東海第二発電所

火災による損傷防止

（非難燃ケーブルの対応について）

平成28年12月22日

日本原子力発電株式会社

目次（1／2）

Ⅰ．基準要求に対する適合方針

：本日の説明範囲

1．火災防護に係る審査基準と対象ケーブル
2．火災発生防止に係る基準適合の基本方針
　2．1　審査基準要求に適合するための基本方針
　2．2　基本方針に従った対応フロー
3．東海第二のケーブル配線の特徴
4．ケーブル取替方法と原子炉施設の安全性に係る課題の抽出
　4．1　トレイ敷設ケーブルの取替
　4．2　電線管とコンクリートピット敷設ケーブルの取替
5．原子炉施設の安全性をより向上させる対応の検討
　5．1　代替措置の選定
　5．2　抽出された原子炉施設の安全性に係る課題に対する代替措置の評価
　5．3　代替措置の難燃性についての保安水準の設定と確認結果
　5．4　代替措置の施工性
　5．5　代替措置による原子炉施設の安全性への影響
　5．6　原子炉施設の安全性をより向上させる対応の総合評価
6．まとめ

目次(2／2)

Ⅱ. 複合体の概念について

1. 複合体の概念

1. 1 東海第二のケーブルトレイの特徴について

1. 2 複合体について

（1） 基本的なシート施工方法の考え方

（2） 難燃ケーブルと複合体の比較

：本日の説明範囲

Ⅲ. 具体的設計方針及び設計目標の達成の確認

1. 具体的設計方針

2. 設計目標の達成確認方法及び目標達成の確認

・自己消火性

・耐延焼性

・ケーブル及びケーブルトレイへの影響

3. 防火シート等の耐久性確認

・設置環境下の耐久性

・外力による影響

4.非難燃ケーブルの防火措置の施工確認

5.ケーブルの防火措置対応

Ⅰ．基準要求に対する適合方針

1. 火災防護に係る審査基準と対象ケーブル

本資料では，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（以下「審査基準」という。）の「2.1火災発生防止」における要求事項(難燃性能)に係るケーブルを対象とする。

【審査基準】

2.1 火災発生防止
2.1.2 安全機能を有する構築物，系統及び機器は，以下の各号に掲げるとおり，
不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計であること。
(3) ケーブルは難燃ケーブルを使用すること。

＜対象ケーブル＞

審査基準「2.基本事項」に従い以下のケーブルとする。

◆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，系統及び機器に接続されるケーブル

◆放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器に接続されるケーブル

東海第二では，安全機能を有する構築物，系統及び機器に接続されるケーブル（以下「安全系ケーブル」という。）と非安全系（常用）ケーブルが，同じケーブルトレイに敷設される設計となっている。

これらの非安全系ケーブルに対する要求事項は，審査基準「2.3火災の影響軽減」及び設置許可基準規則第12条に基づく安全系の系統分離及び上位クラスの重要度の安全機能への波及的影響に係る要求事項であり，これらの要求事項に対する適合性については，別途説明する。（添付1）

＜参考 審査基準抜粋＞
2.3 火災の影響軽減
(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。

2. 火災発生防止に係る基準適合の基本方針

2.1　審査基準要求に適合するための基本方針

①審査基準の要求対象となるケーブルは難燃ケーブルに取替えることを原則とする。対象ケーブルは審査基準「2. 基本事項」に従い，以下のケーブルとする。

◆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，系統及び機器に接続されるケーブル
◆放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器に接続されるケーブル

②ケーブル取替以外の措置（以下「代替措置」という）により，原子炉施設の安全性がより向上する場合は，当該ケーブルに対し代替措置を適用する。代替措置の難燃性※1については，保守的に設定した保安水準（審査基準が要求する難燃ケーブルと同等以上の難燃性 ）を達成できることを実証する※2 。

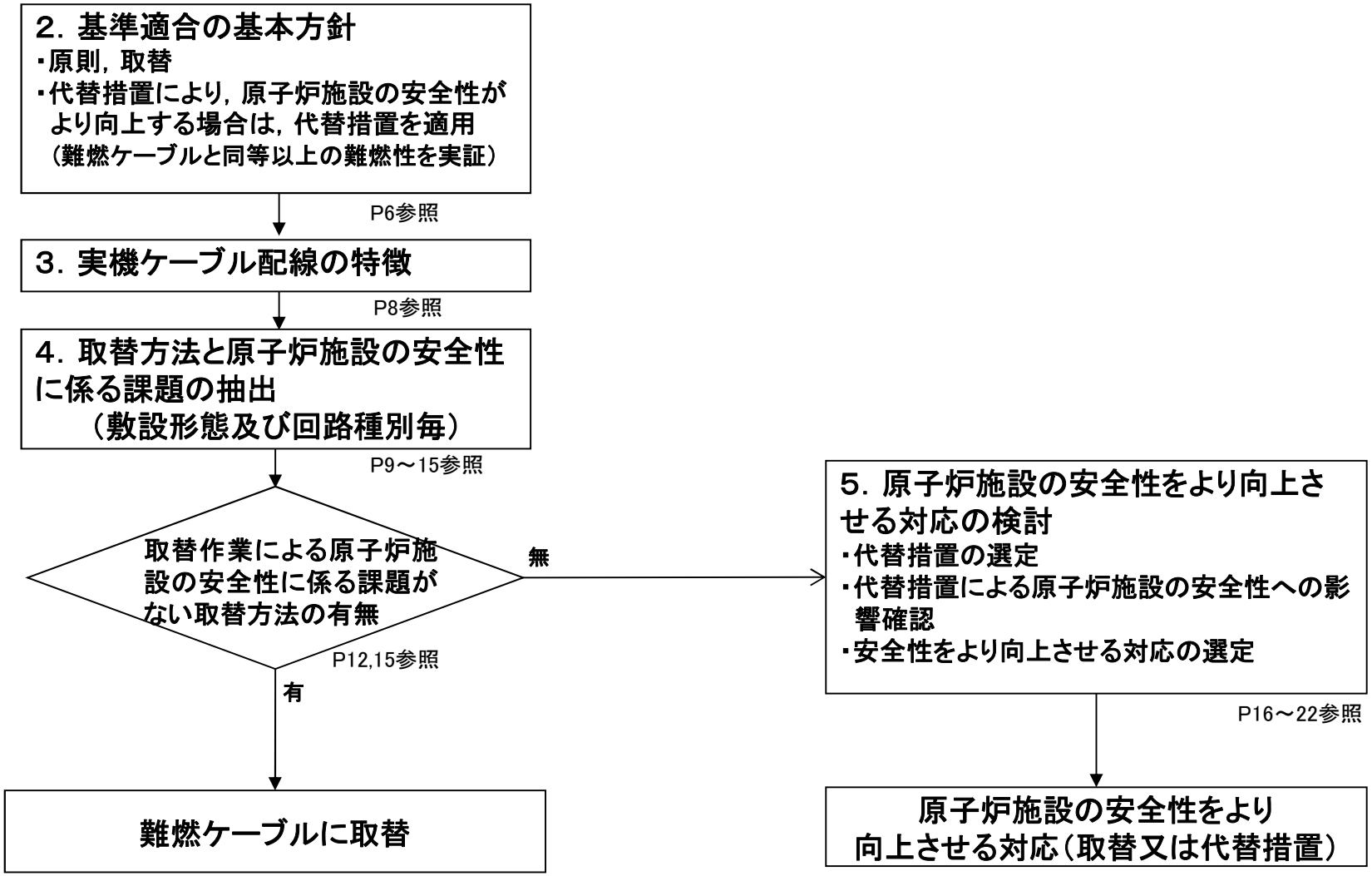
◆非難燃ケーブルを既に敷設したプラントであり，ケーブル敷設形態及び取替方法によっては，原子炉施設の安全性に係る課題が生じる場合がある。
◆代替措置の適用に当たっては，取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題及び代替措置の適用によるメリット・デメリットを総合的に評価し判断する。

※1：審査基準2.1.2(3)
　使用するケーブルについて，「火災により着火し難く，著しい燃焼をせず，また，加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質」を有していることが，延焼性及び自己消火性の実証試験により示されていること。
※2：設置許可基準規則の解釈の適用
　（解釈抜粋）設置許可基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は，本解釈に限定されるものではなく，設置許可基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば，設置許可基準規則に適合するものと判断する。

2. 火災発生防止に係る基準適合の基本方針

2.2 基本方針に従った対応フロー

◆2．1の審査基準要求に適合するための基本方針に従った対応フローは以下のとおり



3. 東海第二のケーブル配線の特徴

東海第二発電所は，建設当時に非難燃ケーブルが敷設されており，ケーブルトレイに敷設された非難燃ケーブルには火災防護対策として延焼防止材が塗布されている。また，建設後の増改良工事における新設ケーブルには，難燃ケーブルが採用されている。

敷設されたケーブルは下記4種類の回路種別に分類され，敷設形態はケーブルトレイ，電線管及びコンクリートピットの3種類に大別される。

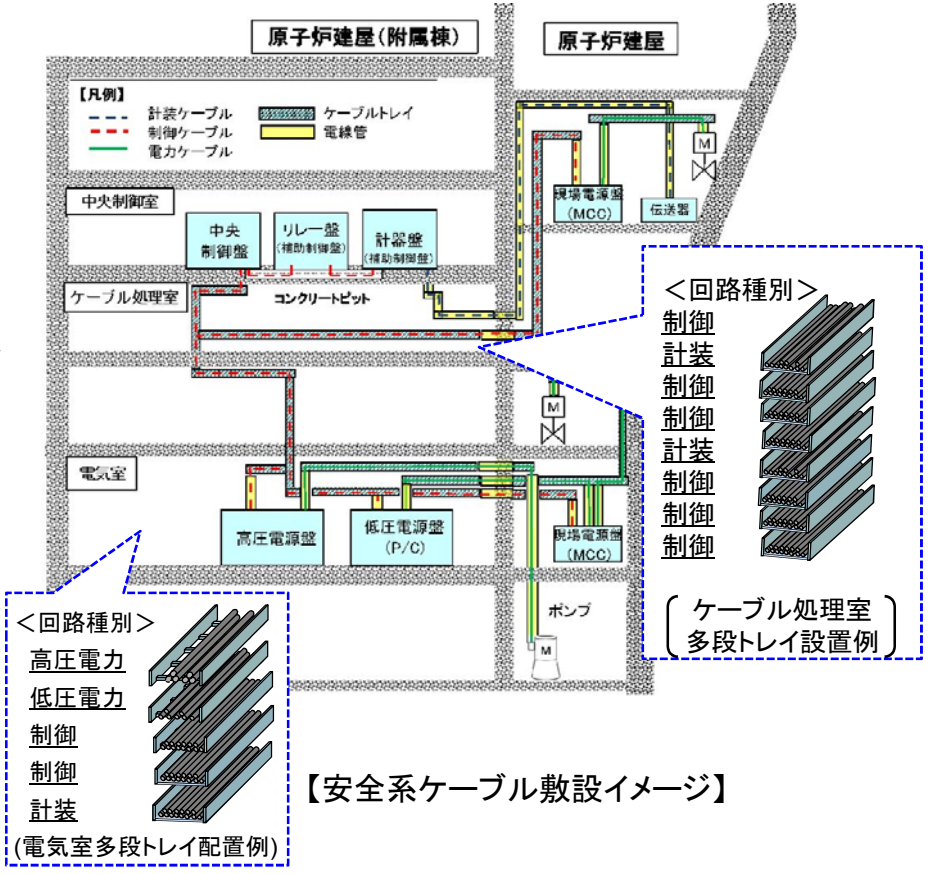
◆高圧電力ケーブル
電気室の高圧電源盤から現場の各機器までケーブルトレイで敷設

◆低圧電力ケーブル
電気室の低圧電源盤から現場電源盤，現場電源盤から各機器までケーブルトレイで敷設

◆制御ケーブル
中央制御盤からケーブル処理室を経由し，各機器までケーブルトレイ又は電線管で敷設
また，中央制御室の床下コンクリートピットで制御盤間を連絡

◆計装ケーブル
現場の伝送器からケーブル処理室を経由し，中央制御室の制御盤までケーブルトレイ又は電線管で敷設（電線管が多い）

【ケーブルの敷設形態は，以下に大別】
①電線管　　…全長を電線管で配線
②コントリートピット …全長をピット内配線
③ケーブルトレイ　…ケーブルトレイで配線し，一部を分岐させた後，電線管で機器等へ配線。ケーブルトレイは回路種別，ケーブル量に応じ多段に設置



【安全系ケーブル敷設イメージ】

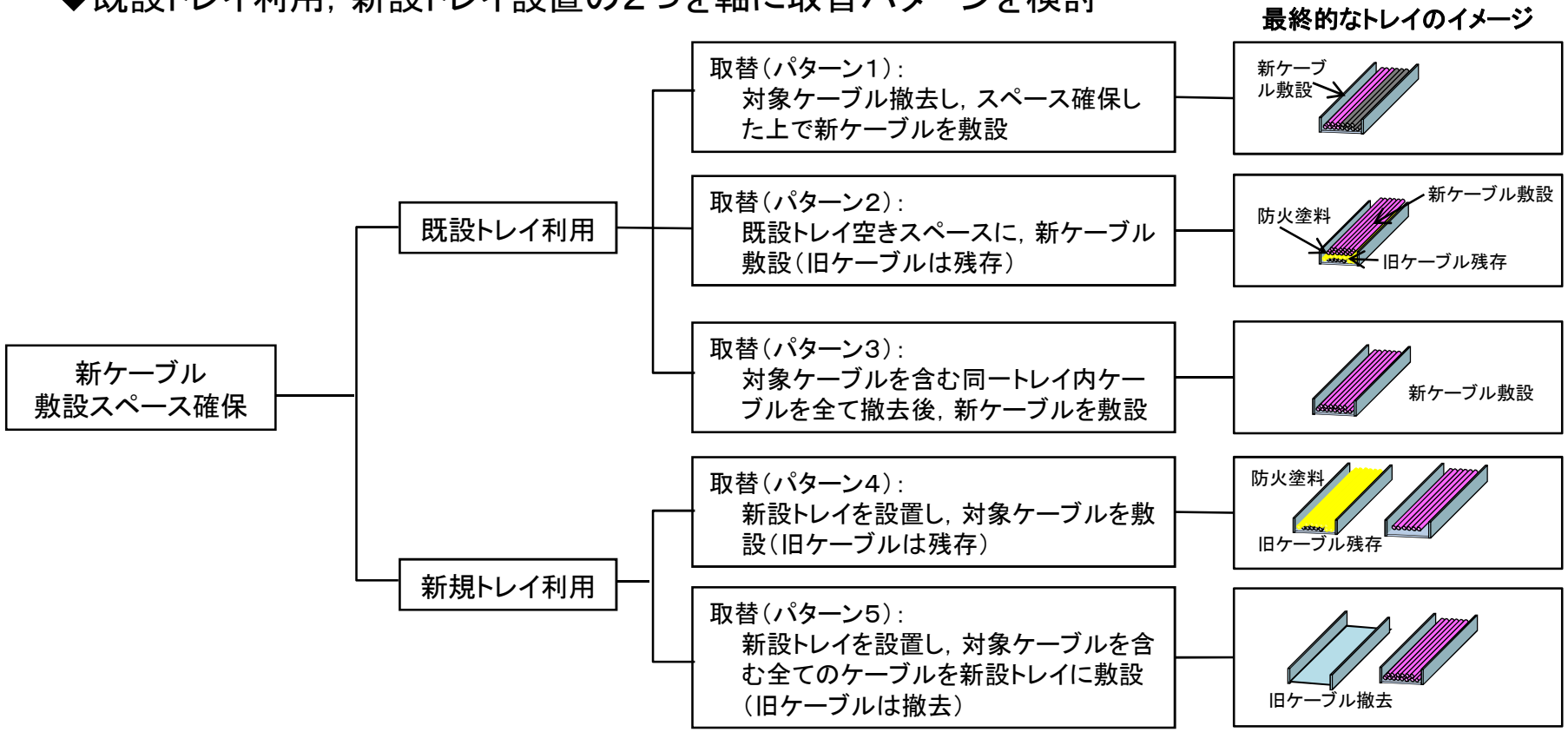
4. ケーブル取替方法と原子炉施設の安全性に係る課題の抽出

4. 1　トレイ敷設ケーブルの取替

(1)取替パターン

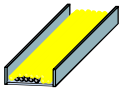
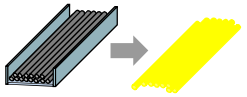
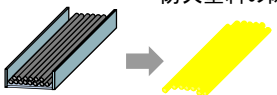
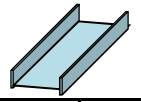
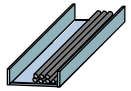
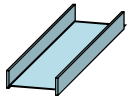
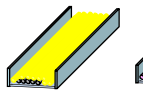
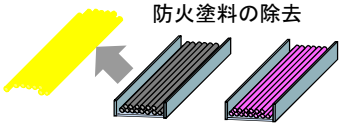
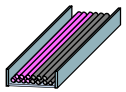
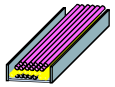
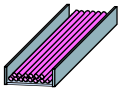
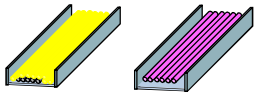
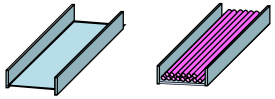
東海第二のケーブル敷設形態の特徴を踏まえ，ケーブル取替の方法について，新設ケーブルの敷設ルートを考慮し，実機適用可能な取替パターンを抽出

◆新ケーブルを敷設するためのスペース確保に着目して検討
◆既設トレイ利用，新設トレイ設置の2つを軸に取替パターンを検討



4. ケーブル取替方法と原子炉施設の安全性に係る課題の抽出

前ページで抽出した取替パターンのイメージ及び実機適用性は以下のとおり。

		既設トレイ利用			新設トレイ利用	
		取替（パターン1） 対象ケーブルを撤去し，スペース確保した上で新ケーブル敷設	取替（パターン2） 既設トレイの空きスペースに，新ケーブル敷設 （旧ケーブルは残存）	取替（パターン3） 対象ケーブルを含む同一トレイ内ケーブルを全て撤去後，新ケーブル敷設	取替（パターン4） 新設トレイを設置し，対象ケーブルを敷設（旧ケーブルは残存）	取替（パターン5） 新設トレイを設置し，対象ケーブルを含む全てのケーブルを敷設 （旧ケーブルは撤去）
取替方法		 防火塗料が塗布された非難燃ケーブル				
		 防火塗料の除去	―	 防火塗料の除去	 新設トレイ設置	
		 対象ケーブルのみ撤去		 旧ケーブル撤去	―	 新ケーブル敷設  防火塗料の除去
		 新ケーブル敷設	 新ケーブル敷設	 新ケーブル敷設	 新ケーブル敷設	 旧ケーブル撤去
適用性※1	高圧	○	○	○	○	○
	低圧	―※2	―※3	○	○	○
	計装制御	―※2	―※3	○	○	○

※1：作業に必要なスペースの確保（干渉物移設等）の成立性は考慮していない
※2：上段のトレイの撤去が必要であり，取替対象外の撤去も必要
※3：敷設スペースなし

【凡例】「○」実機適用可能
「―」実機適用不可

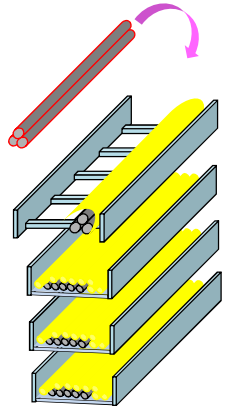
4. ケーブル取替方法と原子炉施設の安全性に係る課題の抽出

取替（パターン1）での，高圧電力ケーブルと低圧電力及び計装・制御ケーブルとの実機適用の違いは以下のとおり。

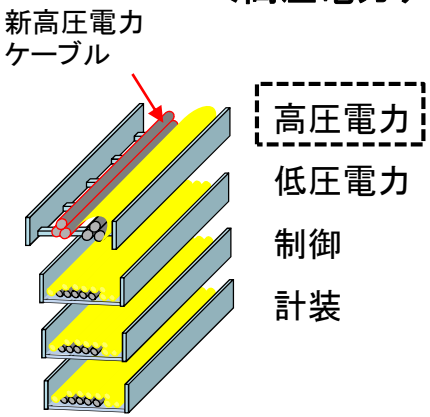
＜高圧電力ケーブル＞

【対象ケーブルの取替手順】

高圧電力ケーブルは最上段のケーブルトレイに設置されるため，実機への適用可能

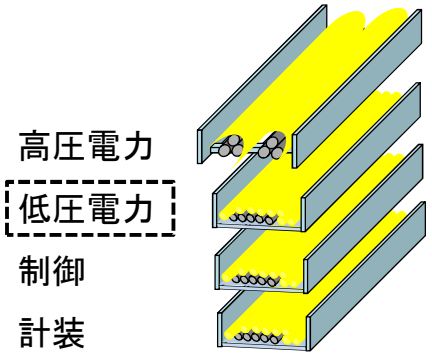


対象新高圧電力ケーブル敷設

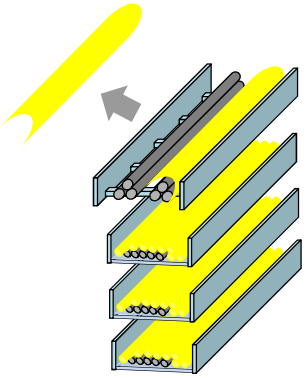


対象新高圧電力ケーブル敷設完了

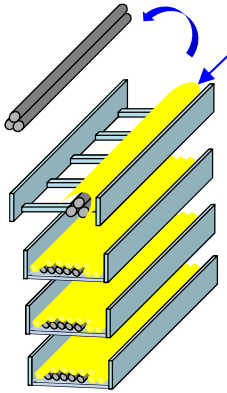
＜低圧電力ケーブル＞



作業前



延焼防止材除去



対象高圧電力ケーブル撤去

対象外のケーブル（非安全系）が撤去されないパターンのため，下段のトレイに敷設されるケーブル（低圧電力，計装・制御ケーブル）の取替えには適用できない

4. ケーブル取替方法と原子炉施設の安全性に係る課題の抽出

(2)取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題

◆抽出した取替パターン毎に取替作業及び取替後の敷設状況を考慮し，取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題を抽出（添付2，添付3．1）

＜検討結果＞

◆高圧電力ケーブルは，原子炉施設の安全性に係る課題のない取替パターンが適用可能。

◆低圧電力及び計装・制御ケーブルは適用可能な取替パターンが存在するが，いずれの取替パターンも原子炉施設の安全性に係る課題を有する。

回路種別	原子炉施設の安全性に係る課題				
	既設トレイ利用			新設トレイ利用	
	取替（パターン1）	取替（パターン2）	取替（パターン3）	取替（パターン4）	取替（パターン5）
高圧電力ケーブル	・なし	・可燃物量増加	・作業期間中にも維持が必要な安全機能の信頼性低下 〔 ①参照 〕	・可燃物量増加 ・建屋躯体開口による耐震性低下 〔 ②参照 〕	・建屋躯体開口による耐震性低下 〔 ②参照 〕
低圧電力ケーブル			・同上	・同上	・同上
計装・制御ケーブル			・同上	・同上	・同上

：原子炉施設の安全性に係る課題あり

4. ケーブル取替方法と原子炉施設の安全性に係る課題の抽出

①ケーブル取替期間中の必要な安全機能の信頼性への影響

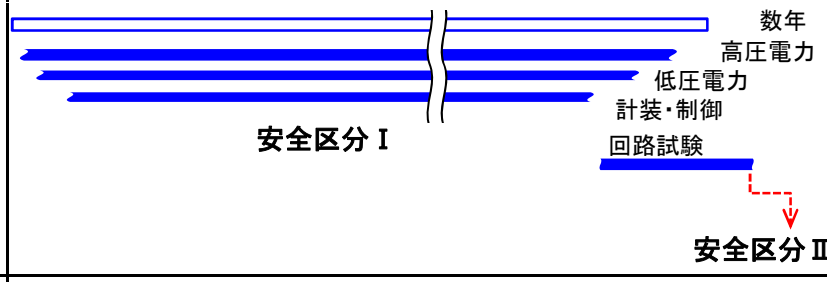
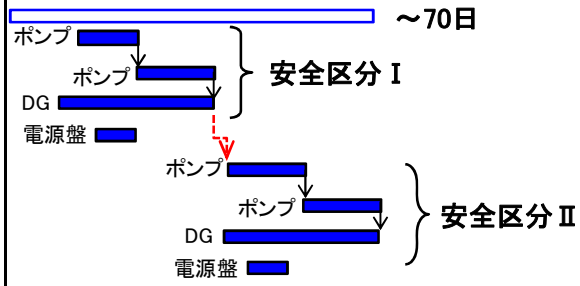
◆ケーブル取替期間中においても照射燃料の冷却・貯蔵等に係る安全機能の維持が必要（**添付3．2**）

◆既設ケーブルトレイを利用したケーブル取替（パターン3）においては，多段に設置されたケーブル及びケーブルトレイを撤去し，最下段から上段へトレイ設置，ケーブル敷設を繰り返し実施するため，必要な安全機能の片区分の系統が同時に隔離状態となる。

◆また，隔離がケーブル取替に伴うものであることから，隔離されていない片区分の異常時において，隔離系統の短期の復旧に期待することができない。

◆以上から，ケーブル取替による隔離状態においては，必要な安全機能の信頼性が通常定期検査に比べて低下するとともに，その状態が長期間継続することになる。

【ケーブル取替による隔離と標準定期検査時の隔離イメージ】

	隔離期間	備考
ケーブル取替による隔離（長期隔離）		・必要な安全機能の片区分の系統が同時に隔離状態 ・隔離系統の短期復旧に期待できない ・隔離が長期間
定期検査時の隔離		・必要な安全機能の片区分の一部の機器が隔離状態 ・隔離機器の短期復旧に期待できる ・隔離が短期間

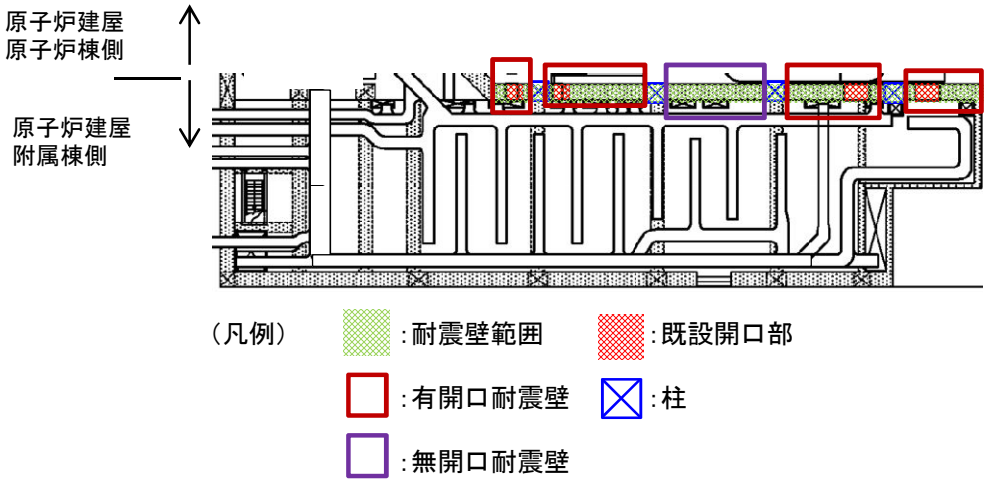
【取替期間中に維持が必要な安全機能】

分類	主な系統・設備
a. 保安規定で要求される運転上の制限（LCO）及びLCO逸脱時の措置に係る系統・設備	・燃料プール冷却浄化系 ・残留熱除去系 ・原子炉建屋ガス処理系 ・外部電源 ・直流電源 ・非常用ディーゼル発電機
b. 発電所の運用上機能維持が必要な系統・設備	・燃料プール冷却浄化系（浄化機能） ・原子炉補機冷却系 ・補機海水系 ・換気系 ・計装用空気系
c. 原子力災害特別措置法に基づく警戒事態，緊急事態（第10条，第15条）の判断に必要な系統・設備	・モニタリングポスト ・主排気筒モニタ ・放水口モニタ
d. 実用炉則に基づく事故・故障等の報告（第134条）の判断に必要な系統・設備	・液体廃棄物処理系出口モニタ ・廃棄物処理建屋排気筒モニタ

4. ケーブル取替方法と原子炉施設の安全性に係る課題の抽出

② 建屋躯体開口による耐震性への影響

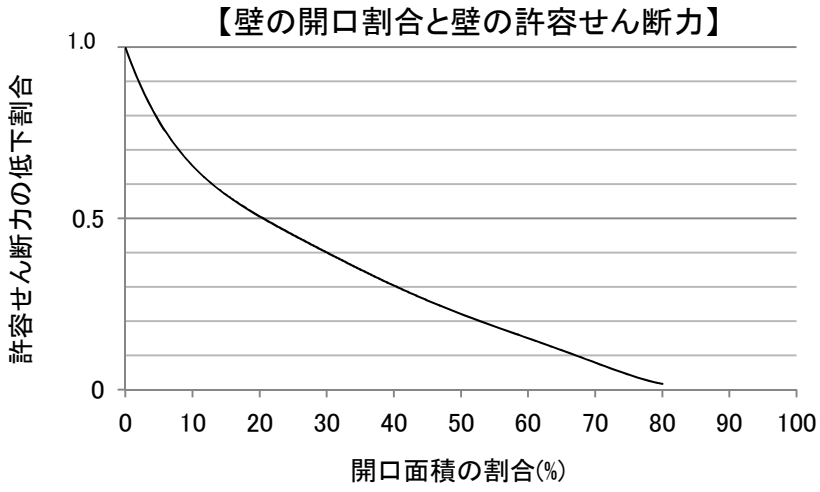
◆ケーブル敷設ルートとして新設トレイを利用する取替においては，建屋耐震壁に開口部を設ける必要がある。
◆取替（パターン4及びパターン5）による原子炉建屋原子炉棟～附属棟（ケーブル処理室）間の耐震壁に新たに開口が必要な面積は下表のとおり。
◆取替はケーブル処理室から機器まで敷設されたケーブルが対象となるため，壁開口は建屋バウンダリの耐震壁の他，建屋内の区画壁・床にも設ける必要がある。



【耐震壁の開口面積】

代表壁面積 （左右柱と上梁を含む壁面積）	約 25㎡	
ケーブルトレイ設置に 必要な開口面積（片区分）	ﾊﾟﾀｰﾝ4	ﾊﾟﾀｰﾝ5
	約 0.8m^2	約2.8m^2

開口面積の割合：約3.2%（パターン4），約11.2%（パターン5）



出典：2010年版　鉄筋コンクリート構造計算基準・解説
開口の見付面積による低減率算出式より算出

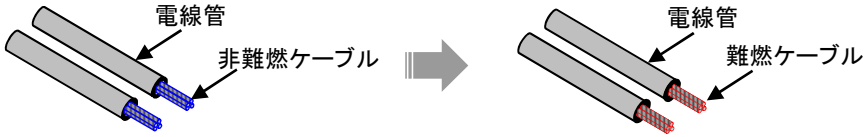
4. ケーブル取替方法と原子炉施設の安全性に係る課題の抽出

4．2　電線管とコンクリートピット敷設ケーブルの取替（添付4）

（1）電線管敷設ケーブル

◆電線管毎に既設ケーブルを撤去し，新ケーブルを敷設することが可能

◆この取替方法では，可燃物量の増加はなく，又，隔離範囲・期間を限定して取替可能

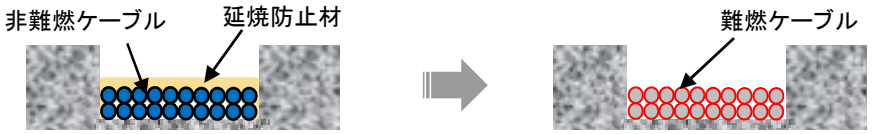


【電線管内ケーブル取替イメージ】

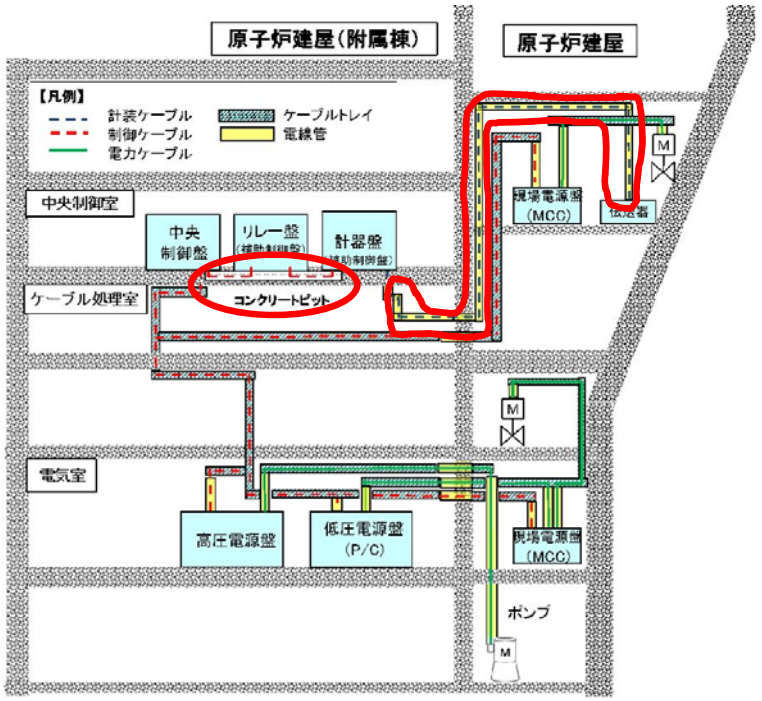
（2）コンクリートピット敷設ケーブル

◆中央制御室内での取替となるため，仮設ケーブルを使用することで機能を確保した上で，既設ケーブルを撤去し新ケーブルを敷設することが可能

◆この取替方法では，可燃物量の増加はなく，又，隔離範囲・期間を限定して取替可能



【コンクリートピット内ケーブル取替イメージ】



：取替範囲を示す

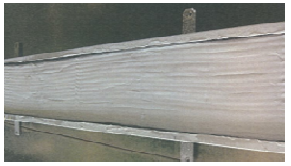
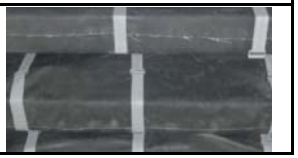
【安全系ケーブル敷設イメージ】

5. 原子炉施設の安全性をより向上させる対応の検討

トレイ敷設の低圧電力，計装・制御ケーブル取替について，原子炉施設の安全性をより向上させる代替措置を検討。

5．1　代替措置の選定

- ◆ 代替措置として，取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題を考慮し，既設非難燃ケーブルに対する防火措置として，産業界にて実績のある下表の4つの措置を検討
- ◆ 施工の均一性とその検認性，材質（燃え難さ），実機適用性の観点から，「防火シートによる複合体」を選定

代替措置	施工の均一性とその検認性	材質（燃え難さ）	実機ケーブルへの適用性	総合判定	適用例
雰囲気の不活性化	—	—	×	×	—
	—	—	区画毎の気密性の確保が不可能		
防火テープの施工	○	△	×	×	
	工業製品であるため均一な品質の確保が可能	難燃性	多層に敷設されたケーブルには不可能		
防火塗料の塗布	△	△	○	△	
	塗装全域にわたる均一な膜厚施工及び膜厚確認は困難（膜厚確認はサンプリング的）	難燃性	ケーブル単体及びケーブルトレイ単位に適用可能		
防火シートによる複合体形成	○	○	○	○	
	工業製品であるため均一な品質の確保が可能	不燃性	ケーブル単体及びケーブルトレイ単位に適用可能		

「○」:優れている　「△」:　○に比べ若干劣っている又は困難性がある　「×」:適用不可能

5. 原子炉施設の安全性をより向上させる対応の検討

5．2　抽出された原子炉施設の安全性に係る課題に対する代替措置の評価

選定した代替措置により取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題を回避できることを確認

	取替作業に伴う安全性に係る課題	防火シートによる複合体形成
1	ケーブル取替に伴う可燃物量の増加	既設ケーブルを使用するため，取替に伴う可燃物量増加はない
2	ケーブル取替作業に伴い必要な安全機能の片区分の系統が同時に隔離状態となることにより，信頼性が低下	作業に伴う既設ケーブルの隔離は不要なため，必要な安全機能の信頼性に影響は与えない
3	ケーブル取替作業に伴い新たな躯体開口が必要であるため建屋耐震性が低下	既設ケーブルトレイを使用するため，新たな躯体開口は必要はない

5. 原子炉施設の安全性をより向上させる対応の検討

5. 3 代替措置の難燃性についての保安水準の設定と確認結果

(1)保安水準設定の考え方

◆基本方針2. 1②を満足させるための保安水準を設計目標として設定

想定	設定の考え方	難燃ケーブルへの基準要求
①外部火災	難燃ケーブルと同等以上の難燃性の確保が必要	自己消火性，耐延焼性
②内部火災	難燃ケーブルとは異なり，防火シートによる複合体であるため，複合体外部の火災に加え，複合体内部での火災を想定した難燃性の確保が必要	要求なし
③複合体の不完全な状態（外部火災及び内部火災）	難燃ケーブルとは異なり，防火シートによる複合体であるため，複合体の不完全な状態（防火シートの破損等）を考慮した耐延焼性の確保が必要	要求なし

設計目標

Ⅰ. 複合体として外部火災に対して難燃ケーブルと同等以上の難燃性を確保する。

Ⅱ. 複合体として内部発火を想定しても必要な難燃性を確保する。

Ⅲ. 複合体の設計仕様を逸脱した状態（防火シート施工が不完全な状態）を想定した条件においても耐延焼性を確保する。

5. 原子炉施設の安全性をより向上させる対応の検討

(2)設計目標の確認結果

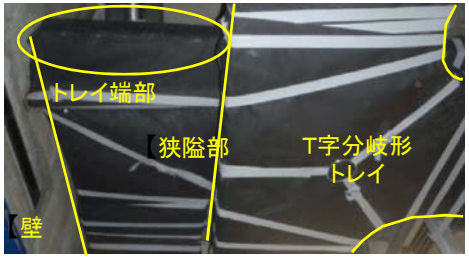
◆設定した設計目標と確認結果の概要は以下のとおりであり，基本方針2．1②を満足させるための保安水準を満たすことを確認(Ⅲ章にて詳述)。

設計目標	確認項目	確認結果	備考
Ⅰ 複合体として外部火災に対して難燃ケーブルを上回る難燃性能を確保する。	自己消火性	・保守的に防火シートを施工しない状態で，UL垂直燃焼試験を行い自己消火性を確認	
	耐延焼性	・難燃ケーブルの延焼性確認試験に準拠した試験条件における耐延焼性を確認 ・難燃ケーブルの延焼性確認試験条件より，熱量を増加させた条件における耐延焼性を確認 ・構成品のばらつき(ケーブル，空気量等)を保守的に組合わせた条件における耐延焼性を確認	
Ⅱ 複合体として内部発火を想定しても必要な難燃性能を確保する。	自己消火性	・Ⅰと同様	
	耐延焼性	・延焼しやすいトレイ設置方向(角度)による延焼しやすい方向(角度)を特定し，耐延焼性を確認	・延焼性はトレイ設置方向(角度)に依存するため
	遮炎性	・過電流を模擬して，発生する可燃性ガスの影響を考慮した防火シートの遮炎性を確認	・発生した可燃ガスが複合体内に蓄積する可能性があり，発火の影響を確認するため
Ⅲ 複合体の設計仕様を逸脱した状態(防火シート施工が不完全な状態)を想定した条件においても耐延焼性を確保する。	耐延焼性	・防火シートのずれ，損傷を想定し，ケーブルを露出させた条件で耐延焼性を確認	・念のため，複合体が不完全な状態(防火シートにずれ，損傷を想定)を模擬

5. 原子炉施設の安全性をより向上させる対応の検討

5. 4 代替措置の施工性

◆施工性については，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，傾斜トレイ等について施工可能であることを実機トレイを用いて確認（Ⅲ章にて詳述）

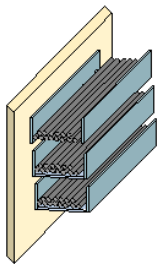


狭隘部
（壁の干渉部，トレイ端部
T字分岐形トレイ）

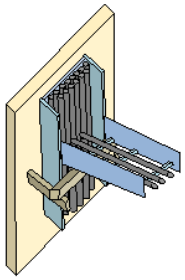
トレイ合流部

傾斜トレイ

【実機トレイを用いた代替措置の施工性を確認した状況】



狭隘となる壁の干渉部



トレイ合流部

T字分岐形トレイ

傾斜トレイ

【狭隘となる壁の干渉部等の概要図】

5. 原子炉施設の安全性をより向上させる対応の検討

5.5 代替措置による原子炉施設の安全性への影響

◆代替措置（防火シートによる複合体）の適用により，ケーブル及びケーブルトレイの保有機能，複合体機能，火災の検知・消火機能，その他の安全機能を有する他設備への影響等について評価・確認した。（添付5）

◆代替措置の適用については，原子炉格納容器内での適用を除き，原子炉施設の安全性に影響を与えない。

項　目		複合体形成において考慮すべき事項	評価・確認結果	影響
火災防護上要求される機能	（1）複合体の難燃性	熱・放射線による経年劣化	使用（温度，放射線）環境下での耐久性を確認	—※
		薬品による腐食等	酸，アルカリ水溶液の浸漬試験を実施し，割れ，膨れ等の異常がないことを確認	
		地震によるシートのずれ	加振試験にて複合体設計仕様が維持できる（防火シートのずれがない）ことを確認	
	（2）火災検知	防火シートによる火災検知性低下	複合体内部に感知設備を設置することで機能を確保可能	—
	（3）火災消火	防火シートによる火災消火性低下	複合体内部に消火設備を設置することで機能を確保可能	—
ケーブル及びケーブルトレイの安全機能	（4）通電機能（ケーブル）	防火シートによる放熱性低下	許容電流値（最大通電可能電流）は低下するが，定格電流値以上であり通常使用状態での通電機能に影響がないことを確認	—※
	（5）絶縁機能（ケーブル）	防火シートの直接接触	防火シートとのケーブルの接触により絶縁性能（絶縁抵抗及び耐電圧）が低下しないことを確認	—※
			防火シートのpH測定によりケーブルやケーブルトレイに影響（腐食等を発生させないこと）を与えないことを確認	—※
		防火シートによる放熱性低下	定格電流における絶縁体の温度は上昇するが，許容連続使用温度以下であり，絶縁機能に影響がないことを確認	—※
		ケーブルの点検	絶縁抵抗測定によるケーブル点検可能	—
	（6）耐震性（ケーブルトレイ）	複合体形成による重量増加	重量増加に対応してサポートを設置することにより耐震性を確保可能	—
その他原子炉施設の安全機能		LOCA時環境悪化による複合体の他設備への影響	ジェット流により原子炉格納容器内の防火シート，結束ベルトが破損しデブリとなることで，ECCSストレーナ閉塞の可能性あり	有

※：Ⅲ章にて詳述

5. 原子炉施設の安全性をより向上させる対応の検討

5. 6 原子炉施設の安全性をより向上させる対応の総合評価

◆ 取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題を考慮した代替措置の適用によるメリットと適用によるデメリットを総合的に評価

①高圧電力ケーブル ： 取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題なし
（検討対象外）

②低圧電力，計装・制御ケーブル ：
代替措置の適用により，取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題を回避し，原子炉施設の安全性をより向上させることができると評価

回路種別	代替措置のメリット			代替措置のデメリット	評価
	取替（パターン3）との比較	取替（パターン4）との比較	取替（パターン5）との比較		
低圧電力ケーブル 計装・制御ケーブル	・作業期間中にも維持が必要な安全機能の信頼性低下を回避 （作業による既設ケーブルの隔離なし）	・可燃物量増加の回避（既設ケーブル使用） ・建屋躯体開口による耐震性低下の回避（既設ケーブルトレイの使用）	・建屋躯体開口による耐震性低下の回避（既設ケーブルトレイの使用）	ー （格納容器内にトレイ敷設のケーブルなし） （PCV外で施工できない箇所はない）	代替措置の適用により原子炉施設の安全性はより向上

6. まとめ

（1）「3. 火災発生防止に係る基準適合の基本方針」に基づき，原子炉施設の安全性をより向上させる観点から，火災発生防止に係るケーブルの対応を以下のとおりとする。

【対象ケーブル】

①原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための安全機能を有する構築物，系統及び機器に接続されるケーブル

②放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器に接続されるケーブル

ケーブル敷設形態	ケーブル種別	火災発生防止に係る対応
ケーブルトレイ	高圧電力	難燃ケーブルに取替
	低圧電力	防火シートによる複合体形成
	計装・制御	防火シートによる複合体形成
電線管※	高圧電力	—（該当ケーブルなし）
	低圧電力	難燃ケーブルに取替※1
※：格納容器内含む	計装・制御	難燃ケーブルに取替（核計装ケーブルを除く）※1
コンクリートピット	高圧電力	—（該当ケーブルなし）
	低圧電力	—（該当ケーブルなし）
	計装・制御	難燃ケーブルに取替※2

※1：同一電線管に敷設された非安全系の低圧電力，計装・制御ケーブル含む

※2：中央制御室床下コンクリートピットに敷設された非安全系の計装・制御ケーブル含む

（2）更なる火災発生リスク低減の観点からの自主的取替ケーブル（非安全系）

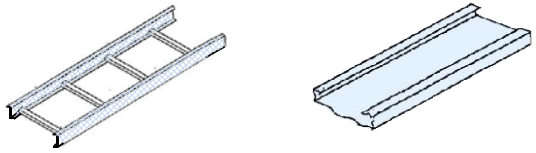
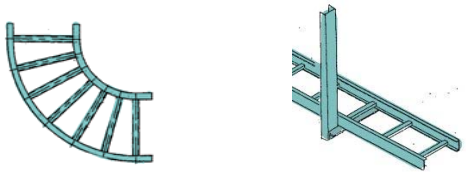
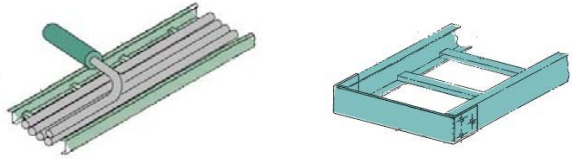
（1）の対象ケーブルと同一トレイに敷設された非安全系の高圧電力ケーブル（添付6）

Ⅱ．複合体の概念について

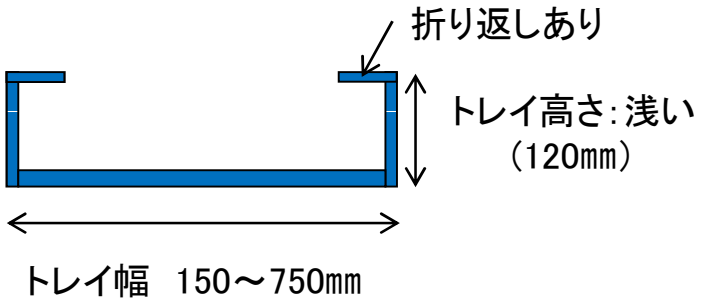
1. 複合体の概念

1．1　東海第二のケーブルトレイの特徴について

【トレイ形状（構造）】

トレイ形状	構造（例）
ラダータイプ， ソリッドタイプ	
L字形，サポート部	
T字分岐形，傾斜部	
電線管合流部，端部	

トレイ断面の特徴

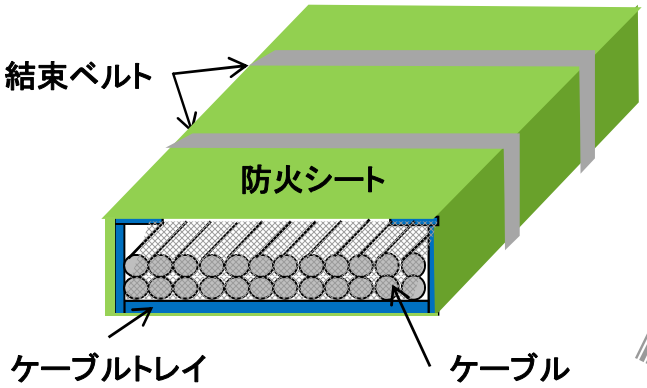


1．複合体の概念

1．2　複合体について（1／2）

複合体とは，非難燃ケーブルが敷設されたケーブルトレイを不燃性の防火シートで覆い，結束ベルトで固定したものである。

【標準の防火シートの巻き方】
・太鼓巻き

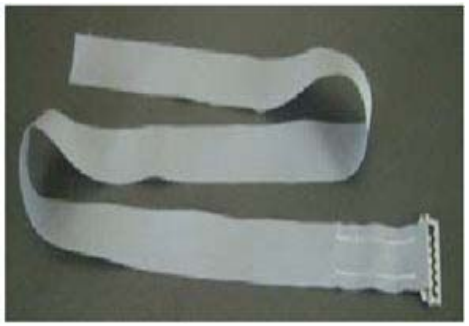


【ケーブルトレイ断面】

太鼓巻きの特徴
・防火シート内部に空気層ができる
・ケーブルの敷設量で空気層の容積が変わる

（凡例）

◆防火シート：（プロテコ®シート-P2・eco ）
【仕様】
・不燃材（ガラスクロス両面に難燃化ゴムをコーティング）
【目的】
・電力・制御ケーブルなどの延焼防止



◆結束ベルト
【仕様】
・不燃材（シリコーンコートガラスクロス製ベルト）
【目的】
・防火シートの固定

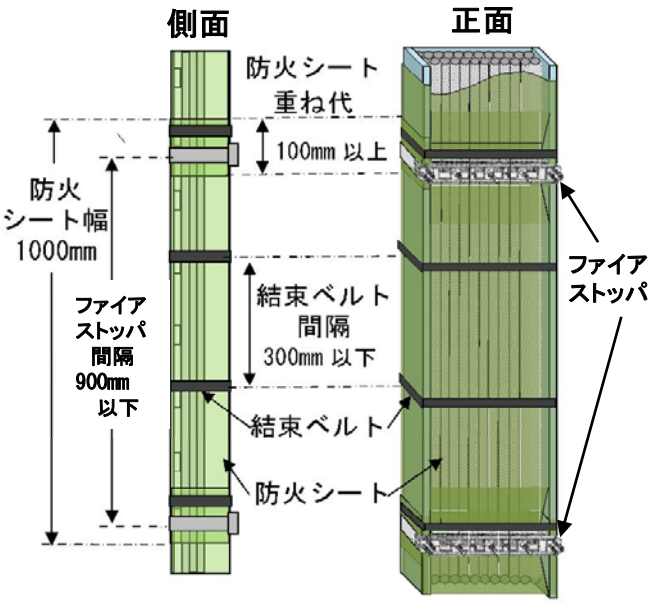
1. 複合体の概念

1．2　複合体について（2／2）

- ◆ 防火シートには，下表の要求内容を満たすものを採用する。
- ◆ 防火シートで覆う複合体には下表の要求内容を満足させる。

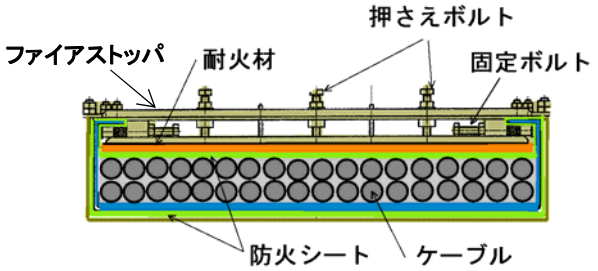
防火シートの要求内容	複合体の要求内容
建築基準法の不燃材及び防火設備に求められる遮炎性を有していること	防火シートは100mm以上重ねて巻く
使用環境に対応した耐久性を有していること	300㎜以内に結束ベルトを設置
想定される外力（地震等）では損傷しないこと	ファイアストッパは防火シート重ね部の900mm以内に設置

【複合体イメージ】



【ファイアストッパについて】

ケーブルトレイの延焼しやすい設置方向に対して，複合体にファイアストッパを設置する。



◆設置目的
- ・防火シート重ね部の浮き上がりを防止し，防火シートとケーブルを密着させる
- ・防火シート内への空気の流入を減らし，閉塞空間を作ることで延焼拡大を防止する
- ・地震等の外力によってもシートがずれないように固定させる

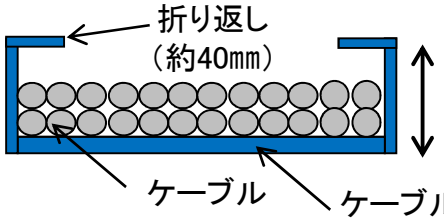
◆材質
- ・鋼材：SS400，SCM435　　亜鉛メッキ

◆その他
- ・防火シートとファイアストッパ間には耐火材（セラミックファイバー）を設置
  耐火材は柔らかく，適度な厚さを有しており，ケーブルの敷設状況（凸凹）に追従しシートをケーブルに密着させる

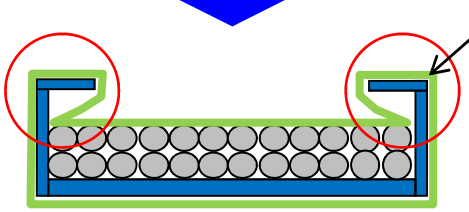
1. 複合体の概念

（1）基本的なシート施工方法の考え方

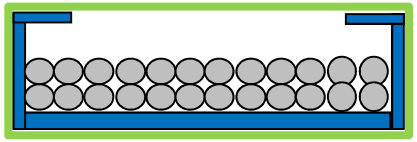
【ケーブルトレイ断面】



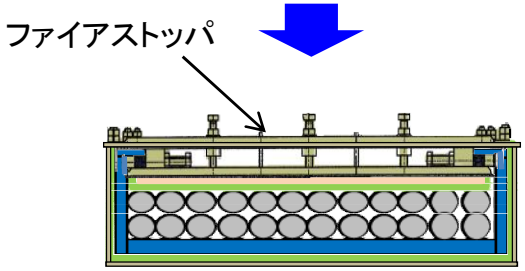
【東海第二ケーブルトレイの特徴】
◆トレイは浅く，内側への折り返しあり



【トレイ形状にそったシート敷設】
◆防火シートは自重により落下し，折り返し部の隙間（空気層）発生
◆折り返し部の間隙はケーブル敷設量等にも依存するため定量的に評価することは困難



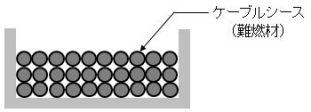
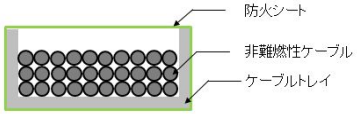
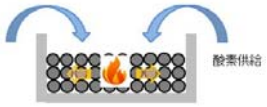
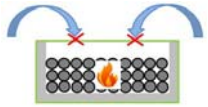
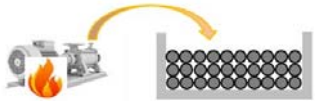
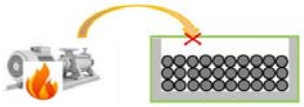
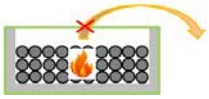
【基本的なシート施工方法（太鼓巻）】
◆シート施工時の不確実性（折り返し部の隙間）を排除し，隙間が最大となる巻き方（太鼓巻）による防火シートの性能を確認
（ケーブルとシート間隙についてもケーブル量を変えて確認試験を実施）



【内部火災への対応】
◆垂直トレイは，地震時のケーブルの揺れ防止のため，防火シートの重なり部（約900mm毎）保持金具を設置（45°を超えるトレイに設置）
◆この保持金具によりシートをケーブルに密着させ延焼を防止（ファイアストッパ）
◆なお，水平トレイは，ファイアストッパなしでも延焼が継続しないことを確認

1．複合体の概念

（2） 難燃ケーブルと複合体の比較

コンセプト比較	難燃ケーブル	複合体
材料 （延焼（着火）し難い）		
	ケーブル構成材料が難燃性であり，着火し難い	外郭を不燃材の防火シートで覆うことで，火炎の直火を抑制し延焼及び着火を防止
ケーブルの燃焼 （著しく燃焼しない）		
	構成材料が難燃性であり燃焼を抑制	防火シートで覆い，燃焼に必要な酸素を抑制することで燃焼を抑制
ケーブルへの燃焼拡大 （燃焼が広がらない）		
	ケーブル材料自体が難燃性であり，加熱源を除去すると燃え止まる	複合体外郭を不燃材の防火シートで覆い，火炎が直接ケーブルに触れないこと及び酸素の供給抑制によりケーブルは延焼しない
ケーブル 外部への延焼拡大 （その他）		
	ケーブル自体が難燃性のため，燃焼抑制により外部への延焼拡大を防止	複合体内部が燃焼しても，外郭となる不燃材の防火シートにより外部への延焼拡大を防止

難燃性：「火災により延焼（着火）し難く，著しい燃焼をせず，また，加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質」

添付１　設置許可基準規則第8条と第12条の要求

１．１　系統分離とケーブルに関する要求（第8条，第12条）

１．２　系統分離の考え方（第8条）

１．３　基準要求事項の分離要求に対する適合性（第8条）

添付1．1　系統分離とケーブルに関する要求（第8条，第12条）

◆本資料の「審査基準」2.1火災発生防止にて要求されるケーブルについて対象範囲

基　準	要　求　内　容	本資料における対象ケーブルの範囲
（火災による損傷の防止） 設置許可基準規則 第8条 火災防護に係る審査基準	2.基本事項 (1) …以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づいて、**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。 ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画 ② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域	基本事項に則り， ・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 ・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 に接続されるケーブルに対し火災防護対策を行う。
	2.1 **火災発生防止** 2.1.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、以下の各号に掲げるとおり、不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計であること。 **(3)　ケーブルは難燃ケーブルを使用すること。**	本資料ではケーブルに対する基準要求事項（火災発生防止）を対象とする。
	2.3 火災の影響軽減 (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。	火災の影響軽減（系統分離）については，ケーブルの難燃性要求とは別の要求事項であることから，本資料とは別に説明する。
（安全施設） ①設置許可基準規則第12条　第2項 ②発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針	第2項 安全機能を有する構築物、系統及び機器（安全施設）のうち、重要度が特に高い安全機能を有するものに対し、 ①多重性又は多様性を確保するために設置した同一の機能を有する安全施設との間において、「単一故障（従属要因による多重故障含む）」が発生した場合であっても機能できるよう「独立性」を確保 ②他の安全施設との間、または非安全施設との間において、「その一方の運転又は故障等」により安全機能が阻害されないように「機能的隔離及び物理的隔離」を実施	第12条では，重要度が特に高い安全機能の多重性・多様性，独立性を要求。 関連する「重要度分類に関する審査指針」においては，同位ないし上位クラスへの波及的影響を防止するための，隔離，分離を要求。 ケーブルの難燃性要求とは別の要求事項であることから，本資料とは別に説明する。

添付1．2　系統分離の考え方（第8条）

◆「審査基準」

審査基準2.3.1(2)
　原子炉の高温停止及び低温停止にかか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。

◆審査基準の解釈についての関西電力との面談記録（2014年5月20日 規制庁HP）

・確認事項
「火災防護に係る審査基準」2.3.1 (2) に記載された，「これらに関連する非安全系のケーブル」について，「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，系統及び機器に関連する非安全系のケーブルとの系統分離を行う」とは，当該ケーブルの火災により複数系統の安全系のケーブルに火災の影響が及ばないよう系統分離を行うことと解釈して良いか。
・回答
そのように解釈して良い。

◆審査基準の解釈についての関西電力との面談記録（2014年5月30日 規制庁HP）

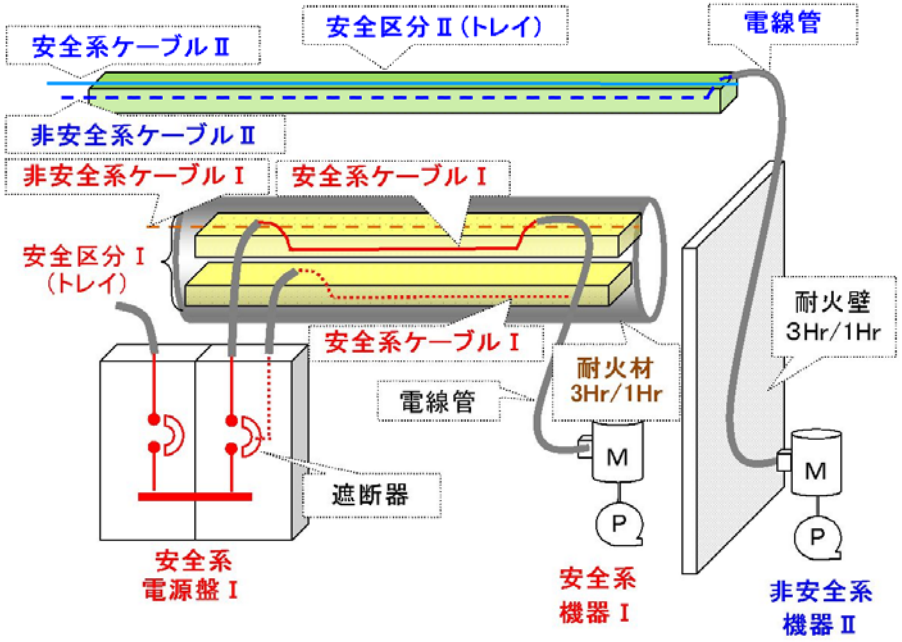
・確認事項
「火災防護に係る審査基準」 2.3.1 (2)に記載された，「これらに関連する非安全系のケーブル」について，「審査基準のa～cのいずれかの方法で，高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する機器，ケーブルを分離することで，非安全系のケーブルが，安全系のケーブルと同じトレイに敷設していても，審査基準を満足する状態になる」と解釈して良いか。
・回答
当該条項で要求しているのは，高温停止，低温停止に係わる安全機能が，ケーブルの単一火災により同時に機能を喪失しないよう系統分離することであり，安全系のケーブルと非安全系のケーブルの系統分離を求めているものではない。

添付1．3　基準要求事項の分離要求に対する適合性（第8条）

◆東海第二発電所の系統分離（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 のいづれかの方法で，高温停止及び低温停止に係わる安全機能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，高温停止及び低温停止に係わる安全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。



【火災の影響軽減　系統分離イメージ（a,c の方法の例）】

【系統分離方法】

a. 3Hr耐火壁，耐火材等で分離

b. 6m以上の離隔距離＋感知・自動消火設備で分離

c. 1Hr耐火障壁，耐火材＋感知・自動消火設備で分離

添付２　ケーブル取替作業に係る調査【ケーブルトレイ】

２．１　現場調査の確認ポイント

２．２　電力ケーブルの現場調査

２．２．１　高圧電力ケーブルの調査

２．２．２　低圧電力ケーブルの調査

２．２．３　電力ケーブルの敷設状況

２．３　計装・制御ケーブルの現場調査

２．３．１　計装・制御ケーブルの調査

２．３．２　計装・制御ケーブル敷設状況

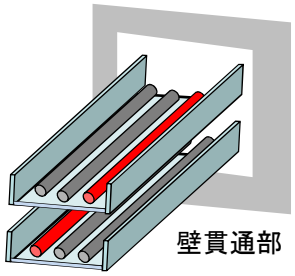
添付2．1　現場調査の確認ポイント

◆ ケーブル取替方法の検討における現場確認ポイント

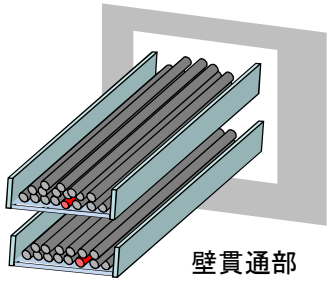
- **既設ケーブルトレイ内の取替対象ケーブルが全長に渡るケーブルの敷設量**
- **既設ケーブルトレイ内に新ケーブルを敷設する スペースがあるか**
- **建屋境界の電路貫通部に新ケーブルを通す空き管路があるか**
- **非難燃ケーブルに施工されている，延焼防止材の塗布状況**
- **ケーブルトレイの設置状況（多段積み，設置位置など）**

【現場調査具体的イメージ】

＜敷設量が少ないケース＞



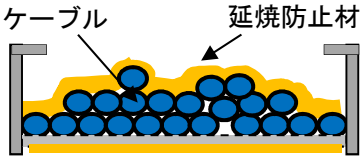
＜敷設量が多いケース＞



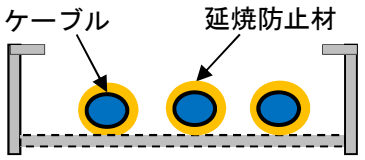
：取替対象ケーブル

敷設量が少ない：トレイ全長に渡りケーブル敷設量が少いケース
敷設量が多い　：ケーブルトレイが合流してケーブル敷設量が多くなるケース

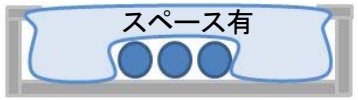
＜ケーブル群のケース＞



＜ケーブル単体のケース＞

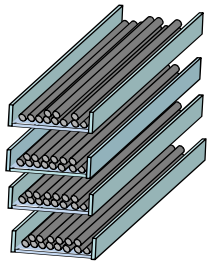


＜スペースがあるケース＞

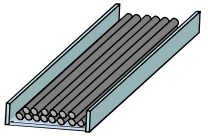


＜スペースがないケース＞

＜多段積みケーブルトレイ＞



＜単段ケーブルトレイ＞

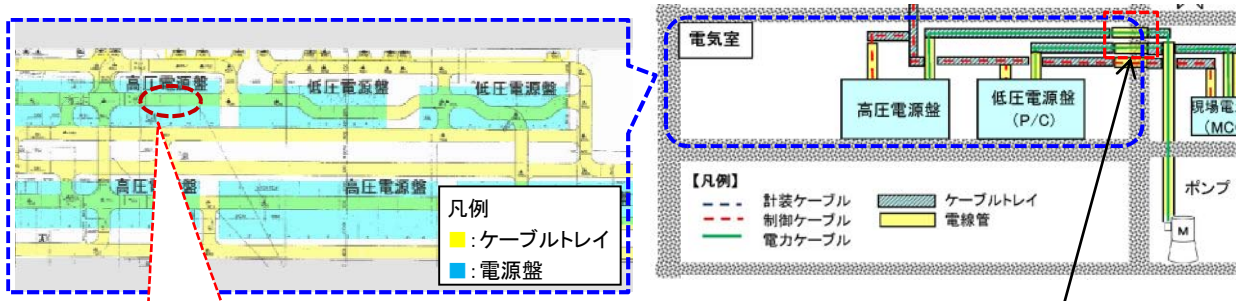


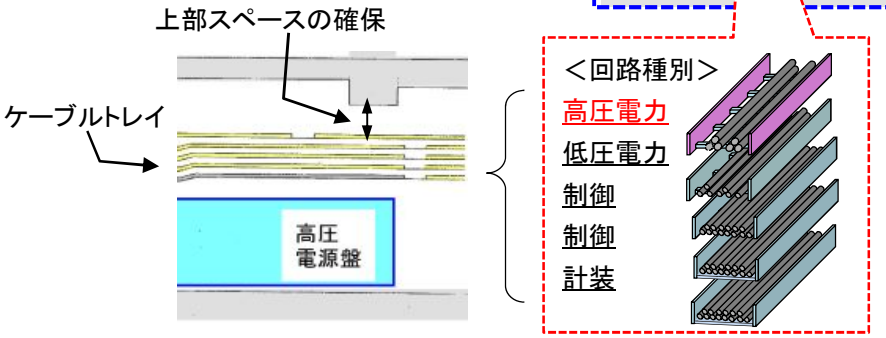
添付2．2　電力ケーブルの現場調査

2.2.1　高圧電力ケーブルの調査

◆ 高圧電力ケーブルは，電気室から分岐して各設備に配線される。このため，全域の調査をする中でも，電気室を重点に敷設状況を確認した。

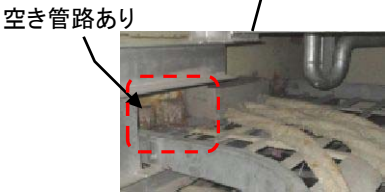
【電気室平面図】





【ケーブルトレイ配列と上部スペース】

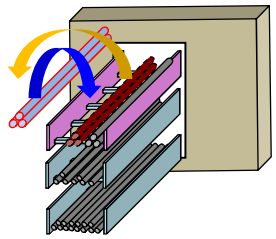
【ケー物敷設状況】



【原子炉建屋側壁貫通部イメージ】

【調査結果】

・トレイ内及び壁貫通部に空きあり
・高圧電力用ケーブルトレイは多段積みとなる最上段に位置するため，上部スペースの確保が可能
・ケーブル敷設量が少ない
・延焼防止材はケーブル単体に塗布されており，一部剥離（トレイの接点及び切断部）することでケーブル撤去可能

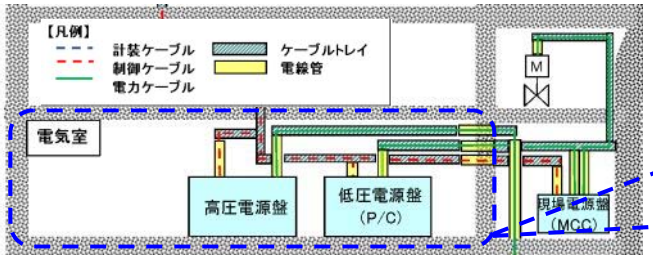


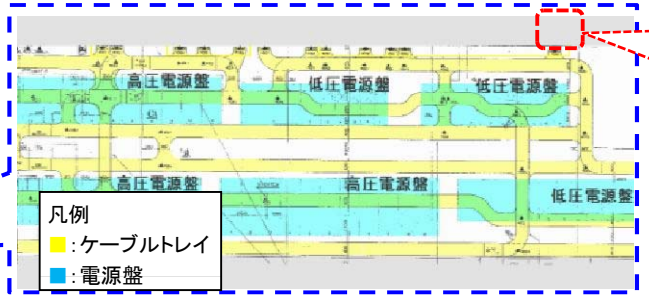
【ケーブル取替イメージ】

添付2．２　電力ケーブルの現場調査

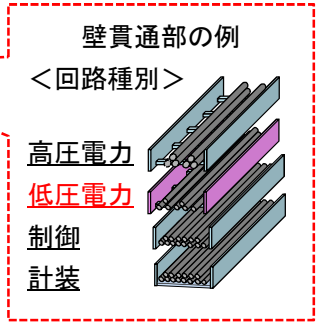
2.2.2　低圧電力ケーブルの調査

◆低圧電力ケーブルは，電源盤から分岐して各設備に配線される。このため，全域調査をする中でも，電気室及び現場電源盤を重点に敷設状況を確認した。





【電気室平面図】



【ケーブルトレイ配列】

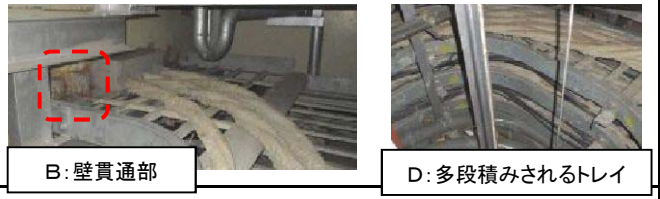
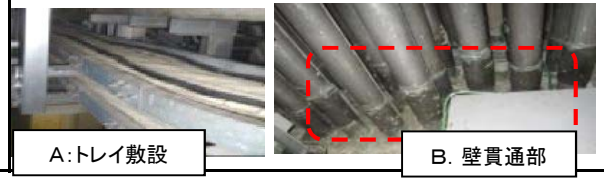
【調査結果】

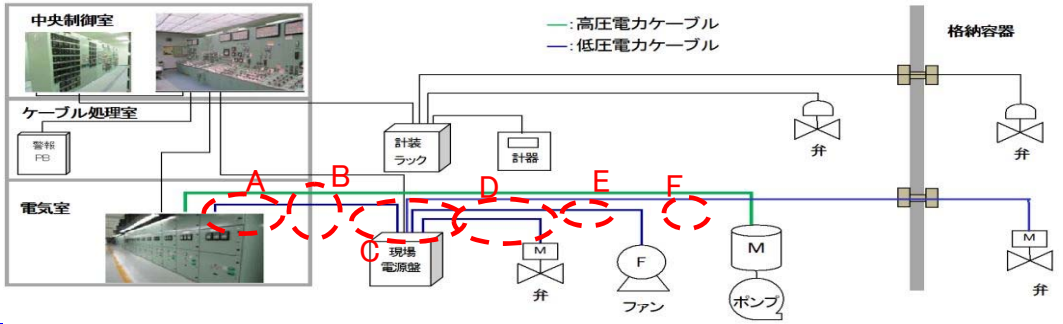
・延焼防止材はケーブル群に塗布
・既設トレイ内及び壁貫通部に余裕はない
・ケーブル量が多い
・低圧電力用ケーブルトレイは多段積みの中段に位置し，スペースを有効活用している。

添付2．2　電力ケーブルの現場調査

2.2.3　電力ケーブルの敷設状況

対　象	ケーブル敷設量	ケーブルトレイ内スペース	貫通部空き管路	延焼防止材塗布状況	ケーブルトレイ状況
高圧電力	少ない	有	有	ケーブル単体	多段の最上段
低圧電力	多い	無	無	ケーブル群	多段の中段

回路種別	電気室	原子炉建屋	敷設状況
高圧電力（トレイ）	・ケーブル量が少なく，1本ごと延焼防止材が塗布 	・壁貫通部及びトレイ内の余裕あり 	・ケーブル敷設量が少ない
低圧電力（トレイ）	・ケーブル量が多く，トレイ内に余裕がない ・トレイが多段積みになっており，高圧電力用トレイの下段に敷設される ・壁貫通部の空管路がない 	・同左 	・ケーブルが多く束になって敷設され，延焼防止材が塗布されている

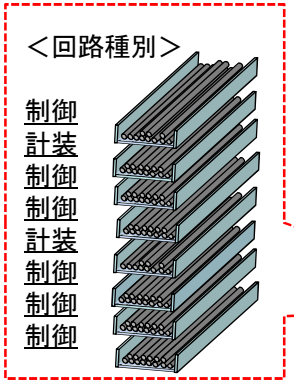


注：英文字は画像の位置を示す

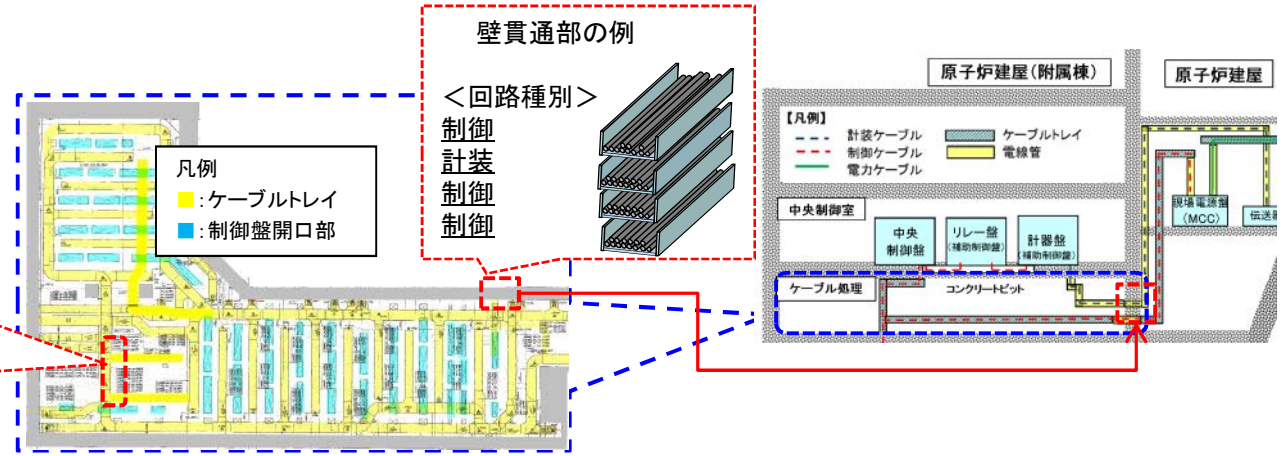
添付2．３　計装・制御ケーブルの現場調査

2.3.1　計装・制御ケーブルの調査

◆ 計装・制御ケーブルは，全域の調査をする中でも，必ずケーブル処理室を経由して配線される。このため，ケーブル処理室の取替作業を重点に敷設状況を確認した。



【ケーブルトレイ配列】



【ケーブル処理室平面図】

【調査結果】

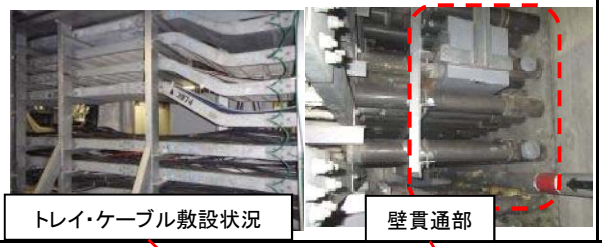
・延焼防止材はケーブル群に塗布
・既設トレイ内及び壁貫通部に余裕はない
・ケーブル量が多い
・ケーブルトレイを多段に設置して，スペースを有効活用している。

添付2．３　計装・制御ケーブルの現場調査

2.3.2　計装・制御ケーブル敷設状況

ケーブルの敷設量	ケーブルトレイ内スペース	貫通部空き管路	延焼防止材塗布状況	ケーブルトレイ状況
多い	無	無	ケーブル群	多段

回路種別	ケーブル処理室	原子炉建屋	敷設状況
計装・制御	・計装・制御ケーブルはケーブル処理室を経由して中央制御室の制御盤に接続されるため，ケーブルが集中し，トレイ，電線管の量が多い ・壁貫通部の空管路がない	・ケーブル量が多く，トレイは多段積みに設置されている ・壁貫通部の空き管路がない	・ケーブル量が多く，束になった状態で延焼防止材が塗布されている ・

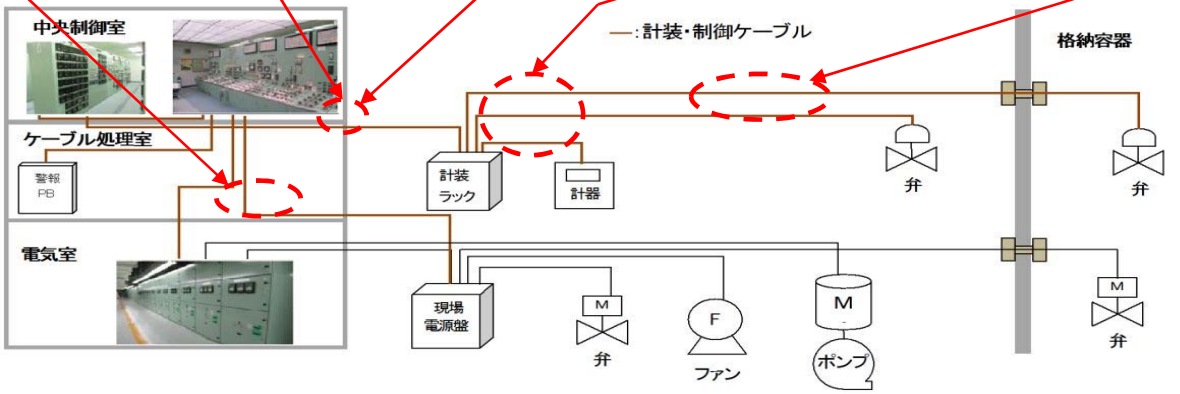

トレイ・ケーブル敷設状況

壁貫通部

壁貫通部正面

多段積みトレイ

計装・制御の敷設状況



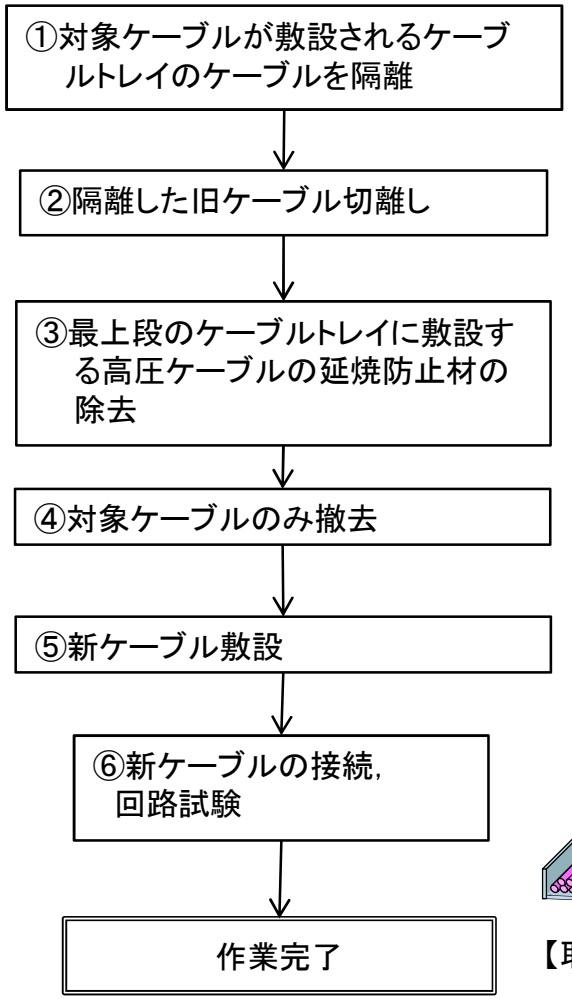
添付３　ケーブル取替作業に伴う原子炉施設の安全性に係る課題抽出

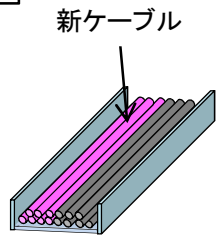
３．１　ケーブル取替手順を踏まえた安全性に係る課題

３．２　原子炉停止中における発電所維持に必要な設備

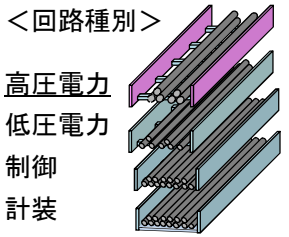
添付3．1　ケーブル取替手順を踏まえた安全性に係る課題

（1）既設ケーブルトレイを利用したケーブル取替手順
（取替パターン1：対象ケーブルを取替）





【取替後イメージ】



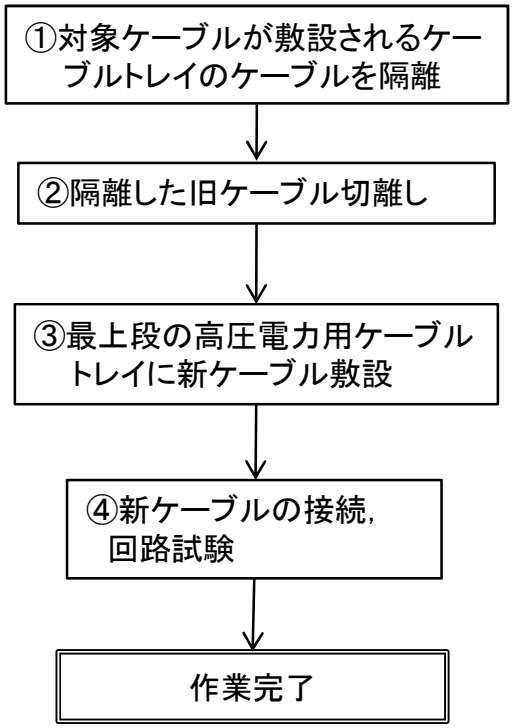
【標準的なケーブルトレイ設置形態】

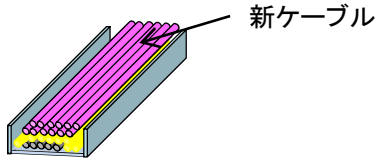
＜安全性に係る課題の抽出結果＞

作業ステップ	安全性に係る課題
①対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ内のケーブルを隔離	なし
②隔離した旧ケーブル切離し	なし
③最上段のケーブルトレイに敷設する高圧ケーブル延焼防止材の除去	なし
④対象ケーブルのみ撤去	なし
⑤新ケーブル敷設	なし
⑥新ケーブルの接続，回路試験	なし

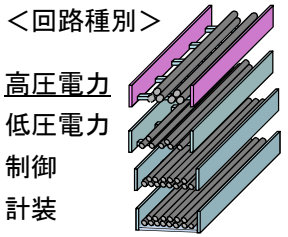
添付3．1　ケーブル取替手順を踏まえた安全性に係る課題

(2)既設ケーブルトレイを利用したケーブル取替手順
（取替パターン2：対象ケーブルを引替）





【取替後イメージ】



【標準的なケーブルトレイ設置形態】

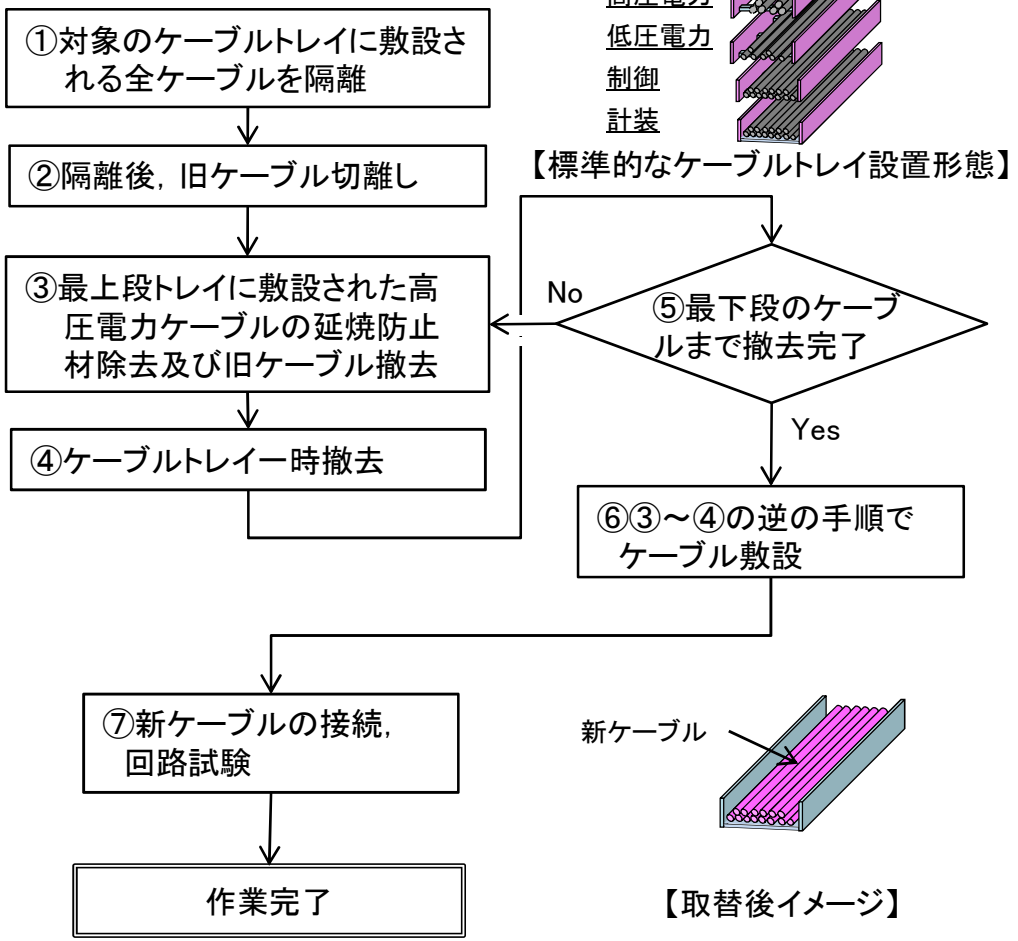
＜安全性に係る課題の抽出結果＞

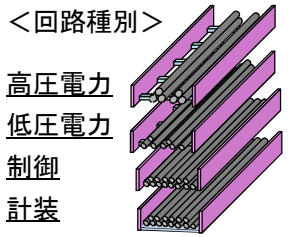
作業ステップ	安全性に係る課題
①対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ内のケーブルを隔離	なし
②隔離した旧ケーブル切離し	切離されたケーブルが残存するため，可燃物が増加
③最上段の高圧電力用ケーブルトレイに新ケーブル敷設	なし
④新ケーブルの接続，回路試験	なし

添付3．1　ケーブル取替手順を踏まえた安全性に係る課題

（3）既設ケーブルトレイを利用したケーブル取替手順

取替パターン3：対象ケーブルが敷設されたトレイ内の全ケーブルを取替





【標準的なケーブルトレイ設置形態】

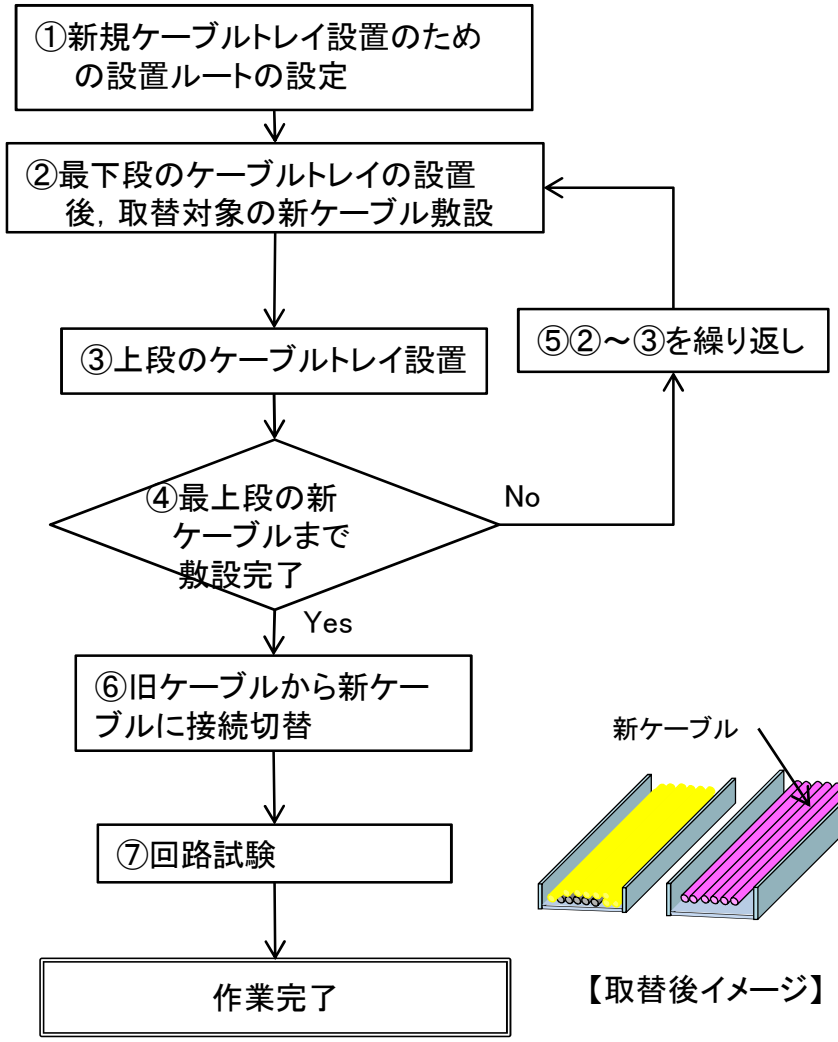
【取替後イメージ】

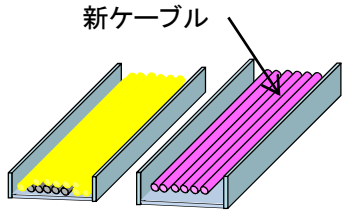
＜安全性に係る課題の抽出結果＞

作業ステップ	安全性に係る課題	
	高圧電力	低圧電力，計装・制御
①対象のケーブルトレイに敷設される全ケーブルを隔離	・停止時に必要な安全機能の片区分が，同時に隔離状態となる	
②旧ケーブルの切離し	なし	・②～⑦の間，ケーブルが切離され撤去された状態となるため，隔離系統の早期復旧は期待できない ・多段に積まれたケーブルトレイに対し，③～⑥の一連の取替工程となるため，停止時に必要な安全機能の信頼性の低い状態が長期化する
③最上段のケーブルトレイ内の旧ケーブル撤去	なし	
④ケーブルトレイの一時撤去	—	
⑤最下段まで旧ケーブル撤去	—	
⑥新ケーブル敷設	なし	
⑦新ケーブル接続，回路試験	なし	

添付3．1　ケーブル取替手順を踏まえた安全性に係る課題

（4）新規ケーブルトレイを利用したケーブル取替手順
（取替パターン4：対象ケーブルのみ引替）





【取替後イメージ】

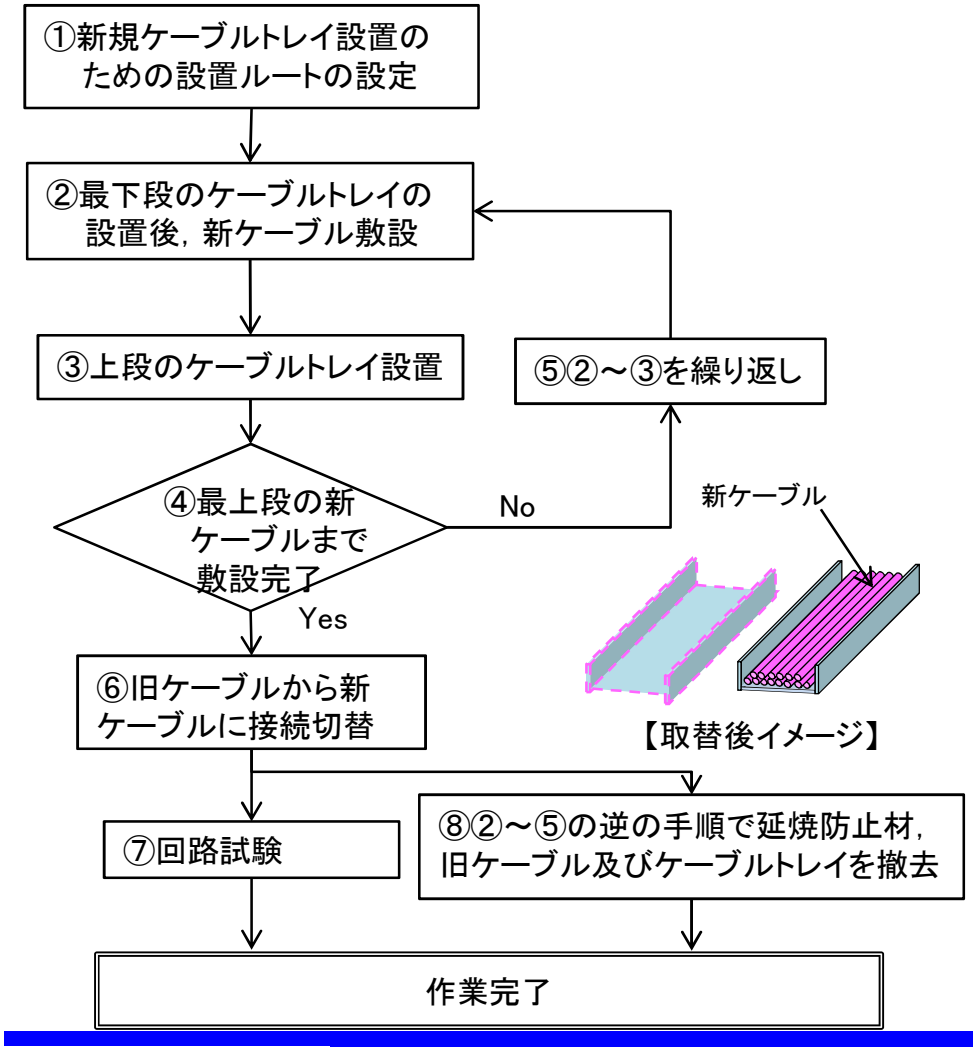
＜安全性に係る課題の抽出結果＞

作業ステップ	安全性に係る課題
①新規ケーブルトレイ設置のための設置ルートの設定	ケーブルトレイ管路確保のため，躯体に開口が必要
②最下段のケーブルトレイ設置及び新ケーブル敷設	なし
③上段のケーブルトレイ設置	なし
④，⑤最上段まで新規ケーブルトレイ及び新ケーブル敷設	なし
⑥旧ケーブルから新ケーブルに接続切替	切離されたケーブルが残存するため，可燃物が増加
⑦回路試験	なし

添付3．1　ケーブル取替手順を踏まえた安全性に係る課題

(5)新規ケーブルトレイを利用したケーブル取替手順

取替パターン5：対象ケーブルが敷設されたトレイ内の全ケーブルを取替



【取替後イメージ】

＜安全性に係る課題の抽出結果＞

作業ステップ	安全性に係る課題
①新規ケーブルトレイ設置のための設置ルートの設定	ケーブルトレイ管路確保のため，躯体に開口が必要
②最下段のケーブルトレイ設置及び新ケーブル敷設	なし
③上段のケーブルトレイ設置	なし
④～⑤最上段まで新規ケーブルトレイ及び新ケーブル敷設	なし
⑥旧ケーブルから新ケーブルに接続切替	なし
⑦回路試験	なし
⑧旧ケーブルの延焼防止材剥離後，旧ケーブル及びケーブルトレイ撤去	なし

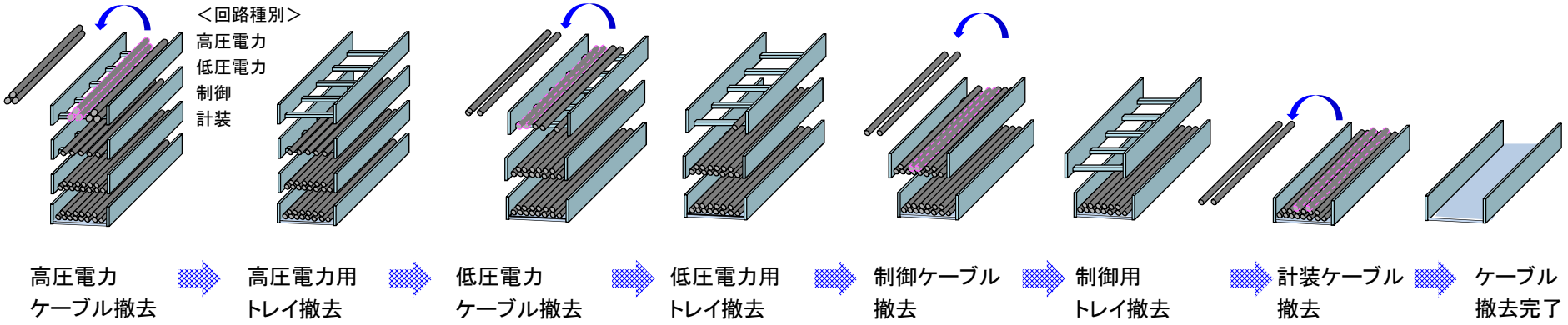
添付3．1　ケーブル取替手順を踏まえた安全性に係る課題

補足．多段積みされたケーブルトレイのケーブル取替順序

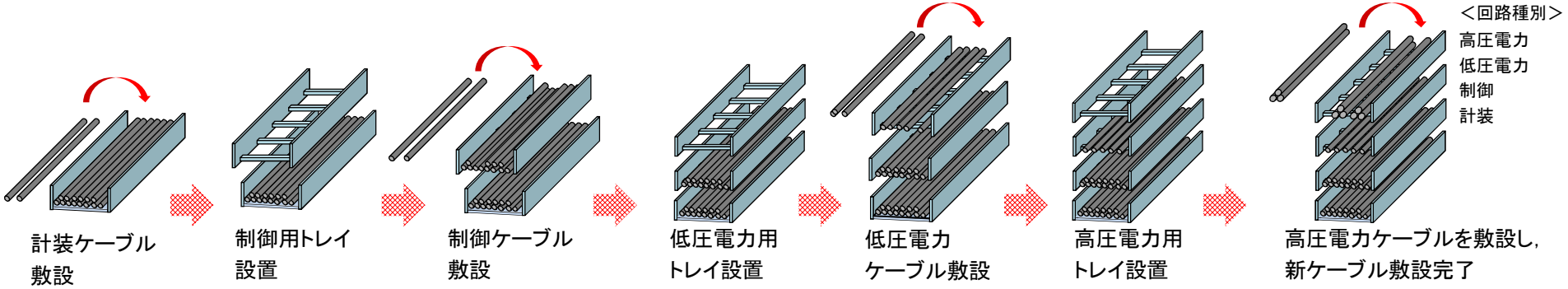
◆多段のケーブルトレイに敷設されるケーブルは，最上段のケーブルから延焼防止材剥離後に撤去，ケーブルトレイの一時撤去を最下段のケーブルまで繰り返す

◆新ケーブル敷設は撤去の逆の手順を繰り返す一連の工程が必要

（ケーブル撤去工程）



（新ケーブル敷設工程）



添付3．2　原子炉停止中における発電所維持に必要な設備

原子炉停止中においても維持することが必要な安全機能を有する主要な系統を抽出。

（1）前提条件
①原子炉内から全燃料が使用済燃料プールに取り出され，かつ,プールゲート閉

（2）必要な安全機能（系統・設備）の分類と抽出
上記（1）前提条件の状態において必要となる安全機能を有する系統・設備を以下の分類に基づき抽出
a.保安規定で要求される運転上の制限（LCO）及びLCO逸脱時の措置に係る系統・設備
b.発電所の運用上機能維持が必要な系統・設備
c.原子力災害特別措置法に基づく警戒事態（AL），緊急事態（第10条（SE）），全面緊急事態（第15条（GE））の判断に必要な系統・設備
d.実用炉則 第134条「事故故障等の報告」の判断のための設備

【フロントライン系】（1／3）

系統	要求事項	機能喪失時の影響
（1）燃料プール冷却浄化系 （FPC）	a.保安規定第55条LCO （燃料プールの水温・水位の維持）	LCO逸脱
	b.発電所の運用上必要な機能 （燃料プール浄化機能）	プール水浄化喪失による水質悪化。燃料保証契約上の条件逸脱
	c.EAL（燃料プールに関する異常） AL30・SE30・GE30	燃料プール水位低下に応じ，警戒事象，原災法第10条，原災法第15条事象発生
（2）残留熱除去系 （RHR）	a.保安規定第55条LCO （燃料プールの水温・水位の維持）	LCO逸脱 [（1）の設備の冷却機能のバックアップ]
	a.保安規定第55条LCO逸脱時に要求される措置： 水位低下時サプレッションプール水補給	LCO逸脱時に要求される措置の速やかな開始不可
	c.EAL（燃料プールに関する異常） AL30・SE30・GE30	燃料プール水位低下に応じ，警戒事象，原災法第10条，原災法第15条事象発生 [燃料プール水低下時，補給機能]

添付3．2　原子炉停止中における発電所維持に必要な設備

【フロントライン系】(2／3)

系統	要求事項	機能喪失時の影響
(3)原子炉建屋ガス処理系 (FRVS／SGTS)	a.保安規定第55条LCO逸脱時に要求される措置	LCO逸脱時に要求される措置の速やかな開始不可
	a.保安規定第51条LCO (原子炉建屋ガス処理系)	・「照射された燃料に係る作業」の禁止 ・IAEA査察(1回／年)不可
(4)中央制御室非常用換気空調系	a.保安規定第57条LCO (中央制御室非常用換気空調系)	・「照射された燃料に係る作業」の禁止 ・IAEA査察(1回／年)不可
(5)補給水系 (CST系)	a.保安規定第55条LCO逸脱時に要求される措置：水位低下時プール水補給	LCO逸脱時に要求される措置の速やかな開始不可
	c.EAL(燃料プールに関する異常) AL30・SE30・GE30	燃料プール水位低下に応じ，警戒事象，原災法第10条，原災法第15条事象発生 [燃料プール水低下時，補給機能]
(6)床ドレン処理系	b.発電所の運用上必要な機能：各建屋から発生する床ドレン処理系の処理	・結露水や空調冷却ドレン処理不可 ・ポンプシール水確保不可 ・床ドレン処理系タンク保有量の制限超過
(7)濃縮廃液系※	b.発電所の運用上必要な機能：濃縮廃液系処理	・濃縮廃液貯蔵タンクの廃液が固形化
(8)原子炉建屋換気系	a.保安規定第49条LCO (原子炉建屋)	建屋負圧の維持不可のため，照射燃料に係る作業の速やかな停止
	b.発電所の運用上必要な機能：原子炉建屋の負圧の維持	作業環境悪化によるダスト発生作業禁止，大物搬入口開閉禁止，火気作業・有機溶剤作業禁止

※：ケーブル取替に伴う隔離不要

添付3．2　原子炉停止中における発電所維持に必要な設備

【フロントライン系】(3／3)

系統	要求事項	機能喪失時の影響
(9)廃棄物処理棟換気系	b.発電所の運用上必要な機能:廃棄物処理棟換気系	・タンクベント系運転不可のため，床ドレン処理系タンク，濃縮廃液貯蔵タンクからのダスト発生，撹拌空気停止，床ドレン処理系処理不可 ・作業環境悪化によるダスト発生作業禁止，大物搬入口開閉禁止，火気作業・有機溶剤作業禁止
(10)中央制御室換気系 チラー・ヒータ含む	b.発電所の運用上必要な機能:中央制御室換気系	・中央制御室居住性悪化 ・中央制御室温上昇し，計装・制御設備温度上昇による誤動作・誤不動作等(信頼性低下)
(11)電気室換気系	b.発電所の運用上必要な機能:電気室換気系	電気室温上昇し，電気設備温度上昇による誤動作・誤不動作等(信頼性低下)
(12)蓄電池室換気系	b.発電所の運用上必要な機能:蓄電池室換気系	水素排気不可
(13)消火装置	b.発電所の運用上必要な機能:消火装置	屋内消火装置喪失，内部火災の延焼・拡大
(14)洗濯廃液処理系※	b.発電所の運用上必要な機能:洗濯廃液処理系	洗濯不可のため被服減少，管理区域入域制限要

※:ケーブル取替に伴う隔離不要

添付3．2　原子炉停止中における発電所維持に必要な設備

【サポート系】1／2

系統	関連系統	要求事項	機能喪失時の影響
(15)原子炉補機冷却系（RCW）	(1)FPC	(1)と同様	(1)と同様
	(6)床ドレン処理系	(6)と同様	(6)と同様
(16)非常用ディーゼル発電機（D/G）	—	a.保安規定第61条LCO（非常用ディーゼル発電機その2）	非常用ディーゼル発電機2台喪失でLCO逸脱
		c.EAL（電源供給機能の異常（その1：交流電源喪失））SE26・GE26	非常用ディーゼル発電機全台受電失敗＋非常用発電機使用不能＋外部電源喪失の時間に応じ，原災法第10条，原災法第15条事象発生
(17)補機海水系（ASW）	(15)RCW	(15)と同様	(15)と同様
	(18)TCW	(18)と同様	(18)と同様
(18)タービン補機冷却系（TCW）	(19)IA・SA	b.発電所の運用上必要な機能	IA・SA系使用不可
(19)計装用空気系（所内空気系）（IA・SA）	(1)FPC	(1)と同様	(1)と同様
	(6)床ドレン処理系	(6)と同様	・(6)と同様 ・空気作動弁使用不可のため床ドレン処理系処理不可
	(7)濃縮廃液系	(7)と同様	(7)と同様
	(8)原子炉建屋換気系 (9)廃棄物処理棟換気系 (10)中央制御室換気系 (11)電気室換気系 (12)蓄電池室換気系	(8)～(12)と同様	(8)～(12)と同様

添付3．2　原子炉停止中における発電所維持に必要な設備

【サポート系】2／2

系統	関連系統	要求事項	機能喪失時の影響
(20)所内ボイラ※ (H／B)	(6)床ドレン処理系	(6)と同様	廃液濃縮器蒸気供給停止により使用不可
	(7)濃縮廃液系	(7)と同様	(7)と同様
(21)給水処理系※	(13)消火装置	(13)と同様	消火装置の水源枯渇
(22)直流電源 3系統：125V直流電源2A系 2B系 高圧炉心スプレイ系 (非常用直流母線：直流125V主母線盤2A及び2B)	—	c.EAL（電源供給機能の異常（その2：直流電源喪失）） SE27	非常用直流母線に供給する電源が1系統のみとなった場合，原災法第10条事象発生 （供給電源常時3系統必要）
	外部電源制御電源 275kV系 154kV系	a.保安規定第59条LCO（外部電源その2）	・直流電源A系またはB系喪失で275kV系制御電源喪失で275kV使用不可となり，154kV系喪失時LCO逸脱 ・直流電源HPCS系喪失で154kV系制御電源喪失で154kV系使用不可となり，275kV系喪失時LCO逸脱 ・直流電源B系喪失で，外部電源制御電源喪失し，外部電源3回線使用不可となり，LCO逸脱
		b.発電所の運用上必要な機能	制御電源喪失のより外部電源系が使用不可
		c.EAL（電源供給機能の異常（その1：交流電源喪失）） AL26	制御電源喪失のより外部電源系が使用できなくなり，警戒事象
	(1)FPC制御電源	(1)と同様	(1)と同様
	(2)RHR制御・警報電源	(2)と同様	(2)と同様
	(3)FRVS／SGTS制御電源	(3)と同様	(3)と同様
	(6)床ドレン処理系	(6)と同様	(6)と同様
	(7)濃縮廃液系	(7)と同様	(7)と同様
	(8)～(12)換気系制御電源	(8)～(12)　と同様	(8)～(12)と同様
	(19)IA制御電源	(19)と同様	(19)と同様
	(20)H／B制御電源	(20)と同様	(20)と同様

※：ケーブル取替に伴う隔離不要

添付3．2　原子炉停止中における発電所維持に必要な設備

【監視計器】1／2

系統	要求事項	機能喪失時の影響
中央制御室主制御盤警報回路	b.発電所の運用上必要な機能	(22)喪失により，警報機能喪失・異常検出監視不可
原子炉補機冷却系/タービン補機冷却系サージタンク水位記録計	(1)，(15)，(18)と同様	(1)，(15)，(18)と同様
原子炉建屋差圧計	(8)と同様	原子炉建屋の負圧維持が監視できず，保安規定第49条(原子炉建屋)LCO逸脱
燃料プール温度計・水位計	(1)と同様	(1) と同様
廃棄物処理系制御盤機能※	(6)，(7)と同様	・(6)，(7)と同様 ・タンクレベルの監視ができないため，処理禁止
火報報知器	b.発電所の運用上必要な機能	火災発生時，火災検知が遅れ，火災拡大・延焼
モニタリングポスト　B・D (ERSS伝送)	c.EAL(発電所施設敷地境界の放射線量上昇) SE01・GE01	EAL判断が不可
	d.実用炉則第134条7号　気体状の放射性廃棄物を排気施設によって排出した場合において，周辺監視区域の外の空気中の放射性物質の濃度が法令濃度限度を超えたとき	実用炉則「事故故障等の報告」判断が不可
放水口モニタ (ERSS伝送)	c.EAL(放射性物質の通常経路放出(液体放射性物質の放出))SE03・GE03	EAL判断が不可
	d.実用炉則第134条8号　液体状の放射性廃棄物を排水施設によって排出した場合において，周辺監視区域の外側の境界における水中の放射性物質の濃度が法令濃度限度を超えたとき	実用炉則「事故故障等の報告」判断が不可
液体廃棄物処理系出口モニタ	a.保安規定第90条 (放出管理用計測器の管理)	放出禁止(床ドレン処理系貯蔵タンク保有量制限超過，洗濯設備運転不可)
	d.実用炉則第134条6号　発電用原子炉施設の故障等により，気体廃棄物の排気施設による排出の状況または液体廃棄物の排水施設による排出の状況に異常が認められたとき	実用炉則「事故故障等の報告」判断が不可

※：ケーブル取替に伴う隔離不要

添付3．2　原子炉停止中における発電所維持に必要な設備

【監視計器】2／2

系統	要求事項	機能喪失時の影響
主排気筒モニタ （ERSS伝送）	a.保安規定第89条 （放射性気体廃棄物の管理） 保安規定第90条 （放出管理用計測器の管理）	・放出禁止（換気設備全停，固体廃棄物処理不可） ・サンプリング系喪失により法令に基づく放出評価不可
	c.EAL（放射性物質の通常経路放出（気体放射性物質の放出）） SE02・GE02	EAL判断が不可
	d.実用炉則第134条6号　発電用原子炉施設の故障等により，気体廃棄物の排気施設による排出の状況または液体廃棄物の排水施設による排出の状況に異常が認められたとき	実用炉則「事故故障等の報告」判断が不可
廃棄物処理建屋排気筒モニタ	a.保安規定第89条 （放射性気体廃棄物の管理）	・放出禁止（固体廃棄物処理不可） ・サンプリング系喪失により法令に基づく放出評価不可
	d.実用炉則第134条6号　発電用原子炉施設の故障等により，気体廃棄物の排気施設による排出の状況または液体廃棄物の排水施設による排出の状況に異常が認められたとき	実用炉則「事故故障等の報告」判断が不可
非常用ガス処理系排気筒モニタ	a.保安規定第89条 （放射性気体廃棄物の管理）	・非常用ガス処理系運転時，放出管理不可 ・サンプリング系喪失により法令に基づく放出評価不可
	d.実用炉則第134条6号　発電用原子炉施設の故障等により，気体廃棄物の排気施設による排出の状況または液体廃棄物の排水施設による排出の状況に異常が認められたとき	実用炉則「事故故障等の報告」判断が不可
気象観測データ 　風向・風速，降雨量，大気温度 （ERSS伝送）	a.保安規定第120条 （記録）	当該データは連続測定記録要求があり，「保安規定第120条（記録）」 遵守不可（欠測率：30%／月　10%／年）

添付４　ケーブル取替作業の検討【電線管，コンクリートピット】

４．１　電線管内ケーブル

４．２　コンクリートピット内に敷設するケーブル

添付４．１　電線管内ケーブル

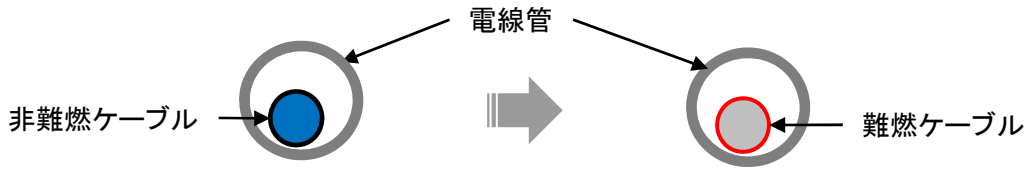
【電線管】

◆ 電線管に敷設されたケーブルは，敷設形態から取替が可能である。

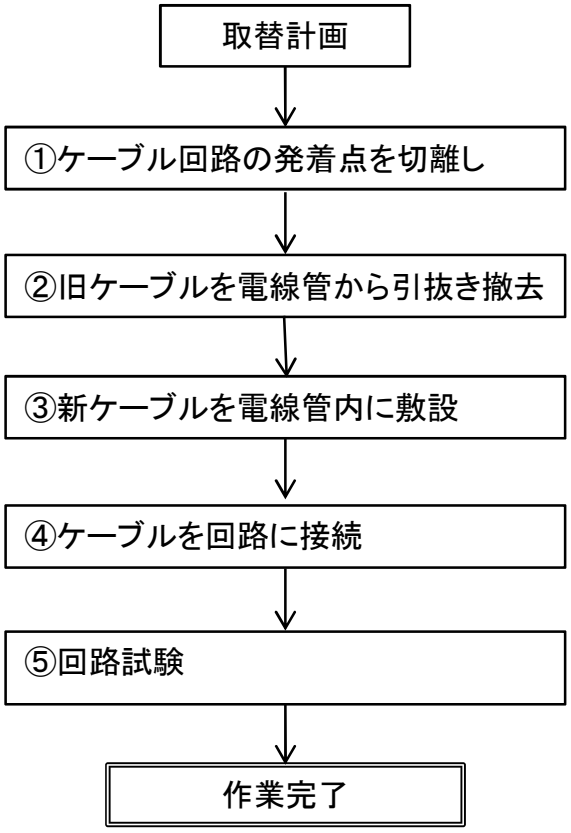
【確認結果】

・ケーブルの始点，終点（発着点）が電線管で敷設される

・そのため，電線管内に配線された非難燃ケーブル（制御／計装ケーブル）を撤去し，難燃ケーブルへ取替が可能



【電線管内ケーブルの取替手順】



添付４．２　コンクリートピット内に敷設するケーブル

【コンクリートピット】

◆ケーブルの始点，終点（発着点）間をコンクリートピット内に敷設されるのは中央制御室(MCR)床下の制御盤間の連絡ケーブルが対象となる。この箇所の現場調査結果から，<u>ケーブル取替が可能であることを確認</u>した。

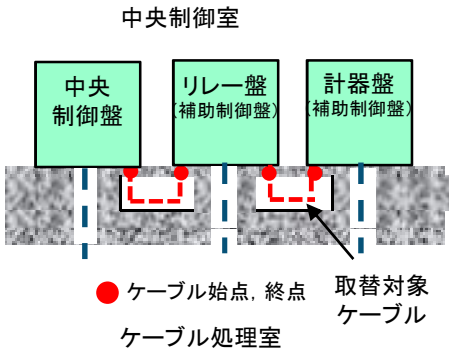
【調査結果】

・制御盤間を接続するケーブルは，比較的距離が短く，敷設ルートの確認が可能

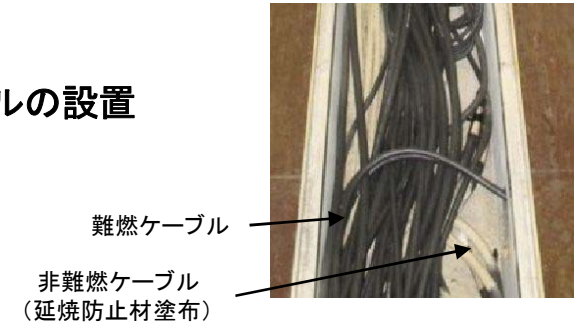
・火災区画を跨ぐ貫通部がないため，新たな管路は必要なし

・作業スペースが確保できるため，延焼防止材の剥離，旧ケーブルの撤去が可能

・必要機能を確保するための仮設ケーブルの設置が可能

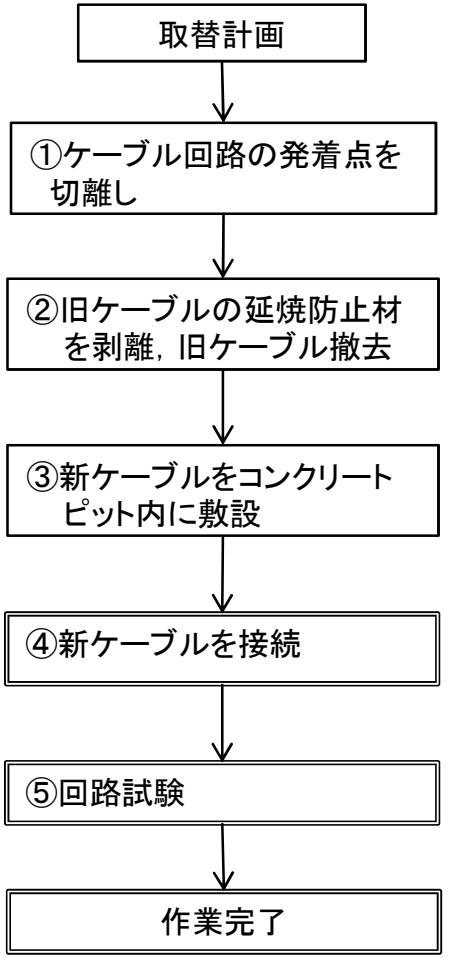


【コンクリートピットのイメージ】



【ピット内ケーブルの敷設状況】

【ピット内ケーブル取替手順】



添付５　代替措置による原子炉施設の安全性への影響

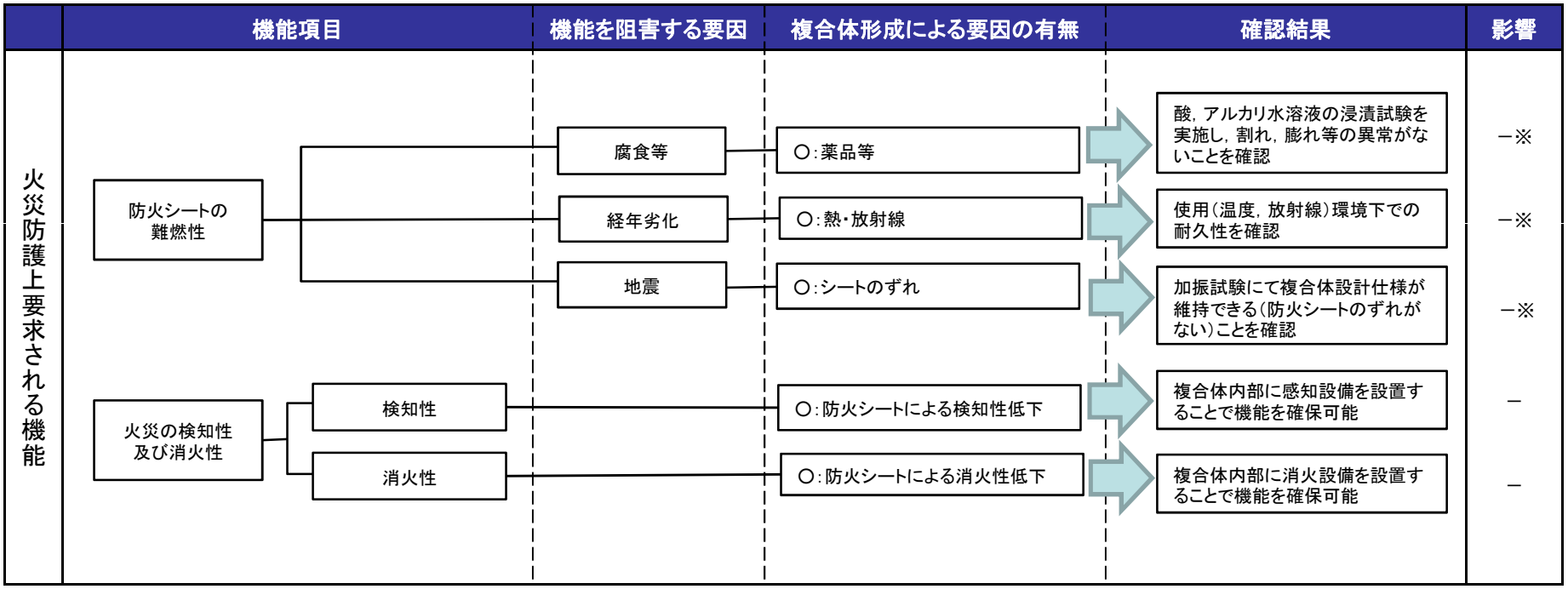
５．１　火災防護上要求される機能への影響

５．２　ケーブル及びケーブルトレイの安全機能への影響

添付5．1　火災防護上要求される機能への影響

【代替措置による影響(1/2)】

◆代替措置（防火シートによる複合体）の適用により，ケーブル及びケーブルトレイの保有機能，複合体機能，火災の検知・消火機能，その他の安全機能を有する他設備への影響等について評価・確認した。
◆代替措置の適用については，原子炉格納容器内での適用を除き，原子炉施設の安全性に影響を与えない。

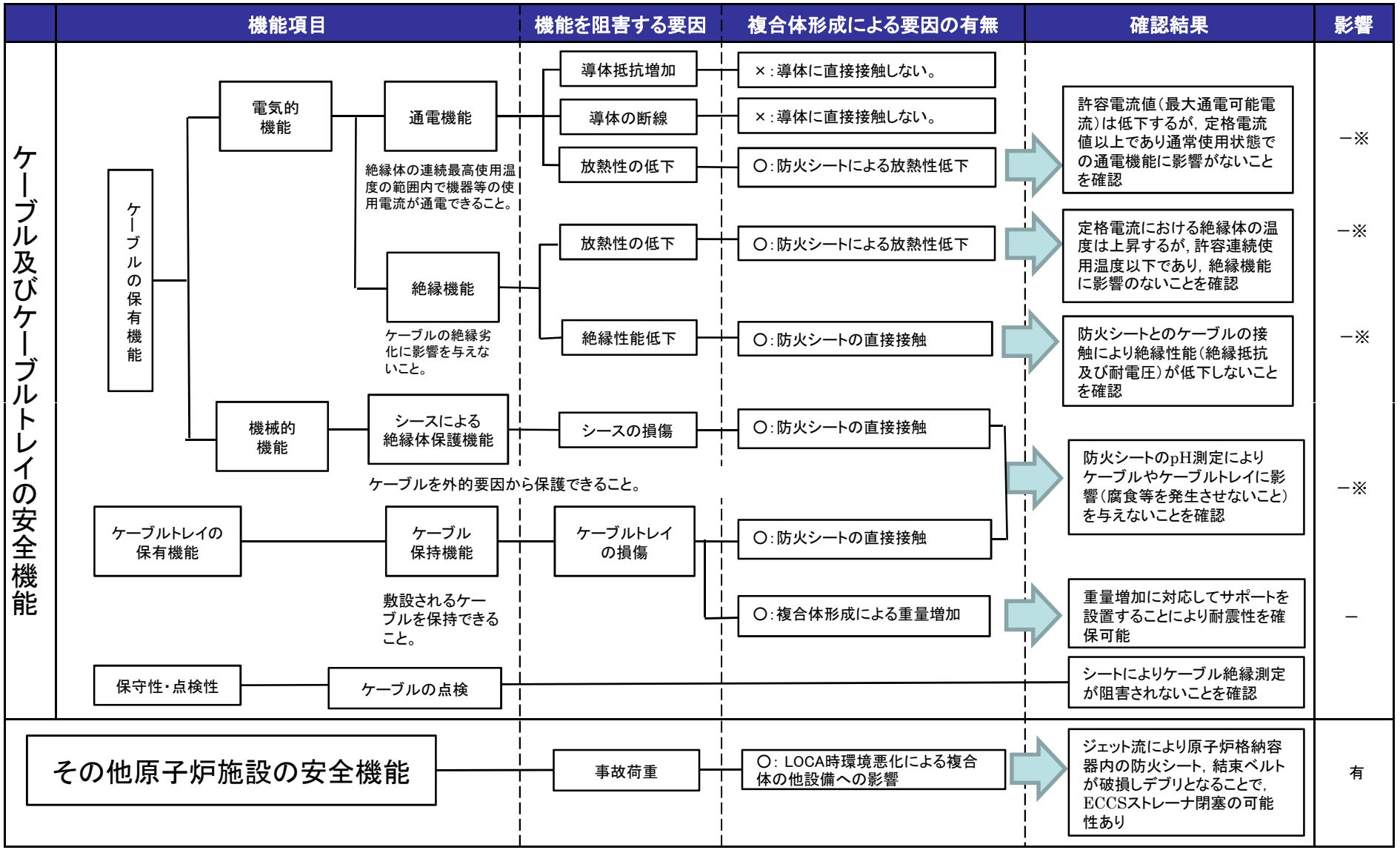


×：影響無し　○：影響の可能性有り

※：Ⅲ章にて詳述

添付5．2　ケーブル及びケーブルトレイの安全機能への影響

【代替措置による影響(2/2)】



×：影響無し　○：影響の可能性有り

※：Ⅲ章にて詳述

添付6　高圧電力ケーブルの取替範囲

【過電流による火災発生リスク】

◆電気系統は，保護装置はあるものの，地絡，短絡等に起因する過電流による火災発生の可能性がある。

◆地絡，短絡は絶縁破壊※することで発生し，絶縁体の絶縁破壊への耐力は，経年的に低下する。

◆高圧電力ケーブルは，低圧電力ケーブルに比べ，同一の絶縁体厚さに対する電圧が高いため，絶縁破壊への耐力は小さい。

◆したがって，建設時に敷設した高圧電力ケーブルを取替ることは，火災発生のリスク低減となる。

※絶縁体に印加される電圧を増してゆくと，ある限度以上で突然，絶縁性を失って大電流が流れる。この 現象を絶縁破壊という。

ケーブル	絶縁体厚さ:t (mm)	使用電圧:V (V)	V/t (V/mm)
高圧電力 最細径	4	6,900	1,725
低圧電力 最細径	1	480	480

【高圧電力ケーブルの配線と取替範囲】

◆安全系ケーブルは異なるケーブルトレイ上に区分分離され敷設されているが，安全系ケーブルトレイには非安全系ケーブルが同載された設計となっている。

◆このため，火災発生の可能性及び安全系ケーブルへの波及的影響低減の観点から，安全系トレイ上に同載された非安全系ケーブルも取替えることとする。

ケーブルトレイ	高圧電力用 安全系S1	高圧電力用 安全系S2	高圧電力用 安全系S3
同載ケーブル	安全系 S1	安全系 S2	安全系 S3
	常用系 N1	常用系 N2	—