東海第二発電所
非難燃ケーブルの対応について

添付資料

平成29年4月7日
日本原子力発電株式会社

本資料のうち，□の内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

修正

添付１　基準規則の要求整理
添付２　安全機能への要求事項
添付３　東海第二発電所のケーブル配線について
　３．１　プラント建設時のケーブル敷設設計の考え方
　３．２　ケーブル配線の特徴
　　補足３．１　ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴
添付４　取替に伴う安全上の課題の検討
　４．１　取替方法検討にあたっての考慮事項
　４．２　安全上の課題を回避する取替方法の検討
　４．３　安全上の課題を回避する取替方法の検討（まとめ）
　　補足４．１　新たに接続部を設けてケーブルの一部を難燃ケーブルに取替る方法の検討
　　補足４．２　電線管及びコンクリートピット敷設ケーブルの取替に伴う安全上の課題検討
　　補足４．３　ケーブルトレイ敷設ケーブルの取替に伴う安全上の課題検討
　　補足４．４　ケーブル取替に伴う建屋躯体開口による耐震性への影響
　　補足４．５　ケーブル取替における安全機能の信頼性低下の影響
添付５　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較
　５．１　代替措置の選定
　５．２　難燃性能に関する保安水準（設計目標）
　５．３　代替措置適用による他設備の安全機能への影響確認
　５．４　ケーブル敷設状態での取替と代替措置の安全性比較
　　補足５．１　防火シートによる複合体形成
　　補足５．２　代替措置の実機施工性の検討
　５．５　既存の切離しケーブルの残存に関する評価
添付６　ケーブルの発火リスク評価
添付７　防火シートによる複合体の遮炎性
　　補足７．１　複合体の遮炎性

添付1　基準規則の要求整理

<table>
<tr><th>設置許可基準規則</th><th>設置許可基準規則 解釈</th></tr>
<tr><td colspan="2">第二条　2
七「設計基準対象施設」とは、発電用原子炉施設のうち、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるものをいう。
八「安全施設」とは、設計基準対象施設のうち、安全機能を有するものをいう。
十一「重大事故等対処施設」とは、重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く。）又は重大事故に対処するための機能を有する施設をいう。</td></tr>
<tr><td>（火災による損傷の防止）
第八条 設計基準対象施設は、<u>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</u>、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。</td><td>第8条（火災による損傷の防止）
1 第8条については、設計基準において発生する火災により、発電用原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、設計基準対象施設に対して必要な機能（火災の発生防止、感知及び消火並びに火災による影響の軽減）を有することを求めている。
　また、上記の<u>「発電用原子炉施設の安全性が損なわれない」とは、安全施設が安全機能を損なわないことを求めている。したがって、安全施設の安全機能が損なわれるおそれがある火災に対して、発電用原子炉施設に対して必要な措置が求められる。</u>
2 第8条について、別途定める<u>「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」（原規技発第1306195 号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））に適合するものであること</u>。
3 第2項に規定について、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合のほか、火災感知設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても、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あること。</td></tr>
</table>

添付2　安全機能への要求事項

（1）安全機能

◆ 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

重要度分類審査指針に基づき，以下の機能を選定

①原子炉冷却材圧力バウンダリ機能（PS-1）
②過剰反応度の印加防止機能（PS-1）
③炉心形状の維持機能（PS-1）
④原子炉の緊急停止機能（MS-1）
⑤未臨界維持機能（MS-1）
⑥原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能（MS-1）
⑦原子炉停止後の除熱機能（MS-1）
⑧炉心冷却機能（MS-1）
⑨工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能（MS-1）
⑩安全上特に重要な関連機能（MS-1）
⑪安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能（PS-2）
⑫事故時のプラント状態の把握機能（MS-2）
⑬制御室外からの安全停止機能（MS-2）

◆ 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能

重要度分類審査指針に基づき，以下の機能を選定

①原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって，放射性物質を貯蔵する機能（PS-2）
②放射性物質の貯蔵機能（PS-3）
③放射性物質の閉じ込め機能，放射線の遮へい及び放出低減機能（MS-1）
④燃料プール水の補給機能（MS-2）
⑤放射性物質放出の防止機能（MS-2）

➡ 上記の選定した機能毎に系統及び機器を抽出

添付2　安全機能への要求事項

（2）系統

発電用原子炉施設において火災が発生した場合に安全機能を達成するための系統を，重要度分類審査指針を参考に抽出

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	安全機能を達成するための系統
①原子炉冷却材圧力バウンダリ機能(PS-1)	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系
②過剰反応度の印加防止機能(PS-1)	制御棒カップリング
③炉心形状の維持機能(PS-1)	炉心支持構造物，燃料集合体（燃料を除く。）
④原子炉の緊急停止機能(MS-1)	原子炉停止系の制御棒による系，（制御棒及び制御棒駆動系（スクラム機能））
⑤未臨界維持機能(MS-1)	原子炉停止系（制御棒による系，ほう酸水注入系）
⑥原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能(MS-1)	逃がし安全弁（安全弁としての開機能）
⑦原子炉停止後の除熱機能(MS-1)	残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード） 原子炉隔離時冷却系 高圧炉心スプレイ系 逃がし安全弁（手動逃がし機能） 自動減圧系（手動逃がし機能）
⑧炉心冷却機能(MS-1)	非常用炉心冷却系（低圧炉心スプレイ系，低圧注水系，高圧炉心スプレイ系，自動減圧系）
⑨工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能(MS-1)	安全保護系（原子炉緊急停止の安全保護回路，非常用炉心冷却系作動の安全保護回路，原子炉格納容器隔離の安全保護回路，原子炉建屋ガス処理系の安全保護回路，主蒸気隔離の安全保護回路）
⑩安全上特に重要な関連機能(MS-1)	非常用所内電源系 制御室及びその遮蔽・非常用換気空調系 非常用補機冷却水系 直流電源系
⑪安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能(PS-2)	逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）
⑫事故時のプラント状態の把握機能(MS-2)	事故時監視計器の一部
⑬制御室外からの安全停止機能(MS-2)	制御室外原子炉停止装置（安全停止に関連するもの）

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能	安全機能を達成するための系統
①原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって，放射性物質を貯蔵する機能（PS-2）	放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの大きいもの） ・放射性気体廃棄物処理系（活性炭式希ガスホールドアップ装置） 使用済燃料プール（使用済燃料貯蔵ラック含む） ・使用済燃料プール（使用済燃料貯蔵ラック含む） ・新燃料貯蔵庫（臨界を防止する機能）（新燃料貯蔵ラック） ・使用済燃料乾式貯蔵容器
②放射性物質の貯蔵機能（PS-3）	サプレッションプール水排水系 ・残留熱除去系の一部 復水貯蔵タンク 放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの小さいもの） ・液体廃棄物処理系 ・固体廃棄物処理系 新燃料貯蔵庫，新燃料貯蔵ラック 給水加熱器保管庫 セメント混錬固化装置及び雑固体減容処理設備
③放射性物質の閉じ込め機能，放射線の遮へい及び放出低減機能（MS-1）	原子炉格納容器 原子炉建屋（原子炉建屋原子炉棟） 原子炉建屋常用換気空調系隔離弁 格納容器隔離弁及び格納容器バウンダリ配管 主蒸気流量制限器 残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード） 残留熱除去系（ポンプミニマムフローラインの配管，弁，サプレッション・プールストレーナ） 原子炉建屋ガス処理系 可燃性ガス濃度制御系 排気筒 遮蔽設備（原子炉遮蔽壁，一次遮蔽，二次遮蔽壁）
④燃料プール水の補給機能（MS-2）	残留熱除去系（ポンプミニマムフローラインの配管，弁，サプレッション・プールストレーナ）
⑤放射性物質放出の防止機能（MS-2）	放射性気体廃棄物処理系（オフガス系）隔離弁 排気筒 燃料プール冷却浄化系の燃料入口逆止弁 原子炉建屋原子炉棟 原子炉建屋常用換気空調系隔離弁 原子炉建屋ガス処理系（乾燥装置，排気筒）

添付2　安全機能への要求事項

(3)機器・ケーブル

- ◆ 系統図，単線結線図，展開接続図より，ポンプ，電動機，弁，計器等，及びこれら機器に関連する電源盤，制御盤，ケーブル等を抽出
- ◆ 火災による原子炉の安全停止に必要な機能及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能への影響を検討・評価し，火災防護対象機器，火災防護対象ケーブルを特定

機能	機器番号	機器名称	種類	対策	備考
炉心冷却機能	E22-MO-F015	HPCS S/P側吸込隔離弁	電動弁	要	
	E22-MO-F004	HPCS注入隔離弁	電動弁	要	
	E22-MO-F012	HPCS最小流量バイパス弁	電動弁	要	
	E22-MO-F010	HPCS CST側第一試験用調節弁	電動弁	否	当該弁は系統試験用であり，通常閉，機能要求時閉である。火災の影響で機能喪失した場合，通常時と機能要求時で状態が変わらず，万が一誤作動した場合でも二重化されていることから，火災により系統機能に影響をおよぼすものではない。
	E22-MO-F023	HPCS S/P側試験用調節弁	電動弁	否	〃
	CST-VSL-A(B)	復水貯蔵タンク	タンク	否	不燃材で構成され，火災による影響を受けない
	E21-C001	LPCSポンプ	ポンプ	要	
	E21-MO-F001	LPCSポンプ吸込隔離弁	電動弁	要	
	E21-MO-F005	LPCS注入隔離弁	電動弁	要	
	E21-MO-F011	LPCS最小流量バイパス弁	電動弁	要	
	E21-MO-F012	LPCS試験用調節弁	電動弁	否	当該弁は系統試験用であり，通常閉，機能要求時閉である。火災の影響で機能喪失した場合，通常時と機能要求時で状態が変わらず，万が一誤作動した場合でも二重化されていることから，火災により系統機能に影響をおよぼすものではない。

特定された火災防護対象機器，火災防護ケーブルについて火災防護対策を実施

系統又は設備番号	系統又は設備名称	機種	機能	対策	備考
R/W	液体廃棄物処理系(機器ドレン系)	配管，フィルタ，脱塩器，タンク		否	当該系統の各機器は不燃材で構成されており，火災により放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能に影響を与えるものではない。
		空気作動弁		否	当該弁はフェイルクローズ設計であり，自動的に閉止する。また，万が一，誤動作を想定した場合であっても，ポンプの出口，カナル放出ラインに空気作動弁を設置しており，単一の誤動作では放射性物質が放出されない設計としていることから，火災により放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能に影響を与えるものではない。
		配管，フィルタ，タンク		否	当該系統の各機器は不燃材で構成されており，火災により放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能に影響を与えるものではない。

評価の結果，火災時に「放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能」が喪失する系統はないことから，火災防護対象として放射性物質の貯蔵等に必要な機器等に該当するものはない。

ただし，火災時における原子炉建屋の負圧維持の観点から，原子炉建屋ガス処理系に対しては，火災防護対策を実施

添付3　東海第二発電所のケーブル配線について

3．1　プラント建設時のケーブル敷設設計の考え方

（1）区分分離についての考え方

◆安全機能を有する機器に使用するケーブルは安全区分Ⅰ，安全区分Ⅱ，安全区分Ⅲに分離され敷設される。

（2）ケーブルの回路種別

ケーブルは使用用途や使用電圧に応じて4つの回路種別に分類され，電圧の高い順に，高圧電力用，低圧電力用，制御用，計装用として配線される。

（3）ケーブルの敷設形態

◆電線管

原子炉保護系（ECCS作動計装，核計装，放射線モニタ含む），原子炉蒸気隔離系，自動減圧系はケーブル配線の全てを専用の電線管に収納する設計としている。また，壁貫通部連絡やケーブルトレイからの分岐部は電線管で敷設されている。

◆コンクリートピット（中央制御室床下）

中央制御室の制御盤間を連絡する制御・計装ケーブルが，安全区分分離が図られたコンクリートピット内に敷設されている。

◆ケーブルトレイ

電線管，コンクリートピット以外のケーブルはケーブルトレイに敷設され配線される。

ケーブルトレイを多段積に設置する場合は，電圧の高いケーブルから制御・計装ケーブルへのノイズの影響を考慮して位置的分離を図っている。

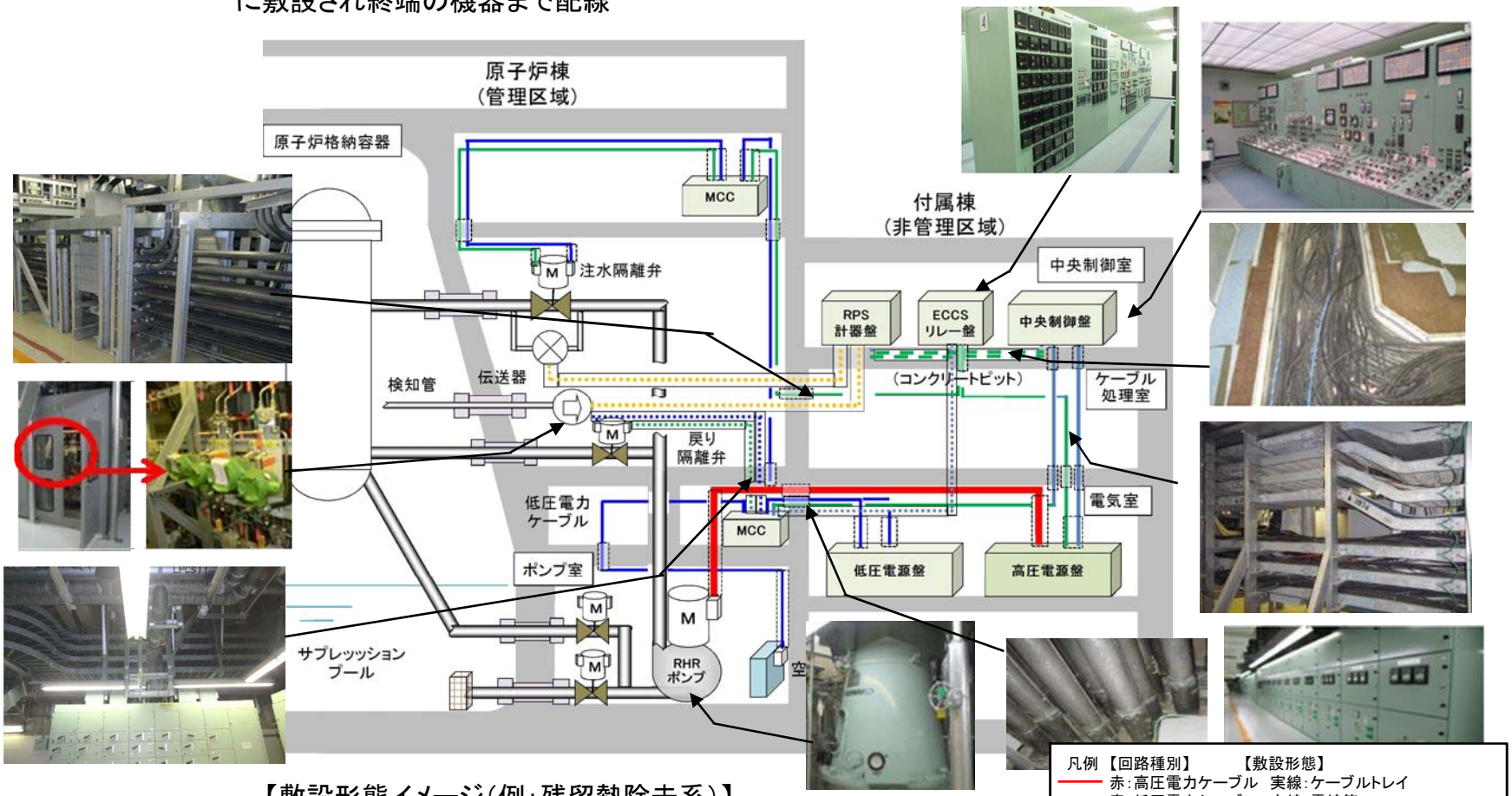
（4）ケーブルの延焼防止対策

1975年に米国ブラウンズフェリー1号炉で発生したケーブル火災の対策として，当時，建設中で非難燃ケーブルを使用していた東海第二（'78年運開）は，延焼防止対策としてケーブルに延焼防止材を塗布する設計としている。

添付3　東海第二発電所のケーブル配線について

3．2　ケーブル配線の特徴（補足3．1）

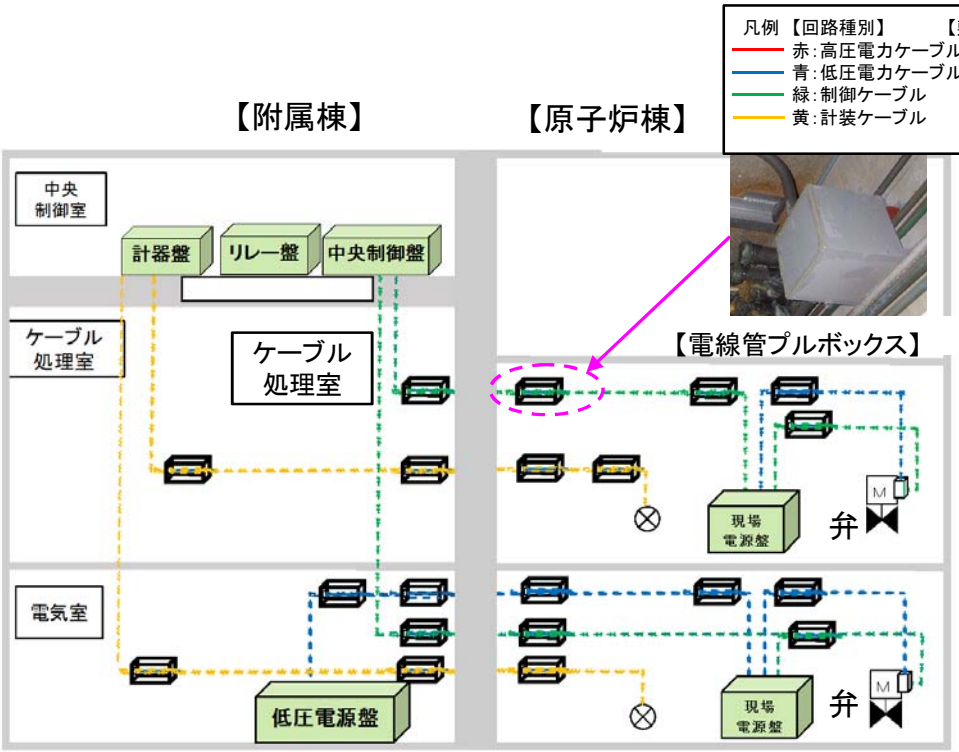
- 電線管　　：ケーブルの始点から終点までが電線管内に敷設され，途中に電線管へのケーブルの入線や取り出しを容易に行うためのプルボックスが設置
- コンクリートピット：中央制御室内の制御盤間の連絡ケーブルであり，始点から終点まで単一区画内に敷設
- ケーブルトレイ　：電気室から現場の機器に接続されるケーブルと，現場電源盤から現場の機器に接続されるケーブルが同一トレイに敷設され終端の機器まで配線



【敷設形態イメージ（例：残留熱除去系）】

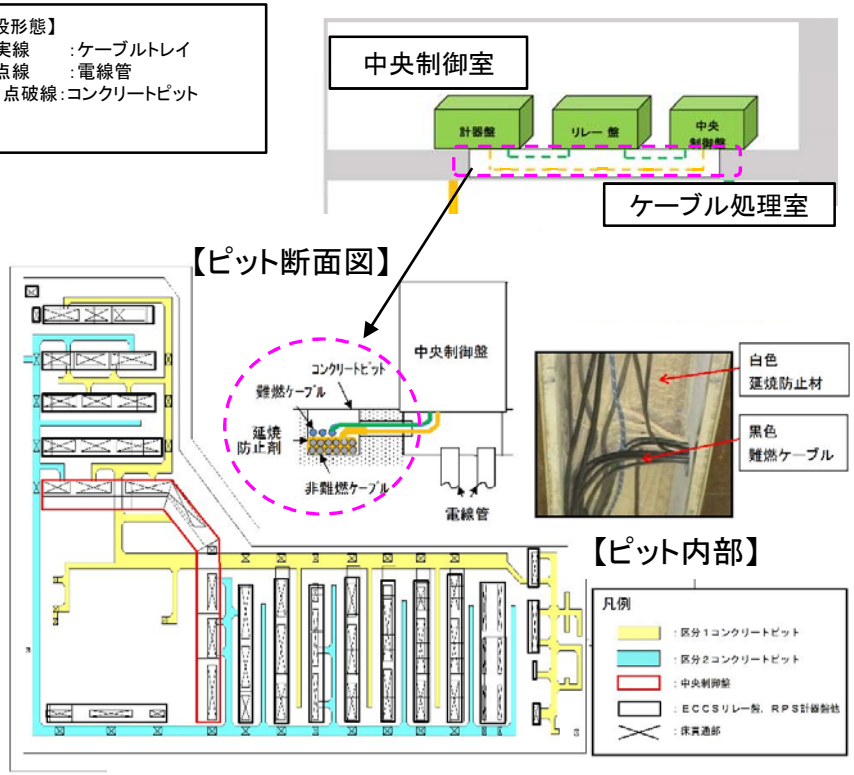
補足3．1　ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴

（1）電線管敷設ケーブル



【電線管敷設ケーブルイメージ】

（2）コンクリートピット敷設ケーブル



【コンクリートピットイメージ】

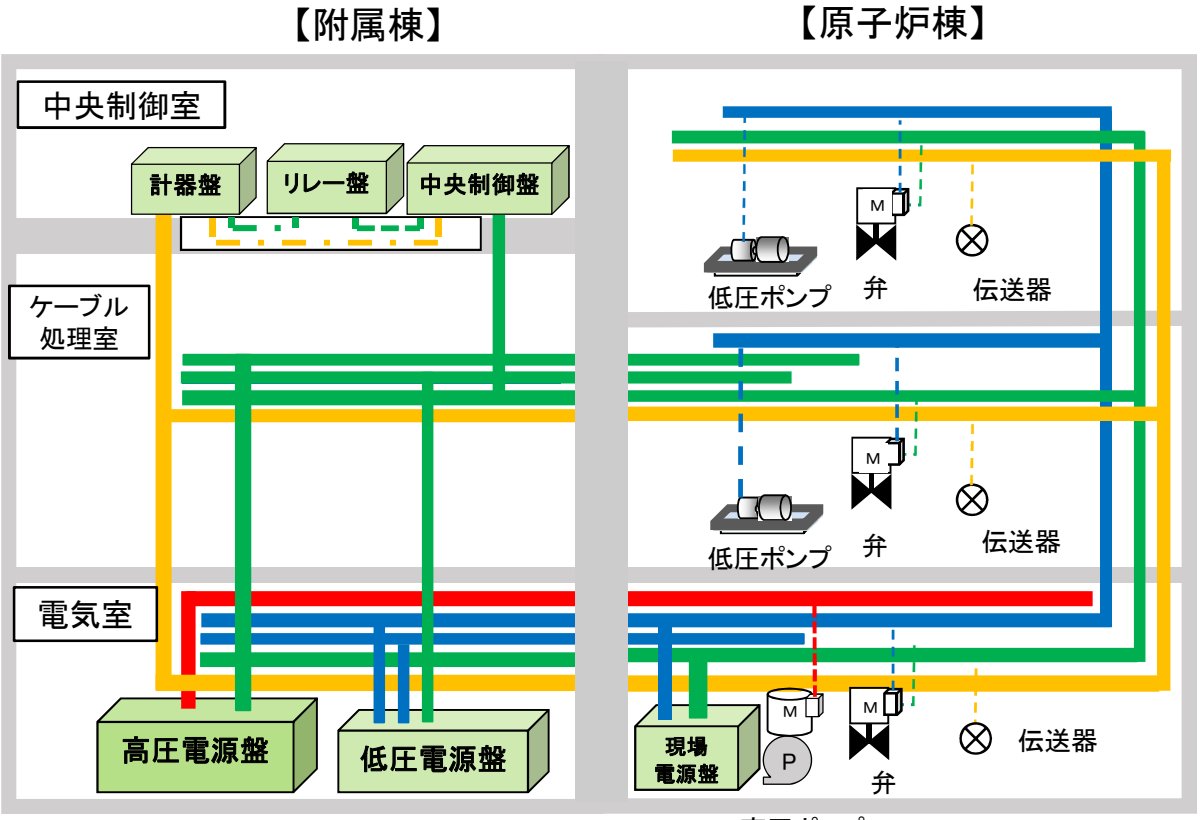
電線管敷設ケーブルの特徴
- ◆ケーブルの始点から終点までを同一電線管内に敷設しているため，ケーブルの識別が可能
- ◆電線管への入線や取り出しを容易に行うためプルボックスを設置

コンクリートピット（中央制御室床下）敷設ケーブルの特徴
- ◆制御盤間の連絡ケーブルが多量にコンクリートピット内に敷設されておりケーブルの識別は不可能
- ◆始点と終点が同一区画内に存在するため，仮設ケーブルの敷設が可能

補足3．1　ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴

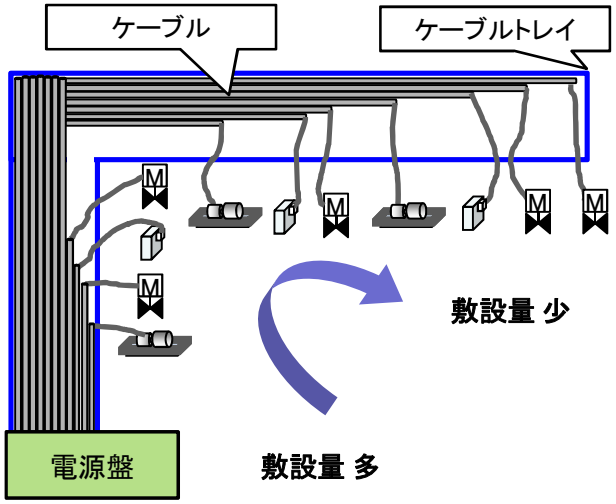
修正

（3）ケーブルトレイ敷設ケーブル



＜ケーブルトレイの設置イメージ＞

凡例　【回路種別】　　【敷設形態】
赤：高圧電力ケーブル　実線　：ケーブルトレイ
青：低圧電力ケーブル　点線　：電線管
緑：制御ケーブル　一点破線:コンクリートピット
黄：計装ケーブル



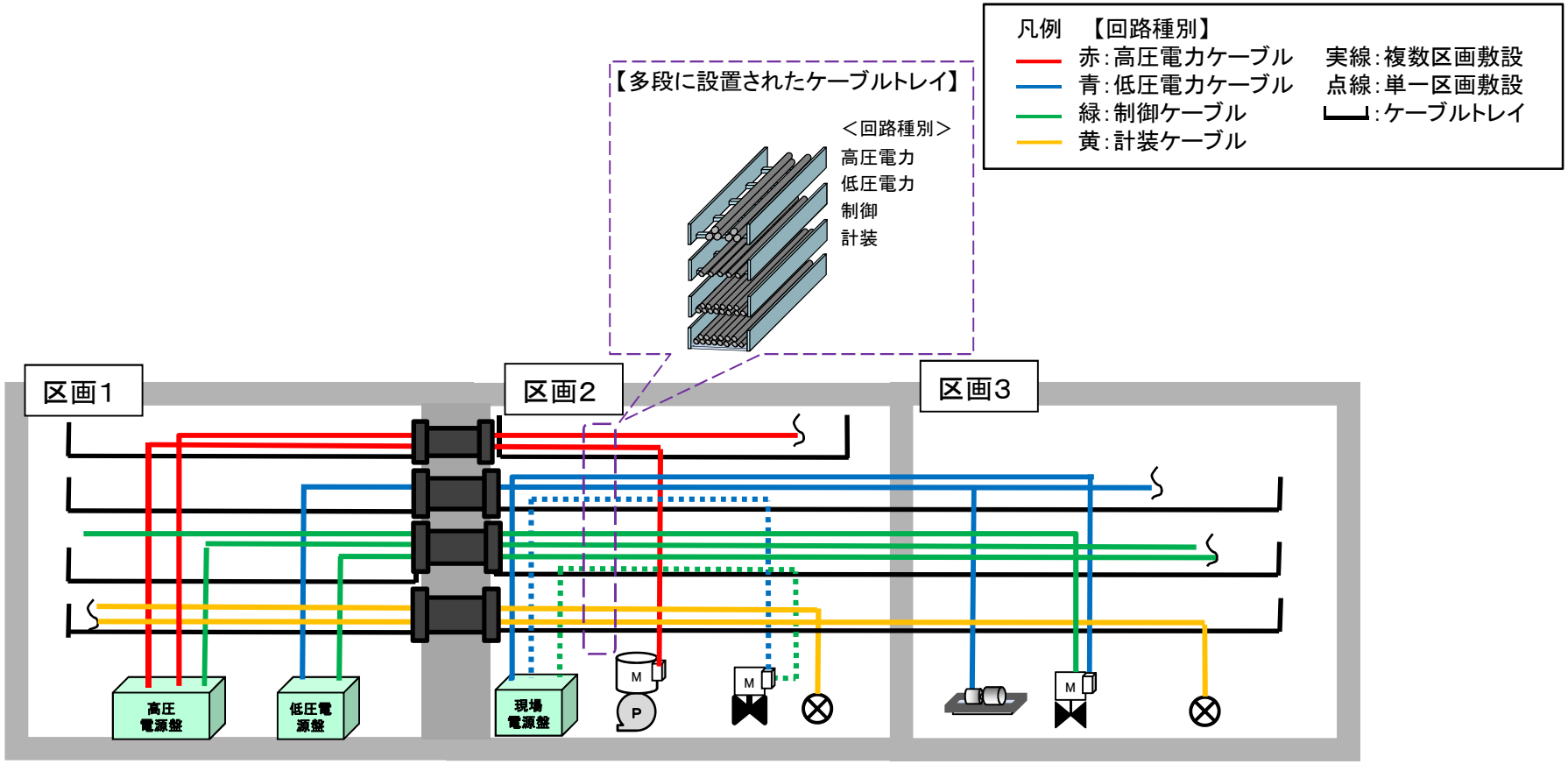
＜トレイ内ケーブル敷設量イのメージ＞

ケーブルトレイ敷設ケーブルの特徴
◆ 中央制御盤に近づくにつれて，制御・計装ケーブルがケーブルトレイ内に集中（ケーブル処理室にケーブルが集中）
◆ 電気盤に近づくにつれて，電力ケーブルがケーブルトレイ内に集中する（電気室にケーブルが集中）
◆ ケーブルトレイは複数区画に跨って敷設（同一区画に始点・終点があっても，複数区画に跨るケーブルトレイに同載，次頁参照）
◆ 終端の機器にはケーブルトレイから電線管に分岐し配線
◆ ケーブルは中央制御室又は電源盤を起点として機器まで1本で配線，ケーブルトレイはケーブルの量，回路種別に応じて多段に設置

補足3．1　ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴

修正

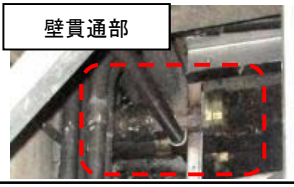
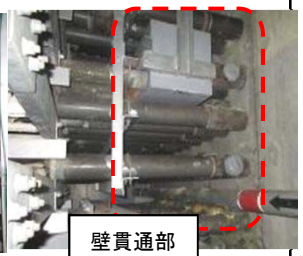
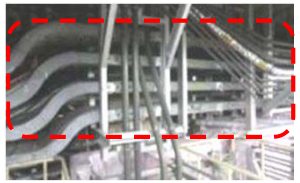
◆ケーブルトレイ敷設ケーブルの区画配線概要



【複数区画及び単一区画のケーブル配線イメージ】

補足3．1　ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴

◆回路種別毎のケーブル敷設の状況

回路種別	電気室／ケーブル処理室（附属棟）	原子炉棟	敷設状況
高圧電力	・ケーブル量が少なく，1本ごと延焼防止材が塗布 ・多段トレイの上段に設置 トレイ敷設  壁貫通部	・壁貫通部及びトレイ内の余裕あり ・多段トレイの上段に設置 壁貫通部 多段積みされるトレイ	・ケーブル敷設量が少ない ケーブル敷設状況
低圧電力	・ケーブル量が多く，トレイ内にスペースなし ・高圧電力用トレイの下段に敷設され，トレイが多段積み ・壁貫通部の空管路なし トレイ敷設 壁貫通部	・同左 ・いずれかの区画では最上段になる場所もあるが，トレイがつながっており途中で中段になる 壁貫通部 トレイ設置状況 多段積みトレイ	・ケーブルが多く，束になった状態で延焼防止材が塗布されている ケーブル敷設状況
制御・計装	・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 ・壁貫通部の空管路なし 多段積みトレイ  壁貫通部	・ケーブル量が多く，トレイは多段積みで中段から下段となる ・壁貫通部の空き管路なし 壁貫通部正面  多段積みトレイ	・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 計装・制御の敷設状況

添付４　取替に伴う安全上の課題の検討

４．１　取替方法検討にあたっての考慮事項

◆敷設ケーブルは回路種別として4種類，敷設形態として3種類あるため，回路種別及び敷設形態の組み合わせを考慮し，取替方法を網羅的に検討

◆敷設ケーブルの途中に新たに接続点を設けての取替えは，接続部の発熱による発火リスクが高まるため，現状の始点，終点間での取替えを前提に検討（補足４．１）

非難燃ケーブルの敷設形態と回路種別の組み合わせの状況

回路種別	敷設形態	ケーブルの敷設状態
高圧電力	ケーブルトレイ	単一区画内又は複数区画に跨って敷設
低圧電力	電線管	同上
	ケーブルトレイ	同上
制御	電線管	同上
	ケーブルトレイ	同上
	コンクリートピット	単一区画内で敷設
計装	電線管	単一区画内又は複数区画に跨って敷設
	ケーブルトレイ	同上
	コンクリートピット	単一区画内で敷設

４．２　安全上の課題を回避する取替方法の検討

（1）電線管及びコンクリートピット（補足４．２）

◆電線管敷設とコンクリートピット敷設は課題なく取替可能

添付4　取替に伴う安全上の課題の検討

（2）ケーブルトレイ

◆既設ケーブルトレイ内で1本毎にケーブルを撤去・新設する方法から検討をスタートし，検討過程で安全上の課題が抽出された場合，その課題を回避するため，別の取替方法を検討する。これらの検討を繰り返し実施

①高圧電力ケーブル

- 既設トレイ内の既設ケーブルを撤去後，既設トレイ内に難燃ケーブルを敷設することで対応可能

②低圧電力及び制御・計装ケーブル　（ケーブルが複数区画に跨って敷設）

- 取替方法①【既設トレイ内既設ケーブルを撤去後，既設トレイ内に難燃ケーブルを敷設】
  - ・敷設されているケーブル量が多く対象のケーブルを識別できないため，取替対象ケーブルを撤去（引き抜き，細断）不可能
- 取替方法②【ケーブルトレイを新設し，新設トレイに対象ケーブルのみを新設】
  - ・取替方法①の課題（対象のケーブルを識別できないため撤去不可能）は回避可能
  - ・しかしながら，本案では以下の課題あり。
    - ✓ 建屋耐震性低下（新設トレイ敷設のための躯体開口）
    - ✓ 可燃物量増加（既設トレイ上には既設ケーブルが残存）
- 取替方法③【ケーブルトレイを新設し，新設トレイに全ケーブルを敷設後に，既設トレイ及びケーブルを撤去】
  - ・取替方法②の課題のうち，可燃物量増加は回避可能
  - ・しかしながら，本案では以下の課題あり。
    - ✓ 取替時に建屋耐震性低下（新設トレイ敷設のための躯体開口）
- 取替方法④【既設トレイ内の全ケーブルを撤去し，新ケーブルを敷設】
  - ・取替方法③の課題（建屋耐震性低下）は回避可能
  - ・しかしながら，本案では以下の課題あり。
    - ✓ 取替時に必要な安全機能の信頼性低下　（多段積みトレイ配置であるため，高圧→低圧→制御→計装の順でケーブル及びケーブルトレイを撤去後，逆の順に計装から高圧までのケーブルトレイ及び難燃ケーブルを敷設。維持すべき安全機能の片系列の系統が一括隔離状態。隔離されていない片系列の異常時において隔離系統の短期復旧の期待不可）

⇒　安全上の課題を回避しようとしても，新たな課題が発生

添付４　取替に伴う安全上の課題の検討

③低圧電力及び制御・計装ケーブル（ケーブルが単一区画に敷設される場合）

➢取替方法①【既設トレイ内既設ケーブルを撤去後，既設トレイ内に難燃ケーブルを敷設】

・敷設されているケーブル量が多く，対象のケーブルを識別できないため，取替対象ケーブルを撤去（引き抜き，細断）不可能

➢取替方法⑤【ケーブルトレイを新設し，新設トレイに対象ケーブルのみを新設】

・取替方法①の課題（対象のケーブルを識別できないため撤去不可能）は回避可能

・しかしながら，本案では以下の課題あり。

✓ 可燃物量増加（既設トレイ上には既設ケーブルが残存）

⇒安全上の課題を回避しようとしても，新たな課題が発生

④低圧電力及び制御・計装ケーブル（機器からケーブルトレイまでのケーブル端部のみ取替）

・新たに接続点を追加することとなり，接続部の発熱から発火に至る可能性が高まる。なお，先行プラントの審査会合でも同様な議論があり，本方法については好ましくないと認識

＜参考＞電気設備工事管理指針　（国土交通省大臣官房官庁営繕部　監修）より抜粋

「第2編　電力設備工事」「第2章　施工」「共通事項」電線の接続

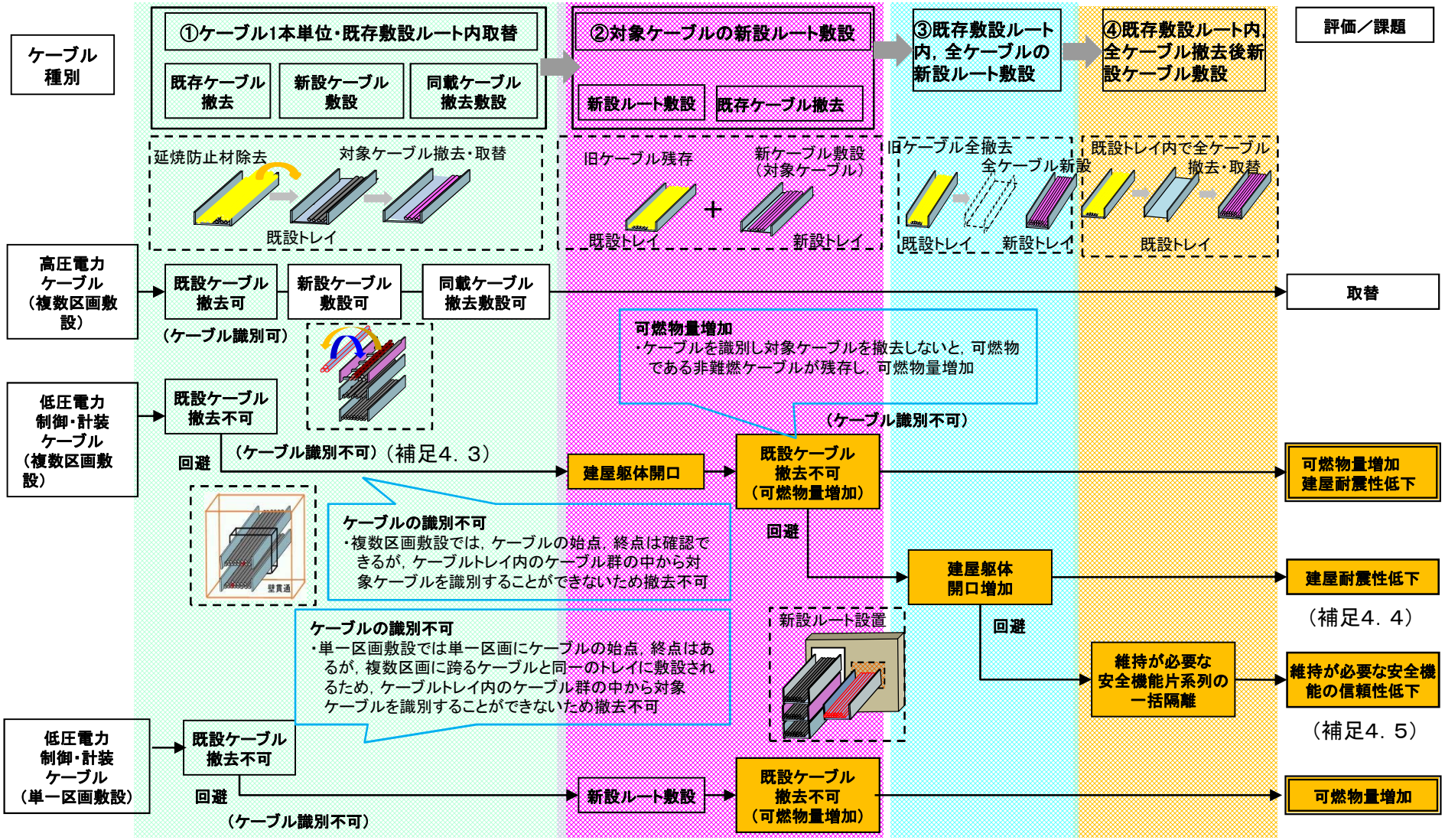
・電路の分岐などやむを得ない場合を除き，電線相互の接続は極力避ける。

⇒安全上の課題が発生

添付4　取替に伴う安全上の課題の検討

◆ケーブルトレイ敷設ケーブルの取替に伴う安全上の課題検討結果

➢ 低圧電力，制御・計装ケーブルはいずれの取替方法でも課題が存在



：課題　：施工後も残る課題

添付4　取替に伴う安全上の課題の検討

4．3　安全上の課題を回避する取替方法の検討（まとめ）

◆ケーブル取替に係る安全上の課題回避に係る検討結果を以下に示す。

回路種別	敷設形態	安全上の課題	対応
高圧電力	ケーブルトレイ	なし	取替
低圧電力	電線管	なし	取替
	ケーブルトレイ	• 可燃物量の増加 • 建屋耐震性への影響 • 取替時に維持が必要な安全機能の信頼性の低下	代替措置を選定し，取替との安全性比較により対応を選択
制御・計装	電線管	なし	取替
	コンクリートピット	なし	取替
	ケーブルトレイ	• 可燃物量の増加 • 建屋耐震性への影響 • 取替時に維持が必要な安全機能の信頼性の低下	代替措置を選定し，取替との安全性比較により対応を選択

補足4．1　新たに接続部を設けてケーブルの一部を難燃ケーブルに取替る方法の検討

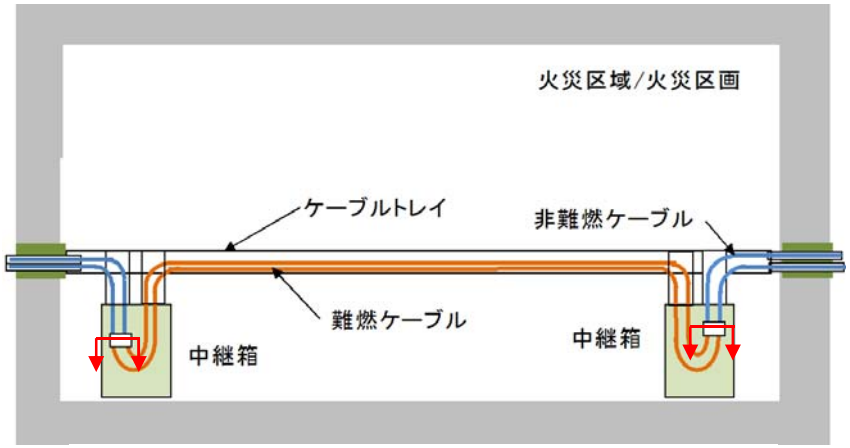
修正

（1）取替の範囲

新たに接続部を設けて取替えるためには，ケーブルを識別する必要があるが，ケーブル群の中から対象ケーブルを識別するのは困難。そのため，識別が可能となるのはケーブル量が少なくなり，負荷側（終点）からケーブルが識別できる終端部を取替方法の検討範囲とした。

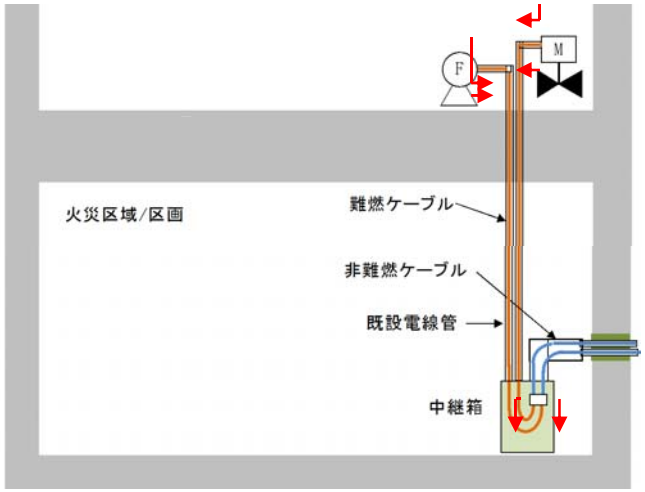
下図にそのイメージを示す。

（ケーブル識別困難）



【単一区画内のケーブルの取替イメージ】

（ケーブル識別可能）



【終端部のケーブルの取替イメージ】

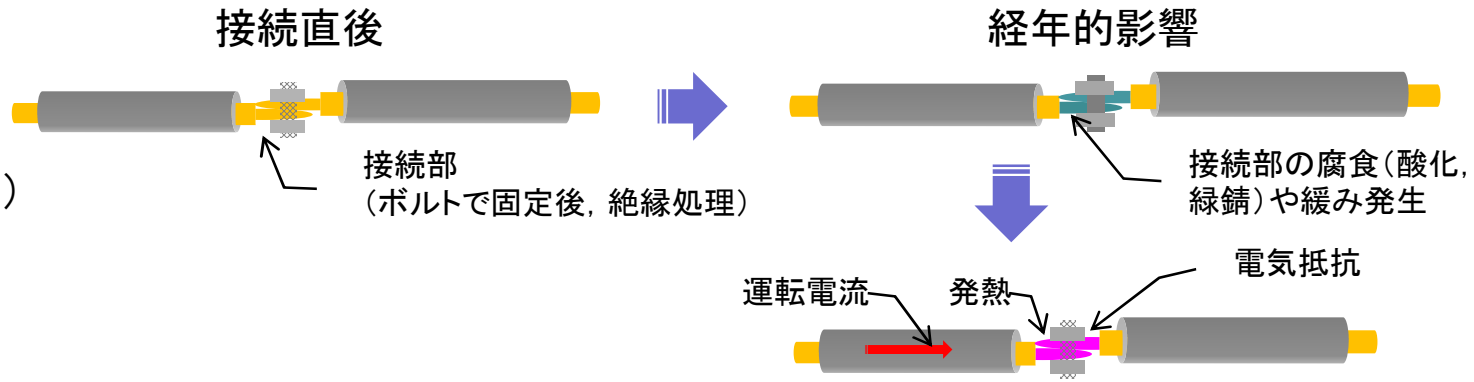
◆接続点が増えると経年的な劣化で，導体接触部の電気抵抗増加による発火リスクが高まる。

補足4．1　新たに接続部を設けてケーブルの一部を難燃ケーブルに取替る方法の検討

（2）成立性の評価結果

ケーブル 回路種別	設置環境の影響 （外力，湿気等）	評価
低圧電力	接続点を増やすことで，設置環境からの湿気や外力などの影響を受けやすくなる。そのため接続部の腐食や緩みにより電気抵抗が増加する可能性がある	× 電気抵抗増加により，通電状態での発熱による発火リスクが高まるため適用しない （保護装置は過電流により動作するため，通常の運転電流で発生する発熱による発火は，防止できない）
制御・計装	・同上 ・複数の接続点を増やすことにより，外部からのノイズを拾いやすくなる	

接続部の発熱
イメージ
（直ジョイントの例）



◆部分的にケーブルを取替える方法は，新たに接続点を増やすことになり，接続部の発熱から発火に至る可能性が高まるため適用しない

＜参考＞電気設備工事管理指針　（国土交通省大臣官房官庁営繕部　監修）より抜粋
「第2編 電力設備工事」「第2章 施工」「共通事項」電線の接続
・電路の分岐などやむを得ない場合を除き，電線相互の接続は極力避ける。

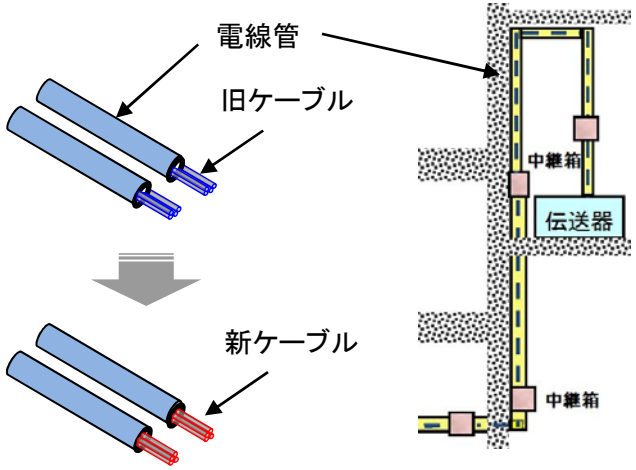
補足4．2　電線管及びコンクリートピット敷設ケーブルの取替に伴う安全上の課題検討

（1）電線管

➢ 電線管敷設ケーブルの取替えに伴う<u>安全上の課題なし</u>

・ケーブル本数が限定されるため，ケーブルの識別が可能

・ケーブルが識別できることから，中継箱（プルボックス）を利用してケーブルを切断，旧ケーブルの撤去及びケーブル敷設が可能



【ケーブル取替イメージ:】　【電線管敷設イメージ:】

（2）コンクリートピット

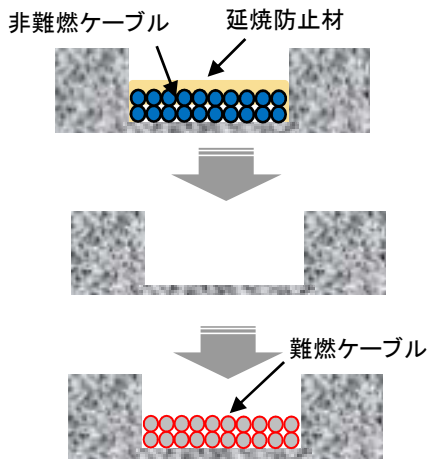
➢ 中央制御室の床下コンクリートピット内ケーブルは取替えに伴う<u>安全上の課題なし</u>

・制御盤間を連絡するケーブルは，単一区画に敷設されることから，ケーブルの識別ができないものの，ケーブルルートの確認は可能

・必要に応じ仮設ケーブル設置

・延焼防止材を剥離し，旧ケーブルを撤去することで新たなスペースを確保可能

・新ケーブルに取替え可能



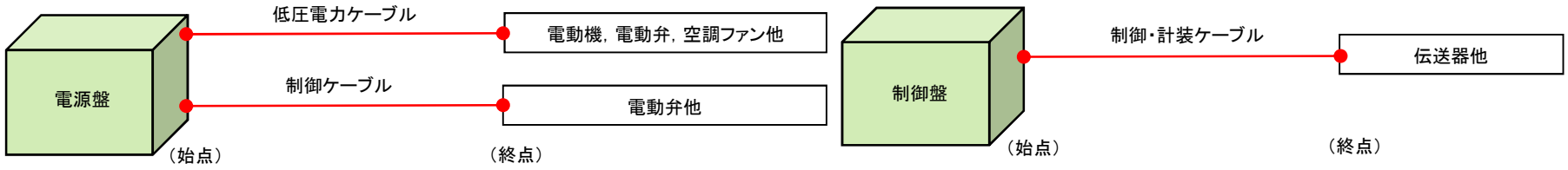
【ピットのケーブル取替イメージ】

補足4．3　ケーブルトレイ敷設ケーブルの取替に伴う安全上の課題検討

修正

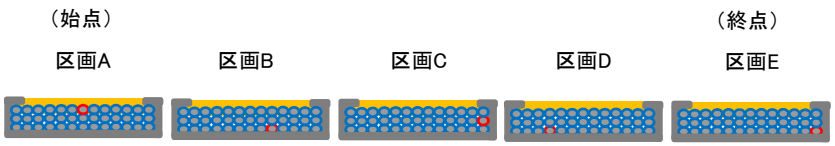
1．ケーブル取替方法①：既設トレイ内で対象ケーブル取替検討結果

（1）ケーブルの始点，終点は識別可能

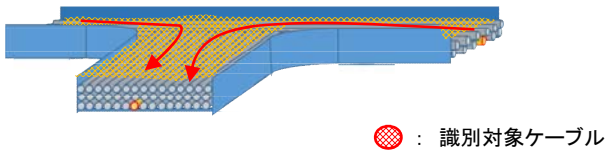


（2）ケーブルの始点，終点は識別できても，ケーブルの始点となる電源盤又は制御盤から各負荷までの距離は長く，ケーブル自体の重量もあり，ケーブルトレイ内に多量のケーブルが敷設されるとケーブル同士の接触抵抗が大きく，ケーブルトレイの中から**特定のケーブルだけを引き抜くことは困難**

（3）対象ケーブルを引き抜けない場合，当該**ケーブルを細かく切断して撤去する必要があり，そのためには，当該ケーブルを全長にわたってケーブルトレイ内で識別することが必要であるが，ケーブル始点から区画を跨いで終点となる負荷までの間にケーブルトレイ内に多量のケーブルが敷設されケーブル群となるため，この中から対象ケーブルを識別することは困難**



ケーブ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



ケーブルの合流によりケーブル群となるケーブルトレイのイメージ

ケーブル群の中から対象ケーブルを識別できなければ，ケーブル取替困難

補足4．3　ケーブルトレイ敷設ケーブルの取替に伴う安全上の課題検討

修正

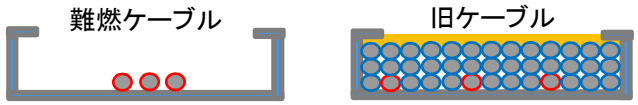
2．ケーブル群の中から対象ケーブルの識別が困難な場合の取替方法の検討結果

＜施工に伴う安全上の課題＞

取替方法②：新規トレイ設置（対象ケーブル新設）
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

・・・ 躯体開口による建屋耐震性の低下

・・・ 可燃物量増加



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

ケーブル識別不可能なため撤去不可能な旧ケーブルが残存（可燃物量増加）

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

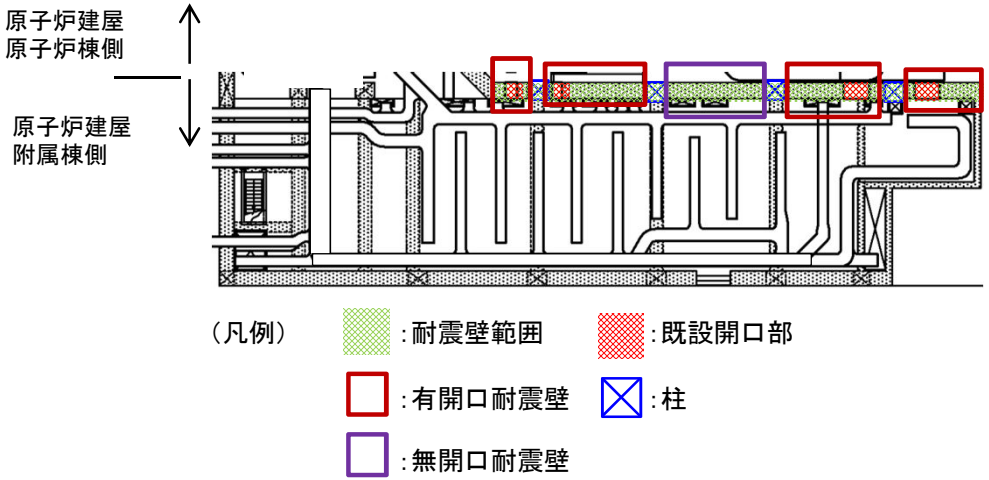
・・・ 躯体開口による建屋耐震性の低下

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

・・・ 施工時において，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

補足4．4　ケーブル取替に伴う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設置して使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

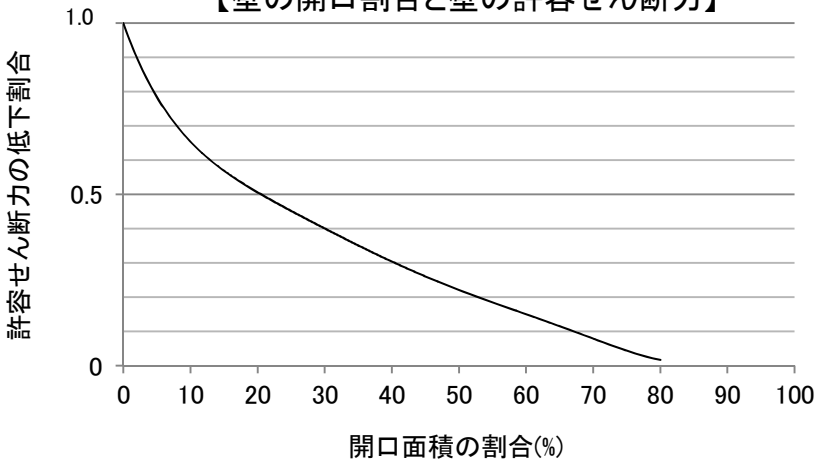


【耐震壁の開口面積】

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）	取替方法②	取替方法③
	約 0.8m²	約2.8m²

開口面積の割合：約3.2%（取替方法②），約11.2%（取替方法③）

【壁の開口割合と壁の許容せん断力】



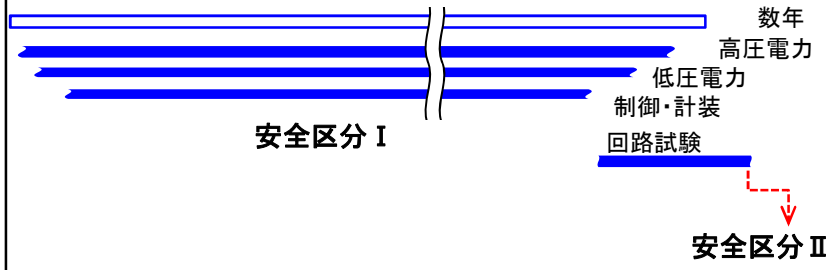
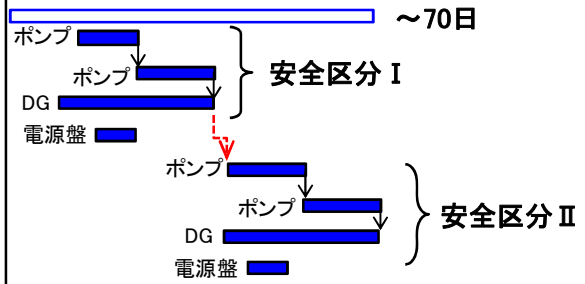
出典：2010年版　鉄筋コンクリート構造計算基準・解説
開口の見付面積による低減率算出式より算出

補足4．5　ケーブル取替における安全機能の信頼性低下の影響

（1）ケーブル取替における系統隔離と安全機能の信頼性

- 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
- 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，維持すべき安全機能の片系列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系列の異常時において，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，ケーブル取替により，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）		・維持すべき安全機能の片系列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		・維持すべき安全機能の片系列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

補足4．5　ケーブル取替における安全機能の信頼性低下の影響

（2）ケーブル取替による安全機能の信頼性低下とリスク緩和策

- ケーブル取替に伴う安全機能喪失リスクは，通常定期検査時に比べ大
  - ①　取替に伴い片系列の系統が同時に隔離が必要となるため，維持すべき安全機能が片系列のみとなり全ての安全機能の信頼性が低下
  - ②　供用側系列の設備の長期間（数年）使用に伴う消耗品劣化により機能喪失リスクが増加
  - ③　取替に伴い一括隔離される系列は，電力，制御，計装ケーブルが同時撤去されるため早期復旧は不可
- リスク緩和策の評価

	リスク緩和策	評　価
①	代替機能（手段）の確保	• 異常影響緩和系（MS)については有効な代替手段あり（例．可搬型代替SFP注水ポンプ）。但し，本設より信頼性は低下 • 異常発生防止系（PS)については代替手段がなく，当該系の復旧が必要（下記②～⑤）
②	予備品の確保	• 消耗品の予備品確保は可能 • 消耗品以外の部品については対応不可
③	調達	• 汎用品以外は設計・製造が必要（調達期間に不確かさあり）
④	隔離系列の設備活用（入替）	• 入替の所要時間は設備に依存 • 機能・性能が同じ機器であっても構造が異なる（入替え不可）場合がある
⑤	隔離系列に仮設ケーブル設置（供用側系列の電源を融通）	• 原子炉建屋・各防火区画の気密性・耐火性に影響しない貫通部開口，電源・制御用現場盤の設置スペースが必要 • 供用側電源の不具合時には対応不可

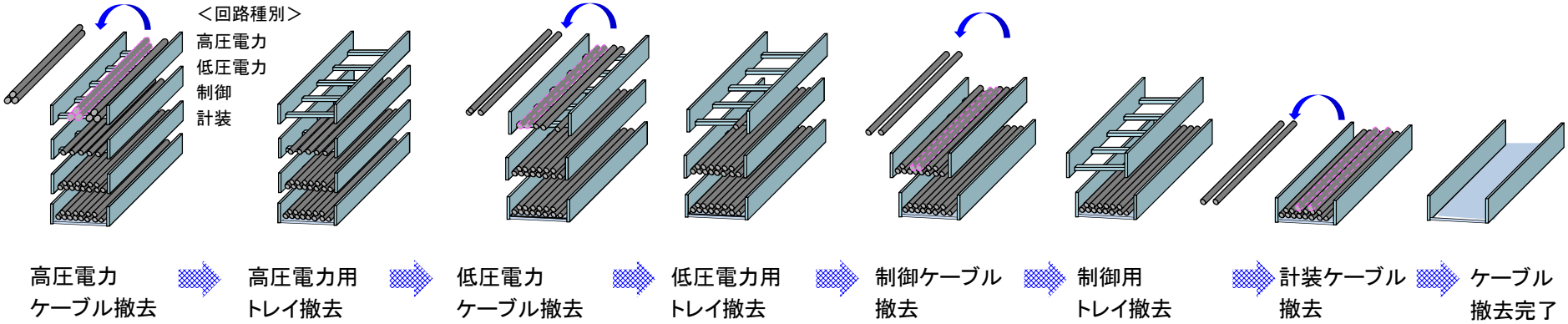
- リスク緩和策を講じた場合においても，緩和策の信頼性，機能喪失時に運用上支障を生じない期間での復旧可能性には不確かさが存在

別添1　多段積みされたケーブルトレイの取替順序

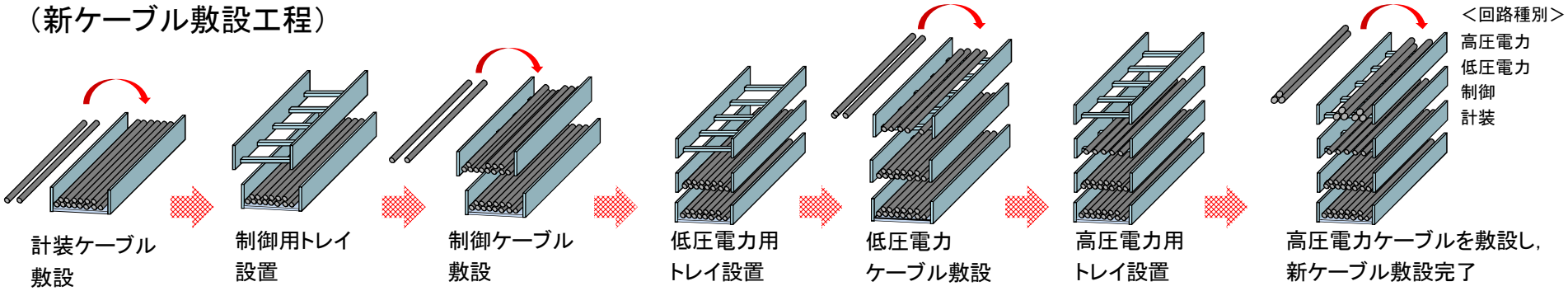
◆多段のケーブルトレイに敷設されるケーブルは，最上段のケーブルから延焼防止材剥離後に撤去，ケーブルトレイの一時撤去を最下段のケーブルまで繰り返す

◆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）



別添2　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

◆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

◆必要な安全機能（系統・設備）の分類と抽出

上記，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.現行保安規定に基づき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]

別添2　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

【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

別添2　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

【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

別添2　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

【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

別添2　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

【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

別添2　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

【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

別添2　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

【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５　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

５．１　代替措置の選定

（1）代替措置の選定

◆ケーブルトレイ敷設（低圧電力，制御・計装ケーブル）を対象に代替措置を検討
◆既設ケーブル及びケーブルトレイに代替措置を適用することで，抽出された安全上の課題を回避
◆非難燃ケーブルに対し産業界にて実績のある下表の4つの防火措置を検討

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

◆<u>「防火シートによる複合体の形成」</u>を選定（補足５．１）

添付５　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

（2）複合体の設計上考慮すべき事項　（1／2）

◆ケーブル敷設状態における取替と代替措置の安全性の比較検討を行うため，その前提となる複合体の設計上考慮すべき事項を抽出

◆複合体の設計上考慮すべき事項は，複合体の難燃性能の他，複合体が防火シート，既設ケーブル及びケーブルトレイ等から形成されるため，これらの構成要素の安全機能に着目して抽出

	機能項目	機能を阻害する要因	設計上考慮すべき事項	備　考
火災防護上要求される機能	防火シートの難燃性 ― 難燃性		難燃性（自己消火性，耐延焼性）※を確保すること	※：規格基準がないため保安水準を設定
	防火シートの難燃性 ― 耐久性	腐食等	防火シートの薬品等に対する耐久性を有すること	
		経年劣化	防火シートの熱・放射線に対する耐久性を有すること	
	防火シートの難燃性 ― 耐震性	地　震	複合体が健全であること（シート等が破損したり，ずれないこと）	
	火災の感知性及び消火性 ― 感　知		防火シートによる検知性が低下しないこと	
	火災の感知性及び消火性 ― 消　火		防火シートによる消火性が低下しないこと	

添付5　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

（2）複合体の設計上考慮すべき事項　（2／2）

	機能項目	機能を阻害する要因	設計上考慮すべき事項	備　考
ケーブル及びケーブルトレイの安全機能	ケーブル及びケーブルトレイの保有機能 → 電気的機能 → 通電機能	放熱性の低下	放熱性の低下が，ケーブルの通電機能に影響しないこと	
	通電機能：絶縁体の許容温度の範囲内で機器等の使用電流が通電できること。 → 絶縁機能	絶縁性能低下	防火シートがケーブルに直接接触しても絶縁性能が維持できること	
	絶縁機能：ケーブルの絶縁機能に影響を与えないこと。			
	ケーブル及びケーブルトレイの保有機能 → 機械的機能 → シースによる絶縁体保護機能	化学的影響	防火シートがケーブルに直接接触してもシースが損傷しないこと	
	シースによる絶縁体保護機能：ケーブルを外的要因から保護できること。 → ケーブルトレイの保持機能	化学的影響	防火シートがケーブルトレイに直接接触してもトレイが損傷しないこと	
	ケーブルトレイの保持機能：敷設されるケーブルを保持できること。	耐震性低下	複合体形成による重量増加によっても耐震性が確保できること	
	施工管理 → 防火シート施工（複合体形成）		シートメーカ仕様に基づき適切に施工できること	
	保守性・点検性 → 複合体の点検		施工後，複合体の健全性が確認できること	
その他原子炉施設の安全機能		LOCA時ジェット流によるデブリ化	ー※：（原子炉格納容器内の適用を除外）	※：ECCSストレーナ閉塞の可能性あり

添付５　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

５．２　難燃性能に関する保安水準（設計目標）

◆設計目標の設定の考え方

- 複合体の難燃性能は，難燃ケーブルに要求される難燃性能と同等以上とする
- 複合体は防火シートを用いることから複合体外部の火災と内部の火災におけるケーブルの燃焼形態が異なるため，それぞれの火災に対して難燃性能を確認する
- 難燃性能を維持するための複合体の健全性は設計上考慮するが，想定外の不完全な状態を仮定しても難燃性能を維持できることを確認する

性能確認項目	設計目標
①複合体の外部の火災	Ⅰ．複合体外部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する ・難燃ケーブルのUL垂直燃焼試験，延焼性確認試験を準拠した燃焼条件での試験とし，自己消火性，耐延焼性を有していること ・燃焼条件を変化（熱量を増加）させた試験にて耐延焼性を有していること ・ケーブルの損傷長が同条件の難燃ケーブルより短いこと
②複合体の内部の火災	Ⅱ．内部火災を想定しても必要な難燃性能を確保する ・試験の燃焼条件はⅠと同様 ・燃焼しやすい設置方向（角度）識別し耐延焼性を有していること
③想定外の複合体不完全状態を仮定した外部／内部の火災	Ⅲ．複合体の状態として防火シート施工が不完全な状態を仮定しても難燃性能を確保する ・試験の燃焼条件はⅠと同様 ・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有していること

添付5　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

5．3　代替措置適用による他設備の安全機能への影響確認

◆ 5．1(2)の複合体の設計上の考慮事項においては，LOCA時の格納容器内ジェット流については除外している。
◆ このため，代替措置の検討範囲としたケーブルトレイ敷設の低圧電力，制御，計装ケーブルの格納容器内敷設の有無について確認

対象ケーブル		設計上，代替措置の適用ができない範囲	敷設の有無確認結果
敷設形態	回路種別		
ケーブルトレイ	低圧電力	格納容器内	なし
	制御		なし
	計装		なし

◆ 代替措置適用による他設備の安全機能への影響がないことを確認

添付5　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

修正

5．4　ケーブル敷設状態での取替と代替措置の安全性比較

◆敷設形態を考慮し，（1）火災防護上の安全機能，（2）ケーブル及びケーブルトレイの安全機能，（3）施工・維持管理の観点から抽出した項目について，難燃ケーブルと複合体を比較

（1）火災防護上の安全機能に係る比較

比較項目		難燃ケーブルと比較した場合の代替措置の安全性評価	
		説　明	評価
火災発生防止	自己発火性	• 過電流に対しては難燃／非難燃ケーブルともに遮断器等による防護が必要 • 過電流による発火について，難燃ケーブルと非難燃ケーブルでは差はないため同等。なお，電力ケーブルは保全計画に基づき，定期的な絶縁抵抗測定を実施することにより適切に管理されている。	○
	難燃性（自己消火性）	• 複合体の適用に当たって，非難燃ケーブルの自己消火性を実証	○※
	難燃性（耐延焼性）	• 複合体の適用に当たって，複合体による耐延焼性を実証	○※
	区画内延焼性（火災エネルギ）	• 対象ケーブルは多段積みケーブルトレイ中・下段敷設のため，不燃材の防火シートの遮炎効果により区画内延焼を抑制　（添付7）	◎
	耐久性	• 複合体の適用に当たって，防火シート熱・放射線に対する耐久性及び薬品等に対する耐久性を実証	○※
	耐震性	• 複合体の適用に当たって，健全性（シート等が破損したり，ずれないこと）を実証	○※
火災感知・消火	感　知	• 2種類設置する感知器に加えて，複合体内火災の熱感知器により，早期感知可能。煙感知器は難燃ケーブルの場合と同様に区画内設置。このため検知性能は同等	○
	消　火	• 複合体内ケーブルは，局所又は全域消火設備の設置により，早期消火可能。区画内の消火性能は同等	○
火災影響	区分分離	• 複合体はケーブルトレイ単位で形成するため，安全系の区分分離に影響なし	○

◎：安全性が向上，○：安全性が同等，×：安全性が低下，※：試験により確認

添付5　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

(2)ケーブル及びケーブルトレイの安全機能に係る比較

比較項目		難燃ケーブルと比較した場合の代替措置の安全性評価	
		説　明	評価
電気的機能	通電機能	• 複合体の適用に当たって，複合体形成によるケーブル温度上昇が通電機能に影響がないことを実証	○※
	絶縁機能	• 複合体の適用に当たって，複合体形成による絶縁体の性質に影響がないことを実証	○※
機械的機能	シースによる絶縁体保護機能	• 複合体の適用に当たって，複合体形成による化学的な影響がないことを実証	○※
	ケーブルトレイの保持機能	• 複合体の適用に当たって，複合体形成による化学的な影響がないことを実証	○※
		• 複合体形成による重量増加はケーブルトレイのサポート等補強するため耐震性は同等	○

◎:安全性が向上，○:安全性が同等，×:安全性が低下，※:試験により確認

(3)施工・維持管理に係る比較

比較項目	難燃ケーブルと比較した場合の代替措置の安全性評価	
	説　明	評価
施工管理	• 実機調査を踏まえ，施工性を確認(補足5．2) • 複合体の構成材料は工業製品であり材料品質は確保されるが，複合体としての性能を担保するため規定どおり形成(施工)されていることの確認が必要	○
保守性・点検性(健全性確認)	• 複合体としての性能を担保するため規定どおり維持され健全であること(シートの破損や脱落のないこと等)の確認が必要	○

◎:安全性が向上，○:安全性が同等，×:安全性が低下，※:試験により確認

◆ケーブル取替に伴うメリット

項目	説明
発火リスク	• ケーブルを未使用ケーブルに取替えることで，ケーブル発火の可能性及び波及影響を低減(添付6)
可燃物量	• ケーブル取替えに合わせ既存の切離しケーブルを撤去することで可燃物量を低減

添付5　難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

追加

5．5　既存の切離しケーブルの残存に関する評価

◆　設備の増改良や不具合により，切離され安全系ケーブルトレイ内に残存しているケーブルに対する対応について，以下のとおり検討した。

切離しケーブルの特徴		評価
物量	大多数が制御・計装ケーブルであるため，可燃物（絶縁体，シース）量は少ない	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%
通電の有無	無	電気的に切り離されており自己発火しない
延焼防止材の有無	非難燃ケーブルは有	延焼防止材の塗布されている範囲は，外部からの火災に対し延焼防止が期待できる

◆　検討結果

既存の切離しケーブル量は全体のケーブル量からも少なく，有意な影響はないと評価

補足5．1　防火シートによる複合体形成

修正

1．複合体

◆ 複合体はケーブル及びケーブルトレイ全体を防火シートで覆い，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

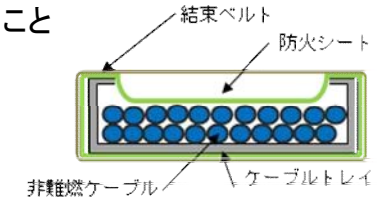
・防火シート重ね代は100mm以上設ける

・結束ベルトを300mm以内ごとに設置

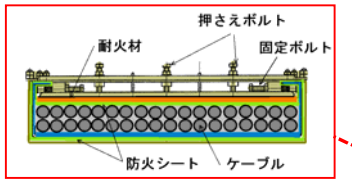
・延焼しやすいトレイ設置方向にはファイアストッパを900mm以下の間隔で設置して防火シートを密着，閉鎖空間とする

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（シリコーンガラスクロス製ベルト）
- ・ファイアストッパ：鋼材：SS400,SCM435　亜鉛メッキ

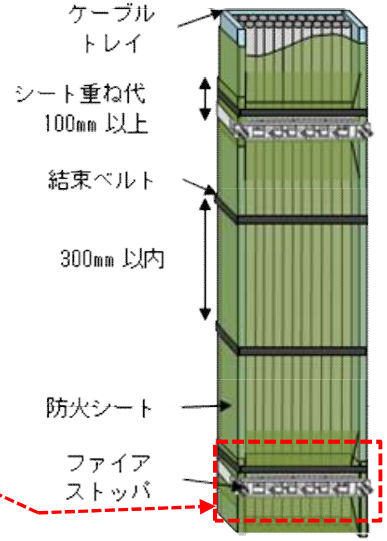
【複合体イメージ】



＜断面図＞



＜ファイアストッパ部断面図＞



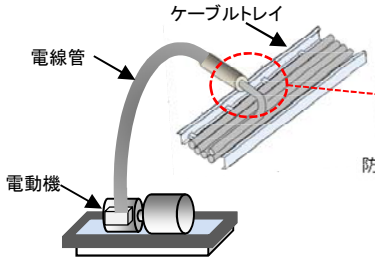
＜正面図＞

2．ケーブルトレイから分岐する電線管

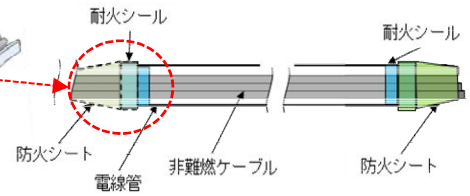
◆ ケーブルトレイから分岐する電線管敷設ケーブルは，開口部両端に耐火シールを施工

- 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＞



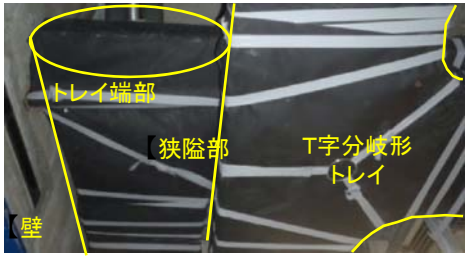
＜電線管両端部の耐火シールイメージ＞

補足5．2　代替措置の実機施工性の検討

1．代替措置の実機への施工性検証

◆施工方法の検討ついては，現場調査（参考資料3参照）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

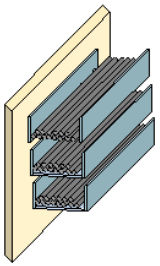


狭隘部
（壁の干渉部，トレイ端部
T字分岐形トレイ）

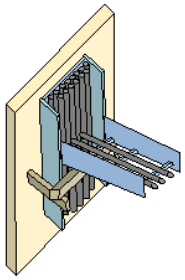
トレイ合流部

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

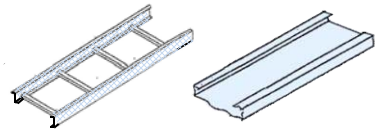
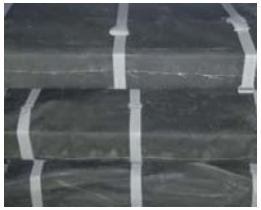
傾斜トレイ

【狭隘となる壁の干渉部等の概要図】

補足5．2　代替措置の実機施工性の検討

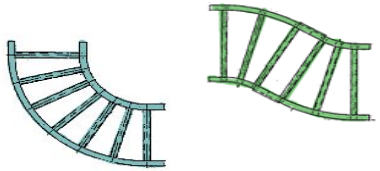
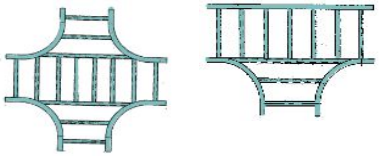
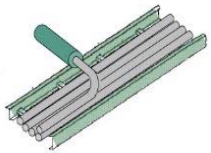
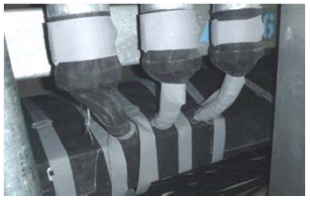
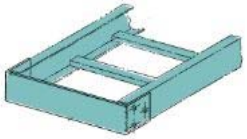
◆ケーブルトレイの設置状況と施工例

No	設置場所	回路種別	トレイ設置方向	トレイ長さ(m)	備考
1	原子炉棟	高圧電力	水平	約100	トレイ全長：約100m
2			垂直	1未満	
3		低圧電力	水平	約1,000	トレイ全長：約3,400m
4			垂直	約100	
5		制御	水平	約1,300	
6			垂直	約100	
7		計装	水平	約700	
8			垂直	約200	
9	附属棟（DG室含む）	高圧電力	水平	約280	トレイ全長：約300m
10			垂直	約20	
11		低圧電力	水平	約1,000	トレイ全長：約4,000m
12			垂直	約100	
13		制御	水平	約1,900	
14			垂直	約100	
15		計装	水平	約800	
16			垂直	約100	

設置方向	構造図	代替措置施工例	備考
水平			
垂直			

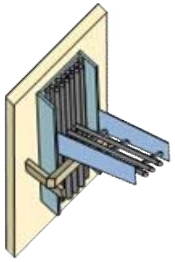
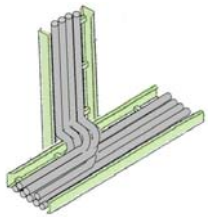
補足5．２　代替措置の実機施工性の検討

（1）ケーブルトレイの形状，分岐部の状況

	トレイ形状	構造図	代替措置施工例	箇所数
1	S字形 U字形			約780
2	T字分岐形 十字分岐形			約350
3	電線管分岐 （躯体貫通部）			約40
4	傾斜形			約580
5	トレイ端部			約320

補足5．２　代替措置の実機施工性の検討

（2）ケーブルトレイの合流部の状況

	トレイ形状	構造図	代替措置施工例	備考
1	トレイ合流部 垂直 （同じ向き）			
2	トレイ合流部 垂直 （異なる向き）			

２．ケーブル整線について

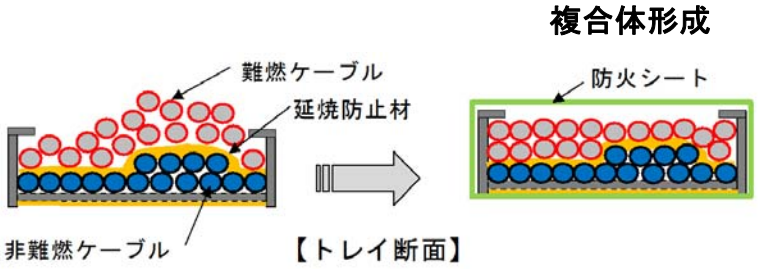
◆防火シート施工にあたり，適切に複合体を形成するため必要に応じ整線を実施する

（１）整線の目的

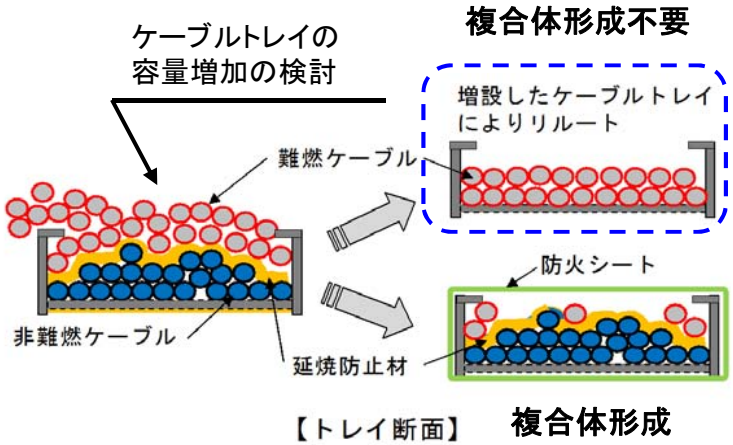
- 防火シートを施工手順のとおりに巻くことで，シート重ね部からの空気の流入を防止する。
- 難燃ケーブルの配線をルート変更（リルート）することにより，トレイ内のケーブルを減量し，防火シートを施工できるようにする。
- リルートにより，難燃ケーブル専用のトレイとする。（防火シートによる複合体形成不要）

（２）整線及び整線後の防火シートの施工例

- ケース1：トレイ内に余裕がある場合
- ケース2：トレイ内に余裕がない場合



＜ケース1＞



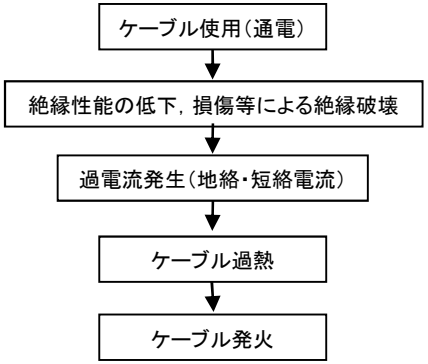
＜ケース2＞

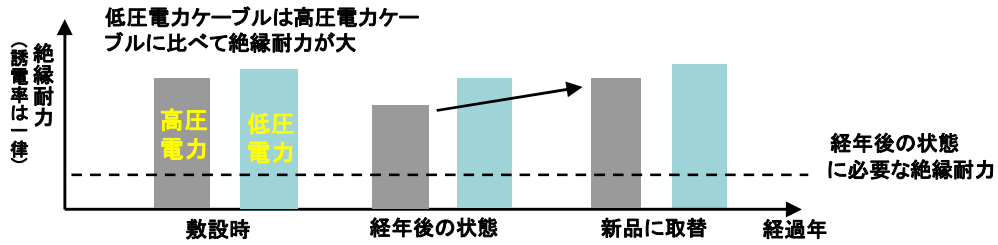
添付6　ケーブルの発火リスク評価

修正

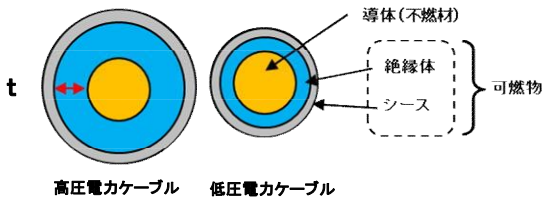
- ケーブルは熱等の影響により経年的に絶縁性能が低下し，絶縁破壊によりケーブルが発火に至る可能性がある（メカニズムのとおり）
  - 高圧電力は絶縁体単位厚さに対する電圧が高いため，低圧電力に比べ絶縁耐力は小
- 高圧電力ケーブルは水トリー劣化※により絶縁破壊に至る可能性がある
- 発火した高圧電力ケーブルによっては，低圧電源系へ停電範囲が波及する
- **高圧電力ケーブルを未使用品に取替へることは発火リスクの低減に寄与**

【絶縁性能の低下によるケーブル発火メカニズム】

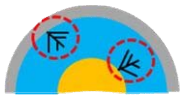




【ケーブル断面】



【水トリー劣化イメージ】



※：水トリー劣化：絶縁体（架橋ポリエチレン）中に浸入した水分と，異物やボイドなどに加わる局部的な高電界との相乗作用によって，トリー（樹）状の欠陥が発生・進展し，絶縁破壊や寿命低下を生じさせる現象

回路種別	絶縁体材料	絶縁体厚さ：t（mm）	使用電圧：V（V）	V/t（V/mm）
高圧電力ケーブル最太径	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
	絶縁耐力 ※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）

添付7　防火シートによる複合体の遮炎性

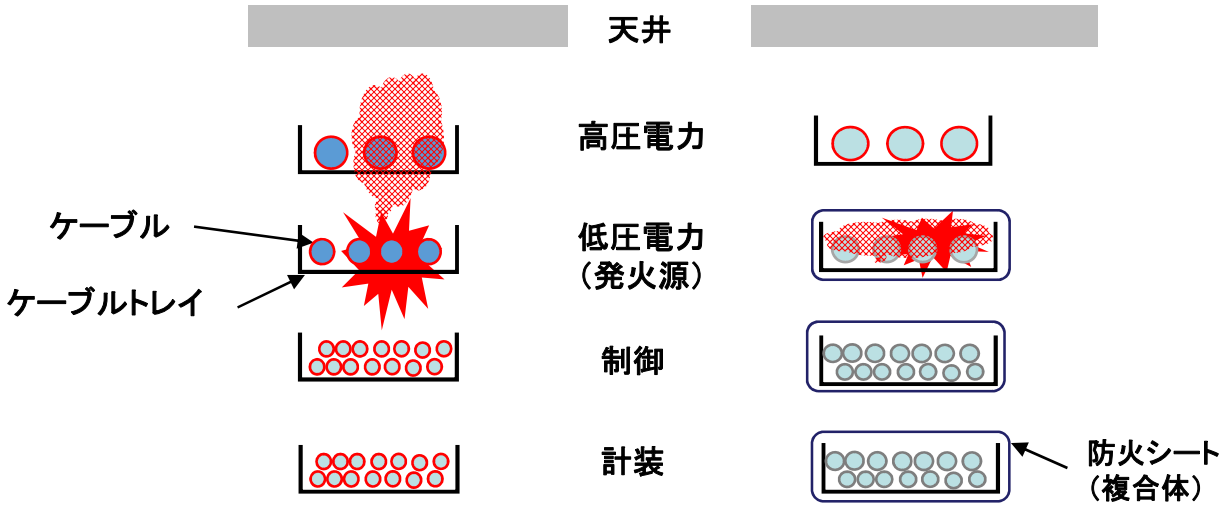
修正

◆不燃材の防火シート：

- 複合体内部の火災に対し外部への火炎伝播を遮る効果（遮炎性）有
- 東海第二のケーブル敷設形態の特徴（多段積）を踏まえると，同一安全区分のケーブルトレイ間の，火災による延焼範囲の低減に期待可能

低圧電力ケーブル／制御・計装

- 低圧電力ケーブル及び制御・計装ケーブルの発火は，ケーブルトレイ最上段の高圧電力ケーブルに影響する
- 低圧電力用トレイ及び制御・計装用トレイに複合体を形成することで，トレイ内部で火災が発生しても，上部ケーブルトレイへの影響を軽減できる



【低圧電力ケーブル発火をイメージ】

補足7．1　複合体の遮炎性

追加

【防火シートの遮炎性】

（1）遮炎性試験

【建築基準法の遮炎性試験準拠】

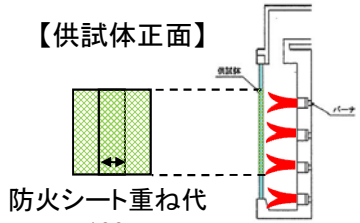
◆試験方法

・加熱炉に供試体を設置し，ISO834加熱曲線となるように20分間加熱する

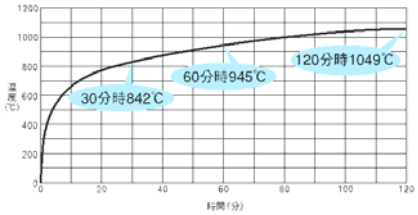
◆ 試験結果

・防火シートは重ね部においても火炎を遮る性能を有していることを確認

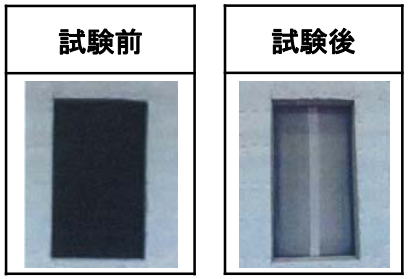
遮炎性試験



耐火試験で用いられる
ISO834の加熱曲線



No.1の供試体の状態



No.	火炎が通るき裂等の損傷及び隙間	非加熱側で10秒を超えて継続する発火	非加熱側へ10秒を超えて連続する火炎の噴出	判定
1	無	無	無	良
2	無	無	無	良

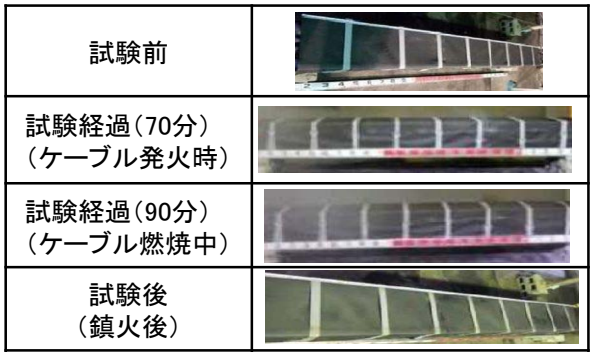
（2）過電流模擬燃焼試験

◆試験方法

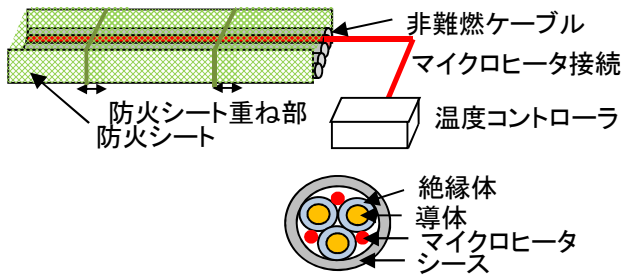
・ケーブル内部に設置したマイクロヒータを導体の代わりに通電，加熱(650℃)し，過電流を模擬して発火させる

◆試験結果

・防火シートはケーブル発火による火炎を遮る性能を有していることを確認



過電流模擬燃焼試験



【発火源ケーブル断面】

（3）評価

防火シートは内部の火災による火炎を遮る性能を有している

参考資料1

参考1. 安全機能を有するケーブルとその他のケーブルの同載 (1/5)

設置許可基準第8条及び第12条の系統分離の要求，本資料の「火災防護に係る審査基準」にて要求される安全系ケーブルと非安全系ケーブルの分離要求及び同載による影響について示す。

基　準	要　求　内　容	基準要求に対するケーブル混在の説明
（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，系統及び機器に使用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。**	安全機能を有する機器に使用するケーブルに難燃ケーブルを要求。
	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。	・安全機能を有する機器の系統分離要求に対し，非安全系ケーブルがその系統分離に影響を当てえないように延焼防止することを要求。 ・東海第二の系統分離については，非安全系ケーブルが安全系トレイに載った場合は，安全系同様に系統分離する設計。 ・そのため，非安全系ケーブルによる安全機能の系統分離を妨げるものではない。
（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。 ・「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。 ・非安全系ケーブルに過電流が流れ過熱するような場合においても，保護継電器と遮断器の組合せ，NFB，ヒューズ等で故障回路が切離されるため，過電流が継続することはなく，安全系のケーブルへの影響はない。

参考1. 安全機能を有するケーブルとその他のケーブルの同載 (2/5)

(1)系統分離の考え方(第8条)

◆「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」

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。

◆火災に係る規制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。

◆火災に係る規制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。

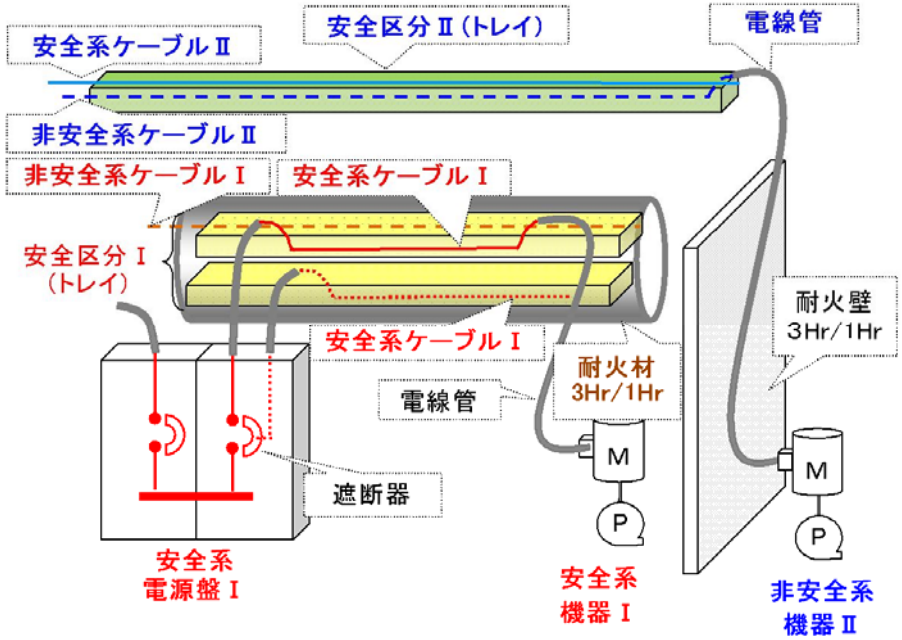
参考1．安全機能を有するケーブルとその他のケーブルの同載（3/5）

（2）基準要求事項の整理：分離要求に対する適合性（第8条）

◆ 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 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

参考1. 安全機能を有するケーブルとその他のケーブルの同載 (4/5)

(3)設置許可基準規則(第12条)

(安全施設)
第十二条 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。
2 安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものは、当該系統を構成する機械又は器具の単一故障(単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと(従属要因による多重故障を含む。)をいう。以下同じ。)が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるよう、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保するものでなければならない。

【同基準解釈】

第12条(安全施設)
1 第1項に規定する「安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたもの」については、「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」による。ここで、当該指針における「安全機能を有する構築物、系統及び機器」は本規定の「安全施設」に読み替える。
2 第2項の「単一故障」は、従属要因に基づく多重故障を含まれる。

【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】

3. 分離及び隔離の原則
安全機能を有する構築物、系統又は機器は、これら二つ以上のものの間において、又は安全機能を有しないものとの間において、その一方の運転又は故障等により、**同位ないし上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が阻害され、もって原子炉施設の安全が損なわれることのないよう**に、機能的隔離及び物理的分離を適切に考慮しなければならない。
4. 異クラスの接続
重要度の異なる構築物、系統又は機器を接続するときは、下位の重要度のものに上位の重要度のものと同等の設計上の要求を課すか、又は上位の重要度のものと同等の隔離装置等によって、**下位の重要度のものの故障等により上位の重要度のものの安全機能が損なわれないよう**に、適切な機能的隔離が行われるよう考慮しなければならない。

【解 説】

3. 分離及び隔離の原則
安全機能を有する構築物、系統又は機器は、他の構築物、系統又は機器との間において、相互に影響を及ぼすことが考えられる場合に、一方の影響によって同位の重要度又は上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が損なわれてはならない。このためには、安全機能を有する構築物、系統又は機器は、同位又は下位の重要度(安全機能を有しないものを含む。)の構築物、系統又は機器の影響により所要の安全機能が阻害されないように、機能的な隔離若しくは物理的な分離又はこの両者の組合せが適切に考慮された設計であることが求められる。ここでいう「機能的隔離」とは、例えば、タイラインを有する系統間を弁の構成によって隔離すること、計装系において絶縁増幅器等を系統間に介在させること、電気系においてリレー・遮断器等を用いた隔離部分を設けることなどをいう。また、「物理的分離」とは、適切な配置を保つこと、物理的障壁(壁、せき等)を設けることなどをいう。
本要求は、安全機能を有する構築物、系統又は機器が、必ずしも厳密な意味での独立性を有することを求めるものではなく、考えられる相互の影響によって、設計上期待されている安全機能の遂行が阻害されることのないことが明らかであれば、満足されたものとみなすことができる。

参考1．安全機能を有するケーブルとその他のケーブルの同載（5/5）

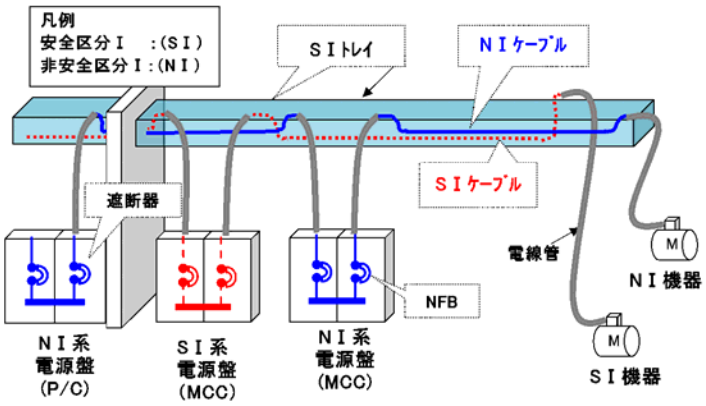
【解 説】

4．異クラスの接続
　重要度の異なるクラスに属する構築物，系統又は機器を接続するに当たって機能的隔離を行う場合の具体的方法は，本指針のⅣ．の3．で求める機能的隔離と同様であるが，隔離部分に必要とされる信頼性は，上位の重要度のものと同等であることが必要である。

（4）基準要求事項の整理：多重性又は多様性及び独立性に対する適合性（第12条）

◆重要度審査指針では下位クラスの故障等による影響が上位クラスに及ばないことを要求

- 地絡，短絡等で非安全系ケーブルに過電流が流れ，継続した場合には過熱する可能性があるが，保護装置（保護継電器と遮断器の組合せ，NFB，ヒューズ等）で故障回路を切離すため，過電流は継続することなく安全系ケーブルに影響を与えない。
- 非安全系の保護装置が動作しない場合を想定しても，さらに上流側の保護装置が動作するため，過電流が継続することはない。
- 万が一，非安全系ケーブルから同一トレイの安全系ケーブルに影響が及ぶことを想定しても，他の区分の安全系ケーブルが系統分離されていることから，安全機能は確保される。
- 想定される火災により，原子炉に外乱が及び，かつ単一故障を仮定した場合にも高温停止を達成することができる設計としている。
- 「分離及び隔離の原則」については解説において，「必ずしも厳密な意味での独立性を有することを求めるものではなく，考えられる相互の影響によって，設計上期待されている安全機能の遂行が阻害されることのないこと」がなければよい旨の記載されており，火災防護により，安全機能がすべて喪失することはない。



【同一トレイに敷設される安全系及び非安全系ケーブルイメージ】

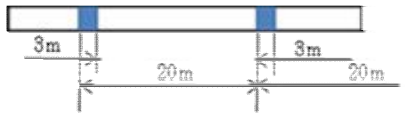
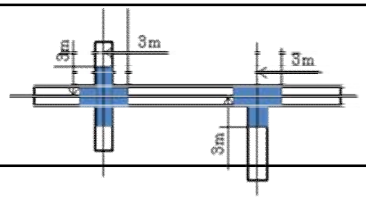
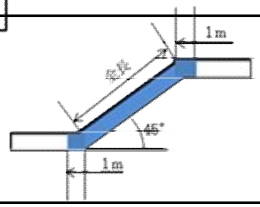
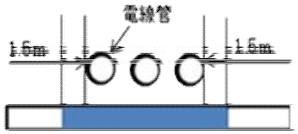
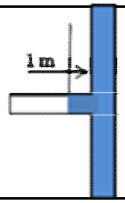
参考資料2

参考2. 延焼防止材塗布によるケーブルの延焼防止

【建設時の塗布範囲の考え方】

ケーブルトレイに敷設されたケーブルに延焼防止用材を塗布

範囲は原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋の安全系及び非安全系の双方含むものとし，施工は米国の施工方法を参考

施工部位	塗布方法	施工図
水平トレイ	水平トレイ部で長尺に敷設の場合，水平方向20m間隔に3m部分塗布	
交差トレイ／分岐トレイ（T型トレイ／Y型トレイ）	トレイの分岐，交差トレイの場合，交差分岐の中心線を起点として3m部分塗布する。多段トレイの1段が交差や分岐している場合についても全段塗布	
傾斜トレイ	45°以上の傾斜トレイの場合，水平部1m塗布し傾斜部は全面塗布する。多段トレイで1段でも45°以上の傾斜トレイがある場合，全段塗布	
電線管との交差部	工学安全系トレイと互いに冗長性を有した系統の電線管が交差または平行布設の場合には電線管布設列両端外面を起点に1.5mトレイ方向に塗布	
垂直トレイ	全ての垂直トレイに塗布する。更にこのトレイから分岐した水平トレイは分岐点またはR止まりから1m塗布する。	

参考資料3

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況(トレイの布設状況のみを写真添付)

B1-S1-1	B1-S1-2	B1-S1-3-①	B1-S1-3-②	

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B2-S1-1	B2-S1-2	B2-S1-3	B2-S1-4	B2-S1-5
B2-S1-6	B2-S1-7	B2-S1-8	B2-S1-9	B2-S1-10
B2-S1-11	B2-S1-12	B2-S1-13		

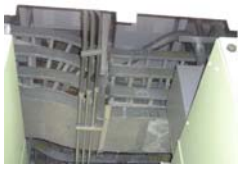
ケーブル調査結果表

トレイ布設状

B3-S1-1	B3-S1-2	B3-S1-3	B3-S1-4	B3-S1-5
B3-S1-6	B3-S3-1	B3-S3-2	B3-S3-3-①	B3-S3-3-②

トレイ布設状況

B4-S1-1-①	B4-S1-1-②	B4-S1-2-①	B4-S1-2-②	B4-S1-2-③
B4-S1-2-④	B4-S1-2-⑤	B4-S1-3-①	B4-S1-3-②	B4-S1-4
B4-S1-5	B4-S1-6-①	B4-S1-6-②	B4-S1-6-②	B4-S1-6-③

B4-S1-7-①	B4-S1-7-②	B4-S1-7-③	B4-S1-8	B4-S1-9-①
				
B4-S1-9-②	B4-S1-10-①	B4-S1-10-②	B4-S1-11	B4-S1-12-①
B4-S1-12-②	B4-S1-13	B4-S1-14-①	B4-S1-14-②	
B4-S3-1	B4-S3-2			

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B5-S1-1	B5-S1-2-①	B5-S1-2-②		
B5-S3-1	B5-S3-2-①	B5-S3-2-②	B5-S3-2-③	

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B6-S2-1	B6-S2-2	B6-S2-3	B6-S2-4	B6-S2-5

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B7-S1-1	B7-S1-2	B7-S1-3	B7-S1-4	B7-S1-5
B7-S1-6	B7-S1-7			

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B8-S2-1	B8-S2-2	B8-S2-3	B8-S2-4	B8-S2-5
B8-S2-6	B8-S2-7	B8-S2-8		

ケーブル調査結果表

トレイ布設状

B9-S1-1	B9-S1-2	B9-S1-3	B9-S1-4	B9-S1-5
B9-S1-6				

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B10-S2-1-①	B10-S2-2-①	B10-S2-2-②	B10-S2-2-③	B10-S2-2-④
B10-S2-3-①	B10-S2-3-②	B10-S2-3-③	B10-S2-3-④	B10-S2-4-①
B10-S2-4-②	B10-S2-4-③	B10-S2-5-①	B10-S2-5-②	B10-S2-5-③

B10-S2-5-④	B10-S2-6-①	B10-S2-6-②	B10-S2-6-③	B10-S2-6-④
B10-S2-6-⑤	B10-S2-6-⑥	B10-S2-7-①	B10-S2-7-②	B10-S2-7-③
B10-S2-8	B10-S2-9	B10-S2-10	B10-S2-11-①	B10-S2-11-②
B10-S2-11-③	B10-S2-11-④	B10-S2-11-⑤		

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B11-S1-1-①	B11-S1-1-②	B11-S1-2	B11-S2-1	B11-S2-2
B11-S2-3	B11-S2-4	B11-S3-1-①	B11-S3-1-②	B11-S3-2

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B12-S2-1	B12-S2-2	B12-S2-3-①	B12-S2-3-②	B12-S2-3-③
B12-S2-4	B12-S2-5	B12-S2-6	B12-S2-7	

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B13-S2-1-①	B13-S2-1-②	B13-S2-1-③	B13-S2-2	B13-S2-3

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B14-S1-1	B14-S1-2-①	B14-S1-2-②	B14-S1-2-③	B14-S1-3
B14-S1-4	B14-S1-5	B14-S1-6-①	B14-S1-6-②	

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況(トレイの布設状況のみを写真添付)

B15-S1-1-①	B15-S1-1-②	B15-S1-2-①	B15-S1-2-②	

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B16-S1-1-①	B16-S1-1-②	B16-S1-1-③	B16-S1-2-①	B16-S1-2-②
B16-S1-2-③	B16-S1-2-④	B16-S1-3-①	B16-S1-3-②	B16-S1-3-③
B16-S2-1-①	B16-S2-1-②	B16-S2-1-③	B16-S2-2-①	B16-S2-2-②

B16-S2-3-①	B16-S2-3-②	B16-S2-4	B16-S2-5-①	B16-S2-5-②
B16-S2-5-③	B16-S2-5-④	B16-S2-6-①	B16-S2-6-②	B16-S2-6-③
B16-S2-7-①	B16-S2-7-②	B16-S2-7-③	B16-S2-7-④	

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B17-S2-1-①	B17-S2-1-②	B17-S2-1-③	B17-S2-2	B17-S2-3

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B18-S1-1-①	B18-S1-1-②	B18-S1-2	B18-S1-3	B18-S1-4
B18-S1-5		B18-S2-1-①	B18-S2-1-②	B18-S2-2
B18-S2-3-①	B18-S2-3-②	B18-S2-3-④	B18-S2-4	

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B19-S1-1-①	B19-S1-1-②	B19-S1-2-①	B19-S1-2-②	B19-S1-3
B19-S1-4-①	B19-S1-4-②	B19-S1-5	B19-S1-6-①	B19-S1-6-②

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B20-S1-1	B20-S1-2	B20-S1-3	B20-S1-4-①	B20-S1-4-②
B20-S1-4-③	B20-S1-4-④	B20-S1-5-①	B20-S1-5-②	B20-S1-5-③

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B21-S1-1-①	B21-S1-1-②	B21-S1-1-③	B21-S1-1-④	B21-S1-1-⑤
B21-S1-2-①	B21-S1-2-②	B21-S1-2-③	B21-S1-2-④	B21-S1-2-⑤
B21-S1-2-⑥	B21-S1-3-①	B21-S1-3-②	B21-S1-3-③	B21-S1-3-④
B21-S1-3-⑤	B21-S1-3-⑥	B21-S1-3-⑦	B21-S1-4-①	B21-S1-4-②

B21-S1-4-③	B21-S1-4-④	B21-S1-5-①	B21-S1-5-②	B21-S1-5-③
B21-S1-5-④	B21-S1-6-①	B21-S1-6-②	B21-S1-7-①	B21-S1-7-②
B21-S1-7-③	B21-S1-7-④	B21-S1-8-①	B21-S1-8-②	B21-S1-8-③
B21-S1-8-④	B21-S1-9-①	B21-S1-9-②	B21-S1-9-③	B21-S1-9-④
B21-S1-10-①	B21-S1-10-②	B21-S1-10-③	B21-S1-10-④	B21-S1-11-①
B21-S1-11-②	B21-S1-11-③	B21-S1-11-④	B21-S1-11-⑤	B21-S1-11-⑥

ケーブル調査結果表

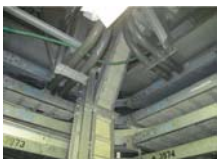
トレイ布設状況

B21-S2-1-①	B21-S2-1-②	B21-S2-1-③	B21-S2-1-④	B21-S2-1-⑤
B21-S2-2-①	B21-S2-2-②	B21-S2-2-③	B21-S2-2-④	B21-S2-2-⑤
B21- S2-2-⑥	B21- S2-2-⑦	B21- S2-3-①	B21- S2-3-②	B21- S2-3-③
B21- S2-3-④	B21- S2-3-⑤	B21- S2-3-⑥	B21- S2-3-⑦	B21- S2-4-①

B21- S2-4-②	B21- S2-4-③	B21- S2-4-④	B21- S2-4-⑤	B21- S2-4-⑥
B21- S2-5-①	B21- S2-5-②	B21- S2-5-③	B21- S2-5-④	B21- S2-5-⑤
B21- S2-5-⑥	B21- S2-6-①	B21- S2-6-②	B21- S2-6-③	B21- S2-6-④
B21- S2-7-①	B21- S2-7-②	B21- S2-7-③	B21- S2-7-④	B21- S2-8-①
B21- S2-8-②	B21- S2-8-③	B21- S2-8-④	B21- S2-9-①	B21- S2-9-②
B21- S2-9-③	B21- S2-9-④	B21- S2-9-⑤	B21- S2-10-①	B21- S2-10-②
B21- S2-10-③	B21- S2-10-④	B21- S2-10-⑤	B21- S2-11-①	B21- S2-11-②
B21- S2-12-①	B21- S2-12-②	B21- S2-12-③	B21- S2-12-④	

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B21-S3-1-①	B21-S3-1-②	B21-S3-1-③	B21-S3-1-④	B21-S3-2-①
B21-S3-2-②	B21-S3-2-③	B21-S3-3-①	B21-S3-3-②	B21-S3-4-①
				
B21-S3-4-②	B21-S3-4-③	B21-S3-5-①	B21-S3-5-②	B21-S3-6-①
B21-S3-6-②	B21-S3-6-③			

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B22-S2-1	B22-S2-2	B22-S2-3	B22-S2-4-①	B22-S2-4-②
B22-S2-4-③	B22-S2-5-①	B22-S2-5-②	B22-S2-6-①	B22-S2-6-②

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B23-S1-1-①	B23-S1-1-②	B23-S1-2	B23-S1-3-①	B23-S1-3-②
B23-S1-3-③	B23-S1-3-④	B23-S1-4	B23-S1-5-①	B23-S1-5-②
B23-S1-6-①	B23-S1-6-②			

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B24-S2-1-①	B24-S2-2-①	B24-S2-2-②	B24-S2-3	B24-S2-4-①
B24-S2-4-②	B24-S2-5-①	B24-S2-5-②	B24-S2-6-①	B24-S2-6-②
B24-S2-6-③	B24-S2-6-④	B24-S2-7-①	B24-S2-7-②	B24-S2-8-①
B24-S2-8-②	B24-S2-9-①	B24-S2-9-②		

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B25-S1-1-①	B25-S1-2-①	B25-S1-2-②	B25-S1-3-①	B25-S1-3-②
B25-S1-3-③	B25-S1-3-④	B25-S1-3-⑤	B25-S1-4-①	B25-S1-4-②
B25-S1-5-①	B25-S1-5-②	B25-S1-5-③		B25-S2-1

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B26-S2-1-①	B26-S2-1-②	B26-S2-2		

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B27-S2-1	B27-S2-2-①	B27-S2-2-②	B27-S2-2-③	B27-S2-2-④
B27-S2-2-⑤	B27-S2-2-⑥	B27-S2-3-①	B27-S2-3-②	B27-S2-3-③

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B28-S1-1-①	B28-S1-1-②			

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B29-S1-1				

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B30-S2-1	B30-S2-2			

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B31-S2-1-①	B31-S2-2-①	B31-S2-2-②	B31-S2-2-③	B31-S2-3

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況

B32-S1-1-①	B32-S1-1-②	B32-S1-2-①	B32-S1-2-②	B32-S1-3
B32-S1-4	B32-S1-5			

ケーブル調査結果表

トレイ布設状況(トレイの布設状況のみを写真添付)

B33-S1-1	B33-S1-2	B33-S1-3		