

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6月22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。

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 代替措置の基準適合性

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代替措置の基準適合性
確認

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

添付6 難燃ケーブルと代替措置の火災リスク比較

6. 1 既存の切離しケーブルの残存に関する評価

6. 2 ケーブル取替に伴うメリット

添付7 ケーブルの発火リスク評価

添付8 複合体内ケーブルの火災感知

補足8. 1 光ファイバ温度監視装置の性能

添付9 異区分跨ぎケーブルの対応について

補足9. 1 ケーブルの識別とケーブル負荷の特定

添付1 基準規則の要求整理

設置許可基準規則	設置許可基準規則 解釈
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。	
(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。	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</u>」とは、<u>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</u>」(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。 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。

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

◆ 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) |



上記で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)	サブ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 セメント混練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、サブプレッション・ブルストレーナ) 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、サブプレッション・ブルストレーナ)
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, 火災防護対象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，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。

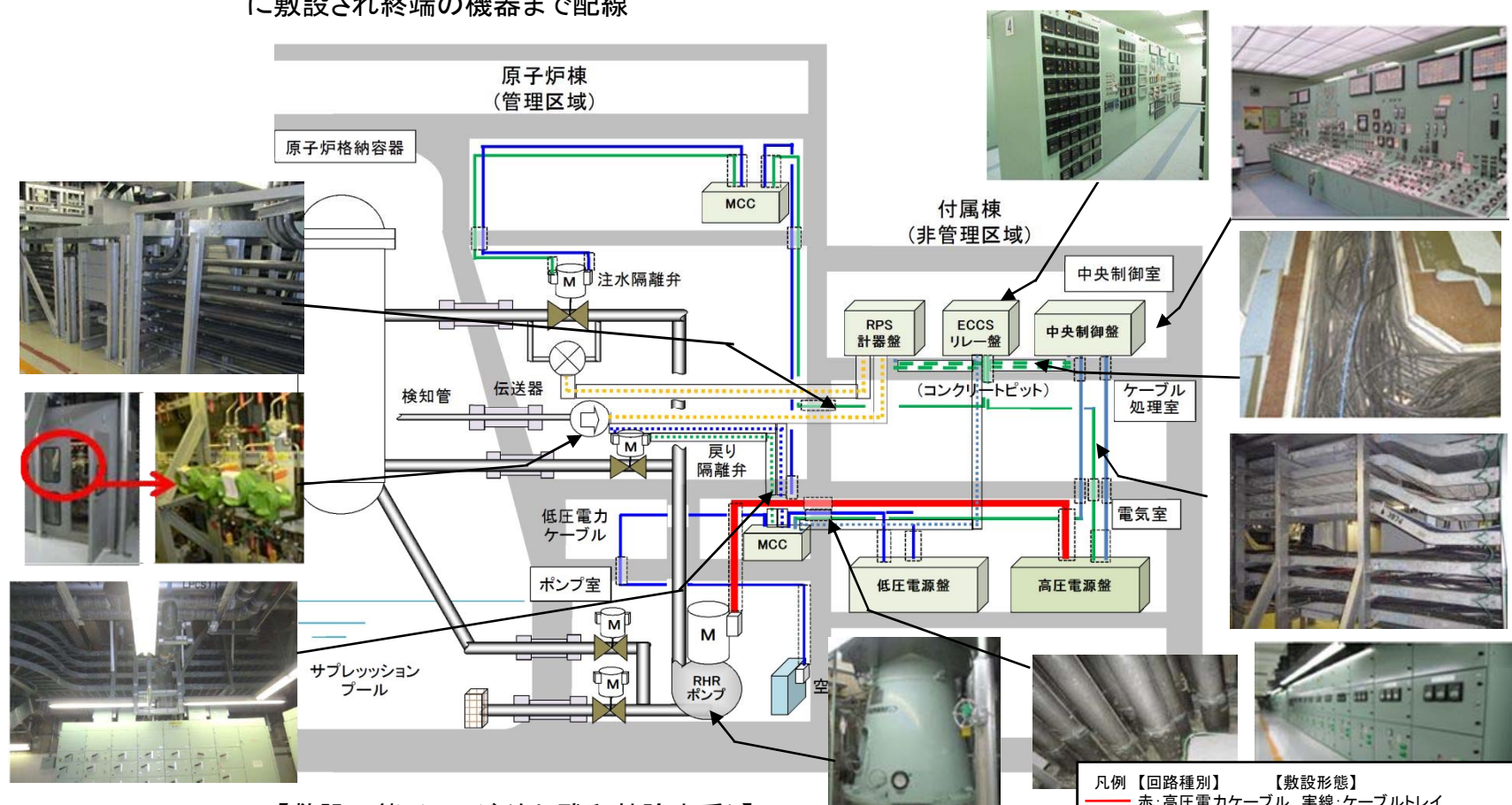
(4) ケーブルの延焼防止対策

1975年に米国ブラウンスフェリー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, 途中で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

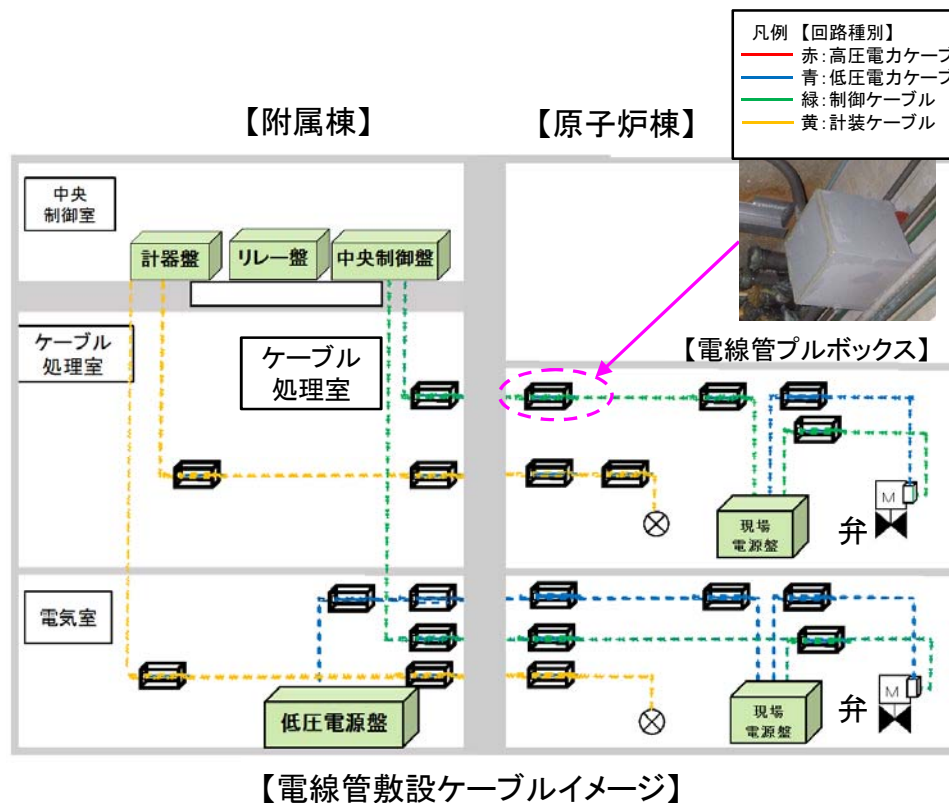


【敷設形態イメージ(例: 残留熱除去系)】

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	破線: コンクリートピット
黄: 計装ケーブル	

補足3.1 ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴

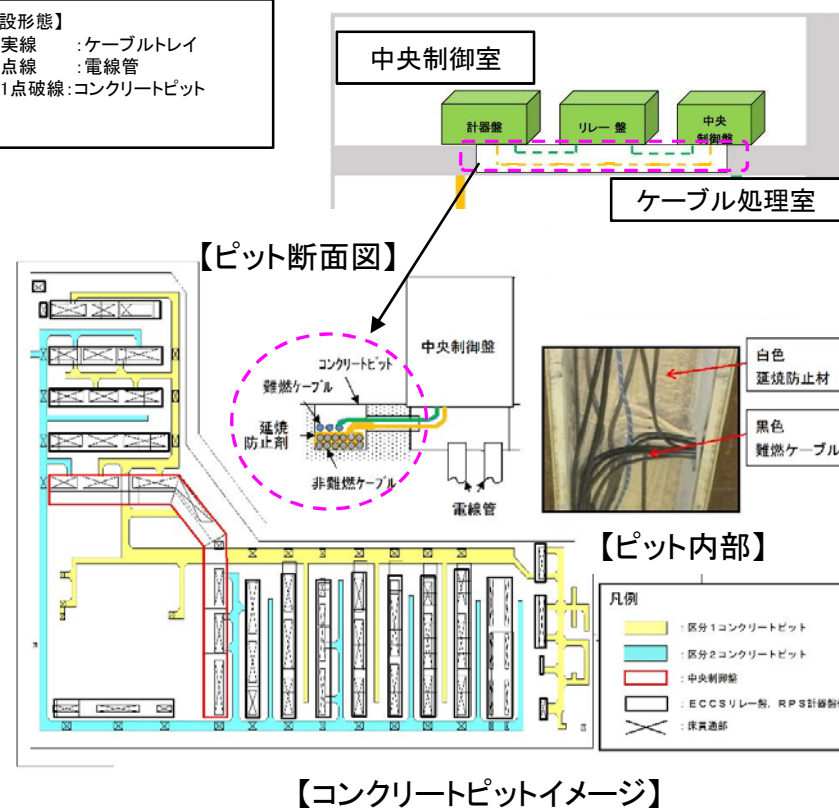
(1) 電線管敷設ケーブル



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

(2) コンクリートピット敷設ケーブル

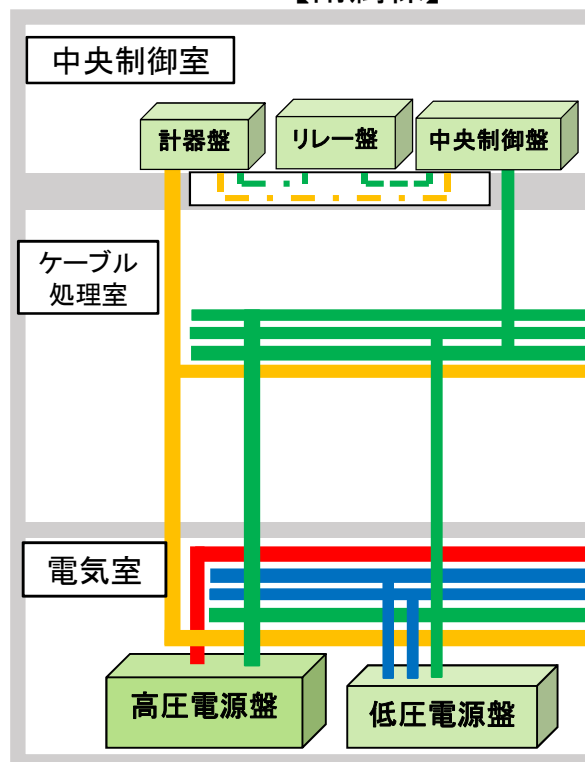


コンクリートピット(中央制御室床下)敷設ケーブルの特徴

- ◆ 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

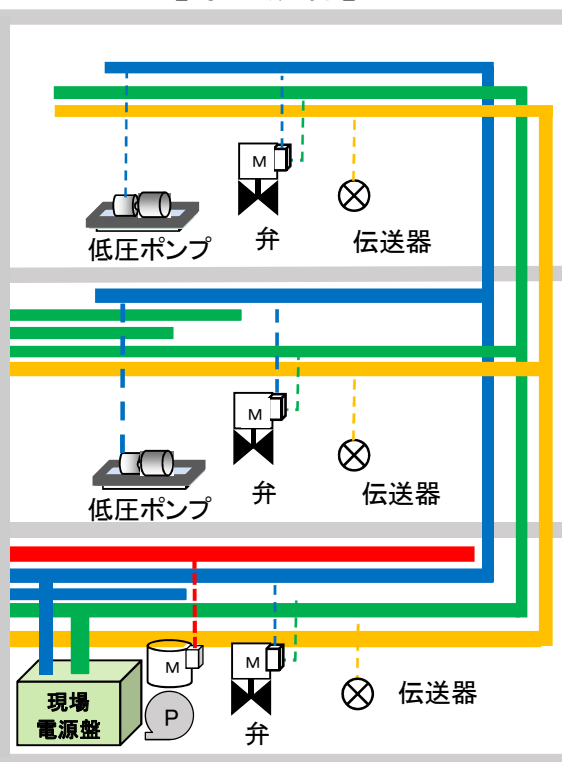
補足3. 1 ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴

(3) ケーブルトレイ敷設ケーブル 【附属棟】



＜ケーブルトレイの設置イメージ＞

【原子炉棟】

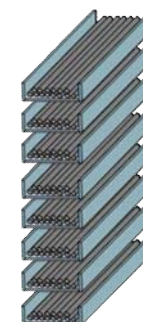


高圧ポンプ

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	

【ケーブル処理室】
・制御・計装用トレイ
最大8段

【電気室】
・電力・制御・計装用トレイ
最大7段



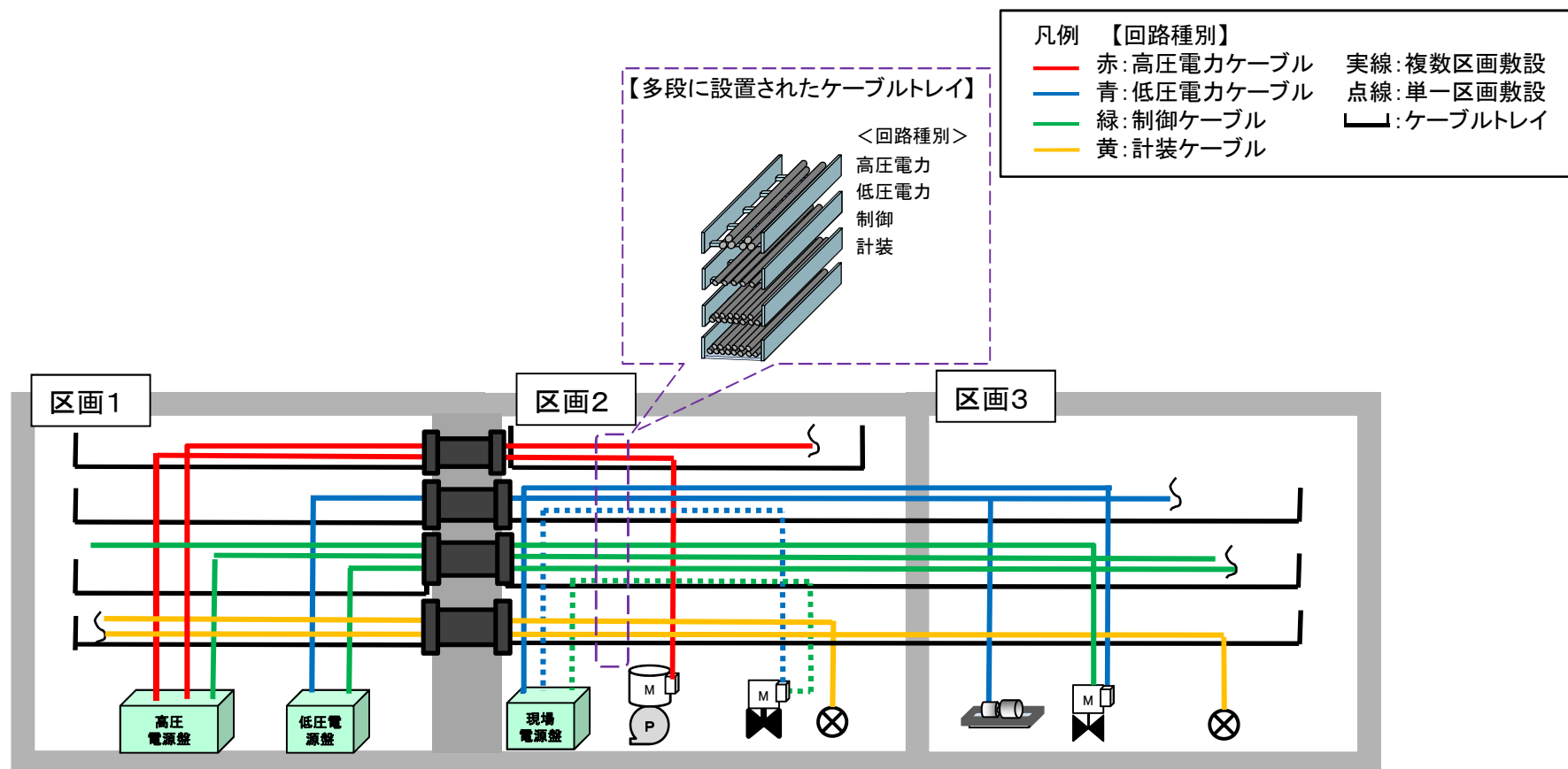
＜ケーブルトレイによる多段敷設イメージ＞

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
- ◆ 東海第二はケーブルトレイ側面の高さが低いため、ケーブルを収納するトレイの段数が多く設置範囲が広い

補足3. 1 ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴

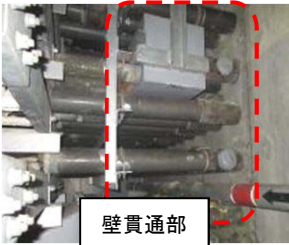
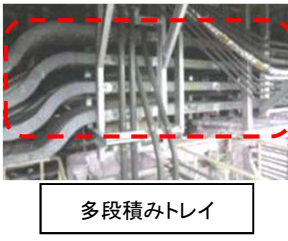
◆ケーブルトレイ敷設ケーブルの区画配線概要



【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本ごとに延焼防止材が塗布されている ・多段トレイの上段に設置  	・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  	・ケーブル敷設量が少ない 
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  	・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   	・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 
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  	・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  	・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 

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(1/2)

◆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、撤去することが不可）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）

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(2/2)

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）＜続き＞

➤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があり、取替方法として考慮しない。

✓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

✓取替時に必要な安全機能の喪失

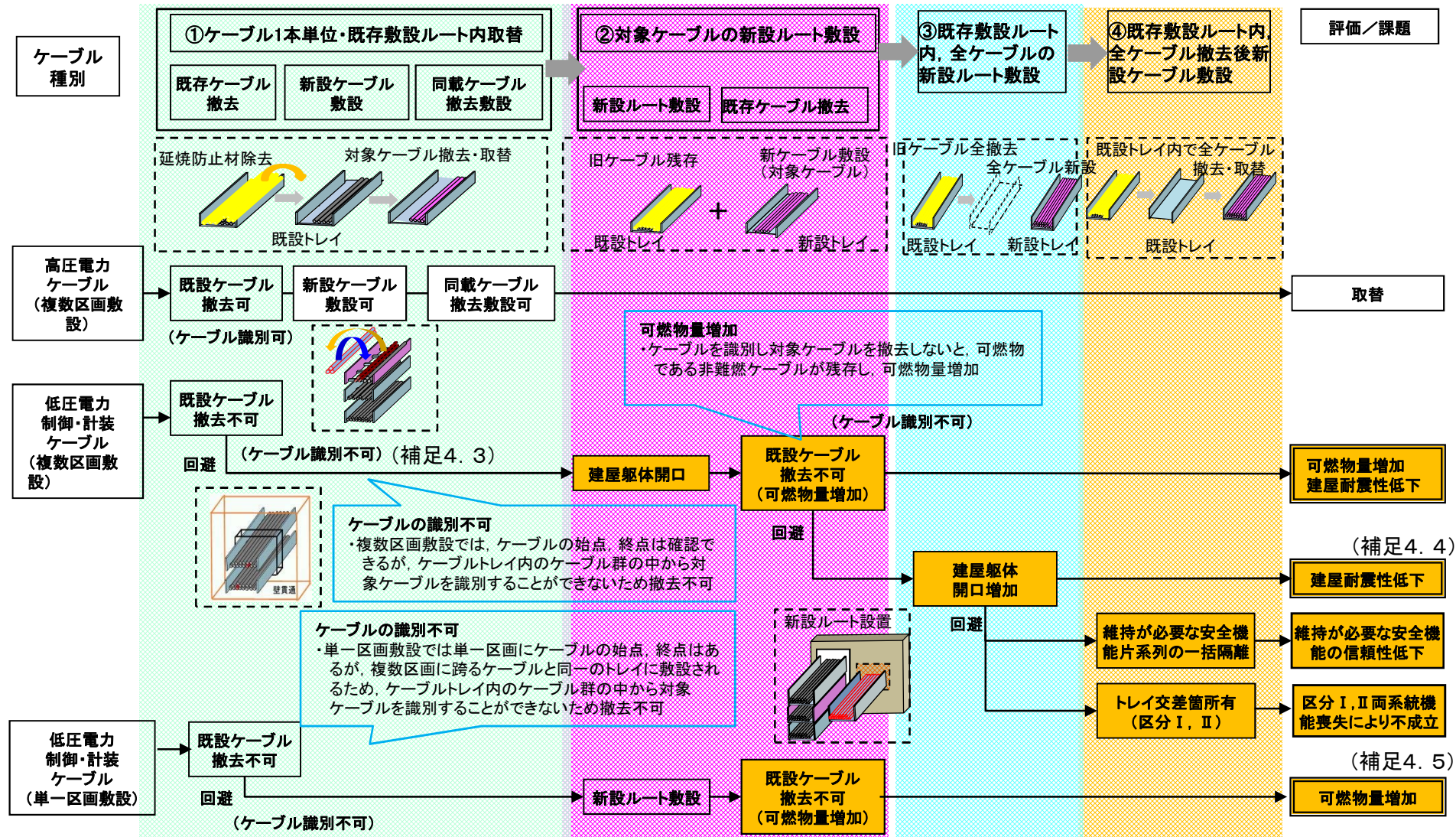
一部の安全機能を有するケーブルが敷設されている安全区分Ⅰ，Ⅱのケーブルトレイが交差する箇所があり、下側に敷設されている区分のトレイ内ケーブルを取替える場合には、上側に設置されているトレイの撤去が必要となり、この間、両区分の機能が喪失

⇒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

◆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



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)

◆ケーブル取替に伴う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	代替措置を選定し, 取替に伴う安全上の課題により対応を選択
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	代替措置を選定し, 取替に伴う安全上の課題により対応を選択

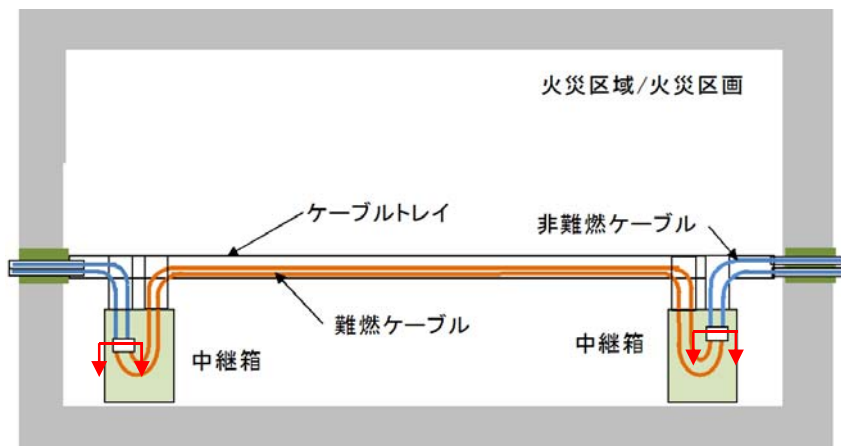
補足4. 1 新たに接続部を設けてケーブルの一部を難燃ケーブルに取替る方法の検討

(1) 取替の範囲

- 対象ケーブルを識別したい範囲の大部分は、ケーブルトレイ内で多量のケーブル中に紛れ、かつ、複数区画に跨って敷設されている。そのため、ケーブル量が少なく、負荷側(終点)からケーブルが識別できる終端付近を取替方法の検討範囲とした。

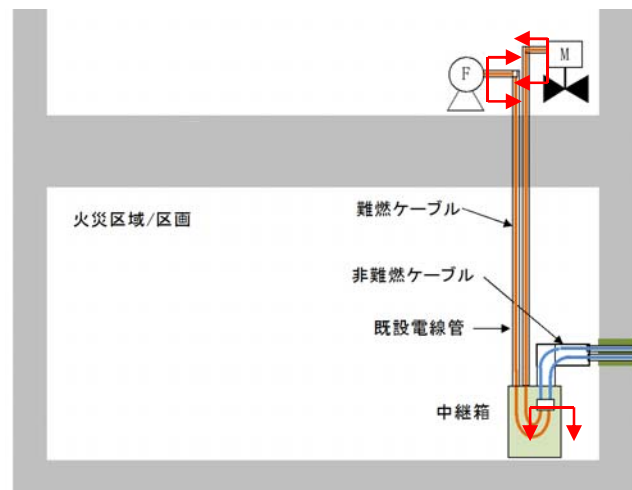
下図にそのイメージを示す。

(対象ケーブルを識別したい範囲の大部分が識別不可)



【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)



【終端付近のケーブルの取替イメージ】

凡例:  は取替範囲を示す

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

(2) 通常電流での接続部追加による電気特性への影響

- ◆「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。」

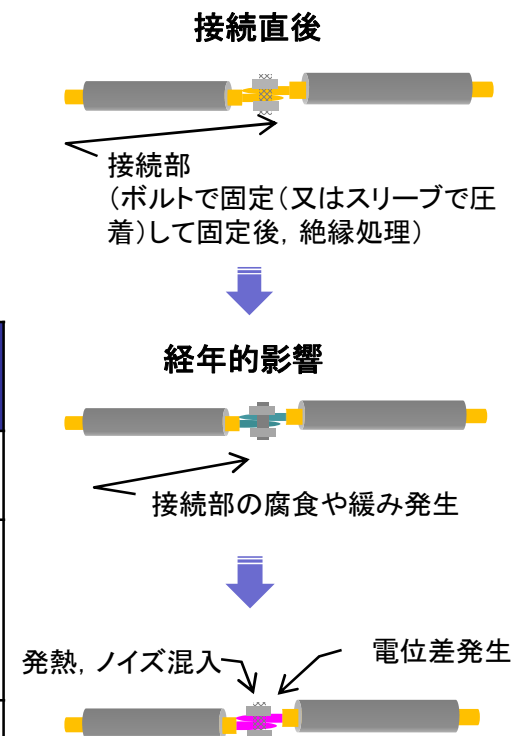
電気設備工事監理指針(国土交通省大臣官房官庁営繕部 監修)「第2編 電力設備工事」第2章 施工「共通事項」電線の接続より抜粋

- ◆「接続部分において電線の電気抵抗を増加させないように接続するほか、絶縁の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがないようにしなければならない。」

電気設備の技術基準第7条(電線の接続)抜粋

ケーブル回路種別	電気特性への影響
低圧電力	接続部での湿気や埃による腐食によって発熱の可能性が増加
制御	接続部での湿気や埃による腐食によって電位差が生じ、負荷側に印加される電圧が低下し、リレーの誤作動や不作動などの可能性が増加
計装	接続部からのノイズ混入の可能性が増加

【接続部のイメージ(直接接続の例)】



(3) 検討結果

以下の理由により、接続点を設けて非難燃ケーブルの一部を難燃ケーブルに取替る方法は実施しない。

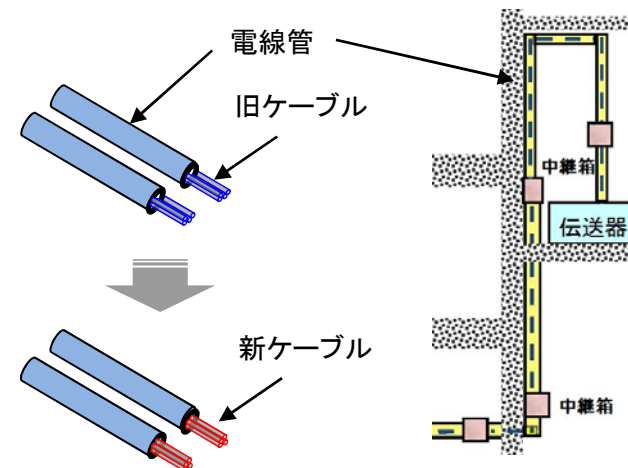
- 非難燃ケーブルの難燃性能は代替措置(複合体)により回避可能
- 接続点の追加による電気特性への影響を考慮すると、極力回避することが望ましい。

(電気設備工事監理指針)

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

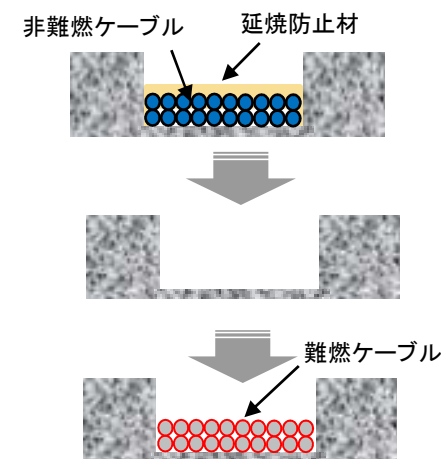
- 電線管敷設ケーブルの取替えに伴う安全上の課題なし
 - ・ケーブル本数が限定されるため、ケーブルの識別が可能
 - ・ケーブルが識別できることから、中継箱(プルボックス)を利用してケーブルを切断、旧ケーブルの撤去及びケーブル敷設が可能



【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安全上の課題なし
 - ・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

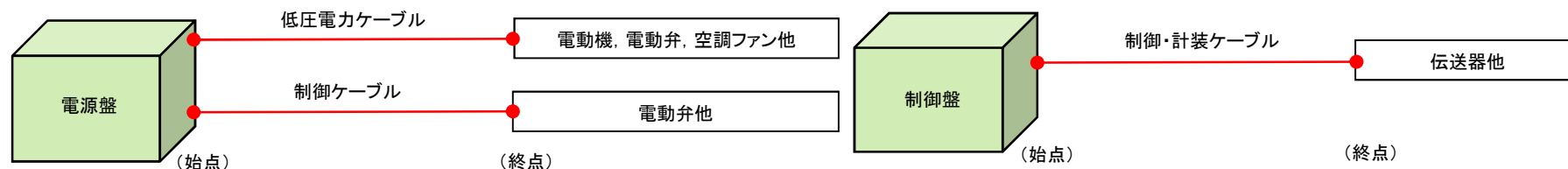


【ピットのケーブル取替イメージ】

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

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

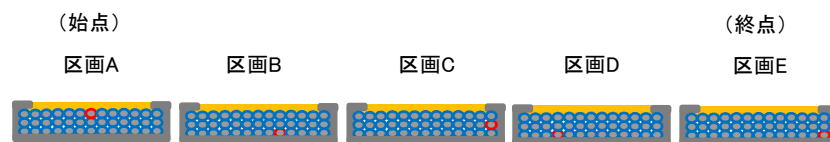
(1) ケーブルの始点、終点は識別可能



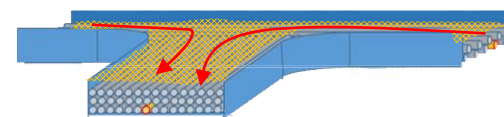
(2) ケーブルの始点、終点は識別できても、ケーブルの始点となる電源盤又は制御盤から各負荷までの距離は長く、ケーブル自体の重量もあり、ケーブルトレイ内に多量のケーブルが敷設されるとケーブル同士の接触抵抗が大きい。

(3) このため、対象ケーブルを撤去するためには、ケーブルを識別し、細断することが必要となるが、以下の理由により、識別、細断以外の方法として、既存ケーブルを残存させる方法を選択する必要がある。

- ・ケーブルトレイ内に多量のケーブルが敷設され、ケーブル群となること
- ・上記ケーブル群が複数区画に跨ること



ケーブルトレイ内のケーブル敷設位置が不規則に変わるイメージ



● : 識別対象ケーブル

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

➡ 既設ケーブルトレイ内におけるケーブルの取替えは、ケーブルトレイ内に多量のケーブルがあり、複数区画を跨ぐため、既存ケーブルを残存させる方法を選択

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

2. ケーブル群の中から対象ケーブルの識別を必要としない取替方法の検討結果

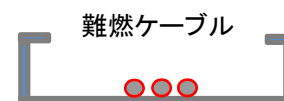
<施工に伴う安全上の課題>

取替方法②: 新規トレイ設置(対象ケーブル新設)

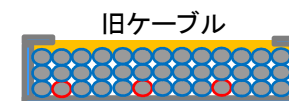
新設トレイ設置後, 安全機能を有するケーブルだけを新設トレイに敷設。
旧ケーブルは既設トレイに残存

… 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

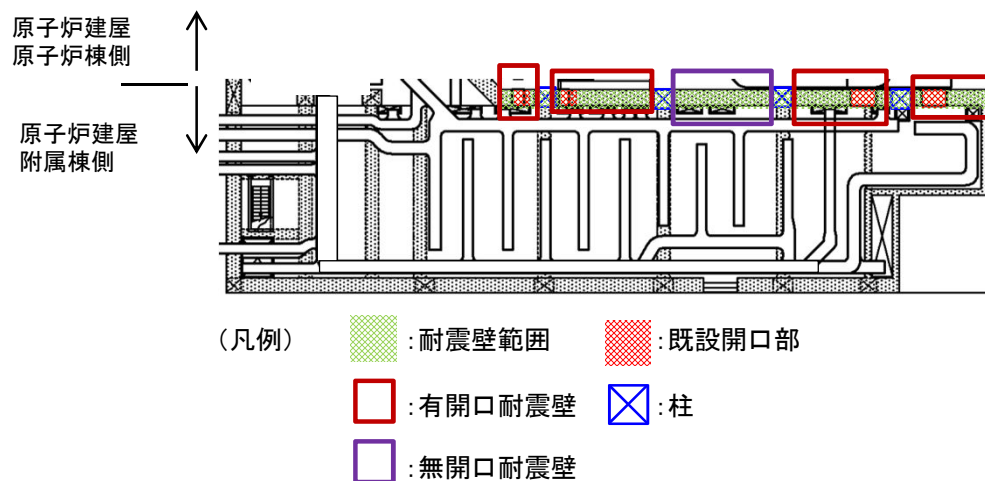
取替方法④: 既設トレイ内で全ケーブル撤去, 取替

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

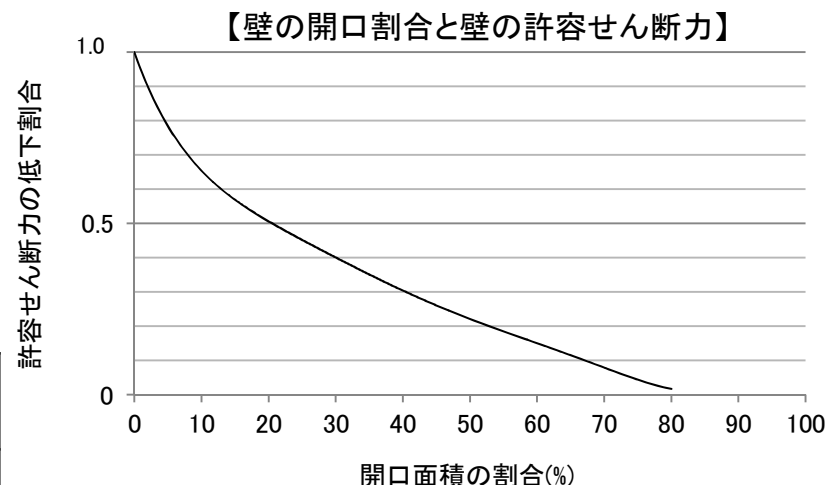
- ケーブル敷設ルートとして新設トレイを設置して使用する取替においては、建屋耐震壁に開口部を設ける必要がある
- 取替による原子炉建屋原子炉棟～附属棟(ケーブル処理室)間の耐震壁に新たに開口が必要な面積は下表のとおり
- 取替はケーブル処理室から機器まで敷設されたケーブルが対象となるため、壁開口は建屋バウンダリの耐震壁の他、建屋内の区画壁・床にも設ける必要がある



【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 25m ²	
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 0.8m ²	約 2.8m ²

開口面積の割合: 約3.2%(取替方法②), 約11.2%(取替方法③)



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

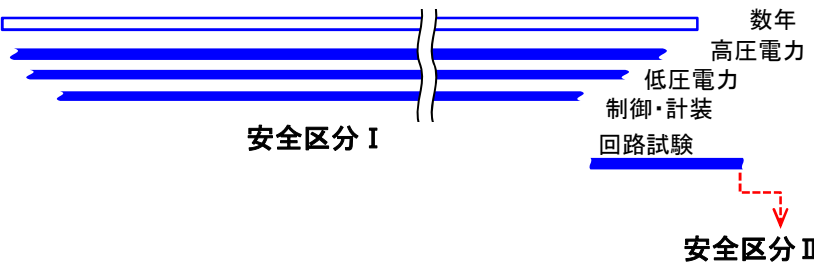
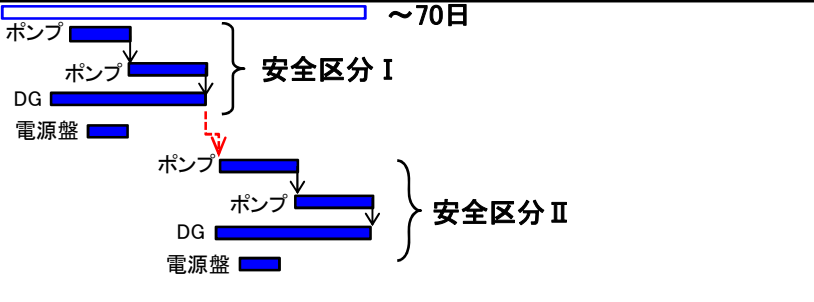
補足4. 5 ケーブル取替における安全機能の信頼性低下の影響

(1)-1. ケーブル取替における系統隔離と安全機能の信頼性(1系列隔離の場合)

- 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】

【取替期間中に維持が必要な安全機能】

	隔離期間	備考	分類	主な系統・設備
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	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
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	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、緊急事態(第10条、第15条)の判断に必要な系統・設備 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	・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 ・モニタリングポスト ・主排気筒モニタ ・放水口モニタ ・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

(1)-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(1系列隔離の場合)

➤ 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

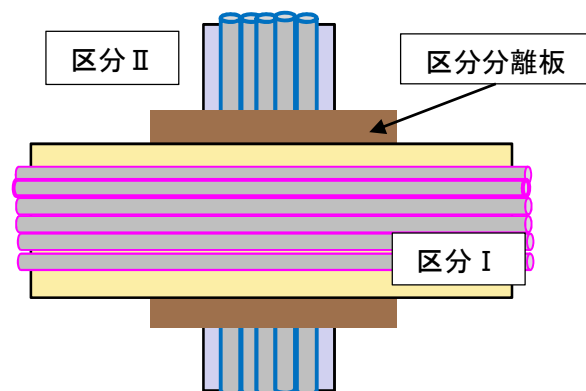
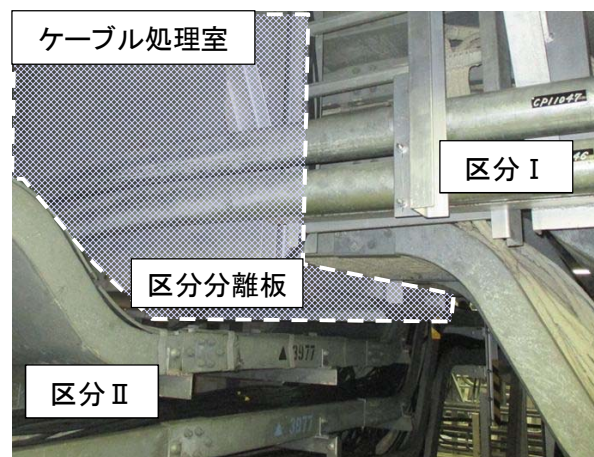
➤ リスク緩和策を講じた場合においても、緩和策の信頼性、機能喪失時に運用上支障を生じない期間での復旧可能性には不確かさが存在

補足4. 5 ケーブル取替における安全機能の喪失

(2)-1. ケーブル取替における系統隔離と安全機能の喪失(トレイ交差部位)

- 安全機能を有するケーブルが敷設された異区分のケーブルトレイが交差
- 交差箇所のケーブル取替には, 異区分の両系統の隔離が必要となり当該機能が喪失

異区分のトレイが交差する範囲に主な安全機能(別添3参照)



【異区分ケーブルトレイ交差部平面図】

区分 I	区分 II	区分 III	備考
非常用ディーゼル発電機 2C制御回路	非常用ディーゼル発電機 2D制御回路	高圧炉心スプレイ用ディーゼル発電機 制御回路	非常用電源供給設備喪失
直流125V充電器電源	直流125V充電器電源 予備充電器電源	—	蓄電池への充電不可
原子炉補機冷却海水系 (ASW) (A,C制御回路)	原子炉補機冷却海水系 (ASW) (B制御回路)	—	FPCによる冷却不可
MCRチラー, MCR換気空調制御回路	MCRチラー, MCR換気空調制御回路	—	中央制御室居住性悪化
蓄電池室排気ファン電源	蓄電池室排気ファン電源	—	水素排気不可
燃料プール水温・水位	燃料プール水温・水位	—	水温・水位監視不可

安全区分 I と II が交差する部位あり

下段となる安全区分 II のトレイ内ケーブル取替のためには, 上段となる区分 I トレイの一時撤去が必要

安全区分 I, II 同時機能喪失(一部機能)

補足4. 5 ケーブル取替における安全機能の喪失

(2)-2. ケーブル取替による安全機能の喪失を回避する対策(トレイ交差部位)

- ケーブル取替に伴い片区分の全系統と、もう片区分の一部の系統の同時隔離が必要となるため、維持すべき安全機能のうち、2区分とも喪失
- 安全機能を確保する対策(1系統必須)

	安全機能確保	対策
①	少なくとも1系統の隔離系列に仮設ケーブル設置	・ 原子炉建屋・各防火区画の気密性・耐火性、耐震性に影響しない貫通部開口設置 ・ ケーブルの敷設に当たっては信頼性の高い設計が必要

➤ リスク緩和策

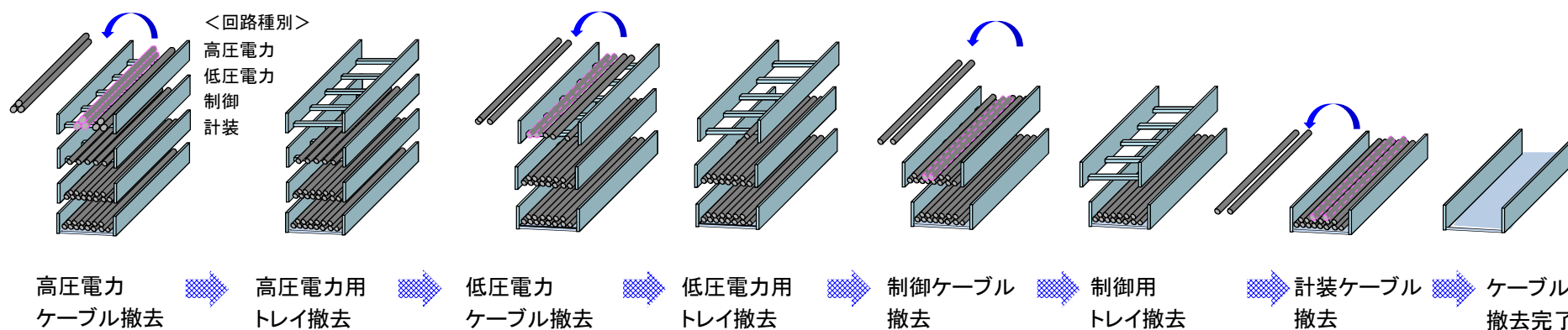
- ・安全機能の信頼性の低下に対し緩和策として、P27リスク緩和策をとる必要がある。

(1)-1～(2)-2を踏まえ、取替方法④は難燃ケーブルへの取替方法としては考慮しないこととする。

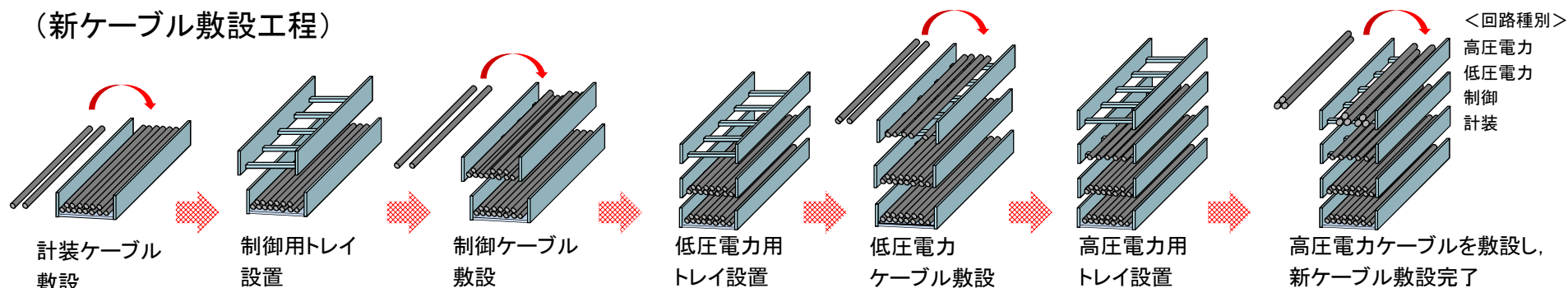
別添1 多段積みされたケーブルトレイの取替順序

- ◆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、攪拌空気停止、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	制御電源喪失に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	制御電源喪失に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)

別添3 区分Ⅰと区分Ⅱトレイが交差する箇所のケーブル取替時の発電所の影響について

◆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

【ケーブル処理室(1/2)】

交差する系統		要求事項	全停時の影響
RCW熱交換器A制御回路	RCW熱交換器B, C制御回路	b.発電所の運用上必要な機能: 原子炉補機冷却水系の運転	FPC系(バックアップはRHR), CUW系, CRDポンプの冷却不可
燃料プール水温・水位計	燃料プール水温・水位計	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
非常用ディーゼル発電機2C 制御回路	非常用ディーゼル発電機2D 制御回路	b.発電所の運用上必要な機能 : 非常用電源の確保	・非常用電源2系統なし。 ・外部電源喪失時、RHR系運転不可
FRVS, SGTS制御回路 排ガス出口モニタ	FRVS, SGTS制御回路 排ガス出口モニタ	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

別添3 区分Ⅰと区分Ⅱトレイが交差する箇所のケーブル取替時の発電所の影響について

【ケーブル処理室(2/2)】

交差する系統		要求事項	全停時の影響
RHRポンプA制御回路 RHRSPポンプA, C 制御回路 RHR A室換気空調制御回路	RHRポンプB制御回路 RHRSPポンプB, D 制御回路 RHR B室換気空調制御回路	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 [FPC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]
MCRチラー・ MCR換気空調制御 回路	MCRチラー・ MCR換気空調換気 空調	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)
ASWポンプ A, C 制御回路	ASWポンプ B制 御回路	b.発電所の運用上必要な機能:原子炉補機 冷却水系,タービン補機冷却水系	・FPC系(バックアップはRHR),CUW系, CRDポンプの冷却不可 ・IAコンプレッサー,SAコンプレッサー冷却 不可

別添3 区分Ⅰと区分Ⅱトレイが交差する箇所のケーブル取替時の発電所の影響について

【原子炉建屋附属棟1階電気室】

交差する系統		要求事項	全停時の影響
直流125V充電器電源	直流125V充電器電源 予備充電器電源	a.保安規定 第64条LCO (直流電源その2)	LCO逸脱
		b.発電所の運用上必要な機能:各設備の警報電源, 制御電源	・中央制御室制御盤警報喪失(中央制御室警報機能喪失), 各系統運転不可(FPC系, RHR系, CUW系, CRD系含) ・高圧電源盤(6.9kV M/C, 480V P/C)制御電源喪失
		c.EAL(電源供給機能異常(直流電源)) SE27・GE27	直流電源系統の喪失系統数及び喪失時間に応じ, 原災法第10条, 原災法第15条事象発生
蓄電池室排気ファン電源	蓄電池室排気ファン電源	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

別添3 区分Ⅰと区分Ⅱトレイが交差する箇所のケーブル取替時の発電所の影響について

【原子炉建屋2階】

交差する系統		要求事項	全停時の影響
MCRチラー・MCR換気空調制御回路	MCRチラー・MCR換気空調制御回路	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)
燃料プール水温・水位計	燃料プール水温・水位計	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
FRVS, SGTS制御回路 排ガス出口モニタ	FRVS, SGTS制御回路 排ガス出口モニタ	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

添付5 代替措置の基準適合性

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

◆「防火シートによる複合体の形成」を選定

添付5 代替措置の基準適合性

(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
		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	
	火災の感知性及び消火性	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)	
		感知	防火シートによる検知性が低下しないこと	
		消火	防火シートによる消火性が低下しないこと	

添付5 代替措置の基準適合性

(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	電氣的機能	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
		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
	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
		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
			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	—※: (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 代替措置の基準適合性

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 ・複合体が耐延焼性を有していることを燃焼試験により確認(自己消火性は内部の火災で確認) ・防火シートの遮炎性能について加熱試験により確認
②複合体の内部の火災	II. 複合体内部の火災に対して、難燃性能を確保する ・ケーブル単体でUL垂直燃焼試験を実施し、自己消火性を確認 ・防火シートにより酸素量を抑制することにより耐延焼性が確保できることを確認
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. 想定外の施工不良、傷等により複合体の不完全な状態を仮定しても耐延焼性を確保する ・実機状態の不確かさを考慮しても耐延焼性を確保できることを確認

添付5 代替措置の基準適合性

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 代替措置の基準適合性

5.4 ケーブル敷設状態での代替措置の基準適合性確認

- ◆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複合体の基準適合性を確認

(1)火災防護上の安全機能

比較項目		代替措置の基準適合性	
		説明	評価
火災発生防止	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	○※
	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、複体内への熱感知器設置により、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(難燃ケーブルと比較した場合の評価), ※:試験により確認

添付5 代替措置の基準適合性

(2) ケーブル及びケーブルトレイの安全機能

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
電氣的機能	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(難燃ケーブルと比較した場合の評価), ※:試験により確認

(3) 施工・維持管理

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(難燃ケーブルと比較した場合の評価), ※:試験により確認

補足5. 1 防火シートによる複合体形成

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

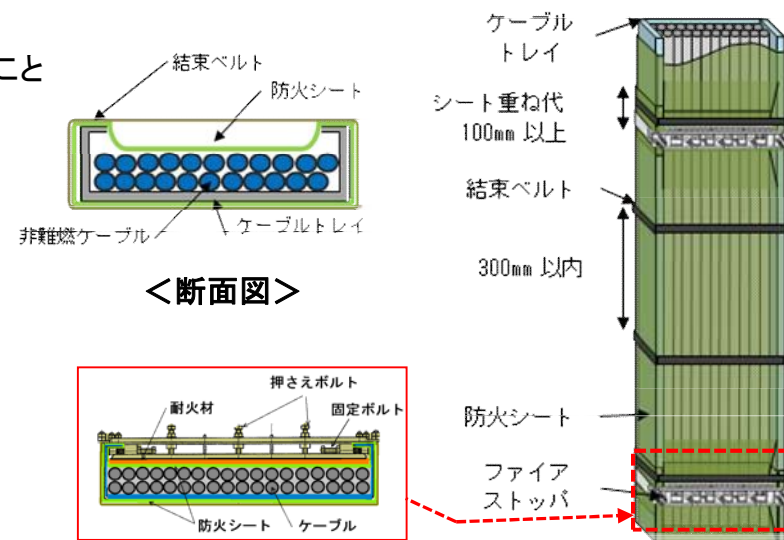
- ◆ 施工(設計)要件

- ・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

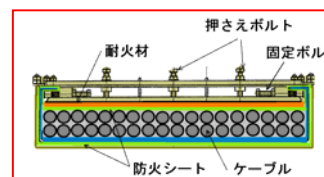
複合体構成品のスペック

- ・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>

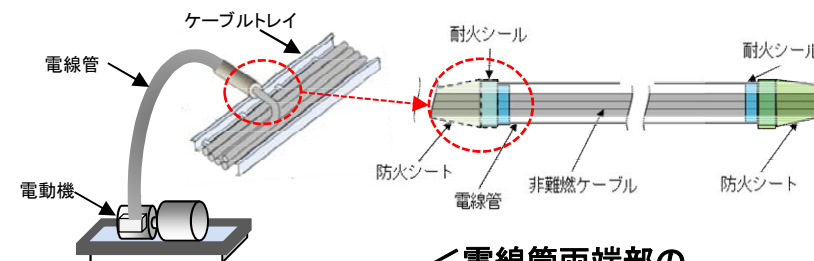
<正面図>

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>

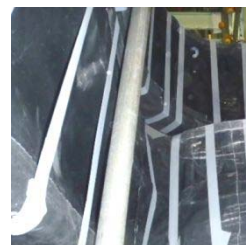
補足5. 2 代替措置の実機施工性の検討

1. 代替措置の実機への施工性検証

- ◆施工方法の検討については、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

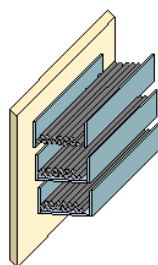


トレイ合流部

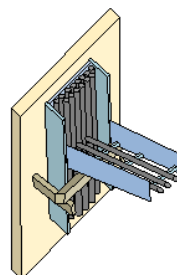


傾斜トレイ

【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



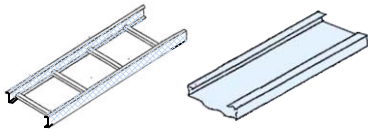
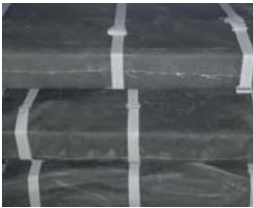
傾斜トレイ

【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

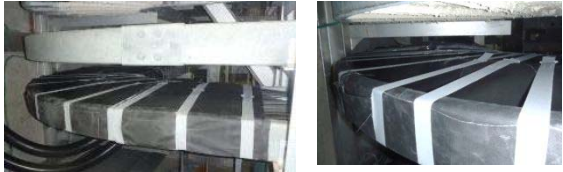
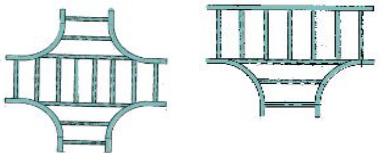
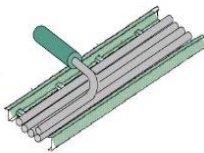
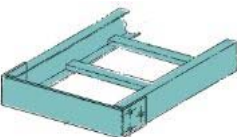
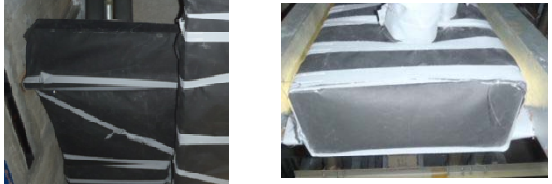
◆ケーブルトレイの設置状況と施工例

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				

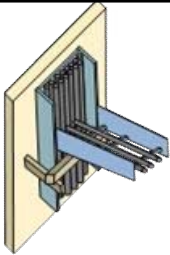
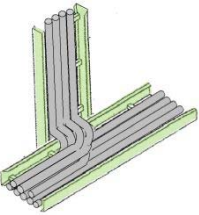
補足5. 2 代替措置の実機施工性の検討

(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)				

補足5. 2 代替措置の実機施工性の検討

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

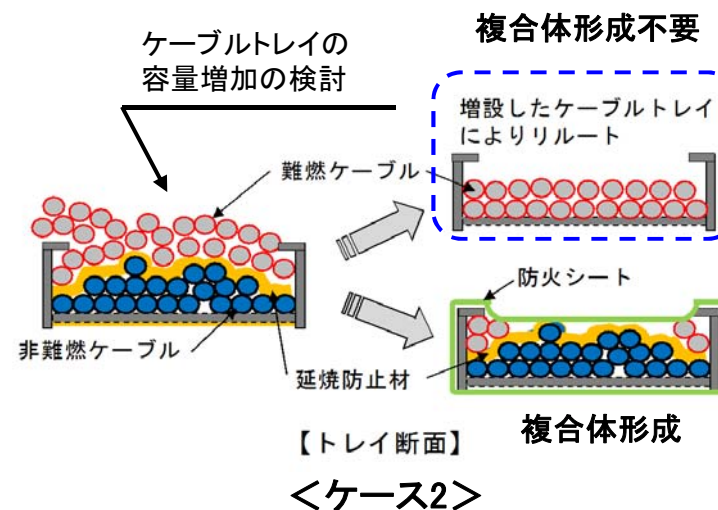
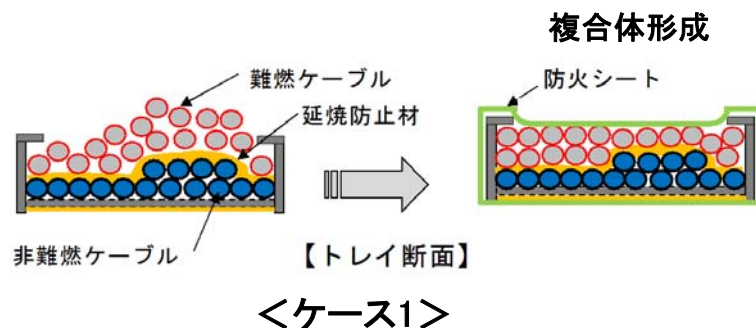
(1) 整線の目的

防火シートを施工手順のとおりに巻くために以下を行う。

- トレイ内に余裕がある場合は、トレイ内に整列させて収納する。
- 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)(別添1, 別添2)

(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



別添1 ケーブル整線における難燃ケーブルの配線ルート変更

◆対象：制御・計装ケーブル（難燃ケーブル）

目的	リルート対象の難燃ケーブルの余長	対応方針
ケーブル整線に伴う難燃ケーブルリルート	有	・十分な余長があるため、整線が必要部位まで、ケーブルを引き戻した後、ルートを変更して再敷設（リルート）
	無	・電気設備技術基準に従い、極力電気抵抗を増加させないように配慮した上で、接続点を設けて必要なケーブル長さを確保（下図） ・ただし、対象ケーブルの識別が可能な場合※には、ケーブルを撤去したうえで接続点を設けずにケーブル取替を行うことで、接続点の増加による電気特性への影響を極力回避

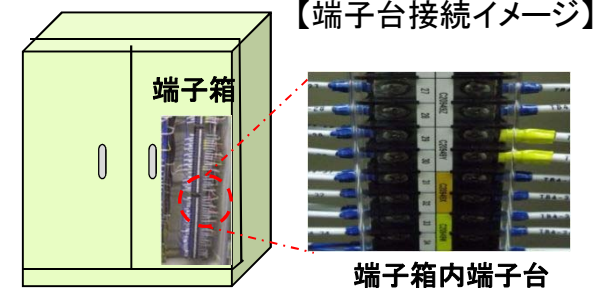
※：整線が必要な部位は表層に敷設される

◆「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。」

電気設備工事監理指針（国土交通省大臣官房官庁営繕部 監修）「第2編 電力設備工事」第2章 施工「共通事項」電線の接続より抜粋

◆「接続部分において電線の電気抵抗を増加させないように接続するほか、絶縁の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがないようにしなければならない」

電気設備の技術基準第7条（電線の接続）



別添2 ケーブル処理室床を使ったケーブル配線

◆ケーブル処理室床下を使ったケーブル配線ルートの変更(リルート)

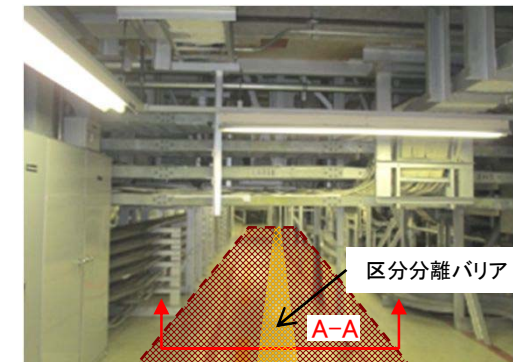
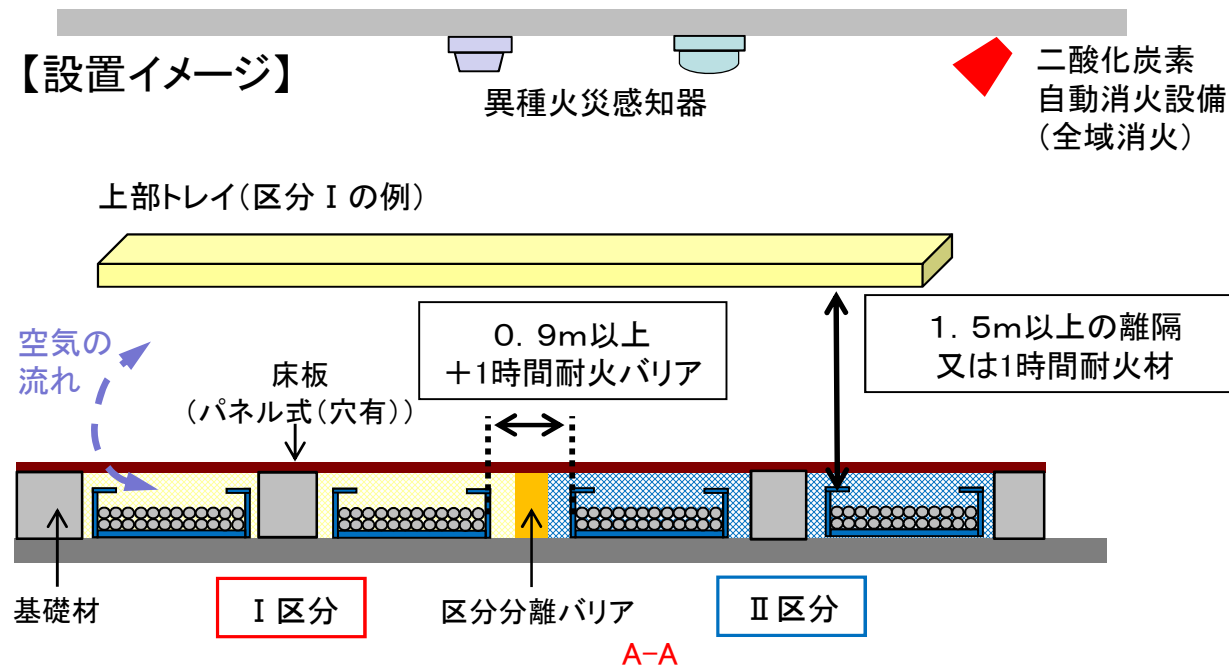
(1) 目的

新設電路への難燃ケーブルの敷設(制御・計装)

(2) 設置方法

- ケーブル処理室の床部にケーブルトレイを新設して床下にケーブルルートを確保
- ケーブルトレイは系統分離を考慮した設計
- 早期火災感知及び消火を考慮
- 異区分トレイの離隔距離はNRCが定めるRegulatory Guide 1.189より

【設置イメージ】



【床を使ったケーブルトレイ設置イメージ】



添付6 難燃ケーブルと代替措置の火災リスク比較

6. 1 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	電氣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

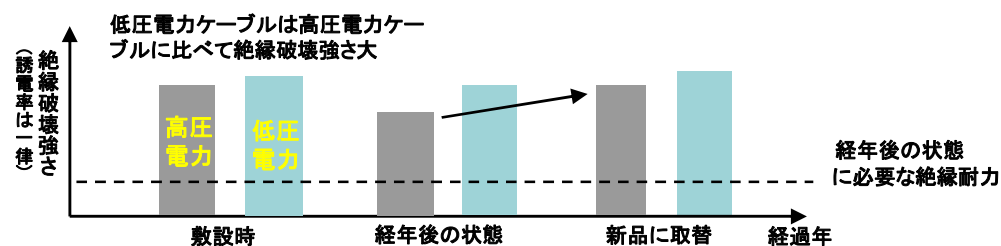
既存の切離しケーブル量は全体のケーブル量からも少なく、有意な影響はないと評価

6. 2 ケーブル取替に伴うメリット

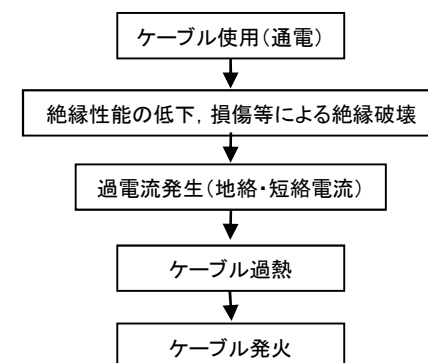
項目	説明
発火リスク	・ ケーブルを未使用ケーブルに取替えることで、ケーブル発火の可能性及び波及影響を低減（添付7）
可燃物量	・ ケーブル取替えに合わせ既存の切離しケーブルを撤去することで可燃物量を低減

添付7 ケーブルの発火リスク評価

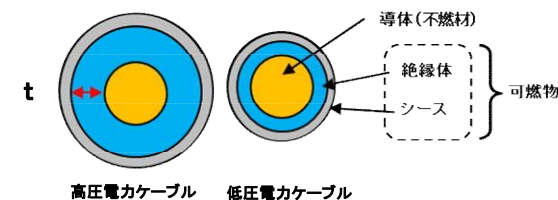
- ◆ ケーブルは熱等の影響により経年的に絶縁性能が低下し、絶縁破壊によりケーブルが発火に至る可能性がある(メカニズムのとおり)
 - 高圧電力は絶縁体単位厚さに対する電圧が高いため、低圧電力に比べ絶縁破壊強さ(V/mm)は小
- ◆ 高圧電力ケーブルは水トリー劣化※により絶縁破壊に至る可能性がある
- ◆ 発火した高圧電力ケーブルによっては、低圧電源系へ停電範囲が波及する
- ◆ 高圧電力ケーブルを未使用品に取替ることは発火リスクの低減に寄与



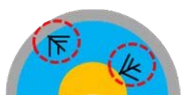
【絶縁性能の低下によるケーブル発火メカニズム】



【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所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)	絶縁破壊強さ: V/t (V/mm)
高圧電力ケーブル 最細径	架橋 ポリエチレン	4	6,900	1,725
低圧電力ケーブル 最細径	架橋 ポリエチレン	1	480	480

絶縁体の単位厚さ当たり印加される電圧: 高圧電力ケーブル=約3.6×低圧電力ケーブル

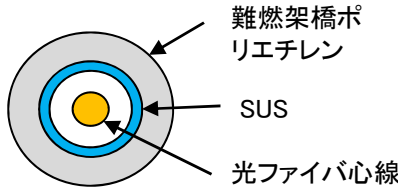
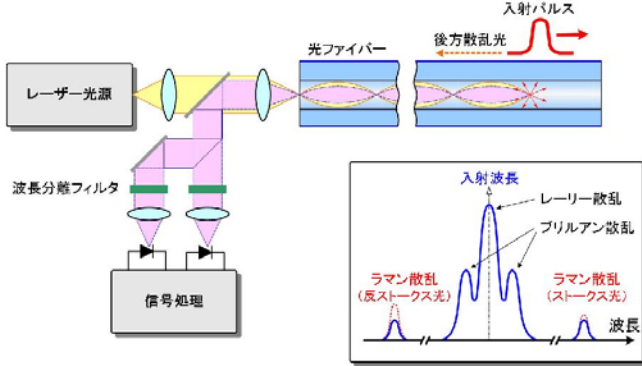
回路種別	絶縁性能低下による発火リスク			絶縁性能低下によるケーブル発火時の影響
	絶縁破壊強さ※1	劣化要因	火災時の波及的影響※2	
高圧電力	小	熱・放射線 水トリー	大	・電気系統において最上流に位置するため、下流側の低圧電源系へ停電範囲が拡大する可能性が高い
低圧電力	大	熱・放射線	小	・低圧電源系は電気系統において中・下流に位置するため、電気系統への影響は限定される
制御	大	熱・放射線	小	・印加電圧が低く導体も細いため、過電流が発生した場合でも、導体が溶断し火災に至る可能性は低い
計装	大	熱・放射線	小	・印加電圧が微弱で導体も細いため、万一、過電流が発生した場合でも、導体が溶断し火災に至ることはない

※1: 東海第二で使用される架橋ポリエチレン絶縁体ビニルシースケーブルの比較

※2: 当該ケーブルの発火を想定した場合の、停電範囲(大: 停電範囲広い, 小: 停電範囲狭い)

添付8 複合体内ケーブルの火災感知(1/2)

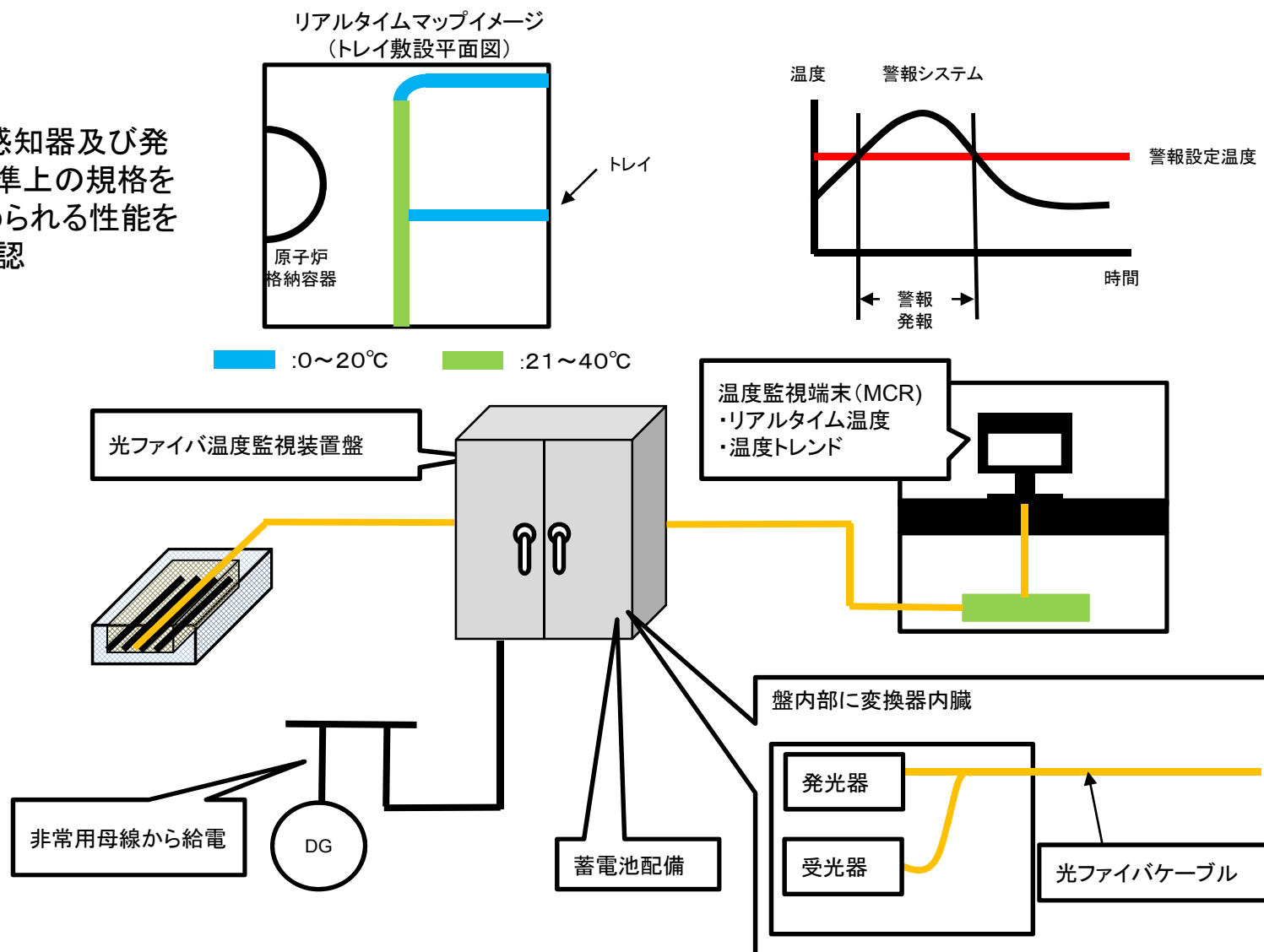
◆複合体毎に光ファイバケーブル式熱感知器を設置し、温度を測定することで早期にケーブルの火災を感知する。

項目	説明	
目的	複合体内にセンサ用光ファイバケーブルを敷設し、火災の早期感知を図る	
材料	・外被材料:SUS (被覆:難燃架橋ポリエチレン) ・光ファイバ材質:石英 ・適用温度範囲:-20℃~150℃	
原理	光ファイバー自身が温度センサーとなり、光ファイバー全長に沿った長距離の連続的な温度分布が確認可能 ・主な構成:温度センサーとなる光ファイバー, レーザー光源・光検出器からなる計測器 ・光ファイバーの一端からレーザーパルスを入射するとファイバー内に散乱光が発生し、一部は後方散乱光として手前に戻り、距離に対応して時系列的に受信 ・両ラマン散乱光の温度感受性から光ファイバーに沿った温度分布が求められる	
特徴	・光ファイバ布設方向に対し2m以下の分解能 ・ケーブル敷設エリア毎に温度表示 ・温度測定値が設定値(60℃)を超えた場合に警報を発報	代表的な機種の外観 

添付8 複合体内ケーブルの火災感知(2/2)

◆ 光ファイバ温度監視装置のシステム構成の概要

「火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術基準上の規格を定める省令」で求められる性能を有していることを確認



補足8. 1 光ファイバ温度監視装置の性能

◆ 光ファイバ温度監視装置は、他の火災感知器と同等の性能を有していることを確認

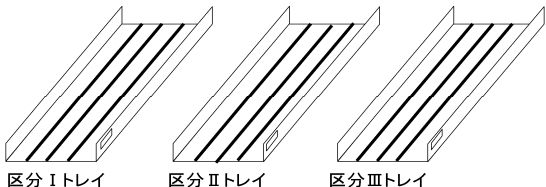
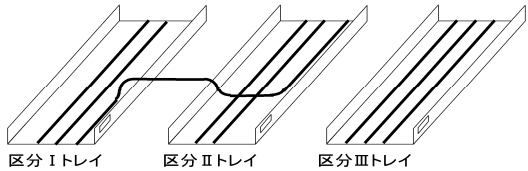
項目	説明	
感知器の性能評価	差動分布形熱感知器の感度試験	＜要求事項(省令13条)※＞ 作動試験検出部から最も離れた空気管の部分20mが7.5℃/minの割合で直線的に上昇したとき、1分以内で火災信号を発信すること。 ＜試験方法＞ 試験ファイバケーブル(評価箇所)を恒温槽に入れ、80℃まで3.5℃/minの上昇率で温度上昇させる。光ファイバケーブルにて測定される温度が、基準温度と比較して、1分を超える遅れがなく温度表示されることを確認 ＜試験結果＞ 各測定箇所(2kmおよび7kmの光ファイバの前端部/中間部/遠端部(計6箇所))において試験を実施した結果、測定温度は基準温度と比較して1分を超える遅れがなく計測
	定温式熱感知器の感度試験	＜省令要求(省令14条)※＞ 定温式感知器の感度は、その有する種別及び公称作動温度に応じ、次に定める試験に合格するものでなければならない。 ・作動試験公称作動温度の125%の温度の風速1m/sの垂直気流に投入したとき、120秒(1種)以内で火災信号を発信すること。 ＜試験方法＞ 試験ファイバケーブル(評価箇所)を室温状態から75℃(※)雰囲気恒温槽に投入し、その温度変化を測定。光ファイバケーブルでの測定温度が、60秒以内に65℃以上の温度を検出すること。 ※警報設定温度65℃に対し、125%未満の温度として設定。 ＜試験結果＞ 各測定箇所(2kmおよび7kmの光ファイバケーブルの前端部/中間部/遠端部(計6箇所))において試験を実施した結果、60秒以内に65℃以上の温度を計測
	熱アナログ式スポット型感知器の感度試験	＜省令要求(省令15条3)※＞ 公称感知温度範囲の下限値から上限値に達するまでその温度が2℃/min以下の一定の割合で直線的に上昇する水平気流を加えたとき、そのときの気流の温度に対応した火災情報信号を発信するものでなければならない。 ・公称感知温度範囲: 上限: 60℃ ～ 165℃ 下限: 10℃ ～ (上限値－10)℃ ＜試験方法＞ 試験ファイバを恒温槽(10℃)に入れ、恒温槽を10℃から2℃/minの一定の上昇率で80℃まで上昇させ、その温度変化を確認する。光ファイバケーブルでの測定温度が、基準温度と比較して3℃以内にて追随していることを確認 ＜試験結果＞ すべての試験で、基準温度との温度差が3℃以内

添付9 異区分跨ぎケーブルの対応について

9.1 はじめに

- ◆東海第二発電所は、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令(昭和40年通商産業省令第62号)(以下「旧技術基準」という。))に基づいて建設されたプラントであり、ケーブルの安全区分に対する設計が現行の技術基準とは異なっている。
- ◆このため、制御・計装ケーブルの一部に現行の技術基準に合致しない異区分跨ぎケーブルが確認されているため、今後の対応は以下のとおりとする。

9.2 旧技術基準と現行の技術基準の相違点

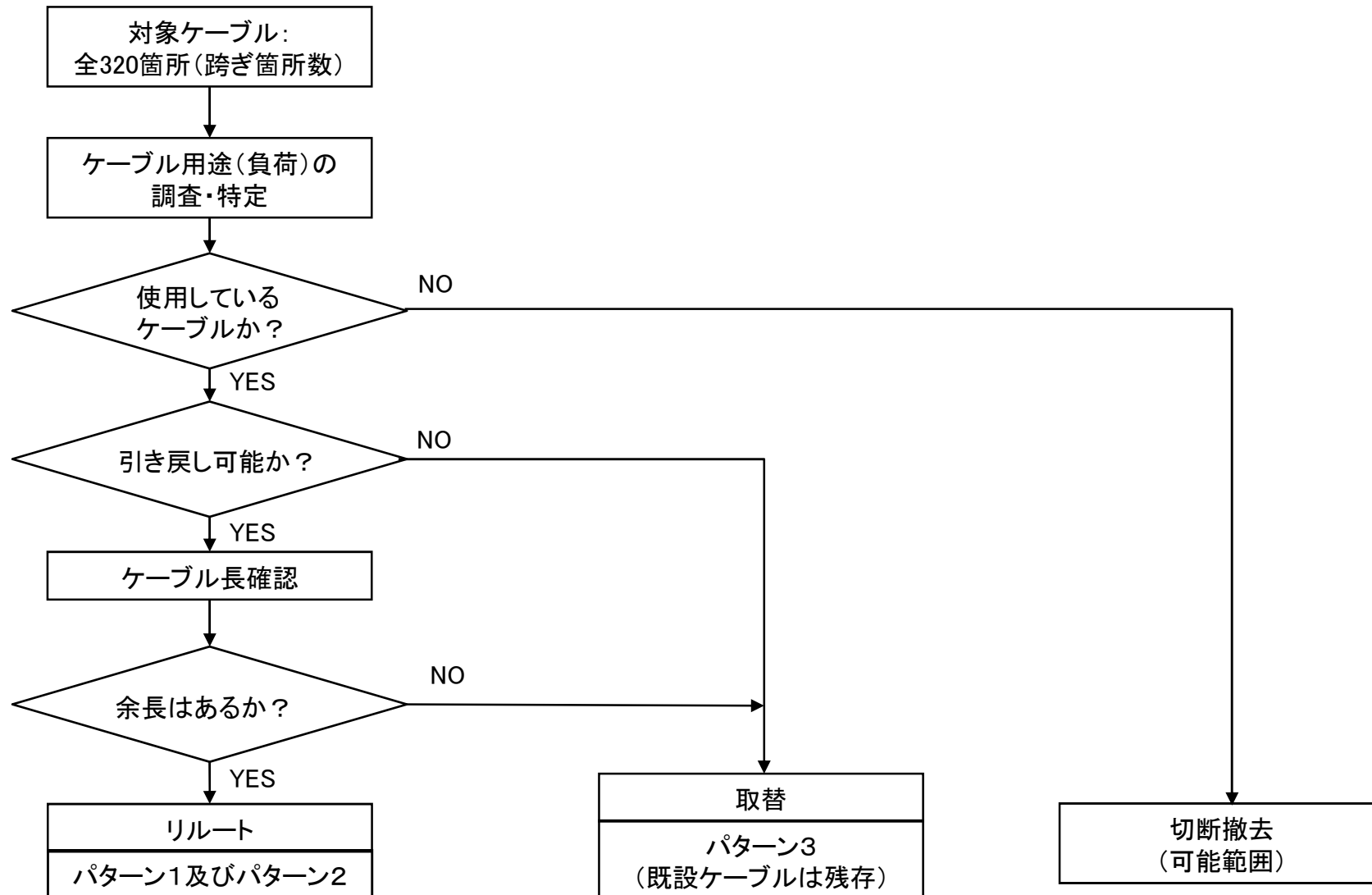
敷設状況	イメージ図	旧技術基準適合性		新技術基準適合性	
		電力ケーブル	制御・計装ケーブル	電力ケーブル	制御・計装ケーブル
区分間の跨ぎ無し		○	○	○	○
区分間の跨ぎあり		×	○	×	×

○:基準に適合 ×:基準に適合しない

新規制基準では認められない

添付9 異区分跨ぎケーブルの対応について

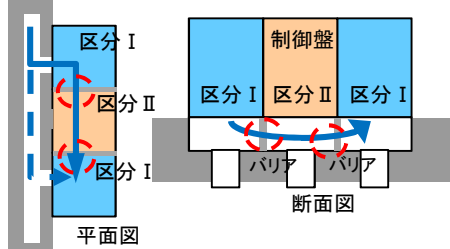
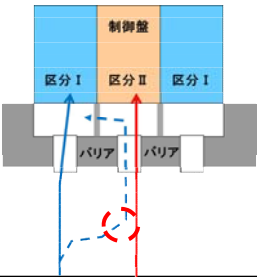
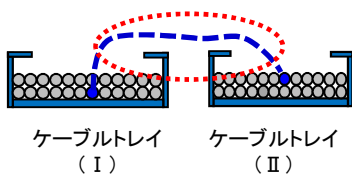
9.3 対応方針の考え方



添付9 異区分跨ぎケーブルの対応について

9.4 調査状況と対応方針

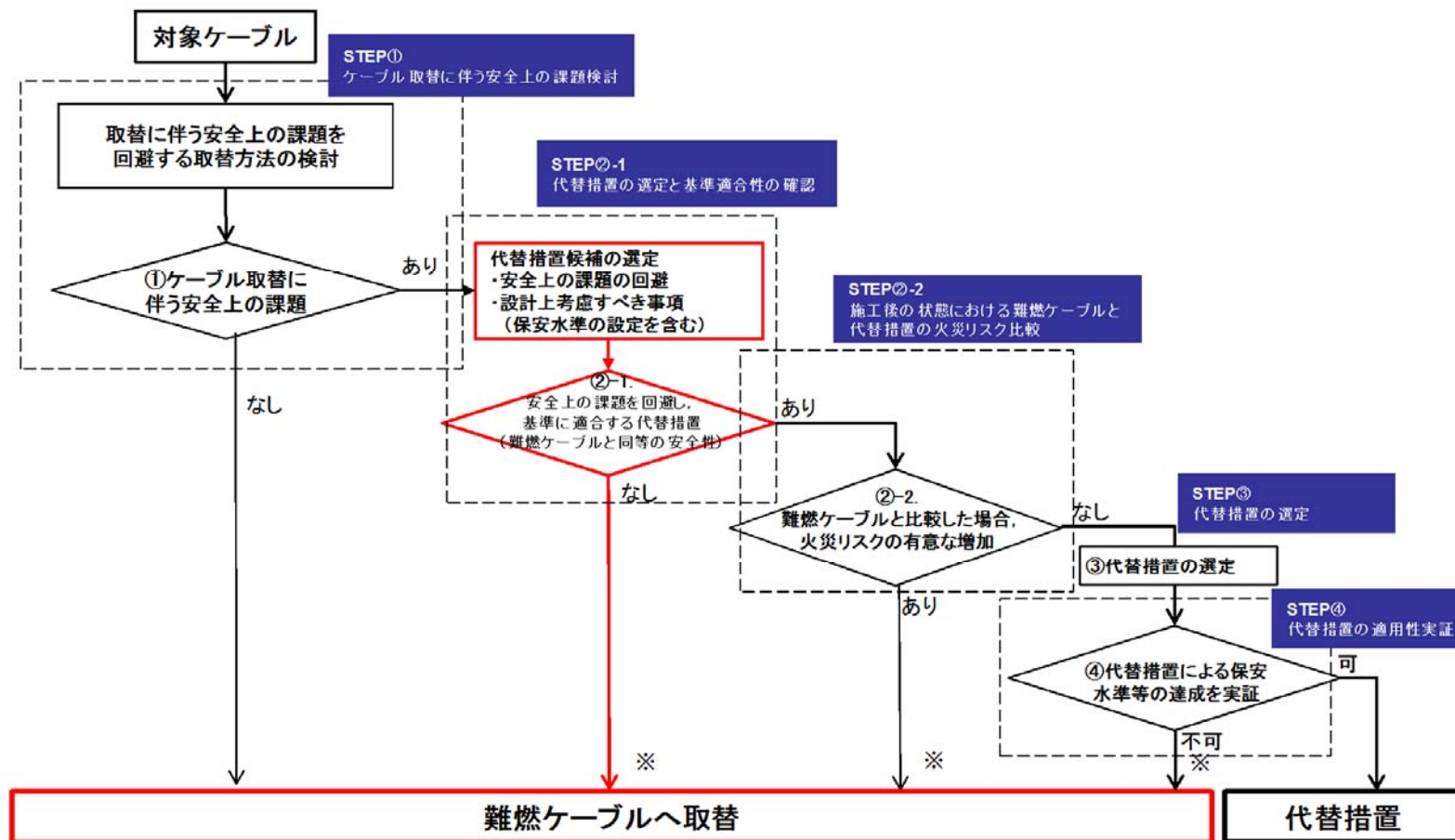
- ◆ 現在までに確認されている異区分跨ぎケーブルの状況と対応方針は以下のとおり。
- ◆ 使用していないケーブルは可能な範囲で撤去。残存ケーブルは火災影響評価で火災荷重として考慮

異区分跨ぎ パターン	状況イメージ図	取替に伴う 安全上の課題	対応方針	跨ぎ箇所数※	H29.6.16現在 用途特定済数 (調査中)
パターン1 異区分の制 御盤間の跨 ぎ (中央制御 室)		なし	● 制御盤間の始点～終点間のケーブルを撤去し、新ケーブルを敷設 (中央制御室側にケーブルの始点、終点がない場合にはパターン2、又はパターン3の対応が必要)	159	122 (37)
パターン2 制御盤入線 部の跨ぎ (ケーブル 処理室)		なし	● ケーブルに余長があるため、制御盤入線部までケーブルを引き戻してリルート(正規のルートに引き直し)	72	72 (0)
パターン3 ケーブルト レイ間跨 ぎ (ケーブル 処理室、現 場)		既設ケーブルが残存(可燃物量増加)	● ケーブル用途(負荷)を特定して新ケーブルに取替 ● 可燃物を減らすため、可能な範囲で旧ケーブルを撤去するとともに、跨ぎ部分は確実に撤去	89	77 (12)
合 計				320	271(49)

添付9 異区分跨ぎケーブルの対応について

9.5 非難燃ケーブル対応との整合性

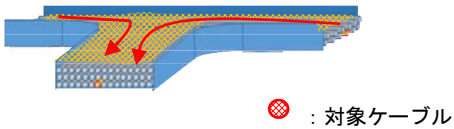
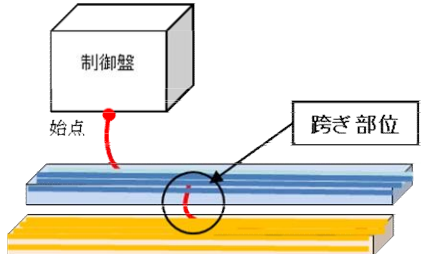
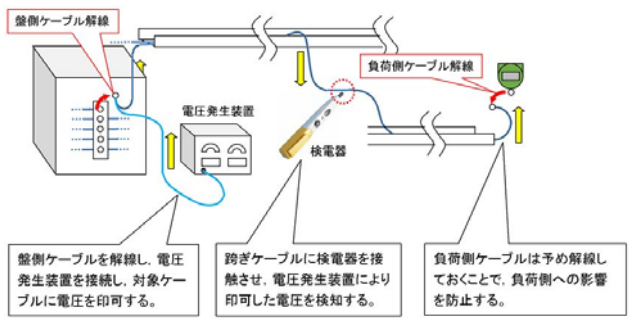
- ◆異区分跨ぎケーブルは、非難燃ケーブルの基準規則適合方針と同じ考え方で対応
- ◆取替に伴う安全上の課題を回避し基準に適合する代替措置が無い場合、課題の影響軽減策を検討したうえで取替を検討



※: 取替に伴う安全上の課題の影響軽減策検討

補足9. 1 ケーブルの識別とケーブル負荷の特定

- ◆ ケーブル群内から全長にわたる対象ケーブルの識別はできないが、ケーブル負荷(始点(跨ぎ部)と終点)は特定可能

第8条 非難燃ケーブル対応	第12条 ケーブル使用用途確認(系統分離対応)
◆ ケーブル取替は、1本ごと全長にわたりケーブルを識別することが必要となるが、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は、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し撤去する方法が取れない ◆ 始点終点は確認可能  (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 参照)	◆ 跨ぎ部が外部に出ているがケーブルが区画を跨いでケーブル群になる場合は、電気的信号による確認においても全長にわたり対象ケーブルを識別することはできないが、ケーブル使用用途(負荷)の特定は可能 ◆ 跨ぎ部と始点(負荷)は確認可能  【電気的信号による確認(負荷隔離による確認)の例】  盤側ケーブルを解線し、電圧発生装置を接続し、対象ケーブルに電圧を印可する。 跨ぎケーブルに検電器を接触させ、電圧発生装置により印可した電圧を検知する。 負荷側ケーブルは予め解線しておくことで、負荷側への影響を防止する。

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、 <u>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</u> 、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に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

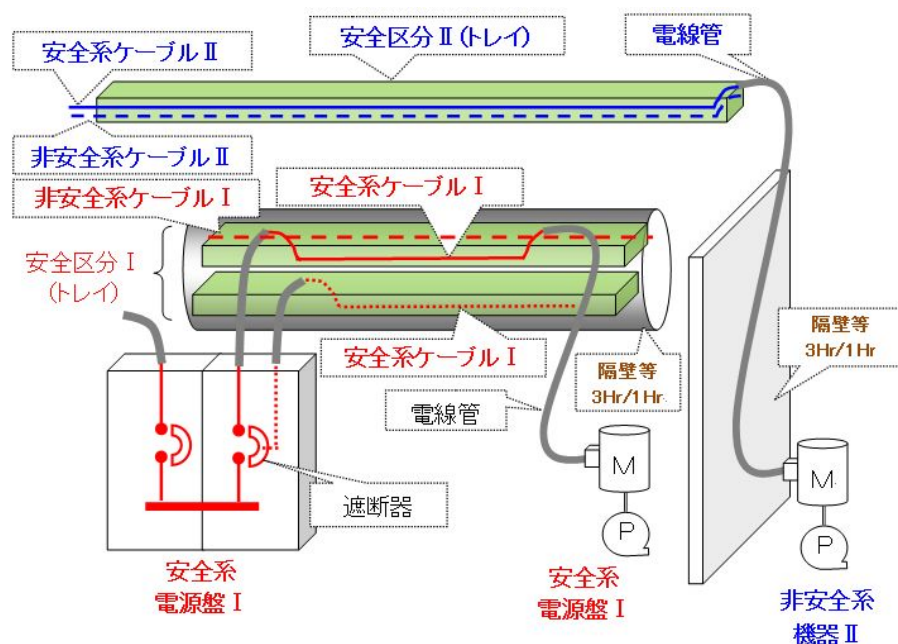
当該条項で要求しているのは、高温停止、低温停止に係る安全機能が、ケーブルの単一火災により同時に機能を喪失しないよう系統分離することであり、安全系のケーブルと非安全系のケーブルの系統分離を求めているものではない。

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 のいずれかの方法で、高温停止及び低温停止に係わる安全機能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。



【系統分離方法】

- a. 3Hr隔壁等で分離
- b. 6m以上の離隔距離＋感知・自動消火設備で分離
- c. 1Hr隔壁等＋感知・自動消火設備で分離

【火災の影響軽減 系統分離イメージ(a,c 方法の例)】

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】

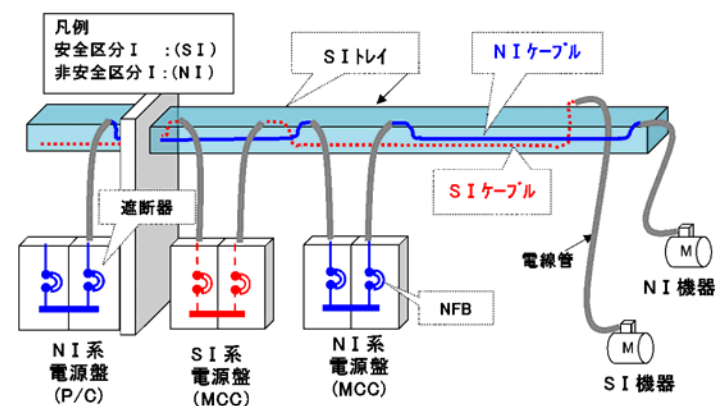
4. 異クラスの接続

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。
- 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】

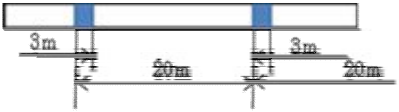
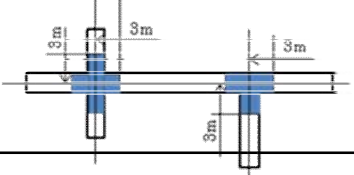
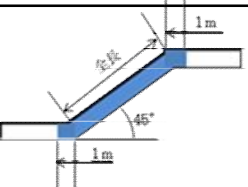
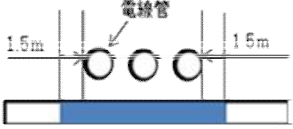
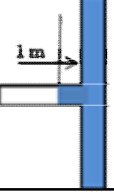
参考資料2

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	
				

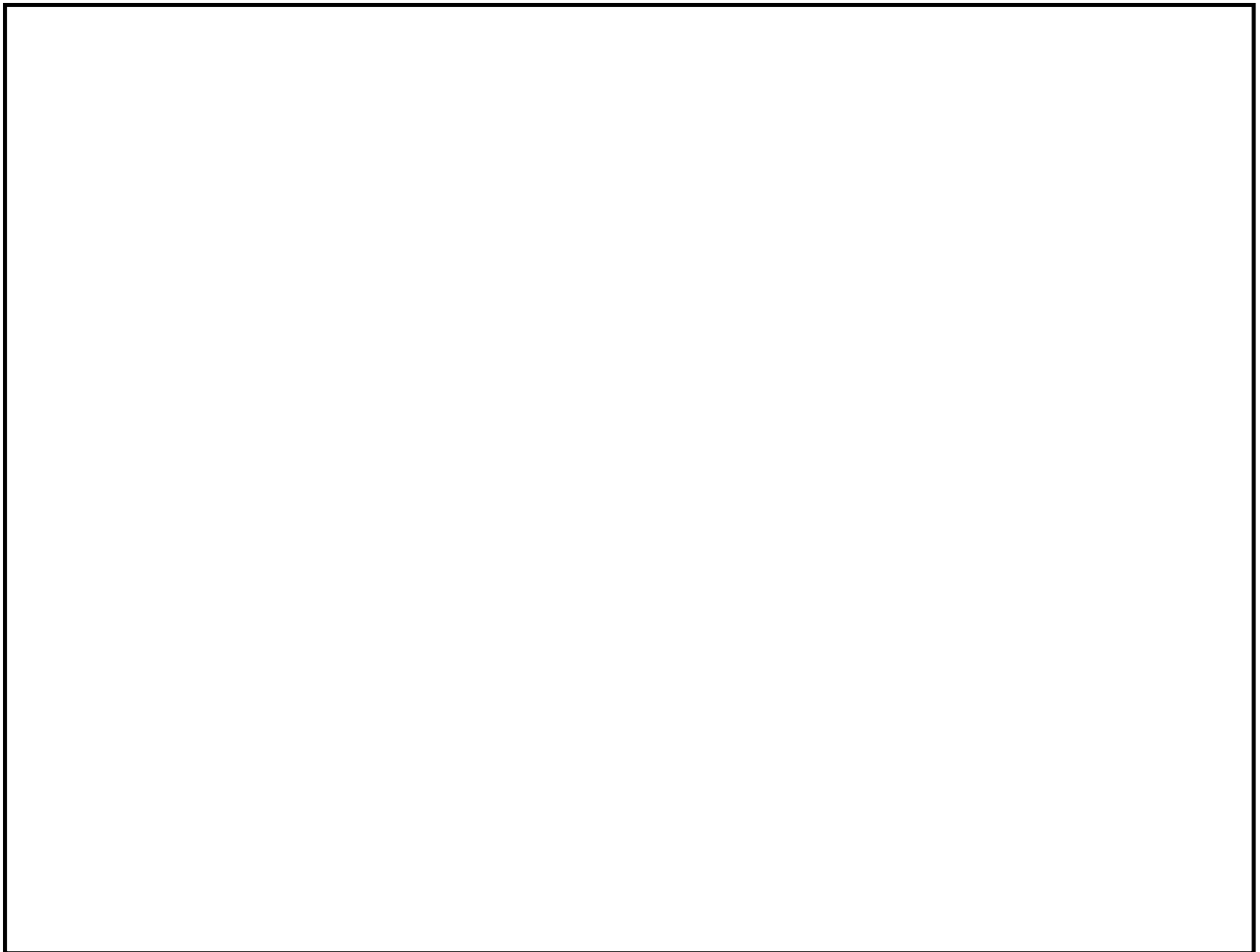
ケーブル調査結果表



トレイ布設状況

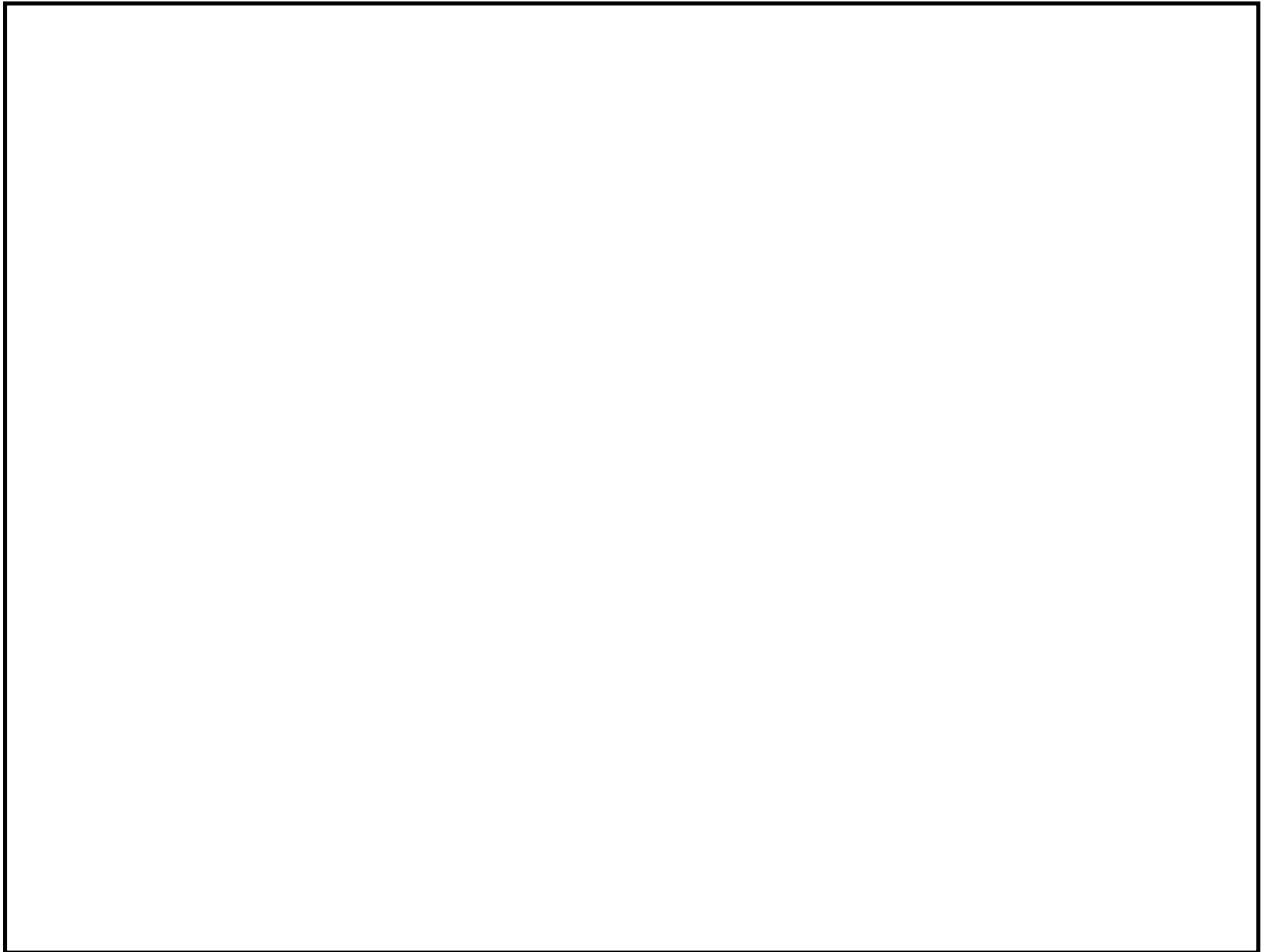
B2-S1-1	B2-S1-2	B2-S1-3	B2-S1-4	B2-S1-5
				
B2-S1-6	B2-S1-7	B2-S1-8	B2-S1-9	B2-S1-10
				
B2-S1-11	B2-S1-12	B2-S1-13		
				

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			
				

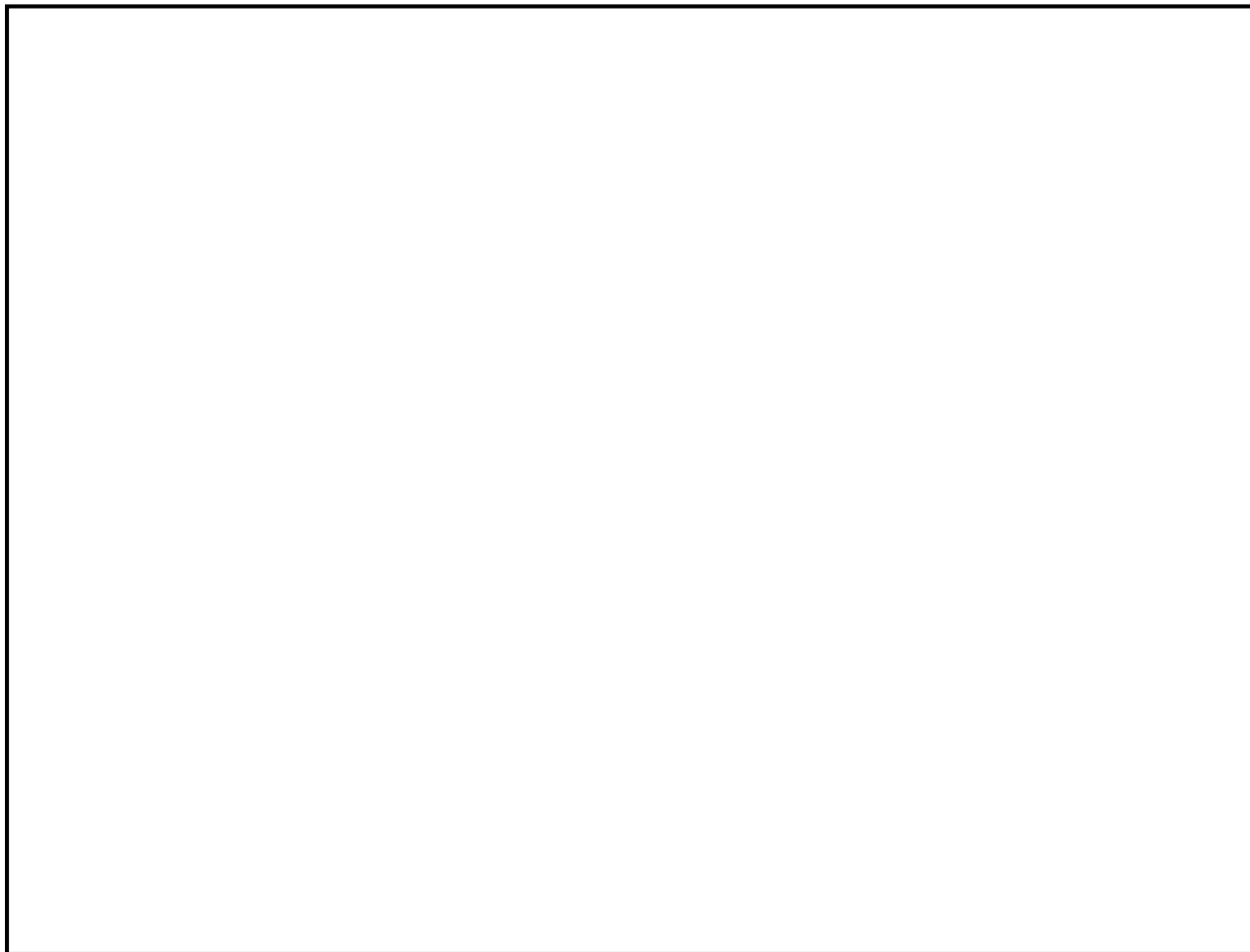
ケーブル調査結果表



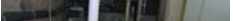
トレイ布設状況

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	
				

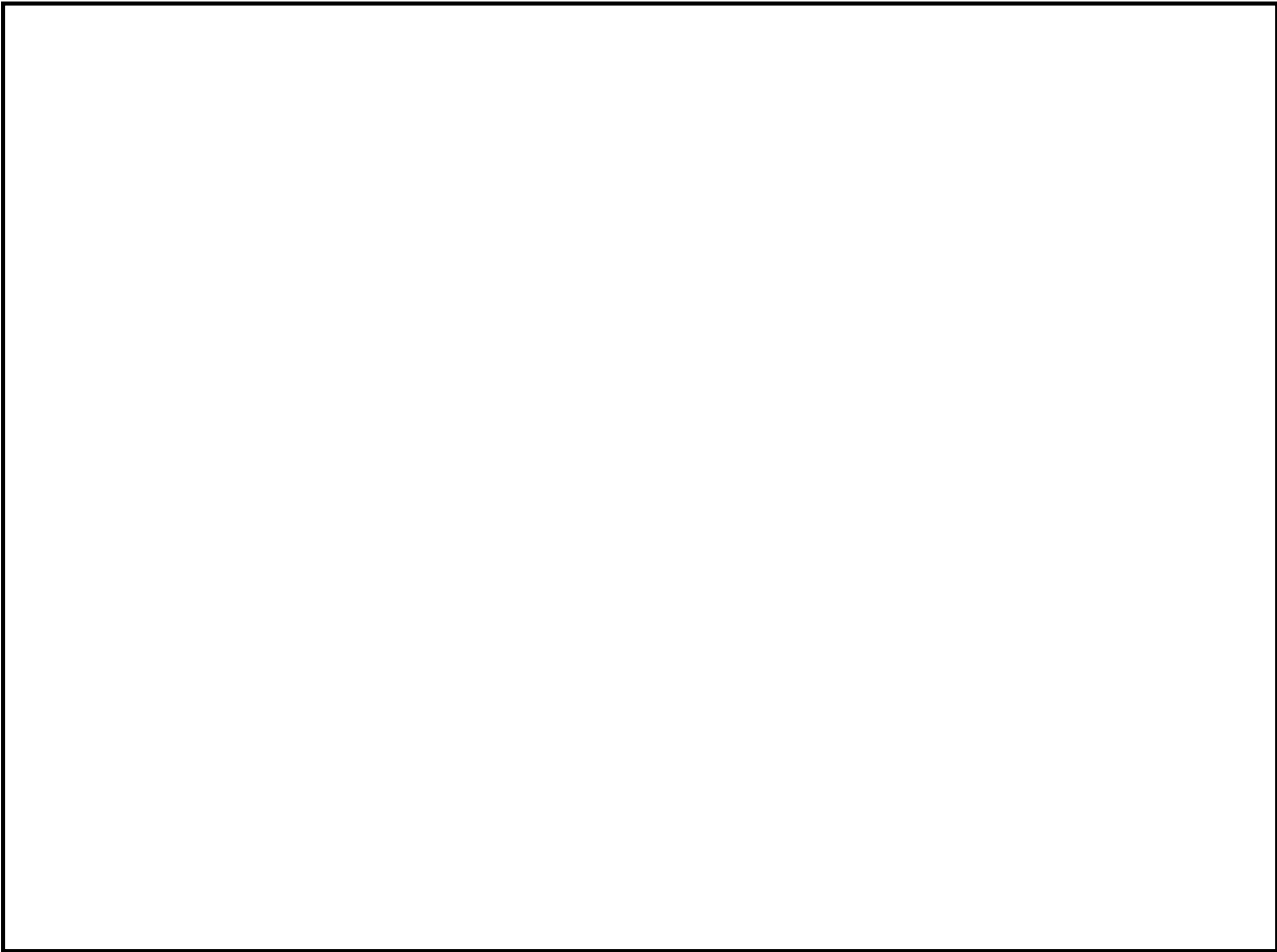
ケーブル調査結果表



トレイ布設状況

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

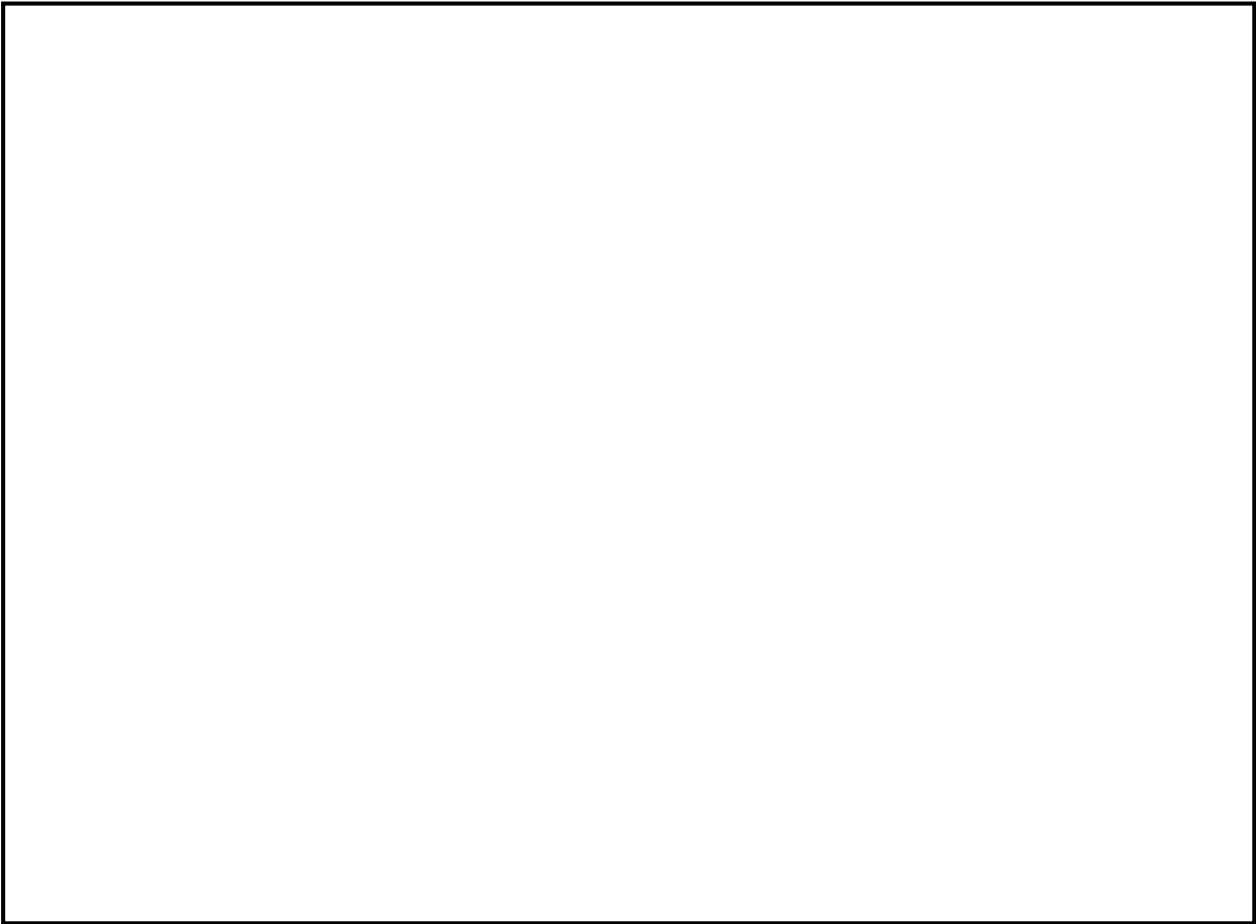
ケーブル調査結果表



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			
				

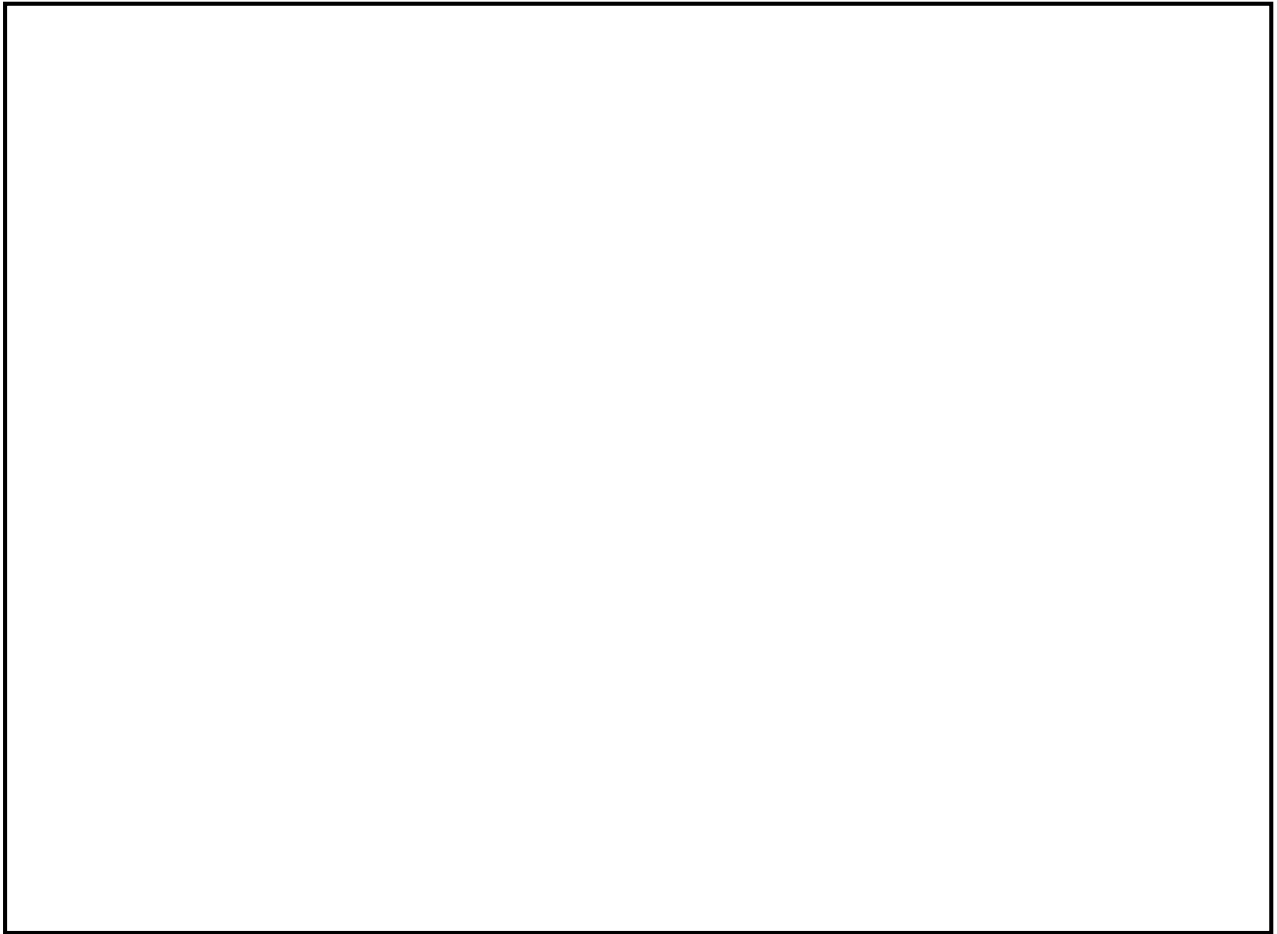
ケーブル調査結果表



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

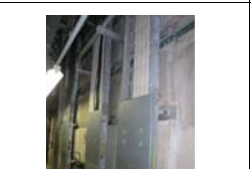


トレイ布設状

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

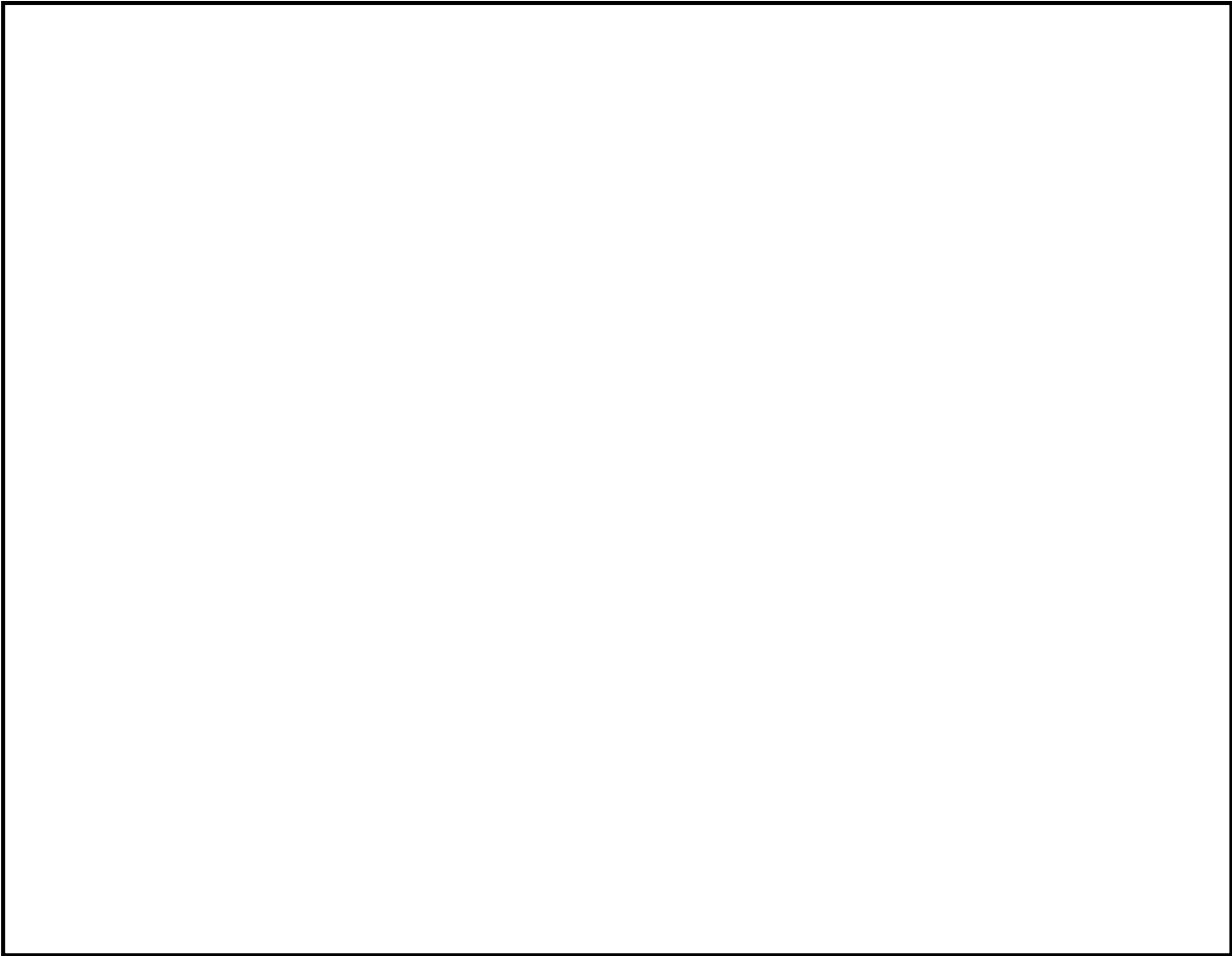
ケーブル調査結果表

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		
				

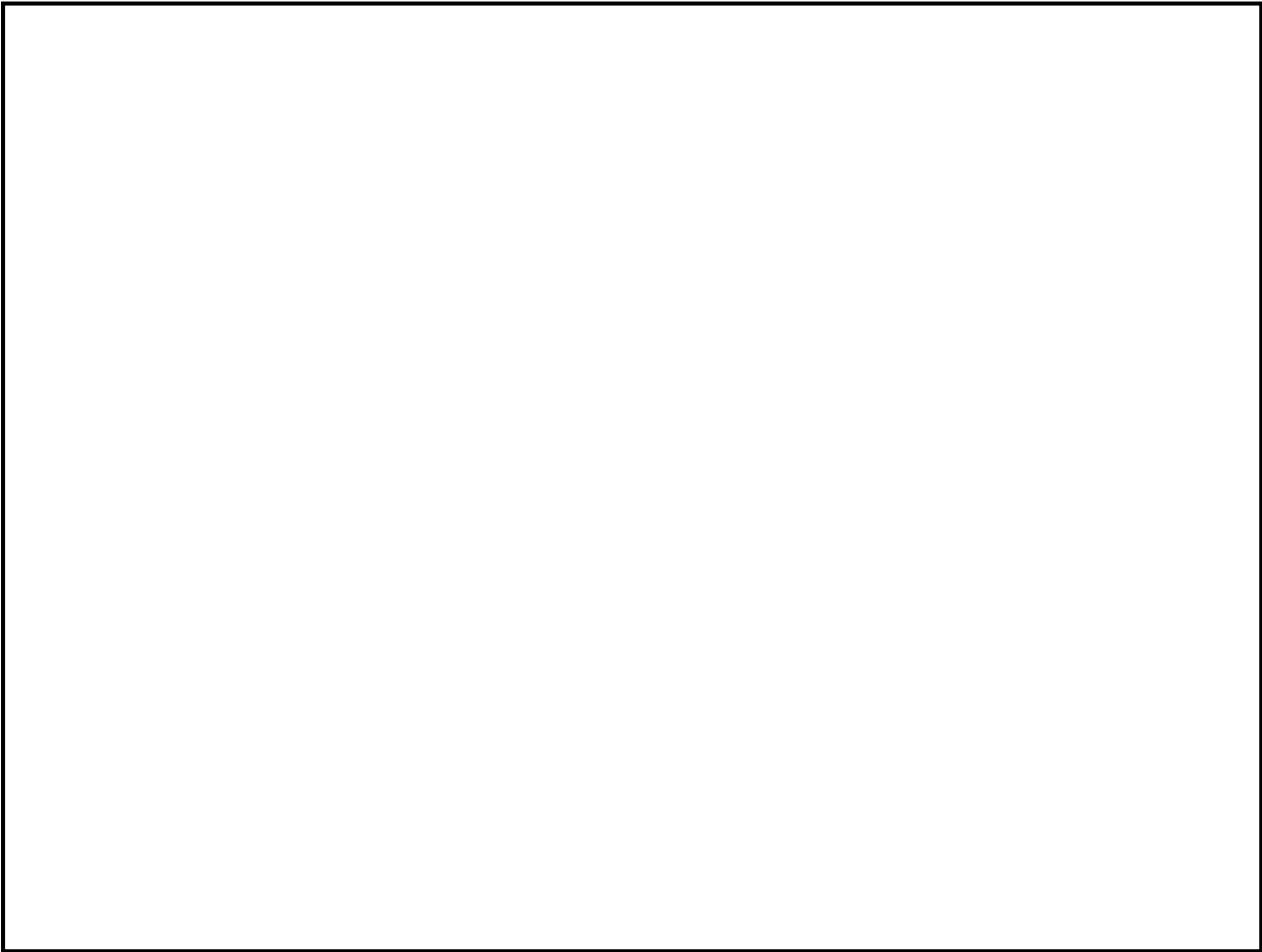
ケーブル調査結果表



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	

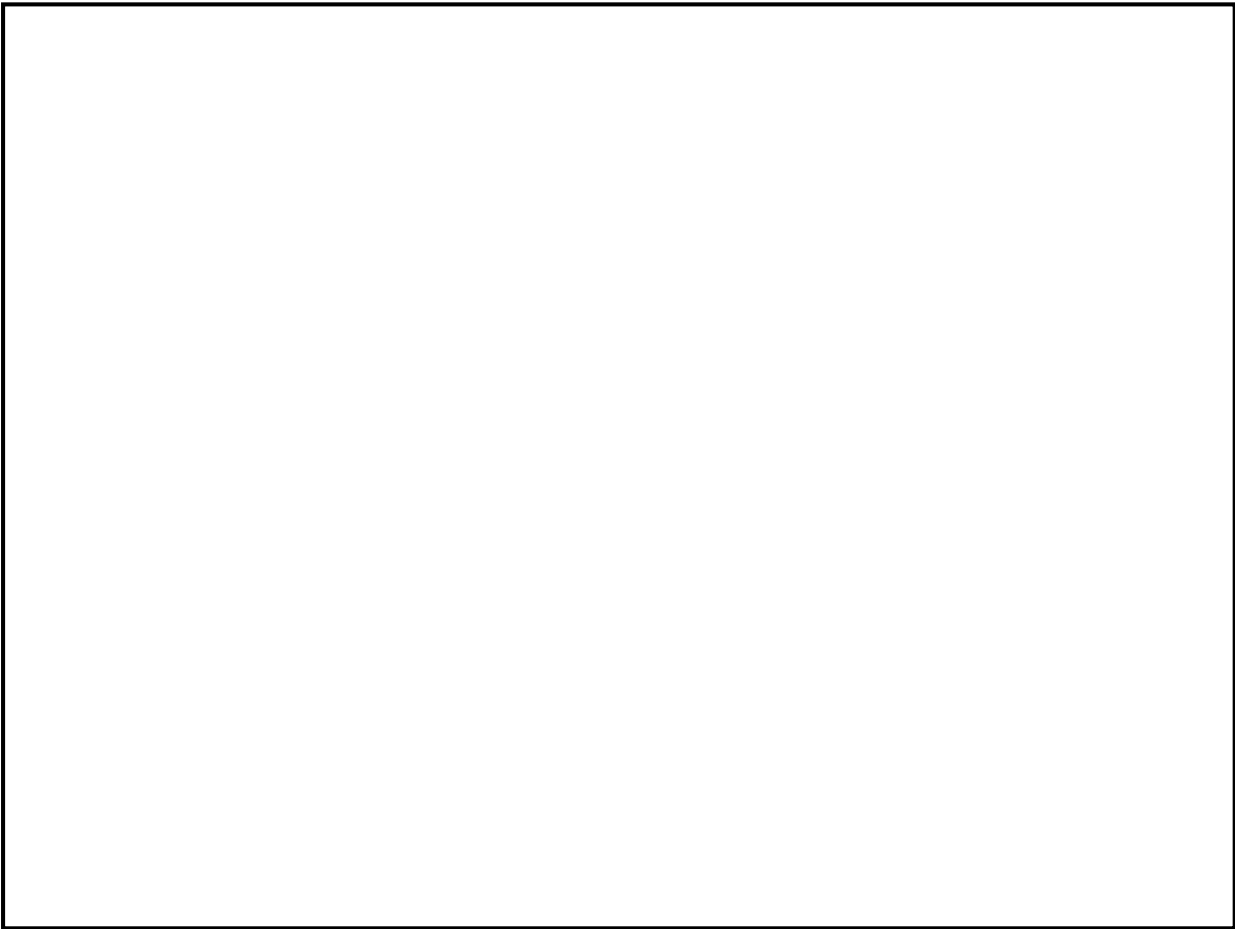
ケーブル調査結果表



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	

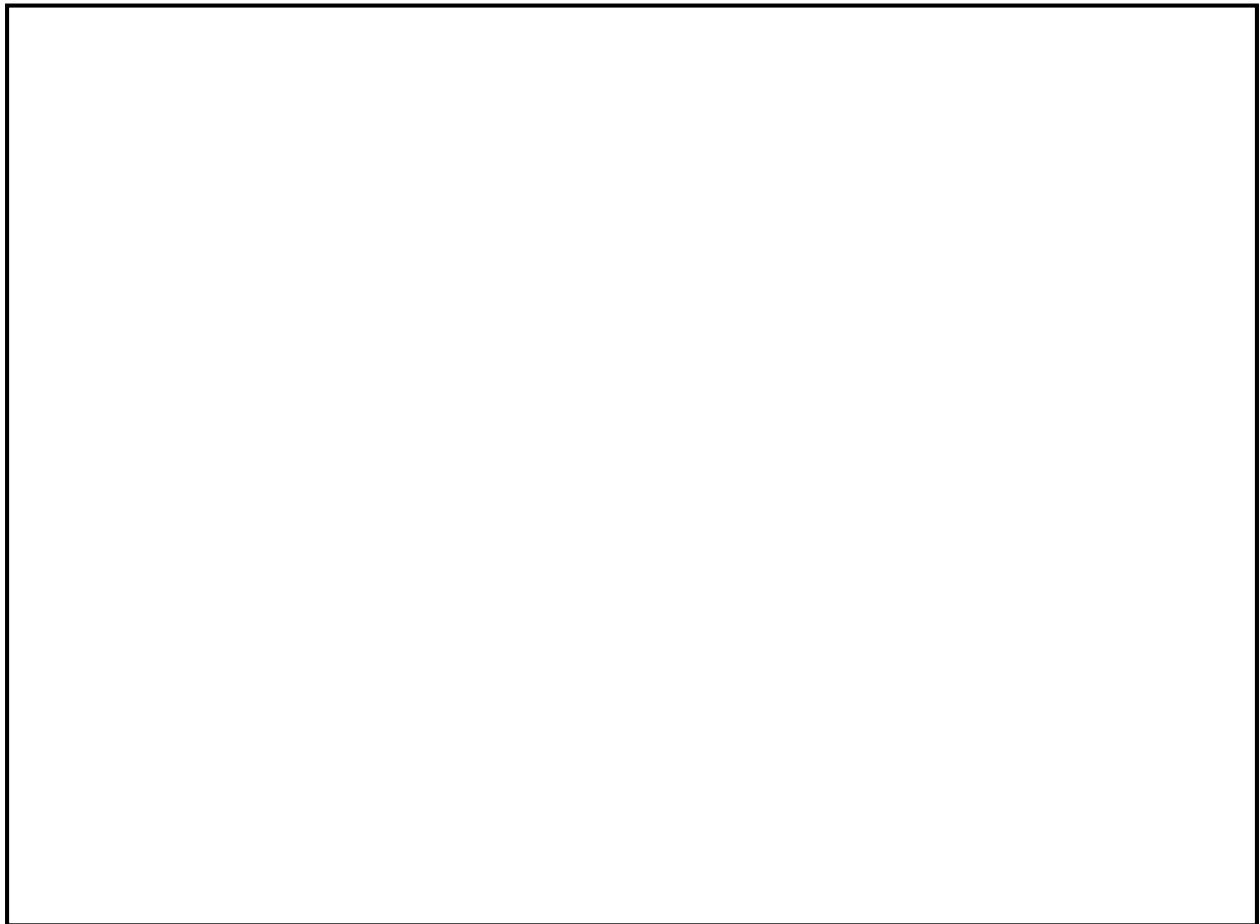
ケーブル調査結果表



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
				

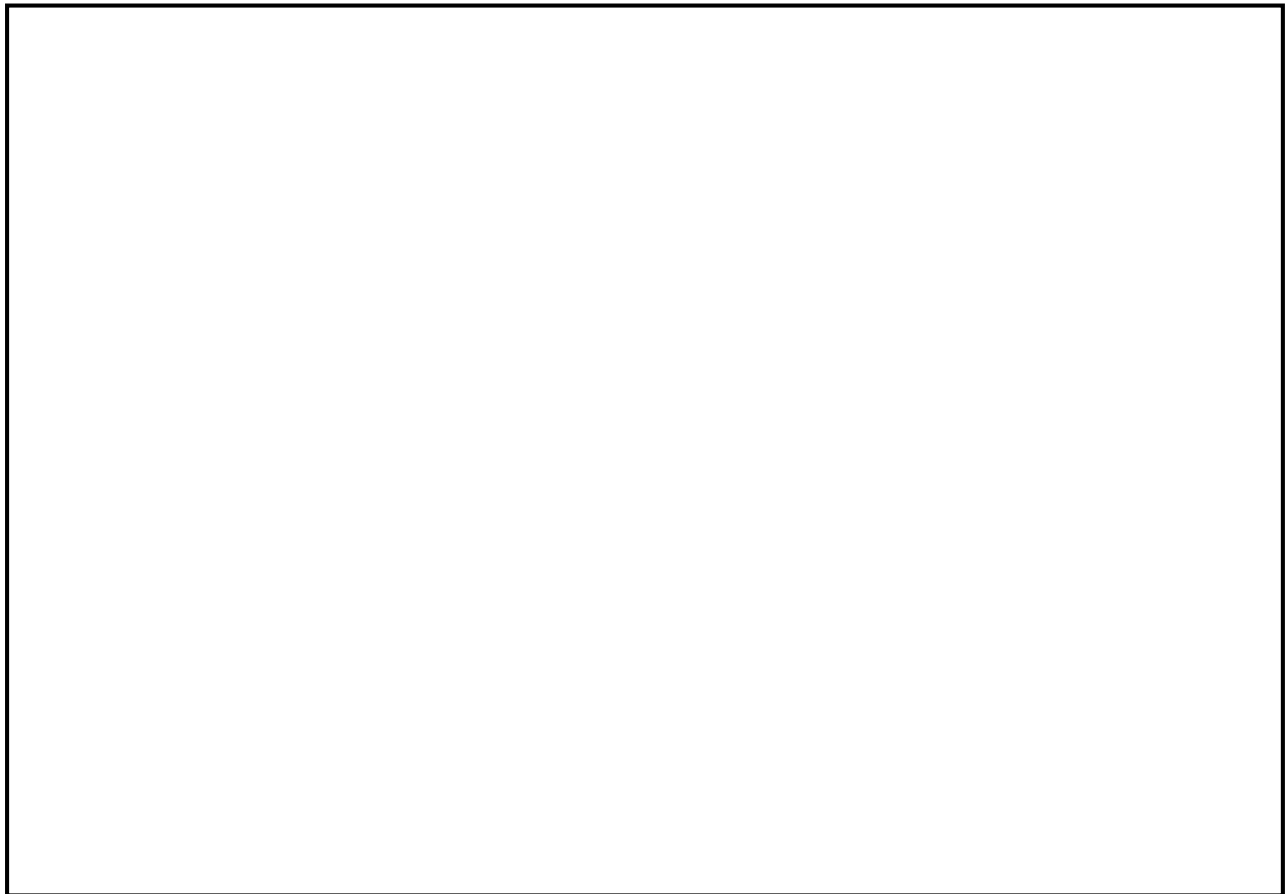
ケーブル調査結果表



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	
				

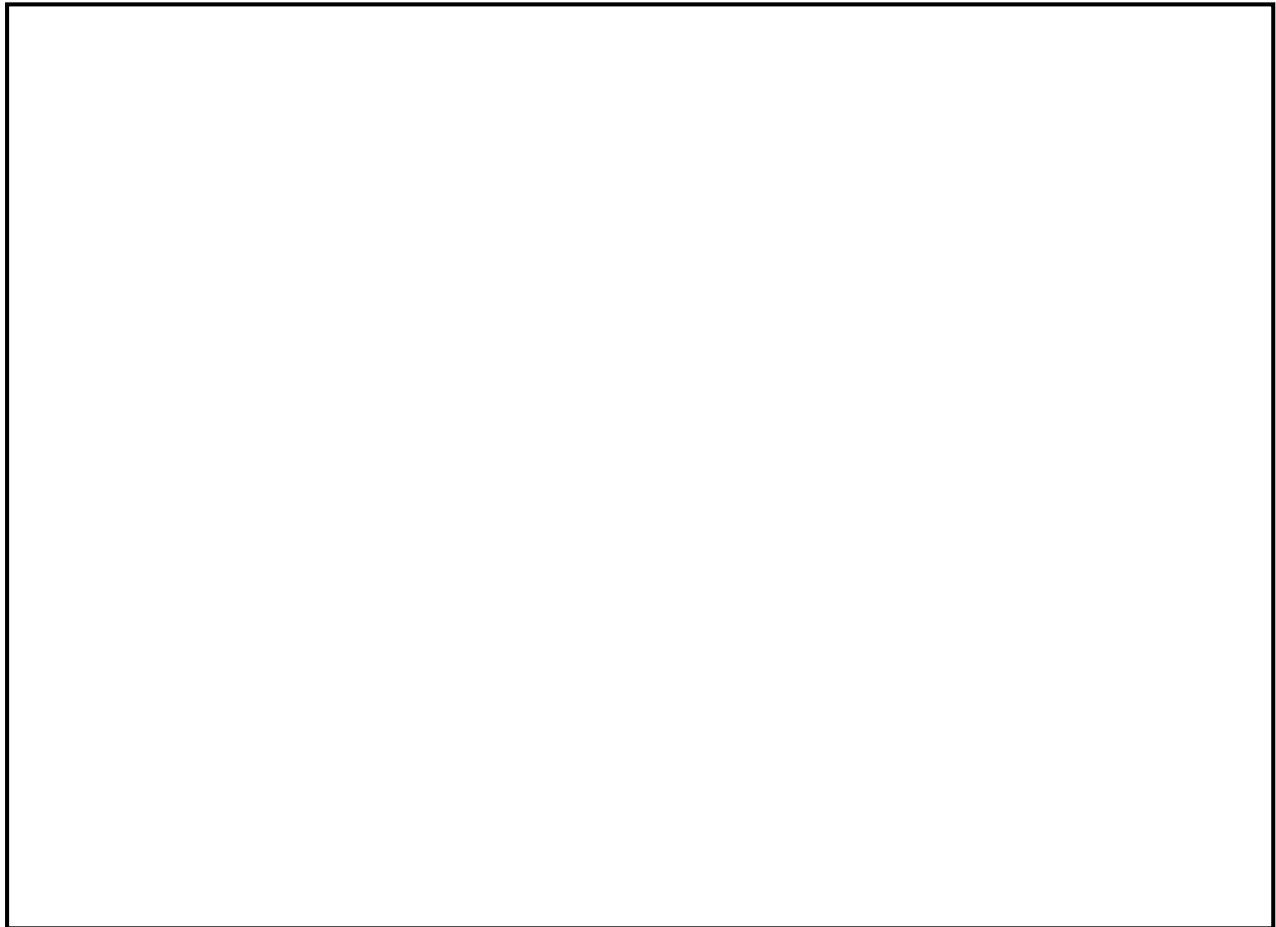
ケーブル調査結果表



トレイ布設状況

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			
				

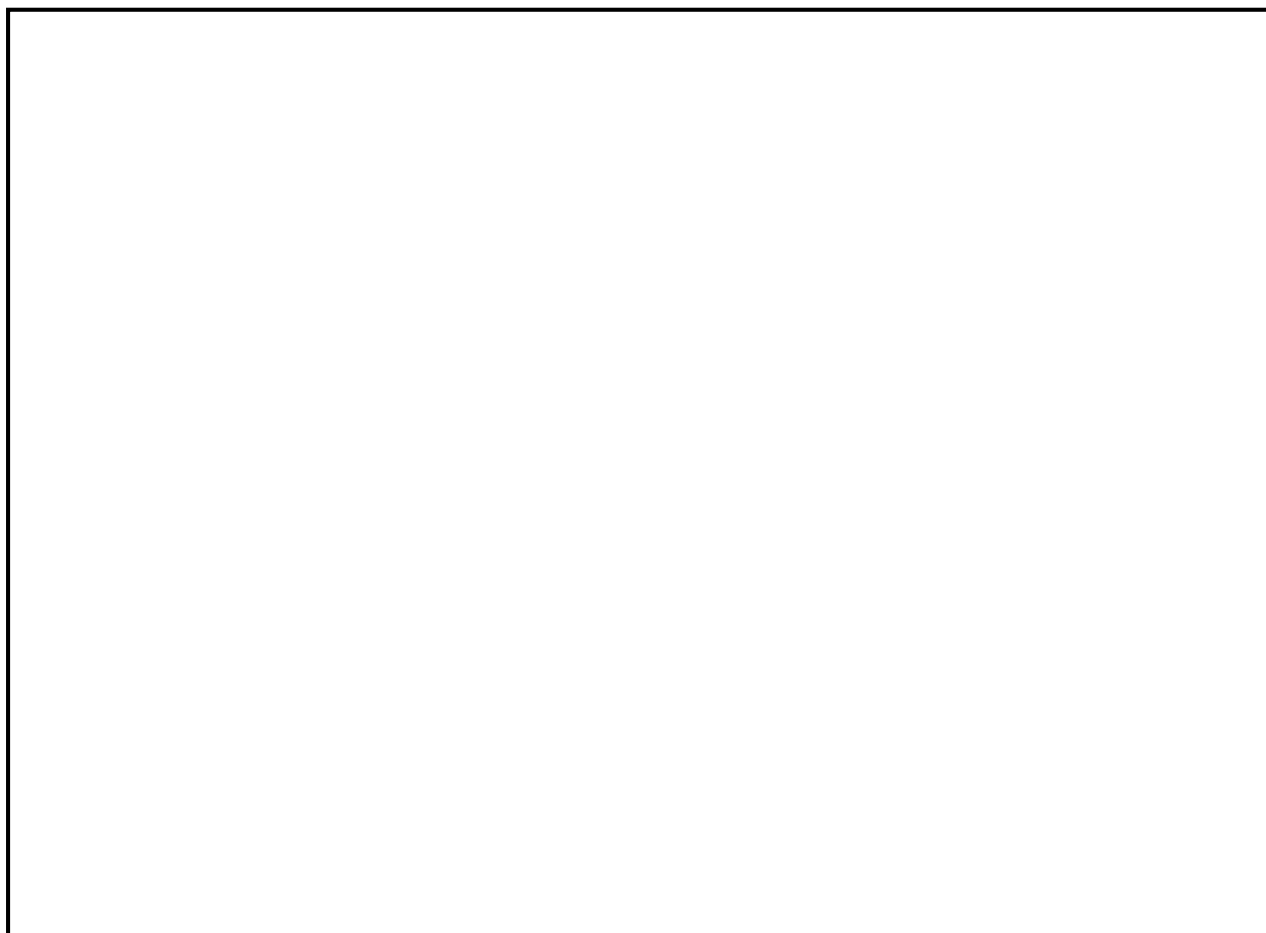
ケーブル調査結果表



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

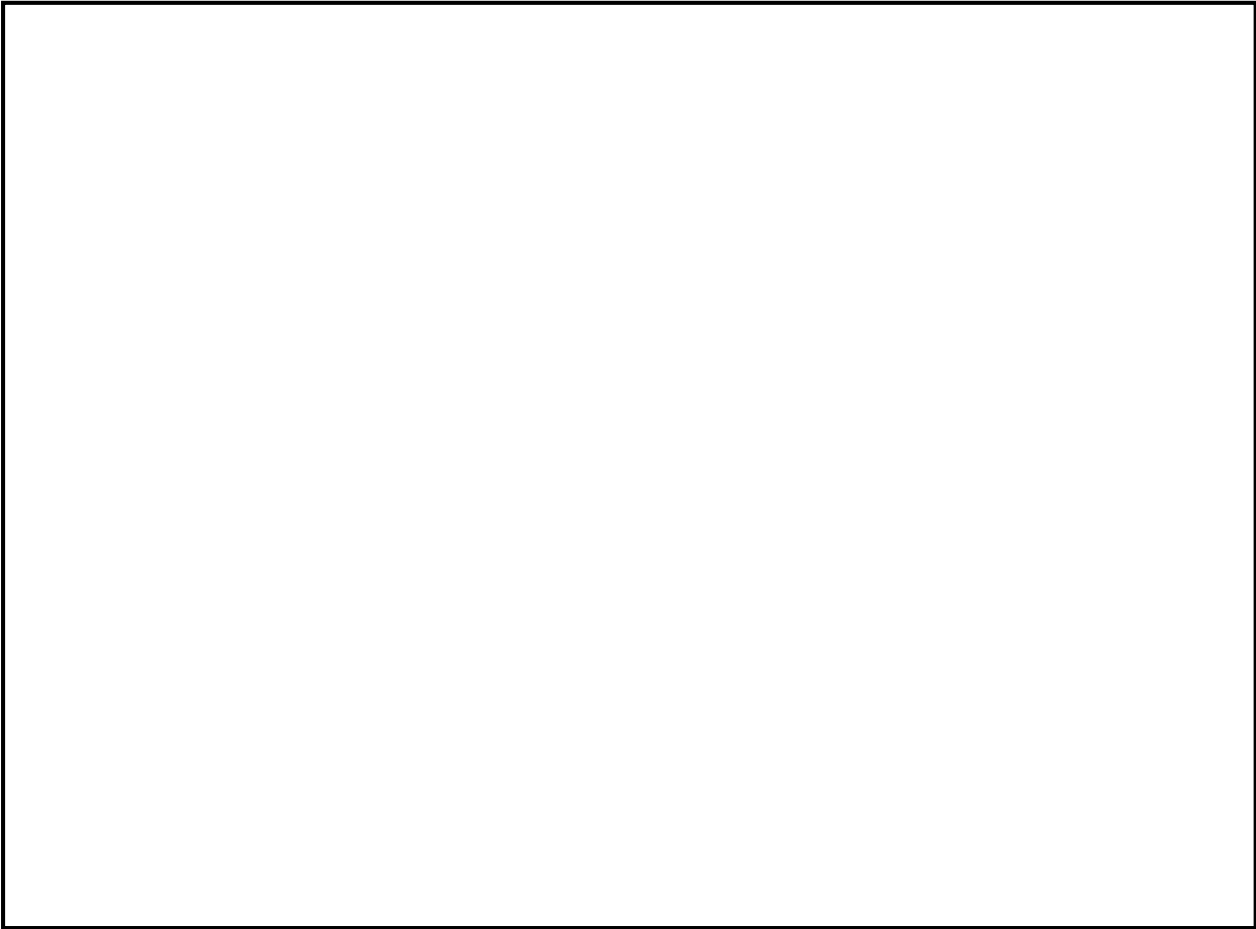
ケーブル調査結果表

--

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



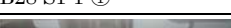
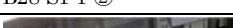
トレイ布設状況

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			
				

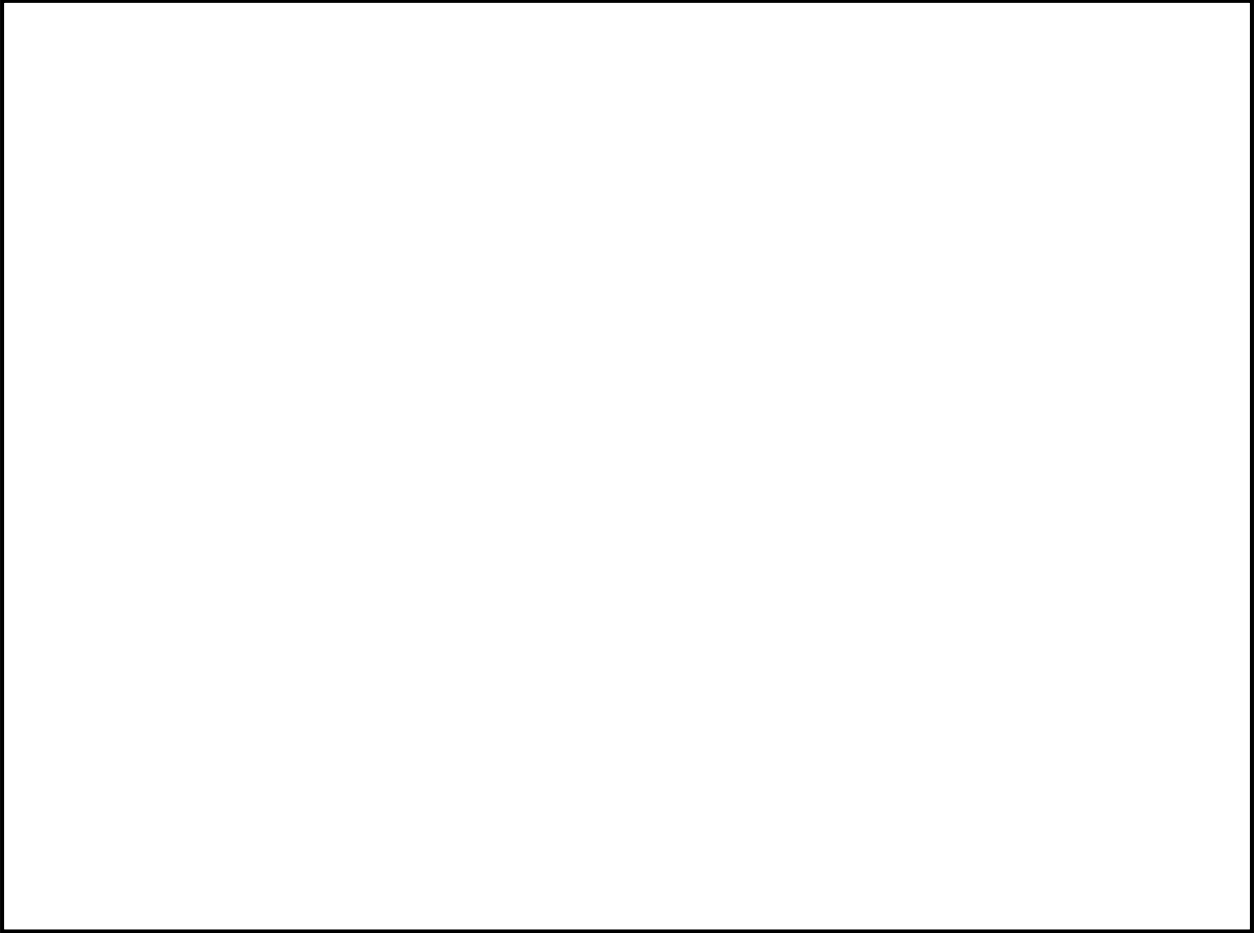
ケーブル調査結果表

--

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			
				

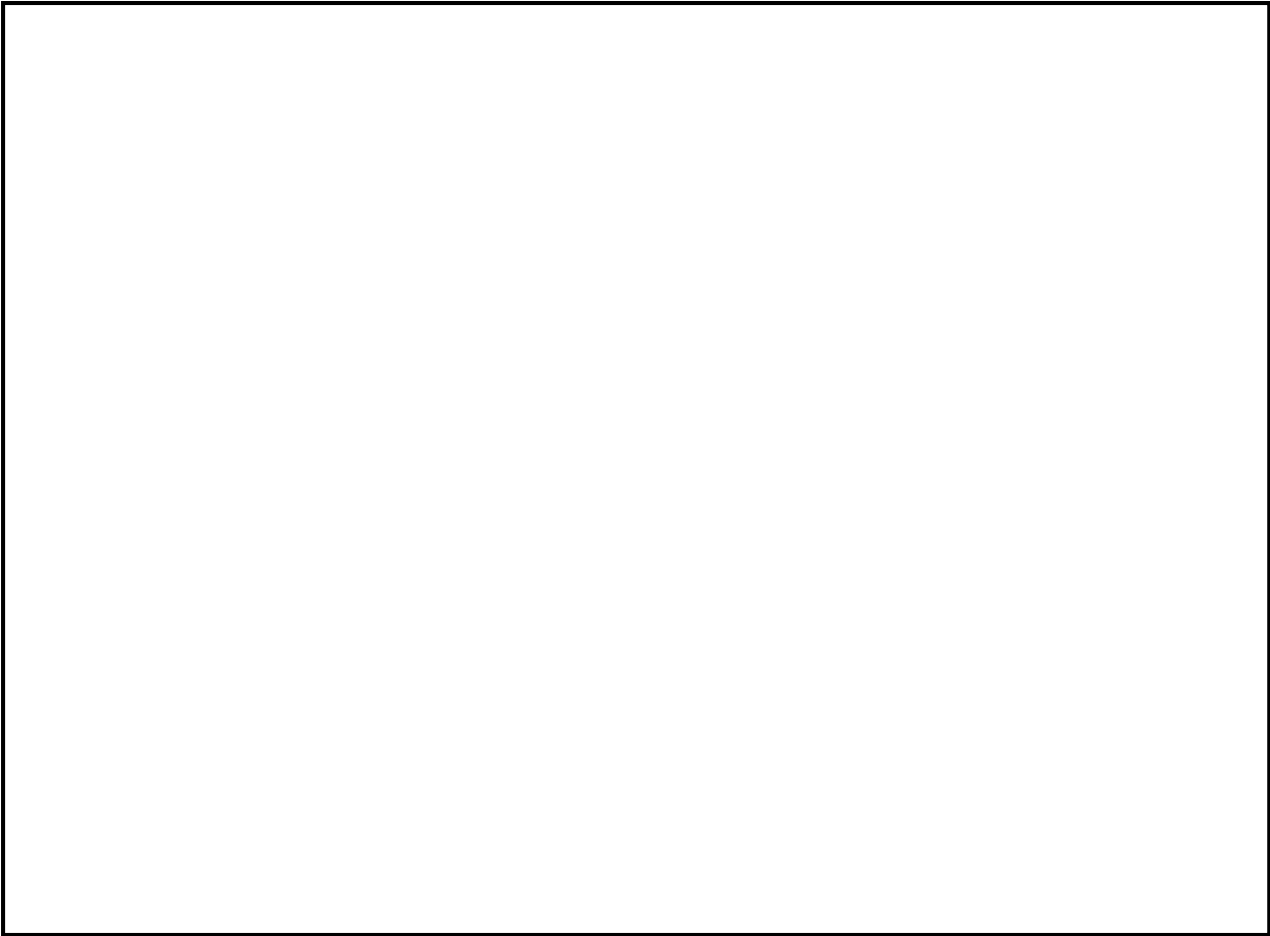
ケーブル調査結果表

--

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		
				