

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



【「实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。

※ 「实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「实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」に適合するものであること、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。

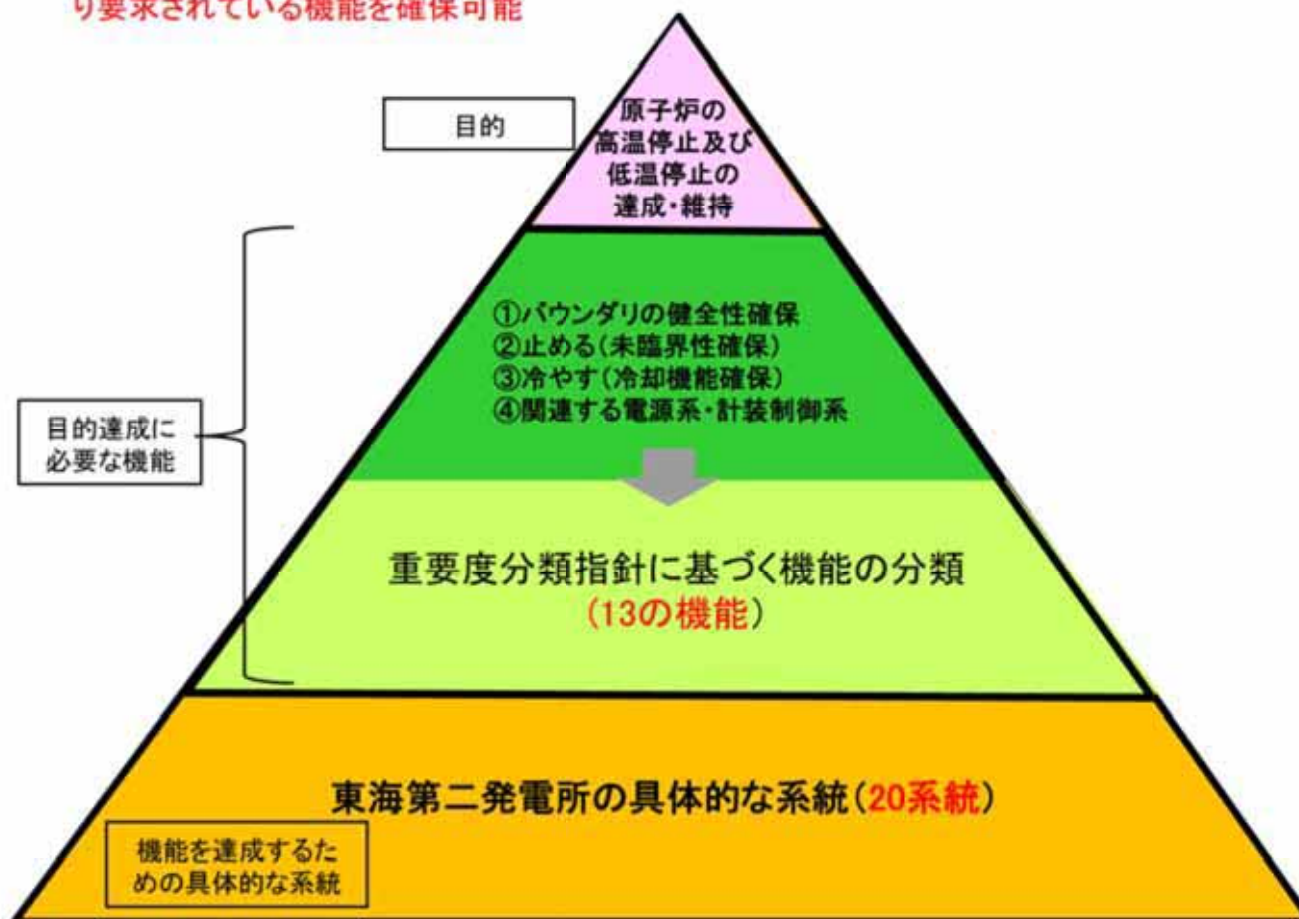
内部火災-40

ポンプ・電動機の火災に対する
系統分離イメージ(例)



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°C以上
*2 未臨界及び原子炉冷却材温度が100°C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)

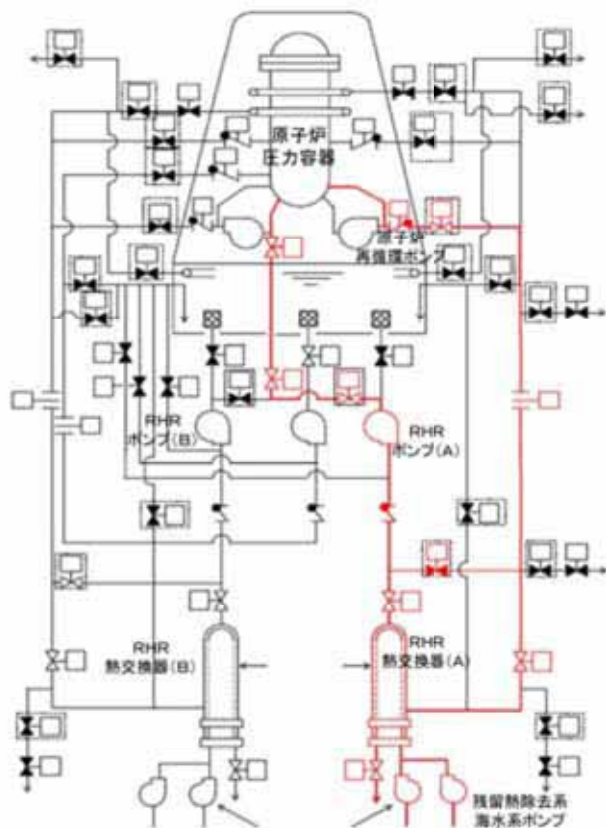


原子炉の高温停止及び低温停止の達成・維持に必要な機能(13機能)と東海第二発電所の具体的な系統(20系統)

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	-		-
			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	-	-	中央制御室のバックアップ(多重性要求なし)	
	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)	○	○		
			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	○	○	隔離時冷却系が機能喪失した場合には、高圧炉心スプレイ系にて機能確保
			⑪残留熱除去系(停止時冷却モード)	○(2系統)	○	○	残留熱除去系(停止時冷却モード)が多重化されており、片系統が機能喪失しても機能確保
			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	○	○	高圧炉心スプレイ系が機能喪失した場合には、隔離時冷却系にて機能確保
		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	○	○	低圧炉心スプレイ系が機能喪失した場合には、同じ低圧系の残留熱除去系(低圧注水モード)にて機能確保
			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	○	○	高圧炉心スプレイ系が機能喪失した場合には、自動減圧系+残留熱除去系(低圧注水モード)にて機能確保
			⑮残留熱除去系(低圧注水モード)	○(3系統)	○	○	残留熱除去系(低圧注水モード)が多重化されており、片系統が機能喪失しても機能確保
			⑯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	-	-	中央制御室のバックアップ(多重性要求なし)	
	④「止める」「冷やす」に直接関連する機能	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)	○	○		
			⑮残留熱除去系海水系	○	○		
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			○	○			
⑲安全保護系			○	○			
⑲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	○	○			
⑳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)	○	○				

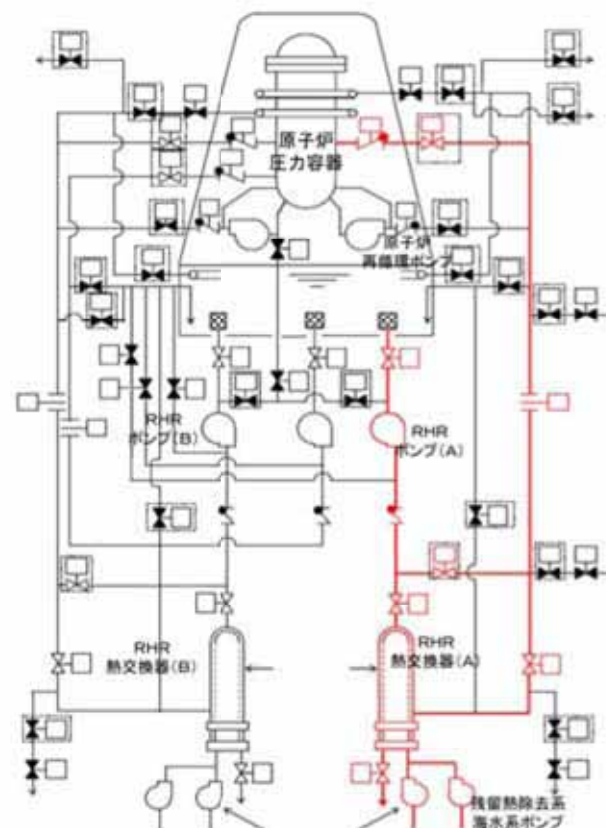
複数の機能を有する系統における機能維持の例

- ◆ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動減圧系(B) ・低圧注水系(B)／低圧注水系(C) 	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧炉心スプレイ系
低温停止	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系(A) ・残留熱除去系海水系(A) 	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系(B) ・残留熱除去系海水系(B) 	—
電源	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電機(C)系 ・直流電源(A)系 	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電機(D)系 ・直流電源(B)系 	<ul style="list-style-type: none"> ・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

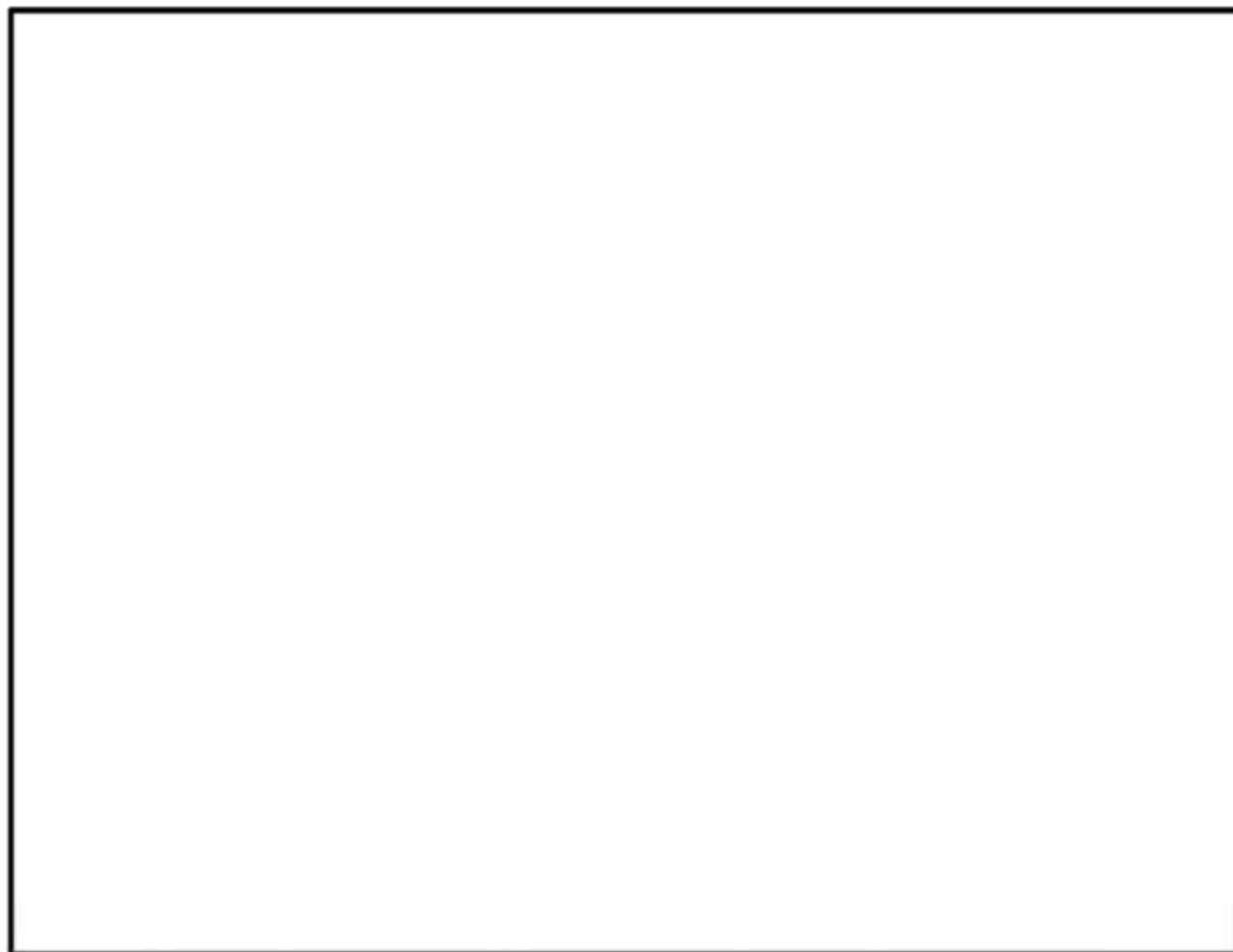


◆ 単一火災によっても安全区分Ⅰと、区分Ⅱ、Ⅲが同時に機能喪失することを回避し、高温停止・低温停止機能を確保

<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)

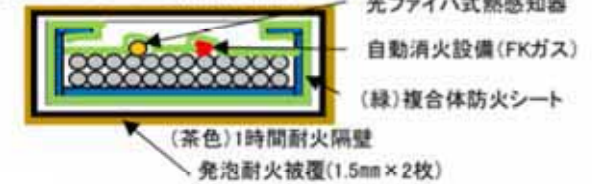
* 本文「9. 特徴的な火災区画の火災防護(原子炉建屋付属棟1階電気室)」再掲



<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

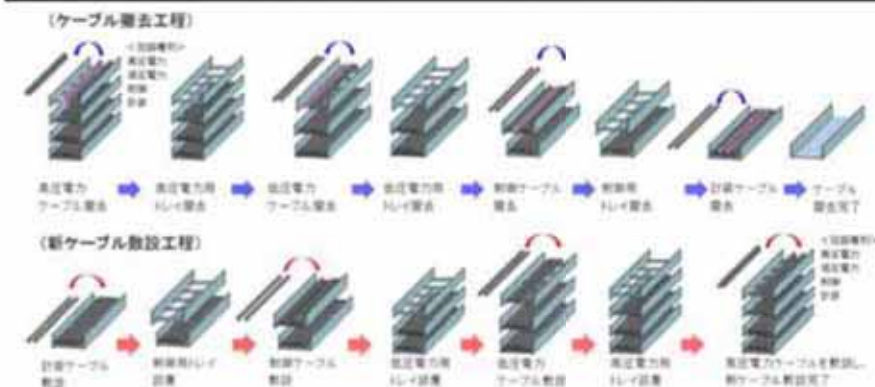


ケーブルの区画によりケーブル種別が異なる
 ケーブルトレイ内のケーブル敷設位置が不規則に変わるイメージ

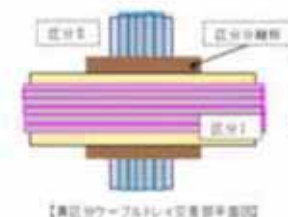
取替方法②: 新規トレイ設置し、対象ケーブルのみ新設
 新設トレイ設置後、安全機能を有するケーブルだけを新設トレイに敷設。旧ケーブルは既設トレイに残存

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、片系列全ての機能が同時に喪失
 一部の安全機能は、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

<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)

新設するトレイ及び新規敷設する安全機能を有するケーブル

旧ケーブル
ケーブル識別、撤去不可能な旧ケーブルが残存(可燃物量増加)

- ... 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)

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	<p><トレイ単位でのケーブル全体取替※></p> <ul style="list-style-type: none"> 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 <p>※: 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</p>	有意な差はなし
	電气的影響	電気特性の変化	<p><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)></p> <ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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

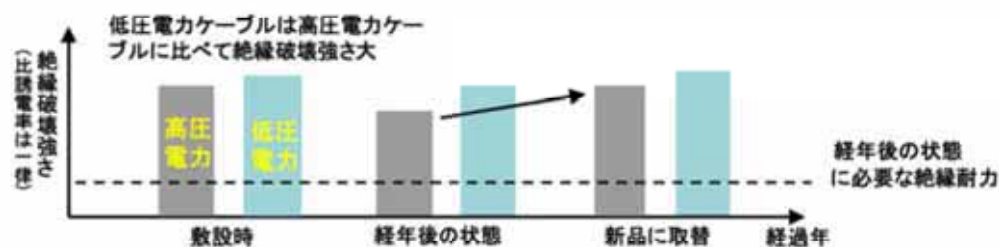
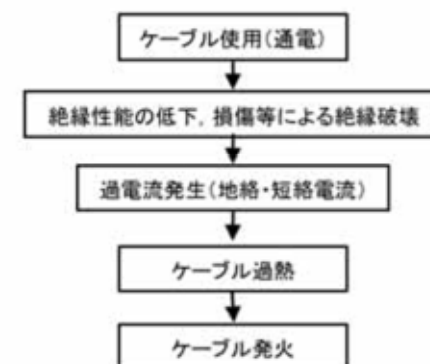
➤難燃ケーブルと代替措置について、施工後の状態について**難燃性能以外で火災リスクを比較しても有意な差はない**

4. 施工後の難燃ケーブルと代替措置の比較(2/2)

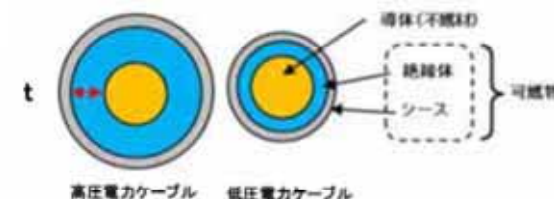
ケーブルの発火リスク評価

- ◆ 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)

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

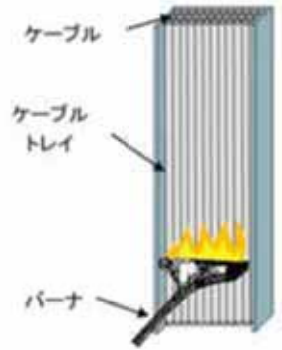
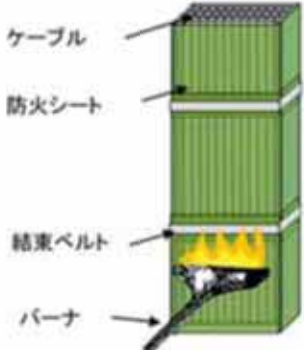
◆ 複合体(ケーブル及びケーブルトレイに防火シートで覆ったもの)はこの燃焼条件を参考に比較

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	<p>【IEEE std.383(垂直トレイ燃焼試験)】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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) 	<p>【UL-1581(垂直燃焼試験)】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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: <ol style="list-style-type: none"> 残炎による燃焼が60秒を超えないこと 表示旗が25%以上焼損しないこと 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)	<p>【IEEE std.383を参考にした燃焼条件で比較】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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)


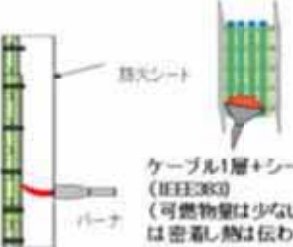
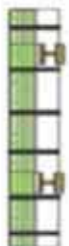
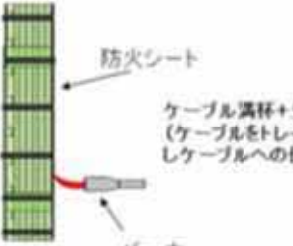
- ◆ 実機を模擬し、ケーブルトレイにケーブルを満載にした供試体により耐延焼性を確認
- ◆ 代替措置(複合体)はこの燃焼条件を参考に比較

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
<p>難燃ケーブル</p>	<p>【IEEE std.383を参考にした燃焼条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 		<p>難燃架橋ポリエチレン/難燃ビニル(低圧電力ケーブル)</p>
<p>複合体</p> <p>(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)</p>	<p>【IEEE std.383を参考にした燃焼条件で比較】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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) 		<p>架橋ポリエチレン/ビニル(比較: 低圧電力ケーブル)</p>


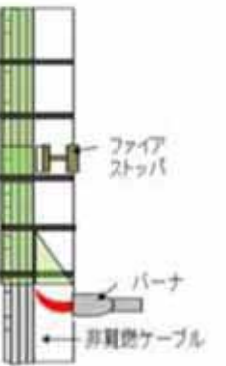
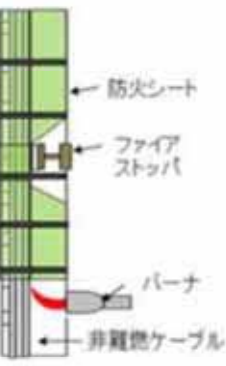

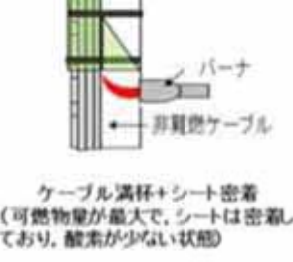
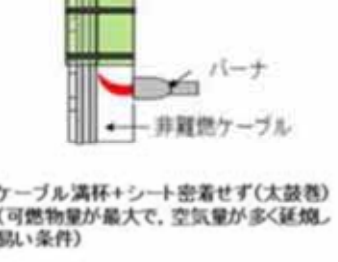
6. 複合体施工と耐延焼性試験

- ◆ 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
 <p>ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)</p>	 <p>防火シート</p> <p>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)</p> <p>バーナ</p>
 <p>設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)</p>	 <p>防火シート</p> <p>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)</p> <p>バーナ</p>

<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
 <p>ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)</p>	 <p>ファイア ストップ</p> <p>バーナ</p> <p>非難燃ケーブル</p>	 <p>防火シート</p> <p>ファイア ストップ</p> <p>バーナ</p> <p>非難燃ケーブル</p>
 <p>設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)</p>	 <p>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、酸素が少ない状態)</p>	 <p>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易い条件)</p>

※: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。

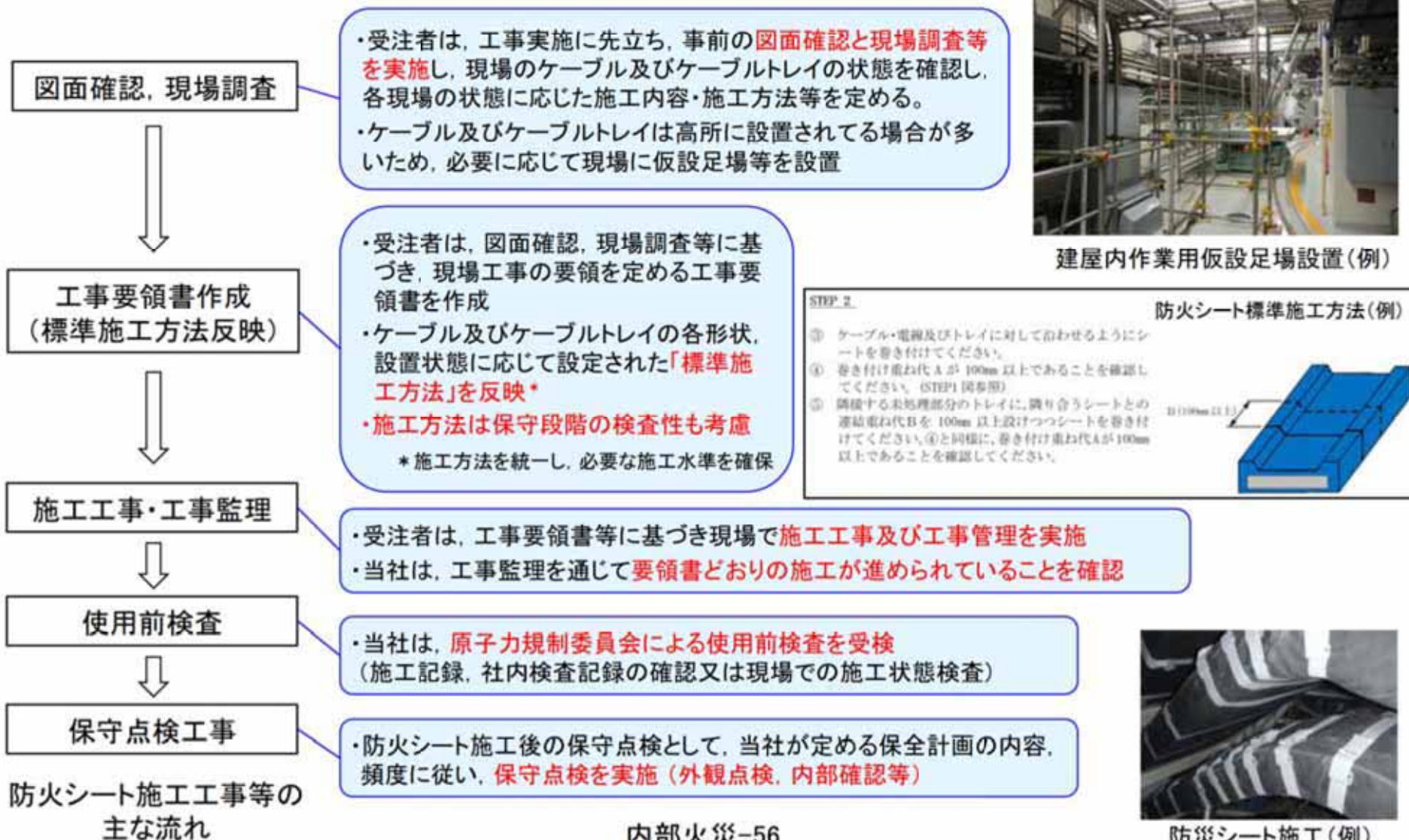
〔防火シートの破損、重なり具合、結束ベルトやファイアストッパの破損、脱落など*3〕

*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)

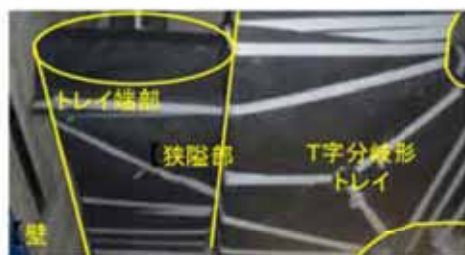
○防火シート施工工事等の具体的な流れを以下に示す。工事实施に先立ち図面確認、現場調査等を行い、結果に基づき**施工水準を確保**するよう**施工内容・施工方法を定め**、工事实施中は**設計どおりの施工が行われることを確認**。施工後に**原子力規制委員会の使用前検査を受検**



<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>	<ul style="list-style-type: none"> ・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

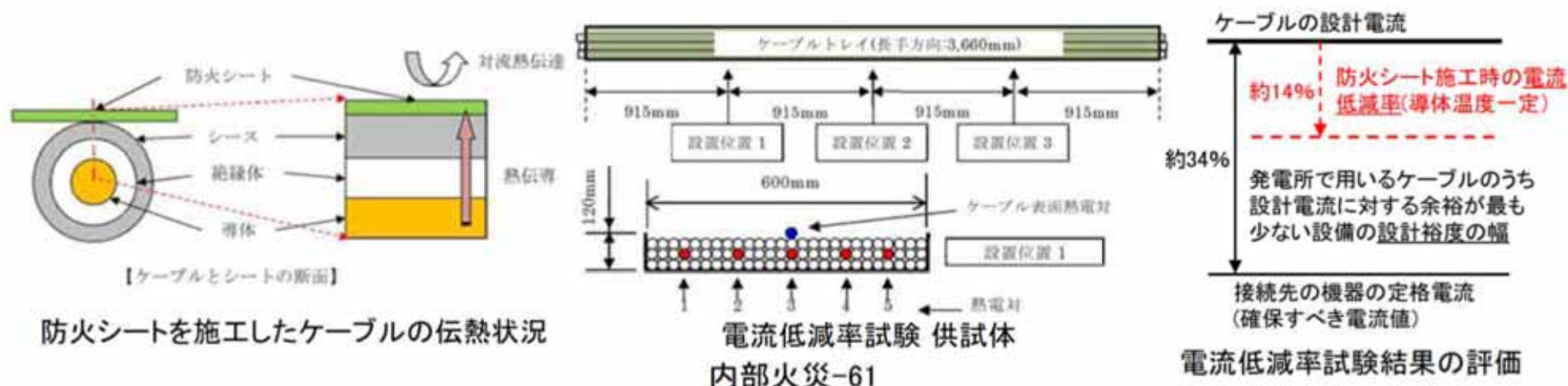


○ 防火シート施工によるケーブルの温度上昇に伴う通電機能への影響の確認試験

- ・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(°C)	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。
防火シート有り	約23	90	約14	

*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。

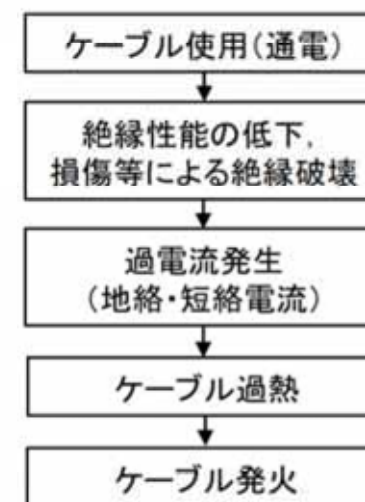
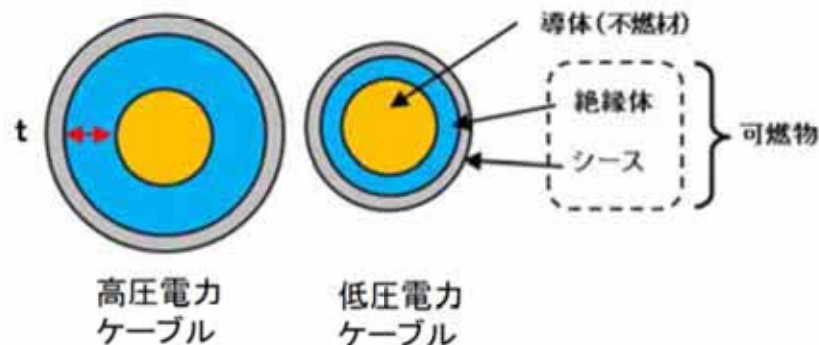


○ 防火シート施工によるケーブルの絶縁破壊, 過電流発生による発火リスクの検討と対応

- ・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

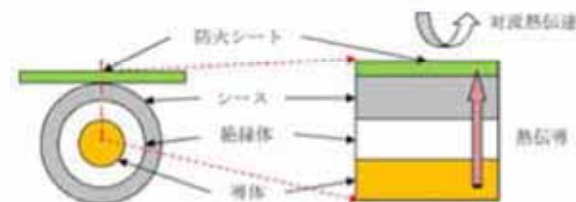


IEEE848-1996に準拠した電流低減率試験

◆ 許容電流率の評価方法

出典: IEEE848-1996「IEEE Standard Procedure for the Determination of the Ampacity Derating of Fire-Protected Cables」

- 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



【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

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

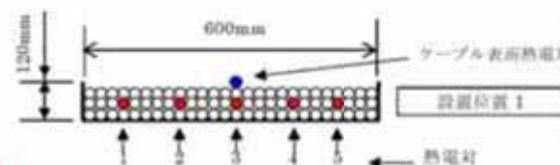
◆ 最小設計裕度

- 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ertype
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(°C)	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

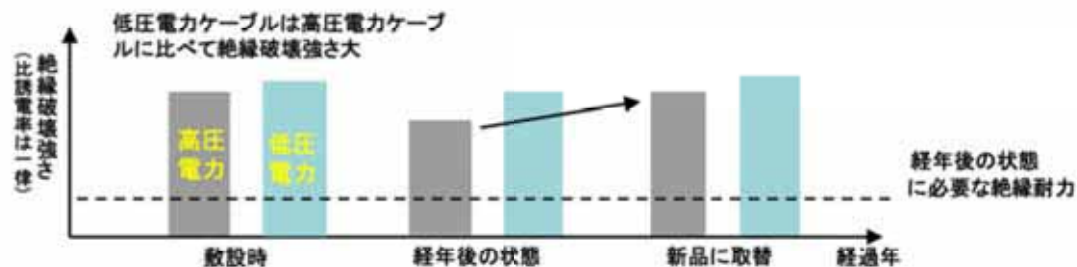
* 補足説明資料「4. 施工後の難燃ケーブルと代替措置の比較」再掲



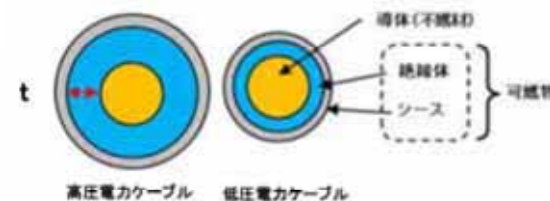
ケーブルの発火リスク評価

- ◆ 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 × 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〉



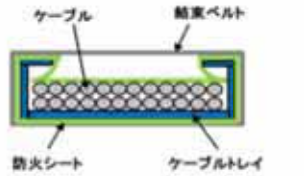
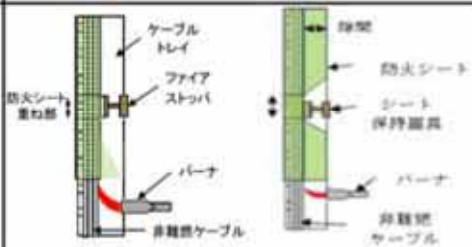
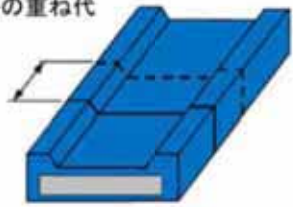
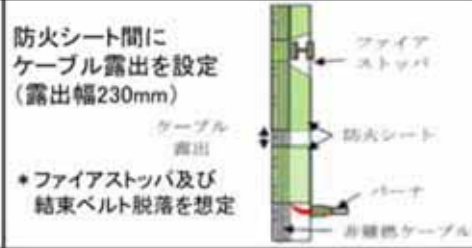
また, **ケーブル火災時に複合体は空気の供給を制限し延焼を抑制することから, 火災時の外部からの消火活動を阻害せず, 自己消火を促進する方向となる。**



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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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)	 <p>標準施工による複合体断面図</p>		<ul style="list-style-type: none"> 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)  <p>*ファイアストップパ及び結束ベルト脱落を想定</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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

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 

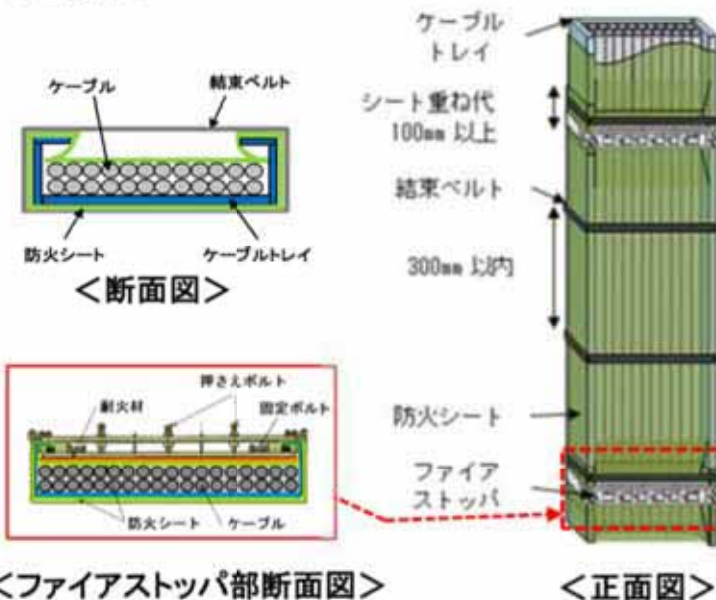
(1) 複合体

- ◆ 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プパを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)
- ・ファイアストップパ: 鋼材:SS400,SCM435 亜鉛メッキ

【複合体イメージ】



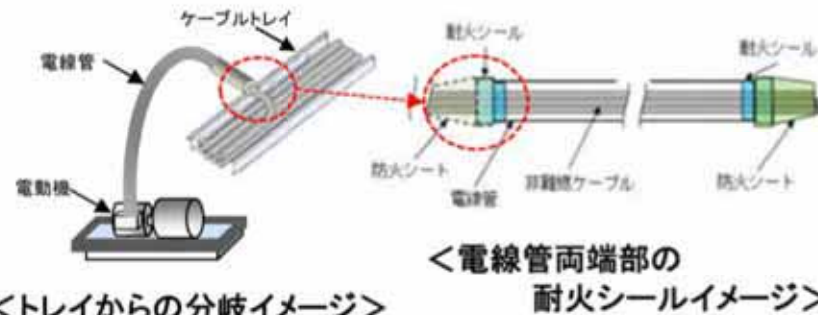
<ファイアストップパ部断面図>

<正面図>

(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)



<トレイからの分岐イメージ>

<電線管両端部の耐火シールイメージ>

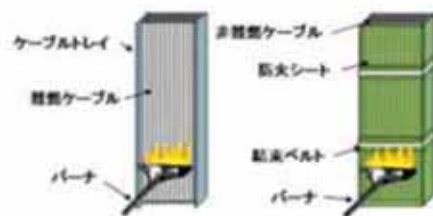
<別紙1> 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (2/6)

* 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 (ファイアストップパ)の距離	複合体	垂直	設計最大量	20	①1220	良	<ul style="list-style-type: none"> ・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(ファイアストップパ)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	<ul style="list-style-type: none"> ・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				



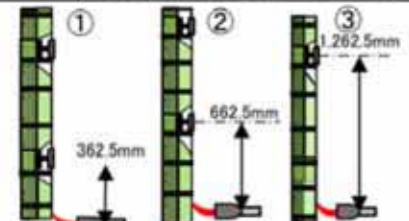
耐延焼性確認試験(垂直トレイ)概要



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(ファイアストップパ)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 ・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
勾配45°				850	良		
垂直			— (>1800)	否	(非難燃ケーブルの延焼試験と同じ)		
垂直			隙間無(FS有)	1070	良		
			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	<p>【IEEE std.383(垂直トレイ燃焼試験)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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) 	<p>【UL-1581(垂直燃焼試験)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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: <ol style="list-style-type: none"> (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)	<p>【IEEE std.383を参考にした燃焼条件で比較】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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)

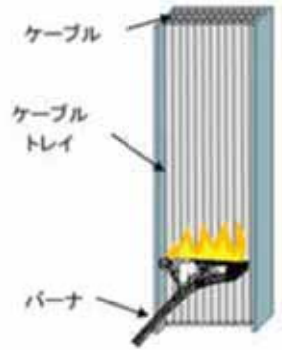
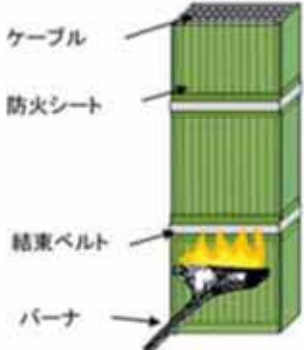
* 基本的な試験を3回行い、結果に有意な違いがないことを確認した上で、複合体の各条件を変更した試験を各1回行っている。

<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


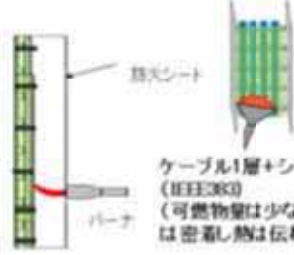
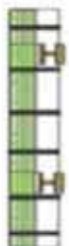
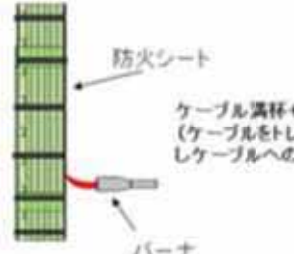
難燃性の確認	難耐延焼性の実証試験の概要(実機模擬)		絶縁体/シース
<p>難燃ケーブル</p>	<p>【IEEE std.383を参考にした燃焼条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ケーブルトレイにケーブルを設計最大量に敷設 ・バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。 ・バーナ熱量: 20kW(参考30kW) ・判定基準: 比較基準 		<p>難燃架橋ポリエチレン/難燃ビニル(低圧電力ケーブル)</p>
<p>複合体</p> <p>(防火シートでケーブルトレイ及び非難燃ケーブルを覆う対応)</p>	<p>【IEEE std.383を参考にした燃焼条件で比較】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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) 		<p>架橋ポリエチレン/ビニル(比較: 低圧電力ケーブル)</p>

<別紙1> 火災の発生防止(非難燃ケーブル対応) (6/6)


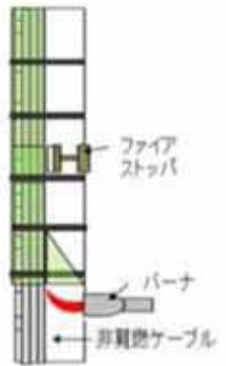
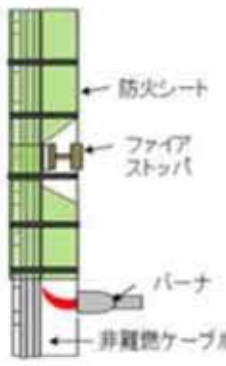


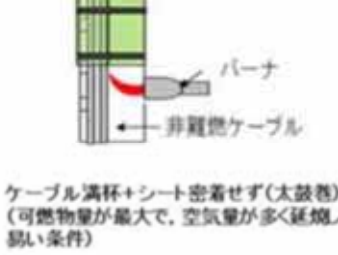
* 補足説明資料「6. 複合体施工と耐延焼性試験」再掲 

- ◆ 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
 <p>ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)</p>	 <p>防火シート</p> <p>ケーブル1層+シート密着 (IEEE303) (可燃物量は少ないが、シートは密着し熱は伝わりぬい状態)</p> <p>バーナ</p>
 <p>設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)</p>	 <p>防火シート</p> <p>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)</p> <p>バーナ</p>

<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
 <p>ケーブル1層 +シート密着 (ケーブル量少)</p>	 <p>ファイア ストップ</p> <p>バーナ</p> <p>非難燃ケーブル</p>	 <p>防火シート</p> <p>ファイア ストップ</p> <p>バーナ</p> <p>非難燃ケーブル</p>
 <p>設計最大値 +シート密着 (ケーブル量最大)</p>	 <p>ケーブル満杯+シート密着 (可燃物量が最大で、シートは密着してあり、酸素が少ない状態)</p>	 <p>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易い条件)</p>

※: 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

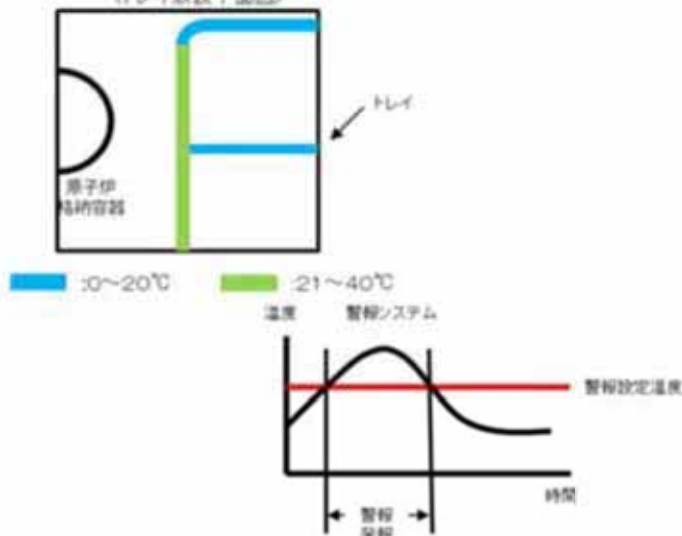
* 本文「7-3. 火災の感知, 消火(非難燃ケーブル)」再掲



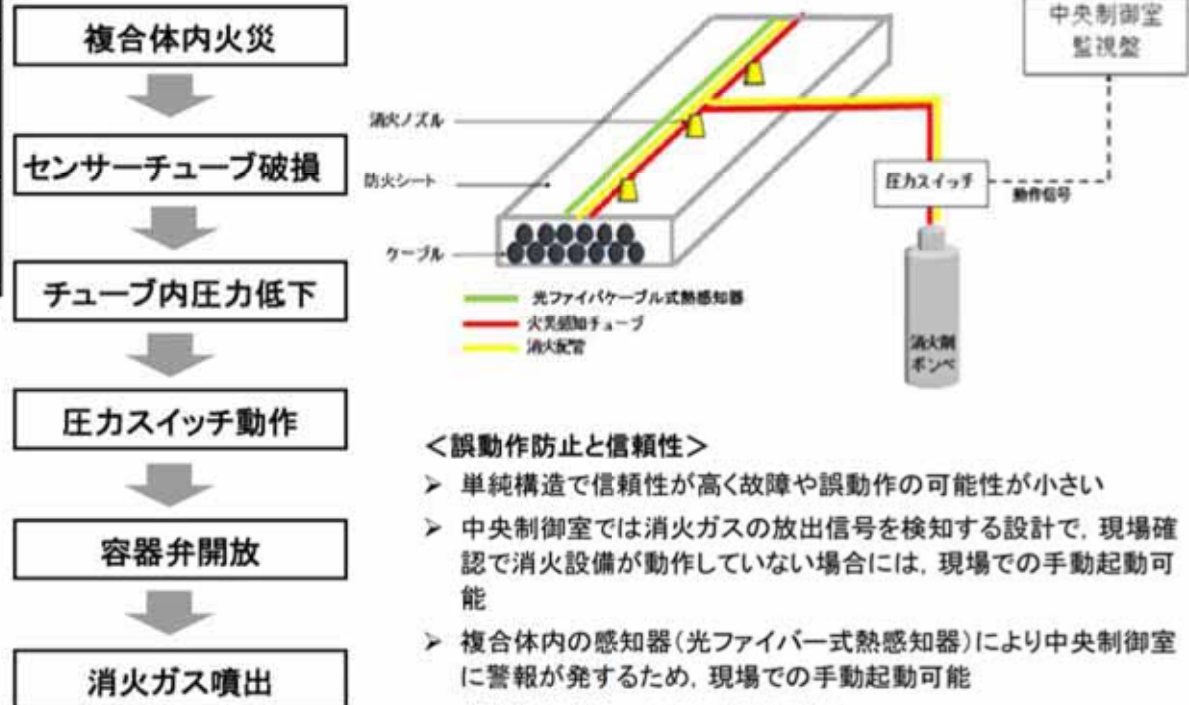
- ◆ 複合体の火災感知設備としては、**火災区域(区画)に設置する感知器とは別に、複合体内に光ファイバケーブル式熱感知器を設置し、火災感知機能を強化**
- ◆ 複合体の消火設備として、自動及び手動で作動する**局所ハロゲン化物消火設備(FK-5-1-12)を設置し、消火機能を強化、電源不要で自動消火が可能**
- ◆ これらの設備は単純な構造で信頼性が高く、故障や誤動作の可能性が小さいものを採用
ケーブルトレイ(複合体内)の感知設備

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	<ul style="list-style-type: none"> ・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°C ~ 150°C
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・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°C)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



<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)
(CF₃-CF₃-C(O)-CF(CF₃)₂)

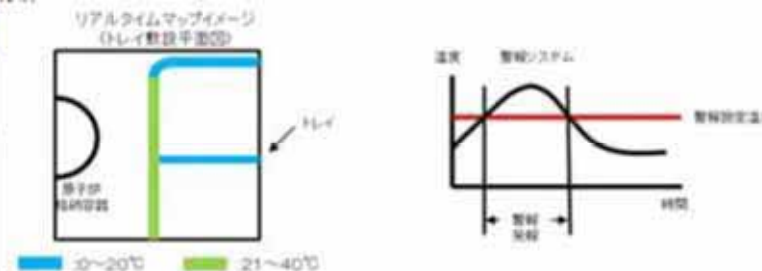
10. 特徴的な火災感知設備の概要



【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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<p>代表的な機種の外観</p>

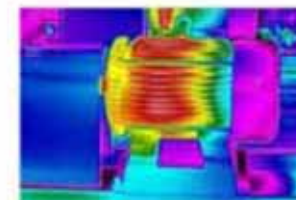


光ファイバ温度監視装置による監視

【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	<p>代表的な機種の外観</p>

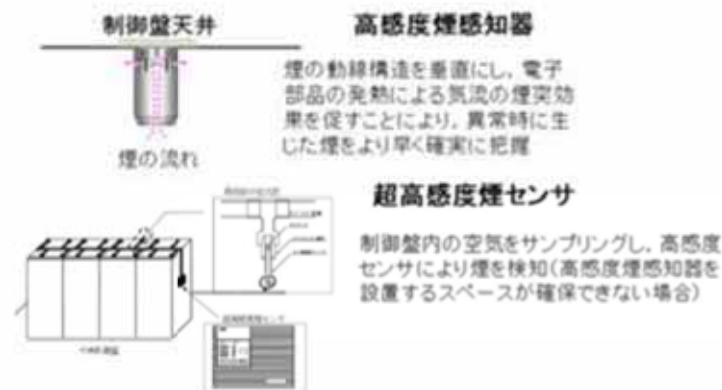


熱感知カメラによる監視

【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%)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 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

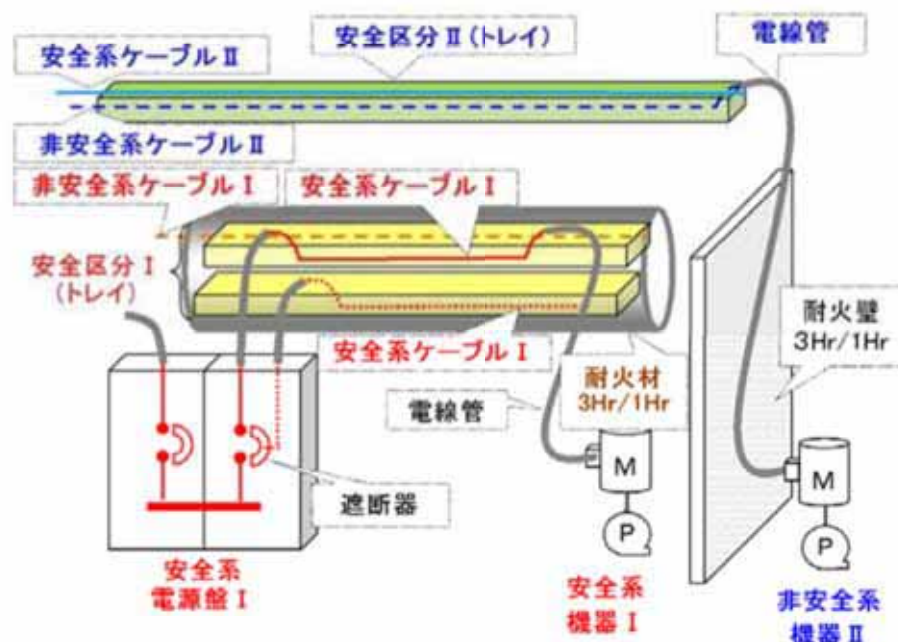


11. 安全機能を有するケーブルの影響軽減(系統分離)

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)】

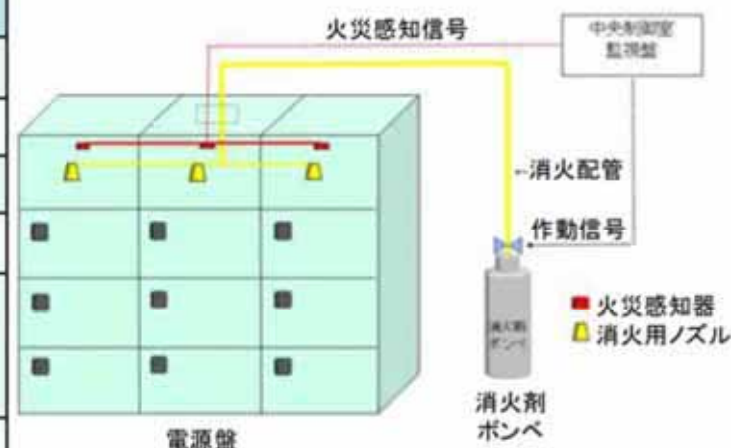
12. 電源盤等に対する火災防護対策, 火災感知設備や消火設備の設計

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*	<ul style="list-style-type: none"> ・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*	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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**



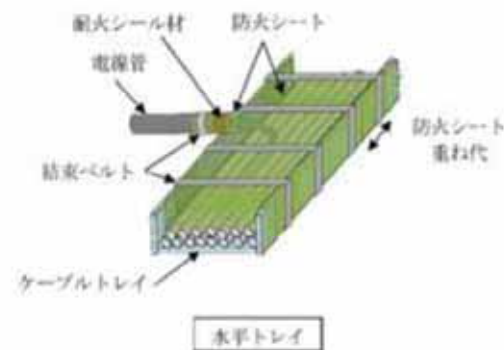
防油堤の設置



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

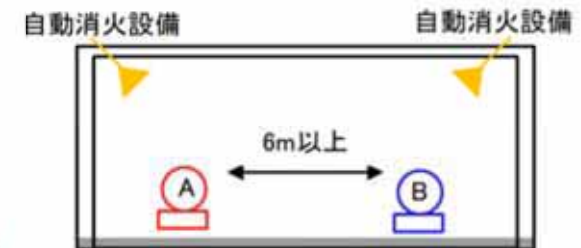
3時間以上の耐火能力を有する耐火壁により、他の火災区域から分離・安全区分ⅠとⅠ以外の設備の設置されるエリアを考慮して設定

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

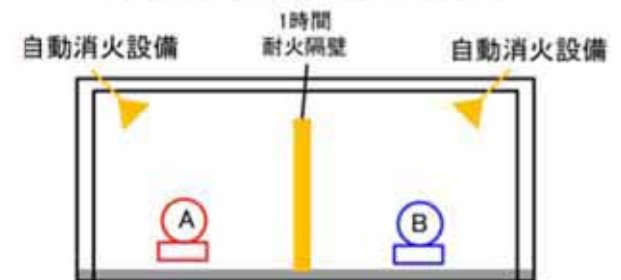
更に、火災区画にある異区分の機器について、系統分離を実施・安全区分ⅠとⅡ、Ⅲを分離し、延焼を防止



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

◆ 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)

系統分離対策

<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

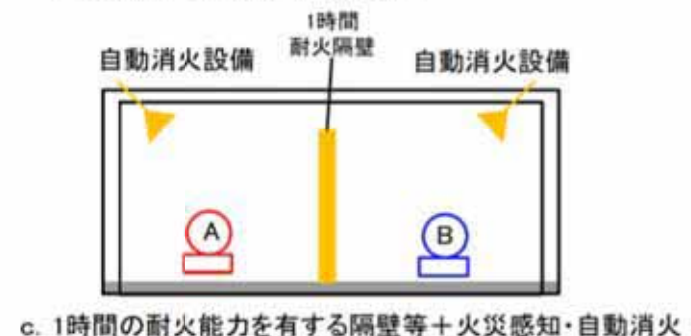
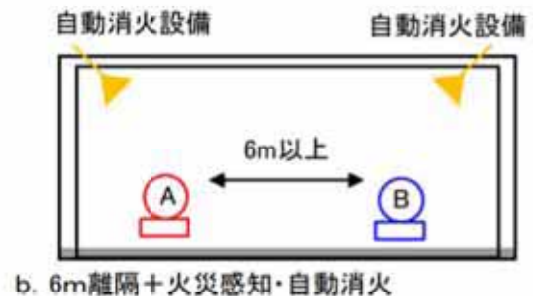
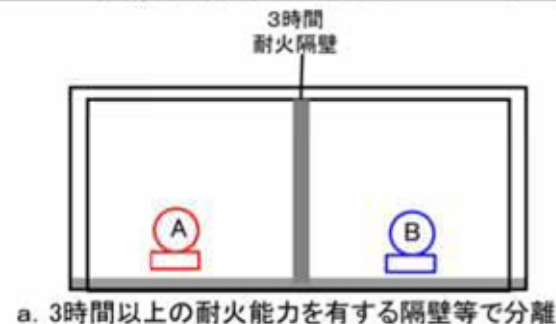
- 6mの隔離(可燃物なし)を確保した系統分離

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



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ることを規定
 - ・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



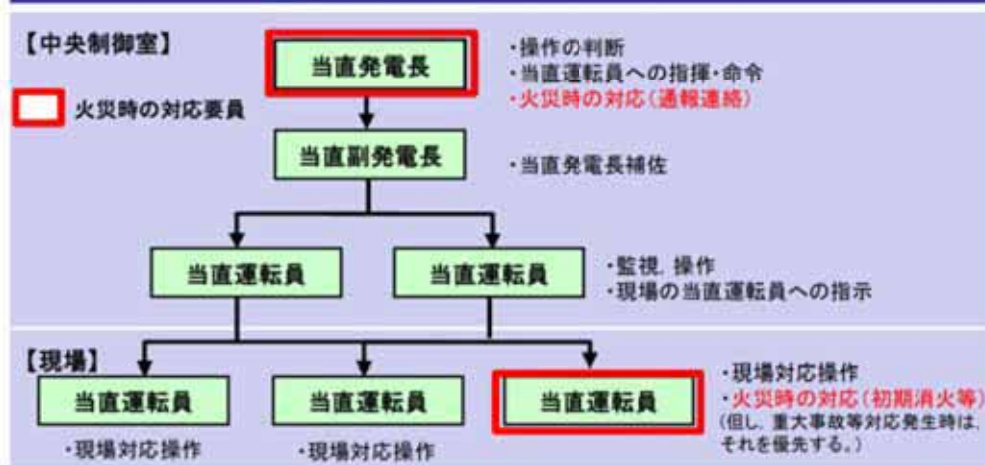
(1) 発電所構内で発生した火災に対する消火活動体制

➤ 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>



運転中の当直(運転員)の体制



- 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 <u>手動消火</u> |
| ● 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</u> <u>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。

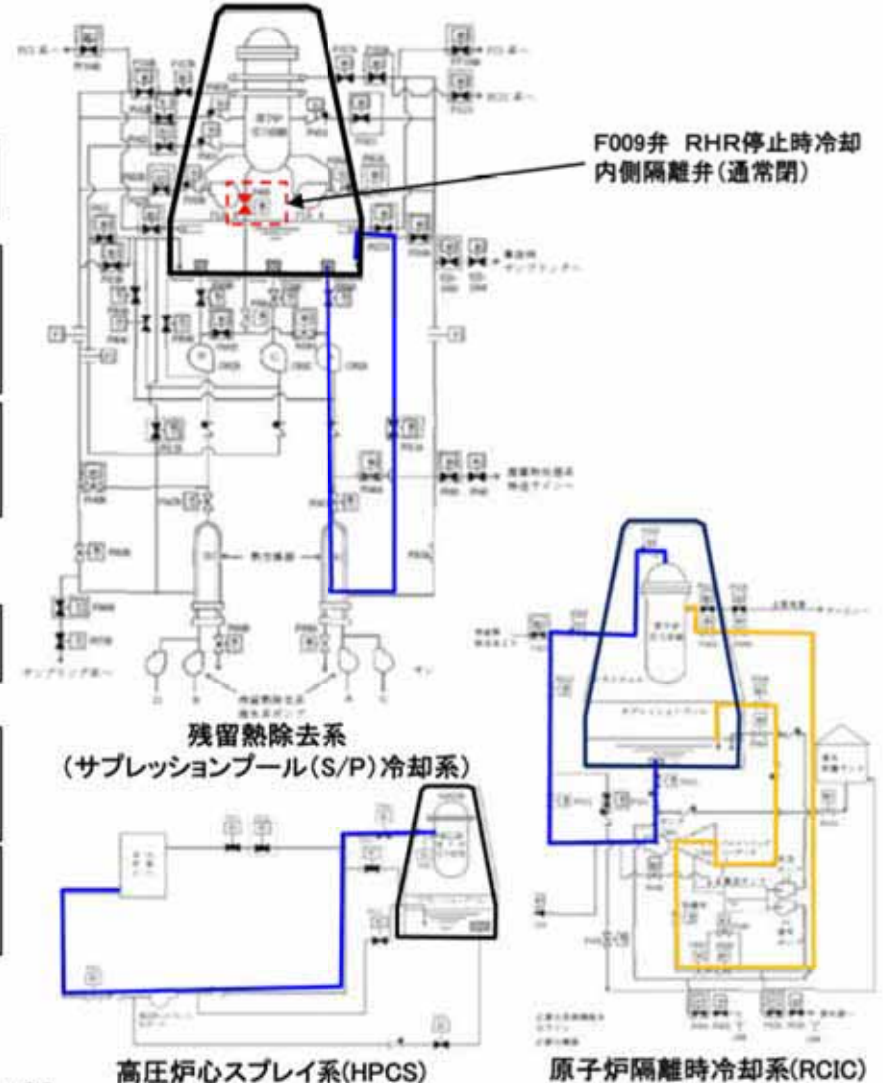
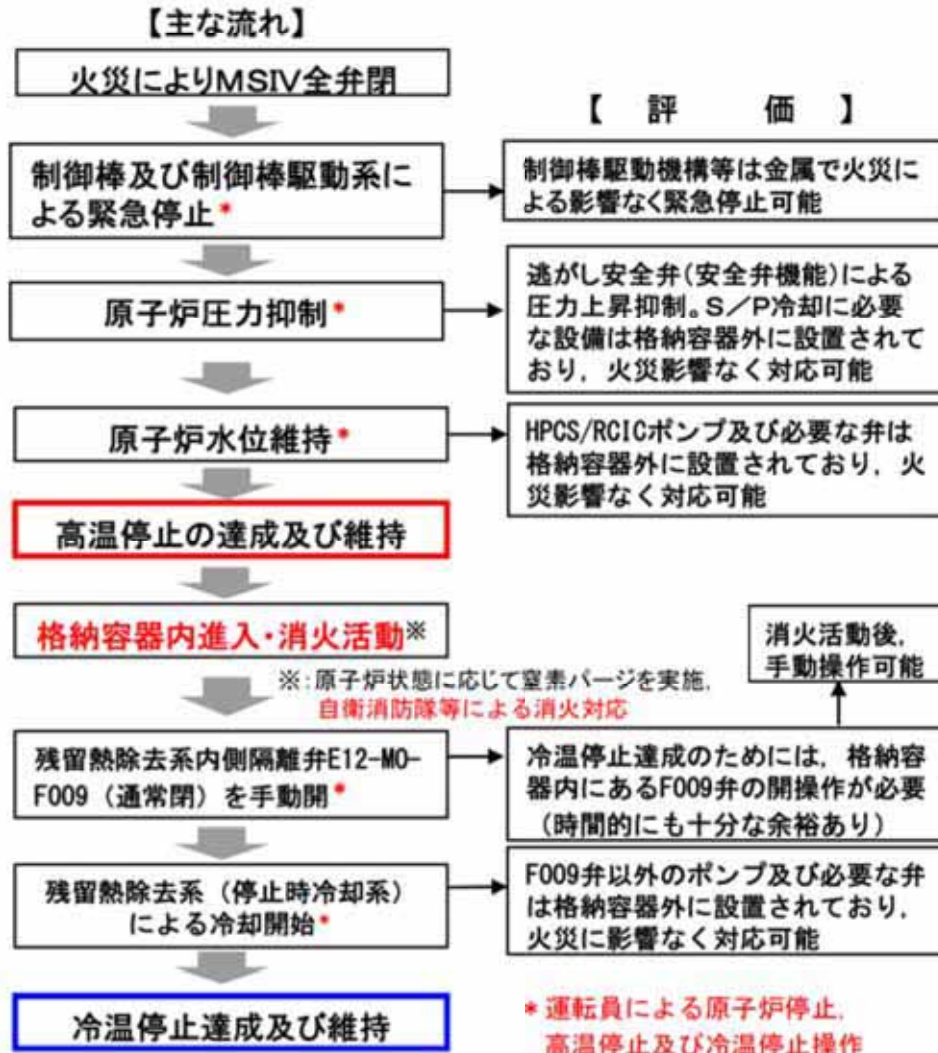
14. 運転員による操作や消火活動が必要な火災が発生した場合の具体的な対応手順等



(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

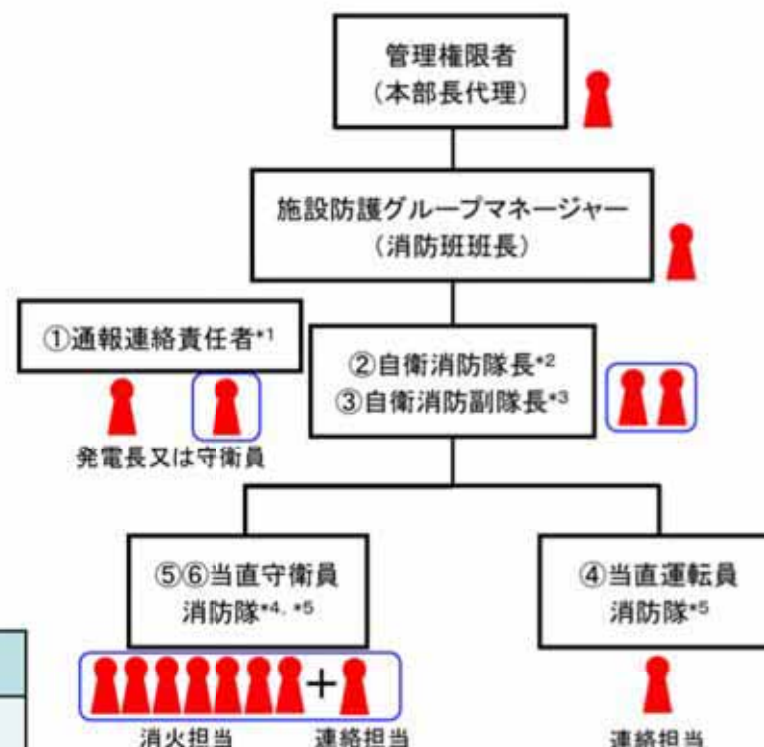
・東海第二発電所の管理区域及び周辺防護区域において火災が発生した場合、発電所構内に常駐している当直守衛員及び当直運転員が初期消火活動を行う。

◆ 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、**セルフエアースーツ**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**

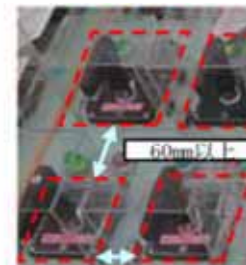
d. 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持

- ◆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



約35mm
60mm以上



区分Ⅰ
区分Ⅱ
区分Ⅲ

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

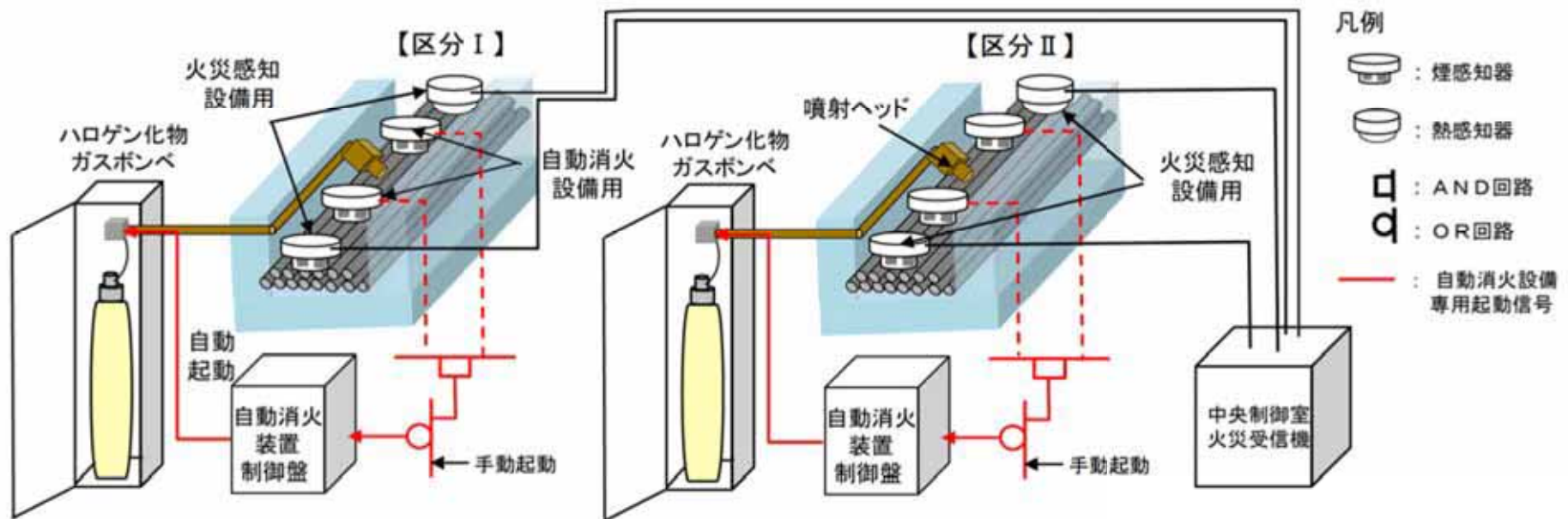
ケーブルは安全区分に応じ、区分された1時間の耐火能力を有するコンクリートピットに敷設

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、内部に絶縁油を満ち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。

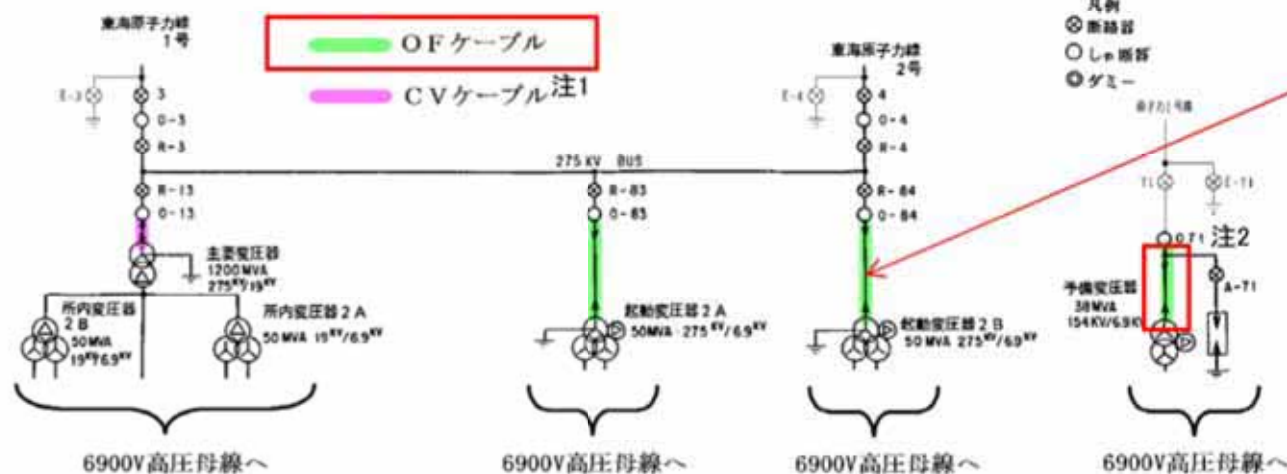
*2 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器

*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)



OFケーブル洞道



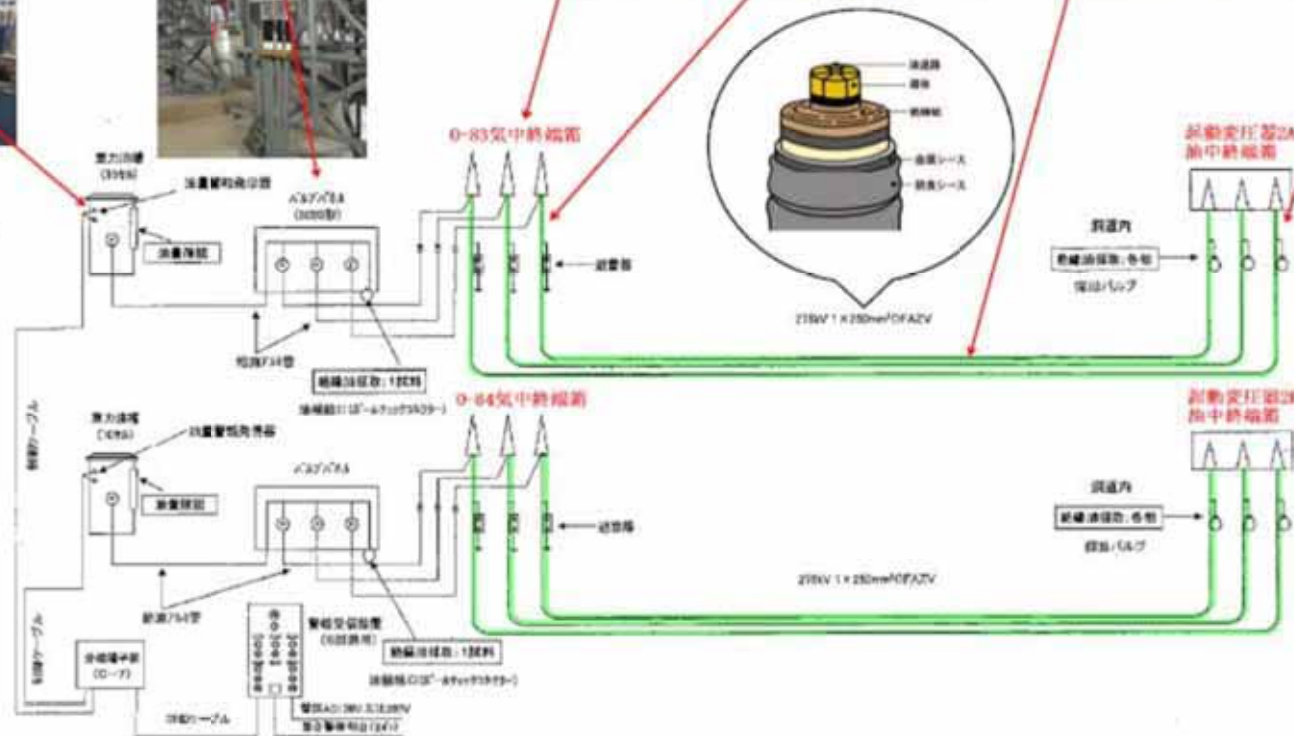
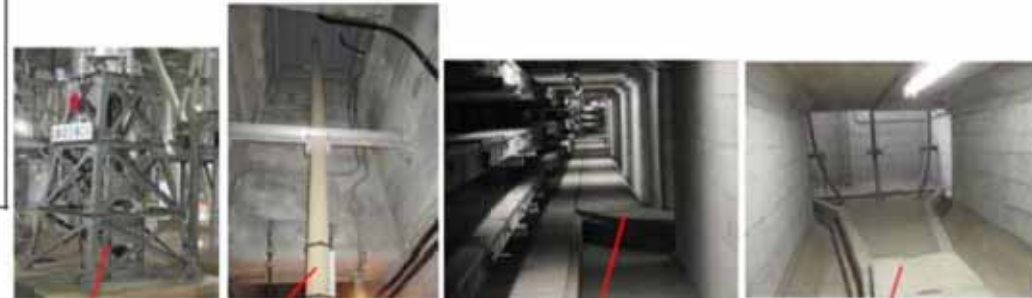
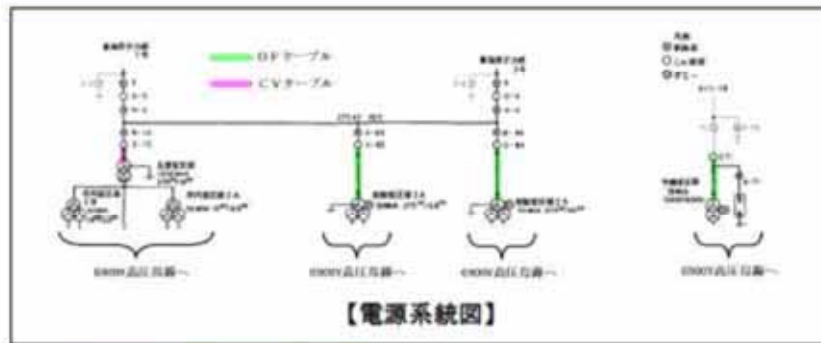
注1 CVケーブル：架橋ポリエチレン塩化ビニルシースケーブル

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)