

東海第二発電所

火災による損傷防止 (審査会合コメント回答)

平成29年9月19日
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、☐は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

1. 指摘事項

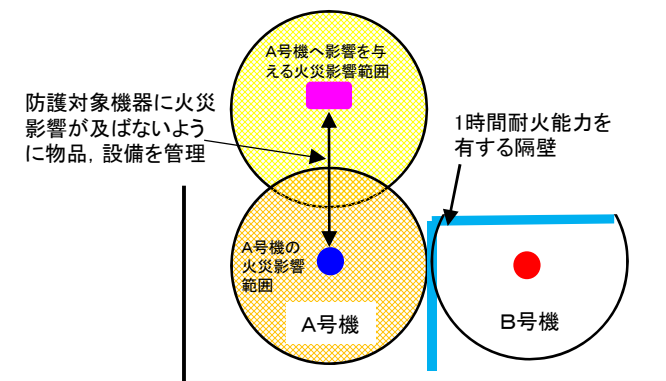
系統分離対象の耐火隔壁が、原子炉建屋1階電気室120/240V計測用電源母線盤のような矩形となるものについては、その形状の妥当性について別途説明すること。

2. 回答

- ◆ 原子炉建屋1階電気室内の再配置を検討した結果、当該電源母線盤は、同じ安全区分Ⅱの設備が設置される場所に移設する設計となり、矩形の耐火隔壁の設置は不要となった。
- ◆ 再配置については、指摘事項No.502-6の回答にて説明

火災防護に係る審査基準 2.3.1(2)に示されるa. (3時間以上の耐火能力を有する隔壁等), 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)のいずれかにて系統分離を実施

なお、対策cにより系統分離する場合で、機器が隔壁等で囲われていない場合、隔壁が設置されていない方向への火災影響及び隔壁が設置されていない方向からの火災影響を考慮し、可燃物や火災源となり得る設備の配置を禁止することを火災防護計画に定め管理する



壁面

1. 指摘事項

- ・電気室での影響軽減に対して、区画なり区域を作って、その中にあるものを適切に系統分離する、もしくは区画間で適切に系統分離されていることを説明すること。
- ・電気室での影響軽減(系統分離)に関して、火災区域(区画)の設定と機器毎の影響軽減に対する考え方を整理して説明すること。

2. 回答

【東海第二での「火災区域」「火災区画」の定義】

◆ 「火災区域」は、火災影響評価を行う単位であり、系統分離の基本となる単位

(火災の影響評価により系統分離が必要な場合は、分離対策を実施し、これを考慮した上で、火災区域として影響評価を実施し安全停止パスを確認)

◆ 「火災区画」は、火災区域を構成し、火災荷重を管理する単位

【電気室の影響軽減(系統分離)対策】

- ◆ 原子炉建屋1階電気室には、ひとつの火災区域の中に安全区分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、「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(ⅠとⅡ、Ⅲ)を実施する。
- ◆ 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する。

【原子炉建屋1階電気室の配置イメージ】

- : 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



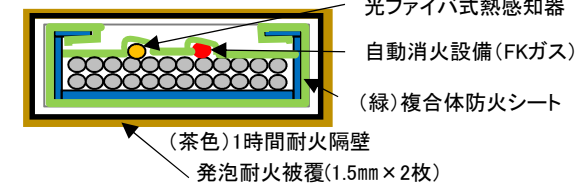
1時間の耐火能力を有する隔壁

- ◆ 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)
 - 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、選択弁を多重化するとともに、容器弁(ハロンガスボンベ含む)について、必要本数より1本以上多く配備
 - 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

＜原子炉建屋1階の機器配置，分離壁のイメージ＞

- ：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Ⅱの機器

＜ケーブルトレイ影響軽減イメージ＞



1. 指摘事項

耐火隔壁設置に伴う影響について、アクセスルートなどを含めた他の条文への影響の観点についても整理して説明すること。

2. 回答

- ◆ 電気室内配置変更も含めて、他の要求事項への影響を確認した結果、配置図や照明位置等の変更はあるが、基準適合性に影響がないことを確認した。
- ◆ 建屋内アクセスルート(SA)についても、隔壁への防火扉等によりアクセス性は確保されていることを確認した。

条文	影響の可能性	変更内容
第三条	×	—
第四条	×	—
第五条	×	—
第六条	×	—
第七条	×	—
第八条	—	—
第九条	○	・計画中の壁等は反映されており問題なし
第十条	○	・R/B1階電気室内の配置見直し反映として、蓄電池内蔵型照明配置図の適正化を実施
第十一条	○	同 上
第十二条	×	—
第十三条	×	—
第十四条	○	・R/B1階電気室内の配置見直し反映として、電気室内の機器配置図の適正化を実施
第十五条	×	—

○:影響可能性有 ×:影響可能性なし

審査会合における指摘事項に対する回答

【No.502-2】

条文	影響の可能性	変更内容
第十六条	×	—
第十七条	×	—
第十八条	×	—
第十九条	×	—
第二十条	×	—
第二十一条	×	—
第二十二条	×	—
第二十三条	×	—
第二十四条	×	—
第二十五条	×	—
第二十六条	○	・R/B1階電気室内の配置見直し反映として、電気室内の機器配置図の適正化を実施
第二十七条	×	—
第二十八条	×	—
第二十九条	×	—
第三十条	×	—
第三十一条	×	—
第三十二条	×	—
第三十三条	○	・R/B1階電気室内の配置見直し反映として、電気室内の機器配置図の適正化を実施
第三十四条	×	—
第三十五条	×	—
第三十六条	×	—

○：影響可能性有 ×：影響可能性なし

配置図の変更や照明位置等の変更はあるが、**基準適合性への影響はない**

1. 指摘事項

ケーブル処理室床面に新設するケーブルトレイの系統分離について、火災影響評価ガイドに則った火災影響評価を行い、その結果を示すこと。

2. 回答

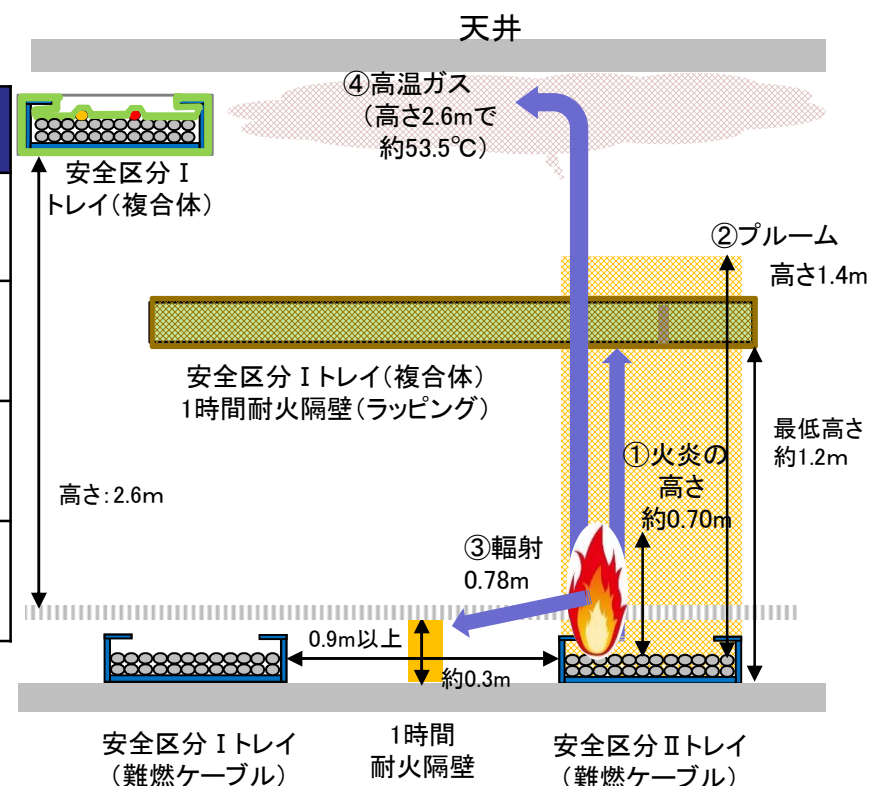
◆ 床面に設置するケーブルトレイの火災影響評価を実施し、分離対策に問題ないことを確認した。

【床面のトレイを発火源とした異区分トレイへの影響】

◆ 火災影響評価ガイドに基づく火災影響評価と対策
(対象はケーブルトレイのみ)

評価項目	評価結果	異区分トレイへの影響	異区分トレイへの対策	備考
①火炎の高さ	約0.7m	影響範囲内にトレイなし	—	
②プルーム	高さ1.4m (上部ケーブルへの影響範囲)	影響範囲内にトレイあり	1時間耐火隔壁(ラッピング)設置	トレイ最低高さ: 床面上約1.2m
③輻射	0.78m (隣接ケーブルへの影響範囲)	影響範囲内にトレイなし	1時間耐火隔壁設置(輻射熱遮断)	耐火隔壁高さ約0.3m
④高温ガス	約53.5℃ (天井(2.6m)部の温度)	影響なし	—	天井近傍トレイ高さ: 2.6m

※: ケーブル損傷基準は、火災影響評価ガイドに記載される熱可塑性ケーブル損傷基準(NUREG/CR-6580)温度205℃又は輻射熱6kW/m²を適用



1. 指摘事項

- ・火災起因による過渡事象に対して、単一故障を想定しても収束させることができることを整理して説明すること。
- ・高温停止だけでなく低温停止できるものとしての要求に対し、従うべき指針内容を含めて整理して説明すること。

2. 回答

- ◆ 内部火災影響評価は、「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」(火災防護審査基準)に基づいて実施している。

【火災防護審査基準】

2.火災の影響軽減

2.3.2 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。

また、原子炉の高温停止及び低温停止が達成できることを、火災影響評価により確認すること。(火災影響評価の具体的手法は、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」による。)

(参考)

「高温停止及び低温停止できる」とは、想定される火災の原子炉への影響を考慮して、高温停止状態及び低温停止状態の達成、維持に必要な系統及び機器がその機能を果たすことができることをいう。

- ◆ また、いかなる火災によっても原子炉を高温停止及び低温停止できる設計であることの確認に当たっては、「内部火災影響評価ガイド」に記載の以下の要求事項を考慮し、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」(以下「安全評価審査指針」という。)にて評価すべき事象とされている、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」を対象とした。

【内部火災影響評価ガイド】

4.火災時の原子炉の安全確保

3.に想定する火災に対して、

- ・原子炉の安全停止に必要な機能を有する系統が、その安全機能を失わないこと(信頼性要求に基づき独立性が確保され、多重性又は多様性を有する系統が同時にその機能を失わないこと)。

内部火災により原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動を要求される場合には、その影響(火災)を考慮し、安全評価指針に基づき安全解析を行う必要がある。

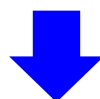
- ◆ なお、「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針」(昭和55年11月6日原子力安全委員会決定、平成19年12月27日一部改訂)に基づく評価とはしていない。

3. 単一故障を考慮した原子炉停止

◆ 単一故障を考慮した原子炉停止の評価は、次のステップにより実施した。

a. 評価対象事象の選定

全ての火災区域を対象に、単一の内部火災により発生する可能性のある「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」を抽出し、評価対象事象を選定。



b. 単一故障の想定

事象の対処に必要な系統、機器について、安全評価審査指針に基づく評価と同様に、解析の結果を最も厳しくする単一故障を想定。

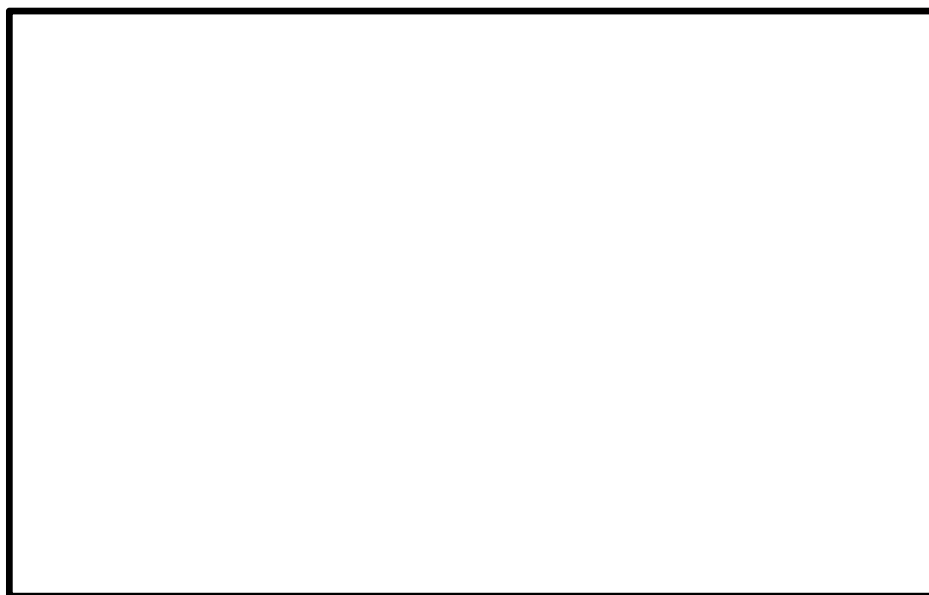


c. 原子炉の高温停止及び低温停止達成の確認

火災の影響を考慮しても、多重化又は多様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ことを確認。

a. 評価対象事象の抽出

- ◆ 内部火災影響評価において、ケーブル処理室や中央制御室を含め、全ての火災区域を対象に、火災による影響を考慮しても、多重化又は多様化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の安全停止（高温停止及び低温停止）が可能であることを確認している。
- ◆ そこで、本評価では、原子炉の制御に重要な役割を担う中央制御室における火災を起因として、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生した場合の評価を実施することとした。
- ◆ なお、現場に敷設されているケーブルが火災の影響を受けて損傷することにより「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生することを想定した場合でも、中央制御室における火災と同様、単一故障を想定しても原子炉の高温停止及び低温停止が達成できる。



原子炉の制御に係る制御盤が集約されている中央制御室で火災が発生し、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生することを想定。

対処系に係る制御盤等の関係図

a. 評価対象事象の抽出

(a) 運転時の異常な過渡変化

運転時の異常な過渡変化		火災の影響
(1) 炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化		
① 原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	－	制御棒駆動系が火災の影響を受けた場合、制御棒の常駆動系が動作不能となる。
② 出力運転中の制御棒の異常な引き抜き	－	制御棒駆動系が火災の影響を受けた場合、制御棒の常駆動系が動作不能となる。
(2) 炉心内の熱発生または熱除去の異常な変化		
③ 原子炉冷却材流量の部分喪失	－	火災の影響による再循環ポンプの1台停止。ただし、原子炉スクラムには至らない事象。
④ 原子炉冷却材の停止ループの誤起動	－	火災の影響による再循環ポンプの誤起動。ただし、原子炉スクラムには至らない事象。
⑤ 外部電源喪失	○	火災の影響による送電系、所内電源系の喪失。本事象は⑫の評価に含まれる。
⑥ 給水加熱喪失	○	火災の影響による抽気逆止弁の誤閉。
⑦ 原子炉冷却材流量制御系の誤動作	○	火災の影響による流量制御器の誤動作。
(3) 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		
⑧ 負荷の喪失	○	火災の影響による蒸気加減弁の誤動作。
⑨ 主蒸気隔離弁の誤閉止	○	火災の影響による主蒸気隔離弁の誤閉止。
⑩ 給水制御系の故障	○	火災の影響による原子炉給水制御系の誤動作。
⑪ 原子炉圧力制御系の故障	○	火災の影響による原子炉圧力制御系の誤動作。
⑫ 給水流量の全喪失	○	火災の影響による原子炉給水ポンプの機能喪失。

○：評価対象とする事象 ー：評価対象外とする事象

a. 評価対象事象の抽出

(b) 設計基準事故

設計基準事故		火災の影響
(1) 原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化		
① 原子炉冷却材喪失	—	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する格納容器内側・外側隔離弁が火災の影響により同時に開となる可能性はない。また、逃がし安全弁が火災の影響により誤開する可能性があるが、中央制御室に常駐している運転員が誤開した逃がし安全弁を速やかに閉止することが可能である。
② 原子炉冷却材流量の喪失	○	火災の影響による再循環ポンプトリップ回路の誤動作。
③ 原子炉冷却材ポンプの軸固着	—	原子炉冷却材ポンプの回転軸は火災の影響により機械的に固着しないため、本事象は発生しない。
(2) 反応度の異常な投入又は原子炉出力の急激な変化		
④ 制御棒落下	—	制御棒駆動機構は火災の影響により機械的に損傷しないため、本事象は発生しない。
(3) 環境への放射性物質の異常な放出		
⑤ 放射性気体廃棄物処理施設の破損	—	気体廃棄物処理施設は火災の影響により機械的に損傷しないため、本事象は発生しない。
⑥ 主蒸気管破断	—	主蒸気管は火災の影響により機械的に損傷しないため、本事象は発生しない。
⑦ 燃料集合体の落下	—	燃料取扱装置は火災の影響により機械的に損傷しないため、本事象は発生しない。
⑧ 原子炉冷却材喪失	—	①と同じ。
⑨ 制御棒落下	—	④と同じ。
(4) 原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化		
⑩ 原子炉冷却材喪失	—	①と同じ。
⑪ 可燃性ガスの発生	—	①と同じ。

○: 評価対象とする事象 —: 評価対象外とする事象

b. 単一故障の想定, c. 原子炉の高温停止及び低温停止達成の確認

◆ 単一故障を考慮した原子炉停止の評価結果の概要は下表のとおり。

事象名	火災影響	想定する単一故障	単一故障を想定した事象の対処
給水加熱喪失	抽気逆止弁の誤閉により給水加熱器への蒸気流量が喪失して、給水温度が徐々に低下し、原子炉出力が上昇する。	安全保護系 (中性子束高スクラム(熱流束相当))	他の安全保護系により原子炉は自動停止。その後、高温停止状態へ移行し、原子炉隔離時冷却系(RCIC)、残留熱除去系(RHR)等により原子炉は低温停止状態に移行可能。
原子炉冷却材流量制御系の誤動作	再循環流量制御系の誤動作により再循環流量が増加し、原子炉出力が上昇する。	安全保護系 (中性子束高スクラム)	同上
負荷の喪失	蒸気加減弁の急速閉により発電機負荷遮断が生じ、原子炉出力が上昇する。	安全保護系 (蒸気加減弁急速閉スクラム)	同上
主蒸気隔離弁の誤閉止	主蒸気隔離弁が誤閉止し、原子炉出力が上昇する。	安全保護系 (主蒸気隔離弁閉スクラム)	同上
給水制御系の故障	給水制御系の誤動作により給水流量が急激に増加し、炉心入口サブクーリングが増加して原子炉出力が上昇する。	安全保護系 (主蒸気止め弁閉スクラム)	同上
原子炉圧力制御系の故障	圧力制御系の誤動作により主蒸気流量が増加し、原子炉圧力が減少する。	安全保護系 (主蒸気隔離弁閉スクラム)	同上
給水流量の全喪失	給水ポンプのトリップにより全給水流量の喪失が起こり、原子炉水位が低下する。	安全保護系 (原子炉水位低(レベル3)スクラム)	同上
原子炉再循環流量の喪失	2台の再循環ポンプがトリップすることにより、炉心の冷却能力が低下する。	安全保護系 (原子炉水位低(レベル3)スクラム)	同上

c. 原子炉の高温停止及び低温停止達成の確認(「主蒸気隔離弁の誤閉止」の例)

【事象の概要】

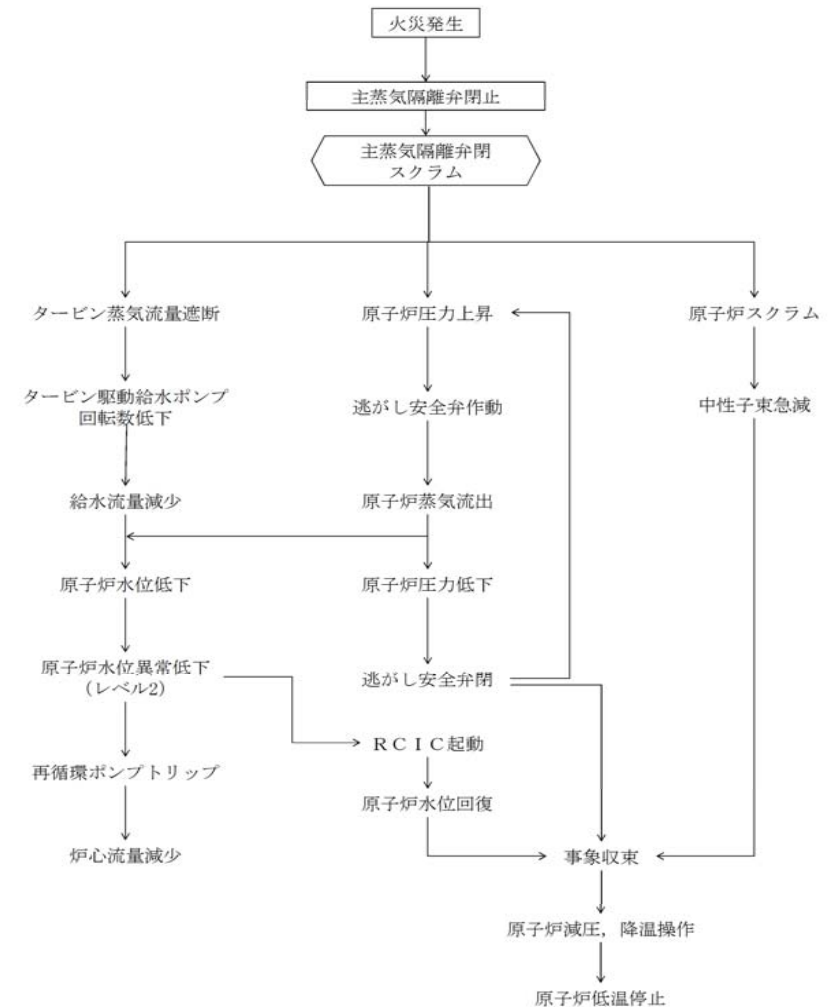
「主蒸気隔離弁の誤閉止」は、原子炉の出力運転中に、原子炉水位異常低下等の誤信号により主蒸気隔離弁が誤閉止し、原子炉出力が上昇する事象である。

【事象発生に至る火災想定】

本事象は、主蒸気隔離弁に関する制御盤、制御ケーブル等が単一の内部火災による影響を受けると発生する可能性がある。

本評価では、中央制御室に設置されている次の制御盤が火災の影響を受けることでインターロックが誤動作し、主蒸気隔離弁が誤閉止することを想定する。

- ・ 緊急時炉心冷却系操作盤(H13-P601)
- ・ 格納容器内側隔離系継電器盤(H13-P622)
- ・ 格納容器外側隔離系継電器盤(H13-P623)



「主蒸気隔離弁の誤閉止」の事象過程

c. 原子炉の高温停止及び低温停止達成の確認(「主蒸気隔離弁の誤閉止」の例)

【単一故障を想定した事象の収束】

● 原子炉の自動停止

- 外乱発生系の制御盤と安全保護系の制御盤は分離されており、火災の影響を受けないことから、安全保護系の単一故障を考慮しても、他の安全保護系により原子炉はスクラムする。

● 高温停止及び低温停止

- 「緊急時炉心冷却系操作盤」が外乱発生系と対処系で同一の制御盤であるが、当該操作盤内は安全区分に応じて延焼防止対策により分離されているため、火災の影響を受けない。
- 「緊急時炉心冷却系操作盤」以外の制御盤(緊急時炉心冷却系DIV-I-1／II-1トリップユニット盤、及び各継電器盤)は、いずれも外乱発生系の制御盤とは離隔距離があるため、火災の影響を受けない。
- したがって、原子炉隔離時冷却系、残留熱除去系等の高温停止及び低温停止に必要な系統の機能は維持される。

赤: 外乱発生系に係る制御盤 青: 対処系に係る制御盤



中央制御室制御盤の配置図(主蒸気隔離弁の誤閉止)

以上より、解析上最も厳しくなる安全保護系の単一故障を想定しても、原子炉は自動停止するとともに、高温停止及び低温停止に移行することができることを確認した。

参考資料

本資料のうち、☐は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

- ◆系統分離及びアクセスルート確保のため、電気室内の再配置を検討
- ◆前計画より影響軽減のための隔壁は1つ増えるが、設備は安全区分毎に分離されるように配置

東海第二発電所 内部火災影響評価についての考え方

火災防護の審査基準

<用語の定義>

- ◆ 「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

2.3 火災の影響軽減

2.3.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、以下の各号に掲げる影響軽減のための対策を講じた設計であること。

⇒火災区域単位で、各火災区域内での影響軽減(系統分離)を実施

(2)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及びこれらに関連する非安全系のケーブルとの系統分離を行うために、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計であること。

具体的には、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが次に掲げるいずれかの要件を満足していること。

- a. 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ついて、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されていること。
- b. 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ついて、互いの系列間の水平距離が6m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。この場合、水平距離間には仮置きするものを含め可燃性物質が存在しないこと。
- c. 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ついて、互いの系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。

⇒火災区域内で、a.b.cによる系統分離を実施し、延焼を防止を実施する設計。

2.3.2 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。また、原子炉の高温停止及び低温停止が達成できることを、火災影響評価により確認すること。(火災影響評価の具体的方法は、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」による。)

⇒火災の影響を考慮しても、原子炉を高温停止及び低温停止できる設計とし、これが達成できることを火災影響評価により確認

東海第二発電所 内部火災影響評価についての考え方

- ◆ 内部火災影響評価ガイドに例示される評価手順に対応した東海第二発電所の影響軽減(系統分離)と火災区域(区画)の考え方は右図のとおり
- ◆ 火災影響評価は、**火災区域単位**で実施し、原子炉の高温・低温停止機能が確保されない場合には、防護対策強化として、当該**火災区域内での系統分離**を実施
- ◆ なお、火災区画による系統分離は実施していないが、**系統分離を考慮した火災区域**での火災影響を確認し、当該区域がスクリーニングできることも確認しており、火災影響評価ガイドに例示される手順に基本的に合致している

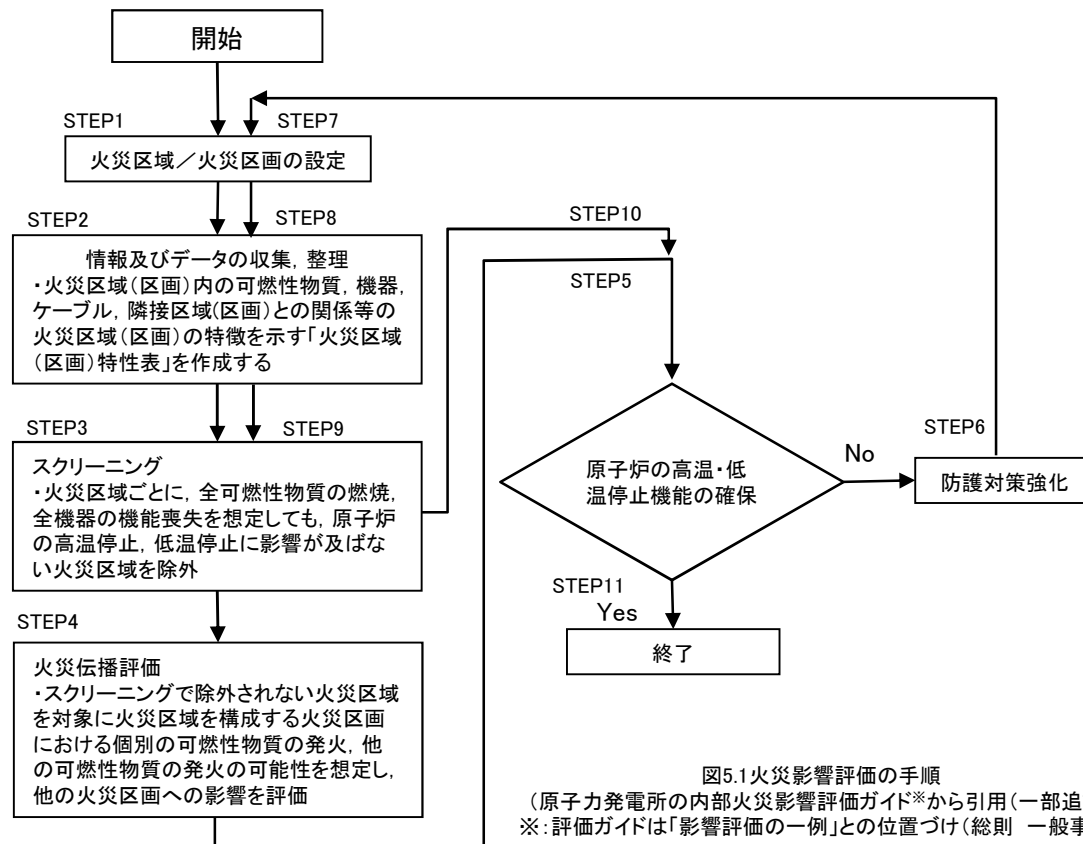


図5.1火災影響評価の手順
(原子力発電所の内部火災影響評価ガイド※から引用(一部追記)
※:評価ガイドは「影響評価の一例」との位置づけ(総則 一般事項)

東海第二の評価手順

