

女川原子力発電所2号炉 内部火災について (審査会合コメント回答)

平成30年2月27日
東北電力株式会社

1. 審査会合での指摘事項
2. 指摘事項に対する回答

番号	審査 会合日	指摘事項の内容	回答頁
45	H27.1.8	地震起因の火災を想定した場合、消火用水系の耐震性だけでなく水源の耐震性についても考え方を説明すること。	12
46	H27.1.8	放射性物質の貯蔵については廃棄物を想定し、他の火災からの影響を検討すること。	19
47	H27.1.8	放射性廃棄物処理系について、火災による電動弁等への影響を考慮しても、放射性物質の閉じ込め機能が損なわれないことを説明すること。	20
52	H27.1.8	給気フィルタについては、(空気の供給が多過になっている状況にて)延焼した事例も考慮し対応を検討すること。	5
53	H27.1.8	保守管理の合理化目的での自主設備や核物質防護等で設置する機器が発火源となる可能性、ケーブルラッピング等による耐震性への影響、ケーブルの結束バンドが火災時にはずれることによる悪影響、火山灰対策のフィルタ、溢水の止水処理の耐火性など、他(法令)の要求事項との競合について考慮すること。 結束バンドが火災の熱等により破損することによるトレイからのケーブルの逸脱等の可能性、またその逸脱による影響について検討すること。	7,8
57	H27.1.8	屋外消火設備については、凍結防止ヒーターの電源等も含め、その運用方法等について十分検討すること。	13
66	H27.7.28	スクラム機能を阻害するおそれのある火災について説明すること。	22
67	H27.7.28	火災に対する独立性の確保については、詳細に説明すること。	23,24
68	H27.7.28	格納容器内の火災防護対策について、消火手順、火災発生可能性を知らせる警報判断手順(東京、東北)について、手順書作成・訓練の実施について担保方策をどのように考えているか。	14
69	H27.7.28	系統分離設計に対し十分早く感知できる旨は示されているが、消火の迅速性については消火作業者のスキルに依存するので、体制整備、手順書作成、訓練の実施について担保方策をどのように考えているのか。	25,26

番号	審査 会合日	指摘事項の内容	回答頁
70	H27.7.28	可燃物管理により消火が困難とならないとしている場所について、可燃物制限量、出火防止対策等具体的な方法を補足説明すること。	15
74	H27.8.6	自動消火設備について、早期消火の観点から、無炎火災等を考慮した現場手動操作の成立性および、誤作動防止のための起動回路設定の考え方を説明すること。	17,18
75	H27.8.6	自動消火設備の起動用に設置する炎感知器の設置状況について詳細に説明すること。	17,18
76	H27.8.6	3時間耐火ラッピングについて、地震時においても性能が担保できることを説明すること。	9
79	H29.11.14	設計基準対象施設から火災防護対象機器を抽出した考え方について、整理して説明すること。	21
80	H29.11.14	火災区画設定のうち、安全系区分の区分方法について対象機器ごとに整理し説明すること。	27
84	H29.11.14	原子炉停止過程において、原子炉格納容器内点検のため、窒素排出する期間があるが、全体的なリスクの観点で評価し、その上で火災防護における感知・消火について説明すること。	28,29
85	H29.11.14	原子炉格納容器内のケーブルトレイ離隔距離6mについて、基準要求に対する満足性を示し、保安水準とすることを説明すること。	30～32
86	H29.11.14	原子炉格納容器内の火災防護について、影響軽減対策への基準適合性を説明すること。	30～32
87	H29.12.19	自動消火設備の起動条件(AND条件)の作動の確実性について、自動起動しなかった場合に運用面も含めて、現場手動起動が早期に行えることについて説明すること。	17,18
88	H29.12.19	ケーブルトレイ3時間耐火ラッピング内の消火が確実にできることを説明すること。	10,11
89	H29.12.19	消火器による消火を想定しているエリアについて、空間、機器配置状況から、煙充満の有無、アクセス性に支障がないことをエリア毎に示すこと。	16

番号	審査 会合日	指摘事項の内容	回答頁
90	H29.12.19	避雷対策について、JIS適用規格を含めて、火災の発生防止が図られていることを説明すること。	6
91	H29.12.19	原則どおりの分離ができないもの(屋外、電動弁)に対する分離の考え方について説明すること。	33,34
92	H29.12.19	区分Ⅲ燃料移送系が防護対象となるのか、系統分離の考え方を説明すること。	35
93	H29.12.19	単一火災時の想定について高温・低温停止を分けずに説明すること。	36～40
94	H29.12.19	火災影響に対する残留熱除去系機能維持説明について、フロント・サポート系の配置等含め再整理すること。	36～40

指摘事項

○給気フィルタについては、(空気の供給が多過になっている状況にて)延焼した事例も考慮し対応を検討すること。

回答

給気フィルタは難燃性を使用する設計であるが、作業時に延焼した事例を踏まえ、延焼防止の観点から運用管理対策を以下のとおり実施する。

【換気空調設備のフィルタを設置している部屋の運用管理】

- ・点検資機材の仮置き禁止。
- ・他エリアの機器の持ち込み点検禁止。
- ・火気取扱い禁止エリア設定。
- ・やむを得ず火気作業を行う場合には、空調の系統隔離、近傍のフィルタを室外に搬出し、火気養生した上で作業を行う運用。

なお、換気空調設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き「JIS L 1091(繊維製品の燃焼性試験方法)」又は「JACA No.11A(空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針(公益社団法人 日本空気清浄協会))」を満足する難燃性材料を使用する設計とする。

フィルタの種類 (チャコールフィルタ以外)	材質	性能
高性能エアフィルタ	グラスファイバ	難燃性
中性能エアフィルタ	グラスファイバ	難燃性
バッグエアフィルタ	グラスファイバ	難燃性



高性能エアフィルタ



中性能エアフィルタ



バッグエアフィルタ

換気空調設備のフィルタ

資料1 本文2.1.1.2.不燃性・難燃性材料の使用

指摘事項

○避雷対策について、JIS適用規格を含めて、火災の発生防止が図られていることを説明すること。

回答

○落雷による火災発生防止

「実用発電用原子炉およびその附属施設の火災防護に係る審査基準」に基づき、落雷による火災発生防止対策として、建屋等に避雷設備を設置する設計とし、具体的には以下のとおりとしている。

・外部避雷対策

「耐震性が耐震Sクラスの建屋又は排気筒等」に設置する避雷設備は、建築基準法に基づき、「JIS A 4201 建築物等の雷保護(2003年版)」(以下「JIS2003年版」という)又は「JIS A 4201 建築物等の避雷設備(避雷針)(1992年版)」(以下「JIS1992年版」という)に準拠して設置する設計としている。既設建物および排気筒の避雷設備はJIS1992年版で設計しており、今後建設する建物についてはJIS2003年版に準拠して設計を行っている。

JIS1992年版の避雷設備としている既設建物は、屋根及び外壁を鉄筋コンクリート造とする耐火建築物であり、建物への落雷による建物そのものの火災の発生は考え難い。また、外壁に設けている鋼製建具への落雷については、その建屋内において接する可燃物は無く、落雷により鋼製建具が高温になったとしても、火災の発生は考え難い。

排気筒は、排気筒の構成部材が不燃材料である鋼製でかつ接地していることから、火災の発生は考え難い。

・建屋内設備への雷サージ抑制対策

JEAG4608「原子力発電所の耐雷設計指針」に基づき、電力設備及び計測制御設備への雷サージ抑制対策として、保安装置(避雷器)の設置、絶縁変圧器の設置等により、建屋内に雷サージが侵入することを防止し、機器の焼損を防止する対策を実施する設計としている。

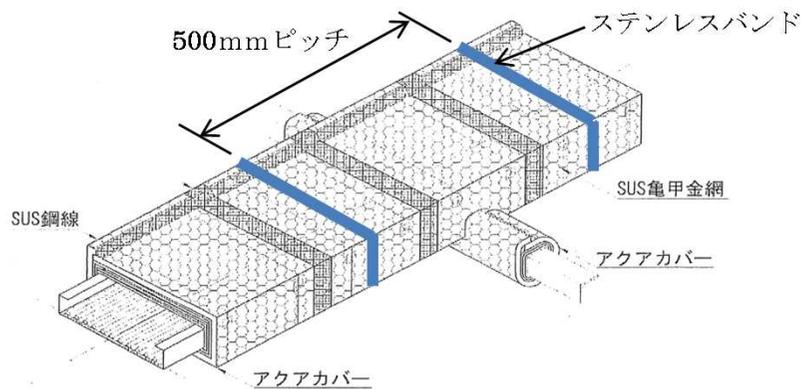
以上より、落雷による建屋等への雷直撃防止のための設備を設置していること、建物等は耐火建築物になっていること、及び建屋内部の雷サージ抑制対策を実施する設計としていることから、発電用原子炉施設内の構築物、系統及び機器は火災の発生防止が図られていることを確認した。

指摘事項

○保守管理の合理化目的での自主設備や核物質防護等で設置する機器が発火源となる可能性、ケーブルラッピング等による耐震性への影響、ケーブルの結束バンドが火災時にはずれることによる悪影響、火山灰対策のフィルタ、溢水の止水処理の耐火性など、他(法令)の要求事項との競合について考慮すること。結束バンドが火災の熱等により破損することによるトレイからのケーブルの逸脱等の可能性、またその逸脱による影響について検討すること。

回答

- ケーブルトレイ耐火ラッピングの耐震性
ケーブルトレイに施工する耐火ラッピング材はステンレスバンドで固定する設計とし、基準地震動で脱落することがないように、ステンレスバンドに加わる地震力を評価し、ステンレスバンド設計強度を下回ることを確認している。
(耐震性の詳細については指摘事項【No76】に対する回答を参照)
- ケーブルトレイ内の固縛材(結束バンド)
ケーブルトレイ内のケーブルの固縛材は難燃性のものを使用する設計とする。
固縛材の使用はわずかであること、火災により固縛材が外れても垂直に敷設されたケーブルはトレイの水平部分等で支持されていることから、ケーブルトレイからの逸脱等により他の機器には影響を及ぼさない。
(資料1-本文2.1.1.2(1))



耐火ラッピング固定の概略図



ケーブルトレイ内 固縛材

資料1 本文2.1.1.2 不燃性・難燃性材料の使用
資料7 添付資料5 3時間耐火及び隔壁等の耐久試験

指摘事項

○保守管理の合理化目的での自主設備や核物質防護等で設置する機器が発火源となる可能性、ケーブルラッピング等による耐震性への影響、ケーブルの結束バンドが火災時にはずれることによる悪影響、火山灰対策のフィルタ、溢水の止水処理の耐火性など、他(法令)の要求事項との競合について考慮すること。結束バンドが火災の熱等により破損することによるトレイからのケーブルの逸脱等の可能性、またその逸脱による影響について検討すること。

回答

・保守管理の合理化目的での自主設備や核物質防護等で設置する機器が発火源となる可能性
火災影響軽減の火災影響評価は、各火災区画の特徴を示す火災区画特性表に、可燃性物質の発熱量、火災荷重、等価時間を記載し評価を実施している。

火災区画特性表の作成手順では、情報及びデータ収集・整理として、火災区画にある自主設備も対象にした可燃性物質を調査し、工事で可燃性物質に変更がある場合は変更管理を行う。

(資料1-本文2.3 資料10-本文3.)

・換気空調設備のフィルタ(火山灰対策のフィルタ)

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、換気空調設備のフィルタ(チャコールフィルタを除く)は難燃性のフィルタを使用する設計とする。

(資料1-本文2.1.1.2(4))

・内部溢水対策

内部溢水対策で使用している止水材については難燃性のものを使用する設計とする。

(資料1-本文2.1.1.2(1))

資料1 本文2.1.1.2 不燃性・難燃性材料の使用

本文2.3 火災防護計画について

資料10 本文3. 内部火災影響評価手順の概要

指摘事項

○3時間耐火ラッピングについて、地震時においても性能が担保できることを説明すること。

回答

3時間の耐火能力を有する耐火ラッピングは、ケーブルトレイに施工する設計とし、その耐震性については以下のとおり

・ケーブルトレイの耐震性

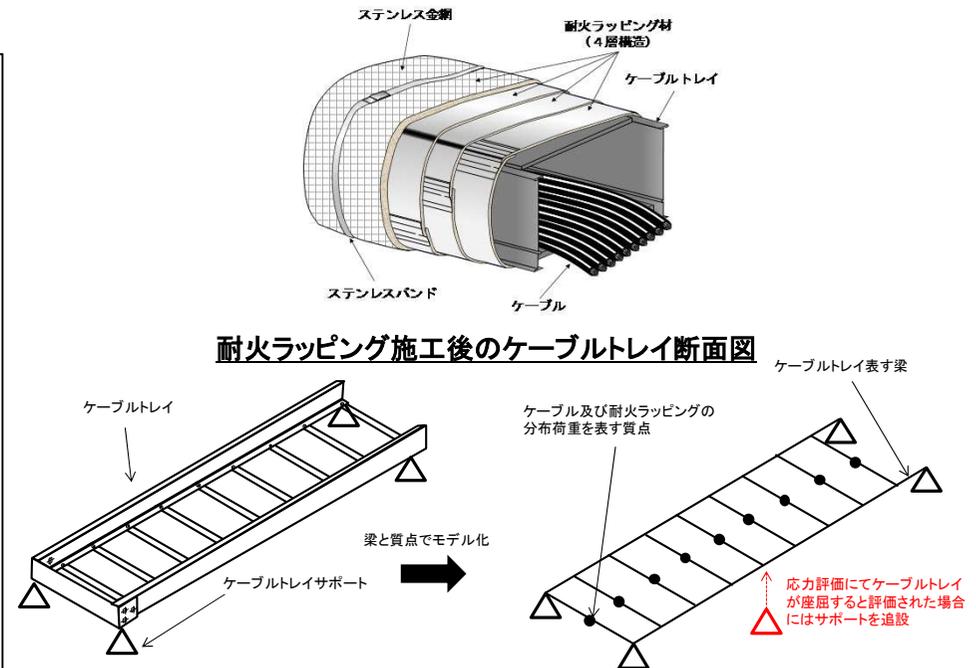
ケーブルトレイに施工する、耐火材は4層構造となり、重量が約43kg/m増加することから、基準地震動でケーブルトレイが座屈することがないように、応力評価を実施し、必要に応じてケーブルトレイサポートを追設する。

・耐火材の耐震性

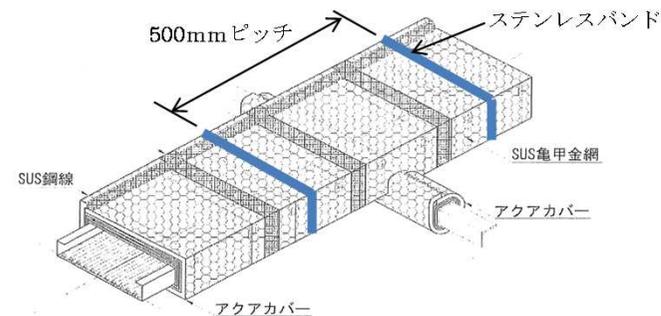
耐火材は各層毎にステンレス鋼線で耐火材を固定し、耐火材同士に重ね代を設けており余長が確保している。また、耐火材施工後にステンレス金網で耐火材全体を覆い、さらにステンレスバンドにより一定間隔で外側から固定している構造である。

ケーブルトレイに施工する耐火材はステンレスバンドで固定する設計とし、基準地震動で脱落することがないように、ステンレスバンドに加わる地震力を評価し、ステンレスバンド設計強度を下回ることを確認している。

耐火ラッピングは、基準地震動による地震力に対し、設置状態を模擬した加振試験にて耐火材のずれによる影響を及ぼすことなく、耐火性能を維持できる設計とする。



ケーブルトレイ耐震性評価の概要



耐火ラッピング固定の概略図

指摘事項

○ケーブルトレイ3時間耐火ラッピング内の消火が確実にできることを説明すること。

回答

- 審査基準の基本事項では火災区域又は火災区画に対し、火災発生防止、感知・消火、影響軽減を考慮した火災防護対策を講じることとされている
- 一つの火災区画内の影響軽減対策として3時間耐火隔壁としてケーブルトレイをラッピングするものである
- 3時間耐火ラッピング対象のケーブルトレイには、電動弁の動力ケーブル、制御ケーブルが敷設されている

以上を踏まえ、系統分離対策として3時間耐火ラッピングするケーブルトレイについて、火災感知・消火の観点から対応を整理した

①火災感知

- 火災区画内天井部に設置している異なる種類の火災感知器に加え、ケーブルトレイ内部に光ファイバケーブル式熱感知器を設置することにより、トレイ内部の火災発生箇所を特定することが可能な設計とする
- なお、ラッピング内の可燃物はケーブルであり、内部の火災発生時には電動弁の動力ケーブル及び制御ケーブルが断線、地絡又は短絡するため、電源盤又は制御盤の異常警報が中央制御室へ発報し、電動弁の状態表示ランプが消灯すること等により機器を特定し、火災を確認することが可能



ケーブルトレイ3時間ラッピングの施工例

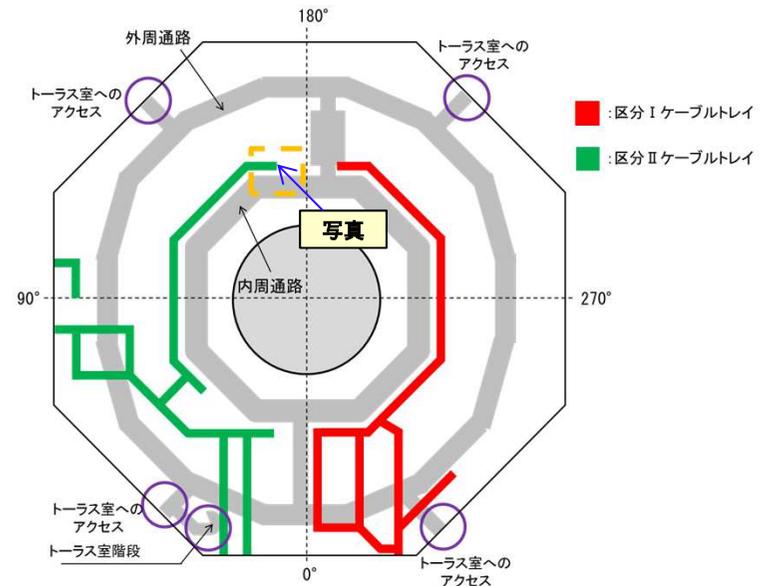
指摘事項

○ケーブルトレイ3時間耐火ラッピング内の消火が確実にできることを説明すること。

回答

②消火設備

- ▶ トレイラッピングは、トレイ全体を耐火材で覆う形状であるため、外側への延焼はない設計であるが、万一、内部から火炎が噴出した場合でも、火災区画内に配備された消火器にて外側から消火活動ができる設計
- ▶ トレイ内光ファイバケーブル式熱感知器の作動により、火災発生時のトレイは特定可能であり、容易に近づくことが可能である
- ▶ トレイラッピング構成部材(耐火ラッピング材、ステンレス網等)を金鋏等の工具で取外し、内部を露出させた後、必要に応じて、火災区画内に配備された消火器にて追加の消火活動を行うことが可能な設計
- ▶ なお、ラッピング内は空間領域が狭く、防護対象機器に内包される可燃物に対して酸素量が制限されるため、内部で火災が発生しても燃焼は継続せず、酸素がなくなれば鎮火する



トラス室ケーブルトレイ概略図

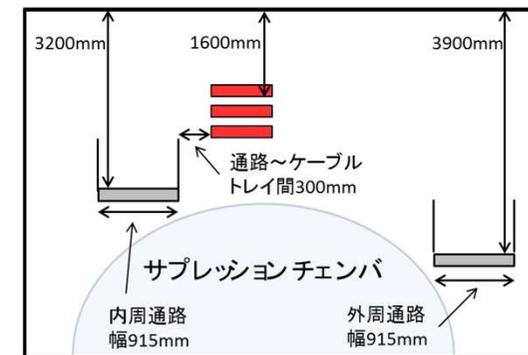


耐火ラッピング材の外観



内周通路

区分IIケーブルトレイ ※工事のための仮設養生



状況写真 及び 寸法

指摘事項

○地震起因の火災を想定した場合、消火用水系の耐震性だけでなく水源の耐震性についても考え方を説明すること。

回答

消火用水供給系に対する耐震性について指摘を受けており、水源及び配管に対する地震対策及び地盤変位対策について以下のとおり整理した。

【地震対策について】

消火用水供給系は可燃物が少ない火災区画に対する消火設備として設計していたが、基準地震動Ssにおいても消火設備の機能が喪失しないよう、当該区画には固縛した消火器を使用する設計に変更した。

よって、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及び火災区画の消火設備は、当該機器の耐震クラスに応じて機能を維持できる、全域ガス消火設備、局所ガス消火設備、消火器を設置する設計とする。

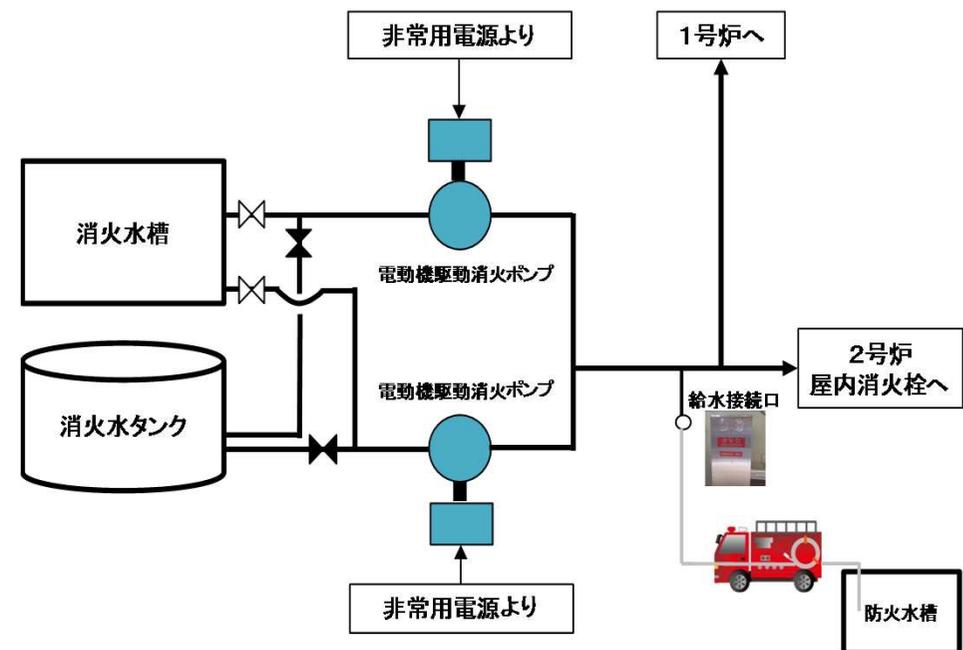
地震時には消火用水供給系の機能は喪失するが、全域ガス消火設備、局所ガス消火設備、消火器は機能維持されることから、地震によっても安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する消火設備の機能が喪失しないことを確認した。

【消火配管の地盤変位対策について】

消火配管は地震における地盤変位による損傷を防止するため、以下の設計とする。

- 消火配管は、配管継手部へのフレキシブル継手を採用
- 建屋接続部には機械式継手ではなく溶接継手を採用
- 地盤変位の影響を直接受けたくないよう、地上化又はトレンチ内に設置

万一、建屋接続部の消火配管が破損した場合でも移動式消火設備を用いて屋内消火栓へ消火水の供給ができるよう、建屋に給水接続口を設置する設計としている。



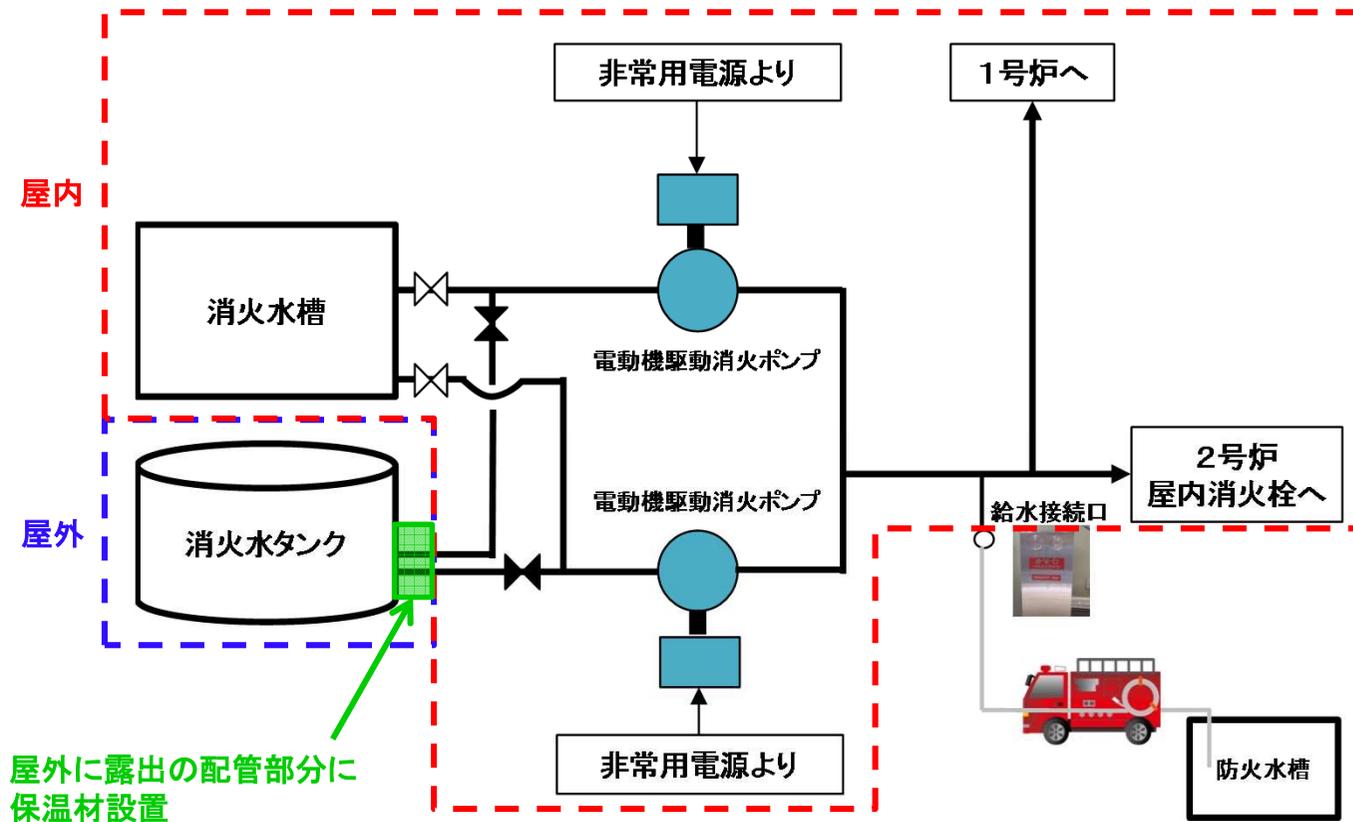
給水接続口接続概要図

指摘事項

○屋外消火設備については、凍結防止ヒーターの電源等も含め、その運用方法等について十分検討すること。

回答

- 屋外に露出する給水接続口配管は、当初凍結防止ヒーターを設置する設計であったが、給水接続口を建屋外壁に埋め込み、配管が屋外に露出しない設計に変更した。
- なお、屋外に設置する消火設備は消火用水供給系の水源である消火水タンク(約110m³)及び消火タンクの配管があるが、女川原子力発電所において考慮している最低気温-14.6℃まで気温が低下しても使用可能なように保温材により凍結防止を図る設計とする。



消火用水供給系系統図

指摘事項

○格納容器内の火災防護対策について、消火手順、火災発生可能性を知らせる警報判断手順（東京、東北）について、手順書作成・訓練の実施について担保方をどのように考えているか。

回答

原子炉格納容器内の火災防護対策の火災の感知及び消火について、手順書作成、初期消火要員に対する訓練の運用について火災防護計画に定める。（資料8-本文3.3, 資料8-別紙2）

- 手順書作成

原子炉格納容器内での火災発生に対して、原子炉格納容器内への入退域箇所や、原子炉格納容器内外の消火器・近傍の屋内消火栓・通信設備の位置、原子炉格納容器内の安全系設備やハザードの位置を明記した消火手順を作成する。（資料1-本文2.3(9)）

- 初期消火要員に対する訓練

原子炉格納容器内での消火活動を迅速に行うため、原子炉格納容器内火災に対する消火手順を予め作成し、迅速に消火活動ができるよう定期的に訓練を行う。（資料1-本文2.3(19)）

指摘事項

○可燃物管理により消火が困難とらないとしている場所について、可燃物制限量、出火防止対策等具体的な方法を補足説明すること。

回答

可燃物管理により消火困難とらない場所については、持込み可燃物管理、火災防護設備維持管理について、火災防護計画に定める。

- 持込み可燃物の管理

火災発生防止及び火災発生時の影響軽減を目的とした、持込み可燃物の運用管理手順を定め、管理状況を定期的に確認する。

持込み可燃物の運用管理手順は、発電所の通常運転に関する可燃物、保守や改造に使用するために持ち込まれる可燃物(一時的に持ち込まれる可燃物を含む)の管理を行う。

持込み可燃物管理における、火災の発生防止・延焼防止に関する遵守事項に、火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とらない火災区画内の部屋は、可燃物の仮置きを禁止する。

なお、定期検査中の放射線管理資機材等の設置、工所用仮設分電盤設置、工所用ケーブル・ホース類架設等の可燃性の資機材を設置する場合には、防火監視の強化、可燃性の資機材から6m(火災防護審査基準2.3.1 項(2)b で示される水平距離を参考に設定)以内での火気作業禁止といった措置を行い、火災の発生防止・延焼防止に努めることを持込み可燃物の運用管理手順に定める。

(資料1-本文2.3(15))

- 火災防護設備の維持管理

火災区域及び火災区画の維持管理として、可燃物が少ない火災区域又は火災区画は、設備を追加設置(常設)する場合は、可燃物の仮置き禁止を前提に管理対象としている可燃物と合算して可燃物量1,000MJ、等価火災時間0.1時間のいずれも超えないように管理する。

(資料1-本文2.3(16))

指摘事項

○消火器による消火を想定しているエリアについて、空間、機器配置状況から、煙充満の有無、アクセス性に支障がないことをエリア毎に示すこと。

回答

・当該エリアの機器配置状況(写真参照)、エリア容積、等価火災時間(0.1時間以下)、消火活動のためのアクセス性(扉の位置等)を考慮して、消火器による消火活動が可能であると判断されるエリアを選定。(資料6添付資料11)

【DGDO(A),(HPCS)連絡配管トレンチ】

- 設置されている機器は燃料移送配管、電線管、照明器具である。
- 燃料移送配管は不燃材である金属で構成されており、配管継手は溶接構造、耐震Sクラス設計であることから、地震による配管損傷なし。
- 配管内部は軽油であることから内面腐食なし。外面腐食は定期的に外観点検を実施することから、腐食による漏えいの可能性は低い。
- ケーブルは全て電線管敷設である。
- 照明器具はトレンチ入域時以外は常時電源切運用である。
- 万一配管内部の軽油が漏えいした場合においても、環境温度は軽油の引火点である45°Cに達しないこと、床に漏えいした軽油と電線管は距離が離れていることから軽油の漏えいによる火災の発生はない。
- 当該エリアで想定される火災は、トレンチ入域時の照明器具の火災であるが、常時監視下にあることから早期感知・早期消火が可能である。
- 火災により当該エリアに入域不可となることがないよう、消火活動のためのアクセスルート(ハッチおよび扉)する。

(室内の様子及び設置されている機器)



電線管 燃料移送配管
※露出ケーブルは仮設

火災が発生しても煙が充満しない火災区域又は火災区画確認例

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

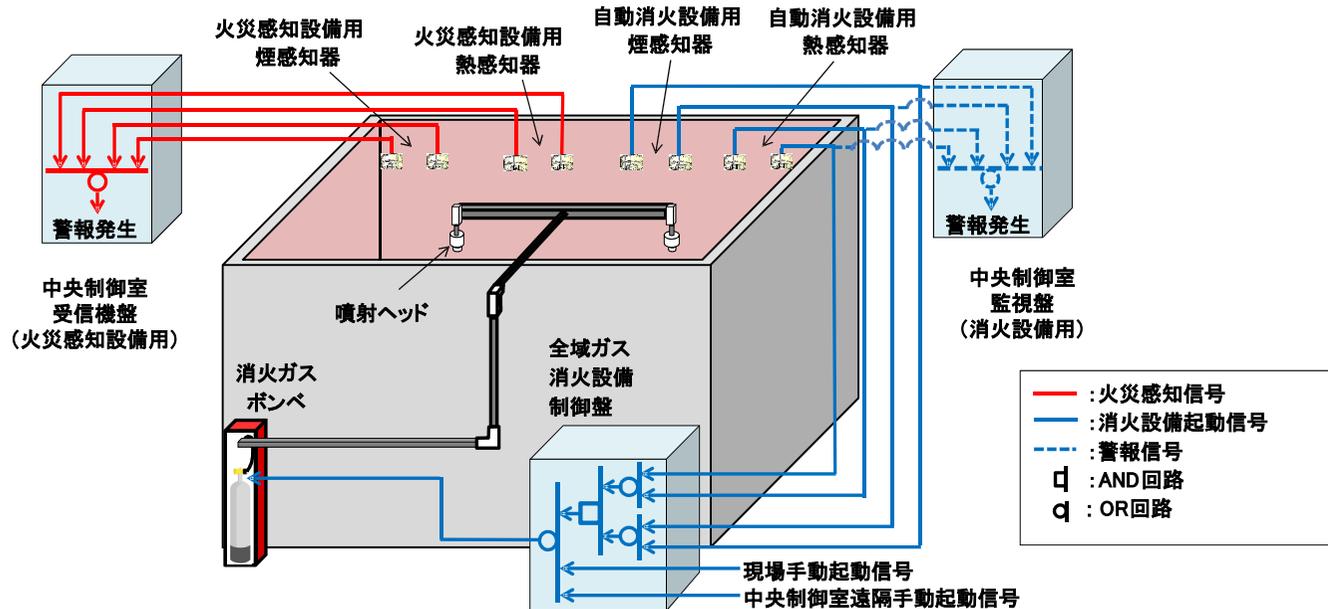
資料6 添付資料11 安全機能を有する構築物、系統及び機器周辺の可燃物等の状況について

指摘事項

- 自動消火設備について、早期消火の観点から、無炎火災等を考慮した現場手動操作の成立性および、誤作動防止のための起動回路設定の考え方を説明すること。
- 自動消火設備の起動用に設置する炎感知器の設置状況について詳細に説明すること。
- 自動消火設備の起動条件(AND条件)の作動の確実性について、運用面も含めて、現場手動起動が早期に行えることについて説明すること。

回答

- ・ 起動条件は、東日本大震災の揺れにより舞上がった埃等にて多数の煙感知器が誤作動(非火災報)したことを踏まえ、消火剤が誤放出した後に火災が発生した場合に自動消火できないリスクを無くすため、自動消火設備専用の煙感知器と熱感知器のAND条件とする設計とする。
- ・ 消火困難となる火災区域又は火災区画については、感知器が作動し、自動起動までの間でも早期消火が可能なように中央制御室からの遠隔手動起動も可能な設計とする。



全域ガス消火設備概要図

資料6 添付資料2 ガス消火設備について

自動消火設備の起動条件は、煙感知器と熱感知器のAND条件を基本とするが、想定される火災に対して以下の対策を実施することによって、系統分離対策として設置する消火設備を確実に早期作動させる設計とする。

油内包機器

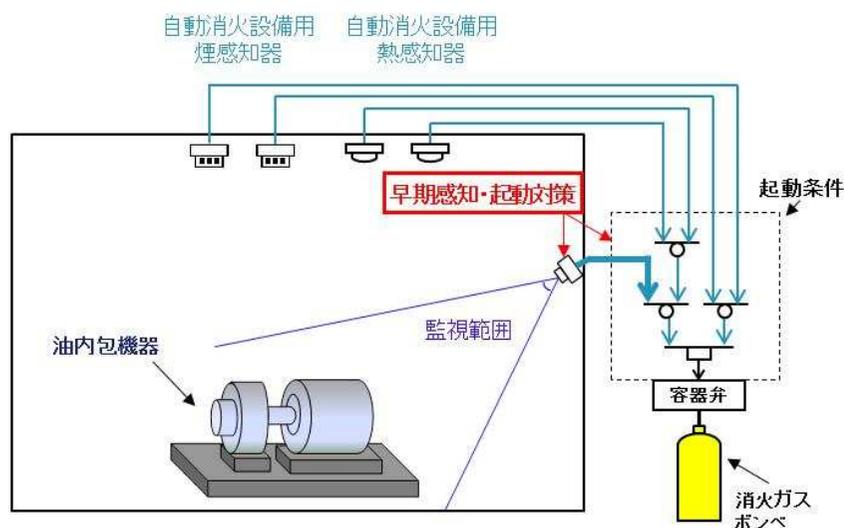
- 想定される火災は漏えい油火災であり、火災の初期段階から炎が発生すると考えられることから、早期感知のため炎感知器を追加設置し、熱感知器又は炎感知器のうち1つと煙感知器作動のAND条件により早期起動を図る設計とする。

電源盤(メタクラ、パワーセンタ、モータコントロールセンタ)

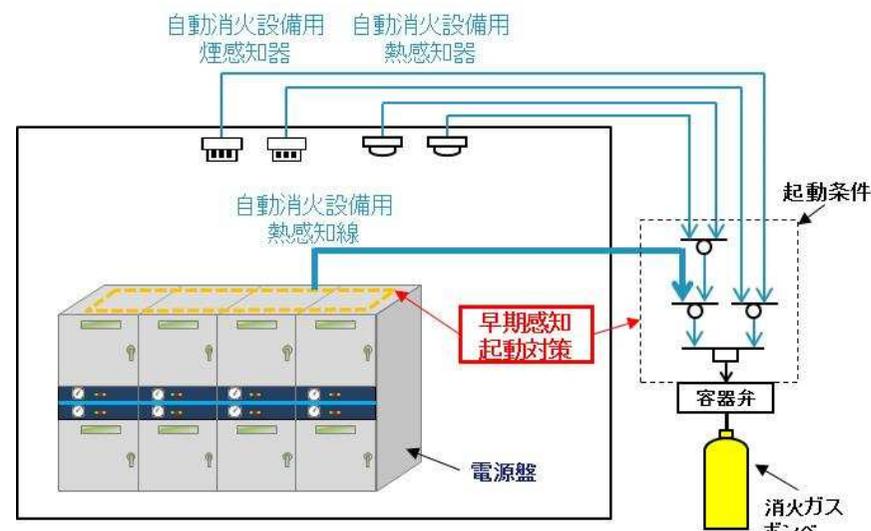
- 想定される火災は金属製筐体内で発生する電気火災であり、火災の初期段階では炎が筐体外部に噴出するよりも先に筐体自体の温度が上昇すると考えられることから、早期感知のため電源盤上部に熱感知線を追加設置し、熱感知器又は熱感知線のうち1つと煙感知器作動のAND条件により早期起動を図る設計とする。

ケーブルトレイ

- 想定される火災はケーブルの過電流火災であるが、ケーブルトレイ自体が部屋の上部に設置されており、天井部に取付ける煙感知器及び熱感知器はケーブルトレイの位置を考慮して早期に感知できる場所に設置することから、配置上早期感知が可能な設計である。



油内包機器の早期感知・起動対策の概要



電源盤の早期感知・起動対策の概要

指摘事項

○放射性物質の貯蔵については廃棄物を想定し、他の火災からの影響を検討すること。

回答

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する機器の影響軽減対策について指摘を受けており、抽出された系統に対する火災防護対策について次のとおり整理した。

- ・重要度分類指針から下表のとおり機能及び系統を抽出し、抽出した系統から、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それぞれ評価する。
- ・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建屋を火災区域として設定する。火災区域については設置された構築物、系統及び機器の重要度に応じて火災の影響軽減対策を行う設計とする。
- ・設定した火災区域(建屋)は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって隣接する他の火災区域と分離する設計とする。
- ・火災によって機能に影響を及ぼすおそれがない系統(固定廃棄物貯蔵所等)については、消防法等に基づき、火災感知設備及び消火設備を設置する設計とする。

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を達成するための系統

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	・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, 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	・放射性廃棄物処理施設※1(放射能インベントリの大きいもの) ・使用済燃料プール(使用済燃料ラックを含む) ・新燃料貯蔵庫
(3) 使用済燃料プール水の補給機能	・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	・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) ・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	・サブプレッションプール水貯蔵系※2 ・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) ・焼却炉建屋 ・新燃料貯蔵庫 ・サイトバンカ建屋

※1:「緊急対策上重要なもの及び異常状態の把握機能」における放射線監視設備のうち、気体廃棄物処理系設備エリア排気放射線モニタ含む

※2: 今後、設備の廃止手続きを行い、計画的に撤去していく計画である。

資料9 本文3.2放射性物質の貯蔵等の機能を達成するための系統の確認

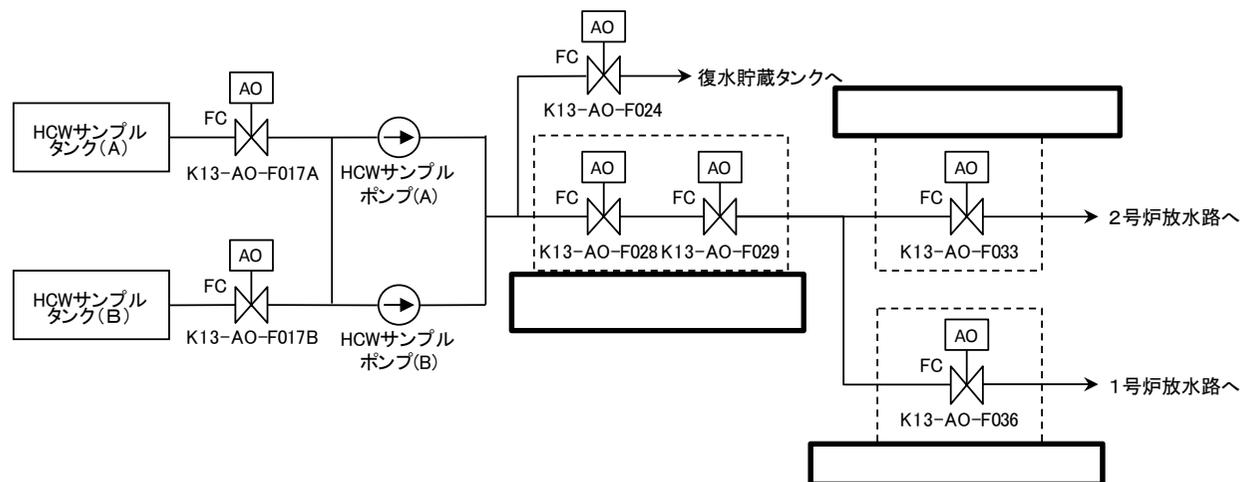
指摘事項

○放射性廃棄物処理系について、火災による電動弁等への影響を考慮しても、放射性物質の閉じ込め機能が損なわれないことを説明すること。

回答

放射性廃棄物処理系(液体, 気体)について、火災による電動弁等の影響を考慮しても、系外への放射性物質が放出されないことを確認するよう指摘を受けており、火災によって放射性物質の閉じ込め機能が損なわれないことを系統図で網羅的に確認を行った。以下に液体廃棄物処理系の確認結果を示す。

- 放射性廃棄物処理系の空気作動弁はフェイル・クローズ設計であり、火災によって当該弁の空気作動弁の電磁弁のケーブルが機能喪失すると電磁弁が無励磁となり当該弁は自動閉止する設計とする。
- 環境への放出ラインがない系統については、空気作動弁が誤作動した場合であっても、系統外への放射性物質の流出がない。
- 環境への放出ラインのある系統については、誤放出防止の観点から、放水路への移送ラインに3個の空気作動弁を直列に配置している。系統停止時は全ての空気作動弁は閉状態であるが、誤作動で開動作した場合であっても、単一の弁の誤作動では放射性物質が放出されない設計としている。また、これらの空気作動弁は異なるエリア(破線部)に分散配置されていることから、単一の火災によって放射性物質が放出されることはない。



液体廃棄物処理系(HCW)放出ライン系統概略図

指摘事項

○設計基準対象施設から火災防護対象機器を抽出した考え方について、整理して説明すること。

回答

- 女川原子力発電所2号炉における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のないよう、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、系統及び機器および放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器について、必要な火災防護対策について再整理を行った。
- 火災防護対象機器について再整理を行った結果、非常用ガス処理系について火災発生時に原子炉建屋の換気空調設備が機能喪失した場合でも建屋の負圧維持を行う観点から、非常用ガス処理系設備の放射性物質閉じ込め機能としての重要度を鑑み、放射性物質の貯蔵又は閉じ込めに必要な系統として抽出することとした。

分類	機能	構築物、系統又は機器	放射性物質貯蔵又は閉じ込めに必要な機能	火災による機能影響		
MS-1	6)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	○	(原子炉格納容器及び原子炉建屋はコンクリート・金属等の不燃性材料で構成する建築物・構造物であること、一次系配管、主蒸気管等は金属等の不燃性材料で構成されており火災による機能喪失は考えにくく、火災によって放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能に影響が及ぶおそれはない。 また、火災により想定される事象が発生しても原子炉の安全停止が可能であり、放射性物質が放出されるおそれはないことから、原子炉格納容器隔離弁、原子炉格納容器スプレイ冷却系の火災によって放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能に影響が及ぶおそれはない)		
		原子炉建屋				
		原子炉格納容器隔離弁等				
		主蒸気流量制限器				
		残留熱除去系				
		非常用ガス処理系			○	(非常用ガス処理系は、原子炉棟送排風機とともに、原子炉建屋を負圧にする機能を有しており、火災発生時に原子炉建屋の換気空調設備が機能喪失した場合でも非常用ガス処理系が使用可能であれば原子炉 建屋を負圧維持することができる。このため、原子炉建屋の負圧を維持する観点から、火災の発生防止対策、火災の感知・消火対策及び火災の影響軽減対策を実施する)
		直接関連系(非常用ガス処理系)				
可燃性ガス濃度制御系	—	(火災により想定される事象が発生しても原子炉の安全停止が可能であり、放射性物質が放出されるおそれはないことから、可燃性ガス濃度制御系の火災によって放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能に影響が及ぶおそれはない)				

「重要度分類審査指針」に基づく放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能並びに系統の抽出例

資料9 添付資料1 「重要度分類審査指針」に基づく放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能並びに系統の抽出

指摘事項

○スクラム機能を阻害するおそれのある火災について説明すること。

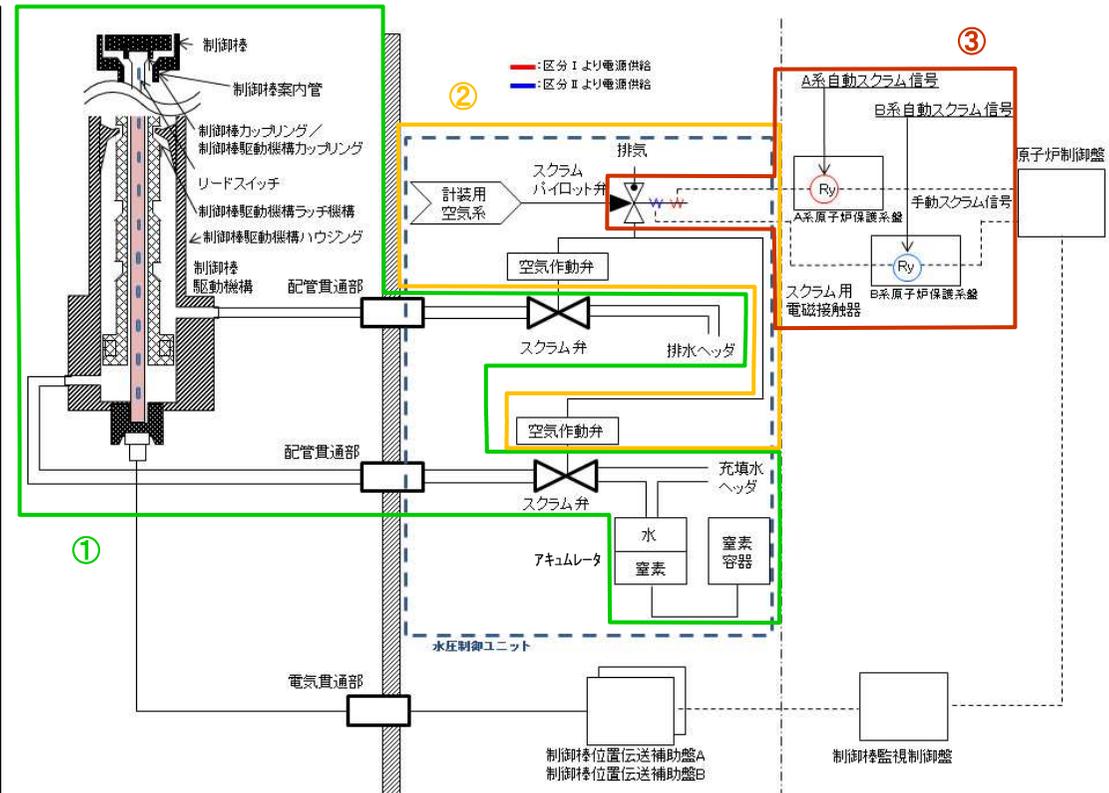
回答

火災によるスクラム機能への影響について詳細を説明するよう指摘を受けており、火災によっても機能への影響を及ぼさないことについて、以下のとおり確認した。

○原子炉緊急停止機能に該当する系統は「制御棒、制御棒案内管、制御棒駆動機構、水圧制御ユニット」である。

- ① 制御棒、制御棒案内管、制御棒駆動機構、水圧制御ユニットのうちアキュムレータ、窒素容器、配管は金属等の不燃性材料で構成する機械品であり、火災により機能に影響が及ぶおそれはない。
- ② 水圧制御ユニットのうち、スクラム弁、スクラムパイロット弁は、金属部品とケーブル・ダイヤフラム等の非金属部品によって構成されるが、火災によってケーブルが損傷した場合、あるいはスクラム弁のダイヤフラムが機能喪失した場合には、スクラム弁が開動作し自動的に制御棒が挿入される構造となっている。
- ③ 万一、火災によってケーブルが損傷し、すべての電磁弁（スクラムパイロット弁）が無励磁とならない場合でも、中央制御室又は現場で電磁弁の電源を切とすることによって、スクラム弁を開動作し制御棒を挿入させることができる。

以上より、本機能は火災によって機能に影響を及ぼすことはないことを確認した。



原子炉緊急停止機能の概要

指摘事項

○火災に対する独立性については、詳細に説明すること。

回答

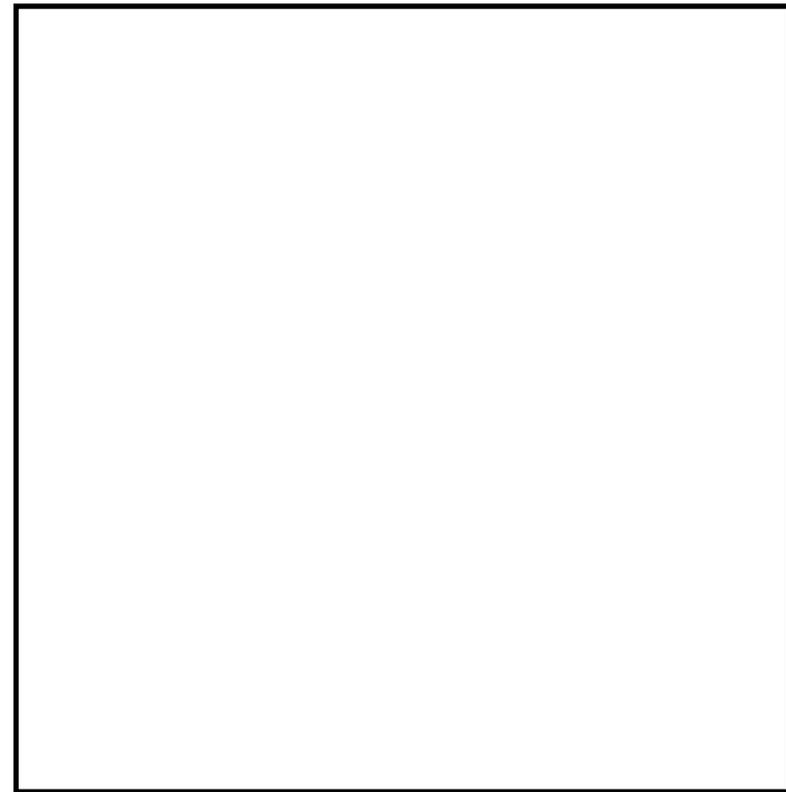
設置許可基準規則十二条で要求される多重性、独立性が火災によっても確保されていることについて、対象機器、感知・消火設備の配置を含めて詳細説明するよう指摘を受けており、十二条対象システムのうち審査基準に基づく原子炉安全停止機能の影響軽減対策を実施する火災防護対象以外のシステムに対して、独立性が確保されていることを、火災の発生防止、火災感知・消火、火災の影響軽減対策の観点でそれぞれ評価した。

表 重要度が特に高い安全機能を有するもの(抜粋)

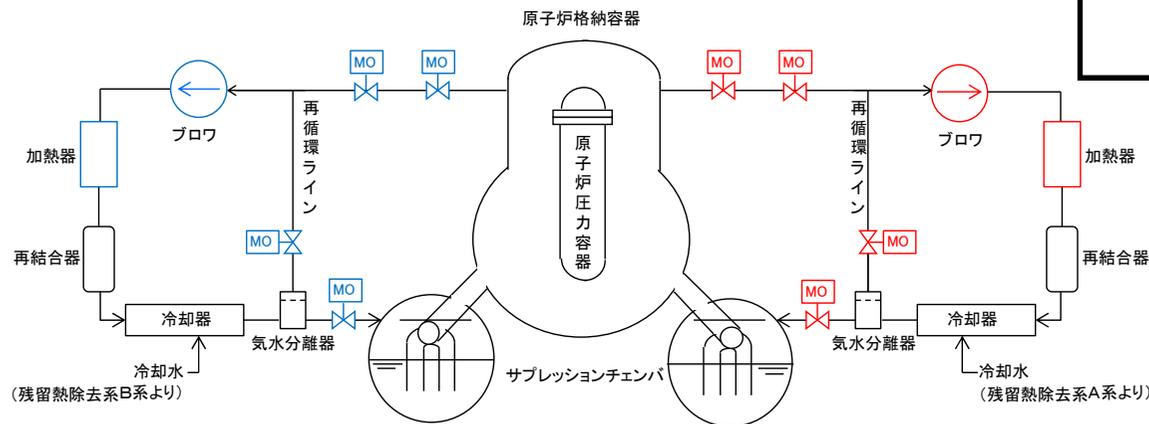
設置許可基準規則	重要度が特に高い安全機能を有するものJEAG 4612 2010	原子炉安全停止機能	放射性物質貯蔵等機能	防護対策必要機器
原子炉の緊急停止機能	制御棒, 制御棒案内管, 制御棒駆動機構, 水圧制御ユニット	○	—	×
未臨界維持機能	制御棒, 制御棒カップリング, 制御棒駆動機構カップリング, 制御棒駆動機構, 制御棒駆動機構ハウジング	○	—	×
	ほう酸水注入系	○	—	×
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁(安全弁開機能)	○	—	×
原子炉停止後における除熱のための	残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード, サプレッションプール冷却モード), 高圧炉心スプレイ系, 原子炉隔離時冷却系, 逃がし安全弁(逃がし弁機能, 自動減圧系)	○	—	○
	原子炉が隔離された場合の注水機能	○	—	○
	原子炉が隔離された場合の圧力逃がし機能	○	—	○
事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための機能	原子炉内高圧時における注水機能	○	—	○
	原子炉内高圧時における注水機能	○	—	○
格納容器内又は放射性物質が格納容器内から漏れ出た場所の雰囲気中の放射性物質の濃度低減機能	非常用ガス処理系	—	○	○
格納容器内の可燃性ガス制御機能	可燃性ガス濃度制御系	—	○	×
非常用交流電源から非常用の負荷に対し電力を供給する機能	残留熱除去系(再結合装置への冷却水供給を司る部分)	—	○	×
	非常用所内電源系(ディーゼル機関等)	○	—	○
非常用直流電源から非常用の負荷に対し電力を供給する機能	直流電源系	○	—	○

以下に可燃性ガス濃度制御系の確認結果を示す。

- 可燃性ガス濃度制御系の構築物、系統及び機器は、同一機能を有する2系統で構成されている。
- 発生防止として主要な構造材への不燃性材料の使用、難燃ケーブルの使用等により、機器から火災が発生するおそれは小さい。
- 感知・消火対策として異なる2種類の火災感知器の設置により、速やかに火災箇所の特特定が可能である。当該区画は可燃物が少ないため消火器による消火が可能であることから、これらの機器を設置する場所で火災が発生しても影響が及ぶおそれは小さい。
- 仮に一方の区分で火災が発生した場合でも、配置図に示すとおり、再結合装置及び空調機はコンクリート壁で区画した離れた火災区画に設置していることから、火災の影響を受けることはない。なお、設置区画のコンクリート壁は150mm以上の厚さがある。
- 以上より、火災によってこれら2系統は同時に喪失することなく、独立性を有している。



可燃性ガス濃度制御系の配置図



可燃性ガス濃度制御系の概要図

指摘事項

○系統分離設計に対し十分早く感知できる旨は示されているが、消火の迅速性については消火作業者のスキルに依存するので、体制整備、手順書作成、訓練の実施について担保方をどのように考えているのか。

回答

1. 初期消火要員の配備(体制整備)

初期消火要員の役割に応じた要員を10名以上の常駐させることを、火災防護計画に定める。

中央制御室盤内で火災が発生した場合の消火活動については、常駐する運転員が実施することを、火災防護計画に定める。

(資料1-本文2.3(6)(8))

2. 手順書作成

(1)原子炉格納容器

原子炉格納容器内での火災が発生した場合の消火活動については、原子炉格納容器への入退域箇所、原子炉格納容器内外の消火器配置、近傍の屋内消火栓配置、通信設備の位置、原子炉格納容器内の安全系設備やハザードの位置を明記した消火手順を作成することを、火災防護計画に定める。消火手順は原子炉および原子炉格納容器の以下の状態ごとに記載する。

○起動中

制御棒引き抜きから窒素ガス封入操作前(局所火災-消火活動)

制御棒引き抜きから窒素ガス封入操作前(広範囲の火災-窒息消火)

窒素ガス封入開始から完了まで(窒素ガス封入作業継続)

○停止過程(窒素ガス排出期間)

○低温停止中

(資料1-本文2.3(9)、資料8-3.3)

(2)中央制御室

中央制御室盤内での火災が発生した場合の消火活動については、運転員による受信機盤での火災発生区画の特定、プラント運転状況の監視、消火活動時空気呼吸器装着、電気機器への影響がない二酸化炭素消火器の使用すること、および中央制御室床下ケーブルピットでの火災が発生した場合の消火活動は、手動操作により固定式ガス消火設備を起動する消火手順を作成することを火災防護計画に定める。

(資料1-本文2.3(8)、資料7-本文7)

資料1 本文2.3 火災防護計画について

資料7 本文7 中央制御室の火災影響軽減対策

資料8 本文3.3 火災の感知及び消火

指摘事項

○系統分離設計に対し十分早く感知できる旨は示されているが、消火の迅速性については消火作業者のスキルに依存するので、体制整備、手順書作成、訓練の実施について担保方策をどのように考えているのか。

回答

3. 訓練の実施

初期消火要員に対する訓練の運用について以下の内容を火災防護計画に定める。

(1)中央制御室の制御盤内での消火活動を迅速に行うため、二酸化炭素消火器の取扱いに関する教育並びに訓練を行うとともに、制御盤内で消火活動を行う場合は、空気呼吸器装着することから、空気呼吸器の取扱いに関する訓練を行う。

(2)原子炉格納容器内での消火活動を迅速に行うため、原子炉格納容器内火災に対する消火手順を予め作成し、迅速に消火活動ができるよう定期的に訓練を行う。

(資料1-本文2.3(19))

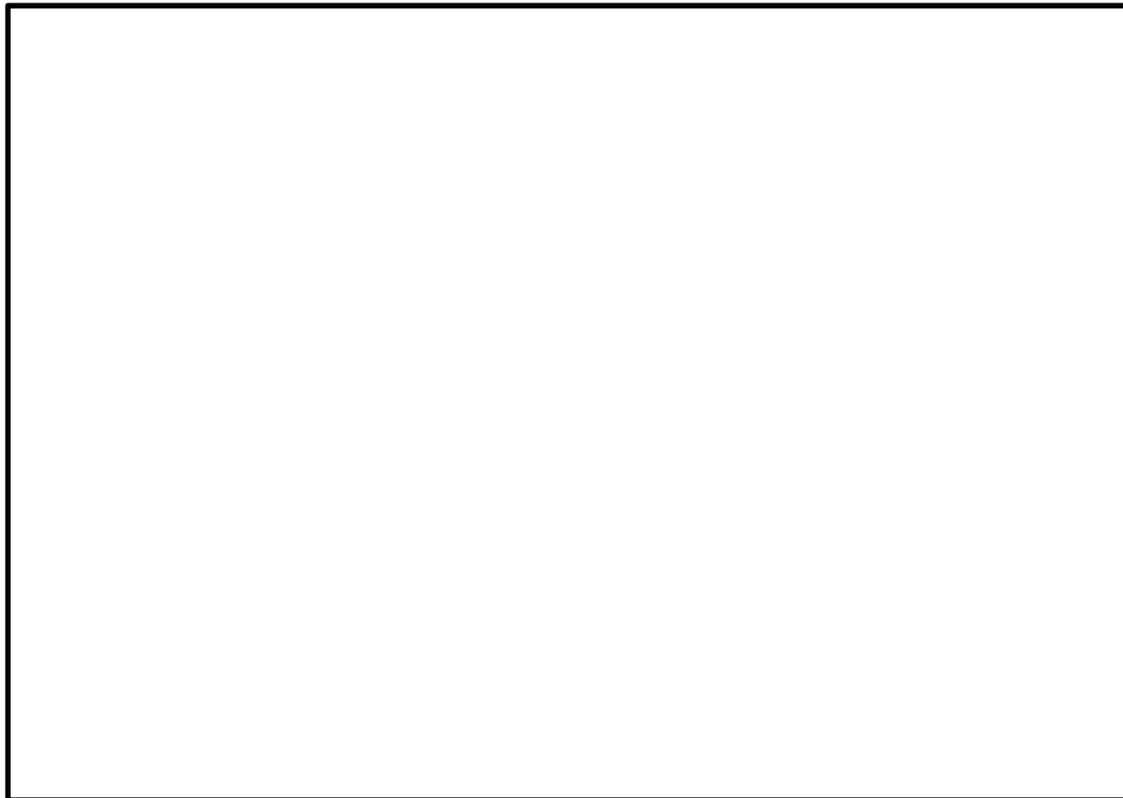
資料1 本文2.3 火災防護計画について
資料7 本文7 中央制御室の火災影響軽減対策
資料8 本文3.3 火災の感知及び消火

指摘事項

○火災区画設定のうち、安全系区分の区分方法について対象機器ごとに整理し説明すること。

回答

- 火災区画は安全機能を有する構築物、系統及び機器の安全系区分ごとに火災区画を設定する。
- 火災区画設定にあたっては、防護対象機器の設置状況から、支配的な安全系区分の火災区画として設定し、機器数が同等である場合には、安全系区分混在の区画として設定する。
- 安全系区分が混在する火災区画については、単一の火災により同時に安全機能が喪失しないよう、系統分離対策を実施する設計とする。



火災区域(区画)図

トラス室における影響軽減の考え方

- 区分Ⅰ，区分Ⅱ，区分Ⅲの電動弁が混在している火災区画
 - 火災区画内の系統分離対策として、区分Ⅱ及び区分Ⅲの機器に対して、3時間耐火隔壁等を施工することにより、単一火災によりすべての安全機能を喪失しない設計
 - 火災区画内機器数については、区分Ⅰ機器及び区分Ⅱ機器が同数程度であるため混在区画として設定
 - ただし、RHR系停止時冷却吸込第二隔離弁（格納容器外側隔離弁）については隔離機能を確保するために、格納容器内側，外側で互いの駆動電源の区分を入替え，安全系1区分の電源喪失時にも異なる区分の電源にて隔離可能な設計
- ⇒系統区分と電源区分が異なるが、系統区分に基いた火災防護対策を実施する

指摘事項

○原子炉停止過程において、原子炉格納容器内点検のため、窒素排出する期間があるが、全体的なリスクの観点で評価し、その上で火災防護における感知・消火について説明すること。

回答

低温停止前に窒素ガスを排出するリスクについて、停止過程における高温停止状態で原子炉格納容器内点検を実施する必要性と、火災発生リスク期間における感知・消火の対策について纏め、以下に示す。

【高温停止における格納容器内点検の必要性】

- ・原子炉が高温停止状態において、原子炉格納容器内の機器及び弁は、系統が高温状態であることから、金属製である配管や弁の伸びなどの温度影響から、配管と機器の接続部や弁グランド部等からの漏えいの有無を早期に発見することが可能である。また、漏えいが発生していた場合には放射性物質の流出を早期に停止させることが可能である。
- ・原子炉格納容器内配管の耐震性向上のため、配管サポート(メカニカルスナッパ)を複数増設しており、高温状態でのサポート伸び率が設計範囲内であること、及び設備干渉の有無を点検し、異常がないことを確認することが可能である。

よって、高温停止状態での原子炉格納容器内点検を実施することにより、低温停止中(定期検査中)における格納容器内とは温度環境が異なる状態で、異常を早期に発見・補修することにより、プラントの安全運転に万全を期すことが可能である。

【窒素ガス排出開始時期】

低温停止前に窒素ガスを排出することで火災発生リスク有となる期間が存在するが、火災発生リスクが存在する時期は、以下に示す火災感知・消火対策を実施する設計としている。また、原子炉運転中において窒素ガスを排出する場合には、事故時の炉心損傷による格納容器破損を考慮することが必要である。

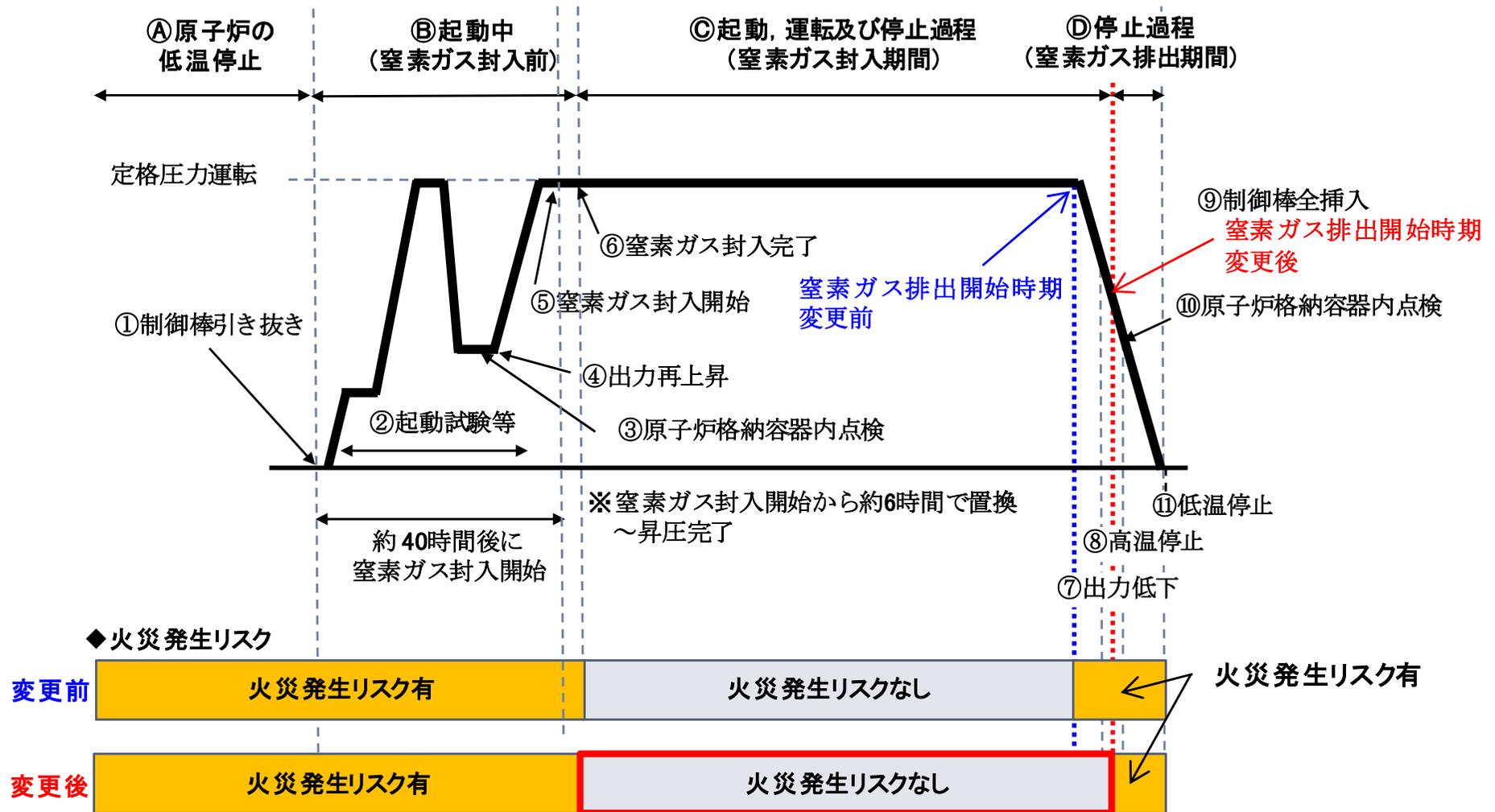
火災発生リスクのある期間を短くすること、事故時の炉心損傷による格納容器破損リスクを低減すること、高温停止状態での原子炉格納容器内点検を実施することも踏まえ、窒素ガス排出開始時期を再検討し、**窒素ガス排出開始時期を「運転中」から高温停止後の「制御棒全挿入」とした**。全制御棒全挿入後に窒素ガスを排出し、原子炉格納容器内点検を実施する運用とする。

【火災感知設備】

- ・異なる2種類の火災感知器として、非アナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置。
- ・アナログ式の煙感知器は、運転中の原子炉格納容器内の長期間高温かつ高線量環境となり故障している可能性があるため、原子炉格納容器点検時に感知器を取替える設計とする。感知器を取替えるまでは、非アナログ式の熱感知器に加え、格納容器内パラメータ等の監視強化を行う。

【消火活動】

- ・火災感知器が作動した場合には、火災の規模を格納容器内パラメータ等で判断し、初期消火要員による消火活動を行う。



原子炉格納容器の火災発生想定期間の変更概要

指摘事項

- 原子炉格納容器内のケーブルトレイ離隔距離6mについて、基準要求に対する満足性を示し、保安水準とすることを説明すること。
- 原子炉格納容器内の火災防護について、影響軽減対策への基準適合性を説明すること。

回答

原子炉格納容器内は、窒素ガスが封入されている期間は雰囲気の不活性化されていることから、火災の発生は想定されない。しかし、窒素ガスが封入されていない期間においては、原子炉が低温停止に到達していない期間があることを踏まえ、原子炉格納容器の状態に応じた火災防護対策を講じる必要があり、火災の影響軽減対策に対する基準適合性を整理した。

原子炉格納容器内は、機器やケーブル等の密集により干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間耐火隔壁の設置が困難である。このため、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、離隔距離の確保及び電線管、蓋付ケーブルトレイの使用等により火災の影響軽減対策を行う設計としている。

- ・原子炉格納容器内の火災防護対象機器については、系統分離の観点から区分Ⅰと区分Ⅱ機器等の離隔距離を6m以上確保し、離隔間にある可燃物が存在することの無いよう、離隔間にある介在物(ケーブル、電磁弁)については金属製の筐体に収納し延焼防止対策を行う。
- ・原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルについては、単一火災によって複数区分が機能喪失することのないように、消火活動を開始するまでの時間の耐火性能を確認した電線管又は蓋付ケーブルトレイに敷設する。

しかし、これらは火災防護審査基準に示される「2.3 火災の影響軽減」の要求のうち、「1時間耐火性能を有する隔壁等(6m以上の離隔距離確保)」と「自動消火設備」の要求そのものに合致しているとは言い難い。



火災防護対象機器設置例

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



金属製電線管の使用



金属製の蓋付ケーブルトレイ

資料8 本文3.4.火災の影響軽減対策

また、原子炉圧力容器下部では、火災防護対象設備である起動領域モニタ(SRNM)の核計装ケーブルを一部露出して敷設するが、火災の影響軽減の観点から、以下の設計としている。

- ・チャンネルごとに位置的分散を図って設置する設計
- ・合計8チャンネルのうち、原子炉の未臨界監視機能は、最低2つのチャンネルが健全であれば達成可能
- ・各チャンネルの離隔間においては、介在物としてSRNM及びLPRMの核計装ケーブル及び制御棒位置表示用ケーブルがある。核計装ケーブルは、数mA程度の電流しか流れないこと、制御棒位置指示系ケーブルは使用電圧が低いことから火源となるおそれはない。また、電線管に収納することで火災が延焼しないようにする。
- ・万一、過電流等により火源になっても、露出範囲は最小限とすること、自己消火性を有しており、火災が継続するおそれは小さい。
- ・また、核計装ケーブルは耐延焼性を有していないが、チャンネルごとに離隔距離を確保していることから、1チャンネルのSRNMのケーブルが火源となった場合においても、実証試験結果から、他のチャンネルが同時に延焼する可能性は低く、未臨界監視機能を確保できるものと考えられる。

しかし、これらは火災防護審査基準に示される「2.3 火災の影響軽減」の要求のうち、「1時間耐火性能を有する隔壁等(6m以上の離隔距離確保)」と「自動消火設備」の要求そのものに合致しているとは言い難い。



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。

資料8 本文3.4.火災の影響軽減対策

【審査基準への適合性について】

原子炉格納容器内は前項に示すような影響軽減対策に加え、原子炉格納容器内の環境に応じた発生防止、感知、消火対策、可燃物管理等を実施している。

また、更に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した。

なお、核計装ケーブルに関しても、万一、原子炉圧力容器下部に火災が発生した場合においても、原子炉格納容器内に設置した火災感知器(アナログ式の煙感知器及び非アナログ式の熱感知器)による早期の火災感知を行うことに加え、核計装ケーブルが火災によって断線又は短絡を生じた場合には中央制御室に異常を知らせる警報(SRNM下限, LPRM下限, LPRM高, APRM高・高高等)が発報されることから、速やかに原子炉の停止操作を実施し、原子炉の高温停止及び低温停止を達成することが可能であることを確認した。

これらの対策、評価を総合的に勘案すれば、火災防護審査基準の「2.基本事項」に示されている、「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、維持するための火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれの火災防護対策を講じること」と同等の対策が取られていると判断できる。

【火災防護審査基準 2.基本事項】

原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構造物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、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火災区画に対して、火災発生防止、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講じること。

以上より、原子炉格納容器内は火災防護審査基準の「2.3 火災の影響軽減」の要求については十分な保安水準が確保されていると考える。

指摘事項

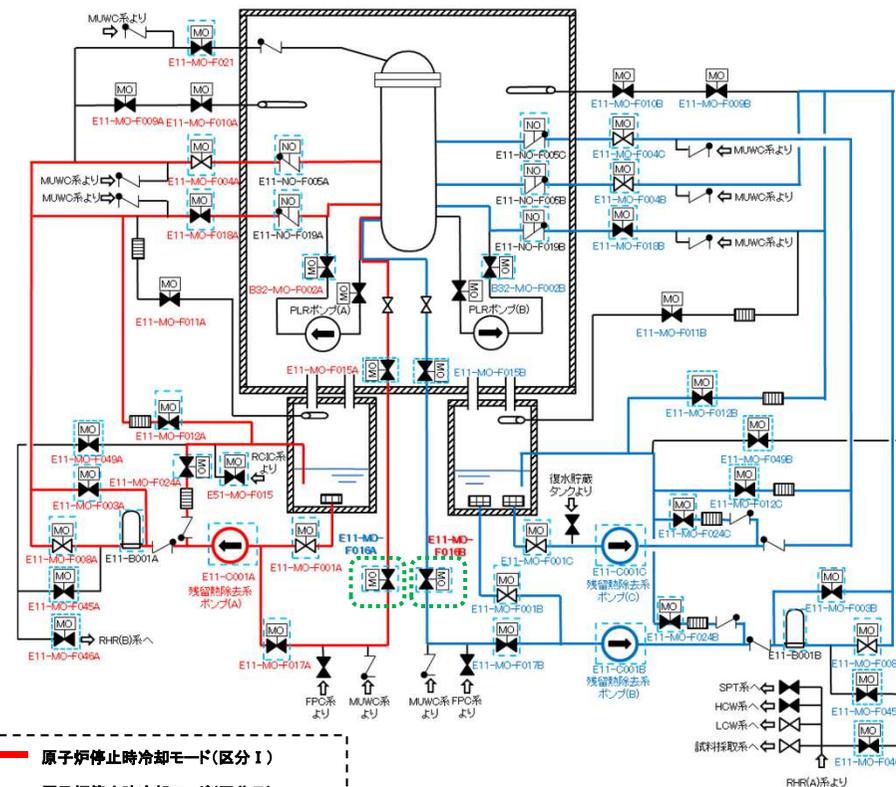
○原則どおりの分離ができないもの(屋外, 電動弁)に対する分離の考え方について説明すること。

回答

隔離機能を持つ電動弁等について, 隔離機能の多重性を確保するため異なる電源区分の隔離弁を有している, もしくは異なる電源区分のダンパが直列に並んでいる設計としている系統がある。(屋外の分離についてはNo.92参照)

【異なる電源区分の隔離弁がある系統】

- 原子炉の低温停止を達成するために必要な残留熱除去系(停止時冷却モード)は原子炉隔離機能の多重性を確保する必要があることから系統の区分と異なる電源区分の隔離弁を有しているため, 火災発生後に機能要求まで時間余裕があるので, 消火活動後に電動弁の手動操作(電源切, 弁手動操作)により機能を確保する。

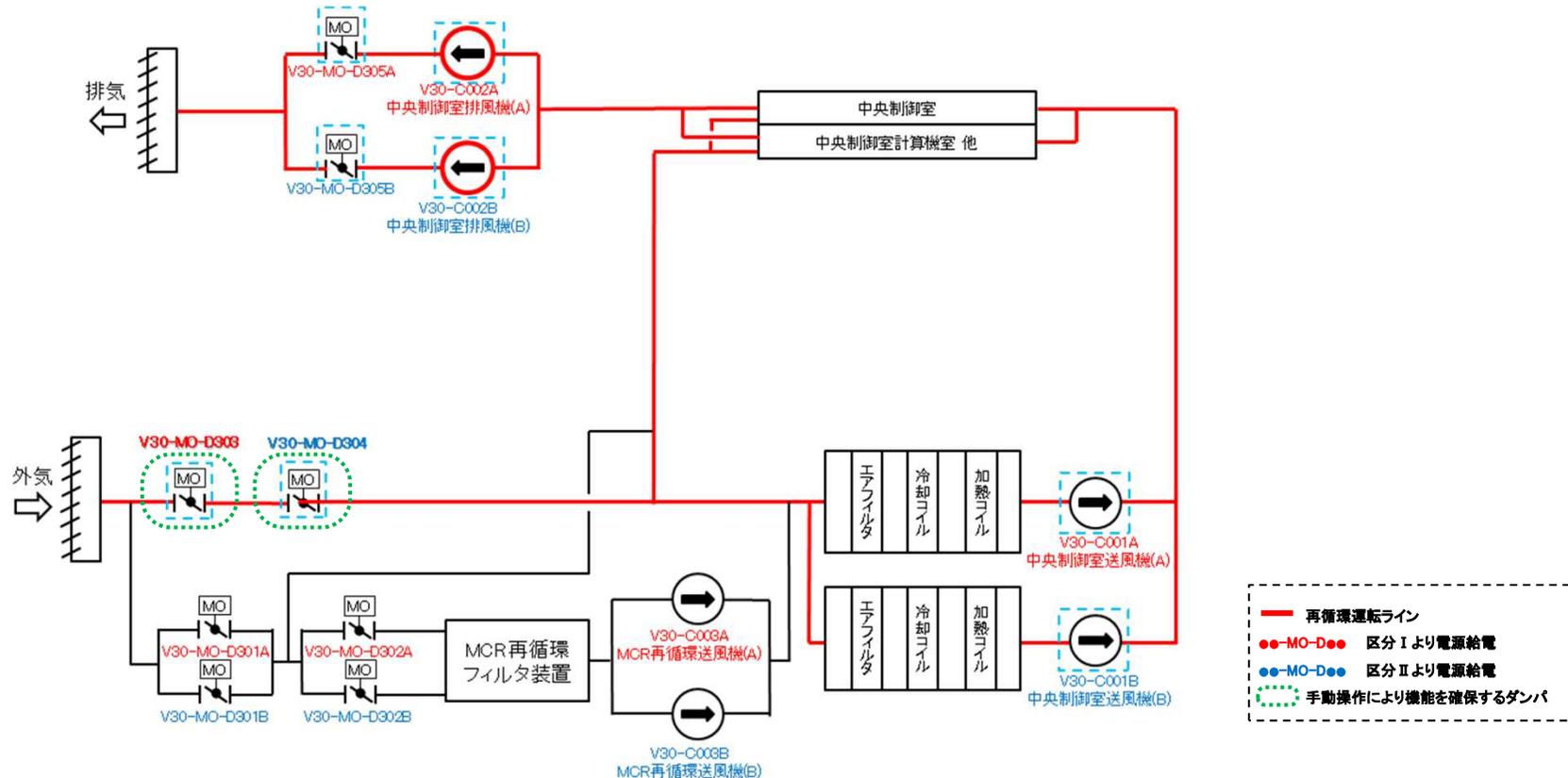


残留熱除去系(停止時冷却モード)系統概略図

資料7 添付資料1 火災の影響軽減のための系統
資料7 添付資料3 運転員の手動操作について

【異なる電源区分のダンパを直列に設置した系統】

- 中央制御室換気空調系の外気取入ダンパは万が一の場合に外気を確実に遮断するために隔離機能の多重性を確保する必要があることから異なる電源区分の電動ダンパを直列に設置している。当該ダンパは閉止していても再循環運転は可能であり、外気取入が必要となるまで時間的余裕があることから、消火活動後に当該電動ダンパの手動操作により機能を確保する。



中央制御室換気空調系系統概略図

資料7 添付資料1 火災の影響軽減のための系統
資料7 添付資料3 運転員の手動操作について

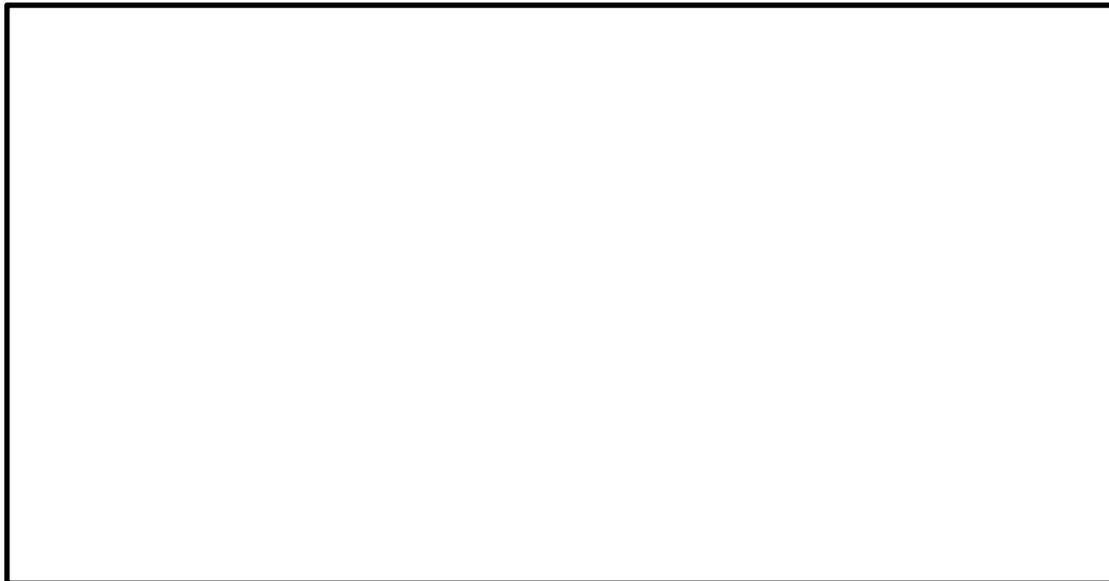
指摘事項

○区分Ⅲ燃料移送系が防護対象となるのか、系統分離の考え方を説明すること。

回答

区分Ⅲ燃料移送系については火災防護対象とする。なお、屋外設備のうち、軽油タンクおよび燃料移送系統は設備構成上、建屋内の安全系区分Ⅰと区分Ⅱ／Ⅲを分離する方針と異なるが、以下のとおり、燃料移送系を安全系区分Ⅰ／Ⅲと区分Ⅱで分離する設計であっても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することが可能である。

- 区分Ⅲの燃料デイトankは建屋の配置上の観点から、区分Ⅰの軽油タンクから燃料移送ポンプHPCSにより軽油を移送することが合理的であり、燃料移送系に関しては区分Ⅰ／Ⅲを区分Ⅱと分離する設計とする。
- 区分Ⅰ／Ⅲの燃料移送系に単一火災を想定した場合、区分Ⅱ+RCICの組合せにより安全停止パスが成立する。また、区分Ⅱの燃料移送系に単一火災を想定しても、区分Ⅰ+区分Ⅲの組合せにより安全停止パスが成立するため、いずれの燃料移送系に単一火災を想定しても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することが可能。
- 燃料デイトankはディーゼル発電設備が定格出力運転で8時間以上運転できる容量、軽油タンクは最低7日間運転できる容量をそれぞれ確保する。



区分Ⅰ燃料移送配管 ————
区分Ⅱ燃料移送配管 ————
区分Ⅲ燃料移送配管 ————

屋外設備の系統分離状況

資料1 2.1.3 火災の影響軽減
資料7 添付資料1 火災の影響軽減のための系統

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

指摘事項

- 単一火災時の想定について高温・低温停止を分けずに説明すること。
- 火災影響に対する残留熱除去系機能維持説明について、フロント・サポート系の配置等含め再整理すること。

回答

原子炉建屋又はタービン建屋における火災区画の単一火災により、「運転時の異常な過渡変化」又は「設計基準事故」の発生と同時に残留熱除去系の機能喪失が発生することがなく、残留熱除去系に単一故障を想定した場合においても、低温停止が可能であることについて一連で説明することとのご指摘であるため、以下のとおり、低温停止への移行に必要な残留熱除去系が同時に機能喪失しないことを確認した。

<確認方法>

- 残留熱除去系停止時冷却モードの動作に必要なフロント系およびサポート系機器の設置場所(火災区画)を整理(表1)
- 「運転時の異常な過渡変化」又は「設計基準事故」の起因と想定される設備(想定設備)の設置場所(火災区画)を整理し、同じ区画内に残留熱除去系停止時冷却モードの動作に必要な設備の有無を確認することで、低温停止への移行が可能であることを確認。



「運転時の異常な過渡変化」又は「設計基準事故」の発生時において、残留熱除去系が同時に機能喪失しないことを確認。

2. 指摘事項に対する回答

- 残留熱除去系による低温停止可否を確認する観点から、残留熱除去系停止時冷却モードに必要な主要なフロント系及びサポート系機器を抽出し、設置場所(火災区画)を確認

表1 残留熱除去系フロント系及びサポート系機器

フロント系		系統	機器	設置場所 ^{※2}	サポート系		系統	機器	設置場所 ^{※2}
フロント系	RHR		RHR S/C スプレイ隔離弁 ^{※1}		サポート系	RCW		原子炉補機冷却水ポンプ(A)(C)	
			RHR 試験用調整弁 ^{※1}					RCW 熱交換器(A)(C)冷却水出口弁	
			RHR 停止時冷却吸込第二隔離弁 ^{※1}					RCW 常用冷却水供給側分離弁(A)	
			RHR 停止時冷却注入隔離弁 ^{※1}					RCW A系 冷却水供給圧力	
			RHR ポンプミニマムフロー弁 ^{※1}					RCW 冷却水供給温度熱交換器(A)側調節弁	
			RHR RW 連絡第一弁 ^{※1}					RCW 冷却水供給温度ポンプ(A)側調節弁	
			RHR 系統暖機弁 ^{※1}					RCW A系 冷却水供給温度	
			残留熱除去系ポンプ(B)					非常用 D/G(A)冷却水出口弁(A)(C)	
			RHR ポンプ(B)S/C 吸込弁					RHR 熱交換器(A)冷却水出口弁	
			RHR ポンプ(B)停止時冷却吸込弁					HECW 冷凍機(A)(C)冷却水圧力調節弁	
			残留熱除去系ポンプ(A)					RCW サージタンク水位 ^{※1}	
			RHR ポンプ(A)S/C 吸込弁					原子炉補機冷却水ポンプ(B)(D)	
			RHR ポンプ(A)停止時冷却吸込弁					RCW 熱交換器(B)(D)冷却水出口弁	
			RHR ポンプ(A)出口流量					RCW 常用冷却水供給側分離弁(B)	
			RHR ポンプ(B)出口流量					RCW B系 冷却水供給圧力	
			RHR A系 LPCI 注入隔離弁					RCW 冷却水供給温度熱交換器(B)側調節弁	
			RHR B系 LPCI 注入隔離弁					RCW 冷却水供給温度ポンプ(B)側調節弁	
			RHR A系格納容器スプレイ流量調整弁					RCW B系 冷却水供給温度	
			RHR B系格納容器スプレイ流量調整弁					非常用 D/G(B)冷却水出口弁(B)(D)	
			RHR ヘッドスプレイ注入隔離弁					RHR 熱交換器(B)冷却水出口弁	
			RHR 熱交換器(A)バイパス弁					HECW 冷凍機(B)(D)冷却水圧力調節弁	
			RHR 熱交換器(B)バイパス弁						
			RHR 熱交換器(A)出口弁					RSW ストレーナ(A)(C)ブロー弁	
			RHR 熱交換器(B)出口弁					RSW ストレーナ(B)(D)ブロー弁	
			RHR A系試料採取第一弁					原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(B)(C)(D)	
			RHR B系試料採取第一弁					RSW ポンプ(A)(B)(C)(D)吐出弁	
			事故後 RHR サンプリング第一弁					RSW ポンプ吐出連絡管(A)止め弁	
			RHR 停止時冷却吸込第一隔離弁					RSW ポンプ吐出連絡管(B)止め弁	
			HVAC	RHR ポンプ(A)室空調機					
				RHR ポンプ(B)室空調機					
			電源	460V R/B MCC 2C-1					
				460V R/B MCC 2D-1					
				460V P/C 4-2C					
				460V P/C 4-2D					
				6.9kV メタクラ 6-2C					
				6.9kV メタクラ 6-2D					
				125V 直流分電盤 2A-1					
				125V 直流分電盤 2B-1					

※1 A系, B系の機器が同じ設置場所にあるため, 集約して記載

※2 別添1資料10添付1「火災区画の配置を明示した図面」に記載の火災区画番号

2. 指摘事項に対する回答

【No.93, 94】(3/5)

P38

- 安全評価審査指針の評価事象選定方法を参考に、単一火災により発生可能性がある事象を抽出し、起因と想定される設備(想定設備)及びその設置場所(火災区画)を整理
- 上記火災区画への残留熱除去系関連機器の設置有無を確認することで、低温停止への移行が可能であることを確認

表2 「運転時の異常な過渡変化」又は「設計基準事故」発生の可能性がある機器とRHR関連機器の関係(1/3)

原子炉に有意な影響を与える主要な要因(BWR) (安全評価審査指針の手引きにおける評価事象 の選定方法を参考に作成)	発生の可能性がある 事象	事象発生の起因となりうる設備	場所	RHR 関連機器	RHRの同 時機能喪失 ※	備考							
炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化	原子炉冷却材流量制 御系の誤動作	原子炉再循環ポンプ	[]	RHR 停止時冷却吸込第一隔離弁	○	・PCV内はプラント運転中は、窒素で置換さ れていることから、火災は発生しない							
		静止形原子炉再循環ポンプ電源装置(VVVF)		—	○		—						
	給水加熱喪失	抽気逆止弁		[]	—	—	○	—					
		給水加熱器			—	—	○	—					
	給水制御系の故障	給水加熱器ドレンライン(水位調節弁廻り)			[]	—	—	○	—				
		タービン駆動原子炉給水ポンプ(TDRFP)				—	—	○	—				
		電動機駆動原子炉給水ポンプ(MDRFP)				—	—	○	—				
		電動機駆動原子炉給水ポンプ給水流量調節弁後弁				—	—	○	—				
		電動機駆動原子炉給水ポンプ吸込弁				—	—	○	—				
		給水調節弁				—	—	○	—				
		高圧復水ポンプ				—	—	○	—				
		高圧復水ポンプ吐出弁				—	—	○	—				
		高圧復水ポンプ吸込弁				—	—	○	—				
		低圧復水ポンプ				—	—	○	—				
		低圧復水ポンプ吐出弁				—	—	○	—				
	低圧復水ポンプ吸込弁	—				—	○	—					
	HPCSの誤起動	高圧炉心スプレー系ポンプ				[]	—	—	○	—			
		HPCS注入隔離弁					—	—	○	—			
	RCICの誤起動	原子炉隔離時冷却系ポンプ					[]	—	—	○	—		
		原子炉隔離時冷却系タービン						—	—	○	—		
		RCIC主蒸気止め弁						—	—	○	—		
		RCIC蒸気加減弁						—	—	○	—		
	RCIC注入弁	RCIC注入弁						[]	RHR 試験用調整弁	—	○	・本過渡事象は、スクラムしない事象である ・加えてRCIC注入弁のみが火災影響を受け ても誤起動は起こらない	
		RCIC注入弁							RHR 停止時冷却吸込第二隔離弁	—			
		RCIC注入弁							RHR 停止時冷却注入隔離弁	—			
		RCIC注入弁							RHR ポンプミニマムフロー弁	—			
		RCIC注入弁							RHR S/C スプレー隔離弁	—			
RCIC注入弁		RHR RW 連絡第一弁	—										
RCIC注入弁		RHR 系統暖機弁	—										
原子炉冷却材系の停 止ループの誤起動	原子炉再循環ポンプ	[]	RHR 停止時冷却吸込第一隔離弁	—					○	・PCV内はプラント運転中は、窒素で置換さ れていることから、火災は発生しない			
	原子炉再循環ポンプ吸込弁		—										
	原子炉再循環ポンプ吐出弁		—										
負荷の喪失	蒸気加減弁		[]	—	—				○	—			
	PLUリレー			—									
	急速作動電磁弁			—									
	高圧リレートリップ油圧スイッチ			—									
負荷の喪失	圧力制御装置(タービン制御系EHC)			[]	—				—	○	—		
	主蒸気止め弁				—								
	タービン保護装置				—								
給水流量の全喪失+ タービントリップ	原子炉水位高(L8)信号計装				[]				—	—	○	—	
	主蒸気第一隔離弁								RHR 停止時冷却吸込第一隔離弁	—			
主蒸気隔離弁の誤閉 止	主蒸気第二隔離弁								[]	—	—	○	・PCV内はプラント運転中は、窒素で置換さ れていることから、火災は発生しない
	主蒸気第二隔離弁									—			

※ ○:機能喪失無, ×機能喪失有

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

資料10 参考資料2 残留熱除去系への影響確認結果



2. 指摘事項に対する回答

【No.93, 94】(4/5)

P39

表2 「運転時の異常な過渡変化」又は「設計基準事故」発生の可能性がある機器とRHR関連機器の関係(2/3)

原子炉に有意な影響を与える主要な要因 (BWR) (安全評価審査指針の手引きにおける評価事象 の選定方法を参考に作成)	発生の可能性がある 事象	事象発生の起因となりうる設備	場所	RHR 関連機器	RHRの同 時機能喪失 ※	備考
炉心内の熱発生又は熱除去の異常な変化	給水加熱喪失	抽気逆止弁	[Redacted]	—	○	—
		給水加熱器				
	給水制御系の故障	給水加熱器ドレンライン (水位調節弁廻り)		—	○	—
		タービン駆動原子炉給水ポンプ (TDRFP)				
		電動機駆動原子炉給水ポンプ (MDRFP)				
		電動機駆動原子炉給水ポンプ給水流量調節弁後弁				
		電動機駆動原子炉給水ポンプ吸込弁				
		給水調節弁				
		高圧復水ポンプ				
		高圧復水ポンプ吐出弁				
		高圧復水ポンプ吸込弁				
		低圧復水ポンプ				
	低圧復水ポンプ吐出弁					
	低圧復水ポンプ吸込弁					
	逃がし弁開放	主蒸気逃がし安全弁		RHR 停止時冷却吸込第一隔離弁	○	・PCV内はプラント運転中は、窒素で置換されていることから、火災は発生しない
	原子炉圧力制御系の故障	蒸気加減弁		—	○	—
		圧力制御装置 (タービン制御系 EHC)				
	HPCS の誤起動	タービンバイパス弁		—	○	—
		高圧炉心スプレー系ポンプ				
	RCIC の誤起動	HPCS 注入隔離弁		—	○	—
		原子炉隔離時冷却系ポンプ				
		原子炉隔離時冷却系タービン				
		RCIC 主蒸気止め弁				
	RCIC 蒸気加減弁	RCIC 蒸気加減弁		—	○	—
		RCIC 注入弁				
	原子炉冷却材系の停止ループの誤起動	RHR 試験用調整弁		—	○	—
		RHR 停止時冷却吸込第二隔離弁				
RHR 停止時冷却注入隔離弁						
RHR ポンプ ミニマムフロー弁						
原子炉冷却材流量の部分喪失, 原子炉冷却材流量の喪失	RHR S/C スプレー隔離弁	—	○	—		
	RHR RW 連絡第一弁					
	RHR 系統暖機弁					
	RHR 停止時冷却吸込第一隔離弁					
原子炉冷却材流量制御系の誤動作	原子炉再循環ポンプ	—	○	—		
	原子炉再循環ポンプ吸込弁					
	原子炉再循環ポンプ吐出弁					
	静止形原子炉再循環ポンプ電源装置(VVVF)					
原子炉再循環ポンプ	原子炉再循環ポンプ	—	○	—		
	原子炉再循環ポンプ吸込弁					
原子炉再循環ポンプ吐出弁	原子炉再循環ポンプ吐出弁	—	○	—		
	静止形原子炉再循環ポンプ電源装置(VVVF)					
原子炉再循環ポンプ電源装置(VVVF)	原子炉再循環ポンプ	—	○	—		
	静止形原子炉再循環ポンプ電源装置(VVVF)					

※ ○:機能喪失無, ×機能喪失有

2. 指摘事項に対する回答

【No.93, 94】(5/5)

P40

表2 「運転時の異常な過渡変化」又は「設計基準事故」発生の可能性がある機器とRHR関連機器の関係(3/3)

原子炉に有意な影響を与える主要な要因(BWR) (安全評価審査指針の手引きにおける評価事象 の選定方法を参考に作成)	発生可能性がある 事象	事象発生の起因となりうる設備	場所	RHR 関連機器	RHRの同 時機能喪失 ※	備考
原子炉冷却材圧力又は原子炉冷却材保有量の異常な変化	負荷の喪失	蒸気加減弁	[Redacted]	—	○	—
		PLURリレー				
		急速作動電磁弁				
		高圧リレートリップ油圧スイッチ				
		圧力制御装置(タービン制御系EHC)				
	負荷の喪失 給水流量の全喪失+ タービントリップ	主蒸気止め弁		—	○	—
		タービン保護装置		—	○	—
		原子炉水位高(L8)信号計装		—	○	—
	主蒸気隔離弁の誤閉 止	主蒸気第一隔離弁		RHR 停止時冷却吸込第一隔離弁	○	・PCV内はプラント運転中は、窒素で置換されていることから、火災は発生しない
		主蒸気第二隔離弁		—	○	—
	給水制御系の故障	タービン駆動原子炉給水ポンプ(TDRFP)		—	○	—
		電動機駆動原子炉給水ポンプ(MDRFP)				
		電動機駆動原子炉給水ポンプ給水流量調節弁後弁				
		電動機駆動原子炉給水ポンプ吸込弁				
		給水調節弁				
		高圧復水ポンプ				
		高圧復水ポンプ吐出弁				
		高圧復水ポンプ吸込弁				
		低圧復水ポンプ				
		低圧復水ポンプ吐出弁				
	逃がし弁開放	主蒸気逃がし安全弁		RHR 停止時冷却吸込第一隔離弁	○	・PCV内はプラント運転中は、窒素で置換されていることから、火災は発生しない
		原子炉圧力制御系の故障		蒸気加減弁	—	○
	給水流量の全喪失	圧力制御装置(タービン制御系EHC)		—	○	—
		タービンバイパス弁				
		タービン駆動原子炉給水ポンプ(TDRFP)				
		タービン駆動原子炉給水ポンプ吸込弁				
		タービン駆動原子炉給水ポンプ吐出弁				
		高圧復水ポンプ				
		高圧復水ポンプ吸込弁				
		高圧復水ポンプ吐出弁				
		低圧復水ポンプ				
		低圧復水ポンプ吸込弁				
	給水制御系の故障 (流量減少)	低圧復水ポンプ吐出弁		—	○	—
主復水器ホットウェル水位(機器、計装)						
HPCSの誤起動	タービン駆動原子炉給水ポンプ(TDRFP)	—	○	—		
RCICの誤起動	高圧炉心スプレイ系ポンプ	—	○	—		
	HPCS注入隔離弁	—	○	—		
	原子炉隔離時冷却系ポンプ	—	○	—		
	原子炉隔離時冷却系タービン	—	○	—		
	RCIC主蒸気止め弁	—	○	—		
RCIC注入弁	RCIC蒸気加減弁	RHR 試験用調整弁	○	・本過渡事象は、スクラムしない事象である ・加えて RCIC 注入弁のみが火災影響を受けても誤起動は起こらない		
	RCIC注入弁	RHR 停止時冷却吸込第二隔離弁				
		RHR 停止時冷却注入隔離弁				
		RHR ボンピニマムフロー弁				
		RHR S/C スプレイ隔離弁				
		RHR RW 連絡第一弁				
		RHR 系統暖機弁				

※ ○:機能喪失無, ×機能喪失有