉 運転時等*2	所内電源系統 (非常用交流高圧電源母線、直流電源母線及び原子炉保護系母線*5)	電源母線の受電の確認 (定期試験頻度:1週間に1回)	代替所内電気設備 (代替電源設備の電源盤等が 使用可能であることの確認)	・遮断器の動作確認 (性能確認の頻度:定検停止時) ・外観検査、電圧の確認 (定期試験頻度:1ヵ月に1回)

*1 代替電源設備の記載内容は例示であり、性能確認及び定期試験の内容は今後の保安規定変更認可申請の審査結果、保全計画策定により決定する。

*2 原子炉運転時(運転、起動及び高温停止)及び原子炉停止時(冷温停止及び燃料交換)

*3 原子炉運転時:非常用ディーゼル発電機2C系、2D系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の3台

原子炉停止時:非常用ディーゼル発電機及び電力供給が可能な非常用発電機(合計2台)

*4 原子炉運転時:2A系、2B系及び高圧炉心スプレイ系 原子炉停止時:計装制御、原子炉停止時冷却及び非常用炉心冷却系の一部に係る電源

*5 原子炉運転時:2A系、2B系、2C系、2D系及び高圧炉心スプレイ系 原子炉停止時:計装制御、原子炉停止時冷却及び非常用炉心冷却系の一部に係る電源

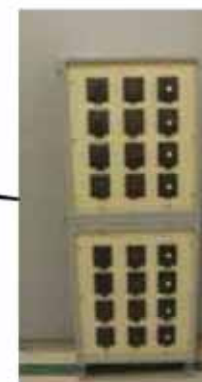
4. 可搬型代替低圧電源車及び電源ケーブル接続口の扱い



- 東海第二発電所は代替電源設備として可搬型代替低圧電源車を2箇所分散して配備し、非常用電源設備による電源供給機能が喪失した場合でも、低圧電源車を保管場所から原子炉建屋付近まで移動させ、電源ケーブルを建屋側の接続口に接続することで、必要設備への電源供給を可能としている。
- 原子炉建屋側の接続口は位置的分散に配慮して2箇所を設け、共通要因により接続不可となることを防止する。また電源ケーブルのコネクタは接続規格を統一した汎用品を用い確実に接続が可能な設計とする。さらに、継続的にケーブル接続の訓練を行い、緊急時に実働する際の実効性を確保する。
- これらの対応により、発電所に配備した低圧電源車による電源供給機能の信頼性を高めており、更に、災害等発生時に発電所外部からの支援を受け、他の電源車等を受け入れる場合でも、迅速かつ確実な電源ケーブル接続による電源供給を可能としている。



ケーブル接続箇所(低圧電源車側)



ケーブル接続箇所(接続口側イメージ)

可搬型代替低圧電源車の配備場所・ケーブル接続場所 電源設備-53

5. 発電所の交流電源の復旧時間について

○東海第二発電所で外部電源が喪失すると、非常用ディーゼル発電機等(全3台*)が自動起動して所内に非常用電源を供給する。仮に、何らかの異常により非常用ディーゼル発電機が全台とも起動しない場合には、発電所は全交流動力電源喪失(SBO)の状態に至る。

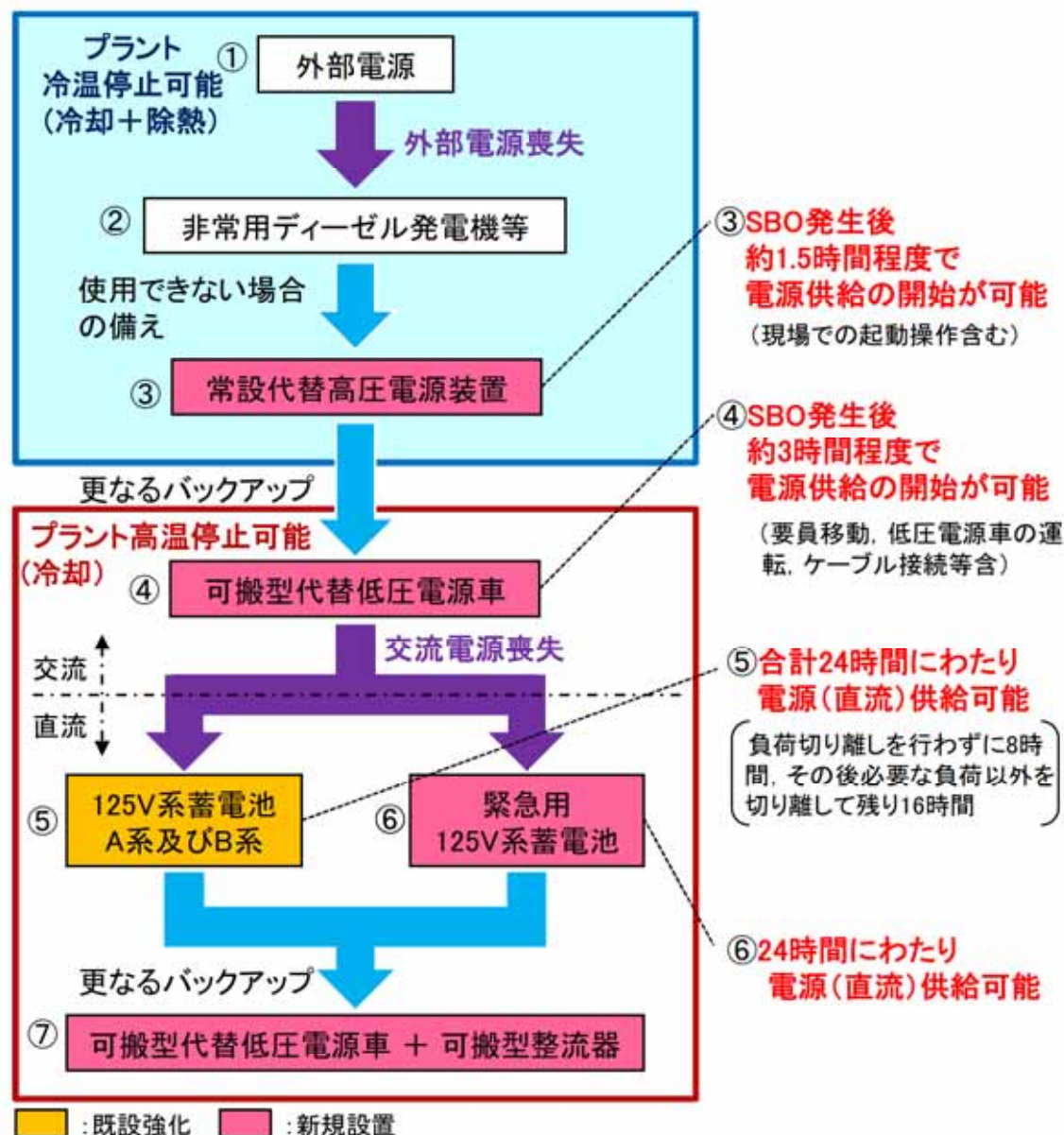
* 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。

○SBOに至った状態で使用可能な電源としては、蓄電池(125V系蓄電池A系及びB系、または緊急用125V系蓄電池)から直流電源が供給可能であり、これらの蓄電池は必要な直流電源を24時間にわたり供給できる容量を有している。〈別紙1参照〉

○SBOから所内に交流電源を復旧させる手段として、代替電源設備として整備した常設代替高圧電源装置又は可搬型代替低圧電源車により交流電源を供給する。これらの代替電源設備は蓄電池の容量である24時間を十分下回る短時間(約3時間程度)で電源供給を開始できる。

〈別紙2参照〉

また、代替電源の確保に加えて、非常用ディーゼル発電機及び外部電源の機能復旧にも対応していく。

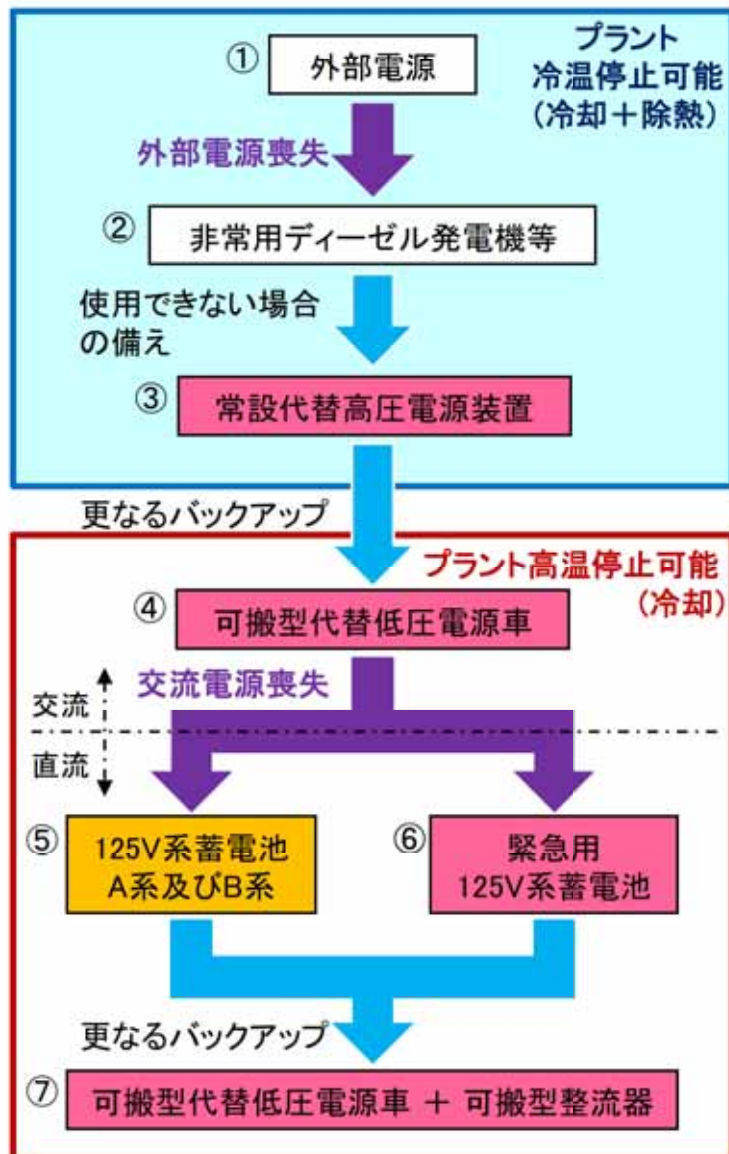


<別紙1> 電源喪失時のバックアップ電源の流れ

* 本文「2. 電源設備の概要」再掲



給電対象負荷一覧



黄色 : 既設強化 赤色 : 新規設置

機能	系統	冷温停止 (冷却+除熱)			高温停止 (冷却)			
		① 外部電源	② 非常用ディーゼル発電機等	③ 常設代替高圧電源装置	④ 可搬型代替低圧電源車	⑤ 125V系蓄電池 A系及びB系	⑥ 緊急用 125V系蓄電池	⑦ 可搬型代替低圧電源車 + 可搬型整流器
炉心冷却 ※1	高圧炉心スプレイ系	○	○	—	—	—	—	—
	高圧代替注水系	○	○	○	○	—	○	○
	原子炉隔離時冷却系	○	○	○	○	○	—	○
	低圧 ECCS系	○ (2系列)	○ (2系列)	○ (1系列)	※3	※3	※3	※3
	低圧代替注水系 (常設)	○	○	○	○	※3	※3	※3
除熱 ※1	残留熱除去系	○	○	○	—	—	—	—
	代替循環冷却系	○	○	○	※4	—	—	—
SFP ※2 冷却 ※1	燃料プール冷却系	○	○	—	—	—	—	—
	代替燃料プール冷却系	○	○	○	○	※3	※3	※3
補機冷却 ※1	緊急用海水系	○	○	○	※3	—	—	—
監視	監視計器類	○ (交流+直流)	○ (交流+直流)	○ (交流+直流)	○ (交流+直流)	○ (直流)	○ (直流)	○ (直流)

※1: 起動・制御に関するものを含む。

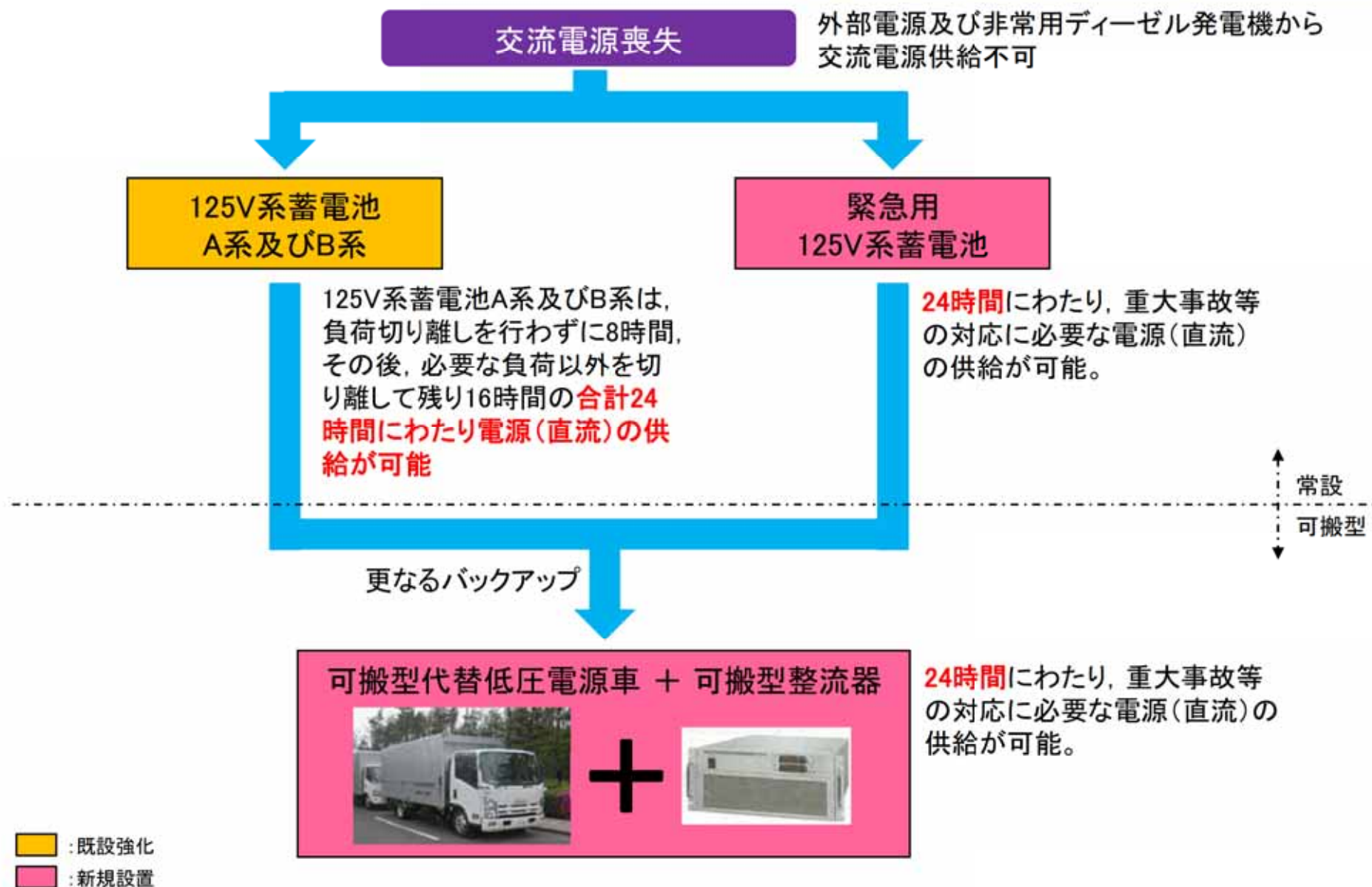
※2: SFPは、使用済燃料プール (Spent Fuel Pool) の略

※3: 可搬型注水設備 (ポンプ車等) により、炉心冷却等を実施

※4: 他負荷を使用しない場合は運転可能

<別紙1> 電源の多様化(代替電源(直流)の確保)

* 本文「3. ② 電源の多様化(代替電源(直流)の確保)」再掲



<別紙2> 交流電源の復旧時間の見積もり (1/3)

		経過時間(分)												備 考	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100				
手順の項目	実施箇所・必要人員数	常設代替高圧電源装置(2台)による緊急用母線受電4分													
常設代替交流電源設備による代替所内電気設備への給電【常設代替高圧電源装置の中央制御室からの起動】*	運転員等 (当直運転員) (中央制御室)	1	▽	常設代替高圧電源装置2台起動及び緊急用母線受電											
			→												

* 中央制御室からの遠隔起動の場合

		経過時間(分)												備 考			
		※	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100					
手順の項目	実施箇所・必要人員数	常設代替高圧電源装置(2台)による緊急用母線受電40分															
常設代替交流電源設備による代替所内電気設備への給電【常設代替高圧電源装置の現場からの起動】*	運転員等 (当直運転員) (中央制御室)	1						緊急用母線受電準備									
								緊急用母線受電									
	重大事故等 対応要員	2					常設代替高圧電源装置起動準備										
							常設代替高圧電源装置2台起動										

* 現場からの起動の場合(常設代替高圧電源装置置場)
(中央制御室からの遠隔起動が不可の場合)

※タイムチャートのスタートは、中央制御室からの常設代替高圧電源装置の起動失敗により、現場からの起動操作を行うことを判断した時とする。

常設代替高圧電源装置の起動及び受電手順のタイムチャート (1/2)



現場操作盤
(高圧電源装置)

注 タイムチャートの検討に当たっては、現場へのアクセス(現場からの起動の場合)、高圧電源装置の起動時間等、実設備に基づき必要時間を見積もっている。
代替電源設備の設置後に、実証訓練を通じて本タイムチャートの実効性を確認し、更に習熟による時間短縮を図る。

<別紙2> 交流電源の復旧時間の見積もり (2/3)



* 中央制御室からの遠隔起動の場合



* 現場からの起動の場合

(常設代替高圧電源装置置場)

(中央制御室からの遠隔起動が不可の場合)

※タイムチャートのスタートは、中央制御室からの常設代替高圧電源装置の起動失敗により、現場からの起動操作を行うことを判断した時とする。

非常用母線の受電時間(88分)が遠隔起動の場合の時間(92分)よりも短くなっているが、実際には中央制御室からの起動を試み、失敗した後に現場操作に移るため、経過時間が逆転することはない。

注 代替電源設備の設置後に、実証訓練を通じて本タイムチャートの実効性を確認し、更に習熟による時間短縮を図る。

常設代替高圧電源装置の起動及び受電手順のタイムチャート (2/2)

電源設備-58

<別紙2> 交流電源の復旧時間の見積もり (3/3)



		経過時間(分)																		備 考	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180		
手順の項目	実施箇所・必要人員数	可搬型代替低圧電源車電源の起動(2台)及び非常用母線受電180分																			
可搬型代替交流電源設備による非常用所内電気設備への給電	運転員等 (当直運転員) (中央制御室)	1	電源ケーブル布設・接続160分 ▽ 非常用母線受電 ▽																		
	運転員等 (当直運転員) (現場)	2	移動、可搬型代替低圧電源車起動前準備																		
	重大事故等 対応要員	6	可搬型代替低圧電源車起動前準備																		
			西側保管場所から原子炉建屋西側接続口への移動・配置																		
			ケーブル敷設																		
			ケーブル接続																		
			可搬型代替低圧電源車(2台)起動																		

西側保管場所から原子炉建屋東側接続口への移動・配置の所要時間も同様

可搬型代替低圧電源車の起動及び受電手順のタイムチャート



可搬型代替低圧電源車



ケーブル接続箇所(低圧電源車)



操作盤(低圧電源車)

注 タイムチャートの検討に当たっては、要員のアクセス、低圧電源車の運転、電源ケーブルの展開・接続、電源車の起動等、実設備に基づき必要時間を見積もっている。電源接続口の設置、可搬型設備保管場所及びアクセスルート造成後に、実証訓練を通じて本タイムチャートの実効性を確認、更に習熟による時間短縮を図る。

6. 代替電源設備の負荷容量及び燃料確保について (1/2)

6.1 7日間の外部電源喪失に備えた燃料確保

○東海第二発電所で外部電源が喪失すると、**非常用ディーゼル発電機等(全3台*1)**が自動起動して所内に非常用電源を供給する。何らかの異常で非常用ディーゼル発電機等が起動しない場合は、代替電源設備として**常設代替高圧電源装置又は可搬型代替低圧電源車**より交流電源を供給する。

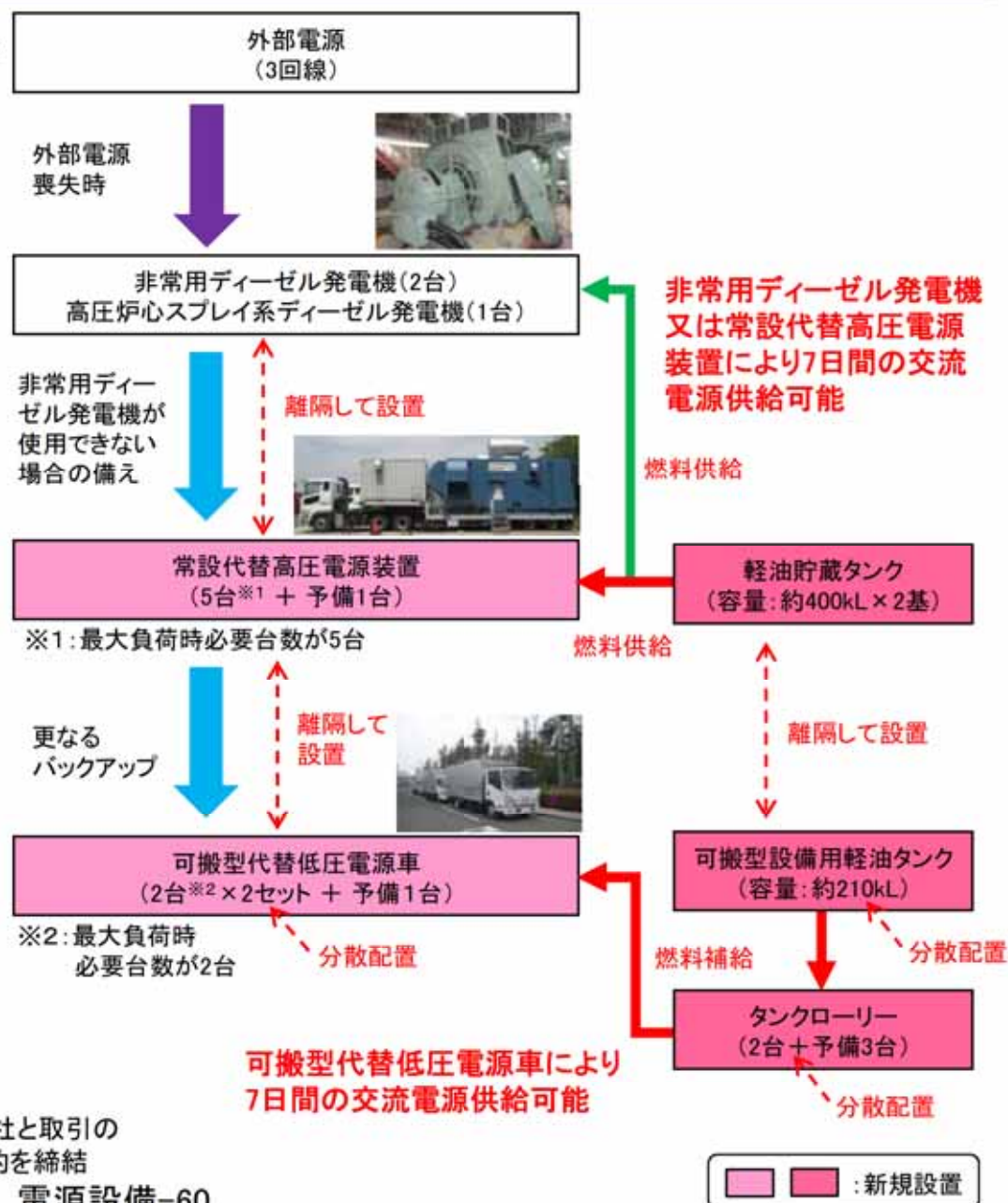
*1 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。

○これらの設備は軽油を燃料とするディーゼル機関で発電し、**これらの燃料は外部電源喪失が7日間続いた場合でも原子炉冷却等に必要の交流電源を供給し続けることが可能な量を貯蔵している。**

○燃料の貯蔵場所は、**地震や津波等の外部事象の影響を受け難い地下や高所に設置し、また、すべての燃料が同時に喪失しないよう位置的分散を図り、信頼性を高めている。**

○上記のとおり、発電所内のリソースで7日間交流電源が確保されるため、この間に**外部電源の復旧や、外部からの補給用の燃料の受け入れ等*2**を手配し、7日以降の電源確保を確実にしていく。＜別紙1～3参照＞

*2 外部電源喪失が継続した場合の燃料調達手段として、当社と取引のある燃料供給会社の油槽所からの燃料の優先調達の契約を締結



6. 代替電源設備の負荷容量及び燃料確保について (2/2)

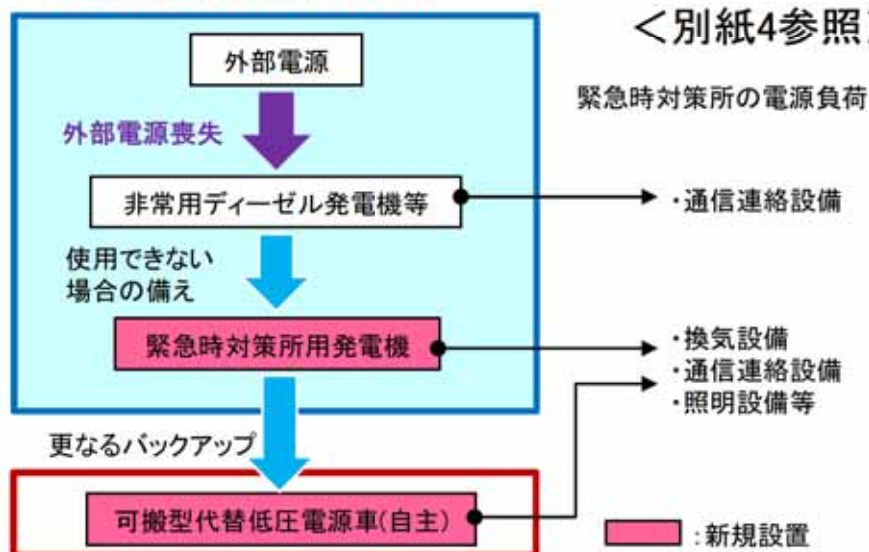


6.2 緊急時対策所への給電に係る可搬型代替低圧電源車の容量及び台数

- 東海第二発電所は代替電源設備として可搬型代替低圧電源車(2台(100%)×2セット+予備1台)を配備し、非常用電源設備による電源供給機能が喪失した場合でも、**低圧交流電源の供給を可能**としている。
- 可搬型代替低圧電源車の容量(合計800kW(2台合計))は、原子炉の状態監視や使用済燃料プールの冷却等に**必要な最大負荷容量(約680kW)**を上回るよう設定している。また、**必要台数(2台)の2倍の4台を2箇所**に分散して配備し、電源供給の信頼性を高めている。**<別紙2,3参照>**
- 可搬型設備保管場所に隣接する緊急時対策所は、**独立した専用の緊急時対策所用発電機(100%×2台)**を設ける。加えて、**更なるバックアップとして可搬型代替低圧電源車からも給電可能**とする。

- ・緊急時には、可搬型代替低圧電源車は、原子炉建屋側の負荷への給電を優先し、**緊急時対策所への給電が必要な場合は、予備の電源車1台を活用**
- ・緊急時対策所の負荷は、**緊急時に必要な換気設備や通信連絡設備に供給**

<別紙4参照>



可搬型代替低圧電源車の配備場所、緊急時対策所建屋の配置

電源設備-61

<別紙1> 電源の多様化(代替電源(交流)の確保)(常設代替電源)

* 本文「3. ① 電源の多様化(代替電源(交流)の確保)」再掲

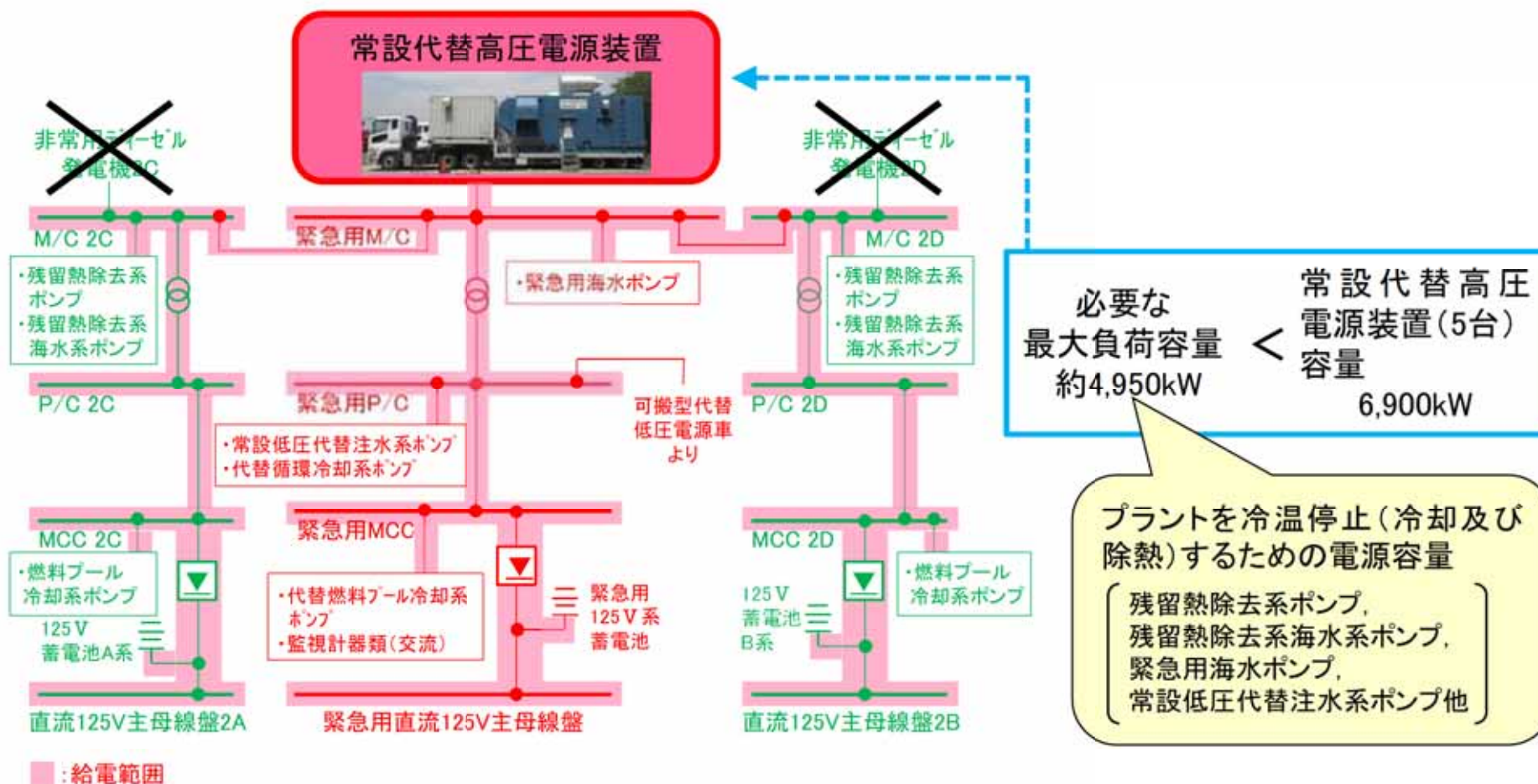


多重化されている
非常用ディーゼル発電機が
両系統機能喪失



代替交流電源設備から重大事故等対処設備へ電力を
供給し、重大事故等への対処を可能とする。

- ・ 常設代替交流電源設備…**常設代替高压電源装置**
- ・ 可搬型代替交流電源設備…可搬型代替低压電源車

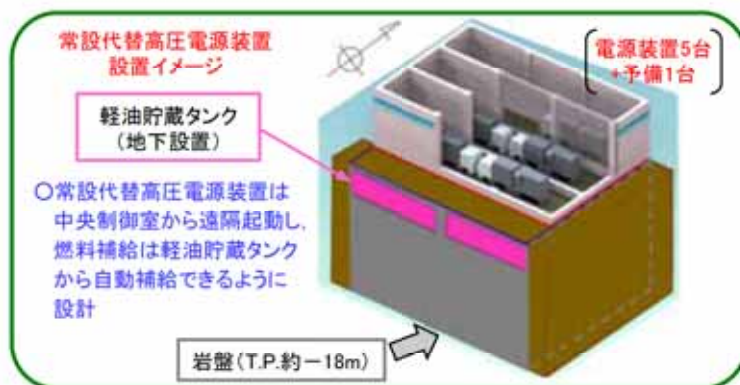


<別紙1> 常設電源設備の燃料の確保

* 補足説明資料「1. 規制要求と対応(電源設備における安全性の向上)」再掲



○常設電源設備(非常用ディーゼル発電機等及び常設代替高圧電源装置)用の燃料貯蔵設備として、**7日間の電源供給を可能とする軽油貯蔵タンク(400kL)を2基設置**



軽油貯蔵タンク
配置図

○軽油貯蔵タンクの容量は、燃料消費量が最大となるケースである外部電源喪失が発生した場合を想定しても、7日間電源供給が可能な量を上回る容量を設定

外部電源喪失

非常用ディーゼル発電機等により・・・
非常用母線を受電

非常用ディーゼル発電機等が7日間運転可能な燃料
(53,184 L/日 × 7日 ÷ 372.3kL)

+

+

常設代替高圧電源装置により・・・
緊急用母線を受電
(重大事故への備え)

常設代替高圧電源装置が1日運転可能な燃料
(20,160 L/日 × 1日 ÷ 20.2kL)

$$372.3\text{kL} + 20.2\text{kL} = 392.5\text{kL} * < 400\text{kL}$$

* 何れかの電源のみで7日間運転を続ける場合は、
このケースよりも 燃料消費量が少なくなる。

<別紙2> 電源の多様化(代替電源(交流)の確保)(可搬型設備)

* 本文「3. ① 電源の多様化(代替電源(交流)の確保)」再掲



多重化されている
非常用ディーゼル発電機が
両系統機能喪失



代替交流電源設備から重大事故等対処設備へ電力を
供給し、重大事故等への対処を可能とする。

- ・ 常設代替交流電源設備…常設代替高圧電源装置
- ・ 可搬型代替交流電源設備…**可搬型代替低圧電源車**



■ : 給電範囲

原子炉への低圧注水,
使用済燃料プールの冷却及び
直流負荷のための電源容量

〔 常設低圧代替注水系ポンプ,
代替燃料プール冷却系ポンプ,
125V充電器盤, 監視計器類他 〕

必要な
最大負荷容量 約680kW < 可搬型代替低圧
電源車(2台)容量 800kW

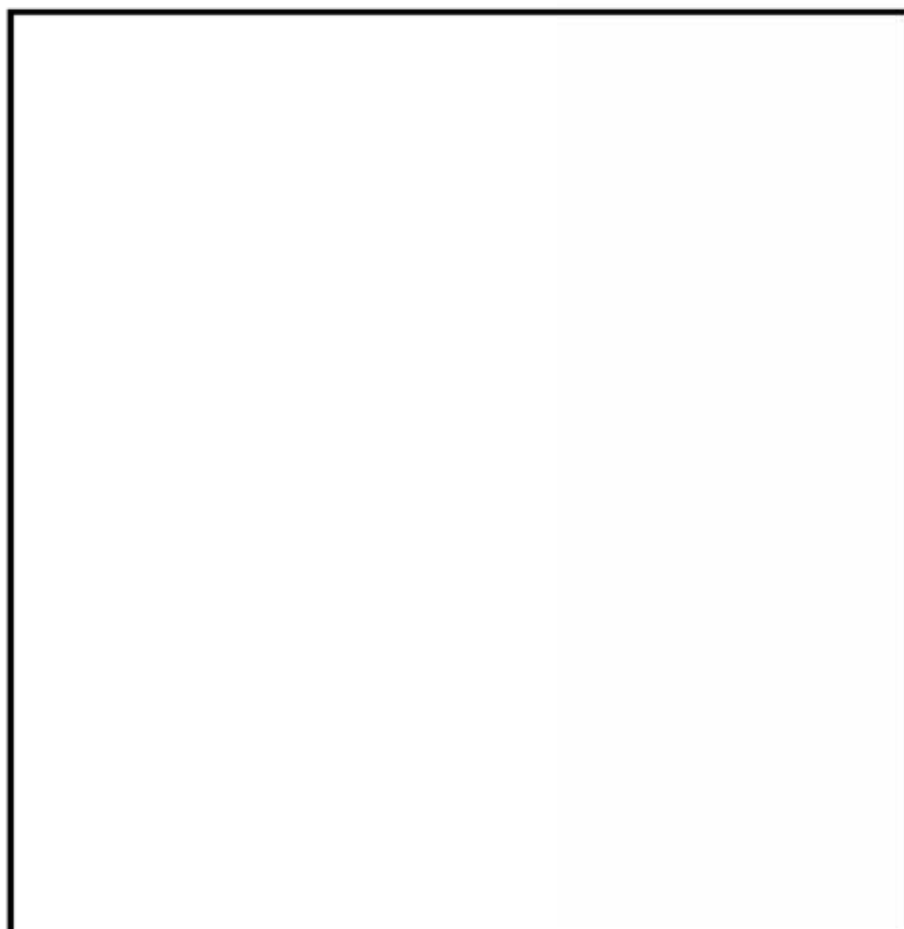
可搬型代替低圧電源車は、以下の負荷が含まれていないため、
常設代替高圧電源装置と比べて容量が小さい。

・ 除熱機能に関する負荷(除熱はフィルタベント設備にて対応)

<別紙2> 可搬型代替低圧電源車等の燃料の確保



- 可搬型代替低圧電源車等の燃料貯蔵設備として、可搬型設備用軽油タンク(合計210kL)を設置
- 可搬型代替低圧電源車等への燃料補給用の設備として、タンクローリ(2台+予備3台)を配備
- これらの設備は、軽油貯蔵タンクとの位置的分散を図って設置



軽油貯蔵タンクの配置と可搬型設備用軽油タンク及びタンクローリの配置

○可搬型設備用軽油タンクの容量は、各可搬型設備を7日間並行して運用するのに必要な燃料量を十分上回る量としている。

使用機器	①台数 (台)	②燃料消費率 (L/h/台)	①×②×7日間 (kL)
可搬型代替低圧電源車	2		
可搬型代替注水大型ポンプ (注水用+補給用)	1		
可搬型代替注水大型ポンプ (放水用)	1		
可搬型代替注水中型ポンプ (注水用+補給用)	2		
窒素供給装置用電源車	1		
その他※1	—		
計(kL)			約168.6

※1 タンクローリ(走行用の燃料タンク)への7日間の給油量0.7kLを含む。

- ・可搬型設備の7日間連続運転に必要な容量は約168.6kL
- ・可搬型設備用軽油タンク容量は、十分な余裕を見込んで約210kL(約30kL×7基+予備1基)を確保し、2箇所の可搬型設備保管場所の地下に各々4基ずつ設置する

<別紙3> 常設代替高圧電源装置及び可搬型代替低圧電源車の負荷

* 補足説明資料「1. 規制要求と対応(電源設備における安全性の向上)」再掲



常設代替高圧電源装置 負荷一覧表

起動順序	主要機器名称	負荷容量(kW)
①	緊急用母線自動起動負荷 ・緊急用直流125V充電器 ・その他必要な負荷	約 120 約 97
②	非常用母線 2 C 自動起動負荷 ・直流125V充電器 A ・非常用照明 ・120/240V計装用主母線盤 2 A ・その他必要な負荷 ・その他不要な負荷	約 79 約 108 約 134 約 14 約 234
③	非常用母線 2 D 自動起動負荷 ・直流125V充電器 B ・非常用照明 ・120/240V計装用主母線盤 2 B ・その他不要な負荷	約 60 約 86 約 134 約 135
④	残留熱除去系海水系ポンプ	約 837
⑤	残留熱除去系海水系ポンプ	約 837
⑥	残留熱除去系ポンプ その他必要な負荷	約 584 約 3
⑦	非常用ガス再循環系排風機 非常用ガス処理系排風機 その他必要な負荷 停止負荷	約 55 約 8 約 95 約 52
⑧	中央制御室換気系空気調和機ファン 中央制御室換気系フィルタ系ファン その他必要な負荷	約 45 約 8 約 183
⑨	蓄電池室排気ファン その他必要な負荷	約 8 約 154
⑩	緊急用海水ポンプ(使用済燃料プール冷却用として起動) その他必要な負荷 (緊急用海水ポンプ及びその他負荷の起動時の合計)	約 510 約 4 (約 982)
⑪	代替燃料プール冷却系ポンプ	約 30
合計 連続最大負荷 (最大負荷)		約 4,510 (約 4,948)

可搬型代替低圧電源車 最大負荷一覧表

(1) 非常用所内電気設備に給電する場合

起動順序	主要機器名称	負荷容量(kW)
①	非常用母線 2 C 自動起動負荷 ・直流125V充電器 A ・非常用照明 ・120V AC計装用電源 2 A ・その他負荷	約 79 約 22 約 134 約 134
②	非常用母線 2 D 自動起動負荷 ・直流125V充電器 B ・非常用照明 ・その他負荷	約 60 約 22 約 52
③	・中央制御室換気系空気調和機ファン ・中央制御室換気系フィルタ系ファン (中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系フィルタ系ファンの起動時合計)	約 45 約 8 (約 172)
④	・蓄電池室排気ファン ・蓄電池室空気調和機ファン	約 8 約 11
合計 連続最大負荷 (最大負荷)		約 575 (約 675)

(2) 代替所内電気設備に給電する場合

起動順序	主要機器名称	負荷容量(kW)
①	常設低圧代替注水系ポンプ	約 190
②	常設低圧代替注水系ポンプ (起動時)	約 190 (485)
③	代替燃料プール冷却系ポンプ	約 30
④	緊急用母線自動起動負荷 ・緊急用直流125V充電器 ・その他必要な負荷	約 120 約 95
合計 連続最大負荷 (最大負荷)		約 625 (約 675)

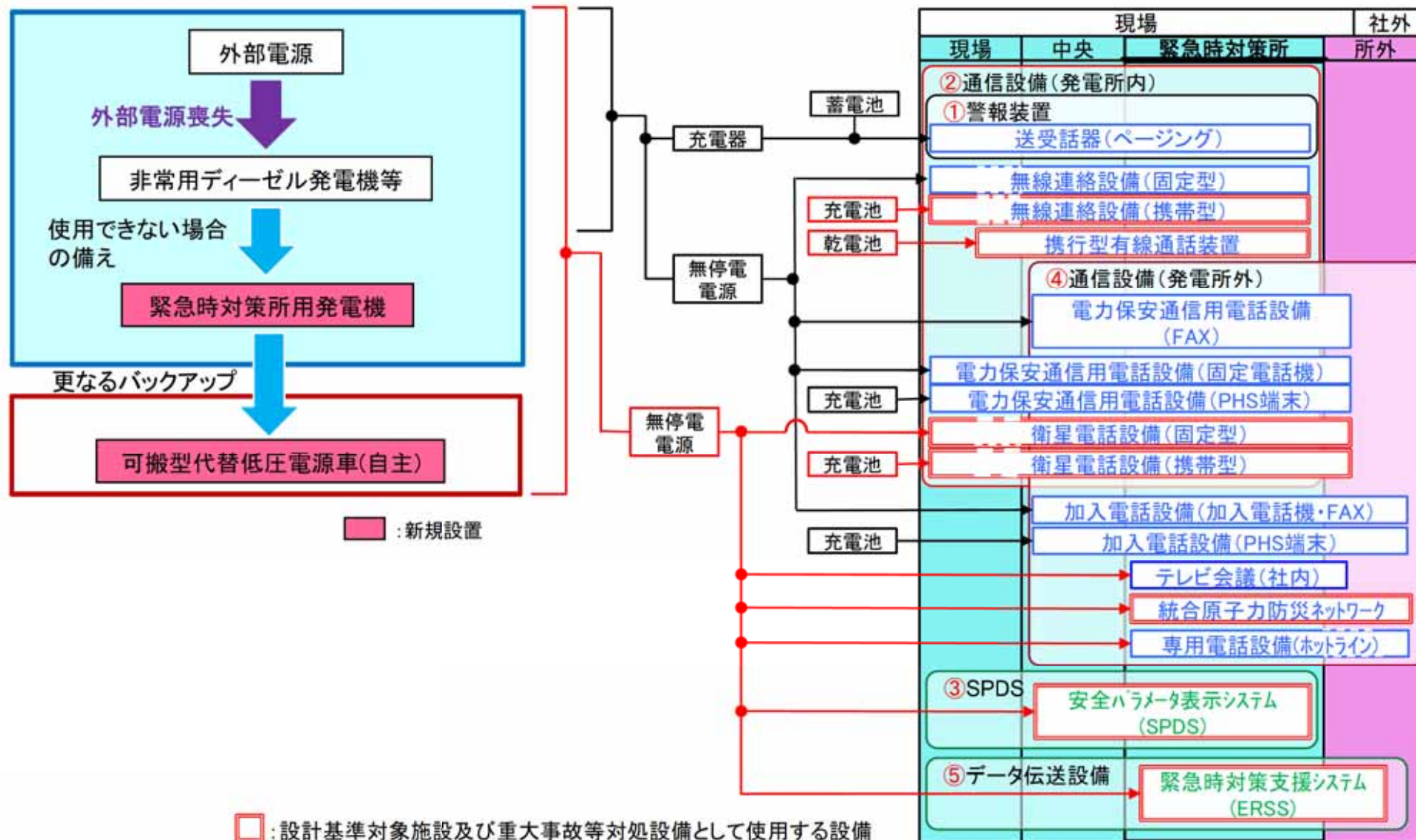
 ぎんぎん

- : 重大事故等対処設備として使用する設備

<別紙4> 緊急時対策所の電源確保の対策 (2/4)



○緊急時対策所で重大事故等対処設備として使用する通信連絡設備には、**緊急時対策所用発電機等の代替電源設備からの電源供給を確保**することで通信連絡設備の信頼性を向上（新規）



<別紙4> 緊急時対策所の電源確保の対策 (3/4)



○**緊急時対策所用発電機**は、緊急時対策所で必要な最大負荷(約870kVA)に給電できる容量(定格容量 約1,725kVA;1台当たり)を有し、これを2台設置

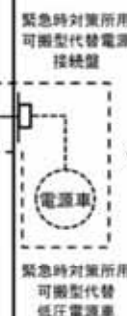
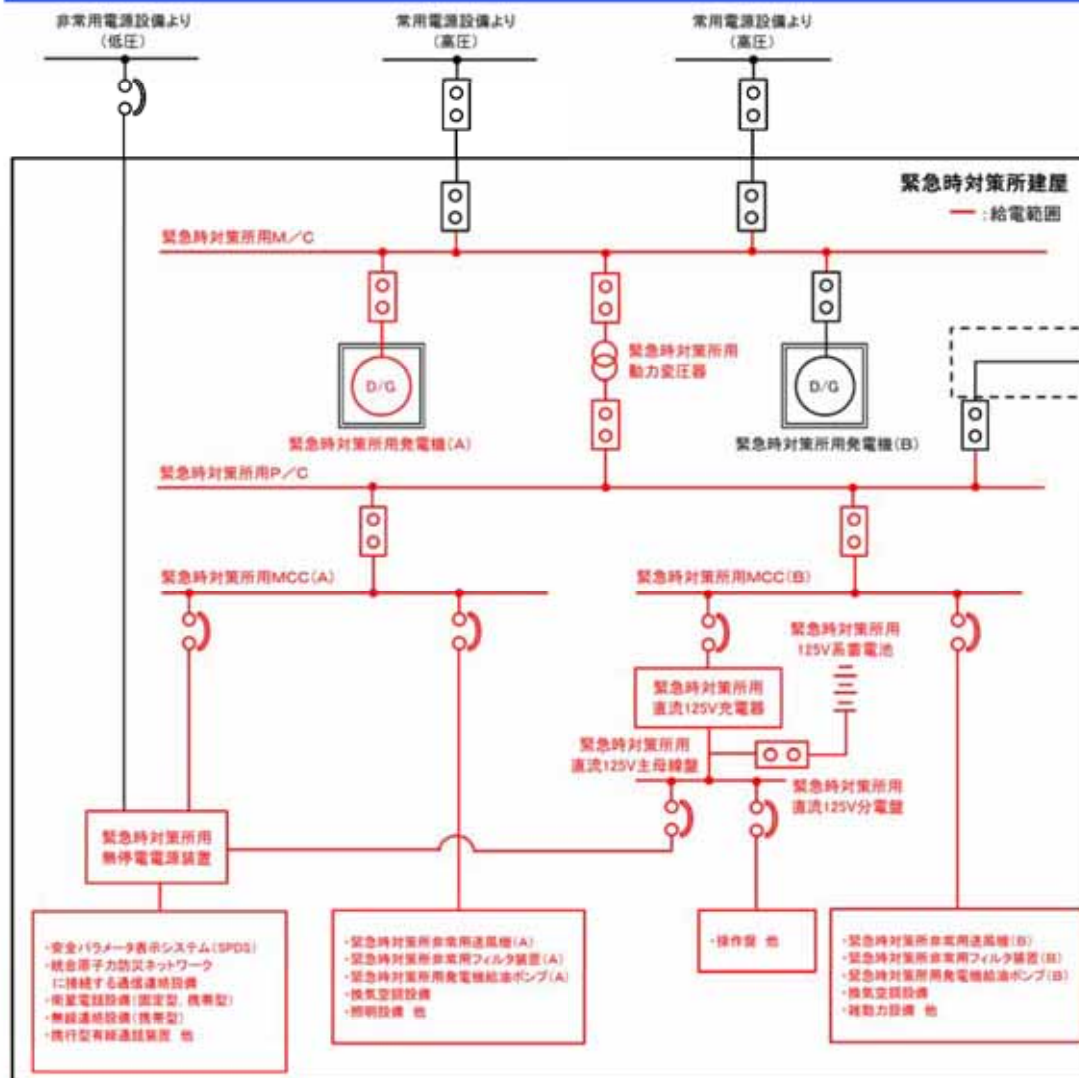
- ・緊急時対策所で必要な最大負荷容量(約870kVA)を十分上回る容量

○不測の事態により、緊急時対策所用発電機が2台とも使用不能となった場合等には、更なるバックアップとして**可搬型代替低圧電源車(自主対策設備)**の接続による**電源供給**が可能であれば活用

- ・可搬型代替低圧電源車は保管場所に分散して2セットあり、原子炉建屋側の設備への電源供給を優先して1セット(2台)を使用し、もう1セット(2台)がバックアップとして保管場所に残る。加えて、これらの予備として電源車1台を確保しており、**この1台が使用可能であれば、緊急時対策所用可搬型代替電源接続盤に接続して電源を供給**
- ・緊急時対策所で緊急時に必要とされる負荷(340kVA)に対して、可搬型代替低圧電源車1台(定格容量 約500kVA(約400kW))で給電

負荷名称／電源名称	緊急時対策所の電源負荷容量(kVA)	
	緊急時対策所用発電機の場合 (定格容量:1,725kVA(1台当たり))	可搬型代替低圧電源車の場合 (定格容量:500kVA(1台当たり))
換気設備	約460	約130
通信連絡設備等	約35	約35
その他(照明, 雑動力等)	約375	約175
合 計	約870(最大負荷容量)	約340(緊急時に必要とされる容量)

<別紙4> 緊急時対策所の電源確保の対策 (4/4)



緊急時対策所に可搬型代替低圧電源車から給電する場合の接続概要図

緊急時対策所の給電図

(常用電源, 緊急時対策所用発電機及び可搬型代替低圧電源車からの給電)

* 図は緊急時対策所用発電機(A)から給電するケースを朱書き

【凡例】  : ディーゼル発電機  : 遮断器  : 配線用遮断器  : 変圧器  : 蓄電池  : 代替電源設備  : 低圧電源車  : 接続口 実線 : 常設設備・電路 点線 : 可搬型設備・電路  : 自主対策設備	【略語】 M/C : メタルクラッド開閉装置 P/C : パワーセンタ MCC : モータコントロールセンタ
--	--

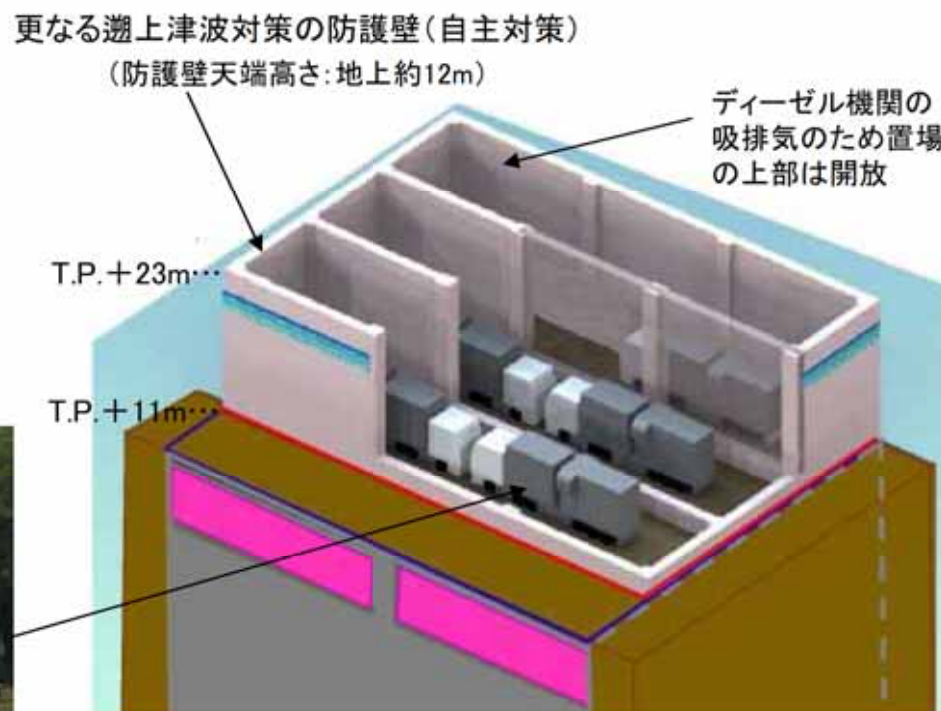
7. 常設代替高圧電源装置の竜巻飛来物の影響とセキュリティ上の対応について

○常設代替高圧電源装置は屋外設置用の設備(高圧電源車)で風雨等の影響を受けず、また地震、火災、溢水等によっても機能が喪失しないよう設計

○常設代替高圧電源装置置場は高所にあり敷地に遡上する津波は到達しないが、それを更に上回る津波からも当該設備を守れるよう自主的に水密化を施した防護壁を設ける。ただし、発電機のディーゼル機関の吸排気が必要なため、置場に天井は設けず上部は大気に開放している。



常設代替高圧電源装置(5台設置+予備1台)



常設代替高圧電源装置置場

○発電所に竜巻が襲来した場合、竜巻飛来物が常設代替高圧電源装置置場の上部から飛来・落下し、装置が損傷して機能喪失する可能性があるが*1、その場合でも、原子炉建屋外壁で防護された非常用ディーゼル発電機等(3台)は全台が機能を維持し電源供給が可能であり、仮に竜巻による外部電源喪失が発生した場合でも、発電所の交流電源が失われることはない。*2

*1 装置の損傷が発生した場合でも、健全な号機が残存していればそれらを使用可能な場合も考えられる。

*2 可搬型代替低圧電源車は屋外配置のため竜巻襲来時に機能喪失の可能性があるが、複数台を分散配備しており、竜巻の進路によっては被害を免れる場合も考えられるため、使用できる場合は活用可能

○常設代替高圧電源装置置場等は、発電所の立入制限区域として入域を管理・制限された内部に配置し、更に置場内への出入は施錠管理等を行い、不要なアクセスを制限する。

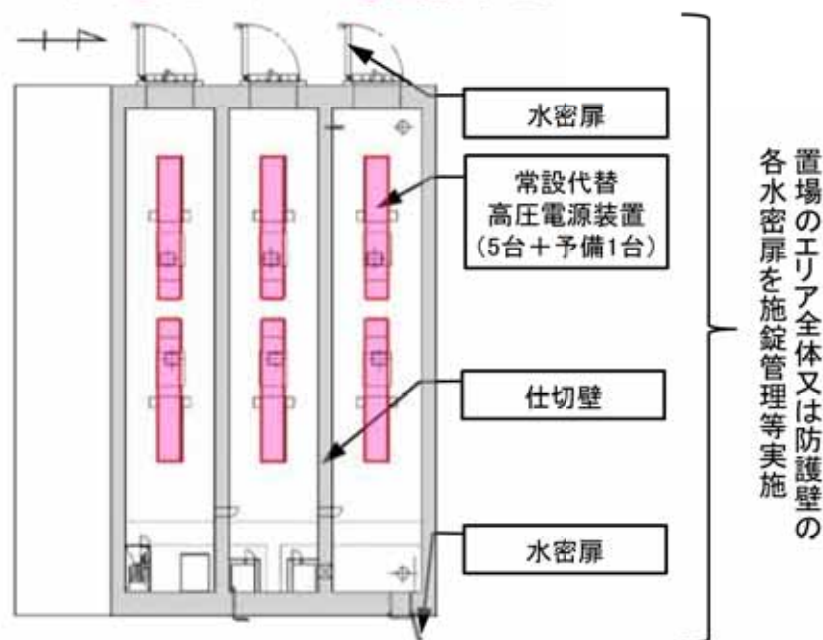
＜別紙参照＞

- 竜巻飛来物が常設代替高压電源装置置場の上部から飛来し、装置が損傷して機能喪失しても、**原子炉建屋外壁で防護された非常用ディーゼル発電機等は機能喪失せず電源供給が可能で発電所の交流電源が失われることはない。**

* 装置の損傷が発生した場合でも、健全な号機が残存していればそれらを使用可能な場合も考えられる。

* 可搬型代替低圧電源車は屋外配置のため竜巻襲来時に機能喪失の可能性があるが、複数台を分散配備しており、竜巻の進路によっては被害を免れる場合も考えられるため、使用できる場合は活用可能

- 常設代替高压電源装置置場等は、**発電所の立入制限区域**として入域を管理・制限された内部にあり、更に置場内への出入は施錠管理等を行い、**不要なアクセスを制限**する。



常設代替高压電源装置置場 平面図

置場のエリア全体又は防護壁の
各水密扉を施錠管理等実施

原子炉建屋(非常用ディーゼル発電機等)の配置と
常設代替高压電源装置置場及び可搬型重大事故等対処設備保管場所

注 写真は一部イメージを含む

■ : 非常用電源設備(設計基準事故対処設備)
■ : 代替電源設備(重大事故等対処設備)