

女川原子力発電所2号炉 内部火災について

平成29年11月14日
東北電力株式会社

目次

1. 目的及び全体概要
2. 女川2号炉の火災防護に関する主な特徴
3. 安全機能を有する構築物, 系統及び機器等の選定
4. 火災区域・区画設定の考え方

今回ご説明

5. 火災の発生防止
6. 火災の感知及び消火
 - 6.1 火災感知設備
 - 6.2 消火設備
7. 火災の影響軽減

7.1 系統分離による影響軽減

- ◆ 中央制御盤内の分離対策
- ◆ 中央制御室床下ケーブルピットの分離対策
- ◆ 中央制御室火災時の原子炉の安全停止に係る影響評価
- ◆ 原子炉格納容器内の火災防護

今回ご説明

7.2 火災影響評価

1. 目的及び全体概要(1/7)

(1)目的

- 新規制基準により「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置, 構造及び設備の基準に関する規則」第八条では火災による損傷防止が要求されており, 「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」に適合することを要求。
- 発電用原子炉施設内の火災区域及び火災区画に設置される安全機能を有する構築物, 系統及び機器を火災から防護することを目的として, 「火災の発生防止」, 「火災の感知及び消火」, 「火災の影響軽減」のそれぞれを考慮した火災防護対策を実施。

1. 目的及び全体概要(2/7)

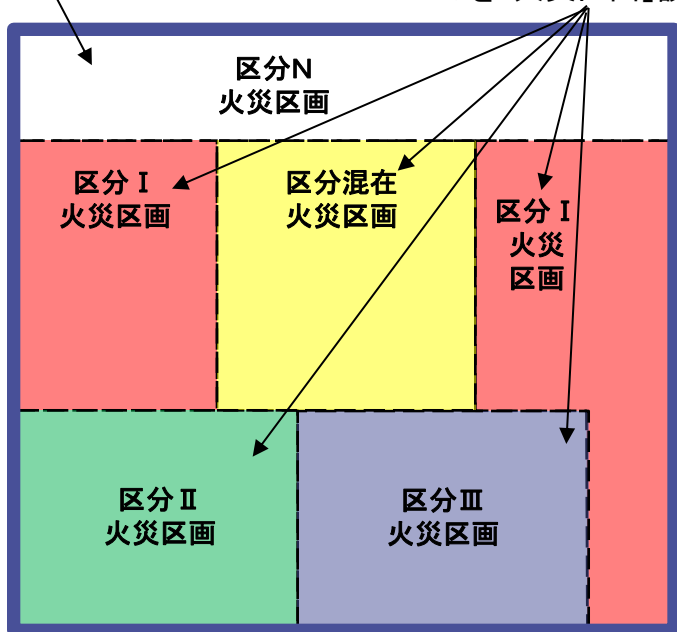
(2)火災区域・火災区画の設定

次の機能を有する構築物, 系統及び機器の設置箇所, 建屋の間取り, 機器やケーブル等の配置, 耐火壁の能力, 系統分離基準等を総合的に勘案し設定。(詳細は「4. 火災区域・区画設定の考え方」参照)

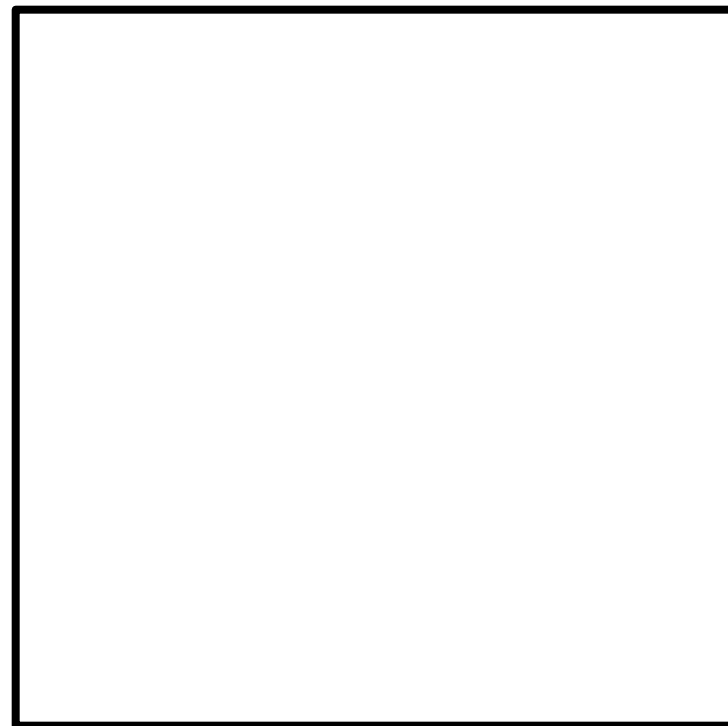
- 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し, 維持するために必要な機能
- 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能

- a. 火災区域は, 建屋内の機器等について, 耐火壁で囲まれた建屋内単位で設定。
- b. 火災区画は, 火災区域を火災区分毎に細分化したものを「火災区画」として設定。

- ①建屋を「火災区域」設定
- ②火災区域を細分化したものを「火災区画」設定



火災区域及び火災区画の設定例

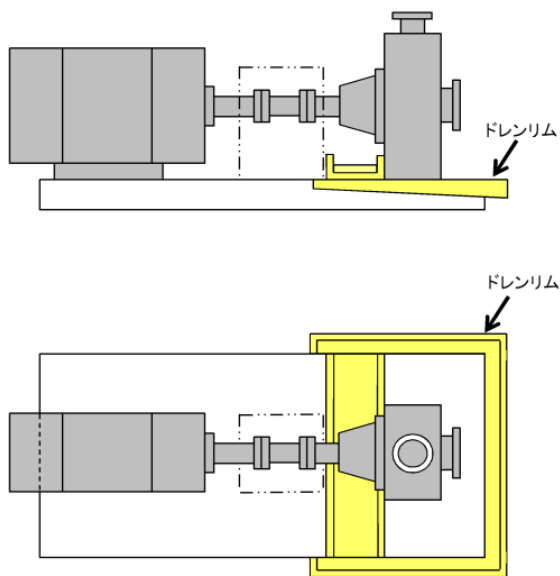


実際の設定状況

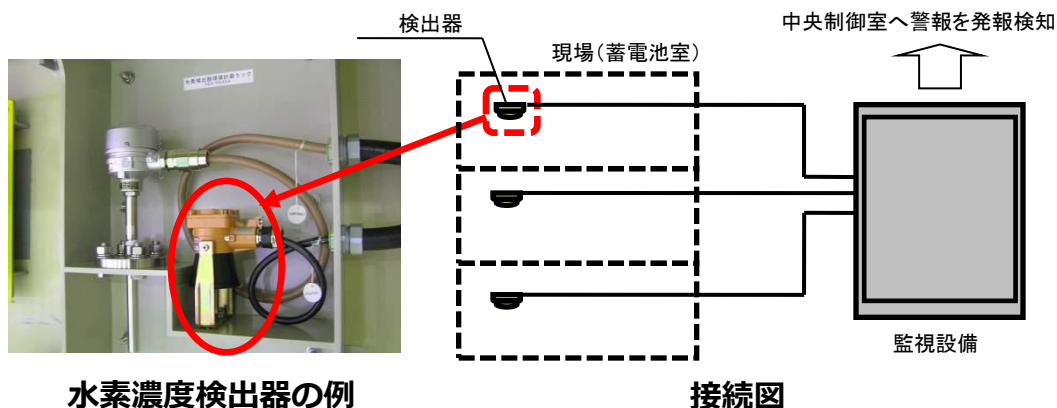
1. 目的及び全体概要(3/7)

(3) 火災の発生防止

- 火災区域内に設置する油内包設備は、溶接構造、シール構造の採用による漏えい防止対策を講じるとともに、漏えい拡大防止対策(オイルパン、ドレンリム又は堰設置)を実施。
- 安全機能を有する構築物、系統及び機器に使用するケーブルには、実証試験により自己消火性(UL垂直燃焼試験)及び耐延焼性(IEEE383垂直トレイ燃焼試験)を確認した難燃ケーブルを使用する設計。
- 水素ガスに対する換気及び漏えい検知対策を実施。
- 放射線分解等により発生、蓄積する水素ガスの蓄積防止対策を実施。
- 電気系統の過電流による過熱の防止対策として、保護継電器、遮断器により、故障回路を早期に遮断する設計等。



ドレンリム設置概要



水素濃度検出器の例

接続図

水素漏えい監視設備の概要

1. 目的及び全体概要(4/7)

(4)火災の感知及び消火

a. 火災感知設備

- 安全機能を有する機器等を設置する火災区域又は火災区画は、原則として、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置。
- 周囲の環境条件により、アナログ式感知器の設置が適さない箇所には、誤作動防止を考慮した上で非アナログ式の感知器を設置。

設置場所	火災感知器 (下線:非アナログ式)	非アナログ式火災感知器 の特徴及び優位点	誤作動防止対策
原子炉建屋オペレーティングフロア	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>アナログ式煙感知器</u> ・<u>非アナログ式炎感知器</u> (アナログ式感知器存在せず) 	<ul style="list-style-type: none"> ・消防法施行規則に則り煙感知器と炎感知器を設置 ・炎が発する赤外線を検知するため、炎が生じた時点で感知することができ、火災の早期感知に優位 ・非アナログ式の火災感知器であるが、火災の感知に時間遅れがなく、火災の早期感知が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・火災特有の性質を検出する赤外線方式を採用 ・外光が当たらず、高温物質が近傍にない箇所に設置
原子炉格納容器	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>アナログ式煙感知器</u> ・<u>非アナログ式熱感知器</u> (高線量環境を考慮) 	煙感知器以外の動作原理を有する感知器として熱感知器及び炎感知器等があるが、放射線の影響を受けにくいものは非アナログ式の接点式熱感知器しかない	熱感知器は作動温度が周囲温度より高い温度のものを選定
B1F DC125Vバッテリー室(A)(B)室, 区分Ⅲバッテリー室	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>防爆型煙感知器</u> ・<u>防爆型熱感知器</u> (アナログ式熱・煙感知器存在せず) 	引火性又は発火性の雰囲気を形成するおそれがあるため、感知器作動時の爆発を考慮した防爆型の火災感知器を選定	<ul style="list-style-type: none"> ・蓄電池室は誤作動を誘発する蒸気が発生する設備がない ・換気空調設備により安定した室内環境を維持していることから、誤作動する可能性が低い ・熱感知器は作動温度が周囲温度より高い温度のものを選定

非アナログ式感知器の設置例

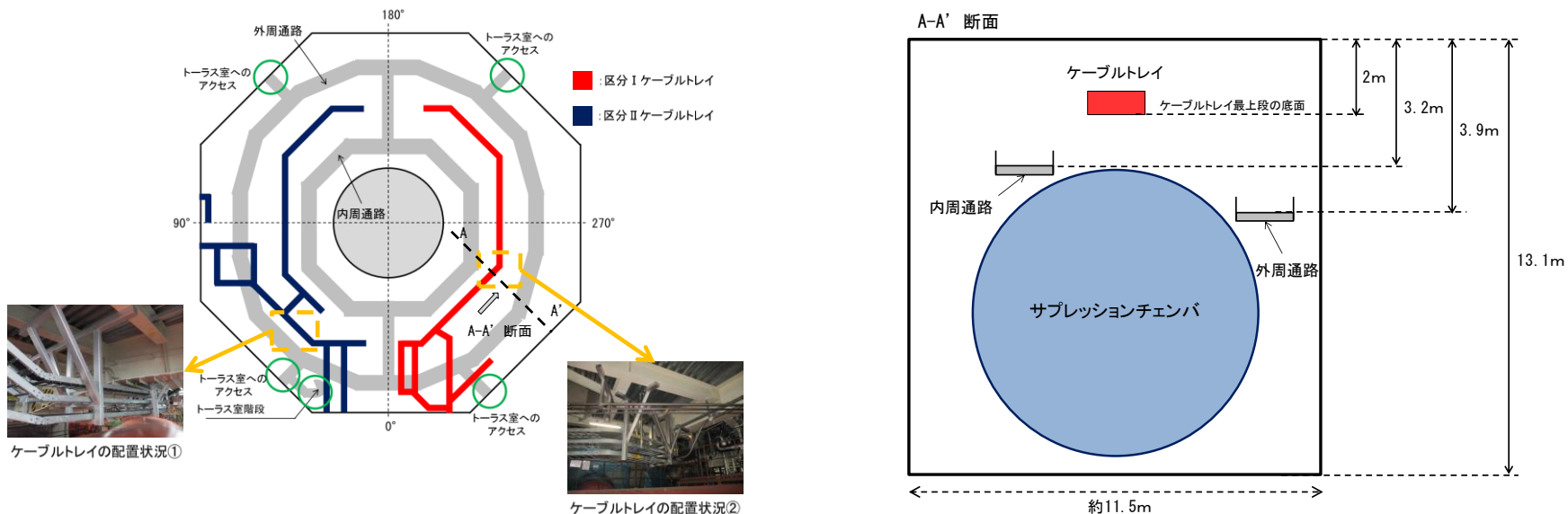
1. 目的及び全体概要(5/7)

b. 消火設備

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に消火できるよう、消火困難な箇所(トラス室)に自動消火設備を設置。
- 自動消火設備は、全域ガス消火設備を基本とし、建屋や機器の配置状況に応じ、局所ガス消火設備(油内包機器、電源盤、ケーブルトレイを対象)を設置。

以下の火災区域又は火災区画は、煙充満又は放射線影響により消火活動が困難とならない場所とし、消火器又は移動式消火設備にて対応。

- ・屋外(海水ポンプ室エリア、軽油タンクエリア、屋外トレンチエリア)
- ・可燃物が少ない箇所(非常用送風機室、ダクトスペース等)
- ・運転員が常駐する中央制御室
- ・当該場所の空間容積に対し十分な換気機能(トラス室、原子炉格納容器)



トラス室の配置状況

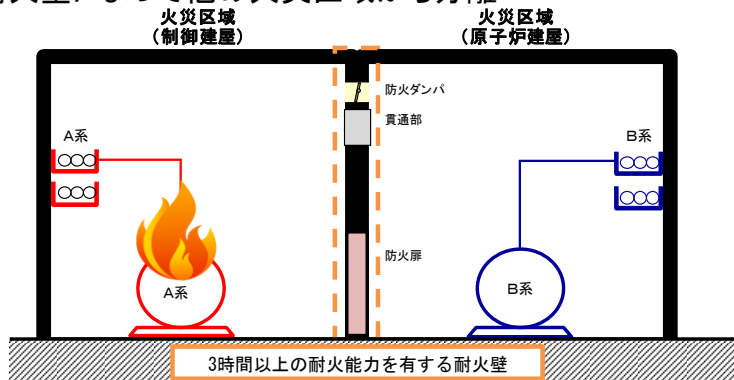
1. 目的及び全体概要(6/7)

(5) 火災の影響軽減

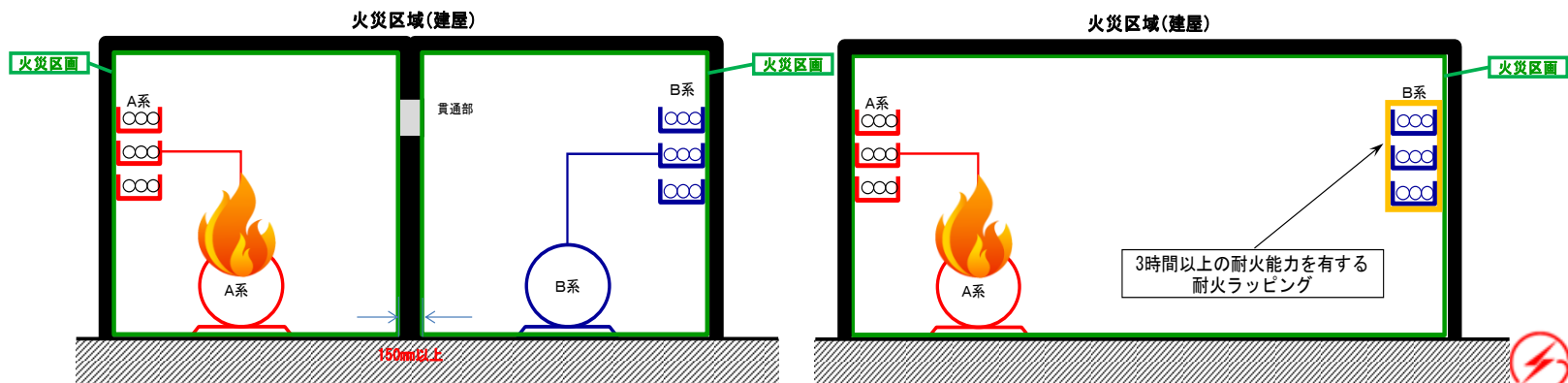
原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能を確保するための手段を、手動操作に期待してでも、少なくとも一つ確保するよう、互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルに対して、離隔・隔壁等による分離とあわせ、火災感知器及び自動消火設備の設置により火災による影響を軽減。

また、内部火災影響評価により火災によっても原子炉が安全停止できることを確認。

(1) 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

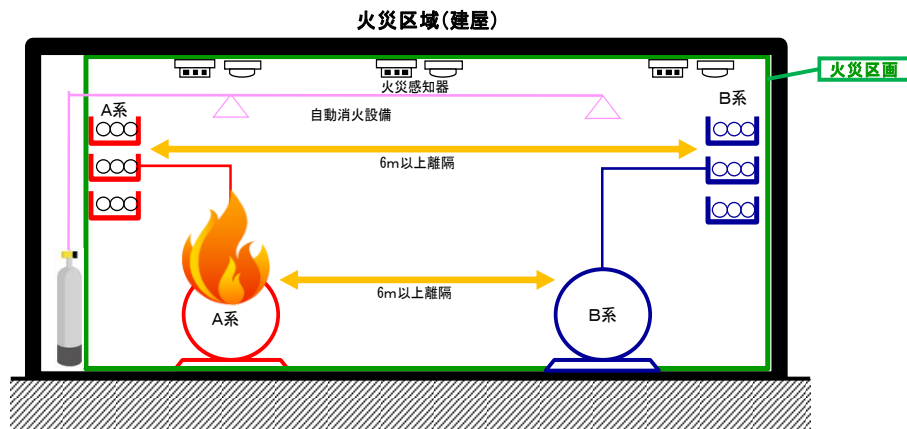


(2)a. 互いの系列間が3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離

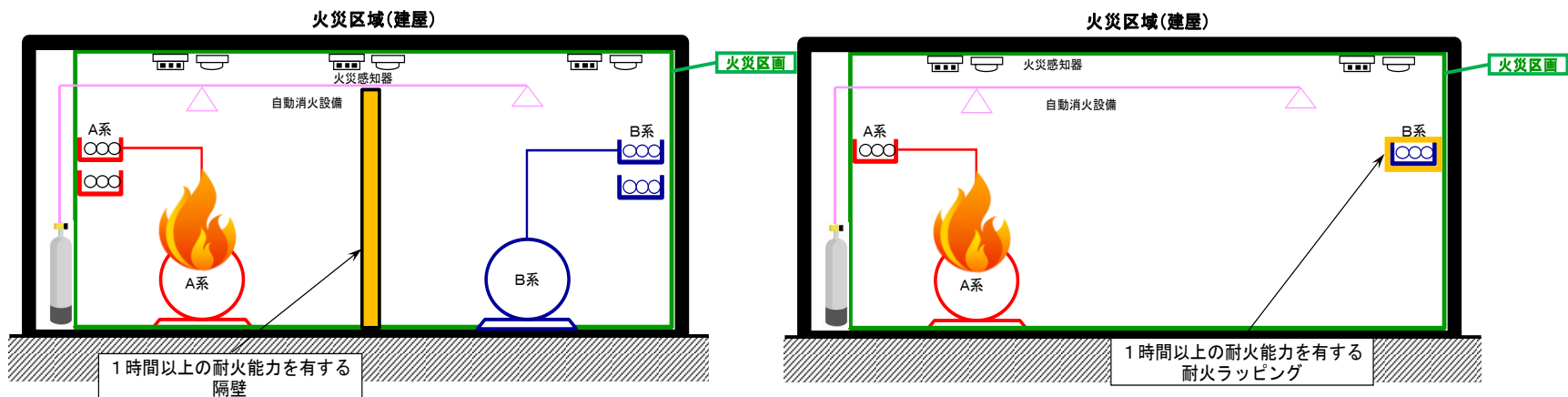


1. 目的及び全体概要(7/7)

(2)b. 互いの系列間の水平距離が6m以上等で分離



(2)c. 互いの系列間が1時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離



2. 女川2号炉の火災防護に関する主な特徴(1/7)

項目	内容
火災の発生防止	<p>➤ 難燃ケーブル</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火災防護審査基準「2.1 火災発生防止」における難燃ケーブルを使用することという要求に基づき、安全機能を有する構築物、系統及び機器に使用するケーブルには、実証試験により自己消火性(UL垂直燃焼試験)及び耐延焼性(IEEE383垂直トレイ燃焼試験)を確認した難燃ケーブルを使用する設計としている。 ・ただし、核計装・放射線モニタ用の同軸ケーブルは、自己消火性は満足するが、微弱電流・微弱パルスを扱うことから、耐ノイズ性確保のために高い絶縁抵抗を有するケーブルを使用する必要があり、耐延焼性を確保することができないことから、耐延焼性を確保するため電線管外部からの酸素供給防止対策を行い(専用電線管に敷設・電線管両端に耐火性コーキング材処置)、十分な保安水準を確保する。
火災の感知及び消火	<p>➤ 火災感知器の設置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火災防護審査基準「2.2 火災の感知、消火」において、火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置することを求めており、安全機能を有する機器等を設置する火災区域又は火災区画は、原則として、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置する。 ・ただし、天井が高い箇所や引火性又は発火性の雰囲気形成のおそれがある箇所のように周囲の環境条件により、アナログ式感知器の設置が適さない箇所には、誤作動防止を考慮した上で非アナログ式の感知器を設置し、十分な保安水準を確保する。(オペレーティングフロア、地下軽油タンク室等)

2. 女川2号炉の火災防護に関する主な特徴(2/7)

項目	内容
火災の影響軽減	<p>単一火災発生時の安全停止機能維持</p> <ul style="list-style-type: none">・火災防護審査基準「2.3 火災の影響軽減」における「原子炉施設内のいかなる火災によっても、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、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を高温停止及び低温停止できる設計であること」に基づき、ケーブル処理室及び電気品室において、安全系区分毎の分離状況の調査により単一火災によって複数の区分が同時に機能喪失しないことを確認する。・具体的には、過渡事象の起因となるような原子炉建屋又はタービン建屋内の単一火災時において、除熱機能に関連するフロント系に加えサポート系に係る機器単位の分離状況の調査により除熱機能が喪失しないことを確認する。

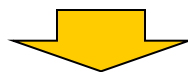
2. 女川2号炉の火災防護に関する主な特徴(3/7)

◎ 中央制御室の影響軽減

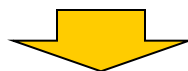
a. 中央制御盤内の影響軽減

火災防護審査基準「2.3 火災の影響軽減」では、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全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により延焼を防止するため、火災防護対象機器及びケーブルが次のいずれかの要件を満たしていることを要求している。

- a. 互いに相違する系列間が3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離
- b. 互いに相違する系列間の水平距離が6m以上、火災感知設備、自動消火設備
- c. 互いに相違する系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離、火災感知設備、自動消火設備



中央制御盤は運転員の操作性及び視認性向上を目的として、異区分であっても近接して設置、もしくは異区分のスイッチ、機器類が同一の制御盤内に混在しており、中央制御盤内の火災防護対象機器及びケーブルは互いに相違する系列の水平距離を6m以上確保することや互いに相違する系列を3時間又は1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難である。



実証試験結果に基づく離隔距離等による制御盤内分離対策、高感度煙感知器の制御盤内への追加設置による早期の火災感知を行い運転員が早期消火し、十分な保安水準を確保する。

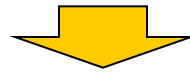
2. 女川2号炉の火災防護に関する主な特徴(4/7)

◎ 中央制御室の影響軽減

b. 中央制御室床下ケーブルピットの影響軽減

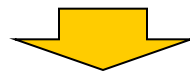
火災防護審査基準「2.3 火災の影響軽減」では、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離により延焼を防止するため、火災防護対象機器及びケーブルが次のいずれかの要件を満たしていることを要求している。

- a. 互いに相違する系列間が3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離
- b. 互いに相違する系列間の水平距離が6m以上、火災感知設備、自動消火設備
- c. 互いに相違する系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離、火災感知設備、自動消火設備



中央制御盤は運転員の操作性及び視認性向上を目的として、異区分であっても近接して設置、もしくは異区分のスイッチ、機器類が同一の制御盤内に混在しており、中央制御室床下ケーブルピットに敷設される火災防護対象機器及びケーブルは、互いに相違する系列の水平距離を6m以上確保することや互いに相違する系列を3時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難である。

中央制御室の床下ケーブルピットは、消火設備を設置した場合に機器や運転員への影響などの2次的影響が考えられるが、相違する系列の火災防護対象機器及びケーブルへの火災の影響を防止できるよう早期に消火するためには固定式消火設備の設置が必要である。



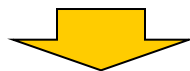
1時間以上の耐火能力の分離板又は障壁による分離、高感度煙感知器及び光ファイバ式熱感知器の設置による中央制御室での早期火災感知、固定式消火設備の設置により系統分離を実施する。

2. 女川2号炉の火災防護に関する主な特徴(5/7)

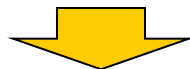
◎ 原子炉格納容器の火災防護

a. 原子炉格納容器内への火災感知

火災防護審査基準「2.2 火災の感知、消火」において、火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置することを求めている。



プラント停止過程において、高温環境での機器の状態を確認し不具合の兆候の有無を確実に把握するため、原子炉が高温停止の状態にて原子炉格納容器内点検を行うこととしている。しかし、アナログ式の感知器は電子部品(半導体)が長時間高温かつ高放射線である環境では故障し、誤作動する可能性があることから、プラント停止過程では使用することができない。



女川2号炉固有の対策として、電子部品(半導体)を使用しない非アナログ式の熱感知器を採用し、プラント停止過程においては非アナログ式の熱感知器に加えて、プラント故障警報を含む運転監視にて火災を感知することで、十分な保安水準を確保する。

2. 女川2号炉の火災防護に関する主な特徴(6/7)

◎ 原子炉格納容器の火災防護

b. 原子炉格納容器内の難燃ケーブルの使用

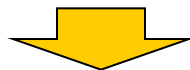
火災防護審査基準「2.1 火災発生防止」

安全機能を有する構築物、系統及び機器のケーブルには難燃ケーブルを使用することが求められている。



核計装用の同軸ケーブルは、微弱電流・微弱パルスを扱うことから、耐ノイズ性確保のために高い絶縁抵抗を有するケーブルを使用する必要があるため、自己消火性(UL垂直燃焼試験)は満足するが、耐延焼性(IEEE383垂直トレイ燃焼試験)は満足できない。

また、原子炉圧力容器下部(ペDESTアル)は狭隘な設置環境であるため、メンテナンス性を考慮し一部ケーブルを露出する必要がある。



沸騰水型原子炉固有の対策として、核計装ケーブルの通常使用電流は微弱電流であり火災の発生の可能性は低い。万一の核計装ケーブル火災を考慮し、露出部の長さは機器点検時解線作業に影響が無い範囲で最小のケーブル曲げ半径に設定する。

また、核計装ケーブル間の離隔距離は、ケーブル燃焼試験により延焼しないことが確認された離隔距離を確保することで、十分な保安水準を確保する。

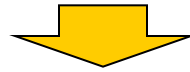
2. 女川2号炉の火災防護に関する主な特徴(7/7)

◎ 原子炉格納容器の火災防護

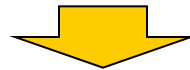
c. 原子炉格納容器内の系統分離

火災防護審査基準「2.3 火災の影響軽減」では、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全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により延焼を防止するため、火災防護対象機器及びケーブルが次のいずれかの要件を満たしていることを要求している。

- 互いに相違する系列間が3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離
- 互いに相違する系列間の水平距離が6m以上、火災感知設備、自動消火設備
- 互いに相違する系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離、火災感知設備、自動消火設備



原子炉格納容器内は、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。



火災の影響軽減対策の目的は、「火災が発生しても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持する」ことであるから、以下の影響軽減対策を行うことで、原子炉格納容器内の火災に対し、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が可能であることを示すことで火災防護審査基準の「火災の影響軽減」の要求について十分な保安水準を確保できている。

- 持込み可燃物等の運用管理
- 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することに関わる他の火災区画の分離
- 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な異区分のケーブルトレイについては6m以上の距離的分離を図る設計とし、原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは全て電線管又は蓋付ケーブルトレイに敷設

3. 安全機能を有する構築物，系統及び機器等の選定（1／4）

(1) 安全機能を有する構築物，系統及び機器

- 発電用原子炉施設は，火災によりその安全性が損なわれることがないように，適切な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対象として重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能を期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器を設定。
- その上で，上記構築物，系統及び機器の中から原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための構築物，系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を抽出し，火災の発生防止，火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

(2) 原子炉の高温停止・低温停止のための構築物，系統及び機器の選定の考え方

a. 原子炉の高温停止・低温停止のために必要な機能の抽出

- 設計基準対象施設のうち，重要度分類に基づき，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を重要度分類審査指針から抽出。
- なお，これらの機能に加え，当該機能が喪失すると炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を引き起こす可能性があり，その結果，原子炉の高温停止及び低温停止の達成・維持に影響を及ぼすおそれがある機能についても抽出。

① 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能

② 過剰反応度の印加防止機能

③ 炉心形状の維持機能

④ 原子炉の緊急停止機能

⑤ 未臨界維持機能

⑥ 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能

⑦ 原子炉停止後の除熱機能

⑧ 炉心冷却機能

⑨ 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

⑩ 安全弁特に重要な関連機能

⑪ 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能

⑫ 事故時のプラント状態の把握機能

⑬ 制御室外からの安全停止機能

3. 安全機能を有する構築物，系統及び機器等の選定（2／4）

b. 原子炉の高温停止・低温停止のための構築物，系統及び機器の選定

- 設計基準対象施設のうち，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系統を重要度分類審査指針を参考に抽出。
- 抽出された以下の系統の各機器に対して，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への影響を考慮し，重要度に応じて図るべき火災防護対策について評価し，「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構築物，系統及び機器」として選定する。

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| (1) 原子炉冷却材圧カバウンダリ | (14) 非常用交流電源系 |
| (2) 制御棒カップリング | (15) 直流電源系 |
| (3) 炉心支持構造物 | (16) 原子炉補機冷却水系 |
| (4) 燃料集合体（燃料を除く） | (17) 原子炉補機冷却海水系 |
| (5) 原子炉停止系
（制御棒及び制御棒駆動系（スクラム機能）） | (18) 高圧炉心スプレー補機冷却水系 |
| (6) ほう酸水注入系 | (19) 高圧炉心スプレー補機冷却海水系 |
| (7) 逃がし安全弁 | (20) 非常用換気空調系 |
| (8) 自動減圧系 | (21) 中央制御室換気空調系 |
| (9) 残留熱除去系 | (22) 換気空調補機非常用冷却水系 |
| (10) 原子炉隔離時冷却系 | (23) 制御室外原子炉停止装置 |
| (11) 高圧炉心スプレー系 | (24) 計測制御系（事故時監視計器の一部を含む） |
| (12) 低圧炉心スプレー系 | (25) 安全保護系 |
| (13) 非常用ディーゼル発電設備
（燃料移送系を含む） | |

3. 安全機能を有する構築物，系統及び機器等の選定（3／4）

(3) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器の選定の考え方

a. 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な機能の抽出

- 設計基準対象施設のうち，重要度分類に基づき，発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な機能を重要度分類審査指針から抽出。

- ① 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
- ② 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
- ③ 使用済燃料プール水の補給機能
- ④ 放射性物質放出の防止機能
- ⑤ 放射性物質の貯蔵機能

3. 安全機能を有する構築物，系統及び機器等の選定（4／4）

b. 放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な構築物，系統及び機器の選定

- 設計基準対象施設のうち，発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な系統を重要度分類審査指針を参考に抽出。
- 抽出された以下の系統の各機器に対して，放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な機能への影響を考慮し，重要度に応じて図るべき火災防護対策について評価し，「放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な構築物，系統及び機器」として選定する。

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能	左記機能を達成するための系統	
(1) 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	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉格納容器 ・原子炉格納容器隔離弁 ・原子炉格納容器スプレイ冷却系 	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・非常用ガス処理系 ・可燃性ガス濃度制御系
(2) 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	<ul style="list-style-type: none"> ・放射性廃棄物処理施設 （放射能インベントリの大きいもの） ・新燃料貯蔵庫 	<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料プール （使用済燃料ラックを含む）
(3) 使用済燃料プール水の補給機能	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用補給水系（残留熱除去系） 	
(4) 放射性物質放出の防止機能	<ul style="list-style-type: none"> ・放射性気体廃棄物処理系の隔離弁 ・排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外） 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系 （原子炉建屋，非常用ガス処理系）
(5) 放射性物質の貯蔵機能	<ul style="list-style-type: none"> ・サプレッションプール水貯蔵系 ・復水貯蔵タンク ・放射性廃棄物処理施設 （放射能インベントリの小さいもの） 	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却炉建屋 ・新燃料貯蔵庫 ・サイトバンカ建屋

4. 火災区域・区画設定の考え方(1/2)

(1) 火災区域の設定

【主な火災区域】

原子炉建屋，制御建屋，タービン建屋，固体廃棄物貯蔵所，海水ポンプ室

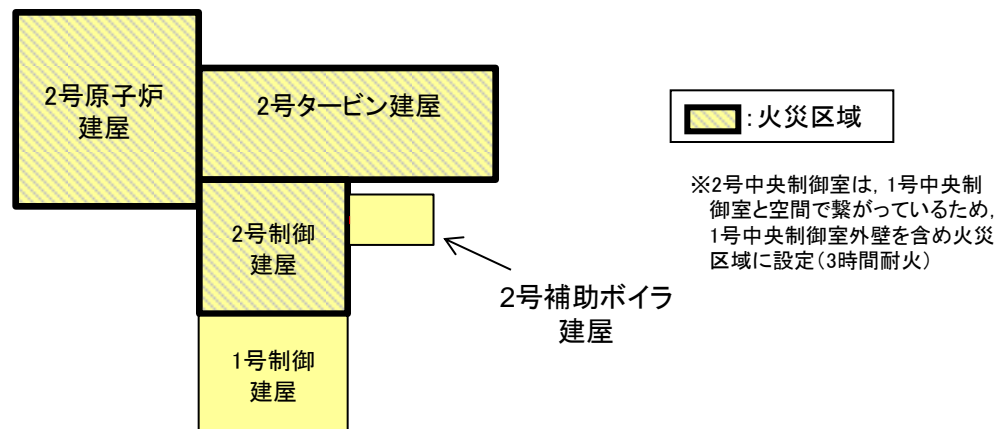
① 建屋の火災区域

火災区域は，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であり，下記により設定。

- 建屋ごとに，耐火壁(床，壁，天井，扉等耐火構造物の一部であって，必要な耐火能力を有するもの)により囲われた区域を火災区域として設定。
- 火災区域設定した建屋について，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するように設定。

② 屋外の火災区域

他の区域と分離して火災防護対策を実施するため，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，火災区域として設定。



建屋の火災区域設定例

4. 火災区域・区画設定の考え方(2/2)

(2) 火災区画の設定

【主な火災区画】

- ・ケーブル処理室・・・安全系区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲで，区分毎に部屋を分離しているため部屋ごとに火災区画設定
- ・原子炉格納容器，トラス室，通路部・・・異区分混在区画として設定

「火災区域」を細分化したものであって，耐火能力を有する隔壁等，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であり，下記により設定。

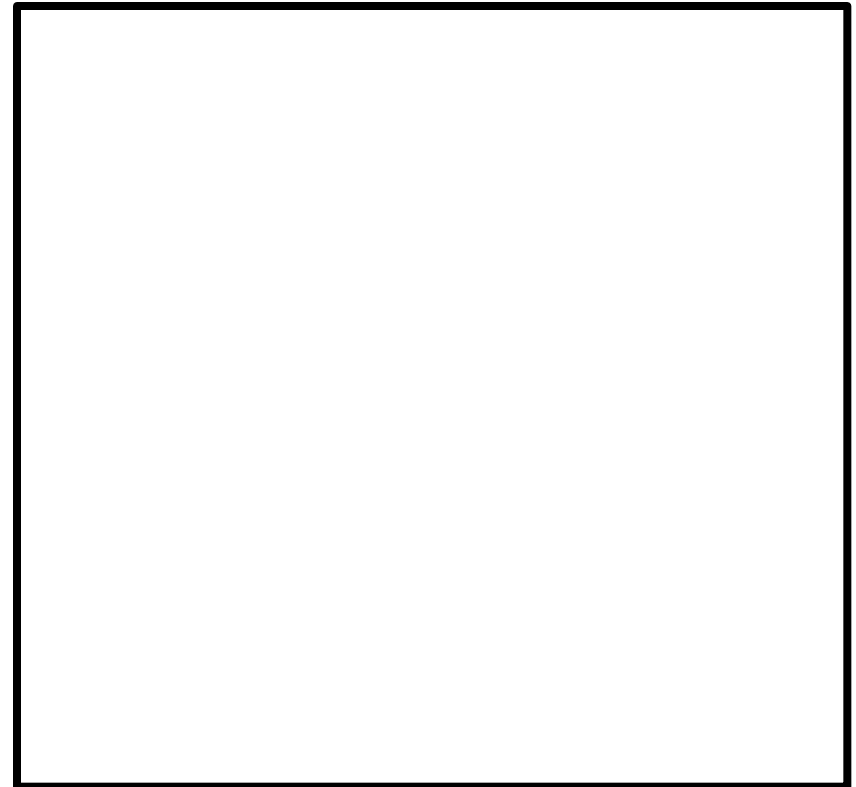
- ①火災区画は全周囲を耐火壁で囲まれている必要は必ずしもなく，隔壁や扉の配置状況を目安に火災防護の観点から設定。
- ②火災区画の範囲は，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器の系統分離，機器の配置状況に応じて設定。

◆ 異区分が混在する建屋内の火災区画は影響軽減対策として，区分Ⅰと区分Ⅱ，Ⅲで審査基準に従い系統分離する。

a：原子炉の安全停止に必要な機器等が設置されており，開口部を有する隔壁等で囲まれている区画(部屋)を火災区画に設定。

b：原子炉の安全停止に必要な機器等が設置されており，異区分との間に開口部を有する部分的な隔壁等があり，かつ隔壁等で囲まれている区画(部屋)を火災区画に設定。

c：安全区分の異なる原子炉の安全停止に必要な機器等が混在して設置されており，開口部や部分的な隔壁等で囲まれている区画(部屋)を火災区画に設定。



実際の設定状況

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 中央制御盤内の分離対策(1/4)

中央制御盤は運転員の操作性及び視認性向上を目的として、異区分であっても近接して設置、もしくは異区分のスイッチ、機器類が同一の制御盤内に混在しており、互いに相違する系列の水平距離を6m以上確保することや互いに相違する系列を3時間又は1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難であるため、中央制御盤内の火災防護対象機器及びケーブルは、次の①～③に示す分離対策を実施することで、十分な保安水準を確保。

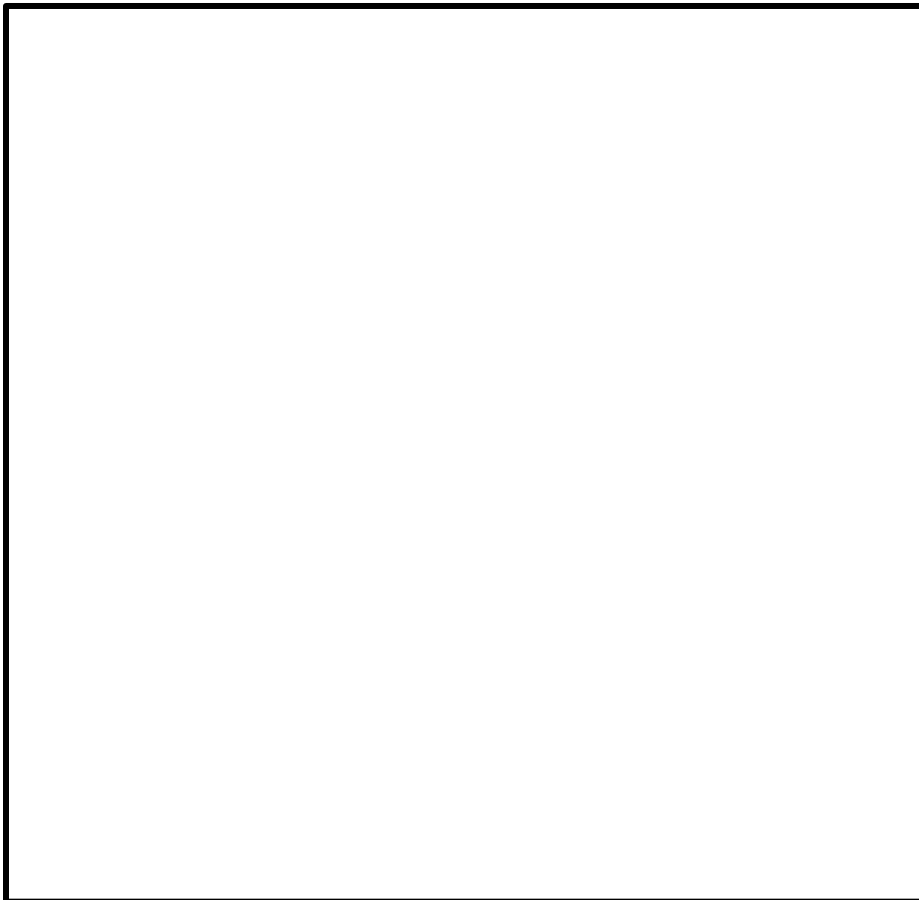
- ① 耐延焼性の実証試験結果に基づく離隔距離等による分離
- ② 早期感知を目的とした高感度煙検出設備の追加設置による火災感知
- ③ 常駐する運転員による早期の消火活動

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 中央制御盤内の分離対策(2/4)

① 耐延焼性の実証試験結果に基づく離隔距離等による分離

中央制御室制御盤内の火災防護対象機器及びケーブルは、区分ごとに別々の盤で分離する設計とするが、一つの制御盤内に複数の安全系区分の機器を設置しているものがあるため、火災を発生させて近接する他の区分の構成部品に火災の影響がないことを確認した実証試験の結果に基づき分離対策を講じる。



【凡例】

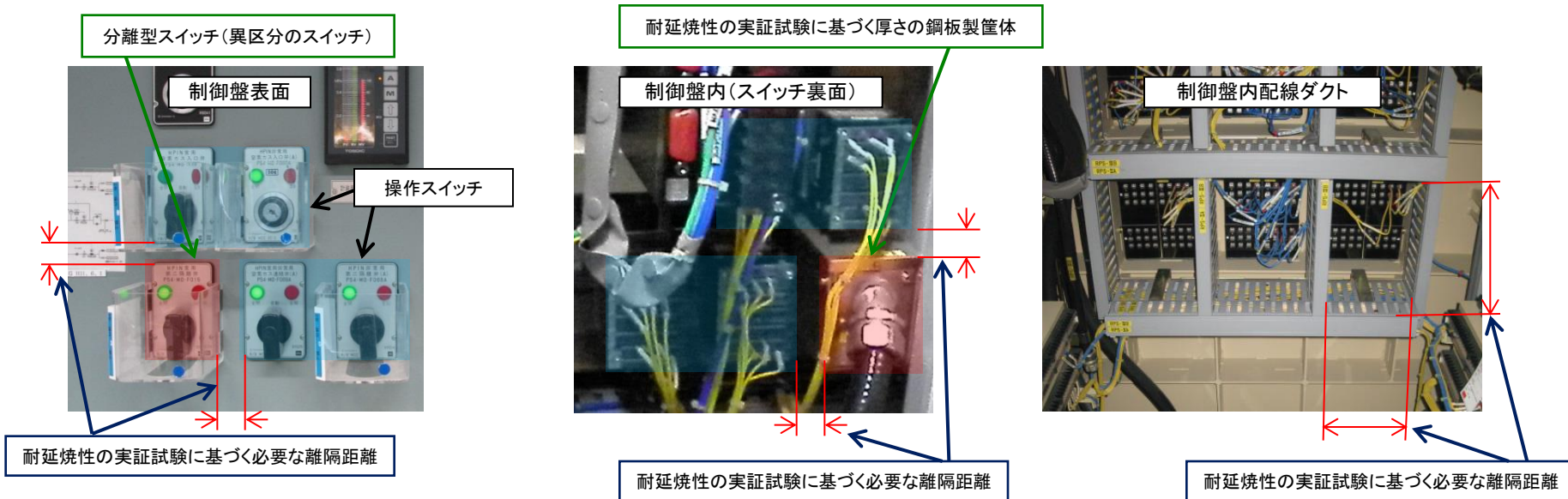
- : 区分Ⅰ制御盤
- : 区分Ⅱ制御盤
- : 区分Ⅲ制御盤
- : 区分混在制御盤
- : その他の制御盤

火災防護対象中央制御盤の区分分離

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 中央制御盤内の分離対策(3/4)

- 複数の安全区分が混在する制御盤の分離性能を確認するため、操作スイッチ、盤内配線ダクト、盤内コンジット等の耐延焼性の実証試験を実施し、必要な離隔距離を確保する設計。
- 複数の安全系区分が混在する制御盤内にある配線は、金属製バリアにより覆う。
- 当該ケーブルに火災が発生しても延焼せず、また、周囲へ火災の影響を与えない耐熱ビニル電線、難燃仕様のテフゼル電線及び難燃ケーブルを使用する設計。



耐延焼性の実証試験結果に基づく中央制御盤内の分離状況

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 中央制御盤内の分離対策(4/4)

② 早期感知を目的とした高感度煙検出設備の追加設置による火災感知

火災区画の火災感知設備としては、中央制御室の天井にアナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置。また、特に、一つの制御盤内に複数の安全系区分の火災防護対象機器及びケーブルを設置しているものについては、これに加えて盤内へ高感度煙検出設備を追加設置する設計。

③ 常駐する運転員による早期の消火活動

中央制御室制御盤内に火災が発生しても、高感度煙検出設備や中央制御室の火災感知器からの感知信号により、常駐する運転員が中央制御室に設置する消火器で早期に消火活動を行うことで、相違する系列の火災防護対象機器及びケーブルへの火災の影響を防止できる設計。

- 電気機器へ悪影響を与えないように、常駐する運転員による二酸化炭素消火器での消火活動
- 消火活動の手順を定めて訓練を実施
- 火災の発生箇所の特定が困難な場合も想定し、煙により火災の発生箇所が特定できない場合でも識別可能な携帯型のサーモグラフィカメラを配備



①火災警報発報
・発生場所の確認

②二酸化炭素消火器
の準備

③初期消火開始

中央制御盤内の火災に対する消火活動

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 中央制御室床下ケーブルピットの分離対策(1/4)

中央制御室床下ケーブルピットの分離対策

中央制御室床下のケーブルピットは制御盤底部にて制御盤と繋がっており、制御盤と一体型のシステムとなっている。このため、ケーブルピット内では互いに相違する系列の火災防護対象ケーブルの系列間を系統分離する構造とはするものの、ケーブルピットまで含めた中央制御室全体を異区分が混在する一つの火災区画として管理。

中央制御盤は運転員の操作性及び視認性向上を目的として、異区分であっても近接して設置、もしくは異区分のスイッチ、機器類が同一の制御盤内に混在しており、中央制御室床下ケーブルピットに敷設される火災防護対象機器及びケーブルは、互いに相違する系列の水平距離を6m以上確保することや互いに相違する系列を3時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難。

中央制御室の床下ケーブルピットは、消火設備を設置した場合にハロゲン化物が炎と反応した際に発生する有毒ガスの漏えいによる運転員への影響などの二次的影響が考えられるが、相違する系列の火災防護対象機器及びケーブルへの火災の影響を防止できるよう早期に消火するためには固定式消火設備の設置が必要。

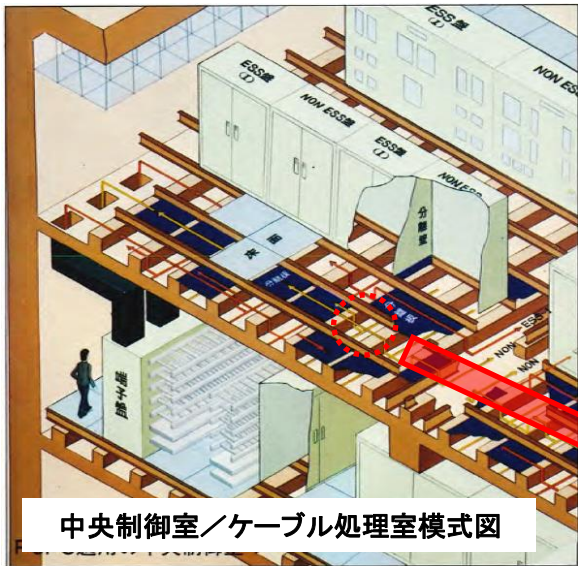
このため、中央制御室床下ケーブルピットの火災防護対象ケーブルは、次の①～③に示す分離対策を実施する。

- ① 1時間以上の耐火能力を有する分離板等による分離
- ② 早期感知を目的とした固有の信号を発する異なる2種類の火災感知器の追加設置による火災感知
- ③ 固定式消火設備の設置

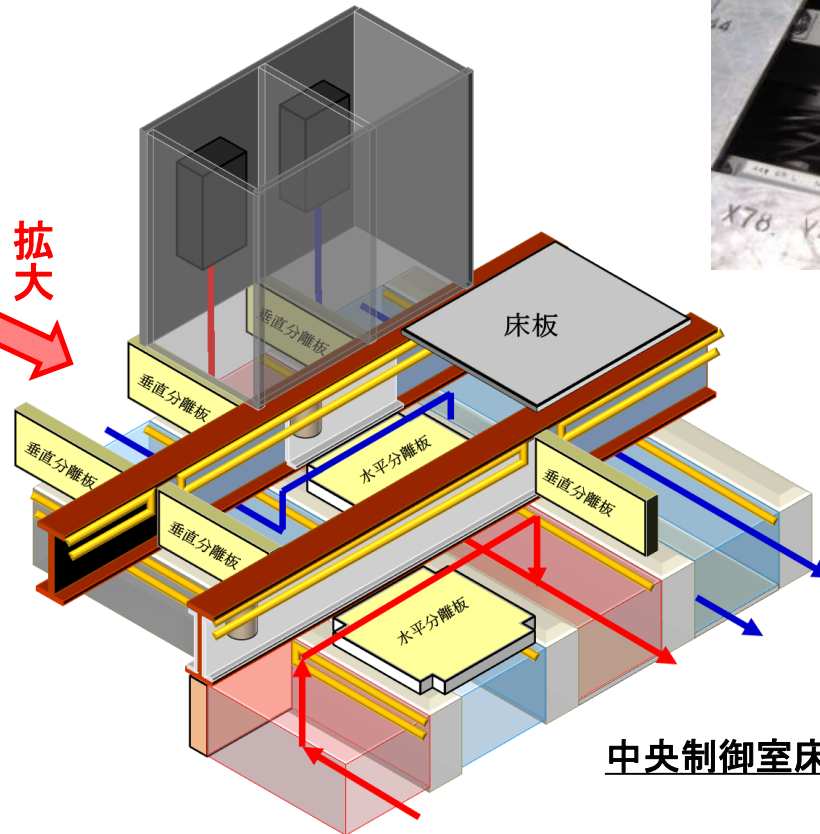
◆ 中央制御室床下ケーブルピットの分離対策(2/4)

① 1時間以上の耐火能力を有する分離板等による分離

中央制御室床下ケーブルピットに敷設する互いに相違する系列の火災防護対象ケーブルについては、非安全系ケーブルも含めて1時間以上の耐火能力を有する分離板又は障壁(耐火材付H型鋼等)で分離。



中央制御室/ケーブル処理室模式図



- 【凡例】
- : 耐火被覆
 - : 高感度煙感知器
 - : 光ファイバ熱感知器
 - : 区分Ⅰケーブル
 - : 区分Ⅱケーブル
 - : 区分Ⅰエリア(下部ピット)
 - : 区分Ⅱエリア(下部ピット)
 - : 区分Ⅰエリア(上部ピット)
 - : 区分Ⅱエリア(上部ピット)

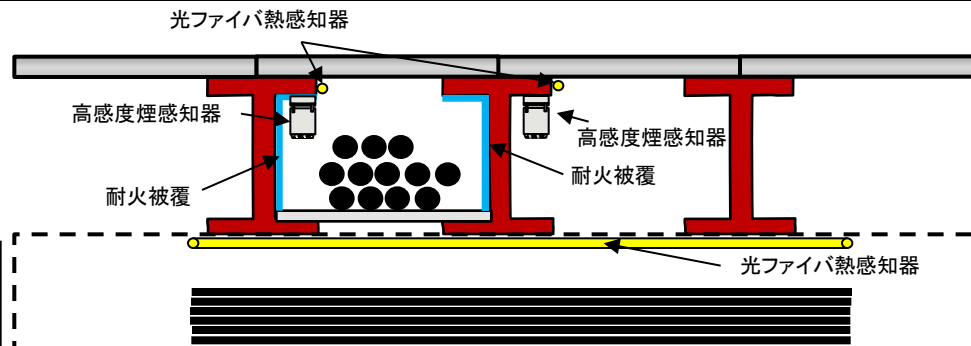
中央制御室床下ケーブルピットの構造

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 中央制御室床下ケーブルピットの分離対策(3/4)

② 早期感知を目的とした固有の信号を発する異なる2種類の火災感知器の追加設置による火災感知

- 火災区画の火災感知設備としては、中央制御室の天井にアナログ式の煙感知器及び熱感知器を設置。さらに、ケーブルピット内の火災を早期感知することを目的として、中央制御室床下ケーブルピットには、アナログ式の煙感知器と光ケーブル式の熱感知器を組み合わせる追加設置。
- 煙感知器については、床下ケーブルピットで想定される過電流によるケーブル電気火災に対して、火災の初期段階である煙発生を早期に感知できるよう感度の高い煙感知器を設置。
- 熱感知器については、床下ケーブルピットで想定される過電流による制御ケーブルの発熱を捉えることが可能な光ファイバ式熱感知器を設置する設計とする。なお、熱感知器は約2m間隔で感知可能であるため、発生場所の特定を可能とする設計。



凡例	
	煙感知器
	熱感知器
	炎感知器
	煙感知器(防爆型)
	熱感知器(防爆型)
	煙感知器(床下)
	熱感知器(光ファイバ)

- : 床板
- : H鋼
- : コンクリート梁
- : 水平分離板
- : ケーブル

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 中央制御室床下ケーブルピットの分離対策(4/4)

③ 固定式消火設備の設置

中央制御室の床下ケーブルピットは、消火設備を設置した場合にハロゲン化物が炎と反応した際に発生する有毒ガスの漏えいによる運転員への影響などの二次的影響が考えられる。

しかし、相違する系列の火災防護対象機器及びケーブルへの火災の影響を防止できるよう早期に消火するためには固定式消火設備の設置が必要であることから、機器や運転員への二次的影響対策を考慮した上で、固定式ガス消火設備を設置する設計とする。

なお、中央制御室床下ケーブルピットの固定式ガス消火設備は自動起動設定も可能である。中央制御室床下ケーブルピットの固定式消火設備について、消火後に発生する有毒なガスは中央制御室の空間容積が大きいいため拡散による濃度低下が想定されるが、中央制御室に運転員が常駐していることを踏まえ、人体への影響を考慮して、運用面においては自動起動とはせず手動操作による起動とする。また、中央制御室床下ケーブルピットの固定式ガス消火設備は、中央制御室床下ケーブルピットにアナログ式の異なる2種の火災感知器を設置すること、中央制御室内には運転員が常駐することを踏まえると、手動操作による起動であっても自動起動と同等に早期の消火が可能な設計である。さらに、火災の早期感知消火を図るために、中央制御室床下ケーブルピットの消火活動の手順を定めて、訓練を実施する。

◆ 中央制御室火災時の原子炉の安全停止に係る影響評価(1/1)

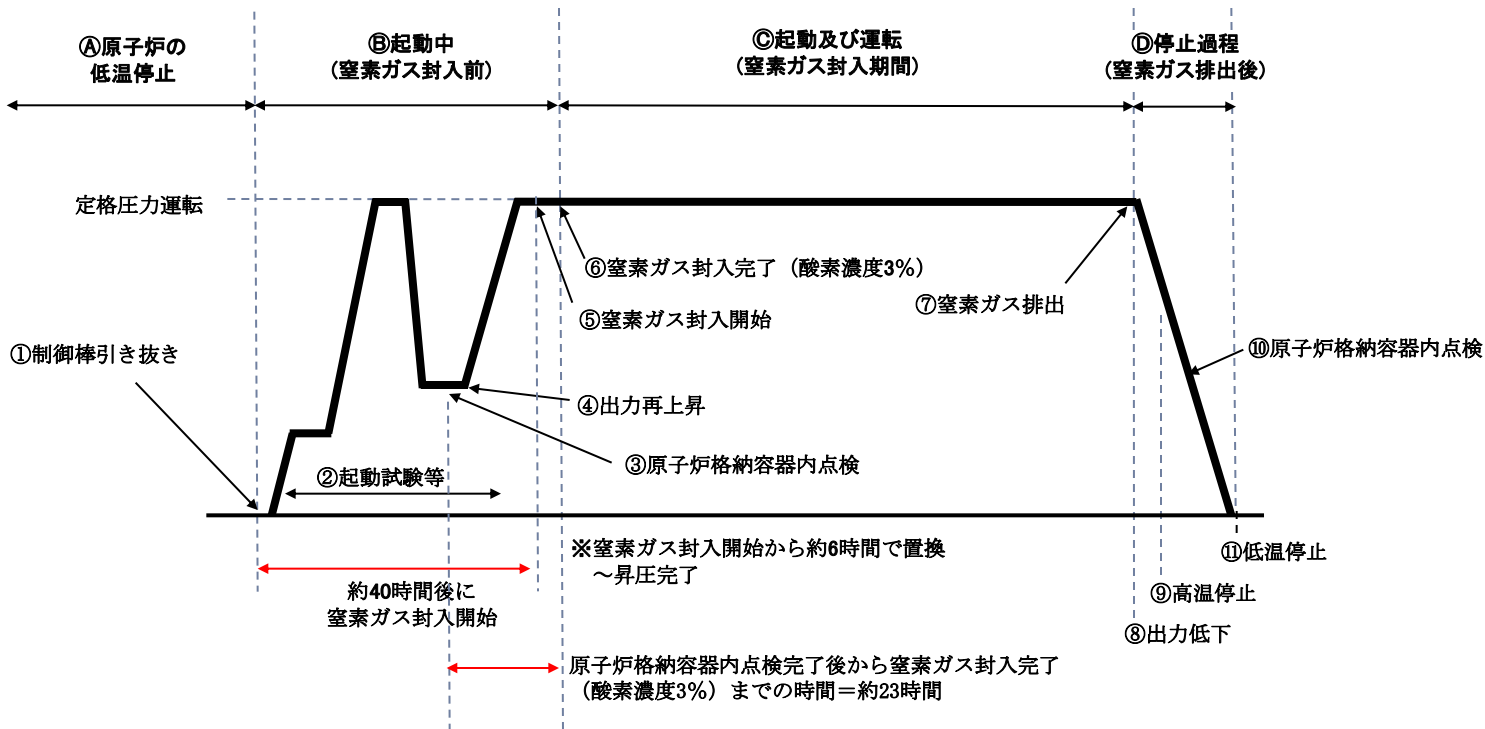
- 中央制御室の火災により、中央制御室内の一つの制御盤の機能がすべて喪失したと仮定しても、他の制御盤での運転操作により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することが可能。
- さらに、中央制御室については、当該制御室を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で囲うことにより、中央制御室内で火災が発生し、原子炉緊急停止後、中央制御室が万一、機能喪失しても、中央制御室外原子炉停止装置からの操作により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成することが可能な設計。

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(1/18)

(1) 原子炉格納容器の特徴(火災防護の観点)

- ▶ プラント運転中は、窒素ガス封入により雰囲気の不活性化されているため、火災の発生は想定されない。
- ▶ 窒素ガスが封入されていない期間のほとんどは原子炉低温停止期間だが、原子炉が低温停止に到達していない僅かな期間もあることを踏まえ、各期間の状態に応じた火災防護対策を実施。



原子炉の運転サイクル

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(2/18)

a. 火災区画の設定

原子炉格納容器は、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等により他の火災区画と分離。

b. 火災の発生防止

- 原子炉格納容器内に設置する油内包機器対し漏えい拡大防止を実施し、原子炉再循環ポンプ、主蒸気第一隔離弁には、新たにドレンリムを設置。
- 窒素が封入されていない低温停止中及び低温停止に到達していない期間の作業に伴う持込み可燃物は、持込み期間・可燃物量・持込み場所等を管理。
原子炉格納容器内への持込み可燃物の仮置きは禁止。
やむを得ず仮置きする際は、不燃シートで覆う又は金属箱の中に収納するとともに、その近傍に消火器を準備。

機器名称 (個数)	潤滑油 引火点 (種類) 【℃】	最高 使用温度 【℃】	内包量 【L】	堰容量 (対策) 【L】
原子炉再循環ポンプ (2台)	250 (潤滑油)	171	310/台	515/台 (ドレンリム)
主蒸気第一隔離弁 (4台)	204 (シリコンオイル)	171	7/台	9.6/台 (ドレンリム)
ドライウエル床ドレン サンプポンプ(2台)	250 (潤滑油)	171	3/台	4,200 (堰)
ドライウエル機器ドレン サンプポンプ(2台)	250 (潤滑油)	171	3/台	4,200 (堰)
CRD自動交換機 (1台)	240 (潤滑油)	171	5.15	900 (堰)

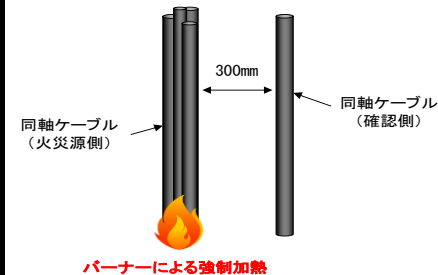
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(3/18)

審査基準において、安全機能を有する構築物、系統及び機器に使用するケーブルには、自己消火性・耐延焼性が要求されるが、火災防護対象設備である起動領域モニタの核計装ケーブル(自己消火性あり、耐延焼性なし)の設置場所である原子炉圧力容器下部(ペDESTル)は、狭隘な設置環境であり、メンテナンス性を考慮し一部ケーブルを露出する設計。

- 万一の核計装ケーブル火災を考慮し、本ケーブルの露出部長さは、機器点検時解線作業に影響が無い範囲で最小のケーブル曲げ半径に設定。(1,400mm程度)
- 核計装ケーブルの通常使用電流は微弱(数mA)であり、万一過電流が流れた場合は上流の電源装置の保護機能(電流制限機能)により、電流値は設定値上限(10mA程度)に抑えられるため、過電流過熱によるケーブル火災発生の可能性は低い。
- 核計装ケーブルは、設計上チャンネルごとに300mmの離隔距離を確保し、1チャンネルのケーブルが火源になった場合でも、他チャンネルにて未臨界監視機能を確保。なお、300mm離隔での隣接ケーブルへの影響を確認するための燃焼試験にて健全性確認済。(火源となる同軸ケーブル束を強制燃焼させ、300mm離隔の同軸ケーブルが健全であることを確認(ケーブル損傷なし、絶縁抵抗健全))



核計装ケーブル燃焼試験

原子炉圧力容器下部における核計装ケーブル敷設状況

核計装ケーブルのチャンネルごとの分離状況

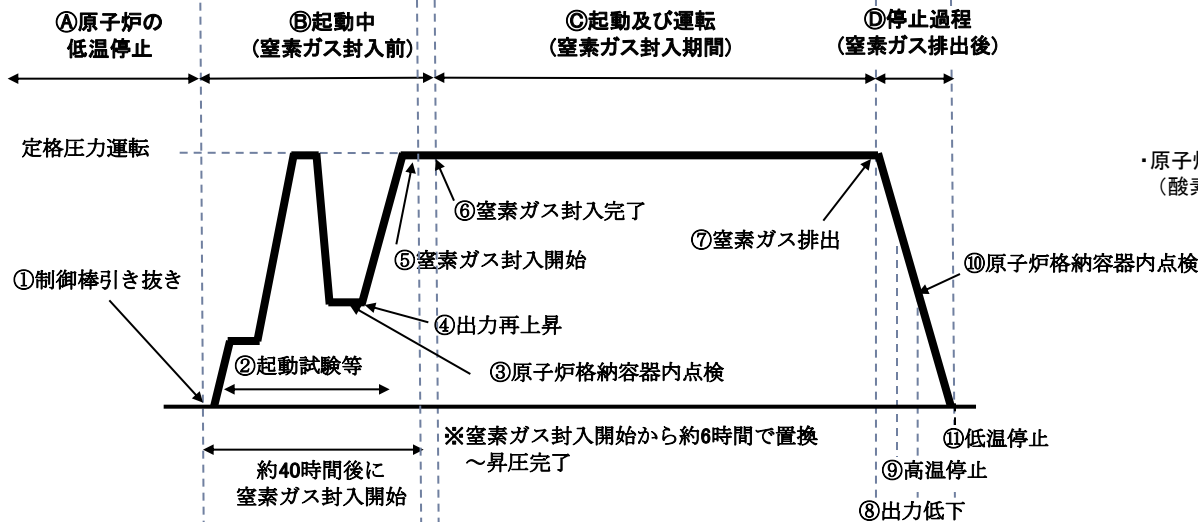
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

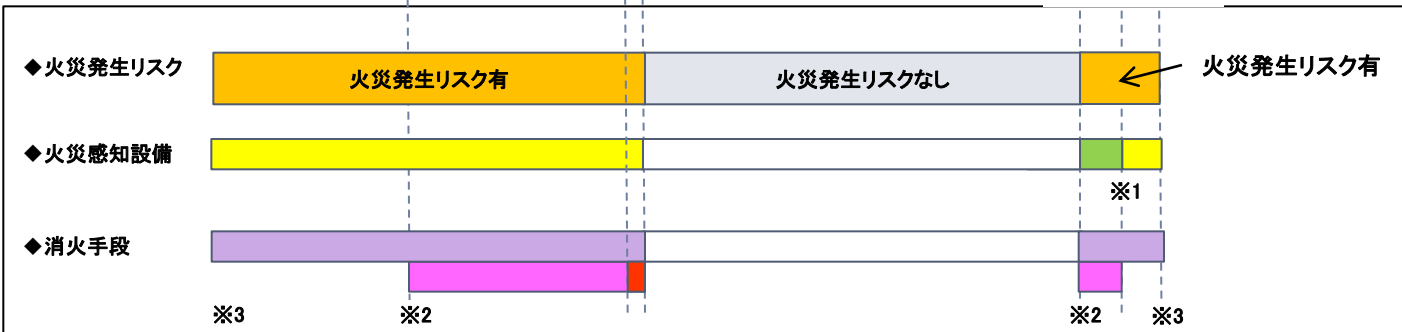
◆ 原子炉格納容器内の火災防護(4/18)

c. 火災の感知及び消火

火災の感知及び消火については、原子炉格納容器の状態に応じて以下のとおり実施。



・原子炉格納容器内点検完了後から窒素ガス封入完了(酸素濃度3%)までの時間=約23時間



◆ 火災感知設備

- アナログ煙+非アナログ熱
- 非アナログ熱及び運転監視(故障警報含む)
- (アナログ煙,非アナログ熱電源断)
- ※1: アナログ煙取替

◆ 消火手段

- 消火器(消火栓も使用可能)
- 広域火災時窒息消火
- 窒素ガス封入継続により消火
- (火災発生恐れなし)
- ※2: 消火器を格納容器内から撤去し 所員用エアロック室設置
- ※3: 消火器を格納容器内各階層に設置

原子炉格納容器の火災発生想定期間と火災の感知及び消火手段

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(5/18)

(a) 火災感知設備

- プラント停止過程において、高温環境での機器の状態を確認し不具合の兆候の有無を確実に把握するため、原子炉が高温停止の状態にて原子炉格納容器内点検を実施。
- しかし、アナログ式の感知器は電子部品(半導体)が長時間高温かつ高放射線である環境では故障し誤作動を起こす可能性があることから、プラント停止過程では使用することができない。
- 女川2号炉固有の対策として、電子部品(半導体)を使用しない非アナログ式の熱感知器を採用し、プラント停止過程においては非アナログ熱感知器に加えて、プラント故障警報を含む運転監視にて火災を感知することで、十分な保安水準を確保。

原子炉の運転状態		格納容器内の状態	設置する火災検知器の種類
① 低温停止		窒素ガス排出	アナログ煙 及び 非アナログ熱
② 起動中	原子炉格納容器内点検前		
	原子炉格納容器内点検後	窒素ガス封入中	
③ 起動及び運転		窒素ガス封入	－(火災発生のおそれなし)
④ 停止過程	原子炉格納容器内点検前	窒素ガス排出	非アナログ熱 及び 運転監視(故障警報含む)※
	原子炉格納容器内点検後		アナログ煙 及び 非アナログ熱

※運転監視(故障警報含む): ドライウェル温度, 原子炉再循環ポンプ関連警報及び格納容器内パラメータの監視強化を行う(例: 原子炉格納容器内温度高警報, 原子炉再循環ポンプモータトリップ警報等)

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(6/18)

➤ 火災感知設備

型式:アナログ式煙感知器及び非アナログ式熱感知器

➤ 配置位置

- ・消防法施行規則第23条に基づき設置。
- ・火災発生の可能性のある油内包設備の配置を考慮し、それらの上部近傍に設置。

➤ 誤動作防止対策

運転中の原子炉格納容器は長時間高温かつ高放射線環境のため、アナログ式火災感知器は電子回路が故障し誤作動する可能性があることから、以下の誤作動防止対策を実施。

- ・アナログ煙・・・プラント停止後の原子炉格納容器内点検(高温停止時)に取替え。
- ・非アナログ熱・・・電子部品(半導体)を使用しない感知器を採用。また、水素ガスが発生する事故も考慮し、防爆型とし、十分な保安水準を確保。

➤ プラント故障警報を含む運転監視

起動中(原子炉格納容器内点検後)及び停止過程(原子炉格納容器内点検前)は、非アナログ式熱感知器に加え、ドライウェル温度、原子炉再循環ポンプ関連警報及び格納容器内パラメータの監視強化を行う設計。(例:原子炉格納容器内温度高警報、原子炉再循環ポンプモータトリップ警報等)

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(7/18)

(b) 消火設備

原子炉格納容器空間体積(約7,650m³)に対し、パージ用排風機※1容量が24,000m³/hであり、煙は充満しないことから、原子炉格納容器内の消火は消火器を用いて行う設計。

また、広範囲の火災時は窒息消火とし、原子炉起動中における窒素ガス封入作業中の火災時は窒素ガス封入継続により消火。

※1 パージ用排風機：パージ用排風機は原子炉格納容器外に設置しており、プラント停止時に、パージ用排風機によりPCV内窒素ガスを空気雰囲気に変換する。また、PCV内雰囲気を流動させ、作業環境の向上を図る。

原子炉の運転状態		格納容器内の状態	設置する火災検知器の種類	消火手段
① 低温停止		窒素ガス排出	アナログ煙＋非アナログ熱	消火器※2
② 起動中 ※4,5	原子炉格納容器内点検前			局所火災時：消火器※2 広範囲火災時：格納容器内を密閉し窒息消火
	原子炉格納容器内点検後	窒素ガス封入中	・窒素ガス封入継続(原子炉格納容器内酸素ガス濃度3%になる時点まで継続) ・窒素ガス排出後※3, 原子炉格納容器の開放し消火活動	
③ 起動及び運転		窒素ガス封入	－(火災発生のおそれなし)	－(火災発生のおそれなし)
④ 停止過程	原子炉格納容器内点検前 ※4,5	窒素ガス排出	非アナログ熱 ＋運転監視(故障警報含む)	局所火災時：消火器※2 広範囲火災時：格納容器内を密閉し窒息消火
	原子炉格納容器内点検後		アナログ煙＋非アナログ熱	消火器※2

※2 消火栓を用いても消火可能。

※3 原子炉格納容器内の温度低下を確認後排出を開始し、原子炉格納容器内の酸素濃度21%にて排出完了

※4 原子炉格納容器内の火災感知器が作動し、原子炉格納容器内の温度等から、「火災が発生していない」と判断できない場合は、原子炉を手動停止する。

※5 原子炉格納容器内への立入りに際して安全性が確保される場合は、原子炉格納容器内へ立入り、消火活動を行う。原子炉格納容器内への立入りや消火が困難と判断した場合は、窒息消火を実施。

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(8/18)

i. 消火器

◆ 配置場所

・起動中, 停止過程(窒素ガス排出後)

- ✓ 原子炉格納容器の内部が高温になり, 消火器の使用温度範囲(-30℃~40℃)を超える可能性があるため, 原子炉起動前に原子炉格納容器内の消火器を撤去。
- ✓ 原子炉格納容器の窒素ガス置換作業が完了するまでの間は各階層単位に必要な消火能力を満足する消火器を所員用エアロック室に設置(10型粉末消火器6本)。なお, 原子炉格納容器内から撤去した残りの消火器についても, 原子炉格納容器の窒素ガス置換作業が完了するまでの間は所員用エアロック室近傍に設置。

・低温停止中

- ✓ 原子炉格納容器内各階層に粉末消火器10型を6本ずつ設置。
- ✓ 設置位置は原子炉格納容器内の各階層に対し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。

◆ 配置本数

消防法施行令, 消防施行規則に従い配備(10型粉末消火器)

原子炉格納容器 床面積	床面積あたりの 必要本数※1	電気火災に適応 する消火器※2	重大事故等対処設 備の独立性確保の ための本数※3	合計	原子炉格納容器内専用 消火器設置場所
306m ²	1本	4本	1本	6本	所員用エアロック室

※1: 床面積400m²毎に1能力単位を有する消火器(1本)が必要。

※2: 上記に加え, 電気火災に対し100m²毎に1本の消火器の設置が必要。

※3: 常設重大事故防止設備が設置されているため, 消火設備の独立性を確保するため必要本数に別途1本を追加し, 単一故障により必要量を下回らない設計。

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(9/18)

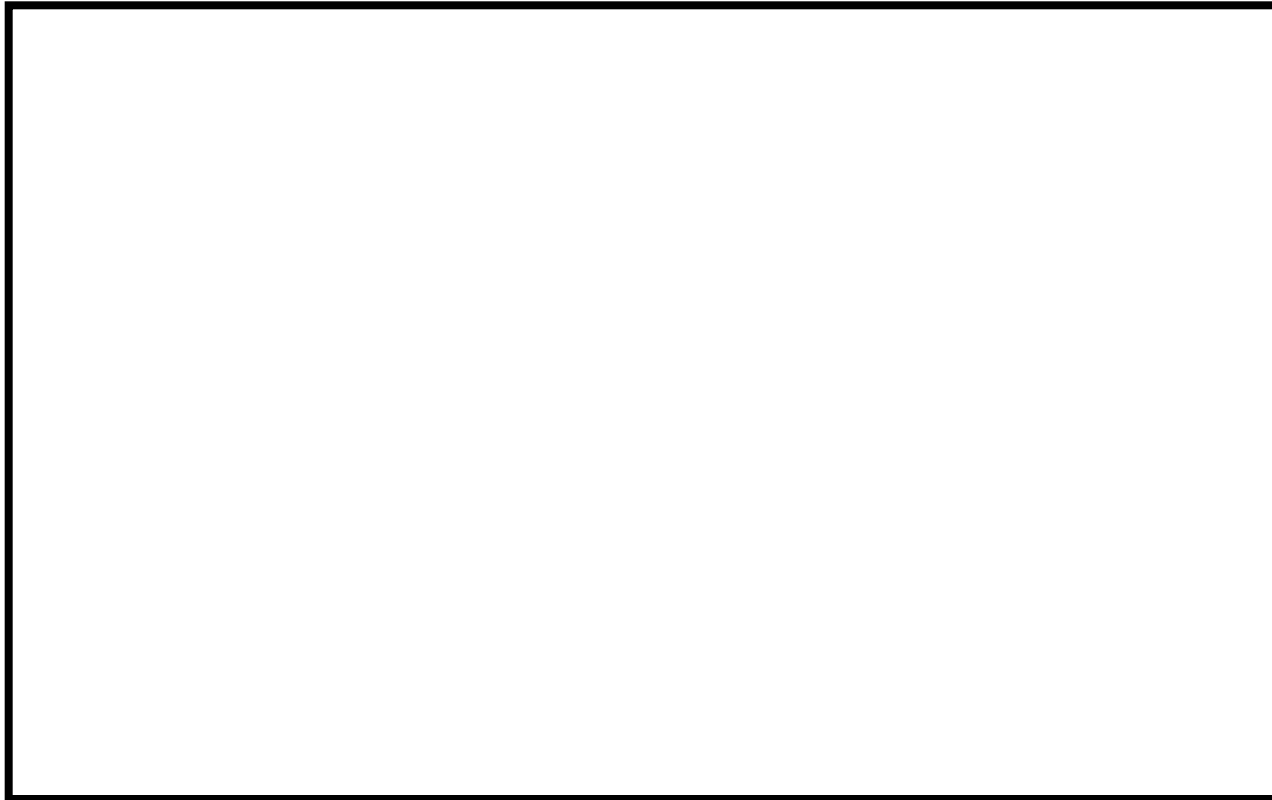
ii. 消火栓

- 原子炉格納容器入口近傍の消火栓の使用を考慮し、所員用エアロックから進入した場合に消火ホース敷設距離が最長となる原子炉再循環ポンプ(A)(消火栓から約90m)近傍まで届く消火ホースを配備。

(配備場所)

- ・所員用エアロック室・・・15m/本を金属箱に4本収納
 - ・原子炉格納容器入口近傍消火栓収納箱・・・消火ホース2本
- } 最大90m範囲で消火活動可能

- その他の原子炉格納容器入口についても、各原子炉格納容器入口近傍の消火栓の使用を考慮し必要な消火ホースを配備。

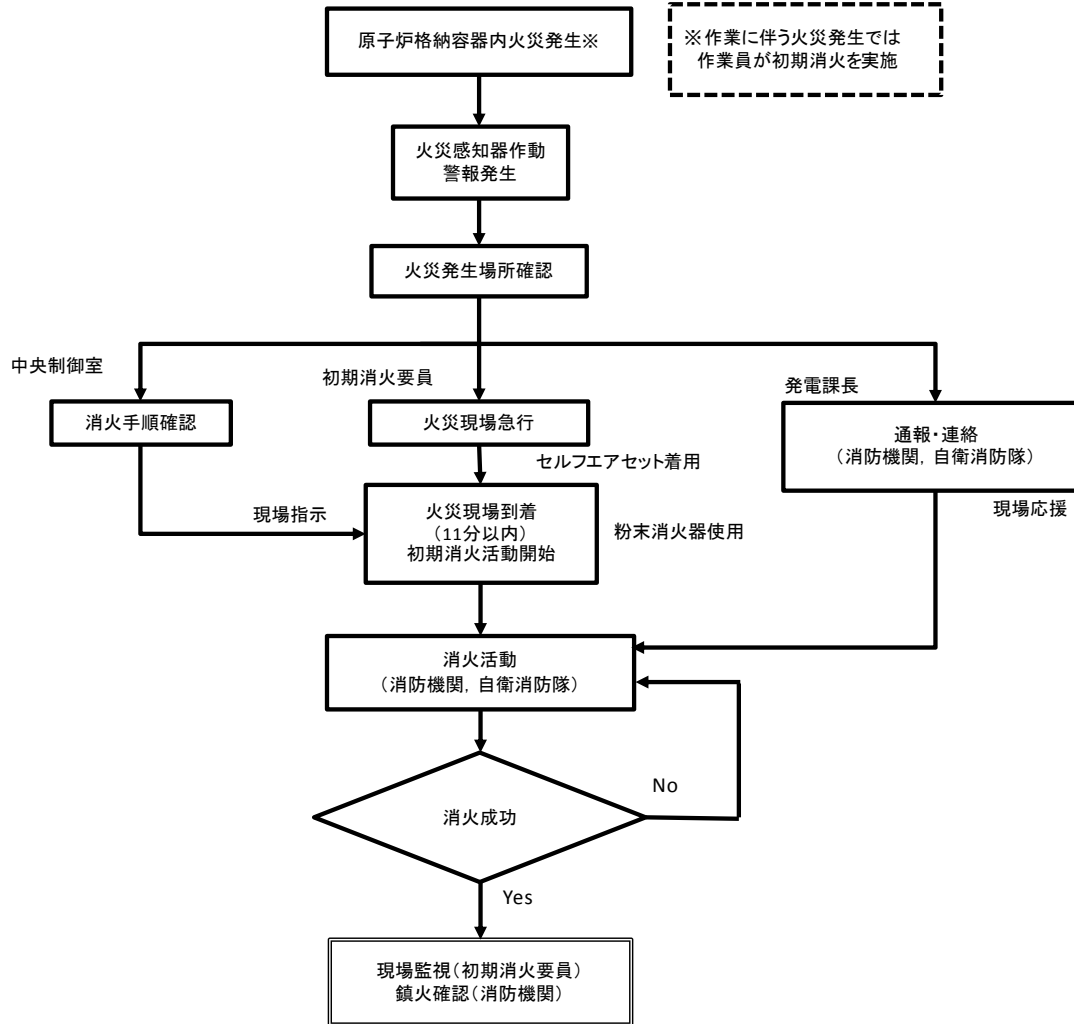


枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

原子炉格納容器内の消火活動例(ドライウェル機器ドレンサンプ・ポンプ)

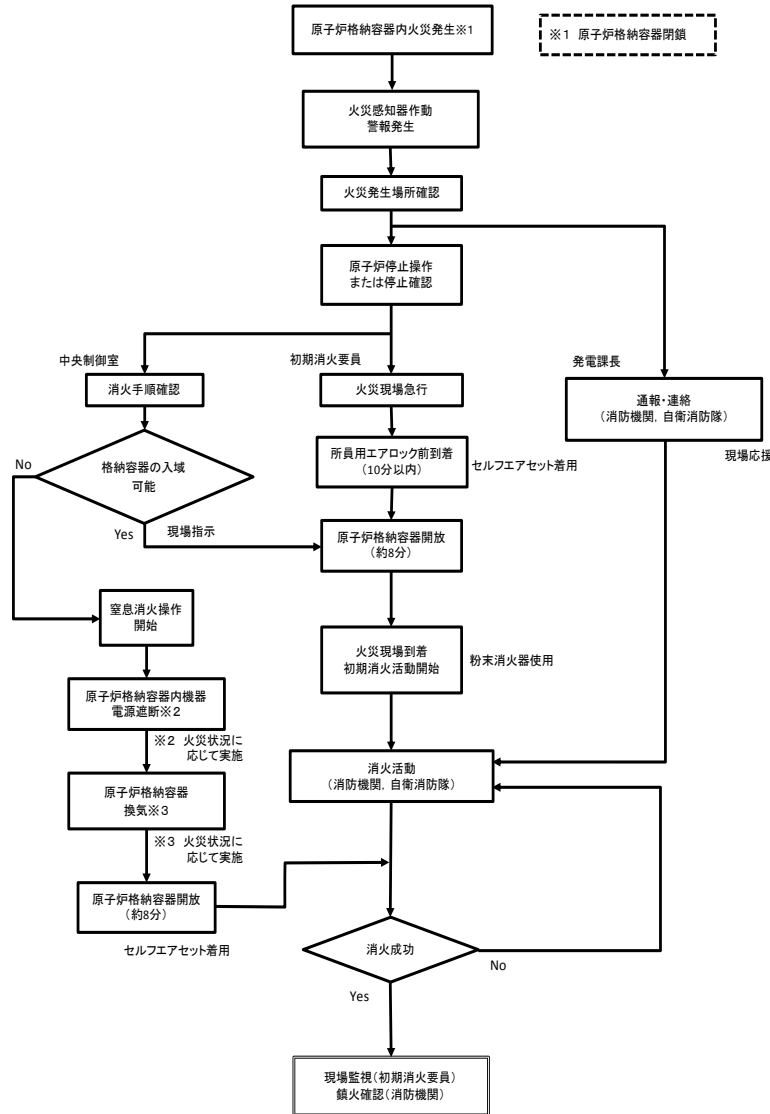
◆ 原子炉格納容器内の火災防護(10/18)

iii. 消火活動



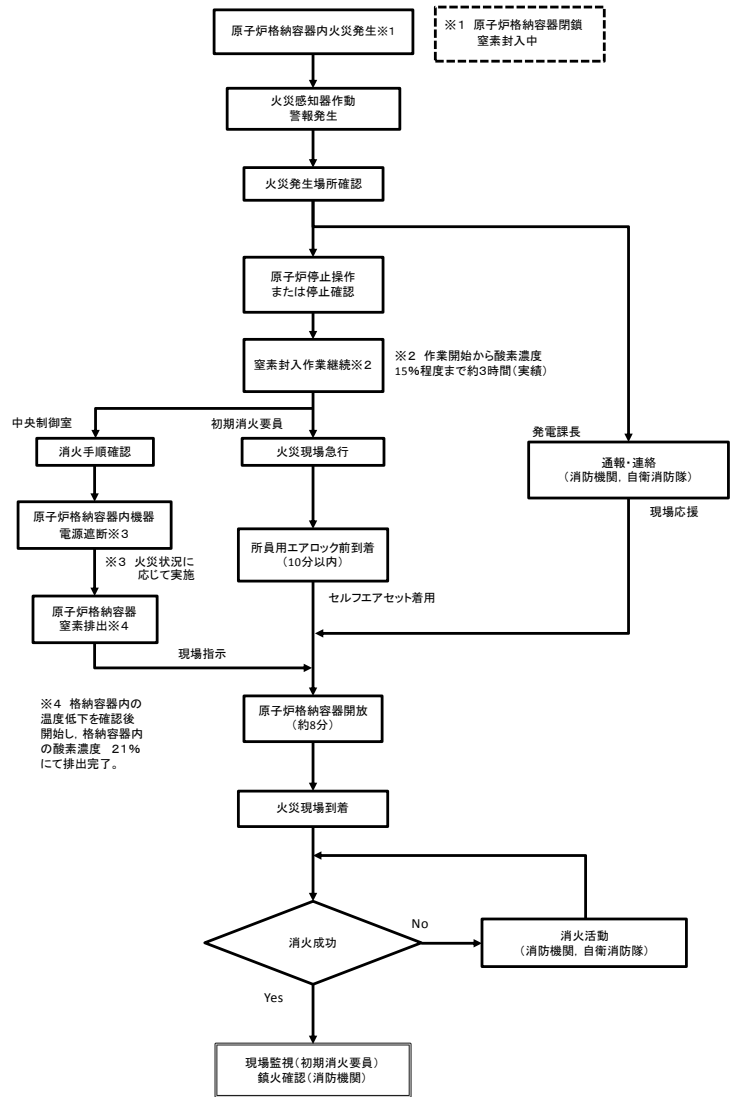
原子炉格納容器内での火災発生に対する対応フロー(低温停止中)

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(11/18)



原子炉格納容器内での火災発生に対する対応フロー
(起動中: 制御棒引き抜き～窒素ガス封入開始まで, 停止過程)

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(12/18)



原子炉格納容器内での火災発生に対する対応フロー
(起動中:窒素ガス封入開始～窒素ガス置換完了まで)

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(13/18)

d. 火災の影響軽減

- 原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、「火災の影響軽減」で要求される火災の影響軽減対策が必要。
- 原子炉格納容器内は、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間耐火能力を有する隔壁の設置が困難なことから「火災の影響軽減」への適合性を以下のとおり評価。

火災防護審査基準「2. 基本事項」

「安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的とし、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、系統及び機器が設置される火災区域及び区画に対して、火災の発生防止、感知・消火及び影響軽減対策を講じること。」



火災の影響軽減対策の目的は、「火災が発生しても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持する」こと。



原子炉格納容器内の火災に対し、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が可能であることを示すことで火災防護審査基準の「火災の影響軽減」の要求について十分な保安水準を確保。

※保守的な評価として、火災による原子炉格納容器内の安全機能の全喪失を仮定した評価を行い、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が、運転員の操作と相まって、可能であることを確認。

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(14/18)

(a) 火災の影響軽減

i. 持込み可燃物等の運用管理

作業に伴う持込み可燃物は、持込み期間・可燃物量・持込み場所等を管理。原子炉格納容器内への持込み可燃物の仮置きは禁止とするが、やむを得ず仮置きする場合には、不燃シートで覆う又は金属箱の中に収納するとともに、その近傍に消火器を準備。

ii. 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することに関わる火災区画の分離

原子炉格納容器は火災区域である原子炉建屋内に設置されており、他の火災区画と3時間耐火性能を有する隔壁等で他の区画と分離。

iii. 系統分離

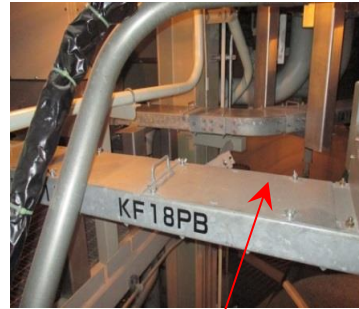
原子炉格納容器内は、機器やケーブル等が密集しており、干渉物が多いことを踏まえ以下の設計。

◆ 火災防護対象ケーブル

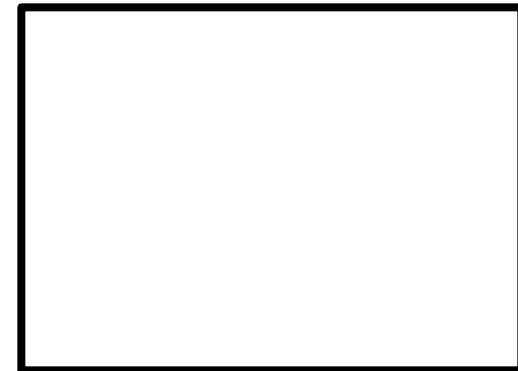
- ・原子炉格納容器貫通部を区分ごとに離れた場所に設置
- ・区分Ⅰ・Ⅱケーブルトレイは6m以上の離隔
- ・全て電線管又は蓋付ケーブルトレイに敷設

◆ 火災防護対象機器

- ・区分Ⅰと区分Ⅱ機器は6m以上離隔
- ・区分Ⅰと区分Ⅱ機器間に可燃物が存在しないよう、離隔間にある介在物(ケーブル、電磁弁)は右図のとおり延焼防止対策実施



金属製の蓋付ケーブルトレイ



火災防護対象機器設置例

種別	具体的設備	延焼防止対策
ケーブル	常用系及び安全系のケーブル※	電線管又は蓋付ケーブルトレイに敷設
分電盤	作業用分電盤	金属製の筐体に収納
油内包機器	原子炉再循環ポンプ電動機 主蒸気第一隔離弁	潤滑油は機器の最高使用温度及び原子炉格納容器内の雰囲気温度よりも十分に引火点の高いものを使用。潤滑油を内包する軸受部は溶接構造又はシール構造として漏えい防止を図るとともに、堰等を設置して拡大防止
	ドライウェルサンプポンプ	
	原子炉圧力容器下部作業用機器(CRD自動交換機)	機器の使用時以外は電源断。機器使用時には現場に作業員を配置
その他	電動弁、電磁弁※等	金属製の筐体に収納

※:区分Ⅰと区分Ⅱ機器の間に介在する機器等

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(15/18)

(b) 原子炉格納容器内火災時の想定事象の対応評価

- 火災の影響軽減対策への適合性に対する保守的な評価として、火災による原子炉格納容器内の安全機能の全喪失を仮定した評価を行い、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が可能なことを確認。

i. 火災想定期間

火災発生は以下の期間に発生すると想定。

- ・原子炉起動中において窒素ガス置換されていない期間である「制御棒引き抜き」から「窒素ガス封入開始」まで。(以下「起動～窒素ガス封入開始」という。)
- ・「窒素ガス封入開始」から「窒素ガス置換完了」まで。(以下「窒素ガス封入開始～窒素ガス置換完了」という。)

※原子炉停止過程でも火災発生可能性はあるが、「起動～窒素封入開始」までの評価と同様のため、起動中の状態にて評価

ii. 想定火災源

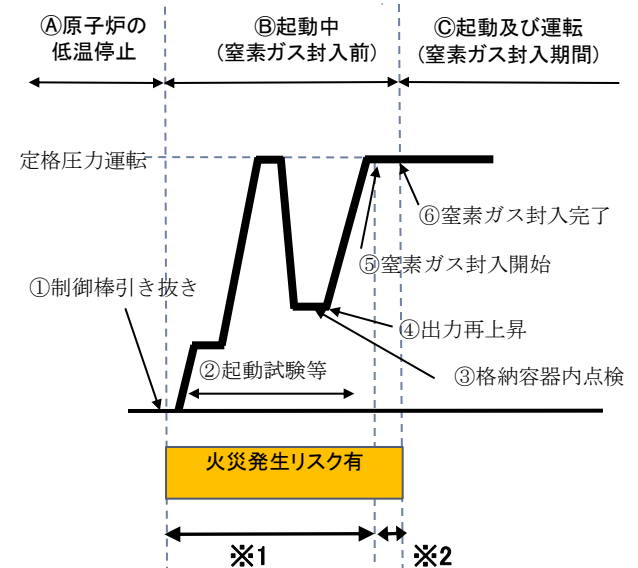
- ・最も多量の油内包機器である原子炉再循環ポンプ2台のうち、いずれかの単一火災を想定。
- ・原子炉再循環ポンプが内包する潤滑油火災は、原子炉再循環ポンプから漏えいした潤滑油が溜るドレンリムの双方で発生。

iii. 想定火災進展

火災の進展は、原子炉格納容器内の弁などの主要材料は金属製であること、ケーブルは難燃ケーブルを使用しているため、時間経過とともに徐々に原子炉格納容器全域に及ぶものとする。

iv. その他想定条件

- ・空気作動弁は、電磁弁に接続される制御ケーブルが火災により断線、フェイル作動。
- ・電動弁は、火災影響により接続するケーブルが断線し、作動させることが出来ないが、火災発生時の開度を維持。
- ・原子炉格納容器内の監視計器は、「同一パラメータを監視する複数の計器が配置上分離設置していること」、及び「火災が時間経過とともに進展すること」を考慮し、火災の進展に伴い監視計器が全て機能喪失。



【火災想定期間】

※1: 「起動～窒素ガス封入開始」

※2: 「窒素ガス封入開始～窒素ガス置換完了」

想定事象評価における火災想定期間

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(16/18)

v. 評価内容

保守的に、起動中の原子炉格納容器内の火災発生により、原子炉の安全機能が全喪失したと想定しても、運転操作、現場操作により原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持することが可能であることを確認した。

➤ 起動～窒素ガス封入開始(窒素ガスが置換されていない期間(約40時間))

【高温停止の達成】

火災による主蒸気第一隔離弁閉止

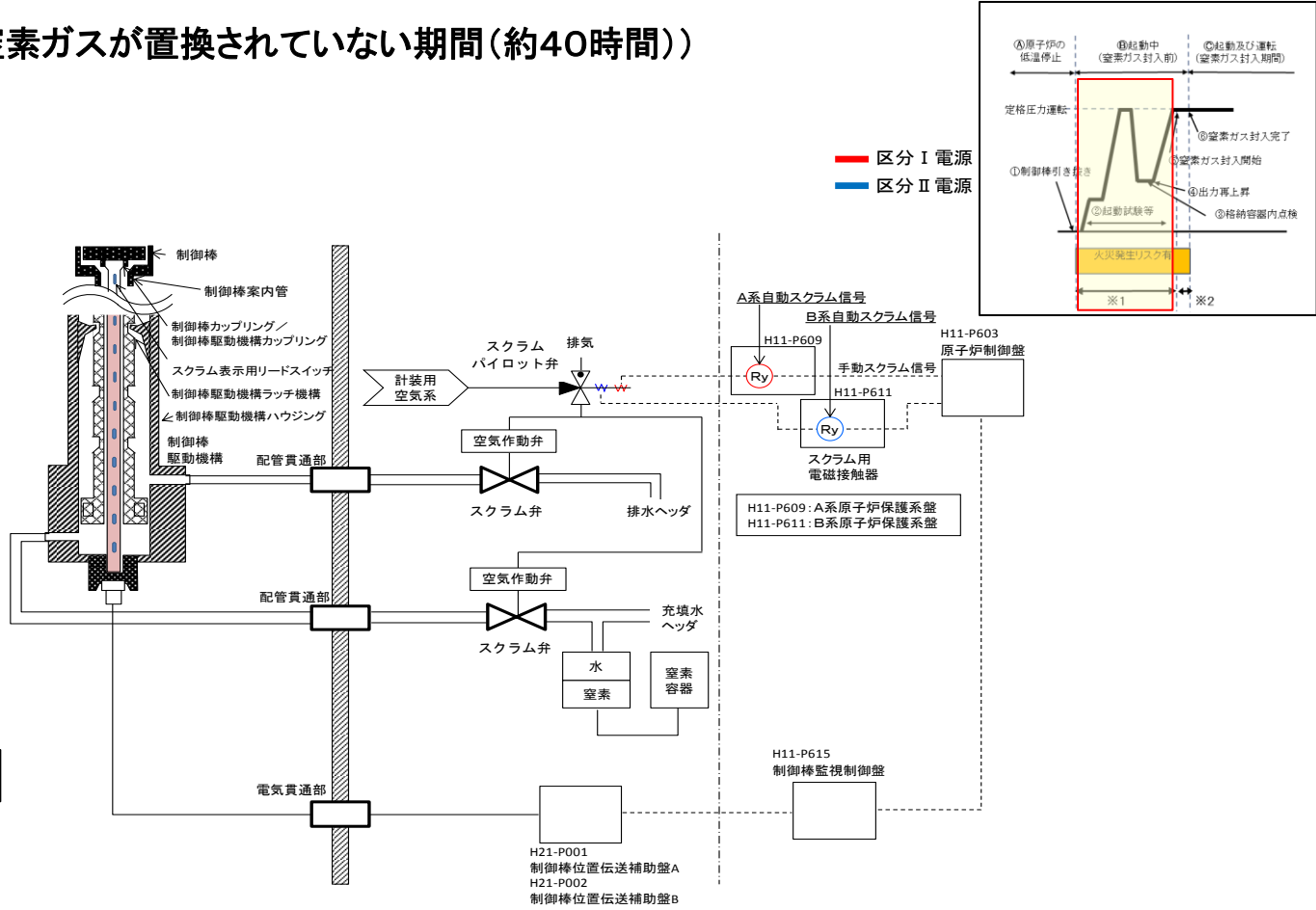


制御棒及び制御棒駆動系(スクラム機能)による緊急停止

- ・ 金属等の不燃性材料で構成する制御棒駆動機構は火災により影響が及ぶおそれはない。
- ・ 制御棒駆動水圧系水圧制御ユニットは、原子炉格納容器外に設置した当該ユニットのアキュムレータ、スクラム弁等は影響はない。当該ユニットの原子炉格納容器内の配管は金属等の不燃性材料で構成しており、火災により影響が及ぶおそれはない。



高温停止達成



原子炉の緊急停止機能の概要

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

◆ 原子炉格納容器内の火災防護(17/18)

【低温停止の達成】

低温停止達成に必要な機能

(残留熱除去系, 高圧炉心スプレイ系,
原子炉隔離時冷却系, 自動減圧系)

- ・ポンプは原子炉格納容器外に設置により影響なし。
- ・原子炉格納容器内の電動弁, 電磁弁は火災進展により機能喪失の恐れ。



火災を確認した時点で原子炉緊急停止操作及び消火活動

初期消火要員が所員用エアロック室前に急行
(10分以内) ⇒ 所員用エアロックを開放(約8分)
⇒ 原子炉格納容器内に入り消火活動



原子炉格納容器内の電動弁, 電磁弁が火災進展により機能喪失した場合

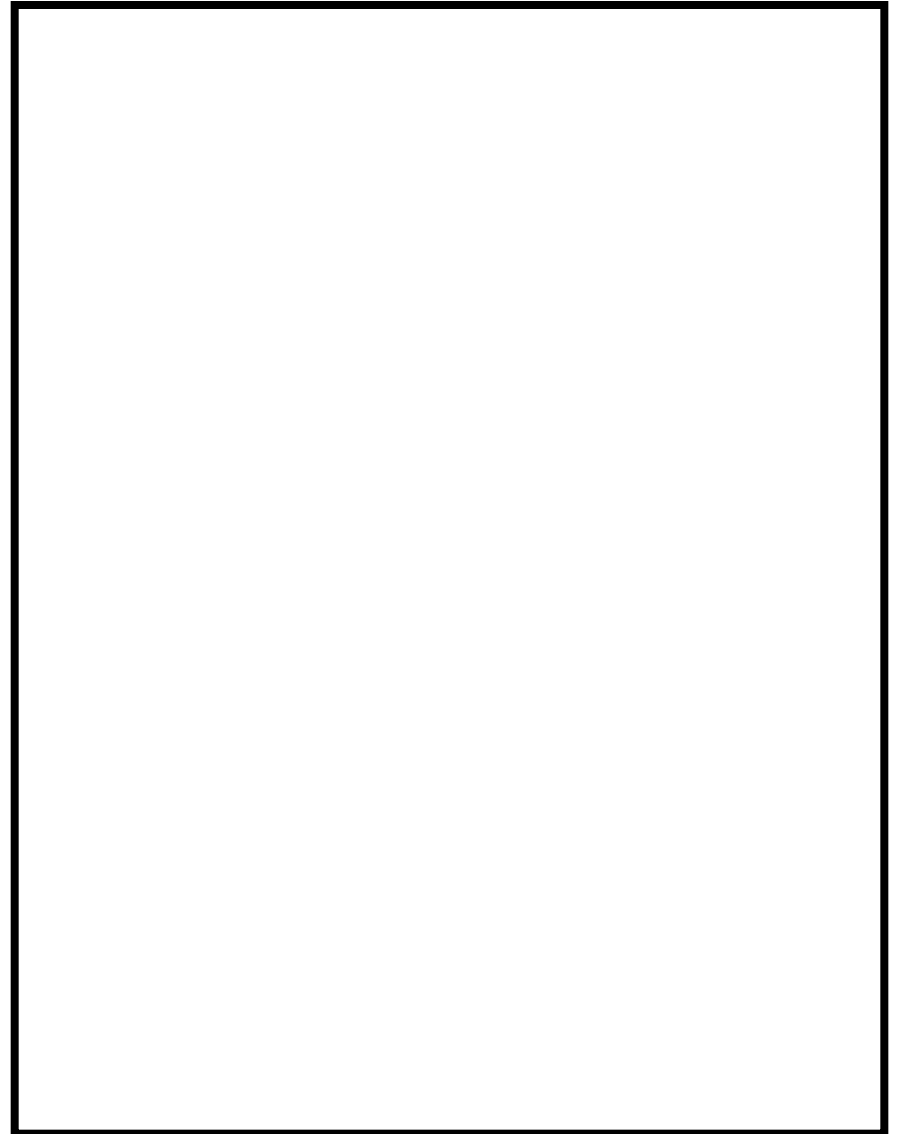
残留熱除去系停止時冷却吸込第一
隔離弁(通常閉)の手動開操作, 原子
炉再循環ポンプ吐出弁(通常開)を手
動閉操作しラインアップ



残留熱除去系(原子炉停止時冷却
モード)の運転



低温停止達成



原子炉格納容器内の主要機器配置

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

7. 火災の影響軽減 7.1 系統分離による影響軽減

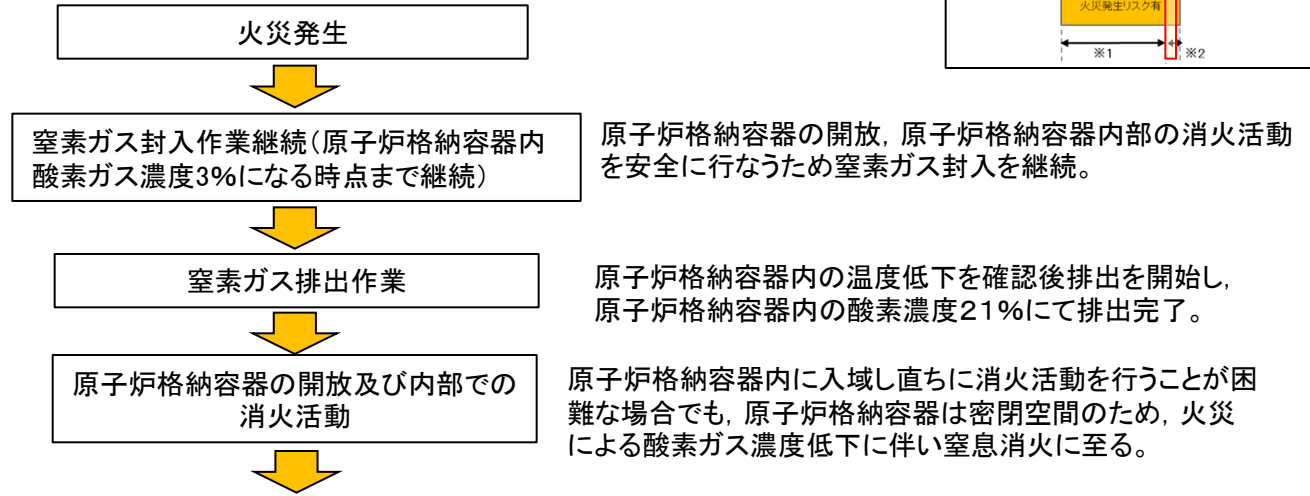
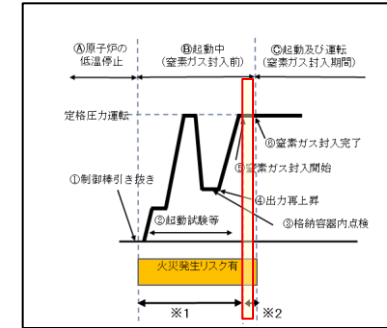
◆ 原子炉格納容器内の火災防護(18/18)

- 窒素ガス封入開始～窒素ガス置換完了時
(原子炉起動中かつ窒素ガス置換を行っている期間(原子炉格納容器内の酸素ガス濃度3%まで約2時間))

【高温停止の達成】

(「起動～窒素ガス封入開始」時の【高温停止の達成】と同じ。)

【低温停止の達成】



原子炉格納容器内の電動弁, 電磁弁が火災進展により機能喪失した場合

残留熱除去系停止時冷却吸込第一隔離弁(通常閉)の手動開操作, 原子炉再循環ポンプ吐出弁(通常開)を手動閉操作しラインアップ

残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)の運転

低温停止達成