

東海第二発電所

火災による損傷防止

(非難燃ケーブルの対応について)

平成 29 年 4 月

日本原子力発電株式会社

非難燃ケーブルの対応について

<目次>

1.	設計目標	1
1.1	設計目標の設定方法	2
1.2	設計目標の設定	4
1.3	設計方針	5
1.4	設計目標の達成確認項目	10
1.5	基本設計に関する確認項目	16
2.	試験対象ケーブルの選定	17
2.1	実機使用ケーブルの抽出	17
2.2	実機を代表するケーブルの抽出	19
3.	外部の火災に対する難燃性能の確認	24
3.1	自己消火性の確認	24
3.2	耐延焼性の確認	26
4.	内部発火を想定した難燃性能の確認	37
4.1	内部発火の想定	37
4.2	複合体内部ケーブルの難燃性能評価	39
4.3	複合体外部への延焼防止性能評価	48
4.4	過電流模擬試験による遮炎性能評価	50
4.5	複合体が不完全な場合の実証試験	53
4.6	防火シートによるケーブルトレイへの影響	55
4.7	防火シートによるケーブルへの影響	56
5.	代替措置の施工性	57
5.1	複合体の施工方法	57
5.2	貫通部及びトレイから分岐する電線管の対応	65

添付資料

- 添付資料 1-1 難燃性が要求されるケーブルへの対応
- 添付資料 1-2 防火シートの性能及び結束ベルトの耐久性について
- 添付資料 1-3 防火シートの技術資料
- 添付資料 1-4 防火シートの延焼防止機能について
- 添付資料 1-5 防火シート及び結束ベルトの標準施工方法
- 添付資料 1-6 ファイアストッパの施工方法
- 添付資料 1-7 耐火シールの性能について
- 添付資料 1-8 外部の火災に対する自己消火性の確認方法
- 添付資料 1-9 ケーブル種類毎の性能比較評価の確認方法
- 添付資料 1-10 加熱熱量の違いによる性能比較評価の確認方法
- 添付資料 1-11 複合体の構成要素によるばらつきの評価の確認方法
- 添付資料 1-12 複合体内部の発火に対する自己消火性の確認方法
- 添付資料 1-13 複合体内部の発火に対する延焼防止性能評価の確認方法
- 添付資料 1-14 複合体外部への延焼防止性評価の確認方法
- 添付資料 1-15 過電流試験による遮炎性能評価の確認方法
- 添付資料 1-16 複合体が不完全な場合の性能評価の確認方法
- 添付資料 1-17 代替措置による影響の確認方法

- 添付資料 2-1 発電所で使用する非難燃ケーブルの種類
- 添付資料 2-2 発電所で使用する非難燃ケーブルの詳細
- 添付資料 2-3 ケーブルの燃焼メカニズム
- 添付資料 2-4 ケーブルの使用期間による経年変化
- 添付資料 2-5 発電所を代表する非難燃ケーブルの抽出結果のまとめ
- 添付資料 2-6 試験対象ケーブルの詳細

添付資料 3-1	ケーブルの難燃性能向上評価に係る調達管理
添付資料 3-2	外部の火災に対する自己消火性の実証試験
添付資料 3-3	耐延焼性実証試験条件
添付資料 3-4	損傷長の判定方法
添付資料 3-5	ケーブル種類毎の性能確認
添付資料 3-6	加熱熱量の違いによる耐延焼性の性能確認
添付資料 3-7	複合体の構成要素によるばらつきの確認
添付資料 3-8	防火シートの限界性能試験
添付資料 4-1	過電流によるケーブルの燃焼プロセス
添付資料 4-2	複合体内部ケーブルの自己消火性の実証試験
添付資料 4-3	内部発火に対する延焼防止性能の評価における調達管理
添付資料 4-4	トレイの設置方向による延焼性の確認
添付資料 4-5	延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の実証試験
添付資料 4-6	防火シート重ね部の遮炎性試験
添付資料 4-7	過電流模擬試験による遮炎性能評価
添付資料 4-8	複合体が不完全な場合の実証試験
添付資料 4-9	防火シートによるケーブルトレイへの影響
添付資料 4-10	防火シートによるケーブルへの影響
添付資料 5-1	防火シートの施工性の確認方法

1. 設計目標

東海第二発電所に敷設されたケーブルは、発電所運転開始以降に改造工事を行った際には難燃ケーブルを採用しているものの、建設時に敷設されたケーブルは非難燃ケーブルが使用されている。ケーブルは建屋全域にわたって敷設されており、総延長は約 1,400km に及び、ケーブルトレイやケーブルピットに敷設されているものには延焼防止材が施工されている。

一方、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（以下「火災防護に係る審査基準」という。）」では、安全機能を有する構築物、系統及び機器（以下「安全機能を有する機器」という。）のケーブルは難燃ケーブルを使用することが要求されており、運転開始以降の増改良工事等で新たに敷設又は引替えしたケーブルは、同要求に適合した状況にある。

このため、東海第二発電所においては、安全機能を有する機器に使用している非難燃ケーブルについては、原則、難燃ケーブルに取替ることとする。

また、ケーブル取替に伴い安全上の課題が生じる範囲及び施工後の状態における他設備への影響がなく、安全性を確保できる範囲については、ケーブル取替以外の措置（以下、「代替措置」という。）を施す。

なお、代替措置については不燃材の防火シートを適用し、複合体^{※1}を形成することで、難燃ケーブルと同等以上の難燃性能^{※2}を達成可能な設計とする。

難燃性が要求されるケーブルへの対応について添付資料 1-1 に示す。

※1：複合体とは、ケーブル及びケーブルトレイを防火シートで覆い、その状態を維持するため、結束ベルトで固定したものをいう。

※2：難燃性能とは、複合体が自己消火し、耐延焼性を有する（燃え止まる）ことをいう。

1.1 設計目標の設定方法

1.1.1 防火シートによる複合体の概念

複合体の形成においては、難燃ケーブルに求められている難燃性能と同等以上の性能を確保する目的から、防火シートを使った複合体の概念を確認する。

具体的には、複合体は可燃物を内包することから、燃焼の3要素（熱エネルギー、酸素、可燃物）のいずれかを抑制することにより、高い難燃性能を確保する。燃焼の3要素について第1.1-1表に示す。

第1.1-1表 複合体概念に対する燃焼の3要素の検討

燃焼の3要素	検討結果
熱エネルギー (火炎)	防火シートは不燃材であり火炎を遮る。
酸素	ケーブルトレイの特徴を考慮してケーブル周囲の空間が少なくするよう防火シートを施工することで酸素量を抑制する。
可燃物 (ケーブル)	ケーブル自体が可燃物であり、ケーブルの物量自体は抑制することはできない。

第1.1-1表から、難燃性能を確保する概念は以下のとおり。

- (1) 複合体外部で発生する火災に対し、防火シートの遮炎効果により複合体内部ケーブルの損傷を抑制
- (2) 複合体内部で発生する火炎（ケーブル発火）に対し、複合体内部の酸素量を抑制することによりケーブルの延焼を抑制

複合体は上記概念により達成する難燃性能の他、複合体内部で発生する火

災（ケーブル発火）に対し防火シートの遮炎効果による複合体外部への火災伝播を抑制する。

1.1.2 複合体の設計上考慮すべき事項と設計の妥当性確認

複合体は 1.1.1 項の概念に基づき防火シート，既設ケーブル及びケーブルトレイ等から構成されることを考慮し，以下の複合体の安全機能について設計上考慮すべき事項について，複合体の妥当性を確認する。

(1) 複合体としての難燃性能

- ・ 難燃性（自己消火性，耐延焼性）
- ・ 耐久性（腐食，経年劣化）
- ・ 耐震性（地震（外力）による耐性）
- ・ 施工性（実機トレイへの施工）

(2) 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，絶縁機能）
- ・ 機械的機能（ケーブルシースの保護機能，ケーブルトレイの保持機能）

設計目標は，これらの複合体の設計上考慮すべき事項のうち，難燃性（自己消火性，耐延焼性）について設定する。

1.2 設計目標の設定

複合体は防火シートを用いることから、火源が複合体の外部と内部が想定される。このため、複合体外部と内部の火災の両方に対して設計目標を設定する。

複合体の健全性は設計、施工管理において考慮するが、施工後に想定される悪影響（防火シートのずれ、傷等）も考慮し、設計目標を設定する。

〈設計目標〉

- 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。
- II．複合体内部の発火に対して、難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を確保する。
- III．想定外の施工不良、傷等により複合体が不完全な状態を仮定しても耐延焼性を確保する。

1.3 設計方針

(1) 設計方針の設定

1.2 項で設定した設計目標を達成するために、以下の設計方針を設定する。

I．ケーブル及びケーブルトレイを不燃材の防火シートで覆い複合体を形成する。

- ・難燃ケーブルは外部の火災に対し難燃材料のケーブルシースにより延焼を抑制するが、複合体は外部被覆となる不燃材の防火シートにより内部の非難燃ケーブルの延焼又は溶融を抑制する。

II．ケーブル及びケーブルトレイを不燃材の防火シートで覆い、内部を閉鎖空間とする。

- ・難燃ケーブルは過電流発火に対して、加熱源を除去すると難燃材料のケーブルシース及び絶縁体により延焼を抑制するが、複合体は、複合体内部の火災（複合体外部の火災又は過電流によるケーブル発火）に対し、複合体内部の酸素量を抑制することにより延焼を抑制する。
- ・複合体内部からのケーブル発火による火炎を防火シートにより遮断する。

III．設計方針 I 及び II を満足しない不完全な状態を仮定しても耐延焼性を確保する。

- ・複合体の難燃性能は、複合体が設計仕様を満足することであり、このためには供用期間中における環境条件に対し耐久性を有すること、基準地震動 S_s によっても設計どおりの状態を維持できることを設計上

考慮すべき事項として要求する。

- ・設計目標Ⅲは、想定外の施工不良、傷等による複合体の不完全な状態が存在する不確かさまでも考慮し、複合体が高い難燃性能を確保できるように安全余裕（設計裕度）を確保する。

(2) 具体的な設計方針

設計方針Ⅰ～Ⅲを満足する複合体の具体的な設計内容は以下のとおり。

a. 設計方針Ⅰ：防火シートで被覆する設計仕様

(a) 防火シートは建築基準法で定められた不燃材^{※3}を選定する。

(b) 防火シートの巻き方

- ・ケーブル及びケーブルトレイに防火シートを巻き、一定間隔ごとに結束ベルトにてケーブルトレイに固定する。
- ・防火シートの継ぎ目は一定量を確保し重ね合わせる。

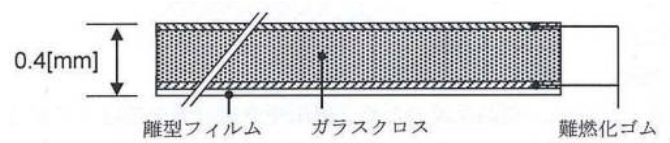
※3：防火シートには、建築基準法で定められた不燃材であり防火設備に求められる遮炎性及び使用環境に対応した耐久性を有しているプロテコ®シート-P2・ecoを採用する。また、後述する施工方法によることで想定される外力ではケーブルが露出することはない。防火シートの性能及び結束ベルトの耐久性について添付資料 1-2 に示す。

【防火シートの仕様】

基材にガラスクロス（不燃材）を用い、そこに高難燃性を付与した難燃ゴム（アクリロニトリルブタジエンゴムに水酸化アルミニウムを添加したもの）を含浸させたものを、均一な厚さのシート状にした延焼防止材であり、柔軟性を有し直接ケーブルやケーブルトレイに巻いて使用する製品で

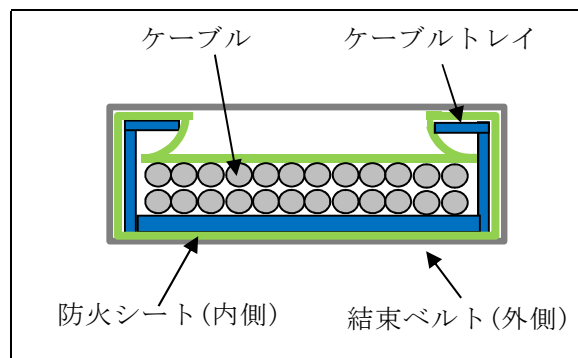
ある。防火シートの構造を第 1.3-1 図に示す。

なお、防火シートの技術資料を添付資料 1-3 に、防火シートの延焼防止機能を添付資料 1-4 に示す。



第 1.3-1 図 防火シートの構造（断面）

また、防火シート及び結束ベルトの標準施工方法を添付資料 1-5 に示す。



第 1.3-2 図 複合体形成の施工例

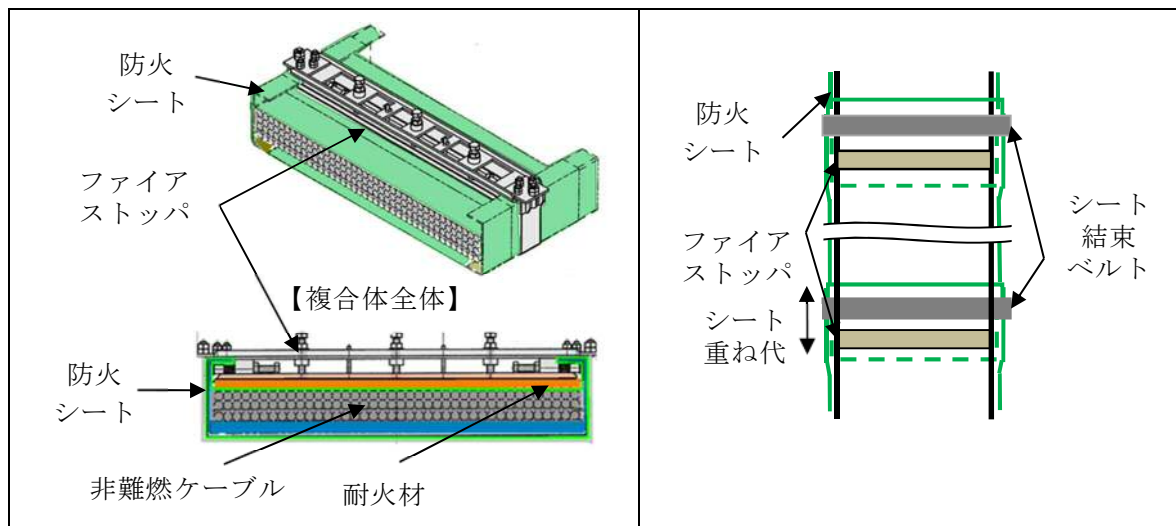
b. 設計方針Ⅱ：閉鎖空間とする設計仕様

(a) 垂直トレイには一定間隔ごとにファイアストッパを設置し、防火シートとケーブルを密着固定させる。

(c) ケーブルトレイから機器等に接続するために分岐して敷設される非難燃ケーブルは、電線管に収納するとともに、その両端に難燃性の耐火シール※⁴を設置する。

ファイアストッパの施工方法を添付資料 1-6 に示す。また、ファイアストッパの施工例を第 1.3-3 図に示す。

※4：耐火シールは建築基準法に基づく防火設備性能試験により耐火性能が確認されたものを採用する。耐火シールの性能を添付資料 1-7 に示す。耐火シールはケーブルトレイから分岐する電線管開口部の他、火災区域又は火災区画の境界となる壁、天井又は床をケーブルトレイや電線管が貫通する部分に施工する。



第 1.3-3 図 ファイアストッパの施工例

- c. 設計方針Ⅲ：防火シートのずれ、傷があっても耐延焼性を有する設計
- ・ファイアストッパの設置間隔は、ファイアストッパ及び結束ベルトが 1 箇所外れた状態を想定しても、IEEE383-1974 に基づく難燃ケーブルの耐延焼性試験の判定基準（トレイ上端まで約 1,800mm）を踏まえ、その半分の 900mm 以内に設定する。

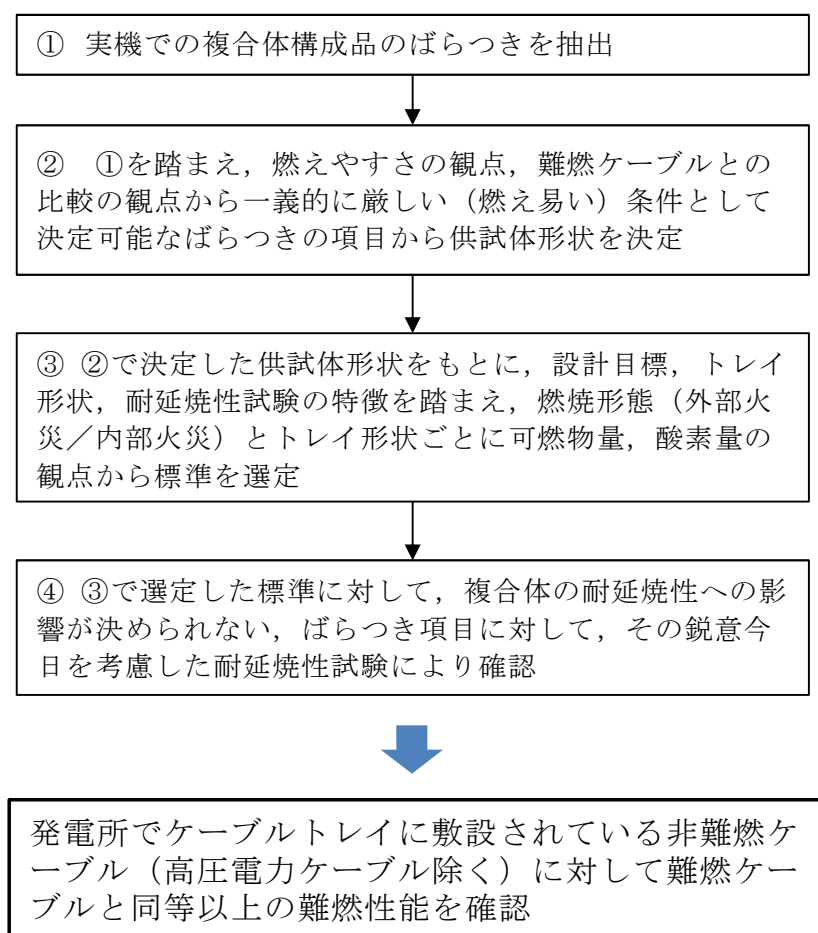
d. 複合体の設計上考慮すべき事項：ケーブル及びケーブルトレイの保有機能

(a) ケーブル及びケーブルトレイに化学的影響を与えない材料として、ケーブル及びケーブルトレイ専用開発された防火シートを採用する。

(b) 内部ケーブルの電氣的機能への影響として熱の蓄積，ケーブルトレイへの機械的な影響として重量増加を考慮し，防火シートは一重巻きとする。

1.4 設計目標の達成確認項目

設計内容を実現した複合体が，設計目標を達成することを確認するための試験条件の設定の考え方（網羅性と代表制）のフローを第 1.4-1 図に示す。また，以降に設計目標に対する確認項目について示す。



第 1.4-1 図 試験条件の設定と評価のフロー

1.4.1 設計目標 I の確認項目

耐延焼性の確認は，供試体の複合体外郭となる防火シートは，実機施工において複合体内部の酸素量不確かさがあるため，実機模擬における実証試験では保守的に酸素がある状態に施工した条件を設定して実施する。

(1) 自己消火性の確認

難燃ケーブルの自己消火性の試験に準拠した試験を実施し、ケーブル単体が自己消火することを確認する。外部の火災に対する自己消火性の確認方法を添付資料 1-8 に示す。

(2) 耐延焼性の確認

a. ケーブルの種類毎の性能比較評価

難燃ケーブルの耐延焼性の試験に燃焼条件を準拠させた試験を実施し、複合体が燃え止まることを確認する。また、複合体の損傷長について難燃ケーブルの損傷長と比較評価する。

ケーブル種類毎の性能比較評価の確認方法を添付資料 1-9 に示す。

b. 複合体の構成要素によるばらつきの評価

実機への複合体の施工を踏まえた燃焼条件として、複合体の燃焼メカニズムから複合体の構成品（ケーブル、ケーブルトレイ、防火シート）のばらつきを組合せた試験条件を選定して試験を実施し、複合体が燃え止まることを確認する。また、複合体の損傷長について難燃ケーブルの損傷長と比較評価する。確認方法を添付資料 1-11 に示す。

c. 加熱熱量の違いによる性能比較評価

複合体外部の耐延焼性試験では防火シートを直接加熱していることから、燃焼条件として熱量を 1.4.1(2)a. 項の試験から変化させた燃焼条件で試験を実施し、難燃ケーブルと同等の耐延焼性が維持されることを確認する。また、複合体と難燃ケーブルの燃焼状態及び損傷長を比較評価し、難燃ケーブルと同等以上の耐延焼性が保たれていることを確認す

る。

加熱熱量の違いによる性能比較評価の確認方法を添付資料 1-10 に示す。

また、複合体の限界把握のため、防火シートにおける遮炎性能の限界を把握する試験を実施する。

1.4.2 設計目標Ⅱの確認項目

(1) 複合体内部のケーブルの難燃性能評価

a. 自己消火性の確認

複合体内部発火を想定した自己消火性の試験を実施し、複合体が自己消火することを確認する（保守的な条件として、燃焼の3要素である酸素の供給が防火シートで妨げられないように、ケーブル単体の自己消火性の試験で確認）。複合体内部の発火に対する自己消火性の確認方法を添付資料 1-12 に示す。

b. 耐延焼性の確認

(a) 延焼の可能性のあるトレイの設置方向の確認

垂直又は水平等のトレイ設置方向による複合体内部の耐延焼性試験を実施し、延焼の可能性のある設置方向を確認する。確認方法については、複合体内部の発火に対する延焼防止性能評価の確認方法として添付資料 1-13 に示す。

(b) 延焼の可能性のあるトレイの設置方向への対応

1.4.2(1)b.(a)項により延焼の可能性があると確認されたトレイの

設置方向について、ファイアストッパにより複合体が燃え止まることを確認する。確認方法については、複合体内部の発火に対する延焼防止性能評価の確認方法として添付資料 1-13 に示す。

(2) 複合体外部への延焼防止性能評価

複合体内部の火炎が露出する可能性がある防火シート重ね部の遮炎性試験を実施し、火炎が外部に露出しないことを確認する。複合体外部への延焼防止性能評価の確認方法を添付資料 1-14 に示す。

(3) 過電流模擬試験による遮炎性能評価

過電流火災は、導体が熱源となり絶縁体及びシースが加熱されて発生する可燃性ガスが発火温度に至り発火するため、この現象を導体に代えてマイクロヒータで模擬し、ケーブルから発生する可燃性ガス及びケーブルから発火した火炎が防火シートの遮炎性能に与える影響が問題ないことを評価する。過電流試験による遮炎性能評価の確認方法を添付資料 1-15 に示す。

1.4.3 設計目標Ⅲの確認項目

標準施工方法により、設計方針を満足した巻きつけができることを確認するものの、試験条件として保守的な条件を設定し、耐延焼性試験を実施する。また、燃え止まることが確認された試験条件を施工要領に反映する。

(1) 複合体外部の火災

- a. 保守的にシート間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験を実施し、複合体が燃え止まることを確認する。また、複合体の損傷長について難燃ケーブルの損傷長と比較評価する。複合体が

不完全な場合の性能評価の確認方法を添付資料 1-16 に示す。

- b. 実機施工以降の工事等による機材の接触等の状況により防火シートに傷が発生する極端な状態を設定した耐延焼性試験を実施し、複合体がファイアストッパにて燃え止まることを確認する（上記，1.4.3(2)a. 項の防火シート間にケーブル露出を設定した試験で包絡）。なお，複合体が不完全な場合の性能評価の確認方法を添付資料 1-16 に示す。

(2) 複合体内部の発火

- a. 保守的にシート間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験を実施し，複合体がファイアストッパにて燃え止まることを確認する。複合体が不完全な場合の性能評価の確認方法を添付資料 1-16 に示す。
- b. 実機施工以降の工事等による機材の接触等の極端な状況により防火シートに傷が発生する場合を設定した耐延焼性試験を実施し，複合体がファイアストッパにて燃え止まることを確認する（上記，1.4.3(2)a. 項の防火シート間にケーブル露出を設定した試験で包絡）。複合体が不完全な場合の性能評価の確認方法を添付資料 1-16 に示す。

1.4.4 複合体の設計上考慮すべき事項

【ケーブル及びケーブルトレイの保有機能】

複合体はケーブル及びケーブルトレイを防火シートで覆ったものであるため、防火シートがケーブル及びケーブルトレイの機能に与える影響が軽微であり、ケーブル及びケーブルトレイの許容範囲内であることを以下の項目により確認する。

- (1) ケーブル敷設時の摩擦や外部からの接触等により絶縁体に傷がつかないようにシースに求められる保護機能及びケーブルトレイに求められるケーブル保持機能について、防火シートによる化学的影響が問題ないことを確認する。代替措置による影響の確認方法を添付資料 1-17 に示す。
- (2) ケーブルについては、電動機等の機器を動かすために必要となる電流を供給する機能である通電機能、電源盤から電動機等の機器間に印加される電圧により絶縁破壊することがないように絶縁体に求められる絶縁機能が防火シート施工によって生じる複合体内部の熱蓄積によって問題がないことを確認する。代替措置による影響の確認方法を添付資料 1-17 に示す。
- (3) ケーブルトレイについて、防火シート等を施工することによる重量増加により、ケーブルトレイの機能であるケーブル保持機能に問題がないことを確認する。代替措置による影響の確認方法を添付資料 1-17 に示す。

1.5 基本設計に関する確認項目

設計目標に対し，達成確認項目及び確認方法により設計目標を満足するものが設計方針(基本設計)となる。また，実機施工に対する詳細設計及び施工管理の詳細については，確認結果を踏まえて設定する。

ここでは，詳細設計及び施工管理の詳細を設定するに先立ち，1.4項で示した項目のうち基本設計の目的である難燃性能の確保に関する評価及び実機施工に関しての施工性確認項目を以下に示す。なお，具体的な確認方法や結果については3.項以降に示す。

(1) 複合体外部の火災

- ① 自己消火性の確認(1.4.1(1)項)
- ② ケーブルの種類毎の性能比較評価(1.4.1(2)a.項)
- ③ 加熱熱量の違いによる性能比較評価(1.4.1(2)b.項)

(2) 複合体内部の火災

- ① 複合体内部ケーブルの難燃性能評価(1.4.2(1)項)
- ② 複合体外部への延焼防止性能評価(1.4.2(2)項)
- ③ 過電流模擬試験による遮炎性能評価(1.4.2(3))

(3) 施工性の確認項目

- ① 防火シートの施工性
- ② 施工困難箇所における防火シートの施工性

2. 試験対象ケーブルの選定

2.1 実機使用ケーブルの抽出

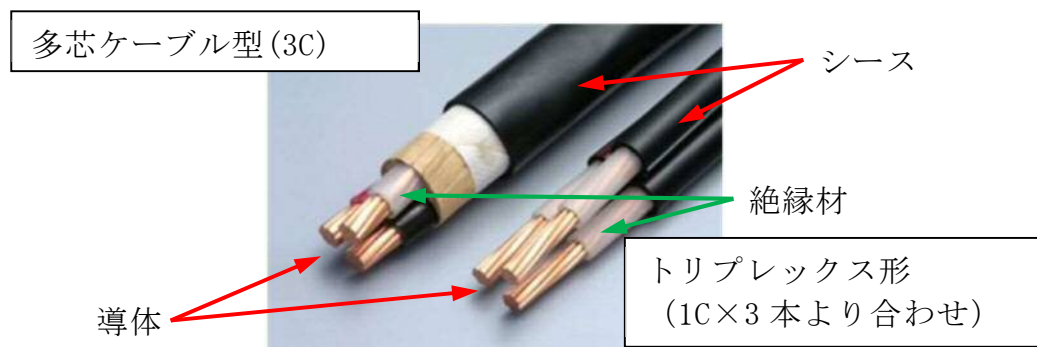
試験対象ケーブルの選定にあたり，東海第二発電所で使用されている非難燃ケーブルを網羅的に抽出する。

発電所建設時のケーブルの選定においてケーブルの型式（絶縁体及びシース材の組合せ），導体サイズ，線芯数等の情報は，使用する電気回路により様々に存在することから，ケーブル情報を一括に整理した図書として配線表（以下「ケーブルリスト」という。）がある。そのため，実機で使用する非難燃ケーブルの抽出にあたり，建設時のケーブルリストからケーブル種類（使用用途による回路種別），ケーブルの型式，導体サイズ，芯数を網羅的に抽出する。また，建設時から使用され，難燃性を実証された難燃ケーブル及び運転開始後の改造工事においてケーブルを新設又は引替える場合には，難燃ケーブルを使用していることから，これらのケーブルは抽出対象から除外する。

発電所で使用する非難燃ケーブルの種類を添付資料 2-1 に示す。また，抽出された実機で使用する非難燃ケーブルの一覧を第 2.1-1 表に示す。

第 2.1-1 表 実機で使用する非難燃ケーブルの一覧

ケーブル種類	ケーブル構成材料	
	絶縁材	シース材
計装ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル
制御ケーブル		
低圧電力ケーブル		
高圧電力ケーブル		



第 2.1-1 図 CV (架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル) の構造 (例)

2.2 実機を代表するケーブルの抽出

2.1 項で抽出した発電所で使用されている非難燃ケーブルの構成材料の組み合わせは、架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースの1種類であり、ケーブル種類（使用用途による回路種別）として計装，制御，低圧電力，高圧電力の4つに分類され，更に導線サイズや線芯数により多種にわたる。（発電所で使用する非難燃ケーブルの詳細を添付資料 2-2 に示す。）

また，ケーブルの形態として多芯で構成され一体となった多芯ケーブル型と，単芯のケーブルをより合わせたトリプレックス形等が存在する。

このようにケーブルは多種多様にわたるため，以下の方法により保守的に代表性を検討し，実機を代表するケーブルを選定する。なお，高圧電力ケーブルは難燃ケーブルに取替えるため選定対象外とした。

(1) ケーブルの代表性

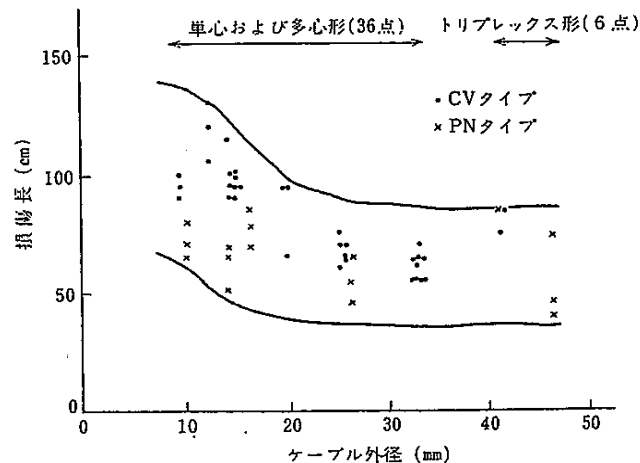
実機で使用されるケーブルの主な構成材料は架橋ポリエチレンの絶縁体とビニルのシース材であり，電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号 付2.10図ケーブル外径と損傷長^{※5}を参考にすると，ケーブルの損傷長はケーブル外径が約25mm以下で比較的長くなる傾向がある。このため比較対象とするケーブルの外径を概ね25mm以下とし，使用する非難燃ケーブルを網羅的に抽出し，比較することで実機模擬するケーブルを選定する。

また，トリプレックス形等は単芯のケーブルをより合わせたもののため，単芯ケーブルとして外径25mm以下から選定する。この条件に合致するケーブルサイズとして， 100mm^2 が比較対象には適していることから，太物サイズとしてトリプレックス形の 100mm^2 を選定する。

なお、ケーブルの代表性では、ケーブルの燃焼メカニズムを把握するとともにケーブルの燃焼と熱容量の関係について考慮する。ケーブルの燃焼メカニズムについて添付資料 2-3 に示す。

※5：電気学会技術報告（Ⅱ部）第 139 号では、付 2.10 図にケーブル外径と損傷長（ケーブル燃焼距離）が示されており、外径や導体サイズが小さいと損傷長（ケーブル燃焼距離）が大きくなることが記載されている。

- ・延焼性に及ぼすケーブルサイズからの効果は、それほど顕著には認められないが、比較的ケーブル外径、導体サイズが小さいところで損傷長が大きくなっている。これは、ケーブルの熱容量、熱放散などの影響が現れたものと考えられる。（引用：電気学会技術報告（Ⅱ部）第 139 号）



CV タイプ：架橋ポリエチレンビニル絶縁ビニルシースタイプ
PN タイプ：EP ゴム絶縁クロロプレンシースタイプ

電気学会技術報告（Ⅱ部）第 139 号 付 2.10 図

ケーブル外径と損傷長（抜粋）

(2) 比較対象ケーブルの抽出

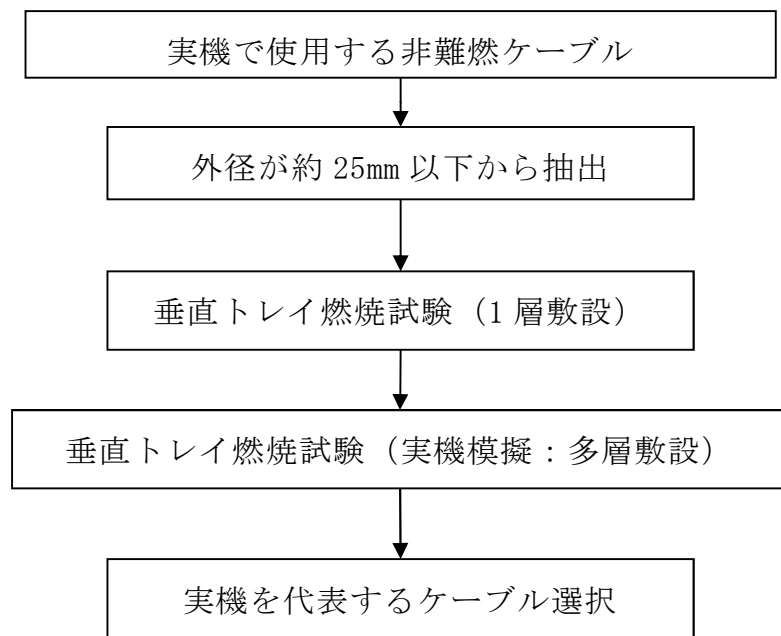
実機模擬供試体に使う代表ケーブルは網羅的に抽出したケーブルの中から以下の観点で比較し選定する。なお、比較試験は延焼性を確認する目的のため、垂直トレイ燃焼試験（IEEE383-1974）を準拠して実施する。

また、燃焼比較においてケーブルの損傷長が長いものについて実機を模擬して多層（満載）にケーブルを敷設した供試体で垂直トレイ試験

（IEEE383-1974 に燃焼条件を準拠）から損傷長を比較し、代表ケーブルを選定する。

- a．ケーブルの外径による延焼性比較
- b．ケーブルの種類（使用用途による回路種別）による延焼性比較

代表ケーブルを選定するためのフローを第 2.2-1 図に、比較内容を第 2.2-1 表に示す。



第 2.2-1 図 実機を代表するケーブル選定フロー

(3) ケーブルの使用期間による経年変化

実機を代表するケーブルの抽出では、ケーブルの内部発火及びケーブルの延焼リスクを考慮する必要があるため、使用するケーブル材料に対し、熱及び放射線の加速劣化による酸素指数の変化を評価する。ケーブルの使用期間による経年変化について添付資料 2-4 に示す。

第 2.2-1 表 代表ケーブルを選定するための比較内容

比 較 内 容		対象ケーブル	ケーブル 外径 (mm)
ケーブル 外径	① 計装ケーブル(細物径)と低圧電力ケーブル(太物径)による比較	【細物径】 計装ケーブル	9.5mm
		【太物径】 低圧電力ケーブル トリプレックス	1 本 : 19mm 3 本より合 せ : 41mm
	② 制御ケーブルの細物径と低圧電力の太物径の外径の違いによる比較	【細物径】 制御ケーブル	9.9mm
		【太物径】 低圧電力ケーブル	14.5mm
	③ 低圧電力ケーブルの細物径と太物径の外径の違いによる比較	【細物径】 低圧電力ケーブル	14.5mm
		【太物径】 低圧電力ケーブル トリプレックス	1 本 : 19mm 3 本より合 せ : 41mm
回路種別	④ 計装ケーブルと制御ケーブルによる比較	計装ケーブル	9.5mm
		制御ケーブル	9.9mm

(4) 実機を代表するケーブルの選定

使用する非難燃ケーブルを抽出し、ケーブルの外径及びケーブル種類（回路種別）を比較条件とした結果、選定ケーブルは4種類となり、これらのケーブルを使って延焼性を確認することで使用ケーブルを網羅できる。

実機を代表するケーブルの選定結果及び試験対象ケーブル一覧を第2.2-2表に示す。発電所を代表する非難燃ケーブルの抽出結果のまとめを添付資料2-5に示す。

なお、実機を代表するケーブルで選定した非難燃ケーブルを試験対象ケーブルに選定する。選定した試験対象ケーブルを第2.2-2表に示す。また、試験対象ケーブルの詳細について添付資料2-6に示す。

第2.2-2表 実機を代表するケーブルの選定結果及び試験対象ケーブル一覧

ケーブル種類 (回路種別)	絶縁材	シース材	外形 (mm)
計装ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.5
制御ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.9
低圧電力ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	14.5
	架橋ポリエチレン	ビニル	19 (41) ※6

※6：トリプレックス型：（）外は外形，（）内は3本より合わせ外径を示す。

3. 外部の火災に対する難燃性能の確認

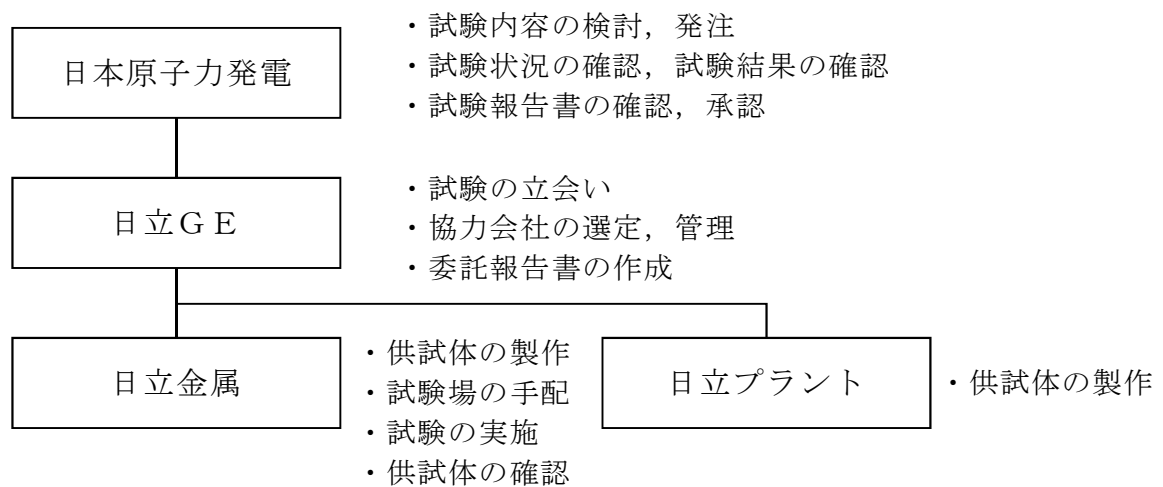
3.1 自己消火性の確認

3.1.1 試験目的

複合体に対して、難燃ケーブルの自己消火性試験を準拠して試験を実施し、自己消火することを確認する。

3.1.2 試験体制

試験は業務委託で実施しており、試験体制と役割分担は第 3.1-1 図のとおりである。また、ケーブルの難燃性向上評価に係る調達管理については、添付資料 3-1 に示す。



第 3.1-1 図 試験体制と役割分担

3.1.3 試験対象ケーブル

2.2 項で抽出した試験ケーブルとする。

3.1.4 供試体

防火シートにより，ケーブルへの加熱が妨げられる可能性があるため，保守的な条件として，ケーブルは防火シートで覆わないケーブル単体とする。

3.1.5 試験方法

難燃ケーブルの自己消火性試験（UL1581 1080VW-1 Flame Test）を準拠した燃焼試験を実施する。外部の火災に対する自己消火性の実証試験については，添付資料 3-2 に示す。

3.1.6 試験結果

試験結果を第 3.1-1 表に示す。ケーブル単体の供試体について判定基準を満足し自己消火性の性能を満足することができた。試験の結果の詳細は，外部の火災に対する自己消火性の実証試験として添付資料 3-2 に示す。

3.1.7 自己消火性の実証

ケーブル単体で自己消火性を実証することができた。

第 3.1-1 表 自己消火性の試験結果

ケーブル種類	絶縁材	シース材	外径 (mm)	判定結果
計装ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.5	良
制御ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.9	良
低圧電力ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	14.5	良
	架橋ポリエチレン	ビニル	19	良

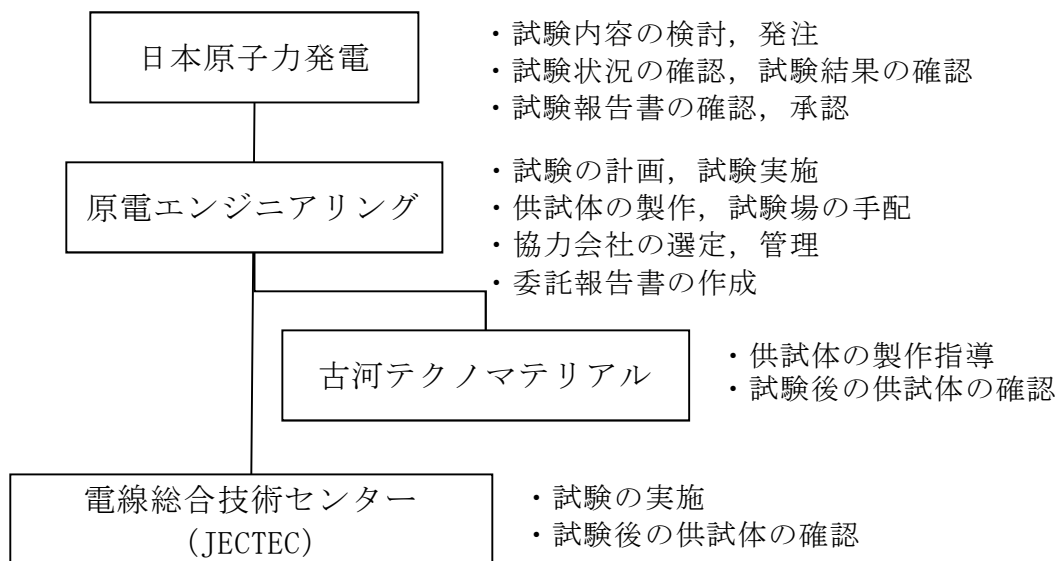
3.2 耐延焼性の確認

3.2.1 目的

複合体の外部からの火炎にさらされた場合においても加熱源が除去された場合に、複合体外郭及び内部の燃焼部が燃え止まることを確認する。また、複合体として難燃ケーブルを上回る耐延焼性を有していることを確認する。

3.2.2 試験体制

試験は業務委託で実施しており、試験体制と役割分担は第 3.2-1 図のとおりである。また、調達管理は、ケーブルの難燃性向上評価に係る調達管理として添付資料 3-1 に示す。



第 3.2-1 図 試験体制と役割分担

3.2.3 試験内容

(1) 試験条件

外部からの加熱源にて供試体を燃焼させ，加熱源を除去した後に複合体外郭及び内部について燃焼部が燃え止まることを確認する。耐延焼性実証試験条件を添付資料 3-3 に示す。

なお，複合体外郭はケーブルの露出がない状態において結束ベルトで固定した標準的な状態とし，ファイアストップは外部からの火炎を遮る可能性があることから保守的に設置しない条件の試験とする。

また，複合体内部のケーブルは複合体外郭である防火シートにより火炎が遮られること及び空気の流入が抑制されることから延焼性は低い，外部からの熱は伝わるため，複合体内部の確認も行う。

(2) 判定基準

損傷長の判定方法を添付資料 3-4 に示す。

3.2.4 耐延焼性の確認の流れ

複合体が難燃ケーブルを上回る耐延焼性を有することを以下の流れで確認する。

(1) ケーブル種類毎の性能比較評価

難燃ケーブルの耐延焼性の試験に試験条件を準拠させた試験を実施し、複合体が燃え止まることを確認する。また、実機を代表するケーブルの複合体の損傷長について難燃ケーブルの損傷長と比較評価する。

なお、実機を代表するケーブルの選定においては、ケーブル種類毎の損傷長に大差がない場合を想定し、それらのケーブルについて実機を模擬してケーブルを多層に敷設した複合体により耐延焼性の試験で損傷長を比較し選定する。

(2) 加熱熱量の違いによる性能比較評価

複合体に与える熱量を 3.2.4(1) 項の試験から変化させた燃焼条件で試験を実施しても、実機状態を模擬した複合体が燃え止まることを確認する。加熱熱量は、ケーブルの設置環境を考慮すると難燃ケーブルと非難燃ケーブルで同じ条件であり、原子力発電所の内部火災影響評価ガイドに記載されるケーブル損傷基準では、難燃ケーブル（熱硬化性）の輻射熱の基準が 11kW/m^2 であることから、複合体では 20kW と 30kW を加熱熱量とする。また、複合体と難燃ケーブルの燃焼状態及び損傷長を比較評価し、3.2.4(1) 項で評価した複合体と難燃ケーブル間の耐延焼性の関係性が保たれていることを確認する。なお、複合体とするケーブルは 3.2.4(1) 項で選定されたケーブルとする。

(3) 複合体の構成要素のばらつきの評価

3.2.4(1)項の燃焼試験結果を踏まえた燃焼条件にて、複合体の燃焼メカニズムから複合体の構成品（ケーブル、ケーブルトレイ、防火シート）のばらつきを組合せた保守的な試験条件を選定して試験を実施し、複合体が燃え止まることを確認する。また、複合体の損傷長について難燃ケーブルの損傷長と比較評価する。

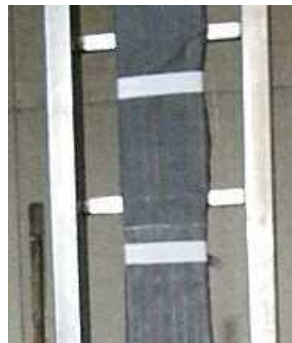
3.2.5 ケーブル種類毎の性能比較評価

(1) 供試体

2.2 項で選定した試験対象ケーブル、ケーブルトレイ及び防火シートを組合せた複合体を供試体とする。供試体（例）を第 3.2-2 図に示す。



(シート施工前)



(シート施工後)

第 3.2-2 図 耐延焼性を確認する供試体（例）

(2) 試験方法

難燃ケーブルとの耐延焼性を確認するため難燃ケーブルの耐延焼性試験に試験条件を準拠した方法により実施する。試験方法については、ケーブル種類毎の性能確認として添付資料 3-5 に示す。

(3) 試験結果

試験結果を第 3.2-1 表に示す。試験結果により複合体が燃え止まることを確認した。試験結果の詳細は、ケーブル種類毎の性能確認として添付資料 3-5 に示す。

第 3.2-1 表 耐延焼性確認試験結果

ケーブル種類	絶縁材	シース材	外径 (mm)	最大損傷長 平均 (mm)	判定結果
計装 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	9.5	763	良
制御 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	9.9	840	良
低圧電力 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	14.5	800	良
低圧電力 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	19 (41) ※7	595	良

※7：トリプレックス型：（ ）外は単芯外径，（ ）内は3本より合わせ外径を示す。

(4) 実機を代表するケーブルの選定

(3) 項ではケーブルをトレイに1層敷設した条件で燃焼試験を実施した結果、計装、制御、低圧電力（細径）ケーブルは損傷しやすい傾向となったが、損傷長に大きな差が生じなかった。このため、これらのケーブルの中から損傷長の差が小さい制御ケーブルと低圧電力（細径）ケーブルについて、実機を模擬してケーブルを多層に敷設した複合体で燃焼試験を実施し損傷長を比較した。その結果、低圧電力ケーブル（外径 14.5mm）を代表ケーブルに選定した。試験結果を第 3.2-2 表に示す。

なお、試験方法及び試験結果の詳細は添付資料 3-5 に示す。

第 3.2-2 表 実機模擬した耐延焼性比較試験結果

ケーブル 種類	絶縁材	シース材	外径 (mm)	最大損傷長 平均 (mm)	選定結果
制御 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	9.9	635	—
低圧電力 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	14.5	663	選定

(5) 難燃ケーブルとの比較

選定された代表ケーブルについて、第 3.2-1 表の試験結果と同一ケーブル種類かつ同一材料における難燃ケーブルの耐延焼性試験結果を比較した結果を第 3.2-3 表に示す。第 3.2-3 表より、複合体の損傷長は難燃ケーブルの損傷長より短いことから複合体は難燃ケーブルと同等以上の耐延焼性を有していることが確認できた。

第 3.2-3 表 耐延焼性確認試験結果

ケーブル 種類	形態	絶縁材	シース材	外径 (mm)	最大損傷長平均 (mm)
低圧電力 ケーブル	複合体	架橋ポリ エチレン	ビニル	14.5	800
	難燃 ケーブル	難燃架橋 ポリエチレン	難燃 ビニル	14.0	1,010

3.2.6 加熱熱量の違いによる耐延焼性の比較評価

(1) 供試体

3.2.5(3)項及び(4)項では防火シートの施工条件、加熱条件を同一にして試験を行っていることから、試験における損傷長はケーブルとして燃焼しやすさを表している。

したがって、実機状態を模擬した複合体には第3.2-2表で選定した代表ケーブルを用いる。

また、ケーブルトレイはラダートレイを使用し、敷設量は満載とする。

なお、複合体の耐延焼性の傾向を把握する試験では、複合体外郭である防火シートを供試体とする。

(2) 試験方法

燃焼条件として複合体に与える熱量を3.2.5項の試験から変化させた試験を実施する。試験方法については、加熱熱量の違いによる耐延焼性の性能確認として添付資料3-6に示す。

また、複合体の耐延焼性の傾向を把握する試験では、複合体の外郭である不燃材の防火シートの遮炎性能が確保される範囲を確認できる熱量とする。

(3) 試験結果

試験結果を第3.2-4表及び第3.2-3図に示す。実機状態を模擬した複合体に3.2.5項の試験で用いた燃焼条件（熱量）を変化させても、複合体と難燃ケーブル間の耐延焼性の関係性が保たれており、その関係性から複合体が難燃ケーブルと同等以上の耐延焼性を有していることが確認できた。試験結果の詳細は、加熱熱量の違いによる耐延焼性の性能確認として

添付資料 3-6 に示す。

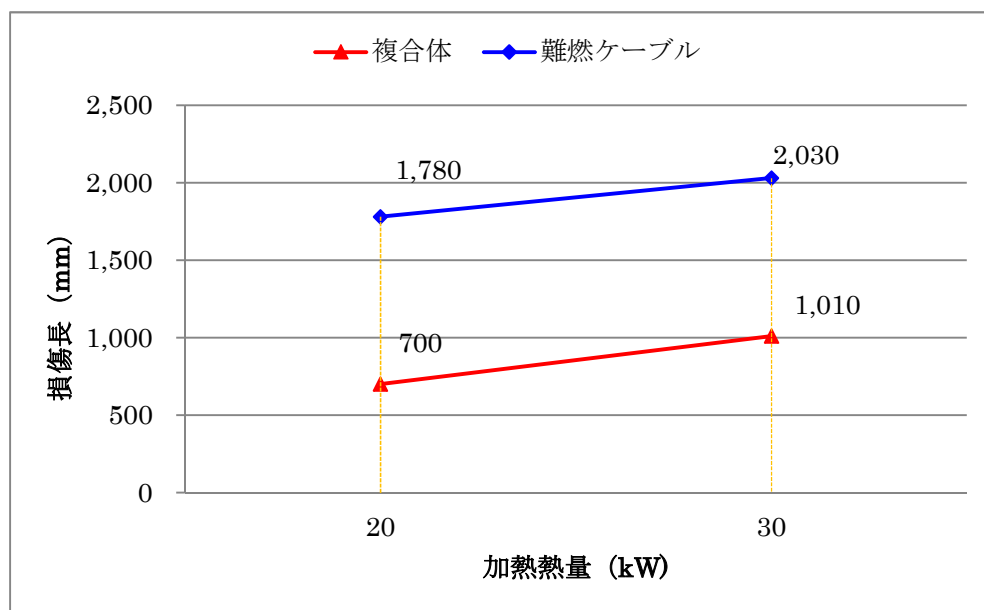
参考として、防火シートの限界性能の確認結果を添付資料 3-8 に示す。

第 3.2-4 表 加熱熱量の違いによる耐延焼性試験結果

バーナ 熱量 (kW)	形態	ケーブル				トレイ 形状	最大 損傷長 (mm)
		ケーブル 回路種別	絶縁材 /シース材	外径 (mm)	敷設量		
20	複合体	低圧電力 ケーブル	架橋ポリエチレン/ビニル	14.5	満載	ラダー	700
	難燃 ケーブル		難燃架橋ポリエチレン/難燃ビニル	14.0			1,780
30	複合体		架橋ポリエチレン/ビニル	14.5			1,010
	難燃 ケーブル		難燃架橋ポリエチレン/難燃ビニル	14.0			2,030

第 3.2-5 表 判定結果

形態	判定結果
複合体	良
難燃ケーブル	—



第 3.2-3 図 加熱量の違いによる耐延焼性試験結果

3.2.7 複合体の構成要素のばらつきの評価

(1) 供試体

ケーブル、ケーブルトレイ及び防火シートの構成品のばらつきに対する実機模擬条件は、それぞれを組合せた複合体となる。そのため、第3.2-6表に示す複合体構成品のばらつきに対し、以下の実機模擬試験の評価から保守的な組合せ（保守的型式）を選定し供試体とする。保守的な組合せを第3.2-7表に示す。

a. トレイタイプ及びケーブル敷設量（満載，少量）の組合せによる評価

- ・ラダータイプのトレイに満載敷設されたケーブルが損傷しやすい。

b. ケーブルの組合せ（太径のみの集合又は細径のみの集合）の評価

- ・細径のケーブルのみの集合が損傷しやすい。

c. ケーブルトレイ設置方向の評価

- ・垂直方向のトレイ設置が損傷しやすい。

d. ファイアストッパの設置

- ・ファイアストッパとバーナの距離が短い方が損傷しやすい。

第3.2-6表 複合体構成品によるばらつき

構成品	ばらつき
ケーブル	種類・サイズ, 使用期間, 敷設量(シートとケーブルの隙間), 延焼防止材, 埃
ケーブル トレイ	トレイタイプ, トレイサイズ(幅), トレイサイズ(高さ), トレイ設置方向, ケーブル敷設形態, トレイ形状, ケーブルの組合せ
防火シート	防火シートのずれ, シートの傷
	ファイアストッパの設置, 加熱部とファイアストッパの距離

第 3.2-7 表 保守的な組合せ（保守的型式）

供試体	ケーブル 敷設量	トレイ タイプ	ケーブル 組合せ	トレイ 設置方向	ファイア ストッパ
複合体	満載	ラダー	細径	垂直	設置

(2) 試験方法

複合体の構成要素の保守的な組合せとして第 3.2-7 表で選定した供試体により耐延焼性試験を実施する。なお、非難燃ケーブルは 3.2.5 項で選定したケーブルを使用する。試験方法については、複合体の構成要素によるばらつきの確認として添付資料 3-7 に示す。

(3) 試験結果

試験結果を第 3.2-8 表に示す。複合体の構成要素の保守的な組合せによる実機状態を模擬した複合体において、燃え止まるとともに難燃ケーブルと同等以上の耐延焼性を有することが確認できた。試験結果の詳細は、複合体の構成要素によるばらつきの確認として添付資料 3-7 に示す。

第 3.2-8 表 保守的型式における確認試験結果

供試体	ケーブル 敷設量	トレイ タイプ	ケーブル 組合せ	トレイ 設置方向	最大 損傷長 (mm)	判定 結果
複合体	満載	ラダー	細径	垂直	1,220	良
難燃 ケーブル	満載	ラダー	同上 サイズ	垂直	1,780	—

4. 内部発火を想定した難燃性能の確認

4.1 内部発火の想定

複合体内部発火における燃焼の三要素は第 4.1-1 表のとおりである。

第 4.1-1 表 内部発火における燃焼の 3 要素

燃焼の三要素	複合体内部の状態
熱エネルギー	ケーブルに電気を流すことによりジュール熱が導体に発生
酸素	防火シートを施工するが、空気（酸素）の吸込みは発生
可燃物	ケーブル自体が可燃物

このうち、発火要因となる熱エネルギーについては、その発熱要因を以下の(1)～(3)項に分類し、ケーブルの発火の有無について検討する。

(1) 通電電流による発熱

負荷となる設備の通電電流によりケーブルは発熱するが、許容電流以内で使用するため、発火には至らない。

(2) 過電流による発熱(保護継電器等の作動時)

地絡、短絡等に起因する過大な電流が流れた場合には、ケーブルの通電電流は通常の数倍以上に達し、ケーブルが発熱する。しかし、上流に設置している保護継電器と遮断器の組合せ等により、過大な電流は瞬時に遮断されることから発火に至らない。

(3) 過電流による発熱(保護継電器等が作動しない場合)

保護継電器等が作動しない場合、地絡、短絡等に起因する過大電流を遮断することができず、ケーブルの発熱は継続する。導体が細いケーブルは導体抵抗も大きく、過電流が継続すると導体が溶断し、電流が遮断されることから導体の発熱による燃焼の継続に至らない。

しかし、導体が太いケーブルの場合、許容電流を超える電流が長時間流れても、導体が溶断しないことから、導体の発熱による発火が継続する可能性がある。

上記(1)～(3)項より、ケーブルの発火は(3)項の過電流発生時に保護継電器等が作動しない場合に生じる。過電流によるケーブルの燃焼プロセスを添付資料 4-1 に示す。

添付資料 4-1 の過電流によるケーブルの燃焼プロセスに示すとおり、ケーブルの過電流による燃焼には、①過電流は遮断されるが燃焼が継続し延焼する状態及び、②過電流の継続による燃焼状態が持続する 2 つのプロセスが存在することから、これらについて以下の評価を実施する。

- ① 過電流は遮断されるが燃焼が継続し延焼する状態
 - a. 複合体内部ケーブルの難燃性能評価 (4.2 項で説明)
 - b. 複合体外部への延焼防止性能評価 (4.3 項で説明)
- ② 過電流の継続による燃焼が持続する状態
 - c. 複合体外部への延焼防止性能評価 (4.3 項で説明)
 - d. 過電流模擬試験による遮炎性能評価 (4.4 項で説明)

4.2 複合体内部ケーブルの難燃性能評価

4.2.1 自己消火性の確認

4.2.1.1 試験目的

複合体内部の発火を想定した自己消火性の実証試験を実施し，非難燃ケーブルが自己消火することを確認する。

4.2.1.2 試験体制

試験は業務委託で実施しており，試験体制及び役割分担は 3.1.2 項と同様である。

4.2.1.3 試験対象ケーブル

2.2 項に示す試験対象ケーブルとする。

4.2.1.4 供試体

防火シートにより，燃焼の三要素である酸素の供給が妨げられる可能性があるため，保守的にケーブルが外気にさらされる条件として，ケーブル単体で防火シートを巻かないものとする。

4.2.1.5 試験方法

難燃ケーブルの自己消火性試験(UL1581 1080VW-1 Flame Test)を準拠して試験を実施する。

試験方法については，複合体内部ケーブルの自己消火性の実証試験として添付資料 4-2 に示す。

4.2.1.6 試験結果

試験結果を第4.2-1表に示す。供試体について、自己消火性の性能を満足することを確認できた。試験結果の詳細は、複合体内部ケーブルの自己消火性の実証試験として添付資料4-2に示す。

4.2.1.7 自己消火性の実証

複合体内部のケーブルは、自己消火することを実証した。

第4.2-1表 自己消火性の試験結果

ケーブル 種類	絶縁材	シース材	外径(mm)	判定結果
計装ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.5	良
制御ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.9	良
低圧電力ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	14.5	良
低圧電力ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	19 (41) ※ ⁸	良

※8：トリプレックス型：()外は単芯外径，()内は3本より合わせ外径を示す。

4.2.2 耐延焼性の確認

4.2.2.1 試験目的

垂直又は水平等のトレイ設置方向による複合体内部の発火を模擬した燃焼試験を実施し、延焼の可能性のある設置方向を確認する。

また、延焼の可能性のあることが確認された設置方向については、ファイアストップにより複合体内部の閉鎖空間を作ることにより、複合体内部での発火を想定しても複合体内部ケーブルが燃え止まることを確認する。

4.2.2.2 試験体制

耐延焼性の評価については、内部発火に対する延焼防止性能の評価における調達管理として添付資料 4-3 に示す。

4.2.2.3 試験及び評価

「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」を引用することで、延焼の可能性のあるトレイの設置方向の特定に関する試験結果を参考として、垂直設置方向のトレイは延焼すると評価しファイアストップを設置する。

したがって、垂直を除く水平と勾配（45°）の延焼性を確認する。

4.2.2.4 試験内容

(1) 試験条件

試験条件は 3.2.3(1) 項の試験方法と同様とする。

なお、試験では複合体内部の発火による延焼を考慮するため、複合体内部のケーブルを露出させた部分に外部の加熱源から加熱する。

(2) 判定基準

判定基準については 3.2.3(2) 項の判定方法と同様である。

4.2.2.5 トレイ設置方向による延焼性の確認

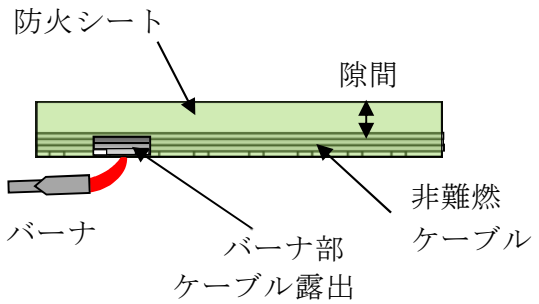
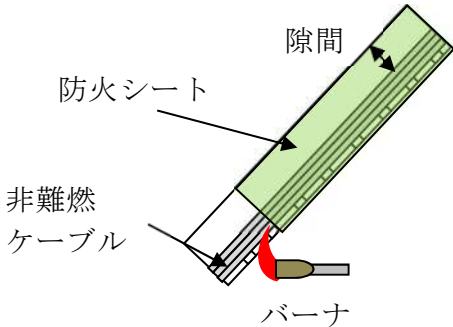
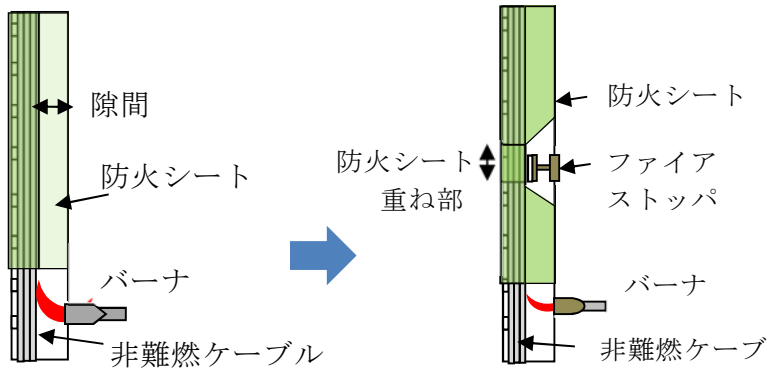
(1) 供試体

水平又は勾配（45°）のトレイ設置方向において、延焼性を確認するため、トレイ設置方向を変化させ燃焼試験を実施する。

水平又は勾配（45°）のトレイに敷設したケーブルに防火シートで複合体を形成し、燃焼部はケーブルを露出させた状態として燃焼試験を実施する。供試体例を第 4.2-2 表に示す。

なお、複合体は内部の酸素量が定量的に管理できないため、防火シートとケーブル間に隙間が生じる太鼓巻にしたものを供試体として、垂直を除く水平と勾配の燃焼試験を実施する。

第 4.2-2 表 トレイ設置方向による延焼性確認試験の供試体（例）

トレイ設置方向	複合体
水平	
勾配 (45°)	
垂直 (隙間ありは延焼 すると評価しファイ アストップを設置)	

(2) 確認内容

複合体内部ケーブルをバーナで直接加熱し、加熱源が除去された後、供試体の端までの間で燃え止まることを確認し、供試体の端までの間で燃え止まらない設置方向についてはファイアストップを設置することとする。試験方法の詳細については、トレイの設置方向による延焼性の確認として添付資料 4-4 に示す。

(3) 確認結果

試験結果を第 4.2-3 表及び第 4.2-4 表に示す。試験結果より、延焼するのは垂直のみで、水平及び勾配（45°）のトレイ設置方向については延焼しないことを確認した。試験結果の詳細は、トレイの設置方向による延焼性の確認として添付資料 4-4 に示す。

第 4.2-3 表 垂直設置方向の確認試験結果

(参考試験データ (引用))

トレイ敷設方向	防火シートとケーブル間の 隙間有無	最大損傷長 [mm]
垂直	有	>1,800

第 4.2-4 表 トレイの設置方向による延焼性の確認試験結果

トレイ設置方向	防火シートとケーブル間の隙間有無	最大損傷長 (mm)	判定 結果
水平	有	740	良
勾配 (45°)	有	850	良
垂直	有	(—)※ 9	否

※ 9 : 第 4.2-3 表の参考試験データ (引用) より垂直設置方向のトレイは延焼するものとして評価

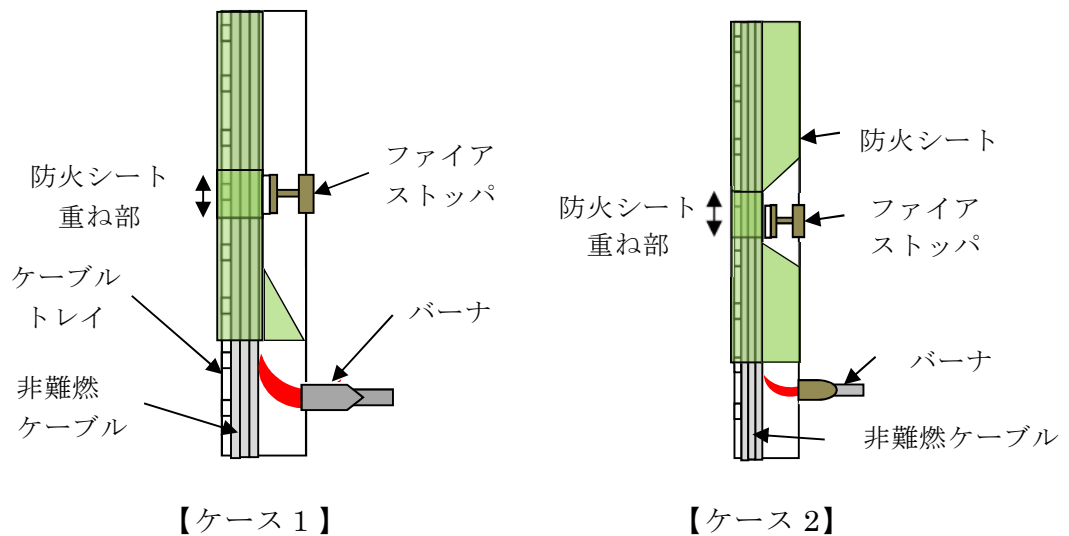
4.2.2.6 垂直トレイ方向への対応

(1) 供試体

供試体は、4.2.2.4 項にて延焼すると判断した垂直トレイ設置方向において、内部のケーブルの延焼を抑えるためファイアストッパを設置し、ケーブルとシートの隙間を無くす。

なお、複合体内部の発火を想定するため、燃焼部についてはケーブルを露出させた状態とする。供試体（例）を第 4.2-1 図に示す。

以下【ケース 1】は、複合体と防火シートとの隙間がない状態での内部発火を想定したものであり、【ケース 2】は、複合体と防火シートとの隙間がある内部発火を想定する。



第 4.2-1 図 内部発火を想定した供試体（例）

(2) 確認内容

ケーブルの燃焼がファイアストッパにて燃え止まることを確認する。試験方法の詳細については、延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の実証試験として添付資料 4-5 に示す。

(3) 確認結果

試験結果を第 4.2-4 表に示す。その結果，ケーブルの燃焼がファイア
ストップにて燃え止まることを確認した。試験結果の詳細は，延焼の可能
性のあるトレイ設置方向への対応の実証試験として添付資料 4-5 に示す。

第 4.2-4 表 延焼の可能性がある垂直トレイの確認試験結果

トレイ 設置方向	ファイアストップの位置 (バーナ高さからの距離) (mm)	最大損傷長 (mm)		判定結果
		ケース1	1,070	
垂直	1,075～1,150	ケース2	1,280※10	良

※10：最大損傷長はケーブルトレイ側面のケーブルで観察されており，トレイからの入熱の影響と考える。なお，中心のケーブルはファイアストップで損傷は停止している。

4.3 複合体外部への延焼防止性能評価

4.3.1 試験目的

防火シート重ね部の遮炎性試験を実施し，複合体外部への延焼防止のため複合体内部の火炎が外部に露出しないことを確認する。

4.3.2 試験体制

「高浜 1， 2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」を引用する。

4.3.3 試験及び評価

本試験で使用する防火シートは先行電力と同じ仕様であり，試験は，「高浜 1， 2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験データを引用することで評価する。

4.3.4 供試体

施工要領に準じて施工した防火シート重ね部とする。

4.3.5 試験方法

建築基準法に規定されている指定性能評価機関が定めた遮炎性試験の試験方法，判定基準による。

試験方法については，防火シート重ね部の遮炎性試験として添付資料 4-6 に示す。

4.3.6 試験結果

試験結果を第 4.3-1 表に示す。施工要領に準じて施工した防火シート重ね部が遮炎性を有していることを確認した。試験結果の詳細は、防火シート重ね部の遮炎性試験として添付資料 4-6 に示す。

4.3.7 複合体外部への延焼防止性能評価の実証

施工要領に準じて施工した防火シート重ね部が遮炎性を有していることを確認した。

第 4.3-1 表 防火シートの遮炎性試験結果

No	火炎が通る き裂等の損傷 及び隙間	非加熱面で 10 秒を超え て継続する 発炎	非加熱側へ 10 秒を超え て連続する 火炎の噴出	判定結果
1	無	無	無	良
2	無	無	無	良

4.4 過電流模擬試験による遮炎性能評価

4.4.1 試験目的

過電流火災は、導体が熱源となり絶縁体及びシースが加熱されて発生する可燃性ガスが発火温度に至り発火する現象であり、この事象を導体に代えてマイクロヒータで模擬し、可燃性ガス及びケーブルが発火した火炎が防火シートの遮炎性能に与える影響が問題のないことを確認する。

4.4.2 試験体制

「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験データを用いるため、試験体制及び役割分担は、「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」に記載される試験体制である。

4.4.3 試験対象ケーブル

この試験は過電流継続時の発火を想定しているため、燃焼の三要素を考慮した以下により発火時の影響が大きくなるケーブルを選定する。

(1) 熱エネルギー

ケーブルの導体は全て同一材料であり、許容電流が大きいほど発熱量が大きくなることから、導体サイズが太いケーブルを選定する。

(2) 可燃物

導体の発熱による絶縁体の熱分解による可燃性ガスの発生が多くなる絶縁体等の体積が大きいケーブルを選定する。

上記条件を満たすケーブルで、実機で使用しているケーブルの構成材料として第 4.4-1 表試験対象ケーブルのとおり選定する。

第 4.4-1 表 試験対象ケーブル

ケーブル 種類	芯数 ー 導体サイ ズ (mm ²)	絶縁材	絶縁体 厚さ (mm)	シース材	シース 厚さ (mm)	外径 (mm)
高圧電力 ケーブル	3C-325	架橋ポリ エチレン	4.5	ビニル	1.5	71

4.4.4 供試体

複合体内部の酸素量が定量的に管理できないため、防火シートの施工を太鼓巻にした一層敷設の高圧電力ケーブルを供試体とする。

4.4.5 試験方法

過電流ではジュール熱により導体が発熱することから、導体の代替としてケーブル内部の絶縁体に接するようにマイクロヒータを設置し、ケーブル内部を加熱する。

上記の過電流を模擬する要素試験を実施し、ケーブルから発生する可燃性ガス及びケーブルが発火することを確認する。ケーブルが発火した場合は複合体内部の火炎について連続した外部への噴出の有無を確認する。試験方法の詳細を過電流模擬試験による遮炎性能評価として添付資料 4-7 に示す。

4.4.6 試験結果

過電流模擬試験の試験結果を第 4.4-2 表に示す。4.4.4 で施工した複合体において、過電流による内部ケーブルの発火に対しても防火シートの遮炎性が保たれていることを確認した。試験結果の詳細は、過電流模擬試験による遮炎性能評価として添付資料 4-7 に示す。

第 4.4-2 表 過電流模擬試験結果

防火シートに損傷・発火がなく、複合体外部へ連続的な火炎の噴出がないこと	判定結果
無	良

4.5 複合体が不完全な場合の実証試験

4.5.1 試験目的

実機での施工，維持管理を考慮し，複合体の外郭である防火シートの施工が不完全な状態でも，複合体が燃え止まることを確認する。

4.5.2 試験体制

試験は業務委託で実施しており，試験体制及び役割分担は 3.2.2 項と同様である。

4.5.3 供試体

本文 3.2.5 項にて示した，損傷長の比較により選定した非難燃ケーブルを用いた複合体に対し防火シートが不完全な状態を模擬する。

4.5.4 試験方法

保守的に防火シートが不完全な場合における耐延焼性の確認を行うため，複合体外部の火災，複合体内部の発火の両方について試験を実施する。試験方法については，複合体が不完全な場合の実証試験として添付資料 4-8 に示す。

(1) 防火シートのずれ

(2) 防火シートの傷

防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験で包絡する。

4.5.5 試験結果

試験結果を第 4.5-1 表に示す。防火シートのずれ，傷があっても複合体が燃え止まるとともに，難燃ケーブルの損傷長を下回ることを確認した。試験結果の詳細は，複合体が不完全な場合の実証試験として添付資料 4-8 に示す。

第 4.5-1 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能確認結果

ずれ (mm)	最大損傷長 (mm)	判定結果
300 (露出:200)	1,280	良

4.6 防火シートによるケーブルトレイへの影響

防火シートを施工することによるケーブルトレイの保持機能への影響として、シートによる化学的影響及び重量増加の影響を確認する。確認及び評価については、防火シートによるケーブルトレイへの影響として添付資料 4-9 に示す。

4.6.1 ケーブルトレイ材質への影響

(1) 化学的影響

防火シートが直接触れることによるケーブルシース及びケーブルトレイ材質への化学的な影響の確認として JIS K 6833-1 5.3 に準拠した方法で pH 測定した結果、中性の範囲であり、ケーブルシース及びケーブルトレイ材質への化学的な影響がないことを確認した。

4.6.2 防火シート施工による重量増加に伴うケーブルトレイ保持機能への影響

(1) 重量増加の影響

防火シート施工によるケーブルトレイの重量増加の影響について評価した結果、防火シート施工によってケーブルトレイの重量が増加してもケーブルトレイの設計裕度を下回るため、防火シート施工によるケーブルトレイの重量増加への影響がないことを確認した。

4.7 防火シートによるケーブルへの影響

複合体はケーブル及びケーブルトレイを防火シートで覆ったものであるため、防火シートがケーブルの機能に与える影響が軽微でありケーブルの設計範囲内であることを確認する。確認及び評価については、防火シートによるケーブルへの影響として添付資料 4-10 に示す。

4.7.1 通電機能

(1) 電流低減率試験

ケーブルの通電機能への影響を確認するため、電流低減率試験をした結果、ケーブルの設計範囲内であり防火シート施工による通電機能への影響がないことを確認した。

4.7.2 絶縁機能

(1) 絶縁抵抗試験

ケーブルの絶縁機能への影響を確認するため、防火シートを施工したケーブルに対し絶縁抵抗試験をした結果、防火シート施工によるケーブルの絶縁特性に影響がないことを確認した。

(2) 耐電圧試験

ケーブルの絶縁機能への影響を確認するため、防火シートを施工したケーブルに対し耐電圧試験をした結果、防火シート施工によるケーブルの耐電圧に影響がないことを確認した。

5. 代替措置の施工性

実機においてケーブルトレイは様々な形状で設置されていることから、添付資料 1-5 の防火シート及び結束ベルトの標準施工方法で示す防火シートの施工方法に基づいて施工し、設計通りの施工ができることを確認する。防火シートの施工については、実機に設置されるトレイの高さを考慮して、できる限り防火シートとケーブルに隙間を作らないように巻く方法を標準施工として採用し、延焼性が高いトレイ設置方向については防火シート内部の閉鎖空間を作るため、ファイアストッパを設置する施工とする。なお、防火シートの施工性確認試験は実機を用いて、ケーブルやケーブルトレイを動かさない状態で、十分な安全性を確保したうえ施工確認する。防火シートの施工性の確認方法を添付資料 5-1 に示す。

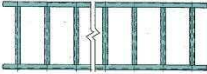
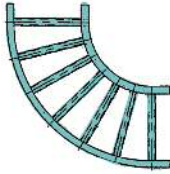
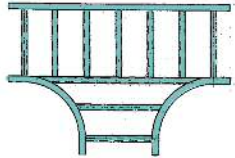
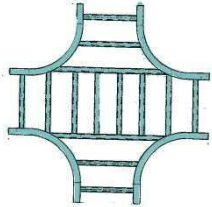
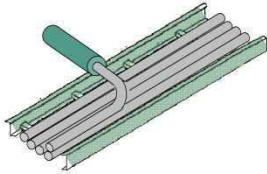
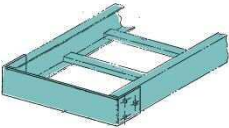
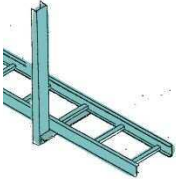
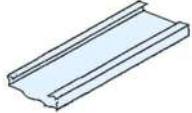
また、メーカーの標準施工方法による施工が困難な箇所については、5.1.4 項に対応^{*11}を記載する。

※11：米国 Regulatory Guide1.75 並びに審査基準 2.3 火災の影響軽減に定めるケーブルの分離基準に留意し、調達管理において設計要求を満足させるよう施工する。

5.1 複合体の施工方法

5.1.1 標準形状における防火シートの施工性

実機に設置されるケーブルトレイの形状を第 5.1-1 図に示す。これらの形状は添付資料 1-5 の防火シート及び結束ベルトの標準施工方法に沿った施工が可能である。

トレイ形状	構造（例）	トレイ形状	構造（例）
直線形		傾斜形	
L字形		T字分岐形	
十字分岐形		電線管合流部	
トレイ端部		トレイ サポート部	
トレイタイプ	構造（例）	トレイタイプ	構造（例）
ラダー		ソリッド	

第 5.1-1 図 実機のケーブルトレイ形状

5.1.2 標準形状におけるファイアストップの施工性

4.2 項の結果より，複合体内部の発火による延焼の可能性があると評価されたトレイ設置方向について，添付資料 1-6 のファイアストップの施工方法に示すとおりファイアストップを取り付ける。

5.1.3 ケーブルトレイのケーブルの整理

ケーブル処理室など，計装ケーブル又は制御ケーブルが集合するケーブルトレイにおいて延焼防止材を塗布された非難燃ケーブルの上に敷設された難燃ケーブルなどにより標準的な防火シート施工ができない箇所が存在する。そのため，次に示す対応方法によりケーブルを整線し，防火シートを巻ける状態とする。

- (1) トレイ上に敷設されている難燃ケーブルの量及び使用用途の特定
- (2) 延焼防止材が干渉する場合は，干渉部の延焼防止材を剥離して整線
- (3) ケーブルを整線したあと非難燃ケーブルが敷設されるトレイには防火シートを施工（第 5.1-1 表にケーブルトレイのケーブル整線方法を示す。）

第 5.1-1 表 ケーブルトレイのケーブル整線方法

No.	トレイの状況	対応方法	イメージ図（トレイ断面）
1	トレイ内，トレイ上部に十分な空間がある場合	防火シートを巻けるようにケーブルを整線したあと防火シートを施工	難燃ケーブル 延焼防止材 非難燃ケーブル 防火シート
2	トレイ内，トレイ上部に十分な空間がない場合	- 一つのトレイに整線できない難燃ケーブルは増設したケーブルトレイなどでリルート - ケーブル長に余裕がない場合は引き直すか中継端子盤から増設したケーブルトレイ(ダクト)で中央制御室の制御盤まで難燃ケーブルを延長	難燃ケーブル 非難燃ケーブル 延焼防止材 増設したケーブルトレイによりリルート 難燃ケーブル 防火シート 延焼防止材

5.1.4 実機状況を踏まえた施工性

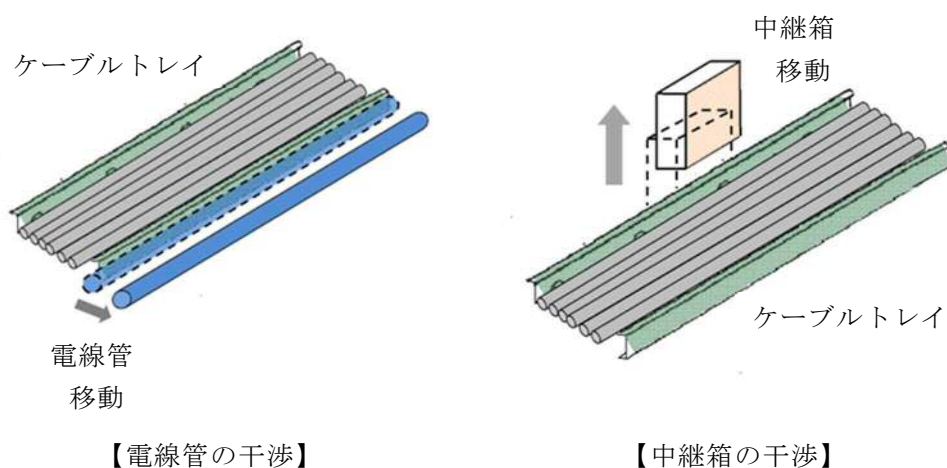
実機プラントにはケーブルトレイ近傍に様々な機器が存在し、標準施工方法に沿った施工が困難な箇所が存在することから、以下に分類される対応を行う。なお、実機における施工は、プラントメーカ等と工事施工会社による適切な施工体制及び設計要求を反映した施工方法を含めた施工計画を策定し実施する。

(1) 接近設備の干渉

第 5.1-2 図に示すように、ケーブルトレイに接近した電線管、中継箱、配管、ダクト等の干渉設備が存在し、防火シートを巻けない箇所が存在する。

a. 干渉する設備の移設

干渉する設備を移設し、ケーブルトレイとの間にスペースを設けることでメーカの標準施工方法に従った防火シートの施工を可能とする。

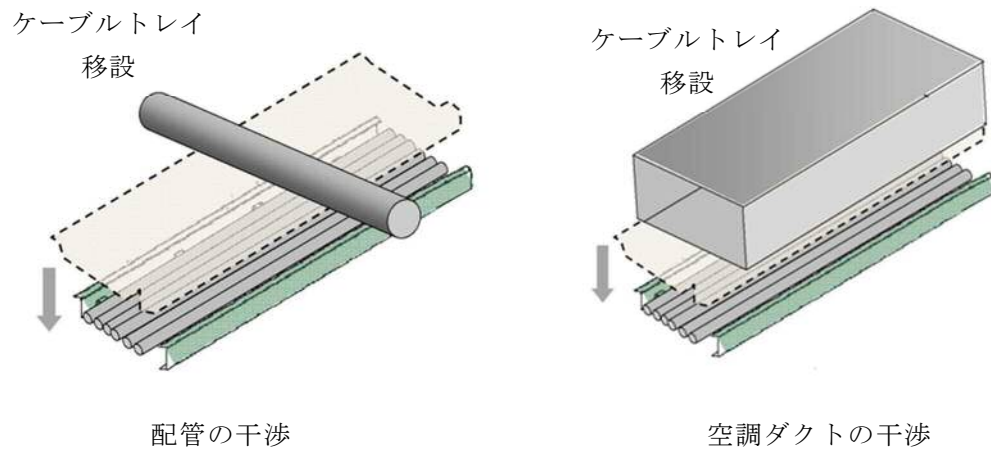


第 5.1-2 図 干渉設備の移設

b. ケーブルトレイの移設

第 5.1-3 図に示すように、ケーブルトレイを移設し、干渉する設備

との間にスペースを設けることで標準施工方法に従った防火シートの施工を可能とする。



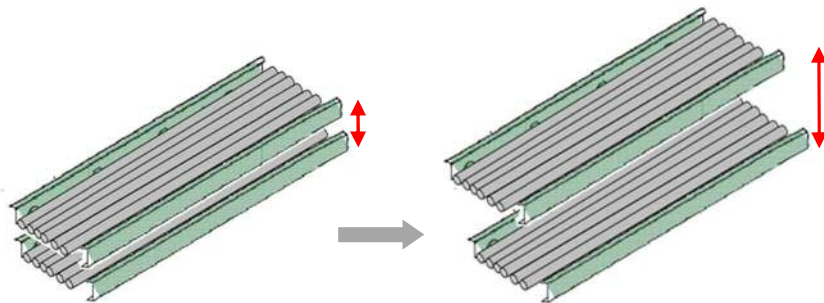
第 5.1－3 図 ケーブルトレイの移設

(2) ケーブルトレイ同士の干渉

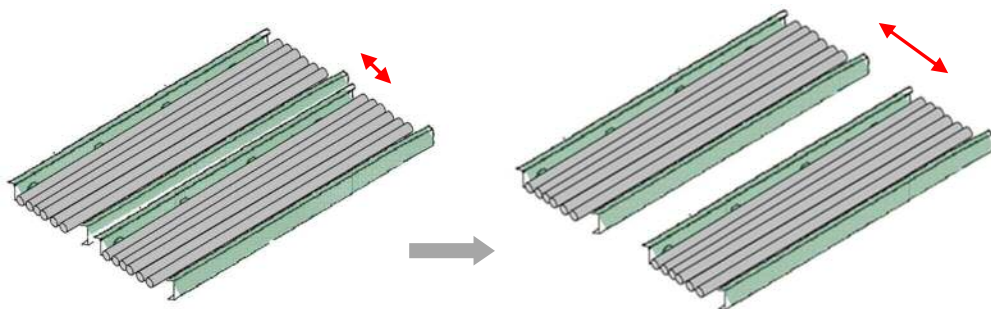
ケーブルトレイ同士が接近し、トレイごとに防火シートを巻くための距離が必要な箇所が存在する。

a. ケーブルトレイの移設

第 5.1-4 図に示すように、干渉するケーブルトレイを移設しケーブルトレイ間にスペースを設けることで標準施工要領に従った防火シートの施工を可能とする。



ケーブルトレイ同士の接近（垂直方向）



ケーブルトレイ同士の接近（水平方向）

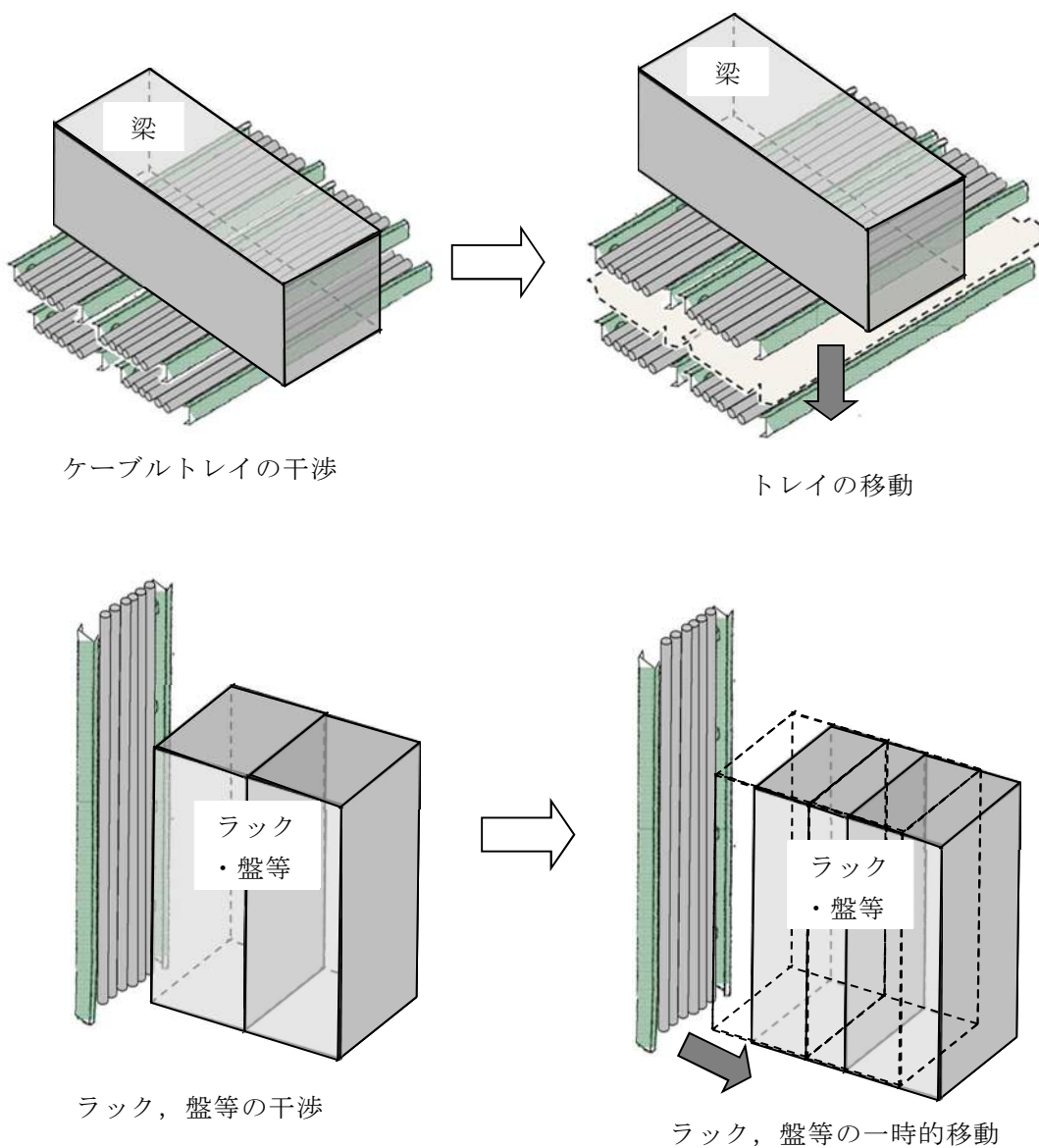
第 5.1-4 図 ケーブルトレイの干渉緩和

(3) 近傍設備による影響

ケーブルトレイ近傍にある設備，ケーブルトレイにより施工作業スペースが確保できない箇所が存在する。

a. 近傍設備の一時移動

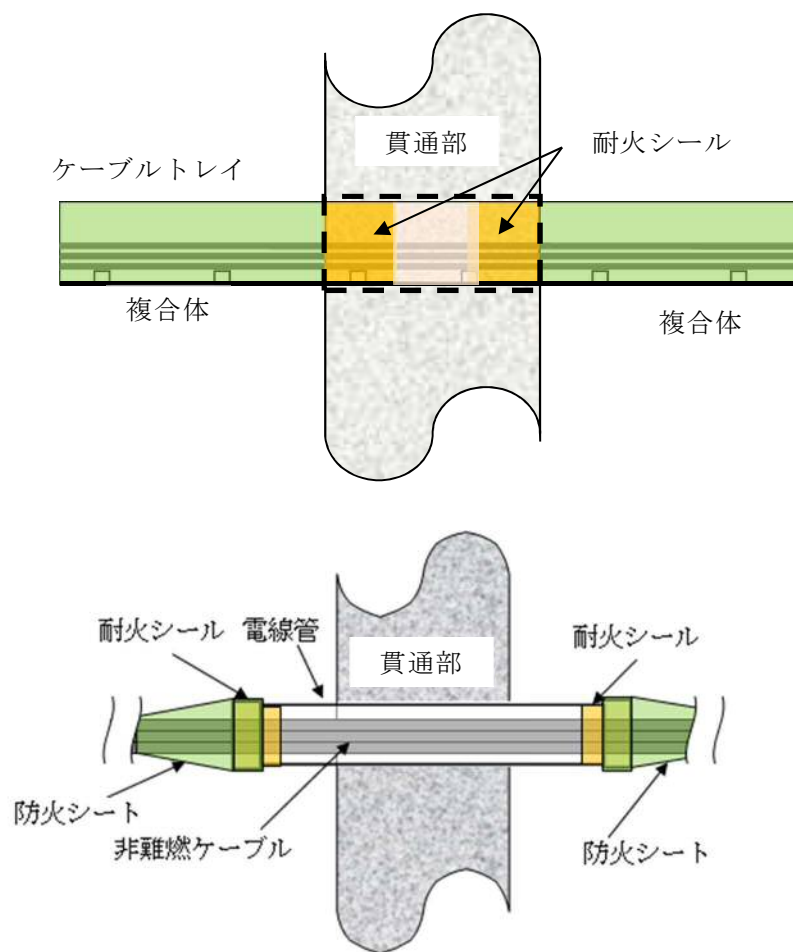
第 5.1－5 図に示すように，施工作業の妨げとなる設備，ケーブルトレイを一時移動することで標準施工要領に従った防火シートの施工を可能とする。



第 5.1－5 図 干渉物移動による作業

5.2 貫通部及びトレイから分岐する電線管の対応

ケーブルトレイは壁や床、天井を通すための貫通部が存在し、防火シートによる複合体を形成することができない箇所が存在するが、貫通部両端に耐火シール施工を行うことで、耐火シールではさまれる壁の厚み部分は外部にケーブルが露出せず、その長さも短いものとなる。また、万一燃焼したとしても貫通部の外部への延焼も防止できる。



第 5.1－6 図 壁・床等の貫通部対応（例）

難燃性が要求されるケーブルへの対応

1. はじめに

東海第二発電所においては、安全機能を有する機器に使用している非難燃ケーブルについては、原則、難燃ケーブルに取替る。ケーブル取替以外の措置（以下「代替措置」という。）によって、非難燃ケーブルを使用する場合は、以下の範囲に限定する。

① ケーブル取替に伴い安全上の課題が生じる範囲

及び

② 施工後の状態において以下の条件を満足する範囲

a. 他設備の安全機能への影響がないこと

b. 難燃ケーブルを使用する場合と同等の安全性を確保できること

なお、代替措置については不燃材の防火シートを適用し、複合体を形成することで、難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を達成可能な設計とする。

2. 取替範囲

現状、敷設されている非難燃ケーブルは、ケーブルトレイ又はケーブルピットにおいて延焼防止材が施工されている。一方で、ケーブル配線表により各ケーブルの始点と終点の特定は可能であるものの、始点と終点の間のケーブルは多層に敷設されたケーブル周囲に延焼防止材が施され束となっていることから、1本毎にケーブルを特定するためには困難性がある。その中でも高圧電力ケーブルに代表されるケーブル単体毎に延焼防止材が施工されてい

るものや、制御・計装ケーブルに代表される中央制御室の床下のコンクリートピット内の盤間連絡ケーブル又は電線管は、始点から終点まで敷設されているケーブルが特定可能であるか、同一区画内ケーブルのみであることから、仮設ケーブル設置により対応が可能である。

2.1 ケーブル取替の基本的な考え方

東海第二発電所で使用するケーブルの敷設形態として、以下に大別される。

- (1) 電線管…ケーブルの始点，終点全てを電線管で敷設される形態
- (2) コンクリートピット…ケーブルの全長をピット内に敷設される形態
- (3) ケーブルトレイ…大部分をケーブルトレイ内に敷設され，配線の途中から電線管で分岐又は合流する形態

また，ケーブルは以下に示すとおり，回路種別により 4 種類に区分されている。

- ・計装ケーブル
- ・制御ケーブル
- ・低圧電力ケーブル
- ・高圧電力ケーブル

ケーブル取替はこれらの敷設形態に対し，以下の観点から，電線管内，コンクリートピット内，ケーブルトレイ内（回路種別ごと）の全数のケーブル（以下「単位」という。）を取替るものとする。

○各敷設形態の単位で取替ることにより，内挿されるケーブル全てが難燃ケーブルとなり，規制要求に適合することができる。

○可燃物であるケーブルが増加しないように，回路から切離された非難燃ケーブルは撤去する。

ケーブル取替のイメージ図を第 1-1-1 表に示す。

第 1-1-1 表 ケーブル取替のイメージ

敷設形態	ケーブルの取替単位（取替前後のイメージ）
電線管	
コンクリートピット	
ケーブルトレイ	

第 1-1-1 表で示したケーブル敷設形態に対し、ケーブル取替方法を検討するにあたり、ウォークダウンによりケーブル敷設状態を確認した。その結果、ケーブルトレイに関し、以下に分類される状況が確認された。

- (1) ケーブルトレイに敷設されるケーブルに関しては、壁、床貫通部の予備管路に余裕がない。
- (2) ケーブルトレイ内のケーブル量が多く全長に亘って敷設するトレイ内スペースが確保できない。

これらの調査をもとに、以下に示す方法で検討を実施した。

2.2 取替方法検討にあたっての考慮事項

- (1) 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する。組み合わせの方法を第1-1-2表に示す。
- (2) 敷設ケーブルの途中で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する。

第1-1-2表 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

2.3 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

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。

(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。

a. 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。

b. 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困難性があるため、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。

c．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。

d． 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。

⇒安全上の課題が発生。

第 1-1-3 表 安全上の課題を回避する取替方法の検討結果

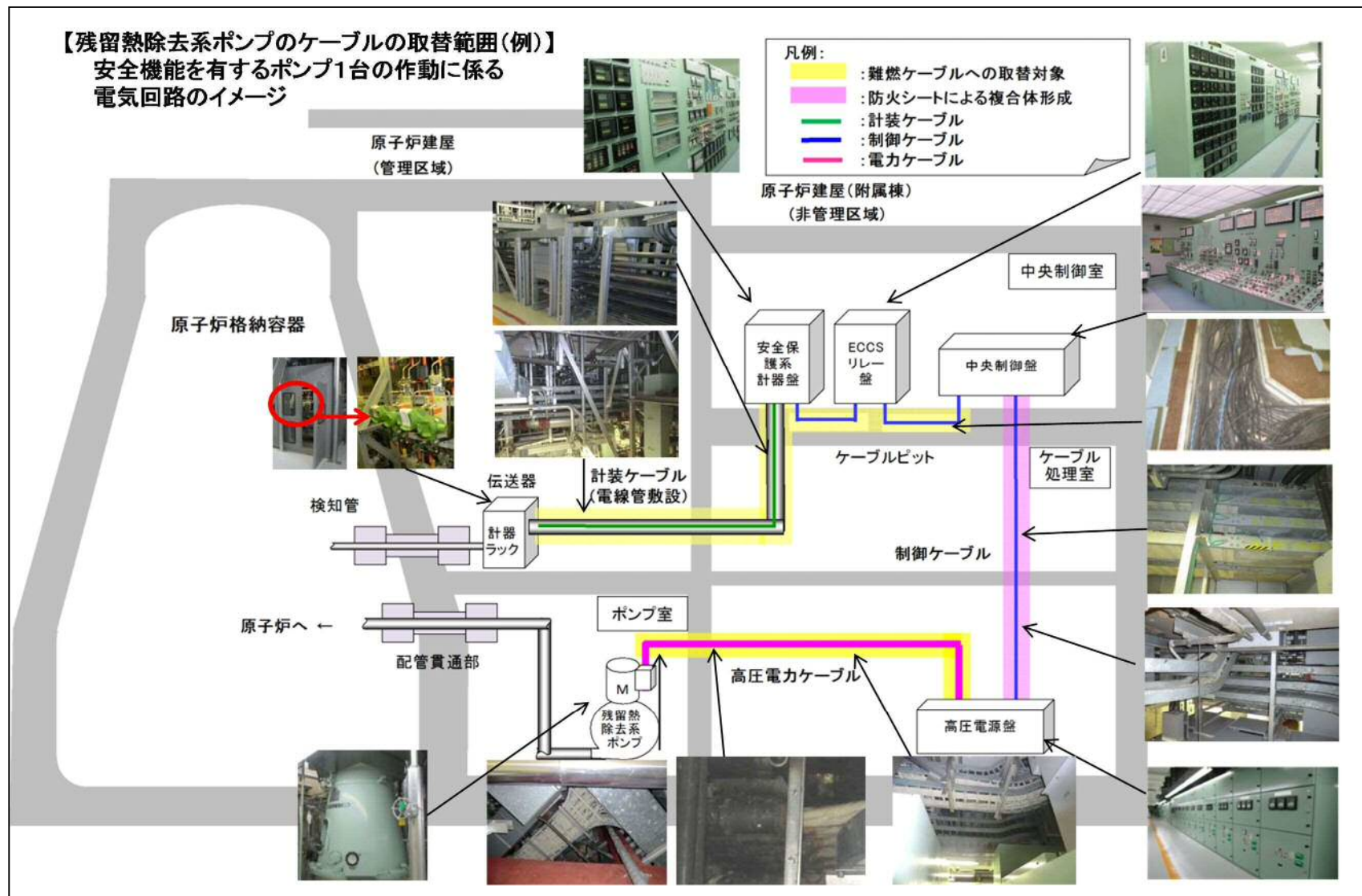
回路種別	敷設形態	安全上の課題	対応
高圧電力	ケーブル トレイ	なし	取替
低圧電力	電線管	なし	取替
	ケーブル トレイ	・可燃物量の増加 ・建屋耐震性への影響 ・取替時に維持が必要な安全機能の信頼性の低下	代替措置を選定し，取替との安全性比較により対応を選択
制御・計装	電線管	なし	取替
	コンクリート ピット	なし	取替
	ケーブル トレイ	・可燃物量の増加 ・建屋耐震性への影響 ・取替時に維持が必要な安全機能の信頼性の低下	代替措置を選定し，取替との安全性比較により対応を選択

2.4 難燃ケーブルに取替る範囲

ケーブルの特定や前項 2.1～2.3 の検討結果から難燃ケーブルに取替ることのできるケーブルを以下に示す。

- (1) 電線管…ケーブルの始点終点全てを電線管で敷設されるケーブル
- (2) コンクリートピット…ケーブルの全長をピット内に敷設される中央制御室の制御盤間の連絡ケーブル
- (3) ケーブルトレイ…4つの回路種別のうち、高圧電力ケーブル

安全機能を有する機器に使用する非難燃ケーブルについて、実際に設置される機器を例にケーブルの取替範囲を第 1-1-1 図に示す。



第 1-1-1 図 安全機能を有するポンプ 1 台に接続されるケーブルの取替範囲 (イメージ)

3. 複合体の範囲

難燃ケーブル取替に伴う，安全上の課題が生じる場合は，敷設される非難燃ケーブルについて，代替措置を施すことにより火災発生防止の対応を図る。代替措置の方法は，不燃材の防火シートにより非難燃ケーブル及びケーブルトレイを覆って複合体を形成する設計とする。

3.1 非難燃ケーブルを複合体とする範囲

ケーブルの特定や前項 2.1～2.3 の検討結果から複合体とするケーブルを以下に示す。

- ・ ケーブルトレイ…4つの回路種別のうち，計装ケーブル，制御ケーブル，低圧電力ケーブル

難燃性が要求されるケーブルへの対応を第 1-1-4 表に示す。また，安全機能を有するケーブルトレイ代替措置範囲図について第 1-1-2 図に示す。

第 1-1-4 表 難燃性が要求されるケーブルへの対応(1/5)

火災区画名称	区画番号	ケーブル種別	取替の観点	対応方法
B2 階通路	R-B2-2	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
RCIC ポンプ室	R-B2-3	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
サンプポンプ室(西側)	R-B2-4	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
LPCS ポンプ室	R-B2-5	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
HPCS ポンプ室	R-B2-6	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
サンプポンプ室(東側)	R-B2-7	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
RHR ポンプ B 室	R-B2-9	高圧電力	ケーブルトレイ (電線管)	取替
		低圧電力		
		制御・計装		

第 1-1-4 表 難燃性が要求されるケーブルへの対応 (2/5)

火災区画名称	区画番号	ケーブル種別	取替の観点	対応方法
RHR ポンプ C 室	R-B2-10	高圧電力	ケーブルトレイ (電線管)	取替
		低圧電力		
		制御・計装		
RHR ポンプ A 室	R-B2-11	高圧電力	ケーブルトレイ (電線管)	取替
		低圧電力		
		制御・計装		
非常用ディーゼル(2C)室	R-B2-12	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
非常用ディーゼル(HPCS) 室	R-B2-13	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
A 系スイッチギア室	R-B2-15(1)	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
A 系スイッチギア室	R-B2-15(2)	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
B1 階通路	R-B1-2(1)	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置

第 1-1-4 表 難燃性が要求されるケーブルへの対応 (3/5)

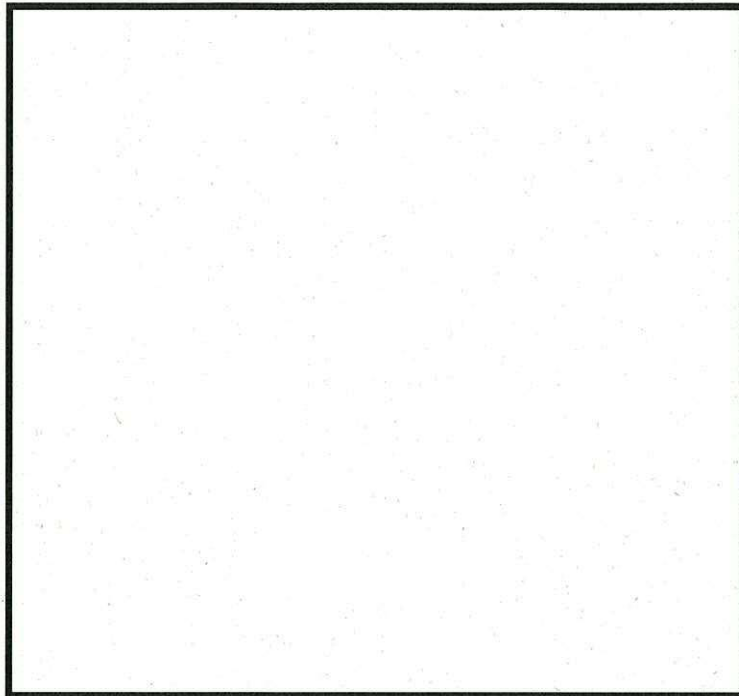
火災区画名称	区画番号	ケーブル種別	取替の観点	対応方法
B1 階通路	R-B1-2 (2)	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
非常用ディーゼル (2C) 室	R-B1-4	高圧電力	ケーブルトレイ (電線管)	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
非常用ディーゼル (HPCS) 室	R-B1-5	高圧電力	ケーブルトレイ (電線管)	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
非常用ディーゼル (2D) 室	R-B1-6	高圧電力	ケーブルトレイ (電線管)	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
B 系スイッチギア室	R-B1-7 (1)	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
B 系スイッチギア室	R-B1-7 (2)	高圧電力	ケーブルトレイ	取替
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
125V バッテリー室 (2B)	R-1-4	高圧電力		
		低圧電力	電線管	取替
		制御・計装		

第 1-1-4 表 難燃性が要求されるケーブルへの対応 (4/5)

火災区画名称	区画番号	ケーブル種別	取替の観点	対応方法
125V バッテリー室 (2A)	R-1-5 (1)	高圧電力		
		低圧電力	電線管	取替
		制御・計装		
125V バッテリー室 (2A)	R-1-5 (2)	高圧電力		
		低圧電力	電線管	取替
		制御・計装		
充電器室	R-1-6 (1)	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
充電器室	R-1-6 (2)	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
充電器室	R-1-6 (3)	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
250V バッテリー室	R-1-7 (1)	高圧電力		
		低圧電力	電線管	取替
		制御・計装		
250V バッテリー室	R-1-7 (2)	高圧電力		
		低圧電力	電線管	取替
		制御・計装		

第 1-1-4 表 難燃性が要求されるケーブルへの対応 (5/5)

火災区画名称	区画番号	ケーブル種別	取替の観点	対応方法
TIP ドライブメカニズム 室	R-2-2	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
2 階通路	R-2-3 (1)	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
2 階通路	R-2-3 (2)	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
ケーブル処理室	R-2-8	高圧電力		
		低圧電力		
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置
中央制御室	C-2-2	高圧電力		
		低圧電力		
		制御・計装	ケーブルピット	取替
3 階通路	R-3-1 (1)	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装		
3 階通路	R-3-1 (2)	高圧電力		
		低圧電力	ケーブルトレイ	代替措置
		制御・計装	ケーブルトレイ	代替措置



凡例



：非難燃ケーブル
代替措置範囲

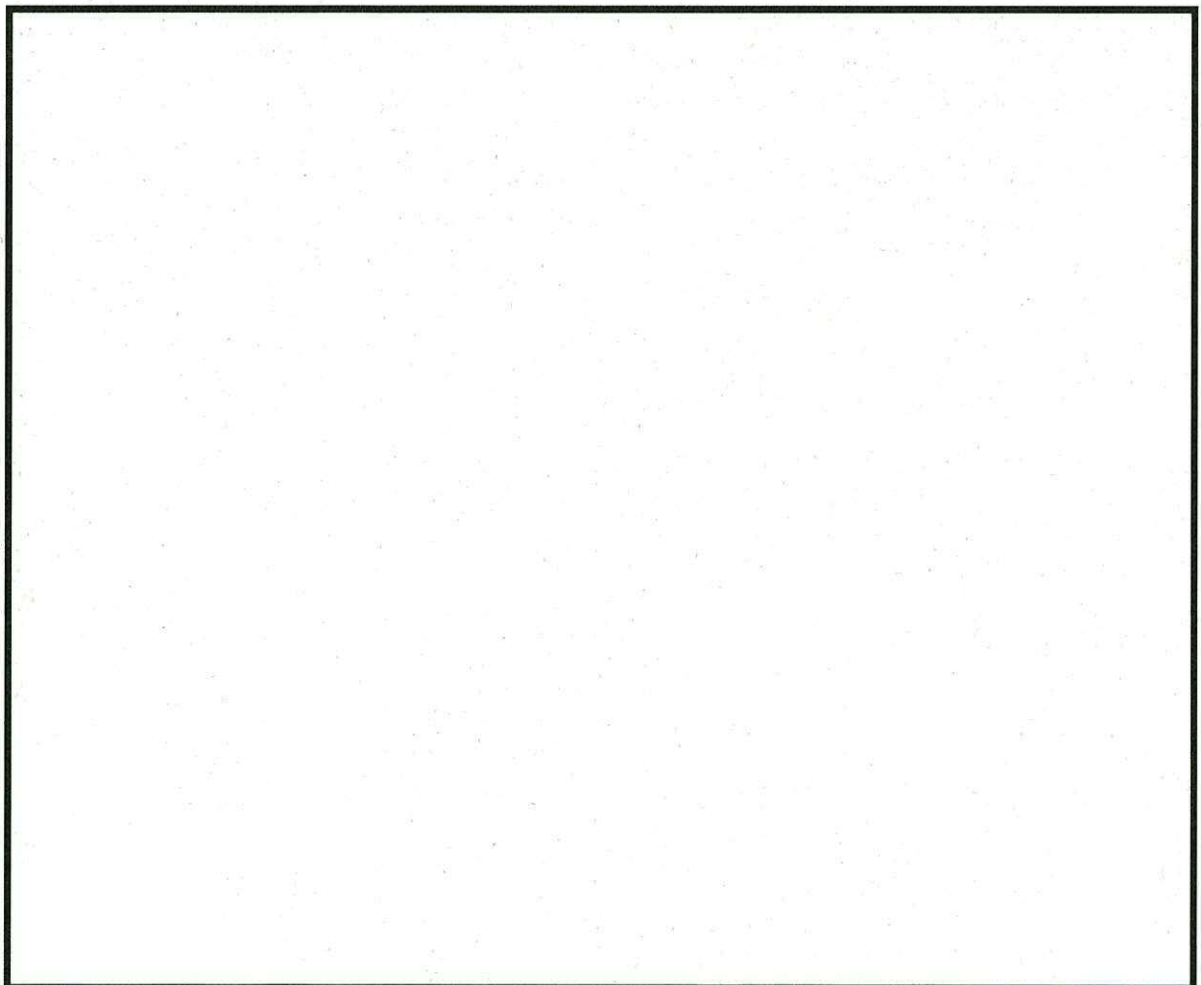


：難燃ケーブル
取替済範囲

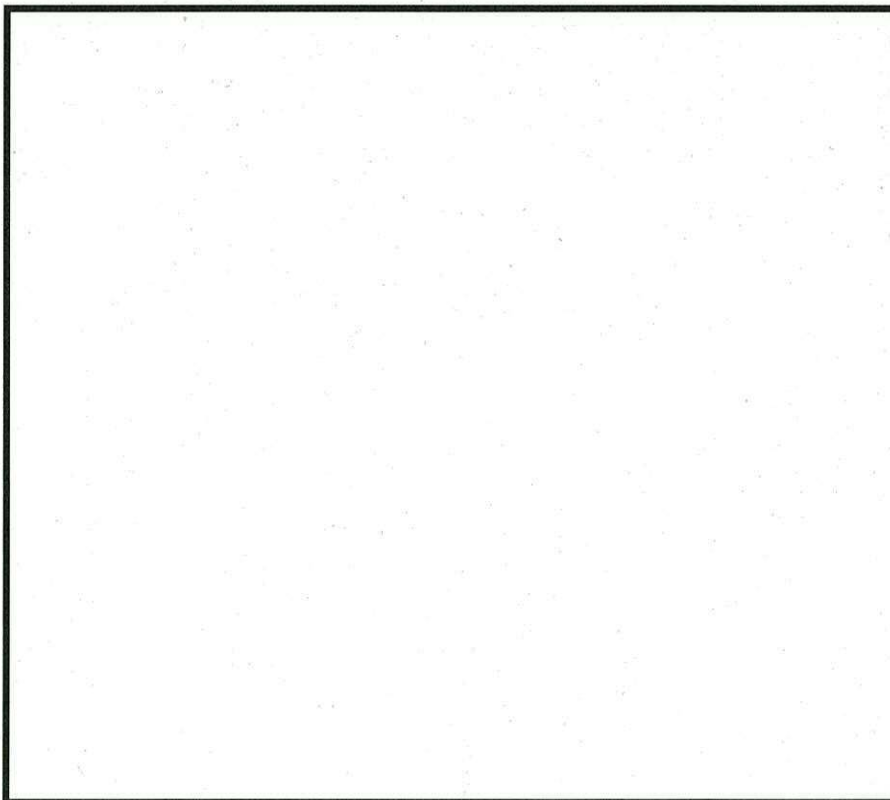
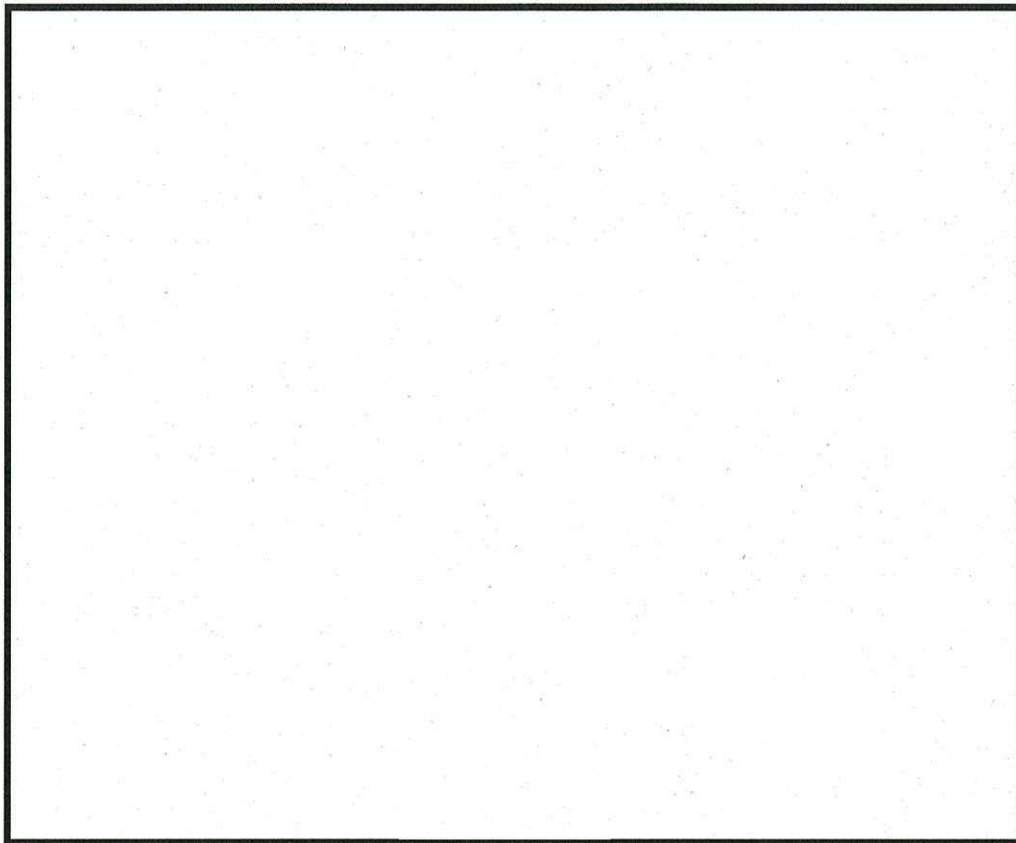


：難燃ケーブル
取替範囲

E.L.38.8



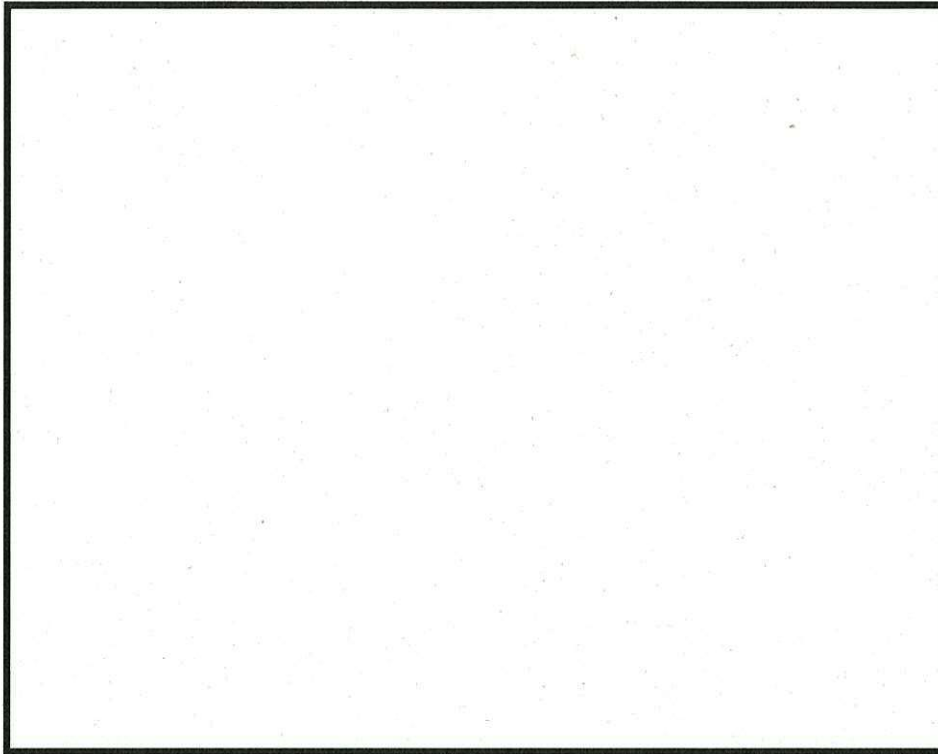
第 1-1-2 図 安全機能を有するケーブルトレイ代替措置範囲図 (1/4)



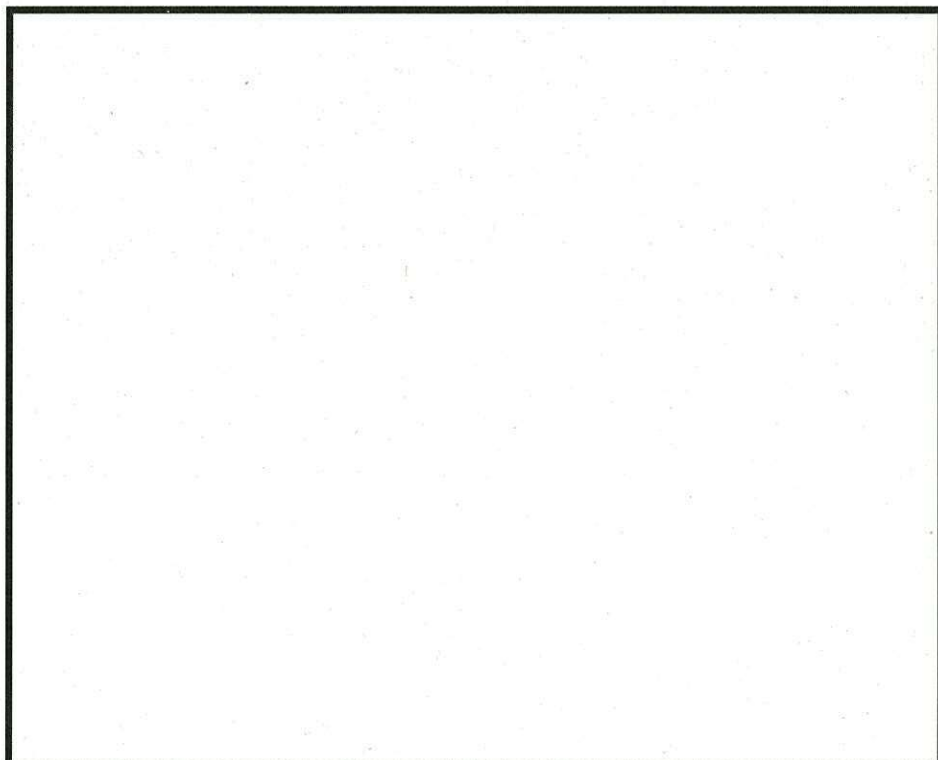
凡例

-  : 非難燃ケーブル
代替措置範囲
-  : 難燃ケーブル
取替済範囲
-  : 難燃ケーブル
取替範囲

第 1-1-2 図 安全機能を有するケーブルトレイ代替措置範囲図 (2/4)



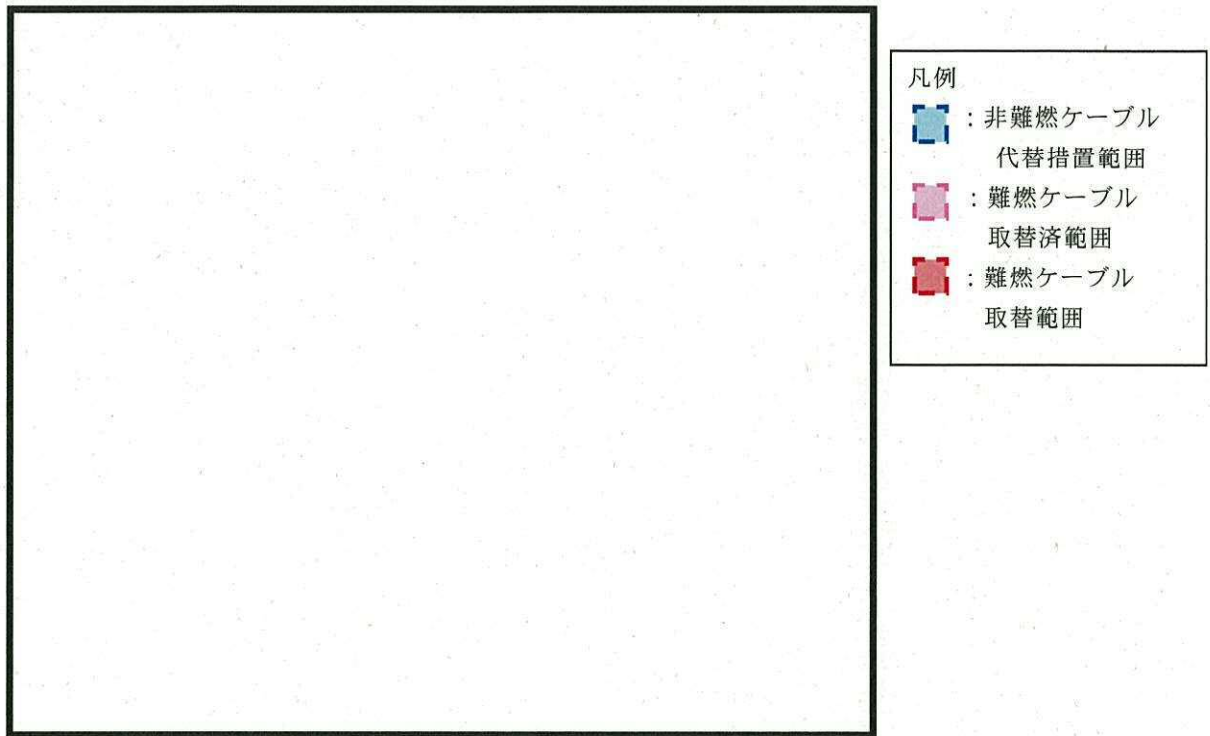
E.L. 8.2m



E.L. 2.0m

- 凡例
- : 非難燃ケーブル
代替措置範囲
 - : 難燃ケーブル
取替済範囲
 - : 難燃ケーブル
取替範囲

第 1-1-2 図 安全機能を有するケーブルトレイ代替措置範囲図 (3/4)



E.L. - 4.0m

第 1-1-2 図 安全機能を有するケーブルトレイ代替措置範囲図 (4/4)

防火シートの性能及び結束ベルトの耐久性について

防火シートとして用いるプロテコ®シート-P2・eco は、建築基準法で定められた不燃材であり、防火設備に求められる遮炎性及び使用環境に対応した耐久性を有している。また、想定される外力ではケーブルは露出しない。なお、結束ベルトは使用環境に応じた耐久性を有している。以下に試験結果を示す。

1. 発熱性試験

1.1 目的

防火シートが不燃材料としての性能を有していることを確認する。

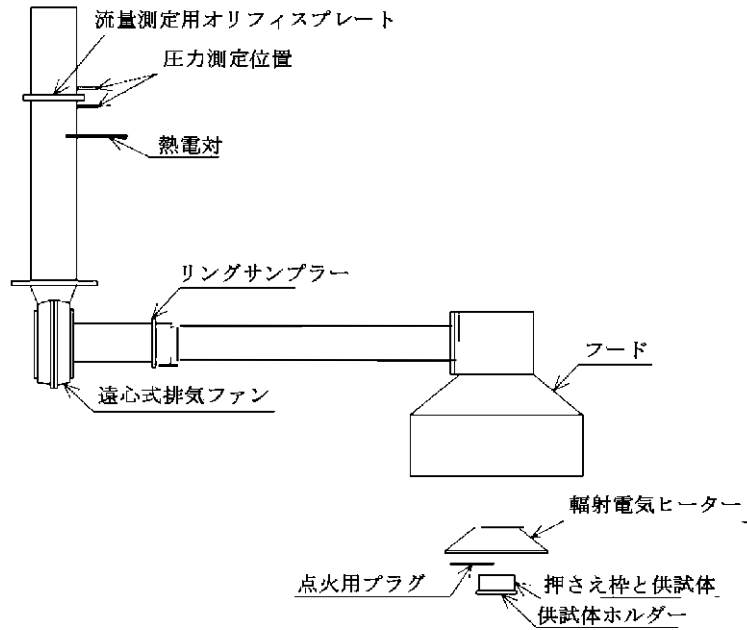
1.2 供試体

防火シート(プロテコ®シート-P2・eco)

1.3 試験方法及び判定基準

建築基準法に基づき指定性能評価機関が定めた発熱性試験（一般財団法人日本建築総合試験所，防耐火性能試験・評価業務方法書 8A-103-01）による。試験の概要を第 1-2-1 表に示す。

第 1-2-1 表 発熱性試験の概要

試験装置概要	 流量測定用オリフィスプレート 圧力測定位置 熱電対 リングサンプラー 遠心式排気ファン フード 輻射電気ヒーター 点火用プラグ 押さえ棒と供試体 供試体ホルダー
試験内容	・ 輻射電気ヒーターから供試体の表面に 50kW/m^2 の輻射熱を 20 分間照射する。 ・ 供試体表面に輻射熱を照射すると同時に点火プラグにて電気スパークを作動させる。
試験回数	3 回
判定基準	・ 加熱開始後 20 分間の総発熱量が 8MJ/m^2 以下であること。 ・ 加熱開始後 20 分間、防火上有害な裏面まで貫通するき裂及び穴がないこと。 ・ 加熱開始後 20 分間、最高発熱速度が、10 秒以上継続して 200kW/m^2 を超えないこと。

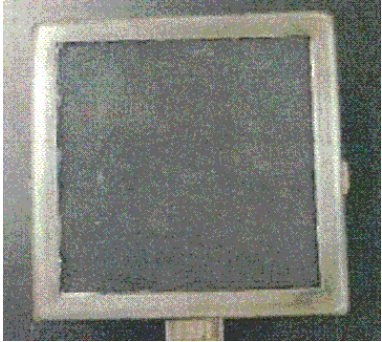
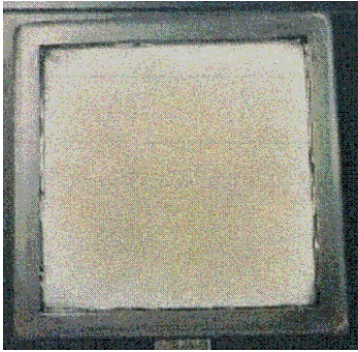
1.4 試験結果

試験結果を第 1-2-2 表にまとめる。また，実証試験の詳細を第 1-2-3 表に示す。なお，試験については，「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験結果を引用した。

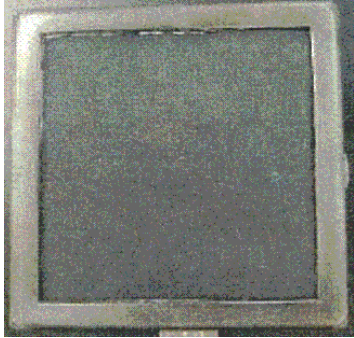
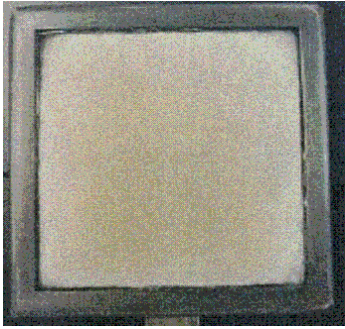
第 1-2-2 表 発熱性試験結果

No	総発熱量 (MJ/m ²)	防火上有害 となる変形	最高 発熱速度 (kW/m ²)	200kW/m ² 超過 継続時間(s)	判定 結果
1	1.99	無	92.95	0	良
2	1.81	無	83.63	0	良
3	1.70	無	88.18	0	良

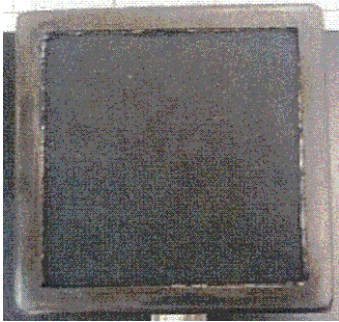
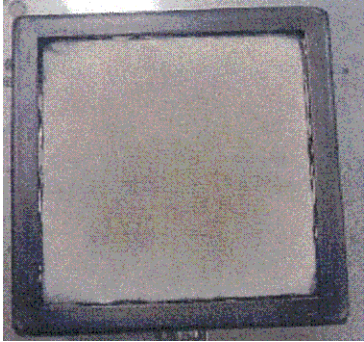
第 1-2-3 表 発熱性試験結果詳細 (1/3)

供試体：防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）			
試験条件		規格	
輻射量：50.0kW/m ²		輻射量：50.0kW/m ²	
排気ガス流量：0.024m ³ /sec		排気ガス流量：0.024±0.002m ³ /sec	
サンプル距離：25mm		サンプル距離：25±1mm	
No	試験前	試験後	判定 結果
1			良
	総発熱量(MJ/m ²)	1.99	
	防火上有害となる変形	無	
	最高発熱速度(kW/m ²)	92.95	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	0	

第 1-2-3 表 発熱性試験結果詳細 (2/3)

供試体：防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）			
試験条件		規格	
輻射量：50.0kW/m ²		輻射量：50.0kW/m ²	
排気ガス流量：0.024m ³ /sec		排気ガス流量：0.024±0.002m ³ /sec	
サンプル距離：25mm		サンプル距離：25±1mm	
No	試験前	試験後	判定 結果
2			良
	総発熱量(MJ/m ²)	1.81	
	防火上有害となる変形	無	
	最高発熱速度(kW/m ²)	83.63	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	0	

第 1-2-3 表 発熱性試験結果詳細 (3/3)

供試体：防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）			
試験条件		規格	
輻射量：50.0kW/m ²		輻射量：50.0kW/m ²	
排気ガス流量：0.024m ³ /sec		排気ガス流量：0.024±0.002m ³ /sec	
サンプル距離：25mm		サンプル距離：25±1mm	
No	試験前	試験後	判定 結果
3			良
	総発熱量(MJ/m ²)	1.70	
	防火上有害となる変形	無	
	最高発熱速度(kW/m ²)	88.18	
	200kW/m ² 超過継続時間(s)	0	

1.5 評価

防火シートは不燃材料としての性能を有している。

2. 遮炎性試験

2.1 目的

防火シートが外部からの火炎を遮る性能を有していることを確認する。

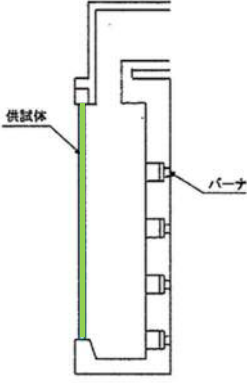
2.2 供試体

防火シート(プロテコ®シート-P2・eco)

2.3 試験方法及び判定基準

建築基準法に規定されている指定性能評価機関が定めた試験方法，判定基準による。試験の概要を第 1-2-4 表に示す。

第 1-2-4 表 遮炎性試験の概要

試験装置概要	
試験内容	・加熱炉に供試体を設置する。 ・IS0834 加熱曲線となるように 20 分間加熱する。
試験回数	2 回
判定基準	・火炎が通るき裂等の損傷及び隙間を生じないこと。 ・非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと。 ・非加熱側へ 10 秒を超えて連続する火炎の噴出がないこと。

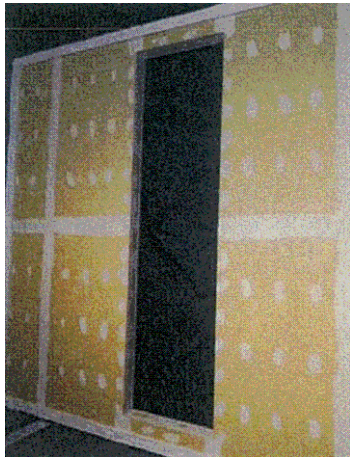
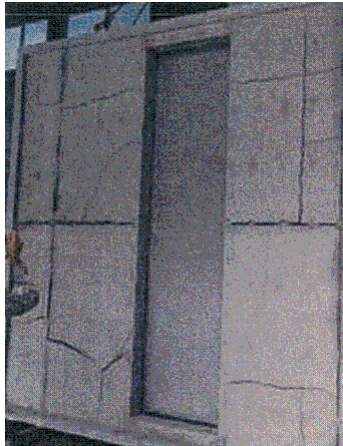
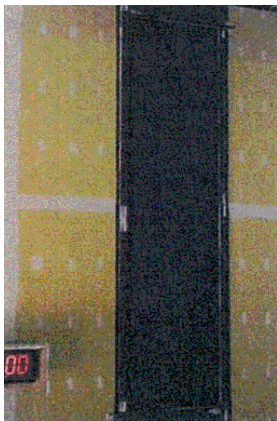
2.4 試験結果

試験結果を第 1-2-5 表にまとめる。また, 実証試験の詳細を第 1-2-6 表に示す。なお, 試験については, 「高浜 1, 2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料別添 1」の試験結果を引用した。

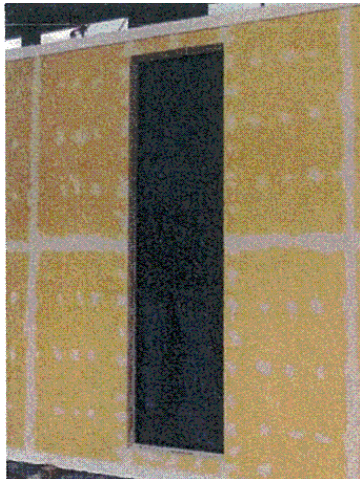
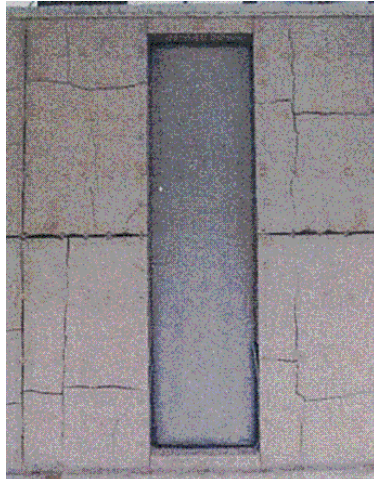
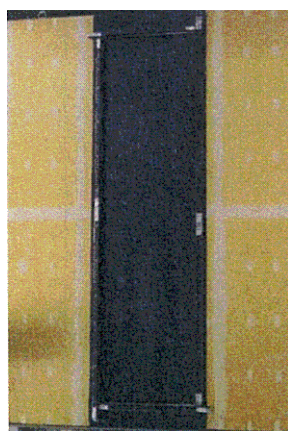
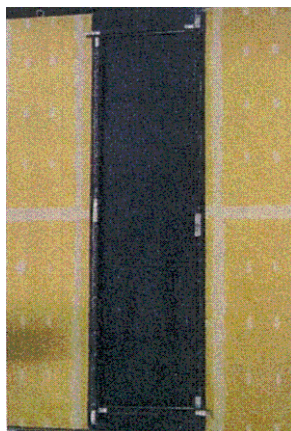
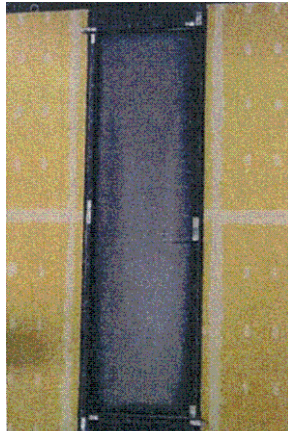
第 1-2-5 表 遮炎性試験結果

No	火炎が通る き裂等の損傷 及び隙間	非加熱面で 10 秒を超えて 継続する発炎	非加熱側へ 10 秒を超えて連続 する火炎の噴出	判定 結果
1	無	無	無	良
2	無	無	無	良

第 1-2-6 表 遮炎性試験結果詳細 (1/2)

供試体：防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）				
試験条件：IS0834 に則る加熱曲線での加熱				
No	加熱面			判定結果
	試験前	試験後		
1				
	加熱時間			
	5	10	15	
				
	火炎が通るき裂等の損傷及び隙間			無
	非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎			無
	非加熱側へ 10 秒を超えて連続する火炎の噴出			無

第 1-2-6 表 遮炎性試験結果詳細 (2/2)

供試体：防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）					
試験条件：IS0834 に則る加熱曲線での加熱					
No	加熱面			判定結果	
	試験前		試験後		
2				良	
	加熱時間				
	5	10	15		
					
	火炎が通るき裂等の損傷及び隙間				無
	非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎				無
	非加熱側へ 10 秒を超えて連続する火炎の噴出				無

2.5 評価

防火シートは外部からの火炎を遮る性能を有している。

3. 耐久性試験

3.1 熱・放射線劣化試験

3.1.1 目的

原子力発電所特有の高温環境及び放射線環境下において，防火シート及び結束ベルトが耐久性を有し，難燃性能を維持できることを確認する。

3.1.2 供試体

- ・防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）
- ・結束ベルト

3.1.3 試験方法及び判定基準

本試験は，電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号「原子力発電所電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨(案)」に準拠し，供試体に40年相当の熱及び放射線の劣化をさせ，外観確認にて割れ，膨れ，変色がないことを確認する。また，劣化前後の酸素指数※を比較し，数値に大きな低下がないことを確認する。試験条件を第1-2-7表に示す。

※酸素指数は値が大きくなるほど燃焼を続けるために多くの酸素を必要とすることをあらわすもので，燃えにくさを示す。

【酸素指数測定試験】

酸素指数測定試験は JIS K 7201 を準拠し，試料を酸素と窒素の気体中で燃焼させ，燃焼を続けるのに必要な酸素量と窒素量を決定し酸素指数を算出する。

第 1-2-7 表 熱・放射線劣化試験条件

供試体	想定年数	試験条件		
		熱劣化		放射線劣化
		温度 (℃)	時間	放射線量※ (kGy)
防火シート	40 年	121	168	500
結束ベルト	40 年	121	168	500

※:放射線線量率は, 10kGy/h 以下とする。

3.1.4 試験結果

試験結果を第 1-2-8 表に示す。外観確認の結果, 供試体に割れ, 膨れ, 変色がないことが確認した。

第 1-2-8 表 熱・放射線劣化試験結果

想定年数	試験結果			
	外観変化 (割れ, 膨れ, 変色)		酸素指数	
	シート	ベルト	シート	ベルト
初期	—	—	40.4	63
40 年	無	無	70 以上	45
判定結果	良	良	良	良

3.1.5 評価

防火シート及び結束ベルトは高温環境及び放射線環境下において耐久性を有するとともに, 酸素指数の値がシート初期値をいずれも上回っていることから, 難燃性を有している。

3.2 耐寒性試験

3.2.1 目的

トレンチ内等の低温環境下において、耐久性を有していることを確認する。

3.2.2 供試体

- ・防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）
- ・結束ベルト

3.2.3 試験方法及び判定基準

JIS C 3605 に準拠した試験を行い、外観確認にて割れ，膨れ，変色がないことを確認する。

3.2.4 試験結果

試験結果を第 1-2-9 表に示す。外観確認の結果，供試体に割れ，膨れ，変色がないことが確認した。なお，試験については，「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験結果を引用し評価する。

第 1-2-9 表 耐寒性試験結果

	試験結果	
	防火シート	結束ベルト
	外観変化(割れ，膨れ，変色)	
初期	—	—
劣化処理後	無	無
判定結果	良	良

3.2.5 評価

防火シート及び結束ベルトは低温環境下において，耐久性を有している。

3.3 耐水性試験

3.3.1 目的

トレンチ内等の高湿度環境下や防火水等に起因する水が付着した場合における、耐久性を有していることを確認する。

3.3.2 供試体

- ・防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）
- ・結束ベルト

3.3.3 試験方法及び判定基準

JIS K 5600-6-2 に準拠した試験を行い、外観確認にて割れ，膨れ，変色がないことを確認する。

3.3.4 試験結果

試験結果を第 1-2-10 表に示す。外観確認の結果，供試体に割れ，膨れ，変色がないことが確認した。なお，試験については，「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験結果を引用し評価する。

第 1-2-10 表 耐水性試験結果

	試験結果	
	防火シート	結束ベルト
	外観変化(割れ，膨れ，変色)	
初期	—	—
劣化処理後	無	無
判定結果	良	良

3.3.5 評価

防火シート及び結束ベルトは高湿度環境下や水の付着に対し，耐久性を有している。

3.4 耐薬品性試験

3.4.1 目的

点検や工事による塗料等の薬品が付着した場合において，耐久性を有していることを確認する。

3.4.2 供試体

- ・ 防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）
- ・ 結束ベルト

3.4.3 試験方法及び判定基準

JIS K 5600-6-1 に準拠した試験を行い，外観確認にて割れ，膨れ，変色がないことを確認する。

【浸漬条件】

酸：5%塩酸水溶液 3 日間

アルカリ：5%苛性ソーダ水溶液 3 日間

3.4.4 試験結果

試験結果を第 1-2-11 表に示す。外観確認の結果，供試体に割れ，膨れ，変色がないことが確認した。なお，試験については，「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験結果を引用し評価する。

第 1-2-11 表 耐薬品性試験結果

		試験結果	
		防火シート	結束ベルト
		外観変化(割れ，膨れ，変色)	
初期		—	—
劣化 処理後	酸	無	無
	アルカリ	無	無
判定結果		良	良

3.4.5 評価

防火シート及び結束ベルトは塗料等の薬品に対し，耐久性を有している。

3.5 耐油試験

3.5.1 目的

点検等で油が付着した場合において，耐久性を有していることを確認する。

3.5.2 供試体

防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）

3.5.3 試験方法及び判定基準

供試体を JIS C 2320 の 1 種 2 号絶縁油（温度 70℃）に 48 時間浸漬させ，外観確認にて割れ，膨れ，変色等がないことを確認する。

3.5.4 試験結果

試験結果を第 1-2-12 表に示す。外観確認の結果，供試体に割れ，膨れ，変色がないことが確認した。なお，試験については，「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験結果を引用し評価する。

第 1-2-12 表 耐油性試験結果

	試験結果
	外観変化 (割れ，膨れ，変色)
初期	—
劣化処理後	無
判定結果	良

3.5.5 評価

防火シートは油の付着に対し，耐久性を有している。

3.6 耐塩水性試験

3.6.1 目的

海岸近傍の塩分を含んだ環境下において、耐久性を有していることを確認する。

3.6.2 供試体

防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）

3.6.3 試験方法及び判定基準

JIS K 5600 に基づき、3%塩化ナトリウム溶液に 96 時間浸漬させ、外観確認にて割れ、膨れ、変色等がないことを確認する。

3.6.4 試験結果

試験結果を第 1-2-13 表に示す。外観確認の結果、供試体に割れ、膨れ、変色がないことが確認した。なお、試験については、「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験結果を引用し評価する。

第 1-2-13 表 耐塩水試験結果

	試験結果
	外観変化 (割れ，膨れ，変色)
初期	—
劣化処理後	無
判定結果	良

3.6.5 評価

防火シートは塩分の付着に対し、耐久性を有している。

4. 加振試験

4.1 目的

想定する外力では、結束ベルトが外れないこと、ケーブルが露出しないことを確認する。また、垂直トレイについてはファイアストッパが外れないことを確認する。

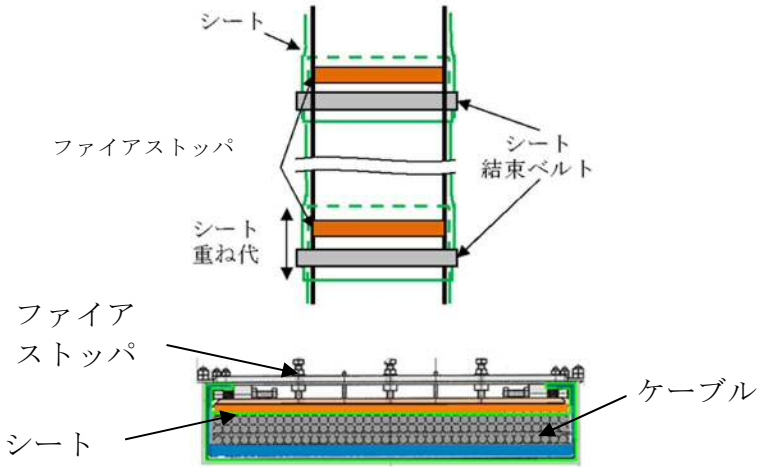
4.2 供試体

防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）

4.3 試験方法及び判定基準

加振により試験体へ外力を与える。試験の概要を第 1-2-14 表に示す。

第 1-2-14 表 加振試験の概要

試験体の例 (垂直トレイ)	
試験内容	・防火シートを施工する箇所における床応答スペクトルを包含する加速度による加振を行う。
試験条件	・ケーブルサイズ：低圧電力ケーブル（満載状態） ・トレイ設置方向：水平トレイ，垂直トレイ
判定基準	・結束ベルトが外れないこと。 ・ファイアストッパが外れないこと（垂直トレイ）。 ・ケーブルが外部に露出しないこと。

4.4 試験結果

試験結果を第 1-2-15 表にまとめる。また，試験の詳細を第 1-2-16 表に示す。

第 1-2-15 表 加振試験結果

トレイ設置方向	試験結果		
	結束ベルトの 外れ	ファイアス トップの外れ	ケーブル の露出
水平トレイ	無	—	無
垂直トレイ	無	無	無
判定結果	良	良	良

第 1-2-16 表 加振試験結果の詳細 (1/2)

供試体：複合体（低圧電力ケーブル満載，水平トレイ）				
No	複合体の状態		判定結果	
	試験前	試験後		
1			良	
				
	結束ベルト，防火シートの状態			
	試験前	試験後		
				
	結束ベルトの外れ			無
	ケーブルの露出			無
	ファイアストoppaの脱落			

第 1-2-16 表 加振試験結果の詳細 (2/2)

供試体：複合体（低圧電力ケーブル満載，垂直トレイ）				
No	複合体の状態		判定 結果	
	試験前	試験後		
2			良	
				
	結束ベルト，防火シートの状態			
	試験前	試験後		
				
				
	結束ベルトの外れ			無
	ケーブルの露出			無
	ファイアストッパの脱落			無

4.5 評価

想定する外力では結束ベルト及びファイアストッパは外れず，ケーブルは露出しない。

防火シートの技術資料

FT-資料-第 0843 号

延焼防止シート

『プロテコ[®]シート-P2・eco』

『プロテコ[®]シート-P2DX・eco』

シート固定用

『結束用ベルト』

技術資料・施工要領書

古河電気工業株式会社

株式会社古河テクノマテリアル

『プロテコ[®]シート-P2・eco』および『プロテコ[®]シート-P2DX・eco』は、シートタイプの延焼防止材です。

各シートを、洞道－変電所間の引き込み部あるいは変電所内配電盤床下貫通部付近などで多条布設されている各種ケーブル（電力、通信、光ファイバなど）に巻付けることにより、その部分が高度な難燃性を備えた防火保護層となり、その先にある重要設備への延焼を確実に防止します。

尚、各種ケーブルの単条布設に対しては、テープタイプの延焼防止材『プロテコテープ 2号』があります。詳細につきましては、弊社防災事業部までお問い合わせください。

表 1 各シートおよび結束用ベルト仕様

シート名	仕様	適用	外観
プロテコ [®] シート-P2・eco	基材のガラスクロス両面に難燃化ゴムがコーティングされた構造。 厚さ 0.4[mm]。	電力・光・通信・制御ケーブルなどを延焼防止処置する場合	
プロテコ [®] シート-P2DX・eco	プロテコ [®] シート-P2・eco の片端に、熱に反応して膨張する幅 50[mm]×厚さ 3[mm]の熱膨張材（3 項 物性値参照）が縫製された構造。	ケーブルラックごと延焼防止処置する場合	
結束用ベルト	シリコンコートガラスクロス製ベルトの片端に銅製バックルが縫い付けられた構造。	KT-35 （幅 35[mm]タイプ）： プロテコ [®] シート-P2・eco、 P2DX・eco 固定用	
		KT-19 （幅 19[mm]タイプ）： プロテコ [®] シート-P2・eco、 P2DX・eco 固定用 および P2DX・eco の熱膨張材部分固定用	

1. 特長

① 延焼防止性

各シートとも、IEEE std.383-1974およびJISC3521準拠「垂直トレイ燃焼試験」
 (※) (815[°C]加熱×20[min]) に合格しております。試験結果につきましては、2項
 をご確認ください。

詳細につきましては、当社までお問い合わせください。

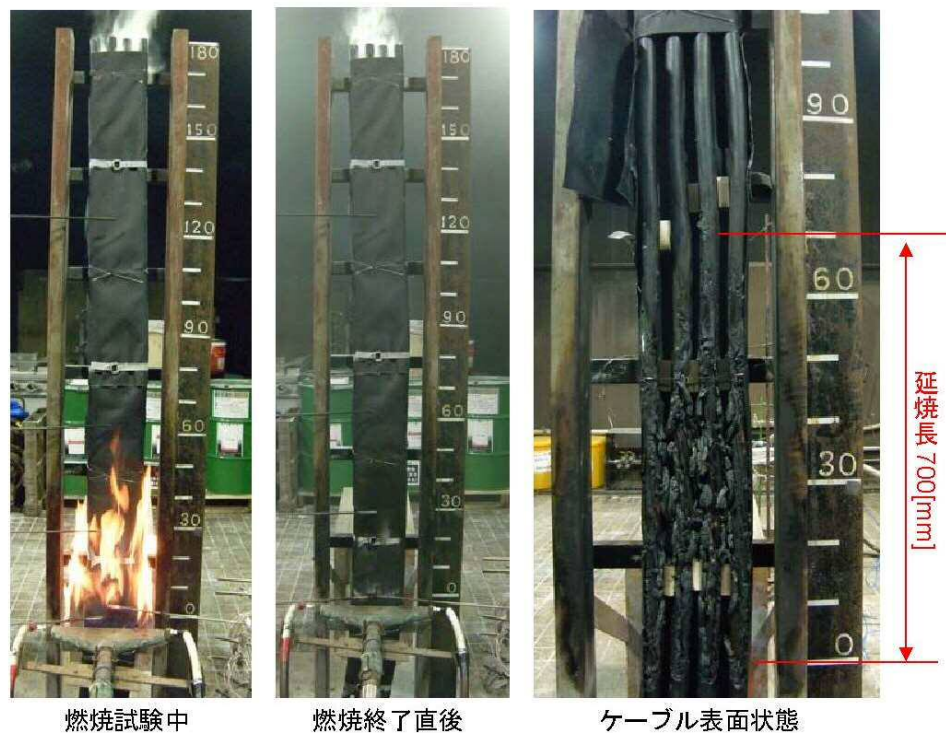


図1 『プロテコシート-P2・eco』垂直トレイ燃焼試験

(※) IEEE std.383-1974 は、アメリカ電気学会が制定した原子力発電所用ケーブルの試験規準であり、この中に記載されている「垂直トレイ燃焼試験」は、延焼性の有無を評価する試験方法として制定されています。日本国内でも、JISC3521 として規格化されており通信ケーブル、耐火・耐熱電線等の難燃性評価に用いられています。本テープはこれらの規格を流用して、その延焼防止性を評価しております。

② 施工性

各シートとも、厚さ 0.4[mm]と薄肉且つ軽量なので、切断や高所作業が誰でも簡単に行えるため、塗料系延焼防止材と比較して、施工時間を大幅に短縮できます。

また、繰り返し巻付け・取外しが可能なため、各種ケーブルの撤去・再通線作業に対して省力化が図れます。

更に、隙間の生じ易いケーブルラックへの延焼防止措置には、シート端部に熱膨張材が取り付けられている『プロテコ®シート-P2DX・eco』を、巻き始めと巻き終わりに適用することで、より効果的な延焼防止措置を行うことができます。

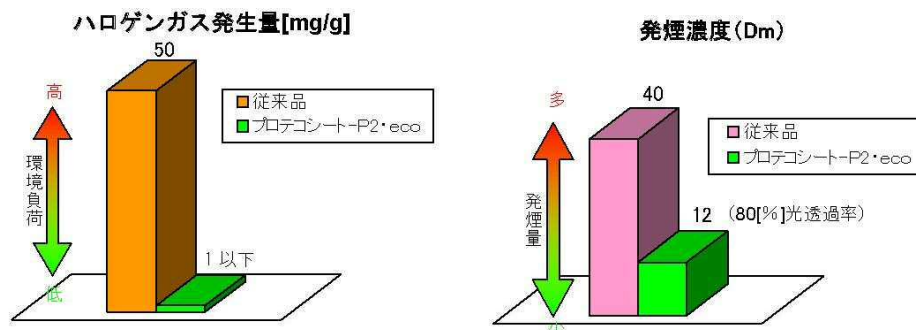
③ 許容電流低減率

各シートとも、電力ケーブル 600V CV250mm²-3C に巻付けた場合での許容電流低減率は約 10[%]です。

詳細につきましては、当社までお問い合わせください。

④ 環境負荷の大幅低減

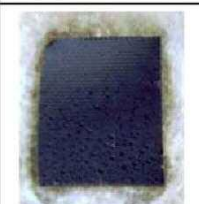
各シートとも、燃焼時のハロゲン化水素発生量は 1 [mg/g] 以下、発煙量も当社従来品の 1/3 以下と、環境への負荷を大幅に低減しています（2 項参照）。



⑤ 優れた防カビ性能

各シートとも、優れた防カビ性を有しており、カビが発生しやすい場所（洞道内など）にも適用することができます。

【カビ抵抗性試験(インナーミル試験)28日間培養結果】

P2・eco	従来品(P2)	比較品(*)
カビの発育が全くみられない	同左	全体の1/3をカビが覆っている
		

(*) P2・ecoと同組成で防カビ剤を含んでいないもの

2. 物性

各シートおよび結束用ベルトの物性を、表 2 に示します。

表 2 各シートおよび結束用ベルト物性

製品名		項目	試験方法	規格	代表値 ^(※)	
プロテコ [®] シート-P2・eco	機械強度		JISR3420 準拠	引張強度 1300 [N／25mm] 以上	1846	
				伸び率 2 [%] 以上	5.83	
	耐油性	JISC2320 : 1999「電気絶縁油」に規定の絶縁油 A 2 種 1 号または同等以上の性能を有するアルキルベンゼン系合成油を 40[°C]一定に保ち試料を完全に漬けた状態で 10 日間放置	ワレ、フクレ、ハガレなど異常の生じないこと	異常なし		
	耐水性	40℃±2℃の水道水 48H 浸漬後、目視観察	ワレ、破れ、異物の混入等が無いこと	異常なし		
	比重	JISK7112 準拠（水中置換法）	1.6～2.0	1.87		
	酸素指数	JISK7201-2 準拠	OI 値 60 以上	77.9		
	ハロゲン化水素発生量	JCS7397 : 2004 準拠	5 [mg／g] 以下	1 以下		
	発煙濃度	ASTME662-83 Non-Flaming 法準拠	Dm25 以下	12.4		
	防カビ性	インナーミル法によるカビ（真菌）抵抗性試験	実用範囲の防カビ性があること	菌の発育は全く見られない		
	延焼防止性能	IEEE std.383-1974 準拠 JISC3521 準拠 「垂直トレイ燃焼試験」	①試料上端 1800[mm]まで焼損しないこと	①700[mm]	合格	
②試験終了後、残炎が無いこと			②残炎なし			
-P2DX・eco プロテコ [®] シート	シート	プロテコ [®] シート-P2・eco と同等			—	
	熱膨張材	膨張倍率	250[°C]×60[min]加熱	12 倍以上	12 倍以上	
結束用ベルト		機械強度	JISR3420 準拠	引張強度 1000 [N／25mm] 以上	1588	

(※) 数値は代表値であり保証値ではありません。代表値は予告無く変わることがあります。

3. 標準寸法

各シートおよび結束用ベルトの標準寸法を、表 3 に示します。

表 3 各シートおよび結束用ベルトの標準寸法

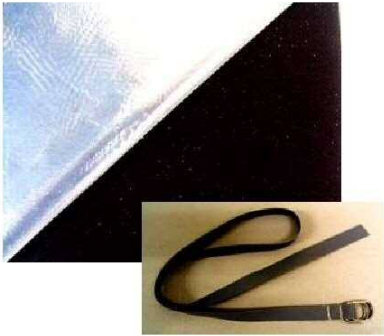
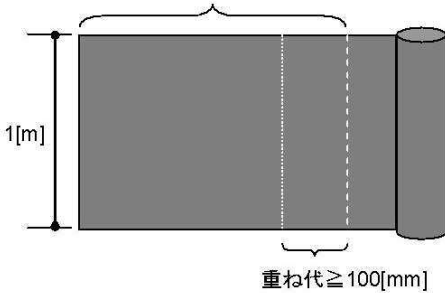
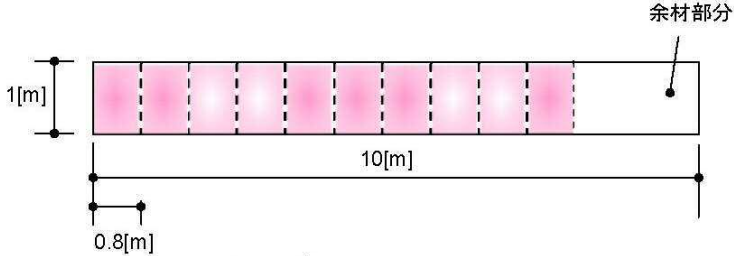
名称	品番	標準寸法[mm]		
		厚さ	幅	長さ
プロテコ®シート-P2・eco ^(※1)	P2-5	0.4	1,000	5,000
	P2-10			10,000
プロテコ®シート-P2DX・eco ^(※1)	P2DX-5	0.4 (シート部)	1,000	5,000
	P2DX-10			10,000
結束用ベルト ^(※2)	KT-19	0.5	19	300
				400
				500
				700
				900
	KT-35		35	300
				400
				500
				700
				900

(※1) 寸法などの仕様変更を要する際は、当社までお問い合わせください。

(※2) 結束用ベルトは受注生産となっております。

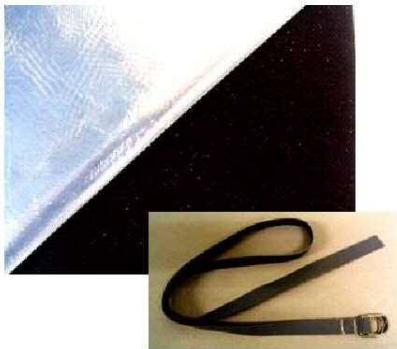
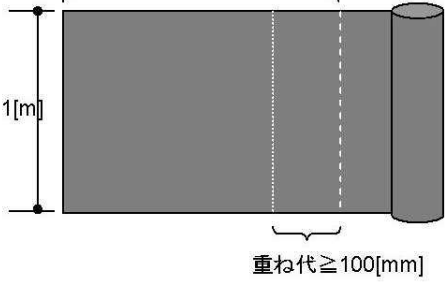
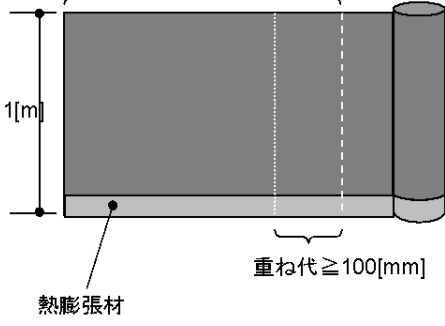
4. 施工

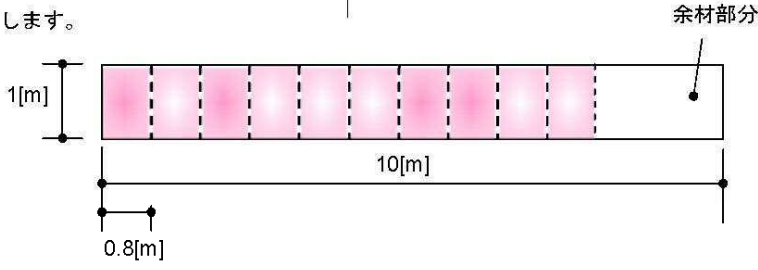
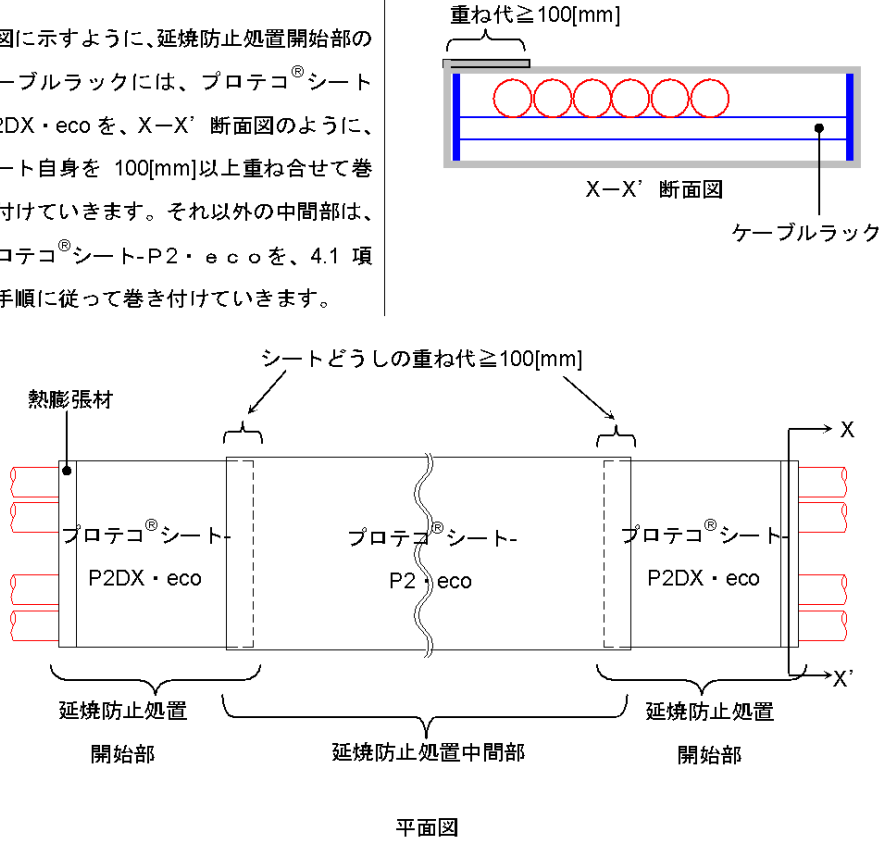
4.1 ケーブル布設部

手順	内容	概要図
1	使用部材の確認 特殊部に使用する部材の数量および破れ、傷などの破損有無などを目視確認します。	
2	採寸・シート罫書き 巻付けの対象となる通線物の外周長 L を採寸し、重ね代 $100[\text{mm}]$ を加えて切断寸法 X を決め、シートに罫書きします。	切断寸法 $X = \text{通線物外周長 } L + 100[\text{mm}]$ 
3	シート切断 ハサミあるいはカッターなどで罫書線に沿って真っ直ぐシートを切断します。この際、シートに付着している離型フィルム側を下にします。	 プロテコ®シート-P2・eco P2-10 切断例

手順	内容	概要図
4	シート巻付け シート自身およびシートどうしを 100[mm]以上重ね合わせて、1 層巻付けます。また、シート内水進入防止対策として、図のように、必ず、上から下に重ね合わせ、重ね目が下に来るよう巻きつけます。	重ね代 $\geq 100[\text{mm}]$ 通線物 シート X-X' 断面図 シート シート X X' シートどうしの重ね代 $\geq 100[\text{mm}]$ 通線物 平面図
5	ベルト取付けおよび選定 下図のように、ベルトを 300[mm]間隔で取り付けていきます。また、シートどうしの重ね部には、必ずベルトを取り付けてください。尚、ベルトは、巻付け周長+余長 200[mm]以上の長さのものを選定してください。	ベルト 通線物 300[mm] 300[mm] 平面図
6	1 パート施工完了 手順 1～5 を繰返して、延焼防止処置範囲のシート巻き付けを行っていきます。	

4.2 ケーブルラック部

手順	内容	概要図
1	使用部材の確認 特殊部に使用する部材の数量および破れ、傷などの破損有無などを目視確認します。	
2	採寸・シート罫書き 巻付けの対象となる通線物の外周長 L を採寸し、重ね代 $100[\text{mm}]$ を加えて切断寸法 X を決め、シートに罫書きします。	切断寸法 $X = \text{通線物外周長 } L + 100[\text{mm}]$  重ね代 $\geq 100[\text{mm}]$ プロテコ®シート-P2・eco 切断寸法 $X = \text{通線物外周長 } L + 100[\text{mm}]$  重ね代 $\geq 100[\text{mm}]$ 熱膨張材 プロテコ®シート-P2DX・eco

手順	内容	概要図
3	シート切断 ハサミあるいはカッターなどで罫書線に沿って真っ直ぐシートを切断します。この際、シートに付着している離型フィルム側を下にします。	 プロテコ®シート-P2・eco P2-10 切断例
4	シート巻付け 下図に示すように、延焼防止処置開始部のケーブルラックには、プロテコ®シート-P2DX・eco を、X-X' 断面図のように、シート自身を 100[mm]以上重ね合わせて巻き付けていきます。それ以外の中間部は、プロテコ®シート-P2・eco を、4.1 項の手順に従って巻き付けていきます。	 重ね代≧100[mm] X-X' 断面図 ケーブルラック 熱膨張材 プロテコ®シート-P2DX・eco プロテコ®シート-P2・eco プロテコ®シート-P2DX・eco 延焼防止処置 開始部 延焼防止処置 中間部 延焼防止処置 開始部 シートどうしの重ね代≧100[mm] 平面図

手順	内容	概要図
5	ベルト取付け 下図のように、ベルトを 300[mm]間隔で取り付けていきます。また、シートどうしの重ね部には、必ずベルトを取り付けます。	
6	1パート施工完了 延焼防止処置中間部は、4.1 項に示す手順 1～5 を繰返して、延焼防止処置範囲のシート巻き付けを行っていきます。	
*	ラック支持がある場合 ケーブルラックの支持形状に合わせて、シートを切断して取り付けていきます。絶対に隙間が見えないように、複数枚充ててください。	

4.3 ケーブル接続（クロージャ）部

手順	内容	概要図
*	接続部は外形が大きくなります。シートもこの大きさに合わせて裁断してください。 更に、接続部の両端部は、図のようにシワを寄せて絞った後、結束用ベルトで固定してください。	概要図は、ケーブル接続部の接続方法を示しています。複数のケーブルが並列に接続されており、接続部は中央に位置し、両端部はシワを寄せて絞られ、結束用ベルトで固定されています。図には「ケーブル接続部」と「結束用ベルト」のラベルがあります。

5. 取扱い上の注意

5.1 保管・運搬

現場保管の際は、製品保護のため、風雨や直射日光を避けてください。やむをえず屋外に置く場合は、日光の直射や風雨をさけるため防水シートなどの覆いで保護してください。

5.2 施工

- (1) ケーブルから外した線路名板等は、必ず元の位置に戻して下さい。



- (2) 受け枕、ラック等へのケーブルの結束はケーブル敷設工事基準に従ってください。
- (3) シートは、傷、穴等があると延焼防止機能が低下します。ケーブル敷設工事等で、万一、シートに傷がつき内部のガラス繊維が露出したような場合は、交換してください。

5.3 廃棄

各シートおよび結束用ベルトは、産業廃棄物となります。

廃棄の際は、廃棄処理および清掃に関する法律にしたがって処分してください。

6. 安全に関するご注意

ご使用前に必ず、この「安全に関するご注意」をよくお読みいただき、正しくお使いください。ここに示した注意事項は、あなたや他の人々への危害や損害を未然に防止するためのものです。

 警告	この表示を無視して誤った取り扱いをすると、人が死亡または重傷を負う可能性が想定される内容を示しています。
 注意	この表示を無視して誤った取り扱いをすると、人が傷害を負う可能性および物的損害のみの発生が想定される内容を示しています。

◆ 図記号の意味は、次のとおりになっています。

 注意	： 気をつける必要があることを表しています。
 禁止	： してはいけないことを表しています。
 指示	： しなければならないことを表しています。

 警告		子供・幼児の手の届くところに材料部材を置かないでください。
		単心の電力ケーブルが貫通する場合は周囲に鉄系の金具を配置しないでください。
		取扱説明書または認定書・評定書に従って施工してください。
		液体状のものを扱う場合は保護めがねを着用してください。 繊維状または粉状のものを扱う場合はマスクおよび保護めがねを着用してください。
 注意		金具を扱う場合は保護具を着用してください。
		特殊な環境下で使用される場合は事前に相談ください。
		防水性が要求される場合は別途施工してください。

7. 免責事項

- (1) 各シートの延焼防止性能を得るためには、施工品質が大変重要になります。これらを施工するにあたり、施工方法をよくご理解いただき、施工者及び建物管理者の責任において施工及び維持管理していただきますようお願い致します。
- (2) 以下のような場合において問題が生じた場合、当社として責任を負いかねますのでご了承ください。
- ① 弊社指定以外の材料を使用した場合
 - ② 本来の使用目的以外に使用した場合
 - ③ 再通線、改修工事などにおいて、不適切な施工により問題が生じた場合
 - ④ 「安全に関するご注意」を守らなかった場合
 - ⑤ 適切な維持・管理が行われていない場合
 - ⑥ 通常の経年変化（使用に伴う消耗、磨耗など）や経年劣化、またはこれらに伴うほこりによる仕上がりの変化の場合
 - ⑦ 周辺環境に起因する場合（例えば、酸性・アルカリ性のガス、異常な高温・低温・多湿、結露など）
 - ⑧ 躯体の変形など、製品以外の不具合に起因する場合
 - ⑨ 犬、猫、鳥、鼠、蛇などの小動物・昆虫やツルや根などの植物に起因する場合
 - ⑩ 犯罪、いたずらなどの不法な行為に起因する場合
 - ⑪ 戦争・紛争・天災その他の不可抗力による場合（例えば、暴風、豪雨、高潮、地震、落雷、洪水、地盤沈下、など）
 - ⑫ 実用化されている技術では予測不可能な現象、またはこれが原因による場合

8. 問い合わせ先

株式会社 古河テクノマテリアル 防災事業部 市場開発部

TEL : 0463-24-9341

FAX : 0463-24-9346

E-MAIL : bosai@ftm.fitec.co.jp

URL : <http://www.furukawa-ftm.com/>

9. その他

本書記載の仕様は製品改良等のため、お断りなく変更する場合がありますので、ご了承ください。

以 上

防火シートの延焼防止機能について

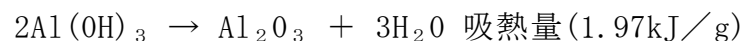
1. 材質

防火シートは、基材であるガラスクロスに高難燃性を付与した難燃ゴム（アクリロニトリルブタジエンゴムに水酸化アルミニウム添加）を含浸させたシート状の延焼防止材である。

2. 延焼性防止機能

ケーブルあるいはケーブルトレイに直接巻き付けて使用するものであり、以下の機能によりケーブルの延焼を防止するものである。

- (1) 延焼防止対象物であるケーブルあるいはケーブルトレイに本シートを巻くことで火災時にケーブル自体を直火に曝されることを防ぐ。
- (2) 防火シートがケーブルあるいはケーブルトレイの表面に沿って巻き付けられることで防火シートに覆われた内部が酸素欠乏状態になり延焼を防ぐ。
- (3) 難燃ゴムに含有される水酸化アルミニウムが火炎に曝されることで、結晶水の解離反応が起こり、この吸熱効果により冷却効果をもたらす。これにより火災時のケーブル温度上昇を抑える。



- (4) 防火シートが高温に曝されることで硬化し、巻き付けた状態で形状を維持することで、防火シートの重ね代および防火シートの連結部分からの火炎の侵入を防ぐ。
- (5) 以上の相乗効果によりケーブルが延焼していくことを防ぐ。

出典：延焼防止シート『プロテコ®シートーP 2・eco』延焼防止機能について
FT-外-41103 号（古河電気工業株式会社，株式会社古河テクノマテリアル）

防火シート及び結束ベルトの標準施工方法

1. 適用

本施工方法は、ケーブル及びケーブルトレイへの代替措置として使用する防火シート及び結束ベルトについて適用する。

2. 施工方法

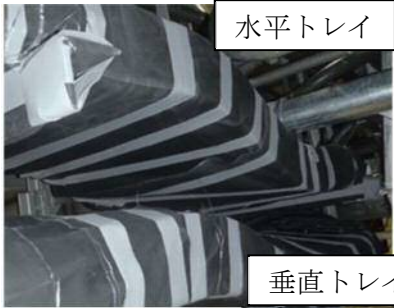
「防火シート（以下「シート」という。）及び結束ベルト（以下「ベルト」という。）」のケーブル及びケーブルトレイ（以下「トレイ」という。）に対する基本的な施工方法を以下に記す。

- ・ ケーブルに対してトレイごとシートを巻き付ける、又はケーブルに直にシートを巻き付ける。シートは、ケーブル及びトレイ断面にできるだけ沿うように巻き付ける。
- ・ ケーブルが束（複数本）の場合は、ケーブル 1 本ずつ又は束ごとシートを巻き付ける。
- ・ シートは 100mm 以上の重ね代を設けて巻き付け、シートの重ね代が十分であることを確認する。トレイごとシートを巻き付ける場合、シート重ね部は原則として外側側面とし、この位置で施工確認をする。
- ・ 隣り合うシートと 100mm 以上重ね代を設けて巻き付け、重ね代が十分であることを確認する。なお、トレイごと巻き付ける場合、シートの重ね代の施工確認は原則としてトレイ 4 辺のうちいずれか 2 辺とする。
- ・ ベルトは 300mm ピッチ以下で取り付けてシートを固定し、ピッチが適切であることを確認する。

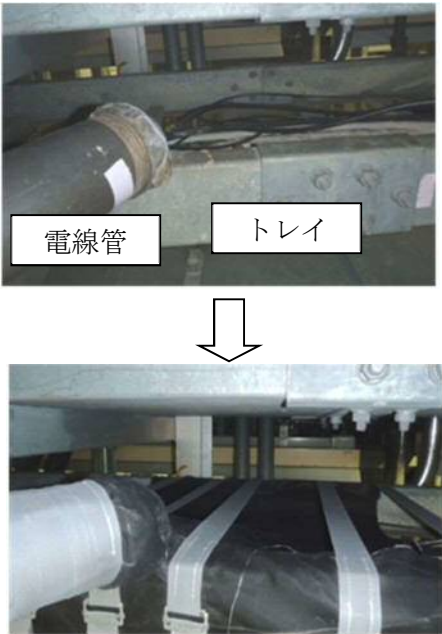
- ・シートの重ね部には原則として必ずベルトを取付ける。

各種形状のトレイに対する代表施工例を第 1-5-1 表に、以降、標準施工方法を示す。

第 1-5-1 表 防火シートの代表施工例 (1/2)

CASE	名 称	施工例	頁
1	直線トレイ巻き (直線トレイ+トレイサポ ートへ巻く方法)	 水平トレイ  垂直トレイ  ファイアストッパ	1-1 ～ 1-4
2	傾斜トレイ巻き	 傾斜トレイ	2-1 ～ 2-2
3	L字トレイ巻き	 L字トレイ	3-1 ～ 3-3
4	T字トレイ巻き	 T字トレイ	4-1 ～ 4-2

第 1-5-1 表 防火シートの代表施工例 (2/2)

CASE	名 称	施工例	頁
5	電線管からトレイ入線部への施工（シートに切欠きを入れて巻く方法）		5-1 ～ 5-3
6	直巻き（ケーブル単体に巻く方法）		6-1 ～ 6-2
7	ケーブルトレイエンド部への施工		7-1 ～ 7-2

CASE 1

直線トレイへのシートの巻き付け

シートの基本的な施工方法です。CASE2 以降においても原則としてこれを基本としてください。

STEP 1 シートの加工

- ① 右に示すように、シートをトレイに巻き付けた際に巻き付け重ね代 A が 100mm 以上となるように、巻き付け長さ L を採寸して算出してください。右断面図のトレイを囲う線が巻き付け長さ L で、以下のように算出できます。

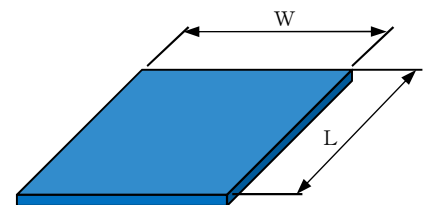
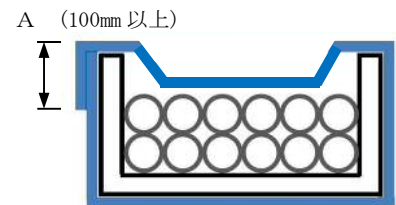
巻き付け長さ L(mm) = トレイ高さ × 2 + トレイ深さ × 2 + トレイ耳幅 × 2 + 最上段布設ケーブル周長 + 重ね代 100

シートは幅 W1000mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。

- ※ 巻き付け重ね代 A がトレイの耳部からトレイの側面にかけて位置するようにシートの巻き始めの位置を調整してください。

- ② 出した寸法に合わせて、シートをハサミ等で切断してください。

- ※ シートを対象物に沿わせて巻き付けた際、ケーブル・電線等の凹凸でシートの巻き付け重ね代 A100mm 以上が取れなくなる可能性があるため、通常は算出した寸法 + 100 ~ 200mm を巻き付け長さの目安としてください。ケーブル・電線等の凹凸が大きい又は多い場合は、適宜長さ L を調整してください。



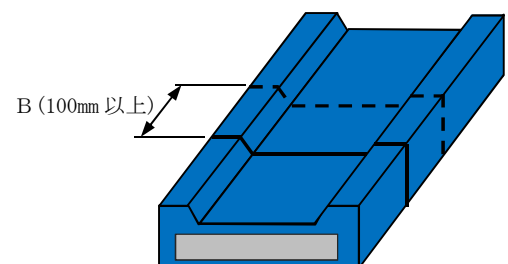
防火シート

STEP 2

- ③ ケーブル・電線及びトレイに対して沿わせるようにシートを巻き付けてください。

- ④ 巻き付け重ね代 A が 100mm 以上であることを確認してください。(STEP1 図参照)

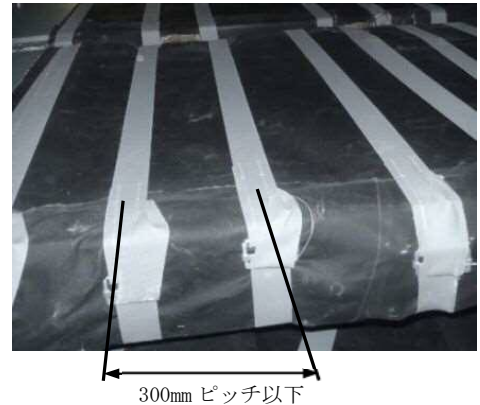
- ⑤ 隣接する未処理部分のトレイに、隣り合うシートとの連結重ね代 B を 100mm 以上設けつつシートを巻き付けてください。④と同様に、巻き付け重ね代 A が 100mm 以上であることを確認してください。



CASE 1 - 1

STEP 3 ベルトの巻き付け

- ⑥ ③～⑤で巻き付けたシートにベルト (KT35:幅 W35mm) を巻き付けてシートを固定してください。バックルが巻き付け重ね代 A の位置でかつトレイ側面部分に位置するように調整してください。
- ⑦ ベルトは 300mm ピッチ以下で取り付けてください。
- ※ 隣り合うシートとの連結重ね代部分には、必ずベルトを巻き付けてシートを固定するようにしてください。
- ※ ベルト施工の順番は、シート施工後又は施工途中のどちらの順番でも構いません。ベルトを使ってシートを仮止めしておくと、続けて施工がしやすくなります。
- 注) ベルトの上からシートを巻き付けてはいけません。



STEP 4

- ・ 右のように、ケーブル・電線に凹凸がある場合は、沿わせながらシートを巻き付けてください。
- ※ ケーブル・電線等の凹凸に沿うようにシートを沿わせて巻き付けた場合、シートの巻き付け代 A100mm 以上が取れなくなる可能性があるため、シートの長さ L の算出にご注意ください。



STEP 5

- ・ 垂直トレイ部等へのファイアストップの設置は、ファイアストップの施工方法を参照してください。

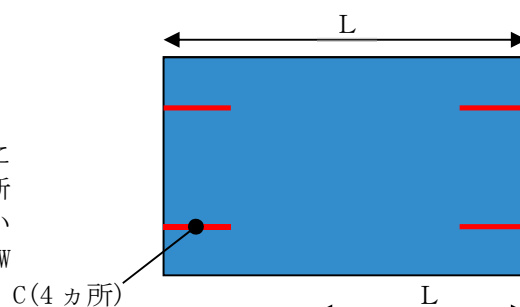


CASE 1-2

サポート部への巻き付け方の加工

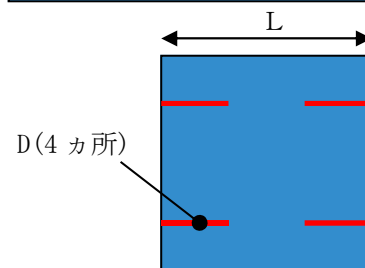
【上側シートの加工】

- ① 右に示すように、C の長さが 50mm 程度になるようにシートの長さ L を採寸して算出し、ハサミ等で切断してください。サポート部はシート幅 W500mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。



【下側シートの加工】

- ② 右に示すように、D の長さが 50mm 程度になるようにシートの長さ L を採寸して算出し、ハサミ等で切断してください。



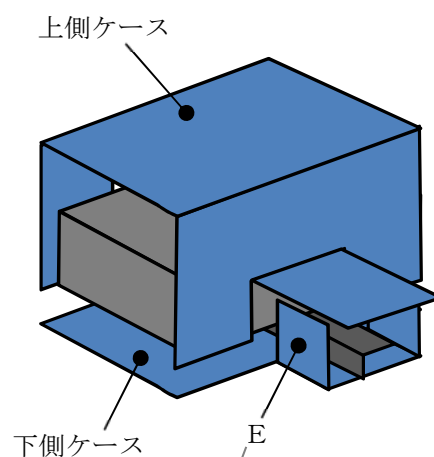
【上側・下側シートの巻き付け】

- ③ 右に示すように、トレイの上面を①で切断した上側シートで覆ってください。続けてトレイとサポートの下面を②で切断したシートで覆ってください。
※ シートがたるんでサポートとシートの間に大きな隙が発生することの無いようご注意ください。

- ④ サポートに沿わせて、④の上側シートに C の長さで切り込みを入れてください。また、トレイに沿わせて④の下側シートに切り込みを入れてください。

- ※ シートを切り込み過ぎると隙間ができるため、現物にシートを合わせながら切り込みを入れてください。

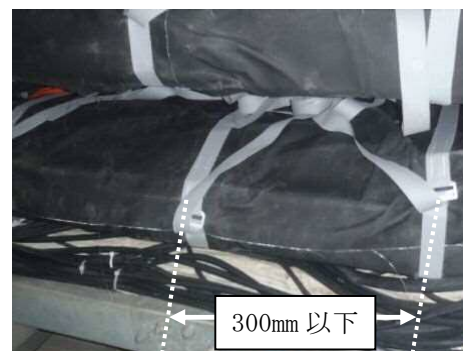
- ⑤ E 部のシートで、トレイから突き出たサポート部とサポート上面のシートを包み込んでください。



CASE 1-3

【直線部へのシートの加工と巻き付け】

- ⑥ シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。シート幅 W1000mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。
- ⑦ サポート部のシートとの連結重ね代を 1000mm 以上設けつつ、サポート部のすぐ脇から直線部へシートを巻き付けてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。
- ⑧ サポート部を覆うシートにベルト (KT35:幅 W35mm 又は KT19:幅 W19mm) を巻き付けてシートを固定してください。
- ⑨ トレイを覆うシートにベルト (KT35:幅 W35mm) を巻き付けてシートを固定してください。
- ⑩ サポート下部が突起上になっている場合は、リングを使ってシートをベルトで固定してください。



CASE 1-4

CASE 2

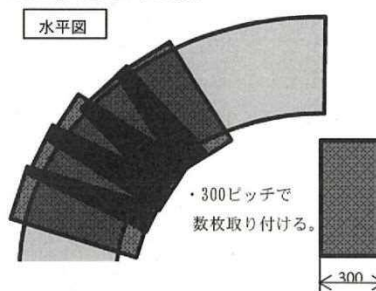
傾斜トレイへのシートの巻き付け 水平から屈折して傾斜がついている部位等

STEP 1 屈折部用のシート加工と巻き付け

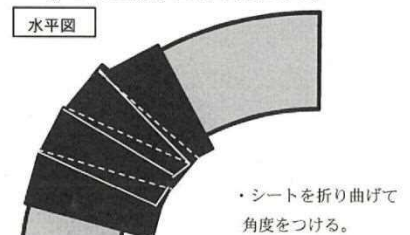
- ① シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。屈折部はシート幅 W300mm 又は 1000mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。
- ※ 屈折角が大きい場合、シート幅 W300mm だと、隣り合う直線部へのシートとの連結重ね代 100mm が取れない可能性がありますので、ご注意ください。
- ※ 屈折部は巻き付けの重ね代が取れなくなる恐れがありますので、シートの長さを少し長めにするようにしてください。
- ② 屈折部へシートを巻き付け、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。



①-1 300mm幅で巻きつける方法



①-2 1000mm幅で1回で巻きつける。



STEP 2 傾斜部へのシート加工と巻き付け

- ③ シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。シート幅 W1000mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。
- ④ 隣り合う屈折部のシートとの連結重ね代を 100mm 以上設けつつ、直線部へシートを巻き付けてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。



STEP 3 ベルトの巻き付け

- ⑤ 巻き付けたシートにベルト(KT35:幅 W35mm)を巻き付けてシートを固定してください。

※ 屈折部のシートは浮きやすいので、屈折部のシートの両端を必ずベルトで固定するようにしてください。



CASE 2-2

CASE 3

L 字トレイへのシートの巻き付け

水平方向に直角に屈折している部位等（シートを裏返すこと無く施工が可能）

STEP 1 角部上面用のシート加工と巻き付け

角部にトレイサポートがあるため、サポート部に対して CASE2 の STEP1 及び STEP2 と同じ施工をします。

- ① CASE2 の STEP1 の図に示すように、C の長さが 50mm 程度になるようにシートの長さ L を採寸して算出し、ハサミ等で切断してください。サポート部はシート幅 W500mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。

角部・湾曲部のシート幅 W の目安

トレイ幅 [mm]	角部シート幅 [mm]	湾曲部シート幅 [mm]
300	500	500
600	1000	500
750	1000	1000

- ② CASE2 の STEP1 の図に示すように、角部のトレイとサポートの上面を①で切断したシートで覆ってください。

※ 角部周囲にシワができますが、シワ部分をケーブル・電線トレイの間やトレイの上フランジ部の下に折り込むようにすると綺麗に仕上がります。



CASE 3 - 1

STEP 2 角部下面用のシート加工と巻き付け、ベルトの巻き付け

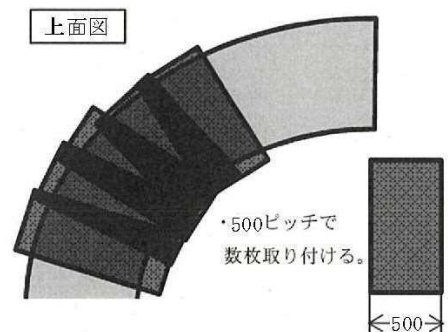
- ③ CASE2 の STEP2 の図に示すように、D の長さが 50mm 程度になるようにシート長さ L を採寸して算出し、ハサミ等で切断してください。角部はシート幅 W500mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。
- ④ CASE2 の STEP2 の図に示すように、トレイとサポートの下面を③で切断したシートで覆ってください。
- ※ シートがたるんでサポートとシートの間に大きな隙間が発生することの無いようご注意ください。
- ⑤ トレイに沿うようにしてシートに切り込みを入れてください。
- ※ シートを切り込み過ぎると隙間ができるため、できるだけ現物にシートを合わせながら切り込みを入れてください。
- ⑥ CASE2 の STEP1 の図の E 部のシートで、サポートとサポート上面のシートを包み込みようにしてください。
- ⑦ 巻き付けたシートにベルト (KT35: 幅 W35mm, 又は KT19: 幅 W19mm) を巻き付けてシートを固定してください。



STEP 3 湾曲部のシート加工と巻き付け

- ⑧ シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。シート幅 W500mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて適宜シートを切断し、幅 W を調整してご使用ください。
- ※ 湾曲部はシワの影響で巻き付けの重ね代が取れなくなる恐れがありますので、少しシートを長めにする等、ご注意ください。
- ⑨ 隣合う角部のシートとの連結重ね代を 100mm 以上設けつつ、湾曲部へシートを巻き付けてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。
- ⑩ 未処理部分のトレイが直線になるまで必要に応じて⑩、⑪を繰り返してください。
- ※ トレイの外側でシートを折って裏返しにしても構いません。この方法だとシート施工の進行方向に巻き付けやすくなります。

⑧500mm幅で巻く方法 (例)



CASE 3-2

STEP 4 直線部のシート加工と巻き付け

- ⑪ シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。シート幅 W1000mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。
- ⑫ 隣り合う湾曲部のシートとの連結重ね代を 100mm 以上設けつつ、2 方向の直線部へシートを巻き付けてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。

STEP 5 ベルトの巻き付け

- ⑬ 巻き付けたシートにベルト (KT35:幅 W35mm) を巻き付けてシートを固定してください。角部や湾曲部では、写真のようなリング (熔融亜鉛メッキ鋼又はステンレス製、約 ϕ 100mm) をトレイの上面・下面の対象位置に用い、それぞれ 3 方向にベルトを付けてシートを固定してください。



リング

- ※ トレイの接線に対してベルトが直角になるように、ベルト及びリングの位置を調整してください。直角になっていないとベルトがズレ易くなり、ベルト及びシートにたるみが出る恐れがあります。
- ※ ピッチが 300mm 以下になるように各ベルトの位置を調整してください。

CASE 3 - 3

CASE 4

T字トレイへのシートの巻き付け

水平3方向に直角に分岐している部位等

STEP 1 分岐部用のシート加工と巻き付け

- ① 右図に示すように分岐部の直線側面から直角に伸びたトレイを上下で挟み込むように施工します。右図のように、分岐部の直線側面から直角に伸びたトレイが直線になる位置までを覆うことができるようにシートの長さ L を採寸して算出し、ハサミ等で切断してください。分岐部に用いるシート幅は下表を目安とし、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。

分岐部・湾曲部のシート幅 W の目安

トレイ幅 [mm]	分岐部シート幅 [mm]	湾曲部シート幅 [mm]
300	500	500
600	1000	500
750	1000	1000

- ② 右に示すように、当該部分を①で切断したシートでトレイ上下を挟み込んでください。
- ※ トレイ下側のシートをマグネット等で仮止めすると施工しやすくなります。

**STEP 2 湾曲部用のシート加工と巻き付け**

- ③ シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。湾曲部に用いるシート幅は上表を目安とし、現場状況に合う幅 W を適宜調整してご使用ください。
- ※ 湾曲部は巻き付けの重ね代が取れなくなる恐れがありますので、少しシートを長めにする等、ご注意ください。
- ④ 隣り合う分岐部のシートとの連結重ね代を 100mm 以上設けつつ平行になるようにし、湾曲部へシートを巻き付けてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。



CASE 4-1

STEP 3 直線部用のシート加工と巻き付け

- ⑭ シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミで切断してください。シート幅 W1000mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。
- ⑮ 隣り合う湾曲部のシートとの連結重ね代を 100mm 以上設けつつ、3 方向の直線部へシートを巻き付けてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。

STEP 4 ベルトの巻き付け

- ⑯ 巻き付けたシートにベルト (KT35:幅 W35mm) を巻き付けてシートを固定してください。分岐部や湾曲部では、写真のようなリング (熔融亜鉛メッキ鋼又はステンレス製、約 ϕ 100mm) をトレイの上面・下面の対象位置に用い、それぞれ 3 方向にベルトを付けてシートを固定してください。
- ※ トレイの接線に対してベルトが直角になるように、ベルト及びリングの位置を調整してください。直角になっていないとベルトがズレ易くなり、ベルト及びシートにたるみが出る恐れがあります。
- ※ ピッチが 300mm 以下になるように各ベルトの位置を調整してください。



CASE 4-2

CASE 5

電線管付属トレイへのシートの巻き付け

電線管からのケーブルが上からトレイに合流している部位等

STEP 1 立ち上がっているケーブル・電線の処置方法(2)

- ① トレイから立ち上がって電線管へ配線されているケーブル・電線に対してシートを 100mm 以上の重ね代が出来るよう巻き付けてください。巻き付けたシートにベルト(KT19:幅 W19mm)を巻き付けてシートを固定してください。隣り合うシートとの連結重ね代は 100mm 以上設けてください。
- ② シートを巻き付けたケーブル・電線は、トレイに乗っている部分が 100mm 以上になるようにしてください。
- ③ 電線管口は、右のように電線管とケーブル・電線をまとめてシートで巻き付け、ベルト(KT19:幅 W19mm)を巻き付けてシートを固定してください。
- ④ 電線管口の巻き付け重ね代及び電線管への連結重ね代が 100mm 以上になるようにしてください。



CASE 5-1

STEP 2 合流部のシート加工との巻き付け

- ⑤ 以下⑥⑦⑧で使用するシートは直線トレイと同様の方法で、巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。⑥⑦のシートは幅 W1000mm を用いることを基本とし、⑧のシートは幅 W500mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて適宜シートを切断し、幅 W を調整してご使用ください。
- ⑥ 電線管に向かうケーブル・電線の下に 100mm 以上差し込むようにしてトレイにシートを巻き付けてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。
- ⑦ 右のように⑥シートと反対の方向からシートを巻き付けます。ケーブル・電線が当たる部分に 300mm 以上の切り込みを入れて、そのシートの切れ目にケーブル・電線が通るようにしてください。また、巻き付けの重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。
- ※ シートを切り込み過ぎると隙間ができるため、できるだけ現物にシートを合わせながら切り込みを入れてください。
- ⑧ 右のように⑦シートと反対の方向から⑤と同様にシートを巻き付けます。ケーブル・電線が当たる部分に 100mm 以上の切れ込みを入れてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。



STEP 3 直線部用のシート加工と巻き付け

- ⑨ シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。シート幅 W1000mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。
- ⑩ 隣り合う合流部のシートとの連結重ね代を 100mm 以上設けつつ、直線部へシートを巻き付けてください。また、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。



CASE 5-2

STEP 4 ベルトの巻き付け

- ⑪ 巻き付けたシートにベルト(KT35:幅 W35mm)を巻き付けてシートを固定してください。
- ※ ピッチが 300mm 以下になるように各ベルトの位置を調整してください。
- ※ 隣り合うシート(シートの連結)との重ね代部分には、必ずベルトを巻き付けてシートを固定するようにしてください。

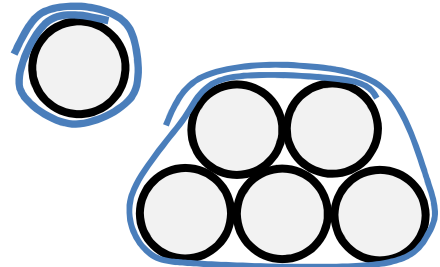


CASE 5-3

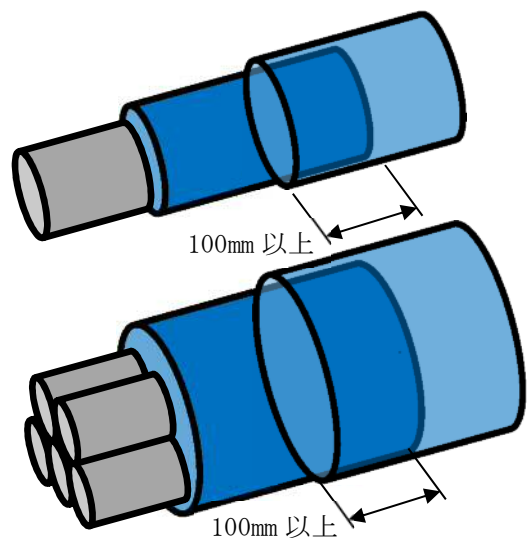
CASE 6

ケーブル・電線への直巻き・束巻き
ケーブル・電線を束にして直接シートを巻く方法STEP 1 シートの加工

- ① トレイの外に出ていてトレイごとシートを巻き付けることのできないケーブル・電線に対して直接シートを巻きます。このような場合は、100mm 以上の重ね代を設けながら巻き付けることができるように、シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。

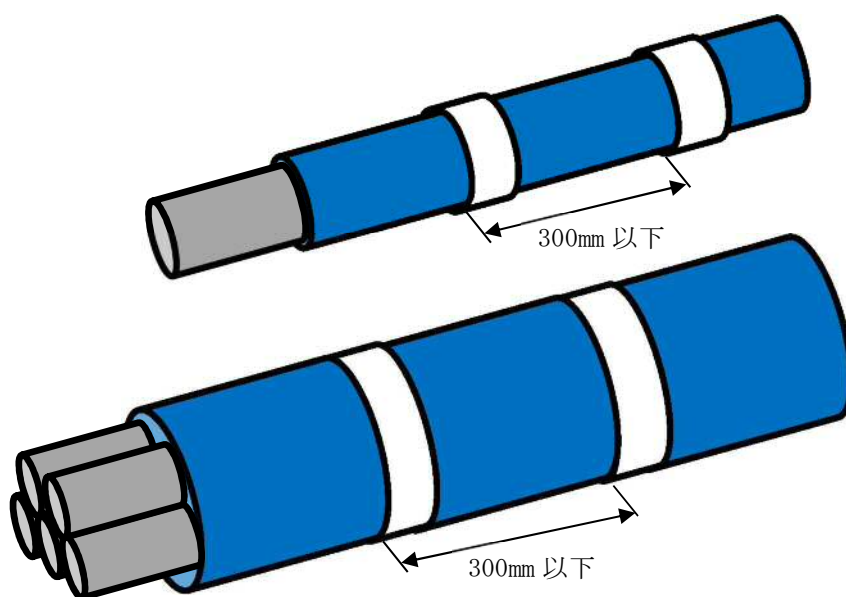
STEP 2 シートの巻き付け

- ② 隣り合うシートとの連結重ね代を 100mm 以上設けつつ、①のシートをケーブル・電線に巻き付けて下さい。巻き付け重ね代は、100mm 以上になるようにして下さい。

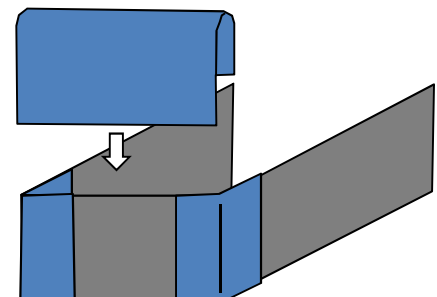
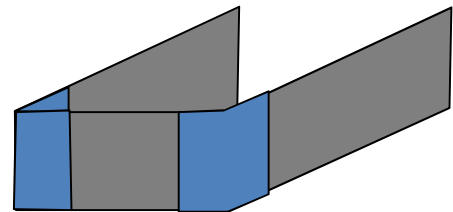


STEP 3 ベルトの巻き付け

- ③ 巻き付けたシートにベルト(KT35:幅 W35mm)を巻き付けてシートを固定してください。
- ※ ピッチが 300mm 以下になるように各ベルトの位置を調整してください。
- ※ 隣り合うシート(シートの連結)との重ね代部分には、必ずベルトを巻き付けてシートを固定するようにしてください。
- ※ 標準品のベルトですと長さが長い場合がありますので、適切な長さに切断してご使用ください。

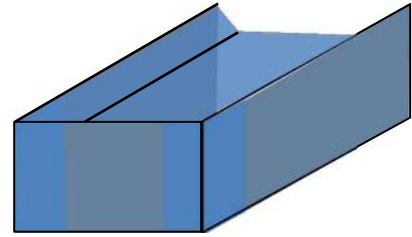


CASE 7	ケーブルトレイエンドへのシート巻き施工方法 トレイ終結部に対してシートを巻く方法
STEP 1 シートの加工 ① シートの巻き付け長さを採寸して算出し、シートをハサミ等で切断してください。角部は屈曲部と同様にシート幅 W500mm を用いることを基本としますが、現場状況に合わせて幅 W を適宜調整してください。 ※ 屈折角が大きい場合、シート幅 W500mm だと、隣り合う直線部へのシートとの連結重ね代 100mm が取れない可能性がありますので、ご注意ください。 ※ 屈折部は巻き付けの重ね代が取れなくなる恐れがありますので、シートの長さを少し長めにするようにしてください。	
STEP 2 角部のシート巻き付け 角部は、CASE3 の L 字トレイと同じ施工をします。 ② 各々の角部を架同様にシートを巻き付け、巻き付け重ね代が 100mm 以上であることを確認してください。 ③ CASE 2 の STEP1～3 の図に示すように、角部のトレイ上下面をシートで覆ってください。 ※ 角部周囲にシワができますが、シワ部分をケーブル・電線とトレイの間やトレイの上フランジ部の下に折り込むようにすると綺麗に仕上がります。 ※ トレイ下側のシートをマグネット等で仮止めすると施工しやすくなります。	
STEP 3 トレイ終端部のシート巻き付け ④ 隣り合うシートとの連結重ね代を 100mm 以上設けつつ、トレイ終端部よりトレイの上下面をシートで覆ってください。 ※ トレイ下側のシートをマグネット等で仮止めすると施工しやすくなります。 ※ シートがたるんでサポートとシートの上に大きな隙間が発生することの無いようにご注意ください。	



STEP 4 直線部のシート、及びベルトの巻き付け

- ⑤ 隣り合う角部のシートとの連結重ね代を100mm以上設けつつ、トレイ終端側から直線部をシートで覆ってください。
- ⑥ 巻き付けたシートにベルト(KT35:幅 W35mm)を巻き付けてシートを固定してください。
- ※ ピッチが300mm以下になるように各ベルトの位置を調整してください。
- ※ 隣り合うシート(シートの連結)との重ね代部分には、必ずベルトを巻き付けてシートを固定するようにしてください。
- ※ 標準品のベルトですと長さが長い場合がありますので、適切な長さに切断してご使用ください。



CASE 7-2

注意事項

- ・シートを仮止めする際に用いたテープ・マグネット類は、施工後に取り除いてください。
- ・シートをケーブル・電線、トレイ又はサポート等へ沿わせる際、ヘラ等の工具類を使うと綺麗に仕上がりますが、シートに傷が付かないようにご注意ください。

ファイアストップの施工方法

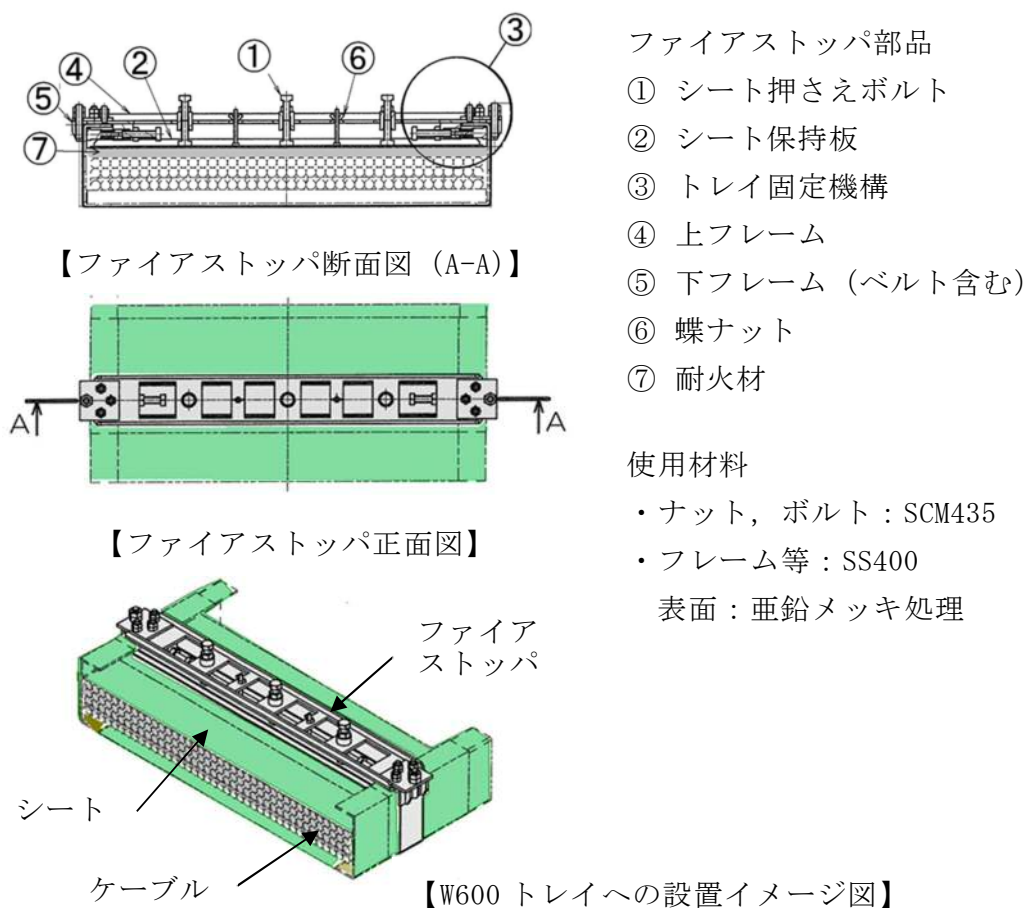
1. 適用

本施工要領は、垂直トレイに対するファイアストップ施工に適用する。

2. 仕様

「ファイアストップ」の施工図、及び主要構成材料の寸法を以下に記す。

なお、第 1-6-1 図に垂直トレイ用ファイアストップ概要図を記載する。

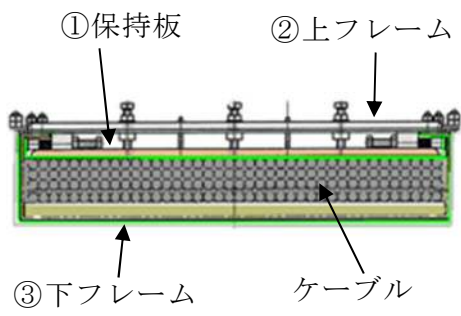
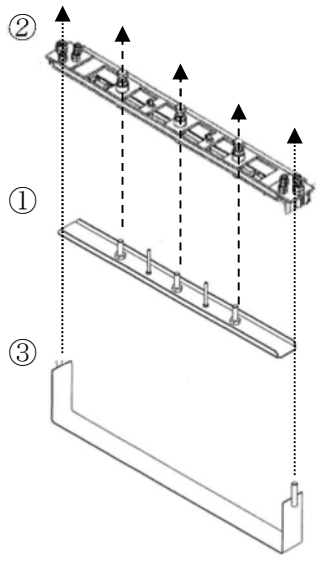


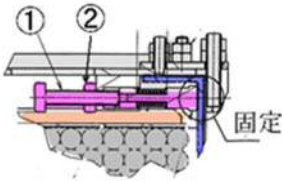
第 1-6-1 図 垂直トレイ用ファイアストップ概要図

3. 施工方法

ファイアストップパの基本的な施工方法を以下に記す。

- (1) ファイアストップパの上フレームと下フレームでシートとトレイを挟み、トレイ固定機構により固定する。
- (2) ケーブル側の防火シートは保持板から出る 3 本のボルトにより固定する。
- (3) ファイアストップパはシートの重ね部となる 900mm 以内で設置する。その他の取付け間隔については施工責任者の指示する間隔で取付ける。
- (4) ファイアストップパはケーブルトレイの幅、ケーブル量に応じたサイズものを使用する。

STEP	ファイアストップパの設置（垂直トレイ）	構成部品等
1	シートの施工 ① 垂直トレイに防火シートを巻きクリップ等で仮止めする。 ② トレイ及びケーブルの形状に合わせてシートを調整する。	
2	ファイアストップパの設置 ① シート合わせ面にシート保持板を設置する。 ② シート保持板の上から上フレームを設置する。この時トレイ固定機構、ナット類はフリー状態としておく。 ③ 下フレームを上フレームと組合せナットで固定する。  ① 保持板 ② 上フレーム ③ 下フレーム ケーブル	 例：W600 トレイのファイアストップパ

STEP	ファイアストッパの設置（垂直トレイ）	構成部品等
3	ファイアストッパのトレイへの固定 ① トレイ固定機構のナットを回しトレイが挟まるのを確認する。 ② ロックナットで固定する。 注意：シートを傷つけないこと。	
4	耐火材によるシートとケーブルの密着 保持板とシートの間に圧縮させた状態の耐火材を挟み、防火シートとケーブルに隙間がないように設置する。  耐火材 シート保持板 【耐火材設置(W300 トレイ)】	耐火材：セラミックファイバー

STEP	ファイアストッパの設置（垂直トレイ）	構成部品等
5	ケーブルとシートの密閉 ① シート保持板から出る 3 本のシート押さえボルトを回しシートとケーブルを密着させる。 ・この時、トルクレンチの指示が出てきたところで一旦止め、3 本のボルトナットを均一に締める。 ・防火シートと耐火材の間に 0.1mm のスキミゲージを差込み、ゲージが挿入できなくなるまで均一にボルトナットを締める。 ② ロックナットを回しシート保持板を固定する。 注意：シートを傷つけないこと。 【写真はトレイ W300mm】	構成部品等 トルクレンチで締め込み確認 スキミゲージで確認

STEP	ファイアストッパの設置（垂直トレイ）	構成部品等
6	シートの合わせ面の約 900mm ごとにファイアストッパを設置する。	
7	結束ベルトの取付け ① ファイアストッパの上流側に結束ベルトを使ってシートを固定する。 ② 結束ベルトは 300mm ピッチで取付ける。	
8	ステップ 1 から 6 を繰り返し、ファイアストッパを設置する。	

耐火シールの性能について

耐火シールは，建築基準法に基づく耐火試験により耐火性能が確認されたものを採用する。以下に試験方法を示す。

1. 目的

耐火シールが耐火性能を有していることを確認する。

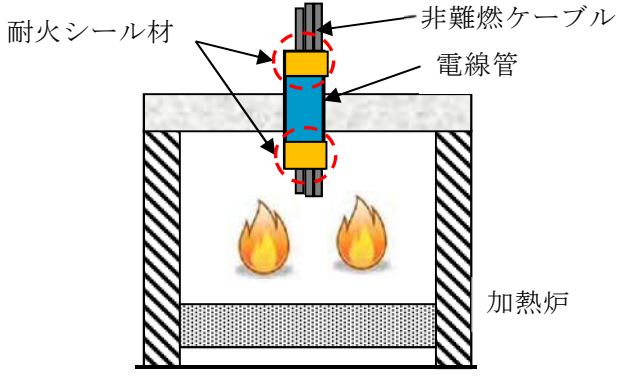
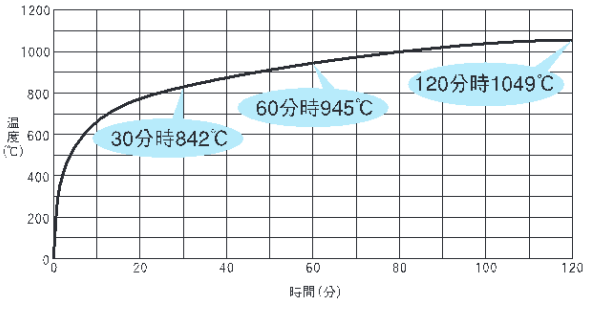
2. 供試体

耐火シール材

3. 試験方法及び判定基準

国土交通省の指定認定機関の性能試験・評価業務方法書（建築基準法施行令第129条の2の5による）に準じた試験方法及び判定基準による。試験の概要を第1-7-1表に示す。

第 1-7-1 表 耐火性能の確認試験概要

試験 装置 概要	耐火試験装置の外壁へ耐火シールの供試体を貫通状態となるように設置し、耐火試験装置内を 3 時間加熱する  【耐火試験装置】
加熱 温度	建築基準法の耐火試験で用いられる IS0834 の加熱曲線により加熱 
判定 基準	(1) 外観確認 ①非加熱側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと ②非加熱側へ 10 秒を超えて継続する発炎がないこと ③火炎が通るき裂等の損傷及び隙間を生じないこと (2) 非加熱側温度測定 シール材表面温度上昇値が IS0834 で定める「平均 140K、最高 180K」を超えないこと

4. 試験結果

試験結果は、第 1-7-2 表のとおり。

5. 評価

耐火シールは耐火性能を有している。

第 1-7-2 表 耐火性能の確認試験結果

非加熱側へ 10 秒を超え て継続する 火炎の噴出 がないこと	非加熱側へ 10 秒を超え て継続する 発炎がない こと	火炎が通るき 裂等の損傷及 び隙間を生じ ないこと	外観 確認	非加熱側 温度上昇 (℃)	判定 結果
無	無	無	良	101	合格

外部の火災に対する自己消火性の確認方法

1. 目的

複合体に対して、難燃ケーブルに実施する自己消火性試験を非難燃ケーブルに燃焼条件を準拠させて試験を実施し、自己消火することを確認する。

2. 供試体

実機で使用されているケーブルのうち、保守的に代表性を考慮して試験対象ケーブルを抽出し、本文 2.2(2)項で選定する試験対象ケーブル単体に対し実施する。供試体の種類を第 1-8-1 表に示す。

第 1-8-1 表 供試体の種類

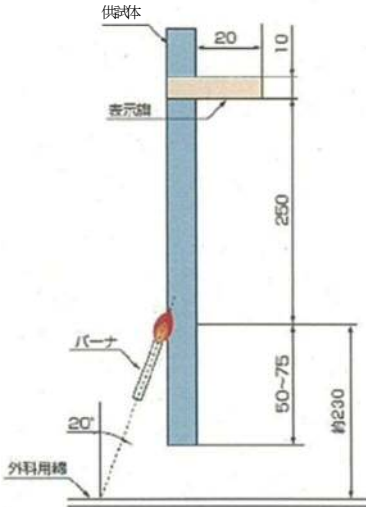
ケーブルの種類 (回路種別)	絶縁材	シース材	外径 (mm)
計装ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.5
制御ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.9
低圧電力ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	14.5
	架橋ポリエチレン	ビニル	19 (41) ※

※：トリプレックス型：()外は単芯外形，()内は 3 本より合わせ外径を示す。

3. 試験方法及び判定基準

UL 垂直燃焼試験 (UL1581 1080VW-1 Flame Test) を準拠した試験を実施する。試験方法については、第 1-8-2 表に示す。UL1581 の試験規格を第 1-8-3 表に示す。

第 1-8-2 表 自己消火性の実証試験の概要 (UL1581-1080)

供試体の設置	 単位：mm
試験内容	・ 供試体を垂直に保持し、20 度の角度でバーナの炎をあてる。 ・ 15 秒着火、15 秒休止^{※1}を 5 回繰り返す、試料の燃焼の程度を確認する。
火源	チリルバーナ
使用燃料	メタンガス
試験回数	3 回 (回数の規定なし)
判定基準	① 残炎による燃焼が 60 秒を超えない。 ② 表示旗が 25%以上焼損しない。 ③ 落下物によって下に設置した外科用綿が燃焼しない。

※1：「前回のガス接炎が終了した後の接炎休止時間 15 秒を超えて試験品による自己燃焼が持続する場合には、当該自己燃焼が消滅した後に次のガス炎の接炎を行う。」 (UL1581 1080.13 より抜粋)

第 1-8-3 表 UL1581-1080 (VW-1) 試験規格

項目		規格
試験室	サイズ(幅, 奥行, 高さ)	いずれの方向も 610mm 以上
	内容量	4m ³ 以上
バーナ	仕様 : ASTM D 5025	チリルバーナ
燃焼ガス	種類	純度 98% 以上のメタンガス
	圧力	1.23 ± 0.24 kPa
	流量	0.965 ± 0.03 l/min
	熱量	500W 以上 (1,700 Btu/h 以上)
炎	全長の長さ	125 ± 10 mm
	青色内炎の長さ	40 ± 2 mm
室温		25.0 ± 10 °C
試験要領		第 1-8-2 表の試験内容の通り
判定基準		第 1-8-2 表の判定基準の通り

ケーブル種類毎の性能比較評価の確認方法

1. 目的

実機で使用している非難燃ケーブルに防火シートを施工した複合体に対して耐延焼性の試験を実施し、燃え止まることを確認する。

2. 供試体

実機で使用されているケーブルのうち、保守的に代表性を考慮して試験対象ケーブルを抽出し、本文 2.2(2)項で選定するケーブル全てを供試体とする。防火シートについては、トレイ上のケーブルに対して一括してシートを巻く施工(1層敷設)とする。供試体の種類を第 1-9-1 表に示す。また、第 1-9-1 表の供試体において性能比較評価を行った結果、ケーブルの損傷長に差がない場合は、ケーブルの損傷長に差がなかったケーブルを多層敷設にして性能比較評価を行う。

第 1-9-1 表 供試体の種類

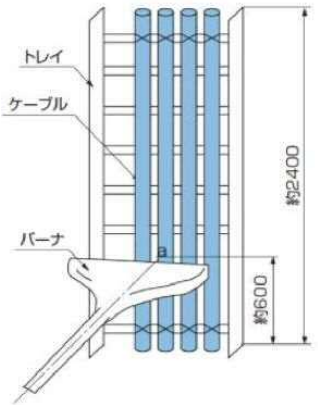
ケーブル種類 (回路種別)	絶縁材	シース材	外径 (mm)
計装ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.5
制御ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.9
低圧電力ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	14.5
	架橋ポリエチレン	ビニル	19 (41) ※

※：トリプレックス型：()外は単芯外形，()内は 3 本より合わせ外径を示す。

3. 試験方法及び判定基準

難燃ケーブルの耐延焼性試験の燃焼条件に準拠した方法による。試験方法については、第 1-9-2 表に示す。

第 1-9-2 表 ケーブル種類毎の性能確認試験の概要

試験体の 据付例	 単位：mm
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
熱量	20kW
加熱時間	20 分 バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	3 回

加熱熱量の違いによる性能比較評価の確認方法

1. 目的

燃焼条件として，実機状態を模擬した複合体に与える熱量を本文

3.2.4(1)項の試験よりも強くした燃焼条件で試験を実施しても複合体が燃え止まるとともに，その損傷長が難燃ケーブルよりも短いことを確認する。

2. 供試体

耐延焼性能試験の評価より，保守的にケーブルを選定し，本文 3.2.5 項にて比較評価する複合体の損傷長と延焼リスクから保守的に選定したケーブルを用いる。供試体を第 1-10-1 表に示す。

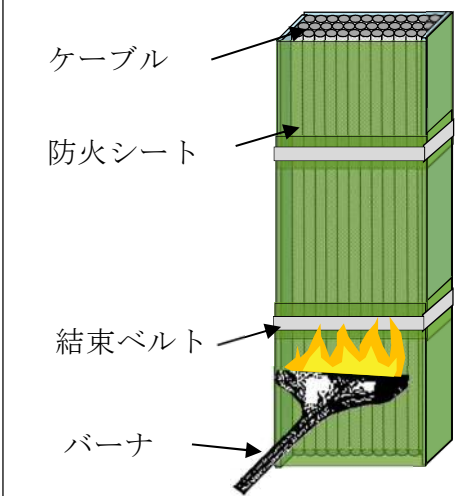
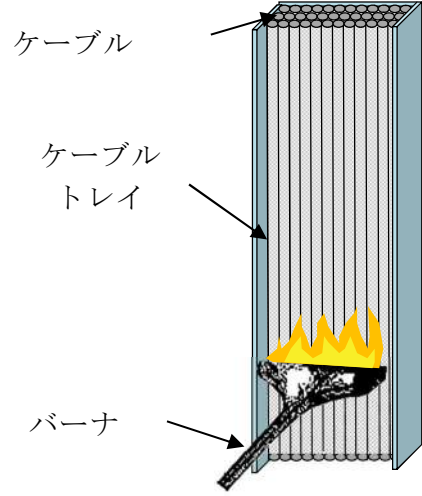
第 1-10-1 表 供試体の種類

対象	ケーブル					ケーブル トレイ形状
	ケーブル 種類	絶縁材	シース材	外径 (mm)	敷設量	
複合体	低圧電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	14.5	満載	ラダー
難燃 ケーブル		難燃架橋 ポリエチレン	難燃 ビニル	14.0	満載	ラダー

3. 試験方法及び判定基準

難燃ケーブルの耐延焼性試験の燃焼条件以上の加熱量を与える。試験方法については，第 1-10-2 表に示す。

第 1-10-2 表 加熱量を増加させた性能確認試験の概要

試験体の 据付例	複合体(非難燃ケーブル)	難燃ケーブル
	 ケーブル 防火シート 結束ベルト バーナ	 ケーブル ケーブル トレイ バーナ
火源	リボンバーナ	
使用燃料	液化石油ガス	
バーナ 熱量	防火シートの遮炎性能が確保される範囲（20, 30kW）で試験を行う。	
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。	
試験回数	複合体：3 回 (20kW), 2 回 (30kW), 難燃ケーブル 1 回 (20kW, 30kW)	
判定基準	複合体：燃え止まること。	

複合体の構成要素によるばらつきの評価の確認方法

1. 目的

複合体は設計方針に基づき防火シートを巻いた完全な状態であるが、複合体の燃焼メカニズムから構成品（ケーブル、ケーブルトレイ、防火シート）のばらつきを組合せた保守的な試験条件を選定し、本文 3.2.6 項の燃焼試験結果を踏まえた燃焼条件にて耐延焼性の試験を実施し、複合体が燃え止まることを確認する。また、複合体の損傷長と難燃ケーブルの損傷長を比較評価する。

1.1 ばらつきの抽出

ケーブル、ケーブルトレイ及び防火シートの組合せにおいて、保守的な実機模擬条件となるため、ケーブル及びケーブルトレイについて実機の設置状態で想定されるばらつきを抽出する。

1.1.1 抽出方法

ケーブル及びケーブルトレイのそれぞれのばらつきについて敷設に係る系統設計及び実機の設置状況を踏まえ抽出する。

(1) ケーブルのばらつきの抽出

（種類（回路種別）・サイズ／使用期間／敷設量（防火シートとケーブルの隙間）／延焼防止材／埃）

(2) ケーブルトレイのばらつき抽出

（トレイタイプ（トレイ有無）／トレイサイズ／トレイ形状／トレイ設置方向／ケーブル敷設形態／ケーブル組合せ）

(3) 防火シートのばらつきの抽出

(外力による防火シートのずれ／傷，ファイアストッパ有無)

1.1.2 抽出結果

抽出したばらつきと燃焼の三要素の関係を第 1-11-1 表に示す。

第 1-11-1 表 抽出したばらつきと燃焼三要素の関係

構成品	ばらつき		燃焼要素		
			可燃物	酸素	熱
ケーブル	種類・サイズ	複数の種類（回路種別）・サイズが存在	○		
	使用期間	プラント運転開始以降，長期間使用	○		
	敷設量	設置場所によりケーブルの敷設量が変化	○		
	延焼防止材	場所により延焼防止材の有無が存在	○		
	埃(汚れ)	埃(汚れ)の付着	○		
ケーブル トレイ	トレイタイプ (トレイ有 無)	ラダートレイ，ソリッドトレイ又は ケーブルトレイと電線管，盤の間に ケーブルトレイ上に敷設されない形 態が存在			○
	トレイ サイズ	トレイの幅の違いが存在	○		
	トレイ 設置方向	垂直，水平及び勾配が存在		○	○
	ケーブル 敷設状態	隙間無，隙間有の形態が存在		○	
	トレイ 形状	様々なトレイ形状が存在			
	ケーブルの 組合せ	様々なケーブルサイズの組合せが存 在		○	
防火 シート	防火シートの ずれ	外力が加わった場合の防火シートの ずれを想定する		○	○
	防火シートの 傷	外力が加わった場合の防火シートの 傷を想定する。		○	
	ファイアスト ッパの有無	ファイアストッパ設置の有無を想定 する。		○	○

1.2 試験条件の選定

1.1 項で抽出した各構成品の実機状況におけるばらつきについて、燃えやすさの観点で保守的な実機模擬条件を選定する。

1.2.1 ケーブルの実機模擬条件

1.2.1.1 種類・サイズ

本文 2. 項で選定し、本文 3.2.5 項にて評価する損傷長，発火性及び延焼性リスクを考慮した試験対象ケーブルを実機模擬条件とする。実機模擬条件を第 1-11-2 表に示す。

第 1-11-2 表 実機模擬条件

ケーブル種類	絶縁材	シース材	外径 (mm)
低圧電力 ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	14.5

1.2.1.2 使用期間

本文 2.2(2) 項で選定する新品ケーブルを実機模擬条件とする。

1.2.1.3 敷設量

(1) ばらつき

ケーブルは使用箇所により，ケーブル敷設量が変化する。

(2) 実機模擬条件の検討

ケーブル量が少ない方がケーブル全体の熱容量は*小さく，同一熱量を加えた場合，温度上昇が大きくなり燃焼しやすい。一方，防火シートとケーブル間の隙間が大きくなり空気層ができることから，熱伝導（熱伝達）

が悪く燃焼しにくくなる。また、ケーブル量が多くなると可燃物量が多くなり、かつ、防火シートとケーブルの隙間が小さくなることで、熱伝導（熱伝達）が良くなり燃焼継続に影響する可能性があることから、ケーブル量を変化させて複合体の耐延焼性に及ぼす影響を確認する。

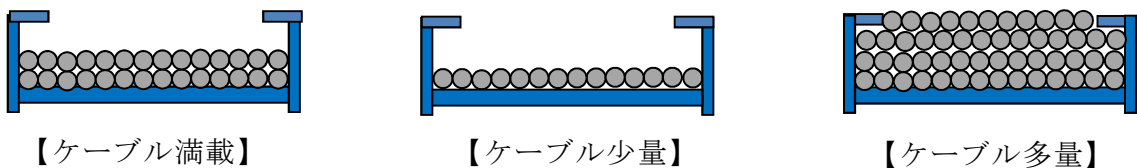
※：熱容量とは、任意の量の物質の温度を1℃上昇させるのに必要な熱量のこと
で、値が小さいほど加熱により温度上昇しやすい。熱容量は以下の式で表される。

$$C = m \times c$$

熱容量：C(J/K)，物質の質量：m(g)，比熱：c(J/g・K)

(3) 実機模擬条件の選定結果

ケーブル敷設量は満載，少量を選定する。なお，参考として，実機
非難燃ケーブル敷設量では存在しないが，多量のケーブル敷設量にて影響
を確認する。



第 1-11-1 図 ケーブル敷設量

1.2.1.4 延焼防止材

(1) ばらつき

既設ケーブルに延焼防止材が塗布されている箇所，されていない箇所があり，場所により延焼防止材の有無が存在する。

(2) 実機模擬条件の検討

延焼防止材は延焼を防止する目的のものであること及び延焼防止材が塗布された分、ケーブルの熱容量が増大し燃えにくくなることから、延焼防止材なしを選定することが妥当である。ただし、延焼防止材の経年劣化による難燃性能の低下が想定されることから、念のため、延焼防止材を熱・放射線にて加速劣化させた延焼防止材の酸素指数により変化を確認する。

a. 供試体



b. 熱，放射線加速劣化試験

・熱，放射線加速劣化

(a) 初期の酸素指数

延焼防止材の加速劣化試験前の酸素指数を測定する。

(b) 熱・放射線加速劣化

延焼防止材の経年劣化を模擬するため、熱・放射線劣化により酸素指数の変化を確認することを目的とし、40年、60年相当の加速劣化を実施する。試験条件を第1-11-3表に示し、試験方法の詳細を添付資料1-11別紙1に示す。

表 1-11-3 熱・放射線劣化試験条件

供試体	試験条件			
	想定 年数	熱劣化		放射線劣化
		温度 (℃)	時間 (day)	放射線量※ (kGy)
	40	140	8 日	500
	60		15 日	750

※放射線線量率は、10kGy/h以下とする。

(c) 劣化後の酸素指数測定

熱と放射線による加速劣化後の延焼防止材の酸素指数を測定する。

c. 酸素指数による難燃性の評価

第 1-11-4 表に酸素指数測定結果を示す。第 1-11-4 表より，加速劣化前後で延焼防止材の酸素指数に低下はなく高い難燃性を有している。

第 1-11-4 表 延焼防止材の酸素指数測定結果

供試体	酸素指数測定結果		
	初期	40 年	60 年
	42.6	51.8	53.4

出典：ケーブル及び延焼防止材の難燃性劣化検証（平成 17 年 3 月：電力共同研究）

(3) 実機模擬条件の選定結果

第 1-11-4 表に示すとおり，加速劣化前後で延焼防止材の酸素指数に低下はなく，加速劣化後もケーブル材料であるビニル（酸素指数：25.3）と比較し高い難燃性を有していることから，延焼防止材を塗布していないケーブルを実機模擬条件に選定する。

1.2.1.5 埃（汚れ）

(1) 埃（汚れ）の付着

既設ケーブルにおいては長期間の使用により，埃（汚れ）が付着している。

(2) 実機模擬条件の検討

防火シート施工前にはケーブル及びケーブルトレイ内の清掃を実施する

が、念のため、実機のケーブルトレイ内ケーブルからサンプリングした埃（汚れ）を、成分分析により燃焼に影響するものか確認する。

a．供試体

実機からサンプリングした埃（汚れ）を供試体とする。第 1-11-5 表に供試体のサンプリング箇所を示す。

第 1-11-5 表 供試体のサンプリング箇所

No.	サンプリング箇所
1	原子炉建屋 3 階北側
2	原子炉建屋（附属棟）電気室
3	原子炉建屋 3 階南側

b．試験方法

サンプリングした埃（汚れ）は、以下の装置を使って分析する。

- ・ SEM（走査型電子顕微鏡）
- ・ EDX（エネルギー分散型 X 線分析装置）

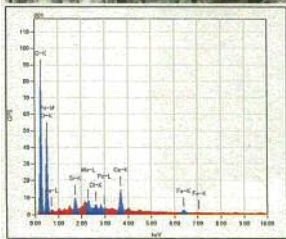
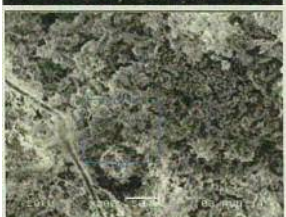
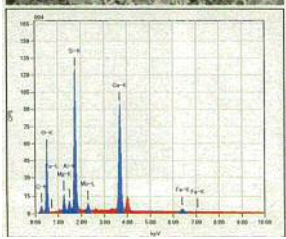
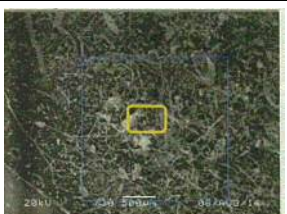
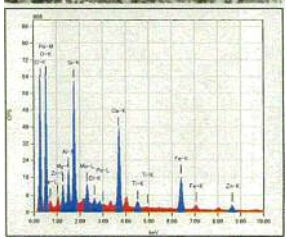
c．試験結果

確認された成分と含有率を第 1-11-6 表に示す。

第 1-11-6 表 汚れ(埃)の成分分析結果(1/2)

サンプル 成分 No.	No. 1	No. 2	No. 3	サンプル用 カーボンテープ
炭素	48	6	35	75
酸素	41	43	32	24
マグネシウム	—	2	1	—
アルミニウム	—	2	2	—
シリコン	1	15	5	—
塩素	1	—	1	—
カルシウム	4	26	7	—
チタン	—	—	1	—
鉄	2	2	9	—
亜鉛	—	—	3	—
モリブデン	2	4	3	—
パラジウム	1	—	1	1

第 1-11-6 表 汚れ(埃)の成分分析結果(2/2)

No. 1	No. 2	No. 3
  	  	  

d. 評価

汚れによって燃焼に影響を与える成分として、含有量の多いカルシウムはコンクリートの成分であることを確認しており、他の成分は自然界や実機から発生するものであることを確認した。仮にプラスチックなどの配合剤であるマグネシウムを含んだ埃が一樣に堆積したと想定しても、発熱量は 24kJ/g であり、ケーブルの絶縁材である架橋ポリエチレンは約 46kJ/g である。

ケーブルの構成材料の質量は埃（汚れ）の質量より圧倒的な割合を占めることから、ケーブルの発熱量に対する埃（汚れ）の発熱量は非常に小さく、ケーブル燃焼への影響はほとんどない。

(3) 実機模擬条件の選定結果

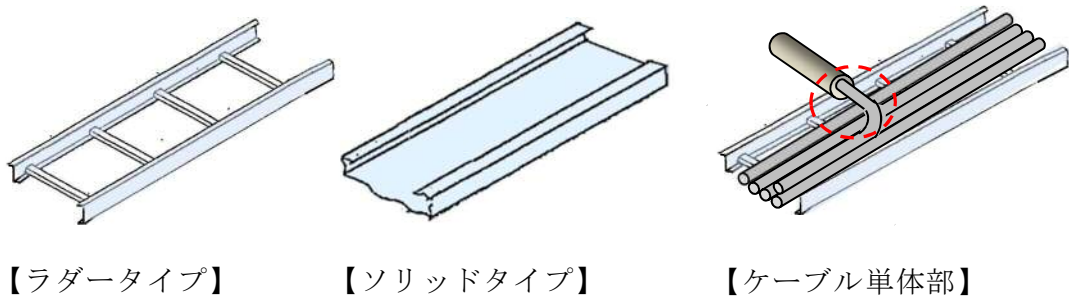
実機でサンプリングした汚れ（埃）の発熱量はケーブル材料の発熱量と比べ非常に小さく、複合体の耐延焼性にほとんど影響しないことから、埃が付着していないケーブルを実機模擬条件に選定する。

1.2.2 ケーブルトレイの実機模擬条件

1.2.2.1 トレイタイプ

(1) ばらつき

ケーブルトレイには、ケーブル積載面が開口した梯子状のラダータイプとケーブル積載面が板状で開口していないソリッドタイプがあり、このトレイ上にケーブルが敷設された形態又はケーブルトレイと電線管、盤の間でケーブルトレイ上に敷設されない形態が存在する。



第 1-11-2 図 トレイタイプ

(2) 実機模擬条件の検討

ケーブルトレイのケーブル敷設面の開口有無により火炎からケーブルへの熱の伝達に差が生じ、耐延焼性に影響を与えることが想定されるが、ソリッドトレイは敷設面からの空気の供給がなく、溶けたケーブルに引火して落下し延焼する可能性もない。一方、ラダートレイは空気が供給される開口面を有することから延焼リスクが高い。また、ケーブルトレイから電線管部にはケーブル単体となる箇所が存在するが、電線管開口部は耐火シールを施すとともにトレイ敷設に比べ距離が短いため延焼の可能性は少ない。参考として、ケーブルと防火シートの組合せでの耐延焼性を確認する。

(3) 実機模擬条件の選定結果

ケーブルトレイはラダータイプを選定する。参考として、ケーブルトレイの有無の耐延焼性を確認する。

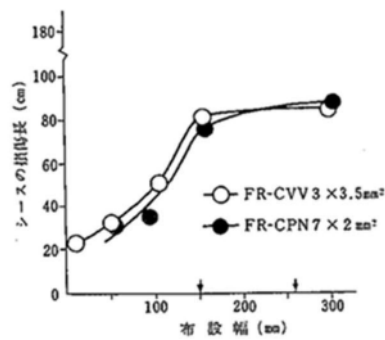
1.2.2.2 トレイサイズ（幅）

(1) ばらつき

ケーブルトレイ幅は 150mm から 750mm までのトレイ幅が存在し、トレイの幅の違いがある。

(2) 実機模擬条件の検討

- a. 外部の火災源からケーブルトレイに敷設されたケーブルへの熱伝導伝達(熱伝達)を想定した場合、トレイ幅が広がっても幅全体に対して火災源からの火炎が届くことが保守的である。実機模擬試験ではバーナを火災源とすることから、バーナ幅に見合うトレイ幅を選定することで上記条件に合致させることができる。
- b. 電気学会技術報告によると、垂直トレイ燃焼試験においてケーブル間隔を $1/2d$ （直径の半分）に統一し、ケーブル敷設幅を変化させてケーブル損傷長を比較した結果、概ねケーブルの敷設幅が 150mm で損傷長が飽和を示している。よって、トレイ幅が 150mm 以上であれば耐延焼性を確認する上で差異はないものと考えられる。



出典：電気学会技術報告（Ⅱ部）第139号 原子力発電用電線・ケーブルの環境試験
ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案 昭和57年11月 電気学会

第1-11-3図 ケーブル敷設幅と損傷長の関係

(3) 実機模擬条件の選定結果

IEEE383 垂直トレイ燃焼試験では約300mm幅のバーナを使用することを踏まえ、トレイ幅は300mmを実機模擬条件に選定する。

1.2.2.3 トレイサイズ（高さ）

(1) ばらつき

ケーブルトレイの高さは120mmの1種類である。

(2) 実機模擬条件の選定結果

トレイ高さは120mmを実機模擬条件に選定する。

1.2.2.4 トレイ設置方向

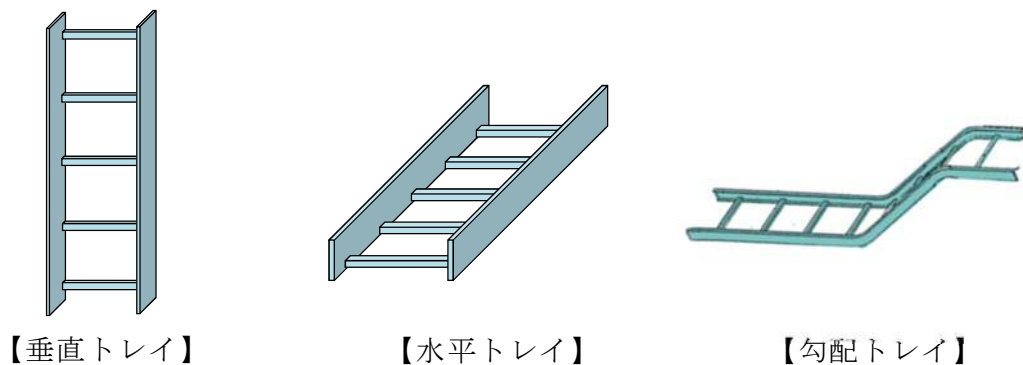
(1) ばらつき

ケーブルトレイが設置される方向には、垂直、水平及び勾配が存在している。

(2) 実機模擬条件の検討

火災の延焼が広がる速度が最も速いのは火炎が真っ直ぐ上に延びる垂直方向であることから、垂直設置を選定することが保守的である。また、難燃ケーブルは垂直方向で耐延焼性を確認していることを踏まえ、比較のためにも垂直設置を選定する。

なお、勾配設置は水平設置ケーブルトレイ間の僅かな段差を繋ぐ際に用いるため、距離が短く、かつ火炎が上に延びることを考慮すると垂直設置に代表性があるといえる。



第 1-11-4 図 ケーブルトレイ設置方向

(3) 実機模擬条件の選定結果

最も延焼が広がる速度が速い垂直トレイを実機模擬条件に選定する。

1.2.2.5 ケーブル敷設形態

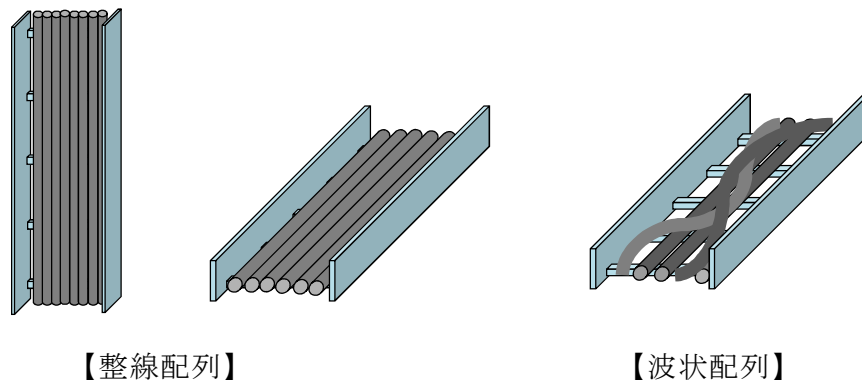
(1) ばらつき

ケーブルトレイに敷設されるケーブルの形態には、整線され隙間がない形態と隙間がある形態（波状）が存在する。

(2) 実機模擬条件の検討

1.2.2.4 項に示すとおり，火災の延焼速度を考慮すると，垂直トレイに敷設するのが最も延焼が速い形態である。垂直トレイにケーブルを敷設する際，ケーブルは重力により整線された状態を保つことから，敷設形態としては整線された形態を選定する。

一方，ケーブルに隙間がある形態（波状）で敷設されることがあるのは，水平トレイに敷設された場合であり，延焼の速度は垂直トレイと比較して遅い。また，波状の形態はケーブル間に隙間があり，防火シートからの熱伝導（熱伝達）が悪くなるとともに延焼防止材が施工されていることから，水平トレイは整線形態における延焼への影響を確認する。



第 1-11-5 図 ケーブルの配列

(3) 実機模擬条件の選定結果

垂直トレイではケーブルは重力で整線形態が保たれることから，整線形態を実機模擬条件に選定する。なお，水平トレイでの延焼への影響についても確認する。

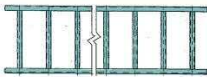
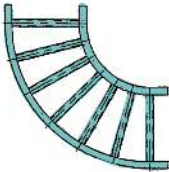
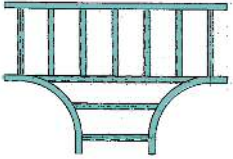
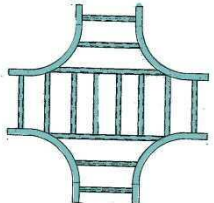
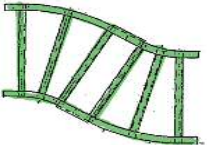
1.2.2.6 トレイ形状

(1) ばらつき

ケーブルトレイの形状は、直線形、T 字形等、様々なトレイ形状が存在する。

(2) 実機模擬条件の検討

トレイの形状は第 1-11-6 図に示すように、直線形、L 字形、S 字形、T 字分岐形、十字分岐形、傾斜形の 6 種類に整理できる。延焼が広がる速度が最も速いのは火炎が真上に直線状に延びる場合であるため、直線形を垂直にした状態が他のトレイ形状を包括しているといえる。また、難燃ケーブルは垂直方向で耐延焼性を確認していることを踏まえ、比較のためにも垂直トレイを選定する。

トレイ形状	構造（例）	トレイ形状	構造（例）
直線形		傾斜形	
L 字形		T 字分岐形	
十字分岐形		S 字型	

第 1-11-6 図 トレイ形状

(3) 実機模擬条件の選定結果

火災が最も速く広がる直線形の垂直トレイを実機模擬条件に選定する。

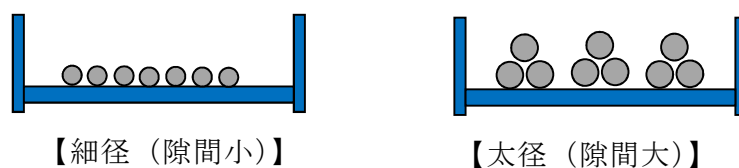
1.2.2.7 ケーブルの組合せ

(1) ばらつき

ケーブルトレイに敷設されているケーブルには、様々なサイズの組合せが存在している。

(2) 実機模擬条件の検討

実機では、様々なケーブルのサイズが存在しているが、ケーブルの単位面積にバーナから与えられる熱量は一定であることから、熱容量が小さい細径のケーブルが集合している方が燃えやすい。一方、異なるサイズが混在する場合は、ケーブル間に隙間が発生し、その隙間が耐延焼性に影響する可能性がある。このため、本文 3.2.5 でケーブル種類毎の性能比較評価の中で、同じケーブル種類の外径の小さいケーブルと外径の大きいケーブルにより、比較評価する。



第 1-11-7 図 ケーブルの組合せ

(3) 実機模擬条件の選定結果

ケーブル種類における評価から、外径の小さいケーブルのみが集合したものを選定する。

1.2.3 防火シートの実機模擬条件

1.2.3.1 防火シートのずれ

(1) ばらつき

複合体に外力が加わった場合の防火シートのずれを想定する。

(2) 実機模擬条件の検討

防火シートは具体的設計として、想定される外力ではケーブルが露出しないことを確認したものを採用することから、防火シートのずれによりケーブルが露出することは想定されないため、ケーブルが防火シートで覆われた状態を実機模擬条件に選定する。

ただし、ケーブルが露出する事象については、不完全性として添付資料 1-16 に記載する。

(3) 実機模擬条件の選定結果

ケーブルが防火シートで覆われ、防火シートにずれのない状態を実機模擬条件に選定する。

1.2.3.2 防火シートの隙間

(1) ばらつき

複合体の防火シートとケーブルの隙間を想定する。

(2) 実機模擬条件の検討

防火シートの施工としてトレイに太鼓巻とするため、標準的に防火シートとケーブル間に隙間が生じる。隙間はケーブルの量で変わることから、ケーブル敷設量に包絡される。なお、防火シートは具体的設計として、想定される外力では、結束ベルト及びファイアストッパが外れないことを確認したものを採用する。

(3) 実機模擬条件の選定結果

防火シートの隙間は標準的にできることから、隙間がある状態を実機模擬条件とする。（ケーブル敷設量のばらつきで包絡されるため防火シートのばらつきに選定しない。）

1.2.3.3 防火シートの傷

(1) ばらつき

複合体に外力が加わった場合の防火シートの傷を想定する。

(2) 実機模擬条件の検討

防火シートは具体的設計として、想定される外力ではケーブルが露出しないことを確認したものを採用することから、防火シートに傷ができケーブルが露出することは想定されないため、防火シートに傷がない状態を実機模擬条件に選定する。

ただし、ケーブルが露出する事象については、不完全性として添付資料 1-16 に記載する。

(3) 実機模擬条件の選定結果

防火シートに傷がない状態を実機模擬条件に選定する。

1.2.3.4 ファイアストッパの有無

(1) ばらつき

ファイアストッパの設置の有無を想定する。

(2) 実機模擬条件の検討

防火シートをメーカーの標準施工（太鼓巻）とするため、延焼の可能性があるトレイ設置方向にはファイアストッパを設置する。このため、加熱源により、シート面の状況が異なることから、ファイアストッパの有

無を実機模擬試験条件に選定する。念のため、ファイアストップと加熱源の距離を変化させた延焼性を確認する。

(3) 実機模擬条件の選定結果

ファイアストップの有無を実機模擬条件に選定する。念のため、ファイアストップと加熱源の距離を変化させた延焼性を確認する。

1.2.4 試験条件の選定結果

1.2.1.1～1.2.3.4 項にて選定した実機模擬条件を第 1-11-8 表に示す。

第 1-11-8 表 実機模擬条件の選定結果 (1/2)

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果
ケーブル	種類・サイズ	構成材料は 1 種類だが，複数の種類 (回路種別)，複数のサイズが存在する。	損傷長が長く，発火性及び延焼リスクが高い非難燃ケーブルを選定する。
	使用期間	プラント運転開始以降，長期間使用している。	ケーブルの絶縁材及びシース材は，経年劣化の傾向として燃えにくくなることから，新品ケーブルを選定する。
	敷設量	使用箇所により，ケーブル敷設量が増減する，	ケーブル敷設量が耐延焼性に及ぼす影響を確認するため，少量敷設，満載敷設の 2 種類の敷設量を選定する。参考として多量敷設による影響を確認する。
	延焼防止材	延焼防止材が塗布されている箇所，されていない箇所が存在する。	延焼防止材は，加速劣化後も高い難燃性を有していることから，延焼防止材を塗布していないケーブルを選定する。
	埃	長期間の使用により，可燃物である埃が付着している。	実機でサンプリングした埃の成分の発熱量はケーブルの発熱量と比べ非常に小さく，耐延焼性にほとんど影響しないことから，埃が付着していないケーブルを選定する。
ケーブル トレイ	トレイタイプ (トレイ有無)	基本的に使用するラダータイプと計装ケーブルを敷設するソリッドタイプが存在。また，電線管等からトレイへの入線部などケーブル単体の状態が存在する。	・トレイタイプは火炎を遮らないラダータイプを選定し，ケーブルトレイごと防火シートを施工する ・ケーブル単体での敷設は距離が短く延焼の可能性は少ないためケーブルトレイ敷設を選定する。参考として，ケーブルに直接，防火シートを巻き確認する。
	トレイサイズ (幅)	150mm から 750mm までのトレイ幅が存在する。	IEEE383 垂直トレイ燃焼試験では約 300mm 幅のバーナを使用することを踏まえ，ケーブルトレイ幅として 300mm を選定する。

第 1-11-8 表 実機模擬条件の選定結果 (2/2)

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果
ケーブル トレイ	トレイ サイズ (高さ)	非難燃性ケーブルを敷設するトレイは 120mm の高さのみ。	トレイ高さ 120mm を選定する。
	トレイ 設置方向	垂直，水平及び勾配が存在する。	最も延焼が広がる速度が速い垂直トレイを選定する。
	ケーブル 敷設形態	整線，波状の形態が存在する。	垂直トレイではケーブルは重力で整線形態となることから，整線形態を選定する。念のため，水平トレイにおいても，防火シートからケーブルへの熱伝導（熱伝達）が良い整線形態での延焼への影響を確認する。
	トレイ 形状	直線形，L 字形等，様々なトレイ形状が存在する。	火炎が最も速く広がる直線形の垂直トレイを選定する。
	ケーブル の組合せ	ケーブルには，様々なサイズの組合せが存在する。	ケーブルの種類（回路種別）で熱容量の小さい細径ケーブルのみが集合したものを選定する。念のため，太径ケーブルのみが集合したものと比較する。
防火 シート	シートの ずれ	外力が加わった場合の防火シートのずれを想定する。	ケーブルが防火シートで覆われた状態を実機模擬条件に選定する。
	シートの 隙間	防火シートの隙間を想定する。	防火シートの施工を太鼓巻とするため，隙間がある状態とする。（ケーブル敷設量による隙間の変化で包絡される。）。
	シートの 傷	外力が加わった場合の防火シートの傷を想定する。	防火シートに傷がない状態を実機模擬条件に選定する。
	ファイア ストッパ	ファイアストッパの有無を想定する。	ファイアストッパ設置の有無を実機模擬条件に選定する。念のため，ファイアストッパと加熱源の距離を変化させて確認する。

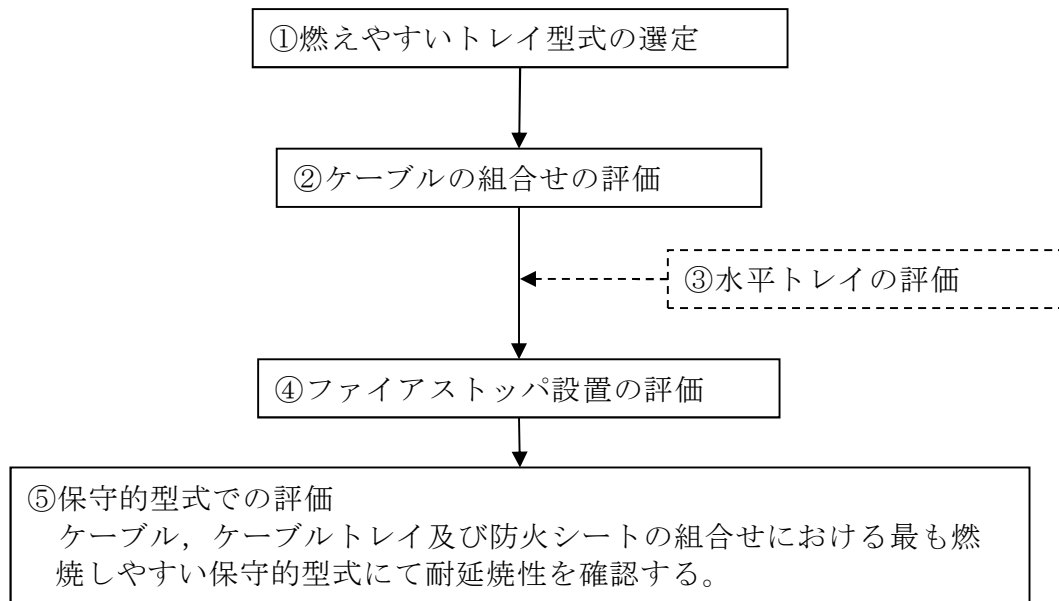
1.3 実機模擬試験の実施

1.2.4 項で選定したばらつきに対する実機模擬条件は、ケーブル及びケーブルトレイごとに選定している。実機ではケーブル、ケーブルトレイ及び防火シートを組合せた複合体となるため、実機模擬条件の保守的な組合せにおいても、複合体の損傷長が難燃ケーブルよりも短いことの関係性が保たれていることを確認する。

そのため、下記の通りケーブル及びケーブルトレイごとの実機模擬試験条件を組合せて実機模擬試験を実施する。

- (1) トレイとケーブルの組合せとして、ケーブルトレイタイプ及びケーブル敷設量のばらつきを考慮して実機模擬試験を行う。試験結果からケーブルトレイに関する最も燃えやすい組合せを選定する。参考としてケーブル単体の形態を確認する。
- (2) (1)項のトレイとケーブルの組合せに対して、多層敷設時のケーブル組合せを踏まえた実機模擬試験を行う。この結果から最も保守的なケーブル、ケーブルトレイの組合せを選定し、複合体の損傷長が難燃ケーブルよりも短いことの関係性が保たれていることを確認する。
- (3) 水平トレイにおける実機模擬試験を行い、保守的なトレイ設置方向を確認する。なお、参考として波状敷設の形態を確認する。
- (4) ファイアストップの有無における実機模擬試験を行い、複合体の損傷長への影響を確認する。

上記の実機模擬試験の実施に係る保守的型式の決定フローを第 1-11-8 図に示す。また、各項目の詳細を以下に記載する。



第 1-11-8 図 実機模擬試験の実施に係る保守的型式の決定フロー

① 最も燃えやすいトレイ型式の選定

トレイタイプ及びケーブル敷設量(満載, 少量)を組合せた保守的な条件により実機模擬試験を行う。その実機模擬条件の組合せを第 1-11-9 表に示す。上記結果から最も燃えやすいトレイ型式を選定する。

② ケーブル組合せの評価

各ケーブル組合せ(細径のケーブルのみが集合したもの, 太径のケーブルのみが集合したもの)において, ①から選定された最も燃えやすい条件による実機模擬試験を行う。その実機模擬条件の組合せ一覧を第 1-11-10 表に示す。

上記結果から最も燃えやすいケーブル組合せを選定する。

③ 水平トレイにおけるケーブル敷設形態の評価

水平トレイにおけるケーブル敷設形態(整線)を条件とした保守的な実

機模擬試験を行う。その実機模擬条件の組合せ一覧を第 1-11-12 表に示す。

ケーブル敷設形態の違いによる耐延焼性への影響を評価するとともに、敷設方向が垂直であることが燃えやすい条件であることを確認する。

④ ファイアストップ設置の評価

ファイアストップ設置の有無を条件とした保守的な実機模擬試験を行う。ファイアストップによりシートとケーブル間の空間が異なることから、ファイアストップと加熱源の距離により、複合体への影響を確認する。

⑤ 保守的型式での評価

①～④項にて決定するケーブル、ケーブルトレイ及び防火シートの組合せにおける最も燃焼しやすい保守的型式にて実機模擬試験を行い、保守的型式においても損傷長が難燃ケーブルよりも短いことで、難燃ケーブルとの関係性及び耐延焼性が保たれていることを確認する。

複合体の耐延焼性の確認として、①～③項の実機模擬条件の組合せ一覧を第 1-11-13 表に示す。なお、ファイアストップは内部発火を想定したものであるが、外部の火災においても耐延焼性が保たれていることを確認する。

第 1-11-9 表 実機模擬条件組合せ一覧①

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	① 燃えやすい敷設形態（トレイ有無，トレイタイプ，ケーブル敷設量）の選定			
				①-1	①-2	①-3(参考)	①-4(参考)
ケーブル	敷設量	使用箇所によりケーブル敷設量が変化する。	ケーブル敷設量が耐延焼性に及ぼす影響を確認するため，少量敷設，満載敷設の 2 種類の敷設量を選定する。参考として多量敷設による影響を確認する。	満載	少量	多量	少量
ケーブル トレイ	トレイ有無， トレイタイプ	基本的に使用するラダータイプと計装ケーブルを敷設するソリッドタイプ又はケーブルトレイと電線管入線部でケーブルトレイ上に敷設されない形態が存在する。	計装ケーブルを敷設するソリッドタイプはトレイによって火炎を遮るため，トレイはラダータイプを選定する。また，ケーブルトレイと電線管入線部でケーブル単体状態が存在するが，ケーブルトレイ敷設に対して距離が短く，電線管端部は耐火シールを施すことから延焼の可能性は少ない。参考としてトレイなしを確認する。	ケーブル トレイ有	←	←	トレイなし (参考)
	トレイ 設置方向	垂直，水平及び勾配が存在する。	最も延焼が広がる速度が速い垂直トレイを選定する。	垂直方向	←	←	←
	ケーブル 敷設形態	整線，波状の形態が存在する。	垂直トレイではケーブルは重力で整線形態となることから，整線形態を選定する。念のため，水平トレイにおいても，防火シートからケーブルへの熱伝導（熱伝達）が良い整線形態での延焼への影響を確認する。	整線形態	←	←	←
	ケーブル 組合せ	ケーブルトレイに敷設されているケーブルには，様々なサイズの組合せが存在している。	熱容量の小さい細径ケーブルのみが集合したものを選定する。念のため，ケーブル間の隙間が最大となる太径ケーブルのみが集合したものと比較する。	— ※1	←	←	←

※ 1：ケーブルトレイに敷設されているケーブル組合せについては，②の実機模擬試験で評価するため，条件は細径ケーブルのみとする。

以下の敷設条件は実機を想定した保守的な条件を選定しており，上記組合せにおいて共通の実機模擬条件を記載している。

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	保守的な条件
ケーブル	種類・サイズ	構成材料は 1 種類だが，複数の種類（回路種別），複数のサイズが存在する。	損傷長が長く，発火性及び延焼リスクが高い非難燃性ケーブルを選定する。	低圧電力
				架橋ポリエチレン ／ビニル
				14.5mm
	使用期間	プラント運転開始以降，長期間使用している。	ケーブルの絶縁材及びシース材は，経年劣化の傾向として燃えにくくなることから，新品ケーブルを選定する。	新品ケーブル
	延焼防止材	延焼防止材が塗布されている箇所，されていない箇所が存在する。	延焼防止材は，加速劣化後も高い難燃性を有していることから，延焼防止材を塗布していないケーブルを選定する。	延焼防止材塗布 なし
ケーブル トレイ	埃		実機でサンプリングした埃の成分の発熱量はケーブルの発熱量と比べ非常に小さく，耐延焼性にほとんど影響しないことから，埃が付着していないケーブルを選定する。	埃なし
	トレイ サイズ（幅）	150mm から 750mm までのトレイ幅が存在する。	IEEE383 垂直トレイ燃焼試験では約 300mm 幅のバーナを使用することを踏まえ，ケーブルトレイ幅として 300mm を選定する。	300mm
	トレイサイズ （高さ）	120mm のトレイ高さのみ。	トレイ高さ 120mm を選定する。	120mm
	トレイ形状	直線形，L 字形等，様々なトレイ形状が存在する。	火炎が最も速く広がる直線形の垂直トレイを選定する。	直線形

第 1-11-10 表 実機模擬条件組合せ一覧②

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	②ケーブル組合せの評価	
				②-1（①で実施）	②-2
ケーブル	敷設量	ケーブルトレイに敷設されているケーブル使用箇所により、ケーブル敷設量が変化する。	ケーブル敷設量が耐延焼性に及ぼす影響を確認するため、少量敷設、満載敷設の 2 種類の敷設量を選定する。参考として多量敷設による影響を確認する。	①で評価した敷設量	←
ケーブル トレイ	トレイ有無， トレイタイプ	基本的に使用するラダータイプと計装ケーブルを敷設するソリッドタイプ又はケーブルトレイと電線管入線部でケーブルトレイ上に敷設されない形態が存在する。	計装ケーブルを敷設するソリッドタイプはトレイによって火炎を遮るため、トレイはラダータイプを選定する。また、ケーブルトレイと電線管入線部でケーブル単体状態が存在するが、ケーブルトレイ敷設に対して距離が短く、電線管端部は耐火シールを施すことから延焼の可能性は少ない。参考としてトレイなしを確認する。	①で評価した形態	←
	トレイ 設置方向	垂直，水平及び勾配が存在する。	最も延焼が広がる速度が速い垂直トレイを選定する。	①で評価したトレイタイプ	←
	ケーブル 敷設形態	整線，波状の形態が存在する。	垂直トレイではケーブルは重力で整線形態となることから，整線形態を選定する。念のため，水平トレイにおいても，防火シートからケーブルへの熱伝導（熱伝達）が良い整線形態での延焼への影響を確認する。	垂直方向	←
	ケーブル 組合せ※ ²	ケーブルトレイに敷設されているケーブルには，様々なサイズの組合せが存在している。	熱容量の小さい細径ケーブルのみが集合したものを選定する。念のため，ケーブル間の隙間が最大となる太径ケーブルのみが集合したものと比較する。	整線形態	←
				細径ケーブル のみの集合	太径ケーブル のみの集合

※2：細径ケーブルのみと太径ケーブルのみ集合したケーブルについては，少量敷設で加熱されやすい状態で比較する。

以下の敷設条件は実機を想定した保守的な条件を選定しており，上記組合せにおいて共通の実機模擬条件を記載している。

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	保守的な条件
ケーブル	種類・サイズ	構成材料は 1 種類だが，複数の種類（回路種別），複数のサイズが存在する。	損傷長が長く，発火性及び延焼リスクが高い非難燃ケーブルを選定する。	低圧電力
				架橋ポリエチレン ／ビニル
				14.5mm
	使用期間	プラント運転開始以降，長期間使用している。	ケーブルの絶縁材及びシース材は，経年劣化の傾向として燃えにくくなることから，新品ケーブルを選定する。	新品ケーブル
	既塗布 延焼防止材	延焼防止材が塗布されている箇所，されていない箇所が存在する。	延焼防止材は，加速劣化後も高い難燃性を有していることから，延焼防止材を塗布していないケーブルを選定する。	延焼防止材塗布 なし
	埃	長期間の使用により，可燃物である埃が付着している。	実機でサンプリングした埃の成分の発熱量はケーブルの発熱量と比べ非常に小さく，耐延焼性にほとんど影響しないことから，埃が付着していないケーブルを選定する。	埃なし
ケーブル トレイ	トレイサイズ （幅）	150mm から 750mm までのトレイ幅が存在する。	IEEE383 垂直トレイ燃焼試験では約 300mm 幅のバーナを使用することを踏まえ，ケーブルトレイ幅として 300mm を選定する。	300mm
	トレイサイズ （高さ）	120mm のトレイ高さのみ。	トレイ高さ 120mm を選定する。	120mm
	トレイ形状	直線形，L 字形等，様々なトレイ形状が存在する。	火炎が最も速く広がる直線形の垂直トレイを選定する。	直線形

第 1-11-11 表 実機模擬条件組合せ一覧③

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	③ 水平トレイにおけるケーブル敷設形態の評価
ケーブル	敷設量	ケーブルトレイに敷設されているケーブル使用箇所により、ケーブル敷設量が増える、減る。	ケーブル敷設量が耐燃焼性に及ぼす影響を確認するため、少量敷設、満載敷設の 2 種類の敷設量を選定する。参考として多量敷設による影響を確認する。	①で評価した敷設量
ケーブル トレイ	トレイ有無、 トレイタイプ	基本的に使用するラダータイプと計装ケーブルを敷設するソリッドタイプ又はケーブルトレイと電線管入線部でケーブルトレイ上に敷設されない形態が存在する。	計装ケーブルを敷設するソリッドタイプはトレイによって火災を遮るため、トレイはラダータイプを選定する。また、ケーブルトレイと電線管入線部でケーブル単体状態が存在するが、ケーブルトレイ敷設に対して距離が短く、電線管端部は耐火シールを施すことから延焼の可能性は少ない。参考としてトレイなしを確認する。	①で評価した形態 ①で評価したトレイタイプ
	トレイ 設置方向	垂直、水平及び勾配が存在する。	最も延焼が広がる速度が速い垂直トレイを選定する。	水平方向
	ケーブル 敷設形態	整線、波状の形態が存在する。	垂直トレイではケーブルは重力で整線形態となることから、整線形態を選定する。念のため、水平トレイにおいても、防火シートからケーブルへの熱伝導（熱伝達）が良い整線形態での延焼への影響を確認する。	整線形態
	ケーブル 組合せ	ケーブルトレイに敷設されているケーブルには、様々なサイズの組合せが存在している。	熱容量の小さい細径ケーブルのみが集合したものを選定する。念のため、ケーブル間の隙間が最大となる太径ケーブルのみが集合したものと比較する。	①で評価した組合せ

以下の敷設条件は実機を想定した保守的な条件を選定しており、上記組合せにおいて共通の実機模擬条件を記載している。

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	保守的な条件
ケーブル	種類・サイズ	構成材料は 1 種類だが、複数の種類（回路種別）、複数のサイズが存在する。	損傷長が長く、発火性及び延焼リスクが高い非難燃性ケーブルを選定する。	低圧電力
				架橋ポリエチレン ／ビニル
				14.5mm
	使用期間	プラント運転開始以降、長期間使用している。	ケーブルの絶縁材及びシース材は、経年劣化の傾向として燃えにくくなることから、新品ケーブルを選定する。	新品ケーブル
	既塗布 延焼防止材	延焼防止材が塗布されている箇所、されていない箇所が存在する。	延焼防止材は、加速劣化後も高い難燃性を有していることから、延焼防止材を塗布していないケーブルを選定する。	延焼防止材塗布 なし
ケーブル トレイ	埃	長期間の使用により、可燃物である埃が付着している。	実機でサンプリングした埃の成分の発熱量はケーブルの発熱量と比べ非常に小さく、耐燃焼性にほとんど影響しないことから、埃が付着していないケーブルを選定する。	埃なし
	トレイ サイズ（幅）	150mm から 750mm までのトレイ幅が存在する。	IEEE383 垂直トレイ燃焼試験では約 300mm 幅のバーナを使用することを踏まえ、ケーブルトレイ幅として 300mm を選定する。	300mm
	トレイサイズ （高さ）	120mm のトレイ高さのみ。	トレイ高さ 120mm を選定する。	120mm
	トレイ形状	直線形、L 字形等、様々なトレイ形状が存在する。	火災が最も速く広がる直線形の垂直トレイを選定する。	直線形

第 1-11-12 表 実機模擬条件組合せ一覧④

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	ファイアストップパの評価		
				④-1	④-2	④-3
ケーブル	敷設量	ケーブルトレイに敷設されているケーブル使用箇所により、ケーブル敷設量が変化する、	ケーブル敷設量が耐延焼性に及ぼす影響を確認するため、少量敷設、満載敷設の 2 種類の敷設量を選定する。参考として多量敷設による影響を確認する。	①で評価した敷設量		
ケーブル トレイ	トレイ有無， トレイタイプ	基本的に使用するラダータイプと計装ケーブルを敷設するソリッドタイプ又はケーブルトレイと電線管入線部でケーブルトレイ上に敷設されない形態が存在する。	計装ケーブルを敷設するソリッドタイプはトレイによって火炎を遮るため、トレイはラダータイプを選定する。また、ケーブルトレイと電線管入線部でケーブル単体状態が存在するが、ケーブルトレイ敷設に対して距離が短く、電線管端部は耐火シールを施すことから延焼の可能性は少ない。参考としてトレイなしを確認する。	①で評価したトレイタイプ		
	トレイ設置方向	垂直，水平及び勾配が存在する。	最も延焼が広がる速度が速い垂直トレイを選定する。	②で評価した設置方法		
	ケーブル敷設形態	整線，波状の形態が存在する。	垂直トレイではケーブルは重力で整線形態となることから，整線形態を選定する。念のため，水平トレイにおいても，防火シートからケーブルへの熱伝導（熱伝達）が良い整線形態での延焼への影響を確認する。	②で評価した敷設方向		
	ケーブル組合せ	ケーブルトレイに敷設されているケーブルには，様々なサイズの組合せが存在している。	熱容量の小さい細径ケーブルのみが集合したものを選定する。念のため，ケーブル間の隙間が最大となる太径ケーブルのみが集合したものと比較する。	②で評価した組合せ		
ファイア ストップパ	有無	延焼の可能性があるトレイ設置方向への有無	高浜 1,2 号炉設置許可 8 条まとめ資料 別添 1 の試験データより，防火シートとケーブルに隙間がある太鼓巻の，垂直部は延焼するものとしてファイアストップパを設置する。	有		
	設置位置	火災源とファイアストップパの距離	火災源とファイアストップパ設置位置の距離の変化により，延焼への影響を確認する。	短距離	中距離	長距離

以下の敷設条件は実機を想定した保守的な条件を選定しており，上記組合せにおいて共通の実機模擬条件を記載している。

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	保守的な条件
ケーブル	種類・サイズ	構成材料は 1 種類だが，複数の種類（回路種別），複数のサイズが存在する。	損傷長が長く，発火性及び延焼リスクが高い非難燃ケーブルを選定する。	低圧電力
				架橋ポリエチレン／ビニル
				14. 5mm
	使用期間	プラント運転開始以降，長期間使用している。	ケーブルの絶縁材及びシース材は，経年劣化の傾向として燃えにくくなることから，新品ケーブルを選定する。	新品ケーブル
	延焼防止材	延焼防止材が塗布されている箇所，されていない箇所が存在する。	延焼防止材は，加速劣化後も高い難燃性を有していることから，延焼防止材を塗布していないケーブルを選定する。	延焼防止材塗布なし
ケーブル トレイ	埃	長期間の使用により，可燃物である埃が付着している。	実機でサンプリングした埃の成分の発熱量はケーブルの発熱量と比べ非常に小さく，耐延焼性にほとんど影響しないことから，埃が付着していないケーブルを選定する。	埃なし
	トレイサイズ（幅）	150mm から 750mm までのトレイ幅が存在する。	IEEE383 垂直トレイ燃焼試験では約 300mm 幅のバーナを使用することを踏まえ，ケーブルトレイ幅として 300mm を選定する。	300mm
	トレイサイズ（高さ）	120mm のトレイ高さのみ。	トレイ高さ 120mm を選定する。	120mm
	トレイ形状	直線形，L 字形等，様々なトレイ形状が存在する。	火炎が最も速く広がる直線形の垂直トレイを選定する。	直線形

第 1-11-13 表 実機模擬条件組合せ一覧⑤

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	構成品
				⑤-1
ケーブル	敷設量	ケーブルトレイに敷設されているケーブル使用箇所により、ケーブル敷設量が変化する、	ケーブル敷設量が耐延焼性に及ぼす影響を確認するため、少量敷設、満載敷設の 2 種類の敷設量を選定する。参考として多量敷設による影響を確認する。	① 評価した敷設量
ケーブル トレイ	トレイ有 無、 トレイタイプ	基本的に使用するラダータイプと計装ケーブルを敷設するソリッドタイプ又はケーブルトレイと電線管入線部でケーブルトレイ上に敷設されない形態が存在する。	計装ケーブルを敷設するソリッドタイプはトレイによって火災を遮るため、トレイはラダータイプを選定する。また、ケーブルトレイと電線管入線部でケーブル単体状態が存在するが、ケーブルトレイ敷設に対して距離が短く、電線管端部は耐火シールを施すことから延焼の可能性は少ない。参考としてトレイなしを確認する。	① 評価した形態 ①で評価したトレイタイプ
	トレイ 設置方向	垂直、水平及び勾配が存在する。	最も延焼が広がる速度が速い垂直トレイを選定する。	③で評価した敷設方向
	ケーブル 敷設形態	整線、波状の形態が存在する。	垂直トレイではケーブルは重力で整線形態となることから、整線形態を選定する。念のため、水平トレイにおいても、防火シートからケーブルへの熱伝導（熱伝達）が良い整線形態での延焼への影響を確認する。	③で評価した敷設形態
	ケーブル 組合せ	ケーブルトレイに敷設されているケーブルには、様々なサイズの組合せが存在している。	熱容量の小さい細径ケーブルのみが集合したものを選定する。念のため、ケーブル間の隙間が最大となる太径ケーブルのみが集合したものと比較する。	②で評価した組合せ
ファイア ストップ	有無	延焼の可能性があるトレイ設置方向への有無	高浜 1,2 号炉設置許可 8 条まとめ資料 別添 1 の試験データより、防火シートとケーブルに隙間がある太鼓巻の、垂直部は延焼するものとしてファイアストップを設置する。	有
	設置位置	火災源とファイアストップの距離	火災源とファイアストップ設置位置の距離の変化により、延焼への影響を確認する。	④で評価した設置位置

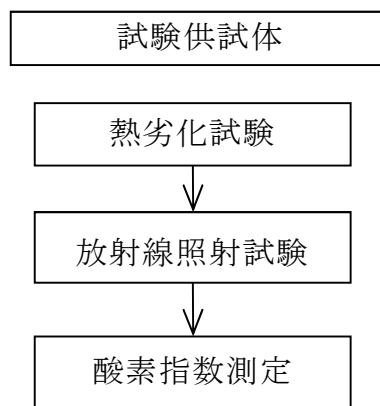
以下の敷設条件は実機を想定した保守的な条件を選定しており、上記組合せにおいて共通の実機模擬条件を記載している。

構成品	ばらつき		実機模擬条件の選定結果	保守的な条件
ケーブル	種類・サイズ	構成材料は 1 種類だが、複数の種類（回路種別）、複数のサイズが存在する。	損傷長が長く、発火性及び延焼リスクが高い非難燃ケーブルを選定する。	低圧電力
				架橋ポリエチレン ／ビニル
				14. 5mm
	使用期間	プラント運転開始以降、長期間使用している。	ケーブルの絶縁材及びシース材は、経年劣化の傾向として燃えにくくなることから、新品ケーブルを選定する。	新品ケーブル
	延焼防止材	延焼防止材が塗布されている箇所、されていない箇所が存在する。	延焼防止材は、加速劣化後も高い難燃性を有していることから、延焼防止材を塗布していないケーブルを選定する。	延焼防止材塗布 なし
ケーブル トレイ	埃	長期間の使用により、可燃物である埃が付着している。	実機でサンプリングした埃の成分の発熱量はケーブルの発熱量と比べ非常に小さく、耐延焼性にほとんど影響しないことから、埃が付着していないケーブルを選定する。	埃なし
	トレイ サイズ（幅）	150mm から 750mm までのトレイ幅が存在する。	IEEE383 垂直トレイ燃焼試験では約 300mm 幅のバーナを使用することを踏まえ、ケーブルトレイ幅として 300mm を選定する。	300mm
	トレイサイズ （高さ）	120mm のトレイ高さのみ。	トレイ高さ 120mm を選定する。	120mm
	トレイ形状	直線形、L 字形等、様々なトレイ形状が存在する。	火災が最も速く広がる直線形の垂直トレイを選定する。	直線形

熱・放射線加速劣化試験方法

1. 試験概要

本試験は電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼試験方法に関する推奨案」に基づき、60年相当の熱及び放射線を重畳させた劣化試験を実施、酸素指数測定により難燃性能を確認する。試験手順を第1図に示す。



第1図 熱・放射線による耐久試験の手順

2. 試験条件

(1) 熱劣化試験

加速熱劣化条件をアレニウス法により求め、試験日数を算出する。

(2) 放射線照射試験

放射線量(積算)は、学会推奨案40年相当での放射線照射量である500kGy(10kGy/h以下)を試験年数相当に換算する。

3. 判定基準

酸素指数を測定し初期特性から低下していないことを確認する。

複合体内部の発火に対する自己消火性の確認方法

1. 目的

複合体に対して、難燃ケーブルに実施する自己消火性試験を非難燃性ケーブルに燃焼条件を準拠させて試験を実施し、自己消火することを確認する。

2. 供試体

実機で使用されているケーブルのうち、保守的に代表性を考慮して試験対象ケーブルを抽出し、本文 2.2. (2) 項で選定する試験対象ケーブルに対し実施する。

複合体内部は防火シートで覆われ燃焼の三要素のうち酸素（空気）の供給が断たれる可能性がある。そのため、保守的な条件として酸素（空気）の供給に影響がないケーブル単体とし、防火シートは巻かないこととする。供試体の種類を第 1-12-1 表に示す。

第 1-12-1 表 供試体の種類

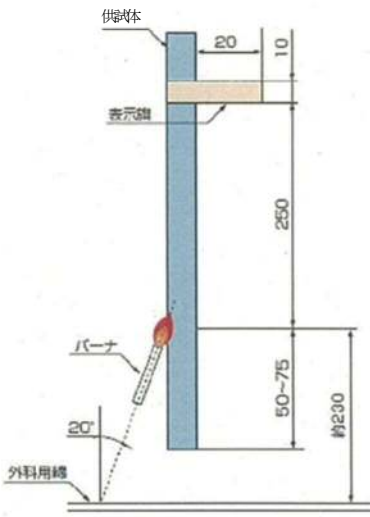
ケーブルの種類 (回路種別)	絶縁材	シース材	外径 (mm)
計装ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.5
制御ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	9.9
低圧電力ケーブル	架橋ポリエチレン	ビニル	14.5
	架橋ポリエチレン	ビニル	19 (41) ※1

※1：トリプレックス型：()外は単芯外形，()内は3本より合わせ外径を示す。

3. 試験方法及び判定基準

UL 垂直燃焼試験 (UL1581 1080VW-1 Flame Test) に準拠した試験を実施する。試験方法については、第 1-12-2 表に示す。

第 1-12-2 表 自己消火性の実証試験の概要 (UL1581-1080)

供試体の設置	 単位：mm
試験内容	・ 供試体を垂直に保持し、20 度の角度でバーナの炎をあてる。 ・ 15 秒着火、15 秒休止※²を 5 回繰り返す、試料の燃焼の程度を確認する。
火源	チリルバーナ
使用燃料	メタンガス
試験回数	3 回 (回数の規定なし)
判定基準	① 残炎による燃焼が 60 秒を超えない。 ② 表示旗が 25%以上焼損しない。 ③ 落下物によって下に設置した外科用綿が燃焼しない。

※ 2 : 「前回のガス接炎が終了した後の接炎休止時間 15 秒を超えて試験品による自己燃焼が持続する場合には、当該自己燃焼が消滅した後に次回のガス炎の接炎を行う。」 (UL1581 1080.13 より抜粋)

複合体内部の発火に対する延焼防止性能評価の確認方法

1. 目的

複合体内部の発火により燃焼したとしても、加熱源が除去された場合は複合体外郭、及び内部の燃焼が燃え止まることを確認する。

垂直又は水平等のトレイ設置方向による複合体内部の発火を模擬した燃焼試験を実施し、延焼の可能性のある設置方向を特定する。

また、上記により延焼の可能性のあると特定された設置方向について、ファイアストップパにて延焼を防止するとともに、複合体内部に閉鎖空間を設けることで、複合体内部での発火を想定しても複合体内部ケーブルが燃え止まることを確認する。

2. 延焼の可能性のあるトレイ設置方向の特定

2.1 供試体

本試験の供試体は、高浜 1，2 号炉の設置許可 8 条まとめ資料 別添 1 における、延焼の可能性のあるトレイの設置方向の特定に関する試験を参考に、試験結果を評価し選定する。引用した試験概要を第 1-13-1 表、試験結果を第 1-13-2 表に示す。

第 1-13-1 表 延焼の可能性のあるトレイ設置方向の
確認試験の概要（引用※¹）

	設置方向	標準施行	空気量最大
試験体の 据付例	水平		
	勾配 (45°)		
	垂直		
火源	リボンバーナ		
使用燃料	液化石油ガス		
バーナ熱量	20kW		
加熱時間	20分 20分経過後バーナの燃焼を停止し、そのまま放置してケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。		
試験回数	1 回		
判定基準	供試体の間で燃え止まること。		

※1：引用「高浜1，2号炉の設置許可8条まとめ資料 別添1」

第1-13-2表 延焼の可能性のある設置状態の確認試験結果（引用※²）

トレイ設置方向	防火シートとケーブル間の隙間有無	最大損傷長 [mm]
水平	無	440
	有	290
勾配 (45°)	無	655
	有	745
垂直	無	500
	有	>1,800

※2：引用「高浜1，2号炉の設置許可8条まとめ資料 別添1」

2.1.1 供試体の選定

複合体の形態として、防火シートはケーブルトレイの断面に対し直線的に施工する方法とするため、防火シートとケーブル間には隙間が生じる。このため、第1-13-2表の垂直トレイ設置方向の最大損傷長より、垂直トレイ設置方向における防火シートとケーブル間に隙間がある場合にはケーブルは延焼するものと判断し、垂直以外の水平と勾配におけるトレイ設置方向について試験を行う。

なお、供試体は本文3.2.5項にて比較評価する複合体の損傷長と延焼リスクから保守的に選定した非難燃性ケーブルを用いる。

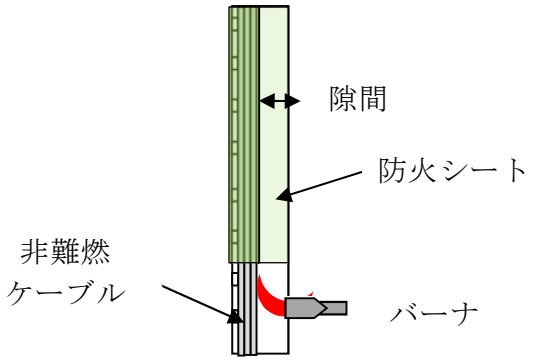
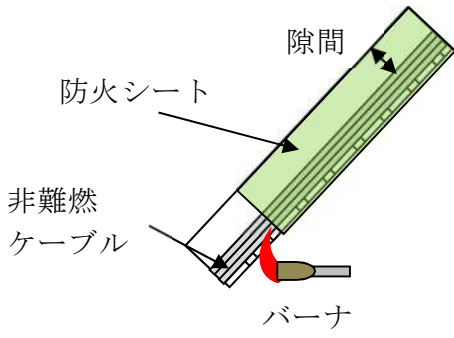
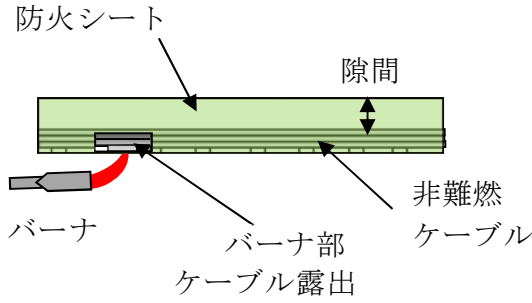
また、複合体は燃焼部のケーブルを露出させた状態のものについて燃焼試験を行う。

2.2 試験方法及び判定基準

試験では複合体内部の発火による延焼を考慮するため、複合体内部のケー

ブルを露出させた部分に外部の加熱源から加熱する。試験方法及び判定基準を第 1-13-3 表に示す。

第 1-13-3 表 トレイ設置方向の延焼性確認試験の概要

試験体の 据付例	トレイ設置方向	複合体
	垂直	
	勾配 (45°)	
	水平	
火源	リボンバーナ	
使用燃料	液化石油ガス	
バーナ熱量	20kW	
加熱時間	20分 ・バーナを点火し、20分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。	
試験回数	1 回	
判定基準	供試体の間で燃え止まること。	

3. 延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応

3.1 供試体

供試体は、2. 項にて延焼の可能性のあると特定されたトレイ設置方向において、内部のケーブルの延焼を抑えるためファイアストッパを設置し、閉鎖空間を作る。また、防火シートとケーブルに隙間がない状態と隙間がある状態を模擬する。なお、複合体内部の発火を想定するため、燃焼部についてはケーブルを露出させた状態とする。

3.2 試験方法及び判定基準

本文 3. 項の結果を踏まえ、試験条件、試験方法を第 1-13-4 表に示す。

第 1-13-4 表 延焼性の高いトレイ設置方向の耐延焼性試験概要

試験体の 据付例	
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
バーナ熱量	20kW
加熱時間	20分 ・バーナを点火し、20 分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	各 1 回
判定基準	燃え止まること。

複合体外部への延焼防止性評価の確認方法

1. 目的

複合体内部のケーブルが発火したとき、火炎が外部へ露出しないことを露出の可能性が最も高い防火シート重ね部にて確認する。

2. 供試体

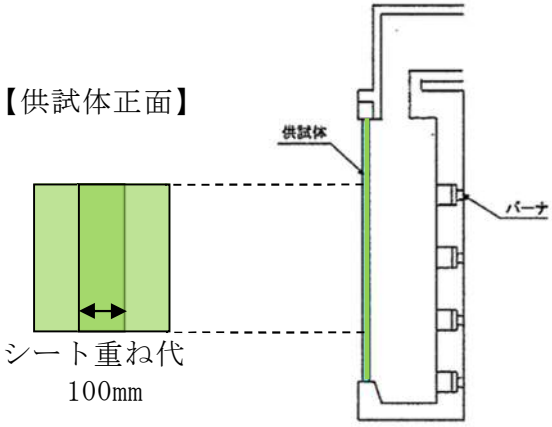
施工要領に準じて施工した防火シート重ね部

・防火シート(プロテコ®シートーP2・eco)

3. 試験方法，判定基準

建築基準法に規定されている指定性能評価機関が定めた遮炎性能試験の試験方法，判定基準による。試験方法は第 1-14-1 表に示す。

第 1-14-1 表 内部発火に対する遮炎性能の確認方法

試験装置 概要	【供試体正面】  シート重ね代 100mm 供試体 バーナ
試験内容	・ 加熱炉に供試体を設置する。 ・ IS0834 加熱曲線となるように 20 分間加熱する。
判定基準	・ 火炎が通るき裂等の損傷及び隙間を生じないこと。 ・ 非加熱側で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと。 ・ 非加熱側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。

過電流試験による遮炎性能評価の確認方法

1. 目的

過電流による複合体内部の発火を想定しても，ケーブルから発生する可燃性ガス，火炎が防火シートの遮炎性能に与える影響が問題のないことを確認する。

2. 供試体

メーカーの標準施工方法で施工した一層敷設の高圧電力ケーブルを供試体とする。

3. 試験方法及び判定基準

(1) 過電流模擬試験（ヒータ加熱）

ケーブル内部にヒータを設置し，導体の代わりにヒータに通電することでケーブル内部を加熱し，ケーブルの過電流を模擬する要素試験としてケーブル材料（絶縁体，シース）を発火させる燃焼試験を実施し，ケーブルから発生する可燃性ガス，火炎が防火シートの遮炎性能に与える影響が問題ないことを確認する。試験方法及び判定基準については，第 1-15-1 表に示す。

第 1-15-1 表 過電流模擬試験の概要

試験装置 概要	【試験装置全体】 【加熱ケーブル内部】
マイクロ ヒータ 温度	650℃
試験内容	・一層敷設した高圧電力ケーブルの内の一条に対して，マイクロヒータを取り付け，絶縁材及びシース材の発火温度を超える温度で加熱する。 ・一定時間後，複合体内部においてケーブルから発生する可燃性ガス及びケーブルが発火することを確認する。 ・複合体内部の火炎について外部への噴出の有無を確認する。
判定基準	複合体外部へ連続した火炎の噴出がないこと。

複合体が不完全な場合の性能評価の確認方法

1. 目的

メーカーの標準施工方法に基づくことで、設計方針を満足する防火シートの施工ができることを確認するものの、実機での施工、維持管理を考慮し、複合体の外郭である防火シートの施工が不完全な状態でも、複合体が燃え止まることを確認する。

2. 不完全性の抽出

2.1 抽出方法

防火シートの不完全性について、実機のケーブル敷設状況及びシートの施工性確認試験を踏まえ、代表的な不完全性を抽出する。

2.2 抽出結果

抽出した不完全性を第 1-16-1 表に示す。

第 1-16-1 表 不完全性抽出一覧

要因	不完全性
施工状態	防火シートつなぎ部のずれ
	防火シートの隙間
	防火シートの傷

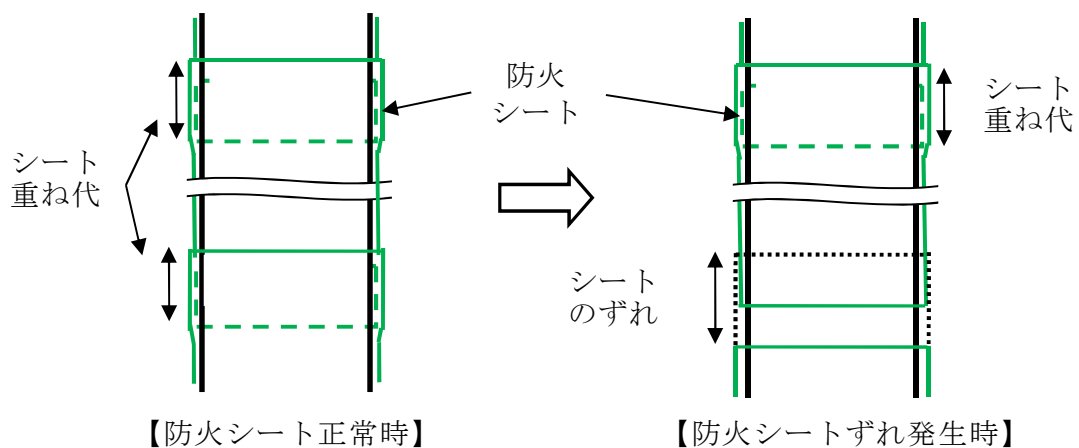
2.3 評価方法

2.2 項で抽出した不完全性を設定した複合体における耐延焼性の評価方法を以下に示す。

2.3.1 防火シートのずれ

(1) 不完全性

第 1-16-1 図に示す，防火シートつなぎ部のずれを不完全性とする。メーカーの施工要領にて定められているシート間重ね代（100mm）未満となる状態



第 1-16-1 図 防火シートつなぎ部のずれ（例）

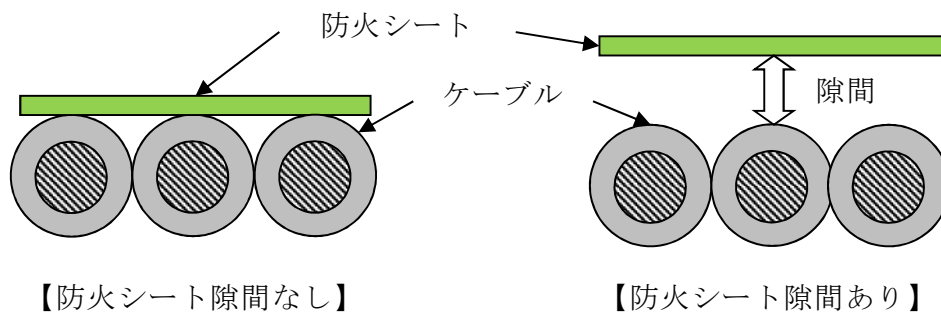
(2) 評価方法

防火シート間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性の試験を実施し，複合体が燃え止まることを確認する。

2.3.2 防火シートの隙間

(1) 不完全性

第 1-16-2 図に示す，防火シートとケーブルの隙間は，メーカ標準施工方法の太鼓巻では基本的に隙間が発生するため，ケーブルの敷設量を変化させた条件（設計目標Ⅰのばらつき）に包絡される。

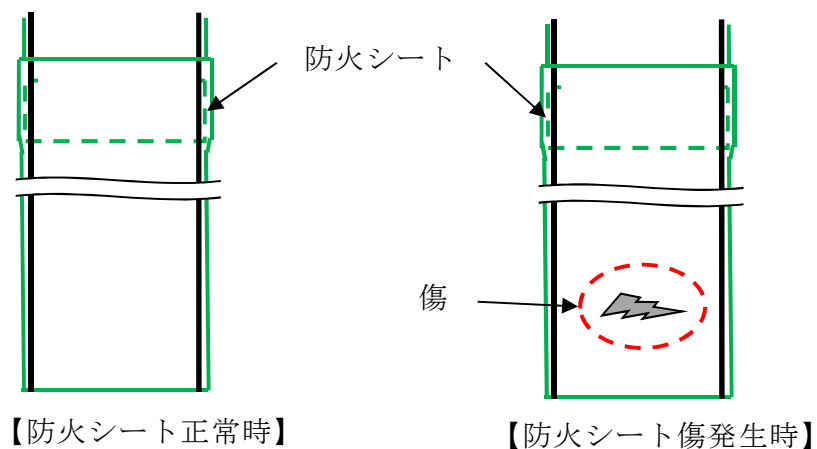


第 1-16-2 図 防火シートとケーブルの隙間（例）

2.3.3 防火シートの傷

(1) 不完全性

第 1-16-3 図に示す，機材の接触等による極端な状態の想定による防火シートの傷の発生を不完全性とする。



第 1-16-3 図 防火シートの傷（例）

(2) 評価方法

防火シートに傷が発生した場合を設定した耐延焼性の試験を実施し、複合体が燃え止まることを確認する。

なお、2.3.1 項のずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した試験に包絡するものとする。

3. 供試体

耐延焼性能試験の評価より、最も保守的なケーブルを選定し、本文 3.2.5 項にて比較評価する複合体の損傷長と延焼リスクから保守的に選定したケーブル及び同じサイズの難燃ケーブルを用いる。

4. 試験方法及び判定基準

メーカーの標準施工方法に基づくことで、設計方針を満足する防火シートの施工が可能であるが、保守的に防火シートが不完全な場合における耐延焼性の確認を行なうため、複合体外部の火災、複合体内部の発火の両方について試験を実施する。また、2. 項で決定した防火シートの不完全な場合を模擬した耐延焼性試験を実施する。

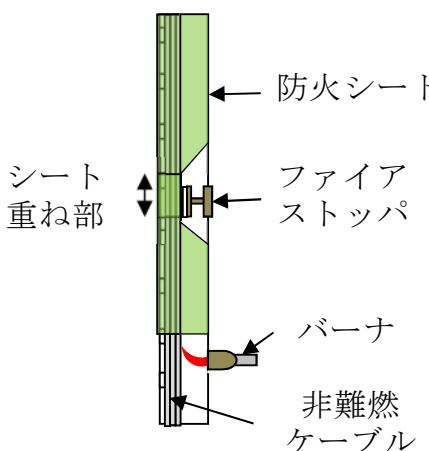
なお、実機のトレイは高さが小さいため、防火シートに隙間を模擬した複合体に対しては、外部火災による複合体と難燃ケーブルの損傷長を比較評価し、複合体が難燃ケーブルを上回る耐延焼性を有していることを確認する。また、複合体のケーブルが露出する不完全な状態は燃え止まることを確認し、内部の発火については、ケーブルの燃焼がファイアストップにより燃え止まることを確認する。

(1) 複合体外部の火災に対する不完全な場合における耐延焼性試験

a. 防火シートのずれ

防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験を実施する。試験方法及び判定基準を第 1-16-2 表に示す。

第 1-16-2 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能試験の概要

試験体の 据付例	【防火シートのずれ模擬】 
不完全性の試験条件	ずれの大きさをケーブルが完全露出する 200mm とし、耐延焼性が確保されることを確認する。
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
バーナ熱量	20kW
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し、20 分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	1 回
判定基準	・燃え止まること。

b. 防火シートの傷

防火シートに傷が生じてケーブルが露出した場合を設定し，耐延焼性試験を実施する。（前記，4.(1)項の防火シートの間にケーブル露出を設定した試験で包絡。）

(2) 複合体内部の発火に対する不完全な場合における耐延焼性試験

a. 防火シートのずれ

防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験を実施する。試験方法と判定基準を第 1-16-4 表に示す。

第 1-16-4 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能試験の概要

試験体の 据付例	【防火シートのずれ模擬】
不完全性 の試験 条件	ずれの大きさは、ファイアストップ及び結束ベルトが同じ箇所それぞれ 1 つ脱落し、防火シートが剥がれたこととするため、約 330mm のシートずれ（ケーブル露出約 230mm）を設定し、耐延焼性を確認する
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
バーナ 熱量	20kW
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し、20 分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	1 回
判定基準	燃え止まること。

b. 防火シートの隙間

防火シートとケーブルの間に隙間が生じた場合を設定した耐延焼性の確認は、メーカー標準施工方法の太鼓巻では基本的に隙間が発生する。この状態は複合体外部の火災に対する不完全な状態として、4. (2) a 項のシートのずれを設定した耐延焼性試験に包絡される。

c. 防火シートの傷

防火シートに傷が生じてケーブルが露出した場合を設定し、耐延焼性試験を実施する。（上記、4. (2) a. 項の防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験で包絡。）

代替措置による影響の確認方法

1. 目的

複合体はケーブル及びケーブルトレイを防火シートで覆ったものであるため、防火シートがケーブル及びケーブルトレイの機能に与える影響が軽微でありケーブル及びケーブルトレイの設計範囲内であることを確認する。

2. ケーブル及びケーブルトレイの保有する機能への影響

複合体は、ケーブルトレイに敷設されたケーブルに防火シート等を施工したものであり、ケーブル及びケーブルトレイが保有する機能に影響を及ぼす可能性がある。

防火シート等を施工することにより上記機能を阻害する要因となるものを抽出し、ケーブル及びケーブルトレイが保有する機能への影響要因と影響確認の方法を以下に示す。

(1) ケーブルへの影響要因と影響確認方法

a. 通電機能

ケーブルの通電機能は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である。

ケーブルの機能を阻害する要因としては、導体抵抗の増加、導体の断線、放熱性の低下が考えられるが、機器の使用電流は、電流による導体内の発生熱量とケーブル表面から外部に伝達される熱量が平衡に達しているとき、絶縁体温度がその許容温度となる電流値以内とすることから、複合体の形成により熱的条件が変化し、放熱性が低下した場合、使

用電流による発熱により絶縁体が許容温度に達し、通電機能に影響を与える可能性がある。詳細について添付資料 1-17 別紙 1 に示す。

通電機能への影響度合いについて、防火シートの施工前後の電流値を測定する電流低減率試験に基づき確認する。

b. 絶縁機能

ケーブルの絶縁機能は所定の絶縁抵抗及び耐電圧特性を有することであり、導体を覆う絶縁材にて確保される。したがって、ケーブルシース表面に防火シートを施工したとしても絶縁機能に影響を与えるものではないが、防火シートがケーブルに直接触れることによる絶縁性能の低下を考慮し、防火シートの施工後の絶縁機能について絶縁抵抗試験及び耐電圧試験により確認する。

c. シースによる保護機能

シースによる保護機能は、通電機能及び絶縁機能を維持するためケーブル形状を保ち、外的要因から保護することである。

防火シートは、ケーブルに巻付けを行う製品であり、シースに影響を与えるものではない。

ただし、防火シートがケーブルに直接触れることで、化学的にシースを侵食する可能性も考えられることから、念のため、防火シートに使用される材質の性状を pH 試験により確認する。

(2) ケーブルトレイへの影響要因と影響確認方法

a. ケーブル保持機能

ケーブル保持機能は敷設されるケーブルを支持することである。防火

シートは、ケーブルトレイに敷設されたケーブルに巻付けを行う製品であり、ケーブルトレイ材質に影響を与えるものではない。ただし、防火シートがケーブルトレイに直接接触することで、化学的にケーブルトレイ材質を侵食し、形状を損なう可能性がある。また、複合体を形成することによりケーブルトレイの重量が増加することで保持機能に影響を与える可能性がある。これらの影響度合いの確認について以下に示す。

(a) ケーブルトレイ材質への影響

防火シートに使用される材質の性状は 2. (1) c. 項の pH 試験の結果で確認する。ケーブルトレイ材質への影響は、防火シートに使用される材質の性状で判断できる。

(b) 重量増加の影響

複合体形成による重量増加に伴い、ケーブルを支持する機能の低下が考えられるため、複合体による重量増加の度合いを確認する。

3. 化学的影響の評価

3.1 pH 試験

3.1.1 目的

防火シートが直接触れることによるケーブルシース及びケーブルトレイ材質への化学的な影響を確認する。

3.1.2 試験内容

(1) 供試体

防火シート(プロテコ®シート-P2・eco)

(2) 試験方法

「JIS C 3605 600V ポリエチレンケーブル」の pH に準拠した方法で pH を測定する。

(3) 判定基準

中性の範囲 (pH6～8) であること。

4. ケーブルに与える影響の評価

4.1 通電機能

4.1.1 電流低減率試験

4.1.1.1 目的

複合体の形成による放熱性の低下によりケーブルの通電機能に問題のないことを確認する。

4.1.1.2 試験内容

(1) 供試体

IEEE848-1996 に準じた供試体とする。

a. ケーブル

多層敷設ケーブル

(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル 外径:17.5mm)

b. ケーブルトレイ

複合体形成前後のラダートレイ

供試体の詳細は添付資料 1-17 別紙 2 に示す。

(2) 試験方法

IEEE848-1996 に準じた試験方法による。試験方法の詳細を添付資料 1-17 別紙 2 に示す。

電流低減率は、ケーブル選定時に使用する設計基準であり、電力ケーブルが敷設してあることで熱影響を受けるラダートレイの防火シート有無による測定電流との比較にて算出する。

なお、実機ではケーブルトレイに多層敷設された全てのケーブルが通電されることはないが、IEEE848-1996 では全てのケーブルに通電するた

め，保守的な試験条件である。

(3) 判定基準

防火シートの施工前後の電流低減率が設計裕度の範囲内であることを確認する。設計裕度を下回る場合は機器等に影響がないことを確認する。

4.2 絶縁機能

4.2.1 絶縁抵抗試験

4.2.1.1 目的

防火シートの施工によりケーブルの絶縁特性に影響がないことを確認する。

4.2.1.2 試験内容

(1) 供試体

防火シート施工後のケーブル

(2) 試験方法

「JIS C 3005 ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」の絶縁抵抗に準拠し、供試体の一部を水中に1時間以上浸した状態で絶縁抵抗を測定する。

(3) 判定基準

2500M Ω ・km 以上であること。（「JIS C 3605 600V ポリエチレンケーブル」）

4.2.2 耐電圧試験

4.2.2.1 目的

防火シートの施工によって耐電圧特性に影響がないことを確認する。

4.2.2.2 試験内容

(1) 供試体

防火シート施工後のケーブル

(2) 試験方法

「JIS C 3605 600V ポリエチレンケーブル」の耐電圧試験に準拠し、供試体の一部を水中に 1 時間以上浸した状態で規定電圧 AC1,500V を印加し、1 分間耐えることを確認する。

(3) 判定基準

防火シートの施工前後で 1 分間の規定電圧印加に耐えること。

5. ケーブルトレイに与える影響の評価

5.1 ケーブル保持機能

5.1.1 重量増加の影響

5.1.1.1 目的

複合体の形成に伴う重量増加により、ケーブルトレイのケーブルを保持する機能に影響がないことを確認する。

5.1.1.2 検討内容

防火シート等を施工することによるケーブルトレイの重量増加が、ケーブルトレイの設計裕度の範囲内であることを確認する。

5.1.1.3 判定基準

重量増加はケーブルトレイの設計裕度の範囲内であること。

防火シートの施工によるケーブルの使用電流に与える影響について

1. 伝熱の形態

伝熱とは水が高いところから低いところに流れるように、熱が高温側から低温側に移動する現象であり、熱移動は熱伝導、熱伝達、熱輻射（輻射伝熱）の3形態に分類される。以下に伝熱の3形態を示す。

(1) 熱伝導

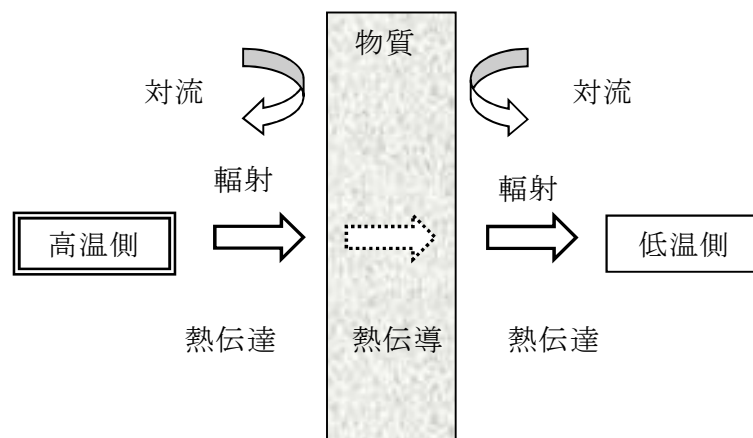
熱伝導とは熱が物質を伝わって、高温側から低温側で移動する現象。

(2) 対流熱伝達

熱が気体や液体など、流体の循環によって移動する現象。

(3) 熱輻射（輻射伝熱）

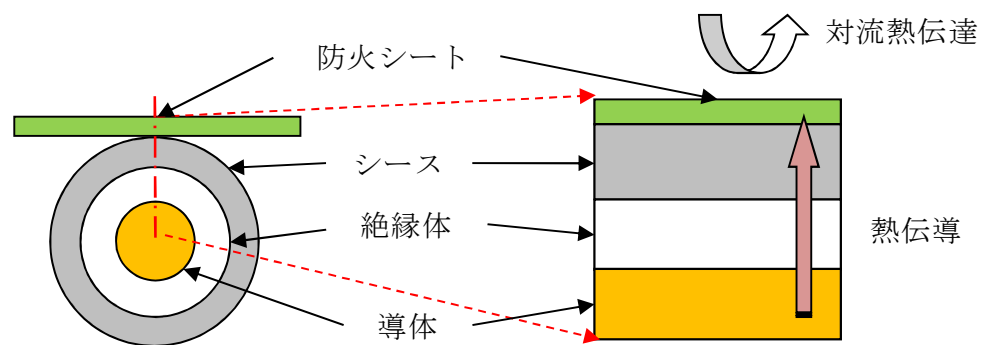
熱輻射（輻射伝熱）とは熱が物体から他の物体へ直接、電磁波の形で移動する現象。



第1図 伝熱の3形態

2. 防火シートを施工したケーブルの伝熱

防火シートを施工したケーブルは導体、絶縁体、シース及び防火シートからなる多層構造体となる。よって、通電時に導体抵抗により生じる熱の伝熱過程は、絶縁体、シース及び防火シートへと伝わる熱伝導と、防火シートからケーブル外部へと放出される熱対流となる。防火シートを施工したケーブルの伝熱について第2図に示す。



【ケーブルとシートの断面】

第2図 防火シートを施工したケーブルの伝熱

導体からの発熱量が防火シート表面からの放熱量を上回った場合、差分の熱量はケーブル内で温度上昇として現れる。

絶縁体の温度が許容温度まで上昇した際には、絶縁体の損傷等により通電機能に影響を与える可能性がある。

電流低減率測定試験について

1. 供試体

IEEE848-1996 に準じてラダートレイに敷設したケーブル（架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル）を供試体とする。供試体の仕様を第 1 表に示す。

第 1 表 供試体の仕様

試験供試体		備 考
試験規格	IEEE848-1996	
ケーブル仕様	外径 17.5mm	
トレイ形状	幅 600mm, 高さ 120mm, 長さ 3,660mm	ラダータイプ
ケーブル配列	32 本×3 段	全 96 本
防火シート	無	
	有	

2. 試験方法

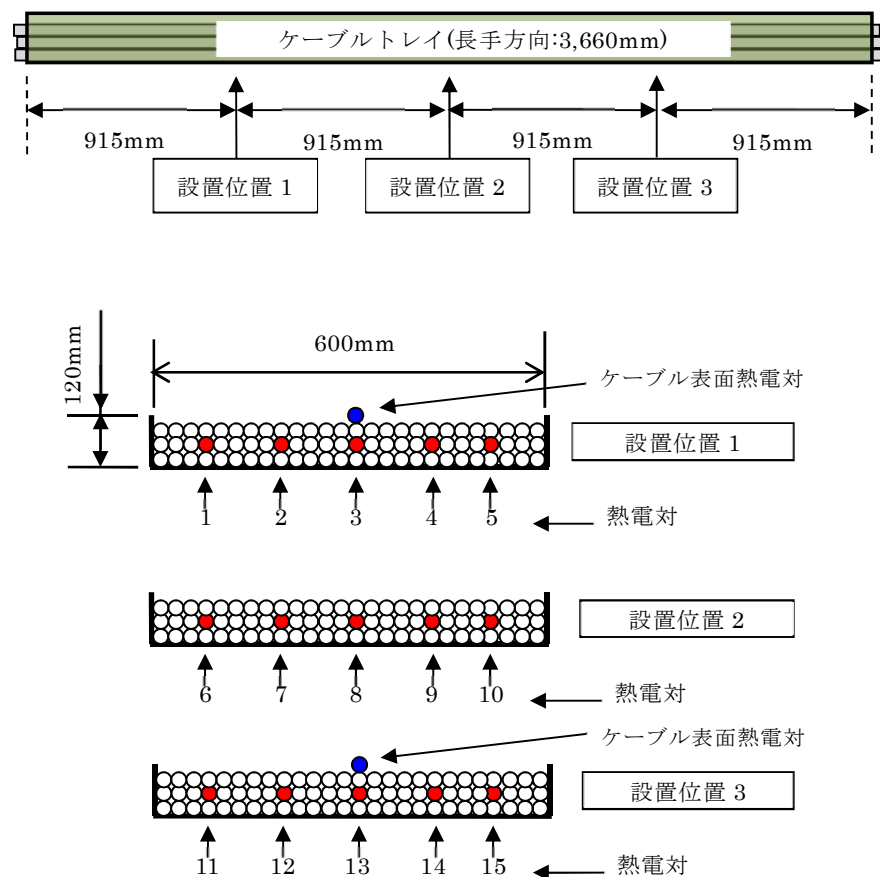
IEEE848-1996 に準じて試験を実施し、防火シートの施工前後におけるケーブルの電流低減率を求める。

2.1 ケーブル敷設方法

- (1) ケーブルを、ケーブルトレイに均等に 3 段に敷設する。全てのケーブル（96 本）に電流を流すため、各ケーブルの端部をそれぞれ接続し、1 本の直列回路になるようにする。

(2) ケーブルの導体温度を測定するため、導体に直接熱電対を取付けて固定する。

熱電対は第 1 図に示すように、ケーブル中央（設置位置 2）及び中央から 915mm 離れた位置（設置位置 1, 3）に設置する。また、熱電対は、トレイに布設している 2 段目のケーブルの設置位置 1～3 に対して 5 箇所ずつ、合計 15 箇所の導体温度を確認できるように設置する。試験中の雰囲気温度は、トレイの側面から 300mm 離れた位置に設置した 3 つの熱電対を用いて確認し、表面温度は、最上段のケーブル表面に 2 箇所（設置位置 1, 3）の熱電対を設置する。



第 1 図 熱電対設置位置

2.2 測定条件

ケーブルを敷設したケーブルトレイを第2図のように枕木の上に設置し通電試験を行う。通電試験は、防火シートの施工前後で行う。ケーブルに電流を通電し、設置位置2の熱電対温度が $90^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、設置位置1, 3の熱電対温度の平均温度が設置位置2の平均温度の $\pm 4^{\circ}\text{C}$ になるように電流を調整し、導体温度が安定した後、ケーブルへの通電は3時間継続して行い、その間の温度測定を行う。



第2図 ケーブルトレイ設置方法

2.3 温度補正及び低減率計算

以下の計算式で温度補正後の電流値および防火シート施工前後の電流低減率を計算する。

(1) 温度補正後の電流値

$$T = I \sqrt{\frac{(T_{c'} - T_{a'}) (\alpha + T_c)}{(T_c - T_a) (\alpha + T_{c'})}}$$

- I : 温度安定後の試験電流 (A)
- T_c : 温度安定後設置位置2の最大導体温度 (°C)
- T_a : 試験後の周囲温度 (°C)
- I' : 基準温度での電流 (補正值) (A)
- T_{c'} : 基準導体温度; 90 (°C)
- T_{a'} : 基準周囲温度; 40 (°C)
- α : 234.5 (°C)

(2) 防火シートの施工による電流低減率

$$ADF = \frac{(I_o - I_f)}{I_o} 100$$

ADF : 電流低減率 (%)

I_o : 防火シート施工前の電流値 (A)

I_f : 防火シート施工後の電流値 (A)

100 : パーセント換算

3. 判定基準

防火シートの施工前後の電流低減率が設計裕度の範囲内であることを確認する。設計裕度を下回る場合は機器等に影響がないことを確認する。

発電所で使用する非難燃ケーブルの種類

1. 目的

発電所で使用されている非難燃ケーブルを網羅的に抽出する。

2. 抽出元となる資料

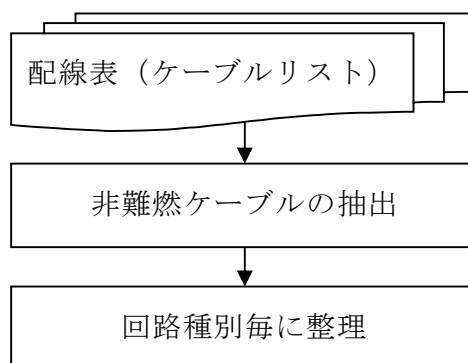
東海第二発電所で使用されているケーブルは配線表(ケーブルリスト)としてケーブル番号ごとに接続回路, ケーブルの型式(絶縁材とシースの組合せ), 芯数及び導体サイズなどにまとめられ建設時から図書として管理されている。

3. 抽出対象

安全機能を有するケーブルが敷設される原子炉建屋(附属棟)及び原子炉建屋の非難燃ケーブルを抽出対象とする。

4. 抽出手順

配線表(ケーブルリスト)の型式から非難燃ケーブルを抽出し, 回路種別毎にケーブル構成材料, 芯数, 導体サイズなどを以下のフローにより整理する。(添付資料 2-1 別紙 1)



5. 抽出結果

発電所で使用されている非難燃ケーブルの詳細を添付資料 2-2 に示す。

添付資料 2-1 別紙 1

ケーブル No.	ケーブル敷設間 接続元／接続先	場 所	型 式	芯 数	導 体	長 さ	ケーブル敷設ルート
CABLE-NO	FROM / TO EQUIPMENT	AREA	B/M-NO	CORE	SIZE	LNK	ROUTING
C21329C	PNL H13-P640 LS B22-F028C (B8062-S1)	CR-5 RD-1	D5414	5	3.5	155	C2180-S1,3931,3929,3927,3925,3922,3919,3917,3911,3909,3910,2901,C2120,2902,3007,CC120,8391,C2501
H13-P640 盤～電動弁 LS 中継箱				制御用架橋ポリエチレン絶縁ビニルシース (芯数 5, 導体サイズ 3.5mm ²)			
C21329C	KGB LS B22-F028C (B8062-S1) LS B22-F028C	RD-1 RD-1	DKGB1	4x1	3.5	152	95352-S1,C2147-S1,5712,24991-S1,B2500-S1,24697 B5219,21329CZ
C21329D	PNL H13-P640 LS B22-F028D (B8062-S1)	CR-5 RD-1	D5414	5	3.5	155	C2180-S1,3931,3929,3927,3925,3922,3919,3917,3911,3909,3910,2901,C2120,2902,3007,CC120,8391,C2501 8392,8393,8394,8395,CC140-S1,5021,C2140-S1,5411 4410,24637,C2147-S1,5712,95353-S1
KGB ケーブル(難燃)							
C21329D	KGB LS B22-F028D (B8062-S1) LS B22-F028D	RD-1 RD-1	DKGB1	4x1	3.5	140	95352-S1,C2147-S1,5712,24991-S1,B2500-S1,24697 B5219,21329DZ
C21329E	PNL H13-P623 PNL H13-P640	CR-5 CR-5	D5414	5	3.5	37	C2181-S1,3934,WM104-S1,C2180-S1,3931
C21330A S1	SWGR 2C (2) RHR P 2A	CR-1 RA-4	D1207	3	200	98	24154-S1,X2101-S1,4015,4014,4013,4012,4011,4010 4219,4218,B2002-S1,26080-S1,M2001-S1,21330A-S1
高圧電源盤 2C～ 残留熱除去系ポンプ 2A				高圧用架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケー ブル(トリプレックス形導体サイズ 200mm ²)			

第 1 図 配線表 (ケーブルリスト) (例)

第 1 表 発電所で使用されている非難燃ケーブル種類

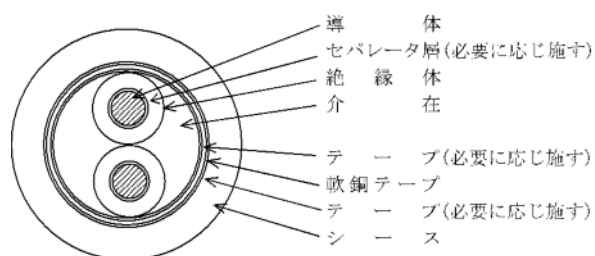
回路 種別	構成材料		導線サイズ (mm ²)	芯数
	絶縁体	シース		
計装	架橋ポリ エチレン	ビニル	1.25	2～27
制御	架橋ポリ エチレン	ビニル	2	2～27
			3.5	2～12
低圧 電力	架橋ポリ エチレン	ビニル	5.5	3～4
			8	2～3
			14	2～3
			22	2～3
			38	2～3
			60	2～3
			100～325	2～3
高圧 電力	架橋ポリ エチレン	ビニル	100～325	2～3

発電所で使用する非難燃ケーブルの詳細

1. ケーブルの構造

非難燃ケーブルである架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブルを回路区分ごとに構造を示す。

(1) 計装ケーブル

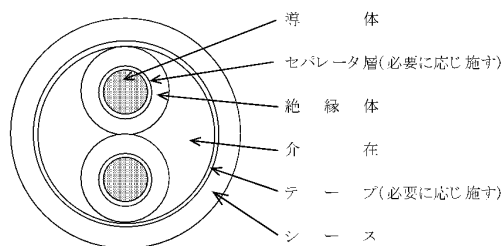


CCV-S 構造 (例)

第 2-2-1 表 使用している非難燃ケーブル

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	芯数－ 導体サイズ (mm ²)	外径 (mm)
計装	架橋ポリエチレン/ ビニル	0.8	1.5	2C－1.25	9.5
				3C－1.25	10.5
				4C－1.25	11.0
				7C－1.25	13.0
				8C－1.25	13.5
				12C－1.25	16.0
				14C－1.25	17.0
				19C－1.25	19.0
				24C－1.25	21.5
				27C－1.25	21.5

(2) 制御ケーブル(1/2)

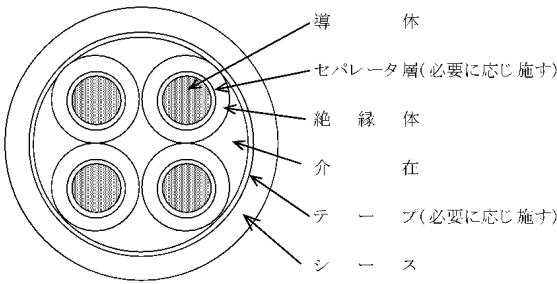


CCV 構造（例：2 芯）

第 2-2-2 表 使用している非難燃ケーブル

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	芯数－ 導体サイズ (mm ²)	外径 (mm)
制御	架橋ポリエチレン/ ビニル	0.8	1.5	2C－2.0	9.9
				3C－2.0	10.5
				4C－2.0	11.5
				5C－2.0	12.5
				7C－2.0	13.5
				9C－2.0	16.5
				12C－2.0	17.5
				14C－2.0	18.5
				19C－2.0	21.0
				27C－2.0	24.0

(3) 制御ケーブル(2/2)

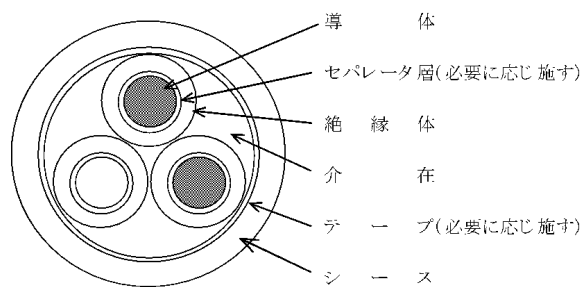


CCV 構造（例：4 芯）

第 2-2-3 表 使用している非難燃ケーブル

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	芯数－ 導体サイズ (mm ²)	外径 (mm)
制御	架橋ポリエチレン/ ビニル	0.8	1.5	2C－3.5	11.5
				3C－3.5	12.0
				4C－3.5	13.0
				5C－3.5	14.0
				6C－3.5	15.5
				7C－3.5	15.5
				9C－3.5	17.5
				12C－3.5	20.0

(4) 低圧電力ケーブル(1/2)

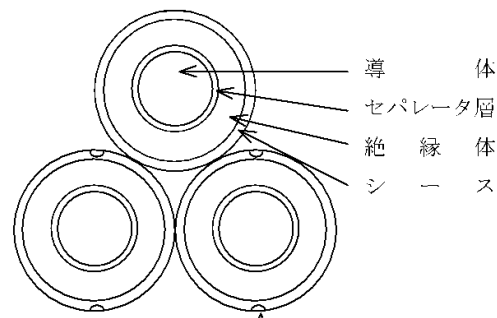


600V CV 構造

第 2-2-4 表 使用している非難燃ケーブル

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	芯数－ 導体サイズ (mm ²)	外径 (mm)
低圧 電力	架橋ポリエチレン/ ビニル	1.0	1.5	3C－5.5	14.5
				4C－5.5	16.0
				2C－8	15.0
				3C－8	16.0
				2C－14	16.5
				3C－14	17.5
		1.2	1.5	2C－22	19.5
				3C－22	21
			1.6	2C－38	24
			1.7	3C－38	25
		1.5	1.8	2C－60	29
			1.9	3C－60	31

(5) 低圧電力ケーブル(2/2)

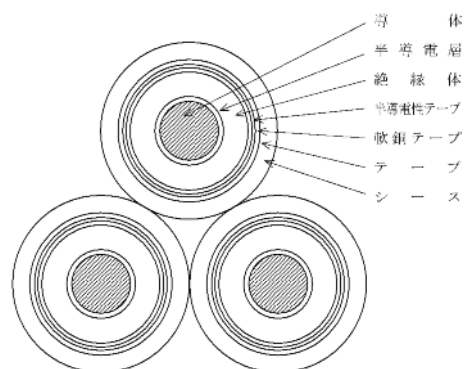


600V CVT 構造

第 2-2-5 表 使用している非難燃ケーブル

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	導体サイズ (mm ²)	単芯 外径 (mm)
低圧 電力	架橋ポリエチレン/ ビニル (トリプレックス形 などより合わせ)	2	1.5	100	19
		2	1.5	125	20.5
		2	1.5	150	22
		2.5	1.7	200	26
			1.8	250	28
			1.9	325	31

(6) 高圧電力ケーブル



6600V CVT 構造

第 2-2-6 表 使用している非難燃ケーブル

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	導体サイズ (mm ²)	単芯 外径 (mm)
高圧 電力	架橋ポリエチレン/ ビニル (トリプレックス形 などより合わせ)	4	2.4	100	26
		4.5	2.8	200	33
			3.0	250	35
			3.1	325	39

ケーブルの燃焼メカニズム

1. 燃焼メカニズム

一般に‘燃焼’とは、可燃物に十分な熱と酸素が与えられて生じる気相での発熱をとまなう急激な酸化反応である。燃焼を継続させるためには、可燃物、温度(熱エネルギー)、酸素の三要素を全て満たす必要があり、言い換えると、それらの三要素のうち、一つでも欠ければ燃焼を継続することはできない。以下に、ケーブル構成物質である高分子物質の燃焼及びケーブルの燃焼メカニズムを示す。

(1) 高分子物質の燃焼

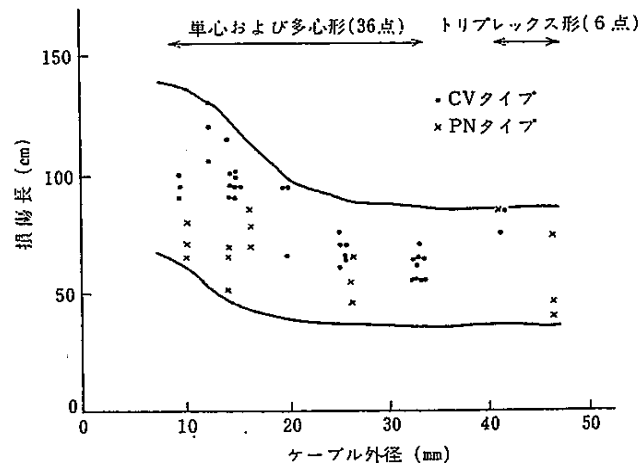
高分子物質(固体物質)の燃焼は分解燃焼であり、熱を受けると熱分解を起こして炭化水素等の可燃性ガスと塩化水素等の不燃性ガスからなる分解生成ガスが発生する。また、熱分解後には、炭素を主体とする分解残分が形成される。

分解生成ガスは、空気と混合して拡散火炎をつくり気相燃焼し、炭素を主体とする分解残分は固体面の空気によって表面燃焼して、これらは燃焼生成物となる。そして、これらの燃焼により発生した熱エネルギーが固体物質に熱伝達され、熱分解を起こすプロセスを繰り返す。

第 2-3-1 図に分解燃焼の系統図(出典：燃焼概論 疋田強 秋田一雄 共著)に示す。

- ・延焼性に及ぼすケーブルサイズからの効果は、それほど顕著には認められないが、比較的ケーブル外径，導体サイズが小さいところで損傷長が大きくなっている。これは，ケーブルの熱容量，熱放散などの影響が現れたものと考えられる。

(引用：電気学会技術報告（Ⅱ部）第139号）



CV タイプ：架橋ポリエチレンビニル絶縁ビニルシースタイプ
PN タイプ：EP ゴム絶縁クロロプレンシースタイプ

電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号 付2.10 図

ケーブル外径と損傷長（抜粋）

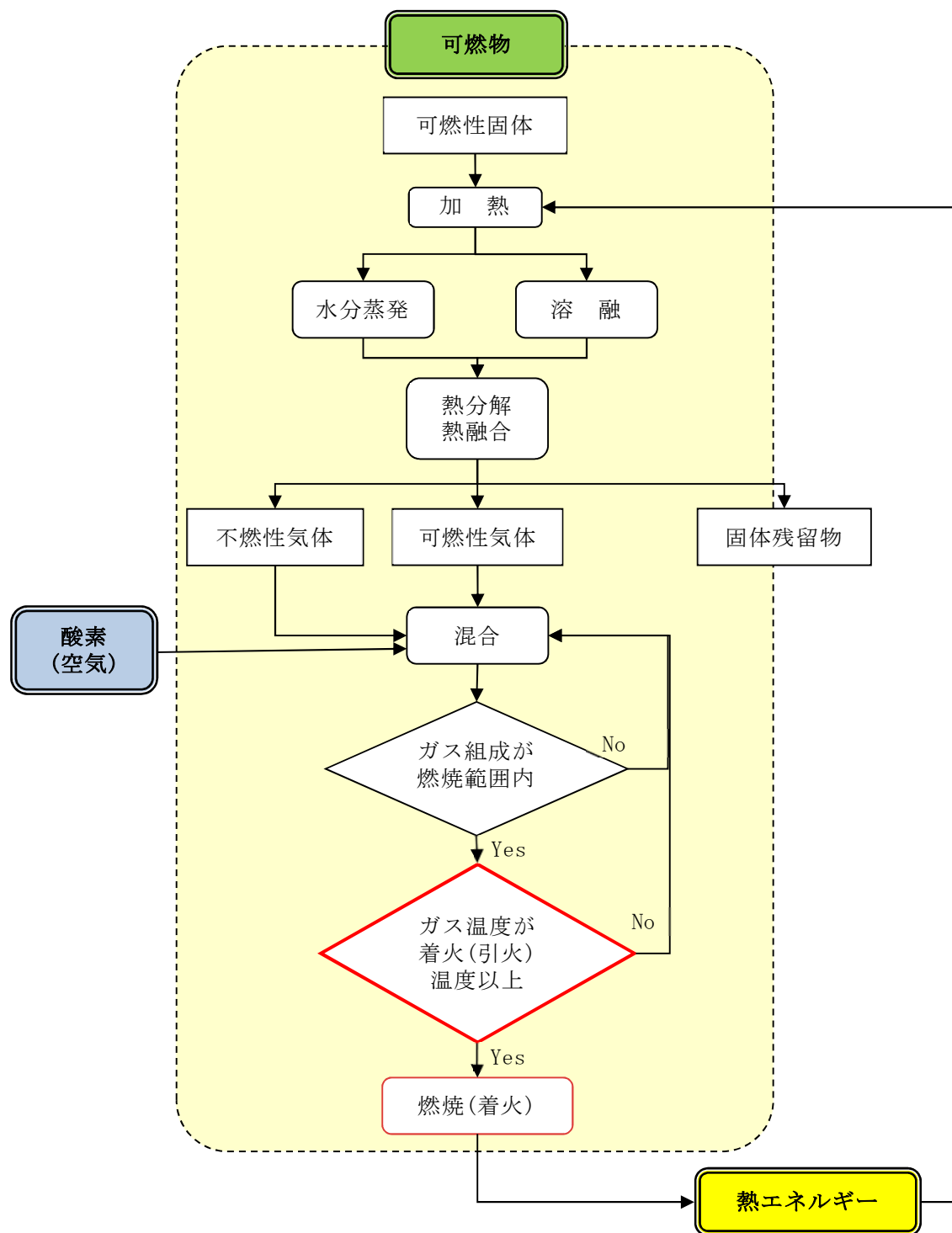
このように，高分子物質を燃焼させるには，熱分解により可燃性ガスが発生するよう物質の温度を上昇させる必要がある。同じ材料であれば，熱容量(物質の温度が1℃上昇するために必要な熱)が小さいほど温度は上昇しやすいため，着火しやすくなる。

2. ケーブルの燃焼と熱容量の関係

(1) ケーブルの燃焼プロセス

常温で固体のケーブルの燃焼をミクロ的に見れば，熱により固体表面が加熱され，熱分解，混合，着火，燃焼という過程をたどるため物理，化学的な変化の様相を呈するといえる。

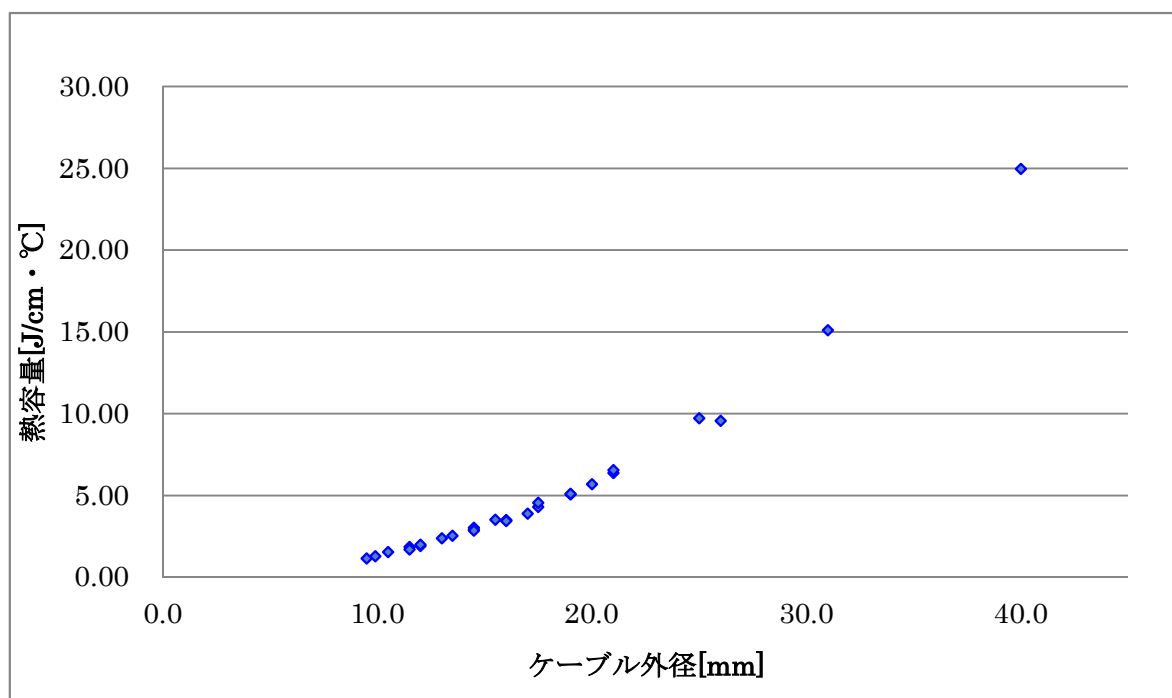
- ① 加熱された固体表面においては，含有する水分の蒸発や軟化，溶融のように物理的な吸熱過程を経て，化学的な熱分解，熱融合が起り可燃性気体，不燃性気体および固体残留物を生成する。
- ② 可燃性気体は拡散移動し，その拡散過程で雰囲気中の空気や不燃性気体と混合され，混合された気体の組成が燃焼範囲にあり，着火温度に達すると着火，燃焼に至る。
- ③ この燃焼領域から新しい固体表面へ熱が移動することにより火災の伝播が起り，この繰返しによって可燃物が消費されるまで燃焼が継続される。燃焼プロセスを第 2-3-2 図に示す



第 2-3-2 図 ケーブル材料の燃焼プロセス

(2) ケーブルの熱容量とケーブル外径の関係

CV (CCV) ケーブル外径と熱容量の相関関係を第 2-3-3 図に示す。



第 2-3-3 図 ケーブル外径と熱容量の相関図

CV ケーブル : 架橋ポリエチレンビニル絶縁ビニルシースケーブル

CCV ケーブル : 制御用架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル

ケーブルの使用期間による経年変化

1. 経年変化の確認

敷設されている非難燃ケーブルはプラント運転開始から長期間使用している。

ケーブルの構成材料であるシース材のビニルは本来、ポリ塩化ビニルは非常に高い難燃性ポリマーであるが、ケーブルの取扱いを容易（柔らかく）にするため可塑剤（可燃物）を混入させている。しかし、経年変化により、この可塑剤が溶けだしてくるため、ビニルは燃えにくくなる。また、絶縁材である架橋ポリエチレンも取扱いを容易にするため可塑剤を混入している。この傾向を確認するため、使用するケーブル材料に対し、熱及び放射線の加速劣化による酸素指数の変化を評価することで、ケーブルが燃えやすい性質にならないことを確認する。

2. 供試体

ケーブルの構成材料である絶縁材及びシース材を供試体とする。

- ・ ビニル
- ・ 架橋ポリエチレン

3. 熱・放射線加速劣化試験

(1) 初期（劣化前）の酸素指数測定

新品状態にある供試体の酸素指数を測定する。

(2) 熱・放射線加速劣化

ケーブルの経年劣化を模擬するため、40 年相当の熱・放射線加速劣化

を実施する。試験方法の詳細を添付資料 2-4 別紙 1 に示す。

(3) 劣化後の酸素指数測定

加速劣化後（40 年相当）の材料の酸素指数を測定する。

4. 酸素指数測定結果

第 2-4-1 表に加速劣化前後のケーブル材料の酸素指数測定結果を示す。

第 2-4-1 表 酸素指数測定結果

構成材料	酸素指数測定結果	
	初期	劣化後(40 年)
ビニル	25.3	28.6
架橋ポリエチレン	18.3	19.3

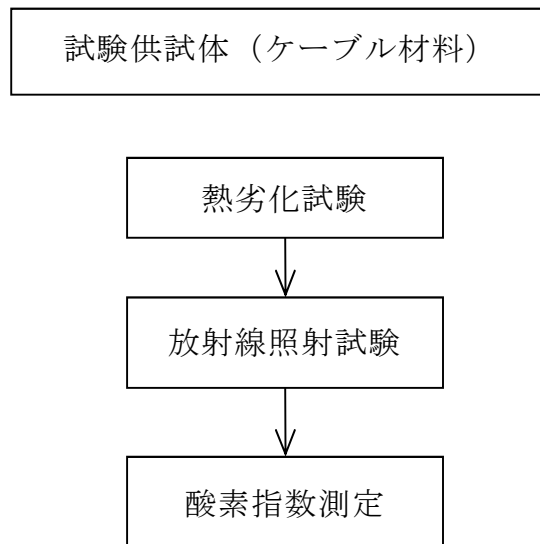
5. 評価

経年変化後のケーブルは新品ケーブルと比べ酸素指数が高くなっており，新品ケーブルを実機模擬条件として用いることが保守的である。

熱・放射線加速劣化試験方法

1. 試験概要

本試験は電気学会技術報告(Ⅱ部)第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼試験方法に関する推奨案」を準拠し、熱劣化試験及び放射線照射試験により40年相当で劣化させた後、酸素指数を測定し、値の変化により難燃性を確認する。本試験の手順を第1図に示す。



第1図 熱・放射線による使用環境耐久試験の手順

2. 試験条件

(1) 熱劣化試験

電気学会推奨案の基本的な熱加速劣化温度により，40 年相当の 168 時間とする。

(2) 放射線照射試験

電気学会推奨案の基本的な放射線照射量により，40 年相当の 500kGy（10kGy/h 以下）で実施する。

上記，試験条件を第 1 表に示す。

第 1 表 熱・放射線劣化試験条件

供試体	試験条件		
	熱劣化		放射線劣化
	温度（℃）	時間	放射線量(kGy)
ビニル	121	168	500
架橋ポリエチレン	121	168	500

注：放射線線量率は，10kGy/h 以下とする。

3. 判定基準

酸素指数を測定し初期の値から低下していないことを確認する。

発電所を代表する非難燃ケーブルの抽出結果のまとめ

第 2-5-1 表 非難燃ケーブルの抽出結果

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	芯数－ 導体サイズ (mm ²)	外径 (mm)
計装	架橋ポリエチレン/ ビニル	0.8	1.5	2C－1.25	9.5
				3C－1.25	10.5
				4C－1.25	11.0
				7C－1.25	13.0
				8C－1.25	13.5
				12C－1.25	16.0
				14C－1.25	17.0
				19C－1.25	19.0
				24C－1.25	21.5
				27C－1.25	21.5

第 2-5-2 表 非難燃ケーブルの抽出結果

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	芯数－ 導体サイズ (mm ²)	外径 (mm)
制御	架橋ポリエチレン/ ビニル	0.8	1.5	2C－2.0	9.9
				3C－2.0	10.5
				4C－2.0	11.5
				5C－2.0	12.5
				7C－2.0	13.5
				9C－2.0	16.5
				12C－2.0	17.5
				14C－2.0	18.5
				19C－2.0	21.0
				27C－2.0	24.0
				2C－3.5	11.5
				3C－3.5	12.0
				4C－3.5	13.0
				5C－3.5	14.0
				6C－3.5	15.5
				7C－3.5	15.5
				9C－3.5	17.5
				12C－3.5	20.0

第 2-5-3 表 非難燃ケーブルの抽出結果

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	芯数－ 導体サイズ (mm ²)	外径 (mm)
低圧 電力	架橋ポリエチレン/ ビニル	1.0	1.5	3C－5.5	14.5
				4C－5.5	16.0
				2C－8	15.0
				3C－8	16.0
				2C－14	16.5
				3C－14	17.5
		1.2		2C－22	19.5
				3C－22	21
			1.6	2C－38	24
			1.7	3C－38	25
		1.5	1.8	2C－60	29
			1.9	3C－60	31
	架橋ポリエチレン/ ビニル (トリプレックス型など)	2	1.5	100	19
		2	1.5	150	22
		2.5	1.7	200	26
			1.8	250	28
			1.9	325	31

注：トリプレックス型などより合わせのものは単芯の外径を示す。

第 2-5-4 表 非難燃ケーブルの抽出結果

回路 種別	絶縁材/ シース材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材 厚さ (mm)	導体サイズ (mm ²)	単芯 外径 (mm)
高圧 電力	架橋ポリエチレン/ ビニル (トリプレックス型など)	4	2.4	100	26
		4.5	2.8	200	33
			3.0	250	35
			3.1	325	39

注：トリプレックス型などより合わせのものは単芯の外径を示す。

試験対象ケーブルの詳細

第 2-6-1 表 試験対象ケーブルの詳細

回路 種別	絶縁材 厚さ (mm)	シース 材厚さ (mm)	芯数－ 導体 サイズ (mm ²)	外径 (mm)	熱容量 (J/cm℃)	構造
計装	0.8	1.5	2C－1.25	9.5	1.17	
制御	0.8	1.5	2C－2.0	9.9	1.31	
低圧 電力	1	1.5	3C－5.5	14.5	2.85	
低圧 電力	2	1.5	1C－100 ×3 本	19(41) ^{※1}	21.78	

注：ケーブルの構成材料（絶縁材：架橋ポリエチレン，シース材：ビニル）

※1：トリプレックス型：（ ）外は単芯外径，（ ）内はより合わせ外径を示す。

ケーブルの難燃性能向上評価に係る調達管理

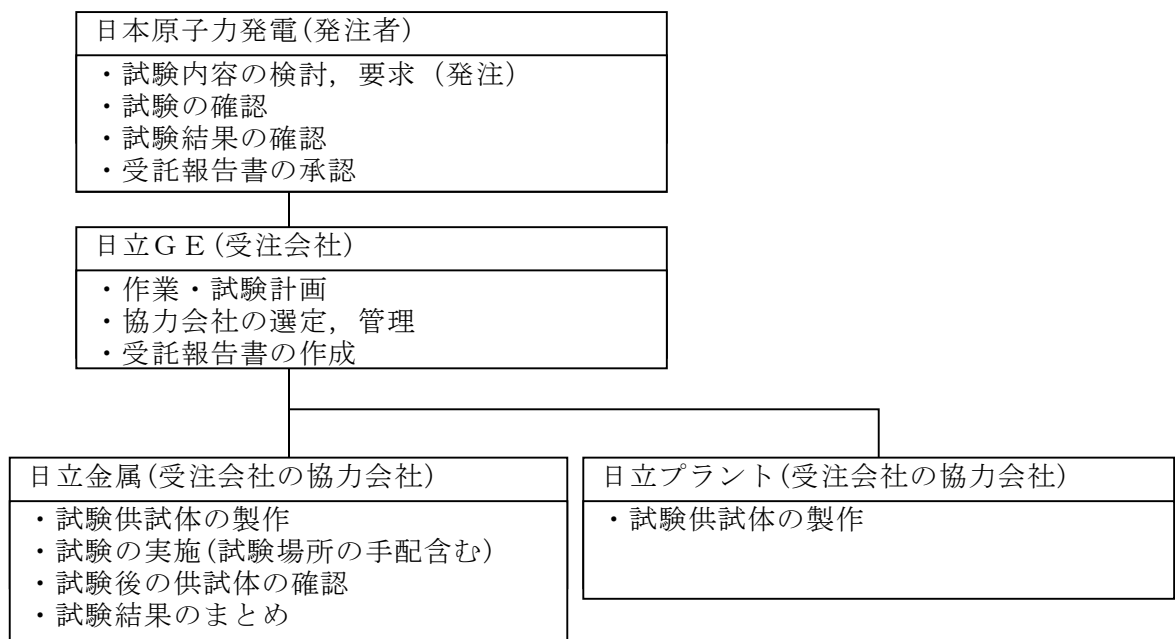
自己消火性及び延焼性確認試験は業務委託により実施しており，その際の調達管理については以下の通りである。

1. 業務委託内容の要求

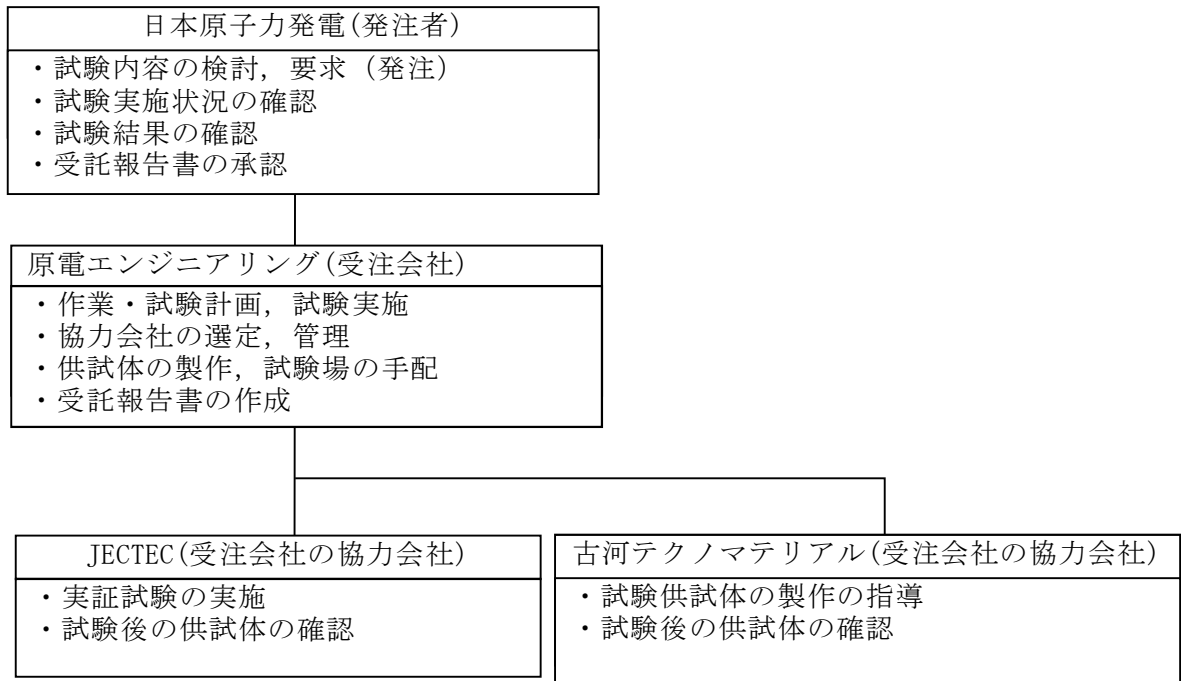
業務委託として，難燃性実証試験の実施体制や試験内容等を記載した調達文書を発注者及び受注会社とで同意し契約することにより，業務委託内容を受注会社へ要求する。受注者は調達文書の要求事項から実施計画書を発注者に提出し，発注者は実施計画書の適合性を確認する。

2. 実施体制と役割分担

(1) 自己消火性



(2) 延焼性確認



3. 難燃性確認試験の実施

受注会社は実施計画書に基づく実証試験を協力会社に実施させ、全数を立会い確認する。また、実証試験結果を受託報告書に纏め発注者へ報告する。

なお、発注者は、実施計画書に基づく実証試験が的確に実施されていることを適宜立会いし確認する。

4. 試験結果の確認

発注者は受注会社から提出された受託報告書の内容を確認し承認する。

外部の火災に対する自己消火性の実証試験

1. 目的

複合体に対して、難燃ケーブルに実施する自己消火性試験を非難燃ケーブルに燃焼条件を準拠させて試験を実施し、自己消火することを確認する。

2. 供試体

防火シートは不燃性材料であるため、保守的に本文 2.3 項で選定した試験対象ケーブル単体を供試体とする。供試体の種類を第 3-2-1 表に示す。

第 3-2-1 表 供試体の種類

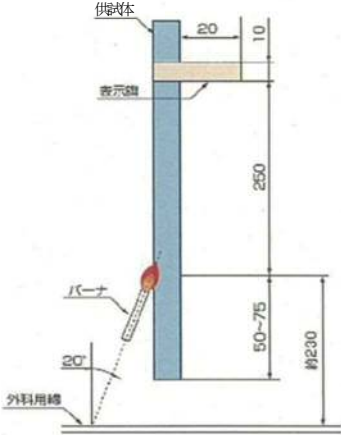
ケーブル種類	絶縁材	シース材	外径 (mm)
計装 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.5
制御 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.9
低圧電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	14.5
	架橋 ポリエチレン	ビニル	19(41) ^{※1}

※1：トリプレックス型：()外は単芯外形，()内は3本より合わせ外径を示す。

3. 試験方法及び判定基準

UL 垂直燃焼試験（UL1581 1080VW・1 Flame Test）を準拠して試験を実施する。試験方法について、第 3-2-2 表に示す。UL1581 の試験規格を第 3-2-3 表に示す。

第 3-2-2 表 自己消火性の実証試験の概要（UL1581-1080）

供試体の 据付例	
試験内容	・ 供試体を垂直に保持し，20 度の角度でバーナの炎をあてる。 ・ 15 秒着火，15 秒休止^{※2}を 5 回繰り返し，試料の燃焼の程度を確認する。
火源	チリルバーナ
使用燃料	メタンガス
試験回数	3 回（回数の規定なし）
判定基準	① 残炎による燃焼が 60 秒を超えない。 ② 表示旗が 25%以上焼損しない。 ③ 落下物によって下に設置した外科用綿が燃焼しない。

※2：「前回のガス接炎が終了した後の接炎休止時間 15 秒を超えて試験品による自己燃焼が持続する場合には、当該自己燃焼が消滅した後に次回のガス炎の接炎を行う。」（UL1581 1080.13 より抜粋）

第 3-2-3 表 UL1581-1080 (VW-1) 試験規格

項目		規格
試験室	サイズ(幅, 奥行, 高さ)	いずれの方向も 610mm 以上
	内容量	4m ³ 以上
バーナ	仕様 : ASTM D 5025	チリルバーナ
燃焼ガス	種類	純度 98%以上のメタンガス
	圧力	1.23±0.24kPa
	流量	0.965±0.03l/min
	熱量	500W 以上 (1,700Btu/h 以上)
炎	全長の長さ	125±10mm
	青色内炎の長さ	40±2mm
室温		25.0±10°C
試験要領		第 1-8-2 表の試験内容の通り
判定基準		第 1-8-2 表の判定基準の通り

4. 試験結果

自己消火性の試験結果のまとめを第 3-2-4 表に、各供試体の実証試験結果の詳細を第 3-2-5 表に示す。

5. 評価

供試体ケーブルは自己消火性を有することを実証した。

第 3-2-4 表 自己消火性の実証試験結果のまとめ

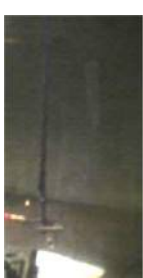
ケーブル 種類	絶縁材料	シース 材料	外径 (mm)	最大 残炎時 間 (秒)	表示旗の 損傷 (%)	綿の 燃焼	判定 結果
計装 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	9.5	12	0	無	良
制御 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	9.9	13	0	無	良
低圧電力 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	14.5	16	0	無	良
	架橋ポリ エチレン	ビニル	19(41) ^{※3}	0	0	無	良

※3：トリプレックス型：()外は単芯外径，()内は3本より合わせ外径を示す。

第 3-2-5 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (1/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：計装ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：9.5mm 熱容量：104J/K・m								
No	残炎時間（秒）						表示旗 の損傷 (%)	綿の 損傷
	1	2	3	4	5	最大		
1	0	2	2	2	12	12	0	無
2	0	1	2	3	11	11	0	無
3	0	2	2	7	11	11	0	無

第 3-2-5 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (2/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：計装ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：9.5mm 熱容量：104J/K・m				
No	試験前	残炎後着火時	試験後	判定結果
1				良
	最大残炎時間：12 秒（5 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
2				良
	最大残炎時間：11 秒（5 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
3				良
	最大残炎時間：11 秒（5 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	

第 3-2-5 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (3/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：制御ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：9.9mm 熱容量：116J/K・m								
No	残炎時間（秒）						表示旗 の損傷 (%)	綿の 損傷
	1	2	3	4	5	最大		
1	1	1	3	3	2	3	0	無
2	1	2	2	4	3	4	0	無
3	0	13	3	2	9	13	0	無

第 3-2-5 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (4/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：制御ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：9.9mm 熱容量：116J/K・m				
No	試験前	残炎後着火時	試験後	判定結果
1				良
	最大残炎時間：3 秒（4 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
2				良
	最大残炎時間：4 秒（4 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
3				良
	最大残炎時間：13 秒（2 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	

第 3-2-5 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (5/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：低圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：14.5mm 熱容量：252J/K・m								
No	残炎時間（秒）						表示旗 の損傷(%)	綿の 損傷
	1	2	3	4	5	最大		
1	1	3	16	1	2	16	0	無
2	1	2	1	1	0	2	0	無
3	1	1	2	1	1	2	0	無

第 3-2-5 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (6/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：低圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：14.5mm 熱容量：252J/K・m				
No	試験前	残炎後着火時	試験後	判定結果
1				良
	最大残炎時間：16 秒（3 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
2				良
	最大残炎時間：2 秒（2 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
3				良
	最大残炎時間：2 秒（3 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	

第 3-2-5 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (7/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：低圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：19mm 熱容量：681J/K・m								
No	残炎時間（秒）						表示旗 の損傷(%)	綿の 損傷
	1	2	3	4	5	最大		
1	0	0	0	0	0	0	0	無
2	0	0	0	0	0	0	0	無
3	0	0	0	0	0	0	0	無

第 3-2-5 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (8/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：低圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：19mm 熱容量：681J/K・m				
No	試験前	残炎後着火時	試験後	判定結果
1				良
	最大残炎時間：0 秒		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
2				良
	最大残炎時間：0 秒		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
3				良
	最大残炎時間：0 秒		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	

耐延焼性実証試験条件

項目			実証試験
試験室	サイズ (m) (W×D×H)		W12×D9×H6.5
	換気		自然
トレイ	サイズ (mm) (W×D×H)		実証試験条件の選定結果による
ケーブル	ケーブル配置 (mm)		
	ケーブル間隔		
バーナ	種類		AGF 製リボンバーナ
	位置 (mm)	トレイ底面	約 600
		ケーブル表面	約 75 ^{※1}
ガス・空気	熱量 (kW)		20 ^{※1}
	種類		プロパンとプロピレンの配合量が 95% (モル%) 以上の液化石油ガス (LP ガス)
	ガス流量 (ℓ/分)		13 ^{※1} 0.78m ³ /h 以上 (20℃)
	空気流量 (ℓ/分)		65 (3.9m ³ /h) ^{※1}

※1：バーナ熱量を変化させた試験では変更となる。

項目		実証試験
火炎	長さ (mm)	約 400※ ²
	温度 (℃)	約 840 以上※ ²
試験要領		バーナに点火し，20 分間燃焼させる。
		火源が除去された後，あるいは燃え尽きた後でも燃焼し続けるケーブルは燃焼範囲を測定するため，そのまま燃焼させておく。
判定基準		・ 燃え止まること。（供試体の最上端まで損傷しないこと） ・ 火源が除去されたとき自己消火すること。
損傷判定箇所		ケーブル：シース及び絶縁体の火ぶくれ，溶融，炭化，灰化 防火シート：炭化，灰化

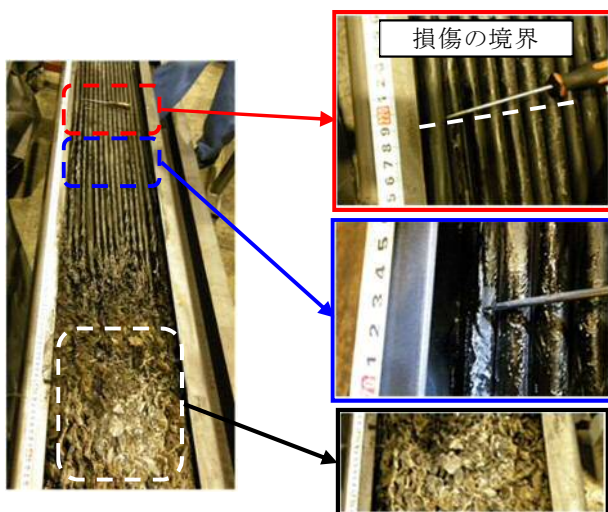
※ 2：バーナ熱量を変化させた試験では変更となる。

損傷長の判定方法

耐延焼性の実証試験では、損傷の境界を確認し、バーナ位置を基準として最大損傷長を測定する。

損傷長の判定方法を第 3-4-1 図に示す。また、損傷長の判断基準を第 3-4-1 表に示す。

【ケーブルシース】



【熔融】

表面が溶けて色が変化

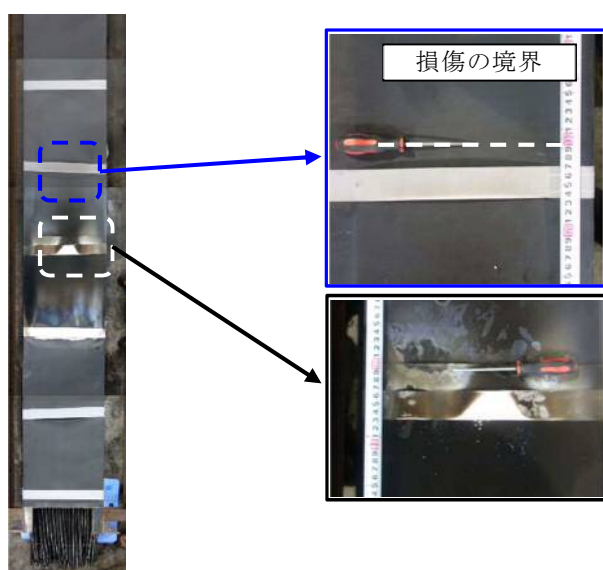
【炭化】

表面が硬化し削れる。

【灰化】

形状を残していない。

【防火シート】



【炭化】

表面が硬化し削れる。

【灰化】

ピックが刺さる。

第 3-4-1 図 ケーブル及び防火シートの損傷長の判定方法

第 3-4-1 表 ケーブル及び防火シートの損傷長判定基準

対象	損傷区分	判定基準	
ケーブル	溶融	シース	ケーブル表面の変形
		絶縁体	絶縁体の異常な変形
	火ぶくれ	シース	ケーブル表面の膨れ
		絶縁体	絶縁体の異常な膨れ
	炭化	シース	シース表面を金属ピックで一定の力で突き刺す。この時素材に弾性がないこと，乾いた音が生じて表面が崩れるなどを確認
		絶縁体	同上
	灰化	シース	シース表面を金属ピックで一定の力で突き刺す。この時乾いた音をたてずに崩れることを確認
		絶縁体	同上
防火シート	溶融	発生しない	
	火ぶくれ	発生しない	
	炭化	防火シート表面に金属ピックで一定の力で突き刺し，穴が開かないことを確認後，シート表面をピックで引っ掻き，表面の難燃ゴムが容易に削れること（ゴム弾性を失う状況）を確認	
	灰化	防火シート表面に金属ピックで一定の力で突き刺す。この時，ほとんど抵抗なくシートを貫通することを確認	

ケーブル種類毎の性能確認

1. 目的

実機で使用している非難燃ケーブルに防火シートを施工した複合体に対して耐延焼性の試験を実施し、燃え止まることを確認する。

2. 供試体

本文 2.2(3) 項で選定したケーブルを供試体とする。防火シートについては、トレイ上のケーブルに対して一括して防火シートを巻く施工とする。供試体の種類を第 3-5-1 表に示す。

第 3-5-1 表 供試体の種類

ケーブル種類 (回路種別)	絶縁材	シース材	外径 (mm)
計装 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.5
制御 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.9
低圧電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	14.5 ※ ²
	架橋 ポリエチレン	ビニル	19(41) ※ ¹
低圧電力 ケーブル	難燃架橋 ポリエチレン	難燃ビニル	14.0 ※ ²

※¹：トリプレックス型：()外は単芯外形，()内は 3 本より合わせ外径を示す。

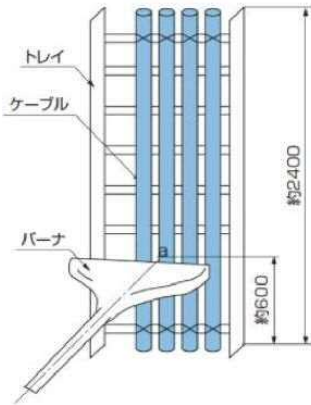
※²：比較のため、同じ導体サイズのケーブルを示す。

3. 試験方法及び判定基準

難燃ケーブルの耐延焼性試験の燃焼条件に準拠した方法による。

試験方法については，第 3-5-2 表に示す。

第 3-5-2 表 ケーブル回路種別の耐延焼性確認試験の概要

試験体の 据付例	 単位：mm
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
熱量	20kW
加熱時間	20 分 バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	3 回
判定基準	燃え止まること。

4. 試験結果

試験結果のまとめを第 3-5-3 表に，試験結果の詳細を第 3-5-5 表に示す。

5. 評価

複合体が燃え止まることを確認した。

6. 実機を代表するケーブルの選定

4 項で垂直トレイ試験（1 層敷設）の結果，制御ケーブル及び低圧電力ケーブル（細径）についてはケーブルの損傷長に大差がなかった。そのため，実機を模擬して多層（満載）にケーブルを敷設した供試体で垂直トレイ燃焼試験を行い，損傷長を比較して代表ケーブルを選定した。

比較結果のまとめを第 3-5-4 表に，試験結果の詳細を第 3-5-6 表に示す。

第 3-5-3 表 ケーブル回路種別の耐延焼性確認試験の結果

ケーブル 種類	絶縁材	シース 材	ケーブル 外径 (mm)	最大損傷 長平均 (mm)	シート 間 重ね代 (mm)	判定 結果
計装 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.5	763	100	良
制御 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.9	840 ^{※5}	100	良
低圧電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	14.5 ^{※4}	800 ^{※5}	100	良
			19(41) ^{※3}	595	100	良
低圧電力 ケーブル	難燃架橋 ポリエチレン	難燃 ビニル	14.0 ^{※4}	1,010	—	—

※3：トリプレックス型：（ ）外は単芯外形，（ ）内は 3 本より合わせ外径を示す。

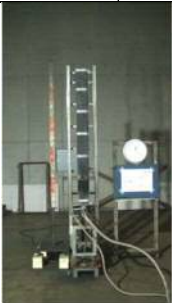
※4：比較のため，同じ導体サイズのケーブルを示す。

※5：損傷長に大差がないため，実機模擬（多層敷設）した供試体により比較

第 3-5-4 表 垂直トレイ燃焼試験(実機模擬：多層)の耐延焼性比較試験の結果

ケーブル 種類	絶縁材	シース材	ケーブル 外径 (mm)	最大損傷長 平均 (mm)	シート間 重ね代 (mm)	比較 結果
制御 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.9	635	100	—
低圧電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	14.5	663	100	選定

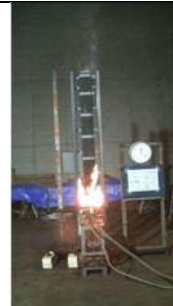
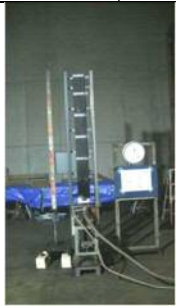
第 3-5-5 表 ケーブル種類毎の性能確認試験結果の詳細 (1/5)

	ケーブルの種類		計装ケーブル，ケーブル外径：9.5mm					
	防火シートの施工		シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm					
No	5 分後		10 分後		20 分後		消炎後	
1								
損傷距離：シート(炭化:540mm)，シース(熔融:740mm)							判定	良
2								
損傷距離：シート(炭化:630mm)，シース(熔融:760mm)							判定	良
3								
損傷距離：シート(炭化:600mm)，シース(熔融:790mm)							判定	良
シートの状況					ケーブルの状況			
								

第 3-5-5 表 ケーブル種類毎の性能確認試験結果の詳細 (2/5)

	ケーブル種類		制御ケーブル, ケーブル外径 : 9.9mm	
	防火シートの施工		シート重ね代 : 100mm, ベルト間隔 : 300mm	
No	5 分後		10 分後	
	20 分後		消炎後	
1				
				
	損傷距離 : シート (炭化:600mm), シース (熔融:780mm)			判定 良
2				
				
	損傷距離 : シート (炭化:580mm), シース (熔融:780mm)			判定 良
3				
				
	損傷距離 : シート (炭化:650mm), シース (熔融:960mm)			判定 良
シートの状況			ケーブルの状況	
				

第 3-5-5 表 ケーブル種類毎の性能確認試験結果の詳細 (3/5)

	ケーブル種類		低圧電力ケーブル，ケーブル外径：14.5mm					
	防火シートの施工		シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm					
No	5 分後		10 分後		20 分後		消炎後	
1								
	損傷距離：シート(炭化:520mm)，シース(熔融:740mm)						判定	良
2								
	損傷距離：シート(炭化:540mm)，シース(熔融:810mm)						判定	良
3								
	損傷距離：シート(炭化:580mm)，シース(熔融:850mm)						判定	良
シートの状況					ケーブルの状況			
								

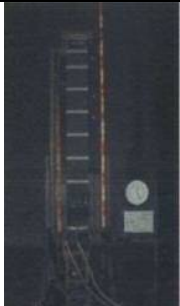
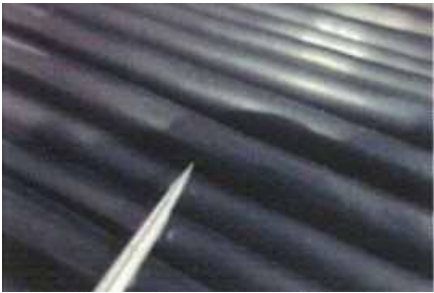
第 3-5-5 表 ケーブル種類毎の性能確認試験結果の詳細 (4/5)

	ケーブル種類		低圧電力ケーブル，ケーブル外径：19 mm					
	防火シートの施工		シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm					
No	5 分後		10 分後		20 分後		消炎後	
1								
損傷距離：シート(炭化:550mm)，シース(熔融:635mm)							判定	良
2								
損傷距離：シート(炭化:510mm)，シース(熔融:510mm)							判定	良
3								
損傷距離：シート(炭化:520mm)，シース(熔融:640mm)							判定	良
シートの状況					ケーブルの状況			
								

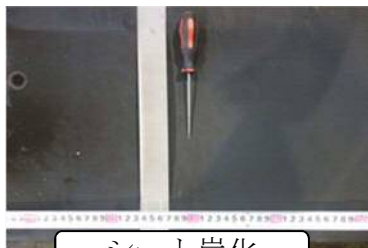
第 3-5-5 表 ケーブル種類毎の性能確認試験結果の詳細 (5/5)

	ケーブル種類		低圧電力ケーブル，ケーブル外径：14.0mm					
			難燃架橋ポリエチレン絶縁難燃ビニルシース					
No	5 分後		10 分後		20 分後		消炎後	
—								
損傷距離：シース(熔融:1,010mm)							判定	—
ケーブルの状況								
								

第 3-5-6 表 実機模擬ケーブルの性能比較試験結果の詳細 (1/2)

	ケーブル種類		制御ケーブル, ケーブル外径 : 9.9mm		
	防火シートの施工		シート重ね代 : 100mm, ベルト間隔 : 300mm		
No	5 分後	10 分後	20 分後	消炎後	
1					
	損傷距離 : シート (炭化:670mm), シース (熔融:670mm)				判定 良
2					
	損傷距離 : シート (炭化:670mm), シース (熔融:600mm)				判定 良
シートの状況			ケーブルの状況		
					

第 3-5-6 表 実機模擬ケーブルの性能比較試験結果の詳細 (2/2)

	ケーブル種類		低圧電力ケーブル，ケーブル外径：14.5mm		
	防火シートの施工		シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm		
No	5 分後	10 分後	20 分後	消炎後	
1					
損傷距離：シート(炭化:680mm)，シース(溶融:600mm)				判定	良
2					
損傷距離：シート(炭化 680mm)，シース(溶融:690mm)				判定	良
3					
損傷距離：シート(炭化:700mm)，シース(溶融:700mm)				判定	良
シートの状況 (No. 3)			ケーブルの状況 (No. 3)		
					
シート炭化			シース溶融		

加熱熱量の違いによる耐延焼性の性能確認

1. 目的

燃焼条件として、実機状態を模擬した複合体に与える熱量を本文 2.2.5 項の試験よりも強くした燃焼条件で試験を実施しても複合体が燃え止まるとともに、その損傷長が難燃ケーブルよりも短いことを確認する。

2. 供試体

本文 3.2.5 項にて比較評価する複合体の損傷長と延焼リスクから保守的に選定したケーブル及び同じサイズの難燃ケーブルを用いる。供試体の種類を第 3-6-1 表に示す。

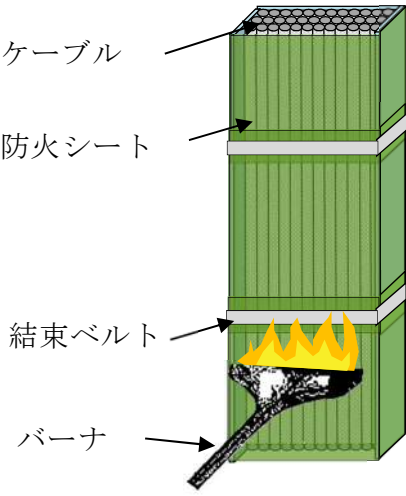
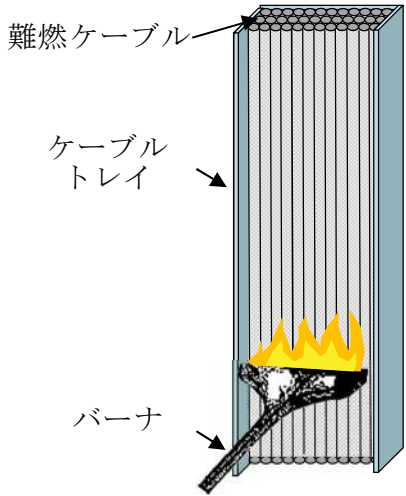
第 3-6-1 表 供試体の種類

形態	ケーブル					ケーブル トレイ 形状
	ケーブル 種類	絶縁材	シース材	外径 (mm)	敷設量	
複合体	低圧電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	14.5	満載	ラダー
難燃 ケーブル		難燃架橋 ポリエチレン	難燃 ビニル	14.0	満載	ラダー

3. 試験方法及び判定基準

難燃ケーブルの耐延焼性試験の燃焼条件以上の熱量を加える。試験方法について、第 3-6-2 表に示す。

第 3-6-2 表 熱量変化時の性能確認試験の概要

試験体の 据付例	複合体(非難燃性ケーブル)	難燃ケーブル
		
火源	リボンバーナ	
使用燃料	液化石油ガス	
バーナ 熱量	防火シートの遮炎性能が確保される範囲（20, 30kW）で試験を行う。	
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し、20 分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。	
試験回数	1 回（複合体：20kW は 3 回，30kW は 2 回）	
判定基準	燃え止まること。	

4. 試験結果

耐延焼性の試験結果を第 3-6-3 表にまとめる。また、試験結果の詳細を第 3-6-4 表に示す。

5. 評価

実機状態を模擬した複合体が難燃ケーブルを上回る耐延焼性を有することを確認できた。

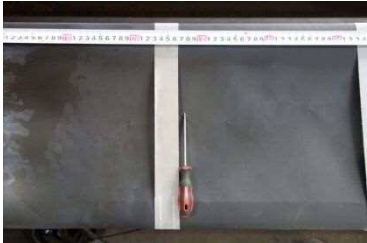
第 3-6-3 表 加熱熱量変化時の性能確認試験結果

バーナ 熱量 (kW)	形態	ケーブル			最大損傷長(mm)		判定 結果
		ケー ブル 種類	絶縁材/ シース材	外径 (mm)	ケーブル シース	防火 シート	
					溶融	炭化	
20	複合体 No. 1	低圧 電力 ケー ブル	架橋 ポリエチレン /ビニル	14.5	600	680	良
	複合体 No. 2				690	680	良
	複合体 No. 3				700	700	良
	難燃 ケーブ ル		難燃架橋 ポリエチレン /難燃ビニル	14.0	1,780	—	—
30	複合体 No. 1		架橋 ポリエチレン /ビニル	14.5	1,010	1,120	良
	複合体 No. 2				930	1,070	良
	難燃 ケーブ ル		難燃架橋 ポリエチレン /難燃ビニル	14.0	2,030	—	—

第 3-6-4 表 加熱熱量変化時の性能確認試験結果の詳細 (1/7)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
1				
	損傷距離：シート(炭化:680mm), シース(溶融:600mm, 炭化:390mm)			
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化		シース溶融

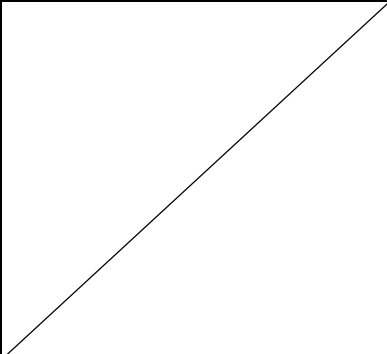
第 3-6-4 表 加熱熱量変化時の性能確認試験結果の詳細 (2/7)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
2				
	損傷距離：シート(炭化:680mm)，シース(熔融:690mm，炭化:380m)			
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化	シース熔融	

第 3-6-4 表 加熱熱量変化時の性能確認試験結果の詳細 (3/7)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
3				
損傷距離：シート(炭化:700mm), シース(溶融:700mm, 炭化:420mm)				
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化	シース溶融	

第 3-6-4 表 加熱熱量変化時の耐延焼性確認試験結果の詳細 (4/7)

供試体	難燃ケーブル	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.0mm 絶縁材：難燃架橋ポリエチレン シース：難燃ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	なし		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
1				
損傷距離：シース(溶融:1,780mm, 炭化:1,690mm)				
シートの状況		ケーブルの状況		
				
		シース炭化	シース溶融	

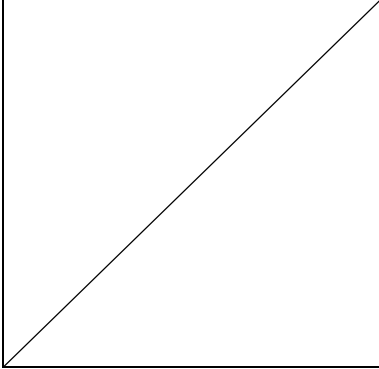
第 3-6-4 表 加熱熱量変化時の耐延焼性確認試験結果の詳細 (5/7)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	30kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
1				
	損傷距離：シート(炭化:1,120mm)，シース(熔融:1,010 mm，炭化:710mm)			
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化	シース熔融	

第 3-6-4 表 加熱熱量変化時の耐延焼性確認試験結果の詳細 (6/7)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	30kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
2				
	損傷距離：シート(炭化:1,070mm)，シース(溶融:930mm，炭化:680mm)			
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化	シース溶融	

第 3-6-4 表 加熱熱量変化時の耐延焼性確認試験結果の詳細 (7/7)

供試体	難燃ケーブル	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.0mm 絶縁材：難燃架橋ポリエチレン シース：難燃ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	なし		
	バーナ熱量	30kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
1				
損傷距離：シース(溶融:2,030mm, 炭化:1,990mm)				
シートの状況		ケーブルの状況		
				
		シース炭化	シース溶融	

複合体の構成要素によるばらつきの確認

1. 目的

複合体は設計方針に基づき防火シートを巻いた完全な状態であるが、複合体の燃焼メカニズムから構成品（ケーブル、ケーブルトレイ）のばらつきを考慮しても、複合体とすることで難燃ケーブルを上回る耐延焼性を確認するため、本文 3.2.6 項の燃焼試験結果を踏まえた燃焼試験にて、構成要素によるばらつきを組合せた複合体の延焼が燃え止まること及び複合体の損傷長が比較対象とした難燃ケーブルの延焼による損傷長よりも短いことを確認する。

2. 供試体

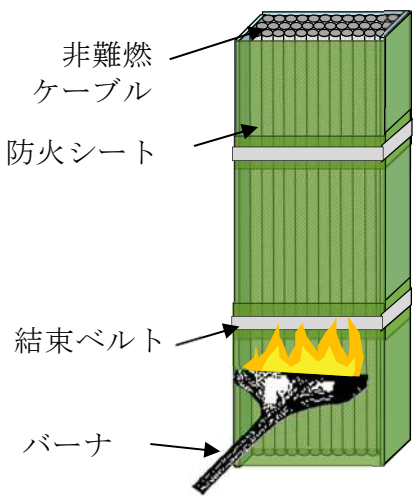
本文 3.2.5 項にて示した、損傷長の比較による評価と延焼リスクを考慮した非難燃ケーブルを用いる。ケーブル及びケーブルトレイのばらつきを考慮した実機模擬条件については、本文 3.2.7 項にて示した組合せとする。

3. 試験方法及び判定基準

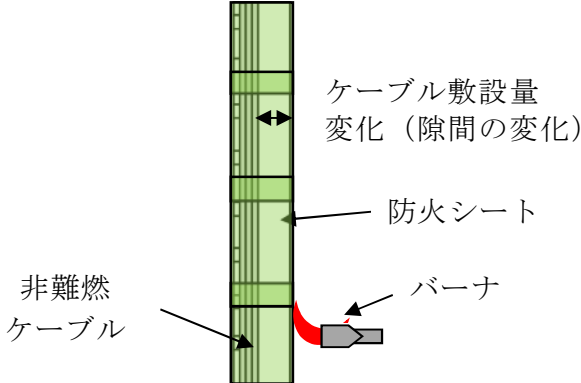
本文 3.2.6 項の燃焼試験結果より加熱熱量を変化させても複合体と難燃ケーブル間の耐延焼性の関係性が保たれていることから、難燃ケーブルの延焼性を確認する IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の試験条件に準拠した方法にて試験を実施する。ただし、水平トレイに対する試験については、ケーブルの燃焼に対してより保守的となるように太鼓巻の完全な状態と、複合体内部のケーブルを露出させた部分に外部の加熱源から上記試験と同じバーナ熱量にて加熱して比較する。また、加熱源が除去された場合複合体が燃え止まると

もに，保守的型式において複合体の損傷長が難燃ケーブルの損傷長（1,780mm）より短いことを確認する。試験方法については第 3-7-1 表，第 3-7-2 表及び第 3-7-3 表に示す。

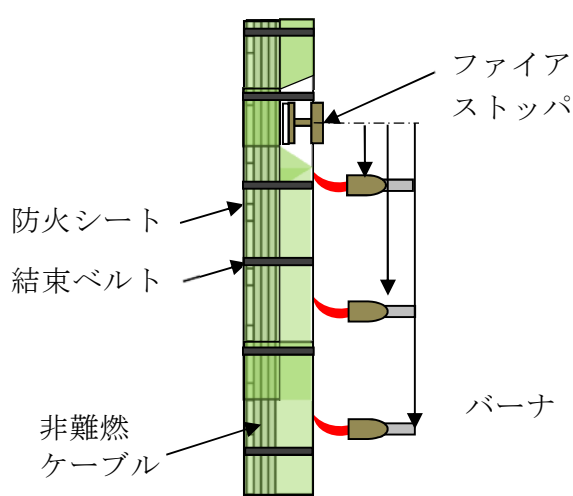
第 3-7-1 表 複合体の構成要素によるばらつきの確認試験の概要

試験体の 据付例	複合体(非難燃ケーブル)	
		
火源	リボンバーナ	
使用燃料	液化石油ガス	
バーナ 熱量	20kW	
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。	
試験回数	1 回	
判定基準	燃え止まること。	

第 3-7-2 表 ケーブル敷設量による耐延焼性能試験の概要

試験体の 据付例	複合体(非難燃ケーブル)
	
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
バーナ熱量	20kW
加熱試験	20 分 ・バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	各 1 回
判定基準	・燃え止まること。

第 3-7-3 表 ファイアストップと加熱位置の確認試験概要

試験体の 据付例	複合体(非難燃ケーブル)
	
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
バーナ 熱量	20kW（ファイアストップとバーナの距離を変化させる。）
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	各 1 回
判定基準	・燃え止まること。

4. 試験結果

複合体の構成品のばらつきを組合せた保守的な試験条件とした場合においても、難燃ケーブルを上回る耐延焼性を有することが確認できた。試験結果を第 3-7-4 表～第 3-7-8 表にまとめる。また、試験結果の詳細を第 3-7-9 表～第 3-7-12 表に記載する。

第 3-7-4 表 最も燃えやすい敷設形態の確認試験結果

ケーブル 敷設量	ケーブル トレイ形状	防火シートとケー ブルの隙間 (mm) ※1	最大損傷長 (mm)	判定 結果
少量	ラダー	85	570	良
	なし(参考)	0	800	良
満載	ラダー	40	700	良
多量	ラダー	0	980	良

※1：ケーブルトレイに敷設の形態は防火シートが太鼓巻のためケーブルと防火シートの隙間（空気層）により熱伝達が悪くなる。一方、隙間が小さくなると熱伝達（熱伝導）が良くなりケーブルがシートに接するため損傷長が大きくなる。なお、実機で非難燃ケーブルがトレイいっぱい敷設されることはなく、トレイなし（ケーブル単体）箇所は距離が短く延焼の可能性が小さいことから参考とした。

第 3-7-5 表 ケーブル組合せの確認試験結果

ケーブル の組合せ※2	最大損傷長の平均 (mm)	判定 結果
太径	595	良
細径	800	良

※2：ケーブルの種類毎の性能比較結果より、低圧電力ケーブルの太径と細径で比較した。

第 3-7-6 表 水平トレイにおけるケーブル敷設形態の確認試験結果

トレイ 設置形態	最大損傷長 (mm)	判定 結果
整線	740	良

第 3-7-7 表 ファイアストッパとバーナ距離変化の確認試験結果

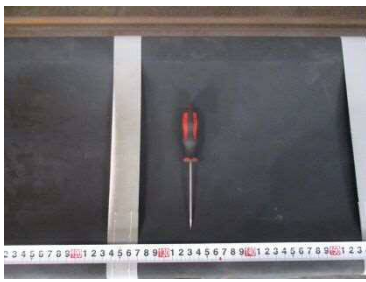
ファイアストッパと バーナの距離(mm)	最大損傷長 (mm)	判定結果
362.5	1,220	良
662.5	890	良
1262.5	760	良

第 3-7-8 表 保守的型式における確認試験結果

供試体	ケーブル 敷設量	トレイ タイプ	ケーブル 組合せ	トレイ 設置方向	最大 損傷長 (mm)	判定 結果
複合体	満載	ラダー	細径	垂直	1,220※ ³	良

※3：第 3-7-7 表で示した複合体のうち損傷長が最も長いものを再掲した。

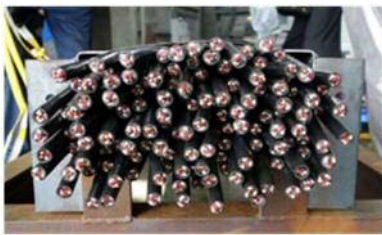
第 3-7-9 表 最も燃えやすい敷設形態の確認試験結果詳細 (1/2)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：少量 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直 トレイタイプ：ラダートレイ		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm シートとケーブルの隙間：85mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
—				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化	 シース溶融	
最大損傷長 (mm)		570		

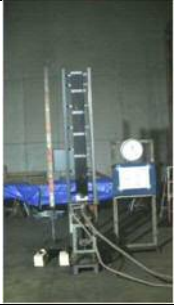
第 3-7-9 表 最も燃えやすい敷設形態の確認試験結果詳細 (2/2)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直 トレイタイプ：ラダートレイ		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm シートとケーブルの隙間：40mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
—				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化	 シース溶融	
最大損傷長 (mm)		700		

第 3-7-9 表 最も燃えやすい敷設形態の確認試験結果詳細(参考 1/2)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：大量 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm シートとケーブルの隙間：0mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
—				
損傷距離：シート(炭化:620mm)，シース(溶融:980mm，炭化:560mm)				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化	 シース溶融	
判定結果		良		

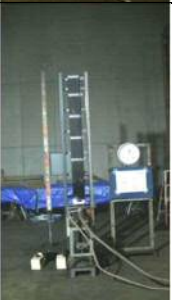
第 3-7-9 表 最も燃えやすい敷設形態の確認試験結果詳細(参考 2/2)

供試体	複合体 (ケーブル単体)		ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：少量 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル ケーブル敷設方向：垂直 トレイタイプ：なし				
	防火シートの施工		シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm				
No	5 分後		10 分後		20 分後		消炎後
1							
2							
3							
損傷長	シートの状況				ケーブルの状況		
							
最大損傷長平均 (mm)			800				

第 3-7-10 表 ケーブル組合せの確認試験結果の詳細(1/2)

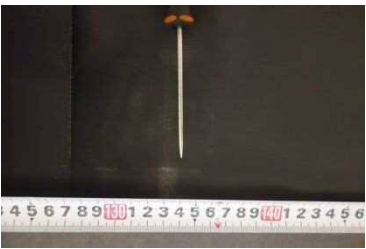
供試体	複合体 (太径)		ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：19(41※)mm 敷設量：少量 ※：トリプレックス型（3本より合わせ） 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル ケーブル敷設方向：垂直 トレイタイプ：なし					
	防火シートの施工		シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm					
No	5 分後		10 分後		20 分後		消炎後	
1								
2								
3								
損傷長	シートの状況				ケーブルの状況			
								
最大損傷長平均(mm)			595					

第 3-7-10 表 ケーブル組合せの確認試験結果の詳細 (2/2)

供試体	複合体 (細径)		ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：少量 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル ケーブル敷設方向：垂直 トレイタイプ：なし					
	防火シートの施工		シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm					
No	5 分後		10 分後		20 分後		消炎後	
1								
2								
3								
損傷長	シートの状況				ケーブルの状況			
								
最大損傷長平均(mm)			800					

第 3-7-11 表 水平トレイにおけるケーブル敷設形態の

確認試験結果詳細 (1/2)

供試体	複合体 (完全な状態)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載/整線 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：水平		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
加熱時間				消炎後
5 分後		10 分後		
5 分後		20 分後		
				
5 分後		20 分後		
				
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化		シース溶融
最大損傷長 (mm)		740		

第 3-7-11 表 水平トレイにおけるケーブル敷設形態の

確認試験結果詳細 (2/2)

供試体	複合体 (バーナ部シート無)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載/整線 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：水平		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
加熱時間				消炎後
5 分後		10 分後	20 分後	
				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化	 シース溶解	
最大損傷長 (mm)		740		

第 3-7-12 表 ファイアストップとバーナ距離変化の

確認試験結果詳細 (1/3)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm ファイアストップ位置：325mm～400mm 1, 225mm～1, 300mm		
	バーナ熱量	20kW(ファイアストップとバーナの距離：362.5mm)		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
1				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化  シース溶融		
最大損傷長 (mm)		1, 220		

第 3-7-12 表 ファイアストップとバーナ距離変化の

確認試験結果詳細 (2/3)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm ファイアストップ位置：625mm～700mm 1,525mm～1,600mm		
	バーナ熱量	20kW(ファイアストップとバーナの距離：662.5mm)		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
2				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化	 シース溶解	
最大損傷長 (mm)		890		

第 3-7-12 表 ファイアストップとバーナ距離変化の

確認試験結果詳細 (3/3)

供試体	複合体	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm ファイアストップ位置：1, 225mm～1, 300mm 2, 125mm～2, 200mm		
	バーナ熱量	20kW(ファイアストップとバーナの距離：1, 262.5mm)		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
3				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化	 シース溶融	
最大損傷長平均 (mm)		760		

防火シートの限界性能試験

1. 目的

防火シートの遮炎性が確保される限界性能を確認する。

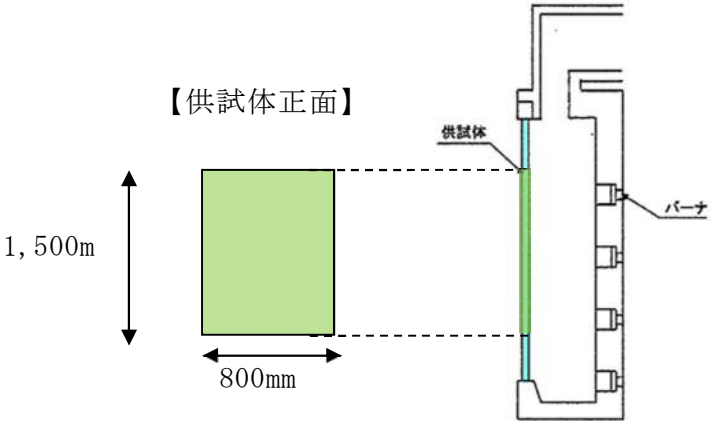
2. 供試体

防火シート(プロテコ®シート-P2・eco)

3. 試験方法

建築基準法に規定されている指定性能評価機関が定めた遮炎性試験を基に、防火シートに火炎等が通るき裂等の損傷及び隙間が生じる温度を確認する。試験の概要を第 3-8-1 表に示す。

第 3-8-1 表 限界性能試験の概要

試験装置 概要	
試験内容	・ 防火シートに火炎等が通るき裂等の損傷及び隙間が生じる温度を確認する。

4. 試験結果

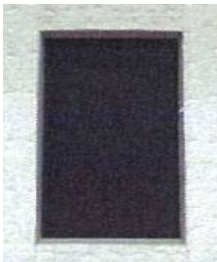
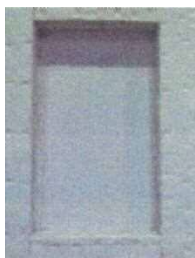
ISO834の加熱曲線の70分間（試験設備の限界）加熱を行ったが，防火シートに火炎等が通るき裂等の損傷及び隙間は生じない。

試験結果を第3-8-2表に示す。

5. 評価

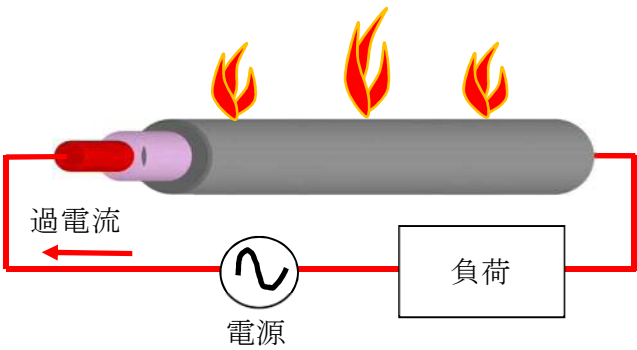
ISO834 の加熱曲線の 70 分間加熱を行い，防火シートに火炎等が通るき裂等の損傷及び隙間が生じないことを確認した。

第 3-8-2 表 防火シートの限界性能評価結果詳細

供試体：防火シート(プロテコ®シート-P2・eco)			
試験条件：IS0834 に則る加熱曲線での加熱			
加熱面			
試験前		試験後	
			
加熱時間 (分)			
10	20	30	40
			
50	60	70	
			
加熱温度 986℃まで加熱したが防火シートに損傷及び隙間が生じない			

過電流によるケーブルの燃焼プロセス

経過	ケーブルの状態	プロセス
過電流発生		過電流(過大電流)が発生するとジュール熱により導体が発熱
可燃性ガス発生		導体が熱源となり加熱され、絶縁体が熱分解し、可燃性ガスがシース内側に充満
ケーブル発火		- 可燃性ガスによりシースが膨張し強度の限界を超えると外部に噴出 - 酸素と結合し発火温度となると引火に至る。
パターン1 電流遮断		断線等により電流が遮断されると加熱源はケーブルのみになる。

経過	ケーブルの状態	プロセス
パターン 2 過電流継続による 燃焼の 促進		・ 導体及び発火によるケーブルが熱源となり、ケーブルの燃焼が継続する。

複合体内部ケーブルの自己消火性の実証試験

1. 目的

複合体内部の発火を想定した自己消火性の実証試験を実施し、非難燃ケーブルが自己消火することを確認する。

2. 供試体

複合体内部の非難燃ケーブルは不燃材の防火シートで覆われることなくケーブル単体で敷設されることから、試験対象ケーブルを本文 2.2(2)項で選定したケーブル単体とし、バーナ火炎を直接ケーブルに当てるものとする。供試体の種類を第 4-2-1 表に示す。

第 4-2-1 表 供試体の種類

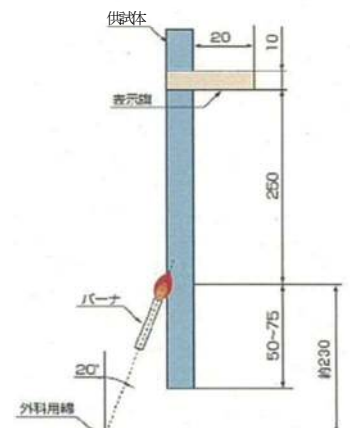
ケーブル種類	絶縁材	シース材	外径 (mm)
計装 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.5
制御 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	9.9
低圧電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	14.5
	架橋 ポリエチレン	ビニル	19(41) ^{※1}

※1：トリプレックス型：（ ）外は単芯外形，（ ）内は 3 本より合わせ外径を示す。

3. 試験方法及び判定基準

UL 垂直燃焼試験 (UL1581 1080VW-1 Flame Test) を準拠して試験を実施する。試験方法について、第 4-2-2 表に示す。

第 4-2-2 表 自己消火性の実証試験の概要

供試体の 据付例	 単位：mm
試験内容	・ 供試体を垂直に保持し、20 度の角度でバーナの炎をあてる。 ・ 15 秒着火、15 秒休止※²を 5 回繰り返す、試料の燃焼の程度を確認する。
火源	チリルバーナ
使用燃料	メタンガス
試験回数	3 回（回数の規定なし）
判断基準	① 残炎による燃焼が 60 秒を超えない。 ② 表示旗が 25%以上焼損しない。 ③ 落下物によって下に設置した外科用綿が燃焼しない。

※ 2：「前回のガス接炎が終了した後の接炎休止時間 15 秒を超えて試験品による自己燃焼が持続する場合には、当該自己燃焼が消滅した後に次のガス炎の接炎を行う。」（UL1581 1080.13 より抜粋）

4. 試験結果

自己消火性の試験結果のまとめを第 4-2-3 表に、各供試体の実証試験結果の詳細を第 4-2-4 表に示す。

5. 評価

供試体ケーブルは自己消火性を有することを実証した。

第 4-2-3 表 自己消火性の実証試験結果のまとめ

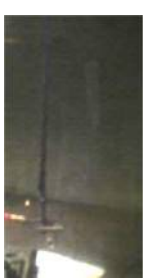
ケーブル 種類	絶縁材料	シース 材料	外径 (mm)	最大 残炎時間 (秒)	表示旗 の損傷 (%)	綿の 燃焼	判定 結果
計装 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	9.5	12	0	無	良
制御 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	9.9	13	0	無	良
低圧電力 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	14.5	16	0	無	良
	架橋ポリ エチレン	ビニル	19(41) ^{※3}	0	0	無	良

※3：トリプレックス型：（ ）外は単芯外径，（ ）内は3本より合わせ外径を示す。

第 4-2-4 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (1/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：計装ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：9.5mm 熱容量：104J/K・m								
No	残炎時間（秒）						表示旗 の損傷 (%)	綿の 損傷
	1	2	3	4	5	最大		
1	0	2	2	2	12	12	0	無
2	0	1	2	3	11	11	0	無
3	0	2	2	7	11	11	0	無

第 4-2-4 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (2/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：計装ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：9.5mm 熱容量：104J/K・m				
No	試験前	残炎後着火時	試験後	判定結果
1				良
	最大残炎時間：12 秒（5 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
2				良
	最大残炎時間：11 秒（5 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
3				良
	最大残炎時間：11 秒（5 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	

第 4-2-4 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (3/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：制御ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：9.9mm 熱容量：116J/K・m								
No	残炎時間（秒）						表示旗 の損傷(%)	綿の 損傷
	1	2	3	4	5	最大		
1	1	1	3	3	2	3	0	無
2	1	2	2	4	3	4	0	無
3	0	13	3	2	9	13	0	無

第 4-2-4 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (4/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：制御ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：9.9mm 熱容量：116J/K・m				
No	試験前	残炎後着火時	試験後	判定結果
1				良
	最大残炎時間：3 秒（4 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
2				良
	最大残炎時間：4 秒（4 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
3				良
	最大残炎時間：13 秒（2 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	

第 4-2-4 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (5/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：低圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：14.5mm 熱容量：252J/K・m								
No	残炎時間（秒）						表示旗 の損傷(%)	綿の 損傷
	1	2	3	4	5	最大		
1	1	3	16	1	2	16	0	無
2	1	2	1	1	0	2	0	無
3	1	1	2	1	1	2	0	無

第 4-2-4 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (6/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：低圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：14.5mm 熱容量：252J/K・m				
No	試験前	残炎後着火時	試験後	判定結果
1				良
	最大残炎時間：16 秒（3 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
2				良
	最大残炎時間：2 秒（2 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
3				良
	最大残炎時間：2 秒（3 回目）		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	

第 4-2-4 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (7/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：低圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：19mm 熱容量：681J/K・m								
No	残炎時間（秒）						表示旗 の損傷 (%)	綿の 損傷
	1	2	3	4	5	最大		
1	0	0	0	0	0	0	0	無
2	0	0	0	0	0	0	0	無
3	0	0	0	0	0	0	0	無

第 4-2-4 表 自己消火性の実証試験結果の詳細 (8/8)

ケーブルの仕様 ケーブル種類：低圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：19mm 熱容量：681J/K・m				
No	試験前	残炎後着火時	試験後	判定結果
1				良
	最大残炎時間：0 秒		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
2				良
	最大残炎時間：0 秒		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	
3				良
	最大残炎時間：0 秒		表示旗の損傷：0% 綿の焼損：無	

内部発火に対する延焼防止性能の評価における調達管理

内部発火に対する延焼防止性能の評価における確認試験は業務委託により実施しており、その際の調達管理については以下の通りである。

1. 業務委託内容の要求

業務委託として、難燃性実証試験の実施体制や試験内容等を記載した調達文書を発注者及び受注会社とで同意し契約することにより、業務委託内容を受注会社へ要求する。受注者は調達文書の要求事項から実施計画書を発注者に提出し、発注者は実施計画書の適合性を確認する。

2. 実施体制と役割分担

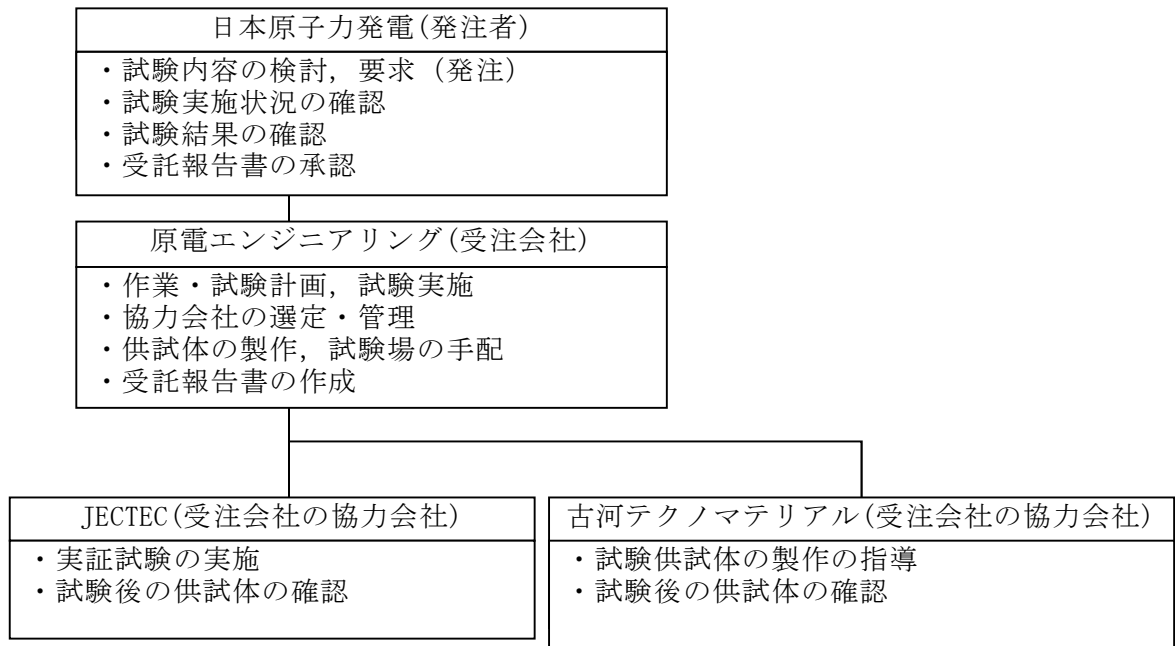
(1) 延焼防止性能の評価

延焼防止性能の評価については、第4-3-1図の体制により実施する。

(2) 遮炎性の評価の確認

遮炎能の評価については、「高浜 1， 2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」を引用し評価する。体制及び評価は先行による。

(3) 延焼性確認



第 4-3-1 図 延焼防止性能の評価に係る試験体制

3. 実証試験の実施

受注会社は実施計画書に基づく実証試験を協力会社を実施させ、全数を立会い確認する。また、実証試験結果を受託報告書に纏め発注者へ報告する。なお、発注者は、実施計画書に基づく実証試験が的確に実施されていることを適宜立会いし確認する。

4. 試験結果の確認

発注者は受注会社から提出された受託報告書の内容を確認し承認する。

トレイの設置方向による延焼性の確認

1. 目的

複合体内部の発火に対して、垂直又は水平等のトレイ設置方向による複合体内部ケーブルの耐延焼性の試験を実施し、延焼の可能性がある設置方向を確認する。

2. 供試体

「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」における燃焼の可能性のあるトレイ設置方向の特定に関する試験を参考に、試験結果を評価し選定する。

実機施工においては、複合体内部の酸素の量が定量的に管理できないことから、試験においては防火シートを太鼓巻とするため、シートとケーブルに隙間が発生する。このことから、垂直のトレイ設置方向は延焼するものと評価し、トレイ設置方向の確認は水平及び勾配（45°）の 2 種類について延焼性を確認する。水平トレイは整線形態に加え、念のため参考として、保守的に波状形態にして延焼性を確認する。また、勾配トレイについて、実機では非難燃ケーブル全面に延焼防止材が塗布されており、非難燃ケーブル単体で波状となっている箇所はないことから、整線状態で延焼性を確認する。

なお、実機で使用する非難燃ケーブル及びケーブルトレイについて実機施工を考慮した複合体により試験する。供試体の種類を第 4-4-1 表に示す。

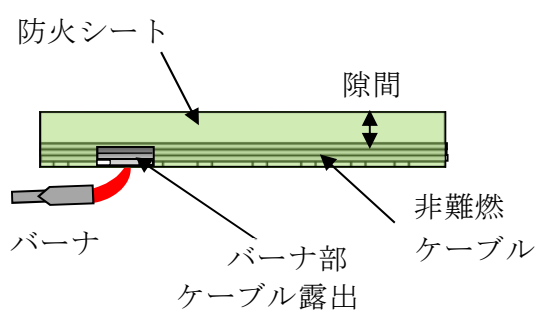
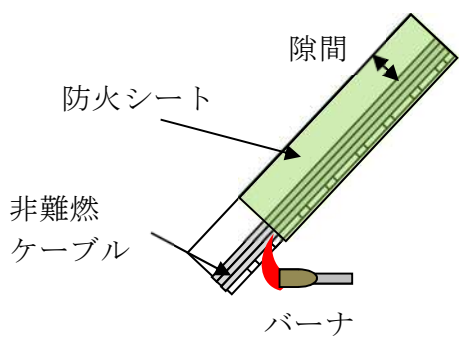
第 4-4-1 表 供試体の種類

ケーブル					ケーブル トレイ形状		防火シートと ケーブルの 隙間の有無
ケーブル 種類	絶縁材	シース 材	外径 (mm)	敷設量			
低圧電力 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	14.5	満載	ラダー	水平	有 (整線) (参考:波状)
						勾配 (45°)	有

3. 試験方法及び判定基準

試験条件，試験方法を第 4-4-2 表に示す。

第 4-4-2 表 トレイ設置方向による確認試験の概要

試験体の 据付例	トレイ設置方向	複合体
	水平	
	勾配 (45°)	
火源	リボンバーナ	
使用燃料	液化石油ガス	
バーナ熱量	20kW	
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。	
試験回数	1 回	
判定基準	供試体の中で燃え止まること。	

4. 試験結果

試験結果のまとめを第 4-4-3 表，実証試験の詳細を第 4-4-4 表に示す。

5. 評価

複合体内部の発火に対して，延焼の可能性があるトレイ設置方向は垂直トレイである。

第 4-4-3 表 トレイの設置方向による延焼性の確認試験結果

トレイ設置方向	防火シートと ケーブルの隙間有無	最大損傷長 (mm)	判定結果
水平（整線）	有	740	良
水平（波状：参考）	有	1,690	良
勾配（45°）	有	850	良
垂直	有	—※1	否※1

※1：垂直は「高浜1，2号炉 設置許可8条まとめ資料 別添1」の燃焼の可能性の高いトレイ設置方向の試験結果を引用して評価し延焼すると判断した。

第 4-4-4 表 トレイの設置方向による延焼性の確認試験結果の詳細 (1/2)

供試体	複合体 (バーナ部シート無)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：水平		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
加熱時間				消炎後
5 分後		10 分後	20 分後	
				
損傷距離：シート(炭化:430mm)，シース(溶融:740mm，炭化:350mm)				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化		 シース溶融

第 4-4-4 表 トレイの設置方向による延焼性の確認試験結果の詳細(参考)

供試体	複合体 (バーナ部シート無)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載/波状 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：水平					
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm， ベルト間隔：300mm					
	バーナ熱量	20kW					
	供試体の断面						
加熱時間				消炎後			
5 分後		10 分後			20 分後		
							
損傷距離：シート(炭化:550mm)， シース(熔融:1,690mm， 炭化:490mm)							
シートの状況			ケーブルの状況				
							
シート炭化			シース炭化		シース溶解		

第 4-4-4 表 トレイの設置方向による延焼性の確認試験結果の詳細 (2/2)

供試体	複合体 (バーナ部シート無)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：勾配 (45°)		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
加熱時間				消炎後
5 分後		10 分後	20 分後	
				
損傷距離：シート(炭化:770mm), シース(溶融:850mm, 炭化 540mm)				
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化	シース溶融	

延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の実証試験

1. 目的

複合体内部の発火に対して、延焼の可能性があると特定されたトレイ設置方向について、ファイアストッパにてシートとケーブルの隙間を閉鎖することで、複合体内部のケーブルが燃え止まることを確認する。

2. 供試体

本文 3.2.5 項にて示した、損傷長の比較による評価と延焼リスクを考慮した非難燃ケーブルを用いる。また、本文 4.2.2.4 項にて延焼の可能性のあるトレイ設置方向と特定した垂直トレイにおいて、ファイアストッパを取り付けたものとする。なお、ケーブルの量によりシートとケーブル間に隙間がない状態と隙間が発生する状態があるため、それぞれ確認する。

3. 試験方法及び判定基準

本文 3. 項の結果を踏まえ、試験条件及び試験方法を延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の実証試験の概要として第 4-5-1 表に示す。

第 4-5-1 表 延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の実証試験概要

試験体の 据付例	【ケース 1】 【ケース 2】
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
バーナ熱量	20 kW
加熱時間	20 分 ・ バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	1 回
判定基準	・ 燃え止まること。

4. 試験結果

実証試験結果のまとめを第 4-5-2 表に，実証試験結果の詳細を第 4-5-3 表に示す。

5. 評価

複合体内部のケーブル発火に対しては，ファイアストップパにて防火シートとケーブルの密着性を高めることで，複合体内部ケーブルが燃え止まることを確認した。

第 4-5-2 表 延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の実証試験結果

ケーブル				ケーブル トレイ形 状	複合体 の ケース	最大 損傷長 (mm)	判定 結果
ケーブル 種類	絶縁材	シース 材	外径 (mm)				
低圧電力 ケーブル	架橋ポリ エチレン	ビニル	14.5	ラダー (垂直)	1	1,070	良
					2	1,280	良

第 4-5-3 表 延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の

実証試験結果の詳細(1/2)

供試体	複合体 (バーナ部シート無)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm ファイアストップ位置：1,075～1,150mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
ケース 1				
	損傷距離：シート(炭化:850mm), シース(溶融:1,070mm, 炭化:910mm)			
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化	シース溶融	

第 4-5-3 表 延焼の可能性のあるトレイ設置方向への対応の

実証試験結果の詳細 (2/2)

供試体	複合体 (バーナ部シート無)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：水平		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm ファイアストップ位置：1,075～1,150mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
ケース 2				
	損傷距離：シート(炭化:1,140mm), シース(溶融:1,280mm, 炭化:1,090mm)			
シートの状況		ケーブルの状況		
				
シート炭化		シース炭化	シース溶融	

防火シート重ね部の遮炎性試験

1. 目的

防火シート重ね部が複合体内部の火炎を遮る性能を有していることを確認する。

2. 供試体

施工要領に準じて施工した防火シート重ね部

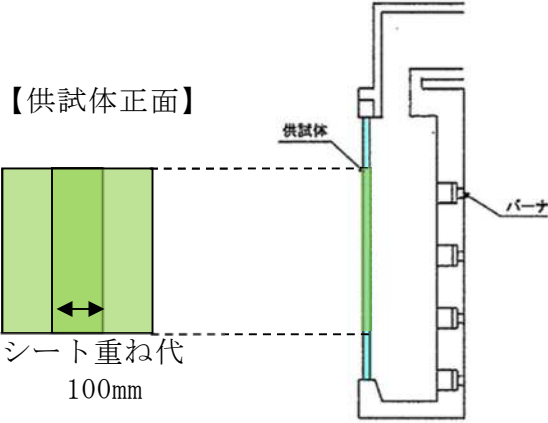
・防火シート(プロテコ®シート-P2・eco)

3. 試験方法及び判定基準

建築基準法に規定されている指定性能評価機関が定めた試験方法，判定基準による。

なお，試験は「高浜1，2号炉 設置許可8条まとめ資料 別添1」の試験及び試験結果を引用している。試験の概要を第4-6-1表に示す。

第 4-6-1 表 遮炎性試験の概要

試験装置 概要	
試験内容	・加熱炉に供試体設置する。 ・ISO834 加熱曲線^{※1}となるように 20 分間加熱する。
判定基準	・火炎が通るき裂等の損傷及び隙間を生じないこと ・非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと ・非加熱面に 10 秒を超えて連続する火炎の噴出がないこと

※ 1 : 添付資料 1-7 第 1-7-1 表 耐火性能の確認試験の加熱温度を採用

4. 試験結果

試験結果は第 4-6-2 表のとおりである。

また、実証試験の詳細は第 4-6-3 表のとおりである。

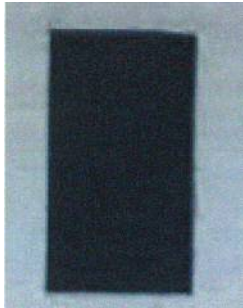
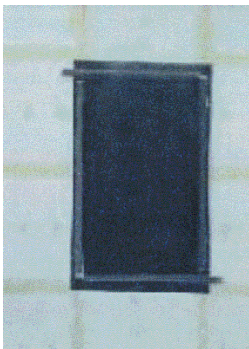
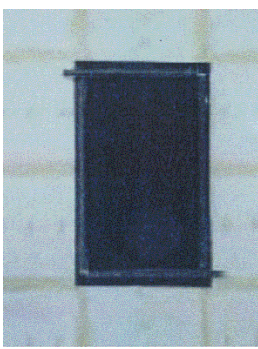
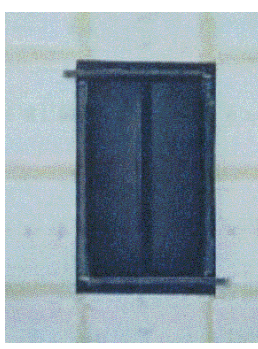
5. 評価

防火シート重ね部は複合体内部の火炎を遮る性能を有している。

第 4-6-2 表 遮炎性試験結果

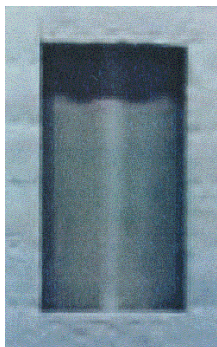
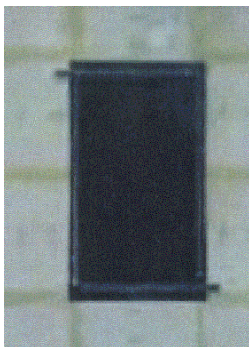
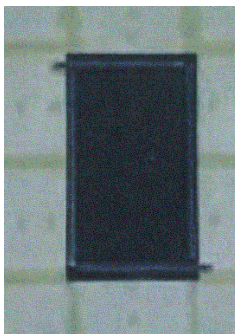
No	火炎が通るき裂等の 損傷及び隙間	非加熱面で 10 秒を超 えて継続する発炎	非加熱面へ 10 秒を 超えて連続する火 炎の噴出	判定 結果
1	無	無	無	良
2	無	無	無	良

第 4-6-3 表 遮炎性試験結果詳細 (1/2)

供試体：防火シート重ね部（プロテコ®シート-P2・eco）					
試験条件：IS0834 に則る加熱曲線での加熱※ ²					
No	加熱面			判定 結果	
	試験前		試験後		
1				良	
	加熱時間（min）				
	1	10	15		
					
	火炎が通るき裂等の損傷及び隙間				無
	非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎				無
	非加熱面へ 10 秒を超えて連続する火炎の噴出				無

※ 2：添付資料 1-7 第 1-7-1 表 耐火性能の確認試験の加熱温度を採用

第 4-6-3 表 遮炎性試験結果詳細 (2/2)

供試体：防火シート重ね部（プロテコ®シート-P2・eco）					
試験条件：IS0834 に則る加熱曲線での加熱※ ³					
No	加熱面			判定 結果	
	試験前		試験後		
2				良	
	加熱時間（min）				
	1	10	15		
					
	火炎が通るき裂等の損傷及び隙間				無
	非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎				無
	非加熱面へ 10 秒を超えて連続する火炎の噴出				無

※ 3：添付資料 1-7 第 1-7-1 表 耐火性能の確認試験の加熱温度を採用

過電流模擬試験による遮炎性能評価

1. 目的

過電流による複合体内部の発火を想定しても，ケーブルから発生する可燃性ガス，火炎が防火シートの遮炎性能に与える影響が問題のないことを確認する。

2. 供試体

本文 2.2(2)項で選定したケーブル種類うち，燃焼の三要素を考慮し，発火時の影響が大きくなる最大径の高圧電力ケーブルを一層敷設し，メーカーの標準施工方法に基づき施工したものを供試体とする。供試体を第 4-7-1 表に示す。

第 4-7-1 表 供試体

ケーブル 種類	芯数- 導体サイズ (mm ²)	絶縁材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材	シース 厚さ (mm)	外径 (mm)
高圧電力 ケーブル	3C-325	架橋ポリ エチレン	4.5	ビニル	1.5	71

3. 試験方法及び判定基準

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することで，過電流模擬試験を実施し，ケーブルから発生する可燃性ガス，火炎が防火シートの遮炎性に与える影響が問題ないことを確認する。試験の概要を第 4-7-2 表に示す。なお，マイクロヒータ温度は高圧電力ケーブルの絶縁材

(架橋ポリエチレン) 及びシース材 (ビニル) の発火温度以上であり，ケーブルが発火することが確認された温度とする。過電流模擬試験の事前確認を添付資料 4-7 別紙 1 に示す。

第 4-7-2 表 過電流模擬試験の概要

試験装置概要	【試験装置全体】 非難燃ケーブル マイクロヒータ接続 温度コントローラ シート重ね部 防火シート 【加熱ケーブル内部】 絶縁体 導体 マイクロヒータ シース
マイクロヒータ温度	650℃
試験内容	・一層敷設した高圧電力ケーブルの内の一条に対して，マイクロヒータを取り付け，絶縁材及びシース材の発火温度を超える温度で加熱する。 ・一定時間後，複合体内部においてケーブルから発生する可燃性ガス及びケーブルが発火することを確認する。 ・複合体内部の火炎について連続した外部への噴出の有無を確認する。
判定基準	複合体外部へ連続した火炎の噴出がないこと。

4. 試験結果

試験結果を第 4-7-3 表にまとめる。また，実証試験の詳細を第 4-7-4 表に示す。

5. 評価

過電流による複合体内部の発火を想定しても，防火シートの遮炎性能には問題がない。

第 4-7-3 表 過電流模擬試験結果

複合体外部へ 連続した火炎の噴出	判定結果
無	良

第 4-7-4 表 過電流模擬試験結果詳細

ケーブル仕様 ケーブル敷設量：1 層敷設 ケーブル種類：高圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：71mm			
試験前			
供試体上部			
試験経過（側面）			
0 秒	通電開始		
26 秒	発煙(ケーブル)		
10 分		30 分	
43 分 40 秒	シート重ね部発煙 	60 分	
68 分 07 秒	ケーブル発火		
70 分		80 分	
90 分		110 分	
供試体上部 (試験後)			
発火の有無		有（68 分 07 秒）	
火炎の連続噴出		無	

過電流模擬試験の事前確認

1. 目的

過電流による発火をマイクロヒータにて模擬できることを確認する。

2. 供試体

使用するケーブルの構成材料のうち、燃焼の三要素を考慮し、発火時の影響が大きくなる最大径の高圧電力ケーブルを供試体とする。供試体を第 1 表に示す。なお、供試体となるケーブル種類及び構成材料は実機でも使用しているため、試験は、「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」を引用する。

第 1 表 供試体

ケーブル 回路種別	芯数- 導体サイズ (mm ²)	絶縁材	絶縁材 厚さ (mm)	シース材	シース 厚さ (mm)	外径 (mm)
高圧電力 ケーブル	3C-325	架橋ポリ エチレン	4.5	ビニル	1.5	71

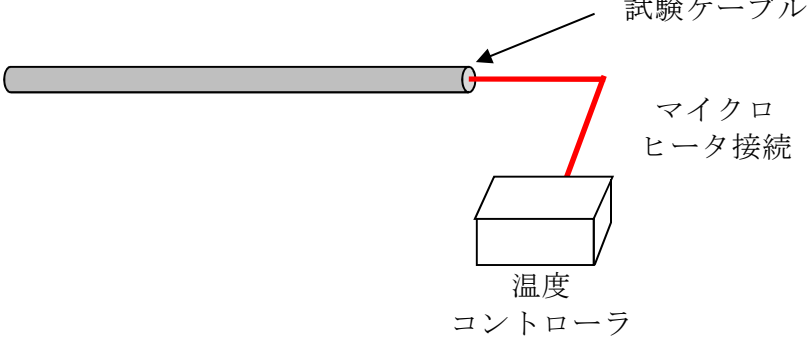
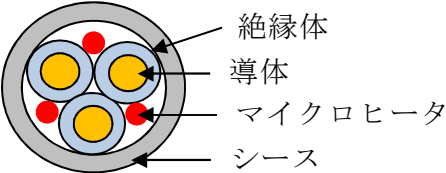
3. 試験方法及び判定基準

ケーブル内部に設置したマイクロヒータを高圧電力ケーブルの絶縁材及びシース材の発火温度以上で加熱することで，過電流発火を模擬できることを確認する。試験は，「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験及び試験を引用する。高圧電力ケーブルの絶縁材(架橋ポリエチレン)及びシース材(ビニル)の発火温度を第 2 表に示す。また，試験の概要を第 3 表に示す。

第 2 表 高圧電力ケーブル材料の発火温度

部位	材料	発火温度(℃)
絶縁体	架橋ポリエチレン	410
シース	ビニル	454

第 3 表 過電流模擬試験の事前確認概要

試験装置 概要	【試験装置全体】  試験ケーブル マイクロ ヒータ接続 温度 コントローラ 【試験ケーブル内部】  絶縁体 導体 マイクロヒータ シース
マイクロ ヒータ温度	650℃
試験内容	・ 高圧電力ケーブルに対して、マイクロヒータを取り付け、絶縁材及びシース材の発火温度を超える温度で加熱する。 ・ 一定時間後、複合体内部においてケーブルから発生する可燃性ガス及びケーブルが発火することを確認する。 ・ ケーブル発火の有無を確認する。
判定基準	ケーブルが発火すること

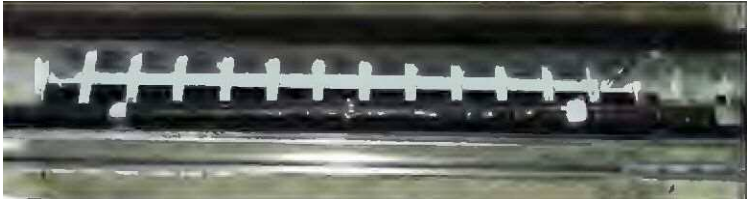
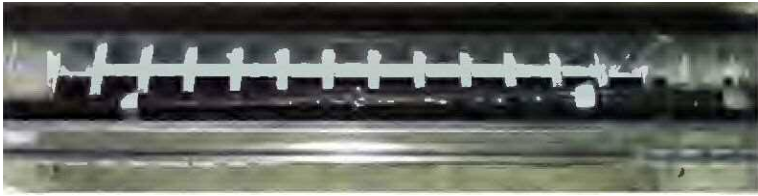
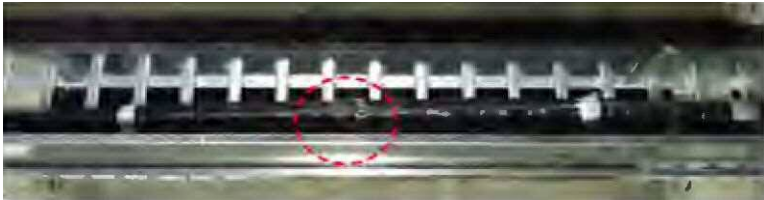
4. 試験結果

事前確認結果を第 4 表にまとめる。また，実証試験の詳細を第 5 表に示す。なお，試験は，「高浜 1，2 号炉 設置許可 8 条まとめ資料 別添 1」の試験結果を引用している。

第 4 表 過電流模擬試験の事前確認結果

ケーブル 回路種別	絶縁体	シース材	外径 (mm)	結果 (発火)
高圧電力 ケーブル	架橋 ポリエチレン	ビニル	71	有

第 5 表 過電流模擬試験結果詳細

ケーブル単体 ケーブル敷設量：1 条敷設 ケーブル種類：高圧電力ケーブル 絶縁材：架橋ポリエチレン シース材：ビニル ケーブル外径：71mm		
試験前		
供試体上部		
試験中		
試験開始	0 秒	
発煙	46 秒	
発火	45 分 30 秒	
燃焼継続	47 分 00 秒	
発火の有無	有（45 分 30 秒）	

複合体が不完全な場合の実証試験

1. 目的

メーカーの標準施工方法に基づくことで、設計方針を満足する防火シートの施工ができることを確認するものの、実機での施工、維持管理を考慮し、複合体の外郭である防火シートの施工が不完全な状態でも、複合体が燃え止まることを確認する。

2. 供試体

本文 3.2.5 項にて示した、損傷長の比較による評価と延焼リスクを考慮した非難燃ケーブルを用いた複合体に対し防火シートが不完全な状態を模擬する。

3. 試験方法及び判定基準

メーカーの標準施工方法に基づくことで、設計方針を満足する防火シートの施工が可能であるが、保守的に防火シートが不完全な場合における耐延焼性の確認を行うため、複合体外部の火災、複合体内部の発火の両方について試験を実施する。

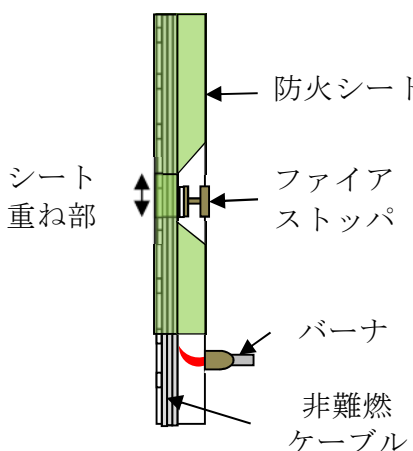
なお、外部の火災については、本文 3.2.6 項にて確認した難燃ケーブルの損傷長（1,780mm）と比較し、複合体が難燃ケーブルを上回る耐延焼性を有していることを確認する。内部の発火については、ケーブルの燃焼がファイアストッパまでの間で燃え止まることを確認する。

3.1 複合体外部の火災に対する不完全な場合における耐延焼性試験

3.1.1 防火シートのずれ

防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験を実施する。試験方法及び判定基準を第 4-8-1 表に示す。

第 4-8-1 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能試験の概要

試験体の 据付例	【防火シートのずれ模擬】 
不完全性 の試験条件	ずれの大きさをケーブルが完全露出する 200mm とし，耐延焼性が確保されることを確認する。
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
バーナ熱量	20kW
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し，20 分経過後，バーナの燃焼を停止し，ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	1 回
判定基準	・燃え止まること。

3.1.2 防火シートの傷

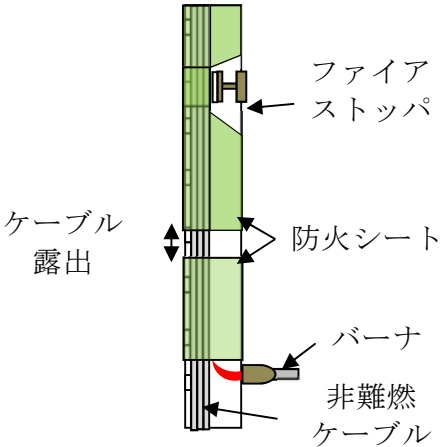
防火シートに傷が生じてケーブルが露出した場合を設定し，対延焼性試験を実施する。（前記，3.1.1 項の防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験で包絡。）

3.2 複合体内部の発火に対する不完全な場合における耐延焼性試験

3.2.1 防火シートのずれ

防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した対延焼性試験を実施する。試験方法と判定基準を第 4-8-2 表に示す。

第 4-8-2 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能試験の概要

試験体の 据付例	【防火シートのずれ模擬】 
不完全性の試験 条件	ずれの大きさは、シート保持器具及び結束ベルトが同じ箇所それぞれ 1 つ脱落し、防火シートが剥がれたこととするため、約 330mm のケーブルずれ（ケーブル露出約 230mm）を設定し、耐延焼性を確認する
火源	リボンバーナ
使用燃料	液化石油ガス
バーナ 熱量	20kW
加熱時間	20 分 ・バーナを点火し、20 分経過後、バーナの燃焼を停止し、ケーブルの燃焼が自然に停止したならば試験を終了する。
試験回数	1 回
判定基準	燃え止まること。

3.2.2 防火シートの隙間

防火シートとケーブルの間に隙間が生じた場合を設定した耐延焼性の確認は、メーカーの標準施工方法の太鼓巻のため基本的に隙間が発生する。この状態は複合体外部の火災に対する不完全な状態として、3.2.1 項の防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験で包絡される。

3.2.3 防火シートの傷

防火シートに傷が生じてケーブルが露出した場合を設定し、耐延焼性試験を実施する。（上記、3.2.1 項の防火シートの間にずれが生じてケーブルが露出した場合を設定した耐延焼性試験で包絡。）

4. 試験結果

4.1 複合体外部の火災に対する不完全な場合における耐延焼性試験結果

複合体外部の火災に対して、防火シートのずれ及び傷があっても複合体が燃え止まるとともに、難燃ケーブルの損傷長よりも短いことを確認した。試験結果を第 4-8-3 表に示す。また、試験結果の詳細を第 4-8-4 表に示す。

第 4-8-3 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能確認結果

ずれ (mm)	最大損傷長 (mm)	判定結果
300 (露出:200)	1,280	良

第 4-8-4 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能試験結果の詳細

供試体	複合体 (バーナ部シート無)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm，ベルト間隔：300mm シート保持器具位置：1,075～1,150mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
—				
損傷距離：シート(炭化:1,140mm)，シース(溶融:1,280mm，炭化:1,090mm)				
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化	 シース溶融	
判定結果		良		

4.2 複合体内部の発火に対する不完全な場合における耐延焼性試験

複合体内部の火災に対して、防火シートのずれ、隙間及び傷があっても複合体がファイアストップまでの間で燃え止まることを確認した。試験結果を第 4-8-5 表に示す。また、試験結果の詳細を第 4-8-6 表に示す。

第 4-8-5 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能試験結果

ずれ (mm)	シート保持器具の範囲 (バーナ高さからの距離) (mm)	最大損傷長 (mm)	判定 結果
330 (露出:230)	1, 675～1, 750	1, 770	良

第 4-8-6 表 防火シートのずれを模擬した耐延焼性能試験結果の詳細

供試体	複合体 (バーナ部シート無)	ケーブル種類：低圧電力ケーブル ケーブル外径：14.5mm 敷設量：満載 絶縁材：架橋ポリエチレン シース：ビニル トレイ設置方向：垂直		
	防火シートの施工	シート重ね代：100mm, ベルト間隔：300mm シート保持器具位置：1675mm～1750mm シート間ケーブル露出：230mm		
	バーナ熱量	20kW		
	供試体の断面			
No	加熱時間			消炎後
	5 分後	10 分後	20 分後	
—				
	損傷距離：シート(炭化:1,710mm), シース(熔融:1,770mm, 炭化:1,630mm)			
シートの状況		ケーブルの状況		
 シート炭化		 シース炭化	 シース熔融	
判定結果		良		

防火シートによるケーブルトレイへの影響

東海第二発電所のケーブルに対する代替措置としてケーブルトレイに敷設されたケーブルに対し防火シートを施工することとしている。そのため、ケーブルトレイの保持機能への影響として、シートによる化学的影響及び重量増加の影響を確認する。

1. ケーブルトレイ材質への影響

1.1 化学的影響

(1) 目的

防火シートが直接触れることによるケーブルシース及びケーブルトレイ材質への化学的な影響を確認する。

(2) 供試体

防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）

(3) 試験方法

JIS K 6833-1 5.3 に準拠した方法で pH を測定する。

(4) 判定基準

中性の範囲（pH6～8）であること。

(5) 試験結果

測定値（pH）：6.4 試験結果良好。

(6) 評価

防火シートの pH 測定値が、中性の範囲内であり、直接防火シートが触れることによるケーブルシース及びケーブルトレイ材質への影響がないことを確認した。

2. 防火シート施工による重量増加によるケーブルトレイ保持機能への影響

2.1 重量増加の影響

(1) ケーブルトレイの種類

非難燃性ケーブルを敷設しているケーブルトレイの形状は、梯子状のラダートレイと鉄板上のソリッドトレイがありケーブルの回路種別により使い分けている。また、ケーブルの量によりケーブルトレイの幅を選定している。

(2) ケーブルトレイの重量

ケーブルトレイの重量は、ケーブルトレイの形状及び幅により異なり、ケーブルの量を考慮した設計としている。

(3) 防火シートの質量

防火シート（プロテコ®シート-P2・eco）の質量は技術資料より、1 巻（1m×10m）で約 7 kg，結束ベルトは 1 束（10 本）で約 0.1kg である。

(4) 防火シート施工による重量増加

非難燃性ケーブルを敷設するケーブルトレイについて防火シートのメーカーの標準施工により増加する重量を確認した結果，防火シート 1 巻で幅 600mm 高さ 120mm のケーブルトレイを 4.5m 巻くことができる。また，結束ベルトは 300mm ごとに設置するためケーブルトレイ 3m で 0.1kg の増加となる。

第 4-9-1 表に防火シートによるトレイ重量の増加割合を示す。

第 4-9-1 表 防火シート施工によるケーブルトレイの重量増加

ケーブルトレイ				防火シート	
トレイタイプ	幅 (mm)	高さ (mm)	設計重量(kg/m)	重量(kg/m)	重量増加率(%)
ラダー	300	120	40	1.3	3.3
	450	120	60	1.5	2.5
	600	120	75	1.7	2.3
	750	120	93.75	2.0	2.1
ソリッド	150	120	25	1.0	4.0
	300	120	40	1.3	3.3
	450	120	60	1.5	2.5
	600	120	75	1.7	2.3
	750	120	93.75	2.0	2.1

注：防火シートはケーブルトレイの断面に対し直線的に巻く施工として裕度を持たせた保守的な質量で計算している。

(5) 評価

ケーブルトレイの設計重量はケーブルトレイにケーブルを満載にした状態における重量の裕度がラダータイプで 5%以上，ソリッドタイプで 14%以上あり，防火シート施工による重量増加は設計裕度を下回っていることから，防火シート施工による重量増加の影響はない。

なお，既設のケーブルトレイサポートはケーブル量に応じて耐震補強している。

防火シートによるケーブルへの影響

複合体はケーブル及びケーブルトレイを防火シートで覆ったものであるため、防火シートがケーブルの機能に与える影響が軽微でありケーブルの設計範囲内であることを確認する。

1. 通電機能

ケーブルの通電機能は絶縁体の許容温度の範囲内で機器等への電流が通電できることである。そのため、通電機能への影響は、防火シートの施工前後の電流値を測定する電流低減率試験に基づき確認する。

1.1 電流低減率試験

1.1.1 目的

防火シートで複合体を形成することで、絶縁体の設計最高温度内で流すことのできる電流を測定し、複合体形成前後の影響を確認する。

1.1.2 試験内容

(1) 供試体

IEEE848-1996 に準じてケーブルトレイに敷設した実機で使用するケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル) を供試体とする。供試体の仕様を第 4-10-1-1 表に示す。

第 4-10-1-1 表 供試体の仕様

試験供試体		備 考
試験規格	IEEE848-1996	
ケーブル仕様	外径 17.5mm	
トレイ形状	幅 600mm, 高さ 120mm, 長さ 3,660mm	ラダータイプ
ケーブル配列	32 本×3 段	全 96 本
防火シート	無	
	有	

(2) 試験方法

IEEE848-1996 に準じて試験を実施し、防火シートの施工前後におけるケーブルの電流低減率を求める。

a. ケーブル敷設方法

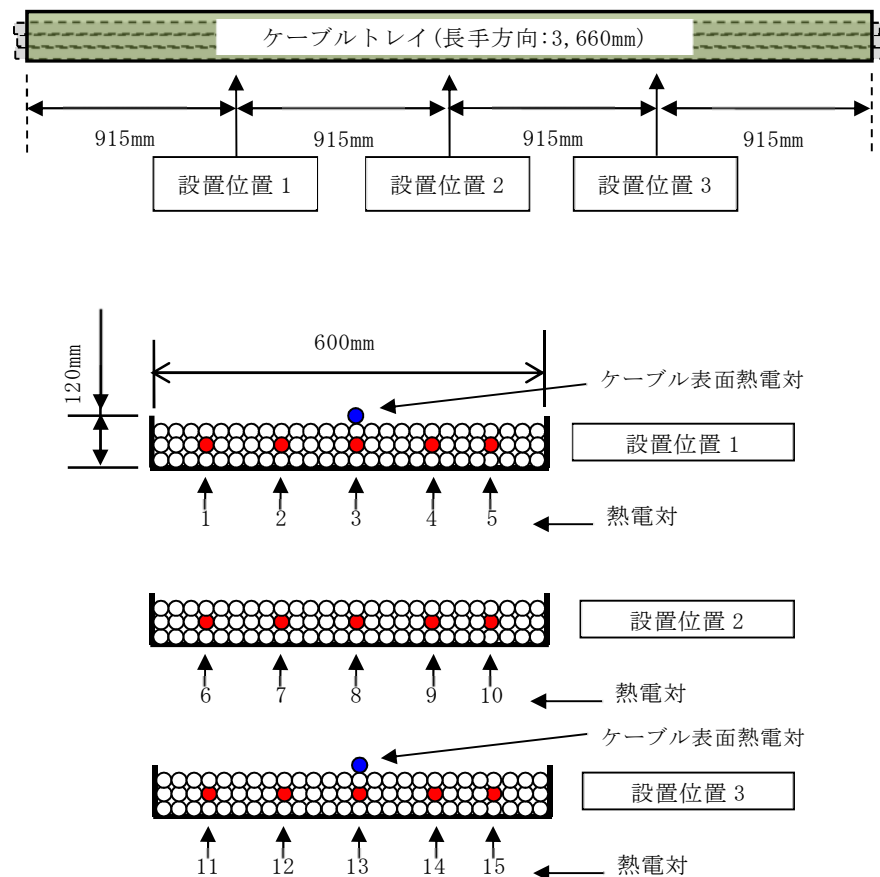
- (a) ケーブルを、ケーブルトレイに均等に 3 段に敷設する。全てのケーブル（96 本）に電流を流すため、各ケーブルの端部をそれぞれ接続し、1 本の直列回路になるようにする。



第 4-10-1-1 図 ケーブル敷設図（イメージ）

- (b) ケーブルの導体温度を測定するため、導体に直接熱電対を取付けて固定する。

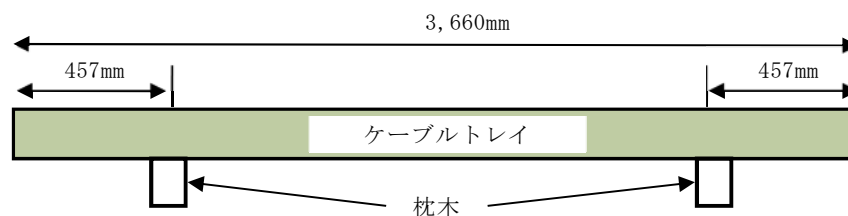
熱電対は第 4-10-1-2 図に示すように、ケーブル中央（設置位置 2）及び中央から 915mm 離れた位置（設置位置 1, 3）に設置する。また、熱電対は、トレイに敷設している 2 段目のケーブルの設置位置 1～3 に対して 5 箇所ずつ、合計 15 箇所の導体温度を確認できるように設置する。試験中の雰囲気気温度は、トレイの側面から 300mm 離れた位置に設置した 3 つの熱電対を用いて確認し、表面温度は、最上段のケーブル表面に 2 箇所（設置位置 1, 3）の熱電対を設置する。



第 4-10-1-2 図 熱電対設置位置

b. 測定条件

ケーブルを敷設したケーブルトレイを第 4-10-1-3 図のように枕木の上に設置し通電試験を行う。通電試験は、防火シートの施工前後で行う。ケーブルに電流を通電し、設置位置 2 の熱電対温度が $90^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、設置位置 1, 3 の熱電対温度の平均温度が設置位置 2 の平均温度の $\pm 4^{\circ}\text{C}$ になるように電流を調整し、導体温度が安定した後、ケーブルへの通電は 3 時間継続して行い、その間の温度測定を行う。



第 4-10-1-3 図 ケーブルトレイ設置方法

c. 温度補正及び低減率計算

以下の計算式で温度補正後の電流値および防火シート施工前後の電流低減率を計算する。

(a) 温度補正後の電流値

$$I' = I \sqrt{\frac{(T_{c'} - T_{a'}) (\alpha + T_c)}{(T_c - T_a) (\alpha + T_{c'})}}$$

I : 温度安定後の試験電流 (A)

T_c : 温度安定後設置位置 2 の最大導体温度 ($^{\circ}\text{C}$)

T_a : 試験後の周囲温度 ($^{\circ}\text{C}$)

I' : 基準温度での電流 (補正值) (A)

$T_{c'}$: 基準導体温度; $90(^{\circ}\text{C})$

$T_{a'}$: 基準周囲温度; $40(^{\circ}\text{C})$

α : $234.5(^{\circ}\text{C})$

(b) 防火シートの施工による電流低減率

$$ADF = \frac{(I_o - I_f)}{I_o} 100$$

ADF : 電流低減率 (%)

I_o : 防火シート施工前の電流値 (A)

I_f : 防火シート施工後の電流値 (A)

100 : パーセント換算

(3) 判定基準

防火シートの施工前後の電流低減率が設計裕度の範囲内であることを確認する。設計裕度を下回る場合は機器等に影響がないことを確認する。

1.1.3 試験結果

試験結果のまとめを第 4-10-1-2 表に示す。また、試験結果の詳細を第 4-10-1-3 表に示す。

第 4-10-1-2 表 試験結果のまとめ

項 目	防火シートなし	防火シート有り
通電電流 (A)	26.97	23.34
基準周囲温度(補正温度) (℃)	40.00	40.00
導体温度(℃)	90.00	90.00
電流低減率(%)	基準	13.46

注：通電電流は基準周囲温度に補正後の値を示す。

第 4-10-1-3 表 試験結果の詳細

測定項目	防火シートなし		防火シート有り	
	測定値	温度補正	測定値	温度補正
通電電流平均値 (A)	32.73	26.97 (31.13)	28.68	23.34 (26.96)
周囲温度平均値 (°C)	18.13	40.00 (25.00)	16.42	40.00 (25.00)
導体 (6～10) 平均温度 (°C)	89.77	90.00	89.99	90.00
導体 (1～5) 平均温度 (°C)	87.96		86.00	
導体 (11～15) 平均温度 (°C)	87.30		85.84	
ケーブル表面平均温度 (°C)	71.34		71.86	
電流低減率 (%)		基準		13.46

注：通電電流は基準周囲温度に補正後の値を示す。

1.1.4 評価

東海第二発電所では使用ケーブル選定時に以下の項目について設計裕度を持たせている。

- ① ケーブル敷設低減率：ケーブルトレイ又は電線管等のケーブル量による蓄熱を考慮した許容電流の低減率設定
- ② 負荷となる機器の出力設定（電圧及び力率含む）
- ③ ケーブル選定時の設計電流と実際の許容電流の設計裕度

火災防護対象機器の中で上記①、②を考慮して保守的に設定しているケーブル設計電流に対し、機器の定格電流の大きく設計裕度が最も小さくなる機器を選定し確認した。設計裕度の確認結果を第 4-10-1-4 表に示す。

第 4-10-1-4 表 ケーブルの設計裕度

ケーブル 種類	ケーブル材料 (絶縁材/シース材)	ケーブル 設計電流 (A)	定格電流 (A)	設計裕度 (%)
低圧電力 ケーブル	架橋ポリエチレン /ビニル	97	72	34

その結果，ケーブルの設計裕度 34%に対し，防火シートによる電流低減率は 13.46%であり，設計裕度の方が大きく，ケーブルの設計範囲内であり防火シートによる通電機能に影響はない。

2. 絶縁機能

2.1 絶縁抵抗試験

2.1.1 目的

防火シートの施工によりケーブルの絶縁特性に影響がないことを確認する。

2.1.2 試験内容

(1) 供試体

防火シート施工後のケーブル

- ・防火シート(プロテコ®シート-P2・eco)
- ・ケーブル

ケーブル 種類	絶縁材/ シース材	芯数-サイズ	外径(mm)
低圧電力 ケーブル	架橋ポリエチレン/ ビニル	3C-5.5mm ²	14.5

(2) 試験方法

「JIS C 3005 ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」の絶縁抵抗に準拠し、供試体の一部を水中に1時間以上浸した状態で絶縁抵抗を測定する。

(3) 判定基準

2,500M Ω ・km以上であること。(「JIS C 3605 600V ポリエチレンケーブル」)

2.1.3 試験結果

試験結果を第 4-10-2-1 表にまとめる。

第 4-10-2-1 表 絶縁抵抗試験結果

No	相	判定基準	測定値 (MΩ)	判定結果
1	R	2,500MΩ 以上	8.98×10^6	良
	S		1.02×10^7	良
	T		8.86×10^6	良
2	R		9.61×10^6	良
	S		1.06×10^7	良
	T		7.68×10^6	良

2.1.4 評価

防火シートの施工によるケーブルの絶縁特性に影響はない。

2.2 耐電圧試験

2.2.1 目的

防火シートの施工によって耐電圧特性に影響がないことを確認する。

2.2.2 試験内容

(1) 供試体

防火シート施工後のケーブル

- ・ 防火シート(プロテコ®シート-P2・eco)
- ・ ケーブル

ケーブル 種類	絶縁材/ シース材	芯数-サイズ	外径 (mm)
低圧電力 ケーブル	架橋ポリエチレン/ ビニル	3C-5.5mm ²	14.5

(2) 試験方法

「JIS C 3605 600V ポリエチレンケーブル」の耐電圧に準拠し、供試体の一部を水中に1時間以上浸した状態で規定電圧 AC1,500V を印加し、1分間耐えることを確認する。

(3) 判定基準

防火シートの施工前後で1分間の規定電圧印加に耐えること。

2.2.3 試験結果

試験結果を第 4-10-2-2 表にまとめる。

第 4-10-2-2 表 耐電圧試験結果

No	相	判定基準	判定結果
1	R	絶縁破壊がないこと	良
	S		良
	T		良
2	R		良
	S		良
	T		良

2.2.4 評価

防火シートの施工によるケーブルの耐電圧に影響はない。

防火シートの施工性の確認方法

1. 目的

防火シートが各種形状のトレイに対して設計通りに施工できるか確認する。また、垂直部に対してはファイアストoppaが設置できることを確認する。

2. 施工の試験体

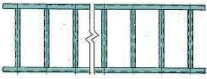
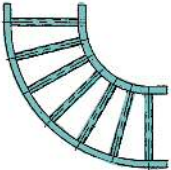
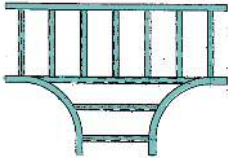
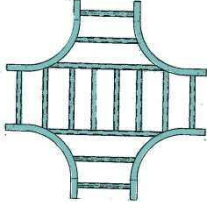
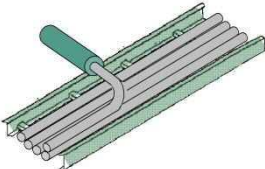
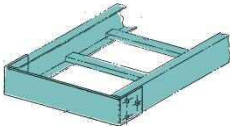
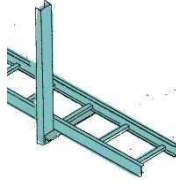
実機に設置されるケーブルトレイを試験体として、ケーブル等は移動せず、ケーブルトレイ等の独立性を維持した状態で防火シートを標準的な方法で施工する。施工確認するケーブルトレイは計測用及び制御用を選定し試験施工することとする。なお、試験施工する範囲は以下とする。

- (1) 原子炉建屋（附属棟）
- (2) 原子炉建屋

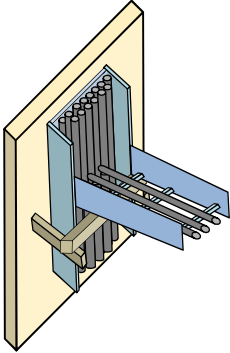
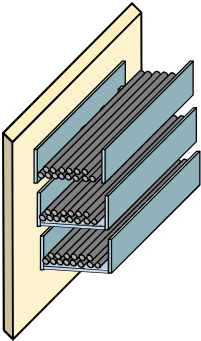
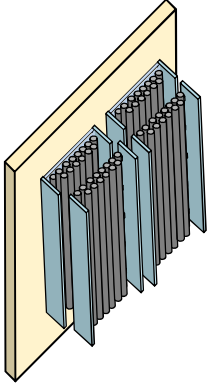
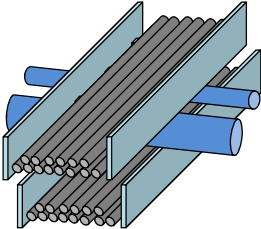
3. 施工の確認方法

ケーブルトレイは様々な形状で実機に設置されていることから、標準的な防火シートの施工方法に基づいて施工し、設計通りの施工ができることを確認する。防火シートの標準的な施工については、実機に設置されるトレイの高さが低くケーブルが敷設される断面積が小さいことから、基本的にトレイ断面に対して直線的に巻く防火シートメーカーの標準施工を採用し、延焼の可能性が高いトレイ設置方向については防火シート内部の閉鎖空間を作るため、ファイアストoppaを設置する施工とする。また、狭隘部や干渉物などが存在し防火シートの施工が難しい箇所については、可能な範囲で標準施工で

きることを試験し，方法等を施工要領に反映する。なお，試験的な施工性確認として，実機ケーブルトレイを用いるため，独立性及び離隔距離の観点からケーブル及びケーブルトレイを動かさない状態で，十分な安全性を確保したうえで実施する。施工確認する実機のケーブルトレイ形状について第 5-1-1 図に，試験施工する干渉部及び狭隘部への施工確認を第 5-1-2 図に示す。

トレイ形状	構造（例）	トレイ形状	構造（例）
直線形		傾斜形	
L 字形		T 字分岐形	
十字分岐形		電線管合流部	
トレイ端部		トレイサポート部	

第 5-1-1 図 実機のケーブルトレイ形状

施工確認箇所	構造（例）
トレイ合流，サポート干渉部	 A 3D perspective diagram showing a yellow vertical wall. Two blue cable trays are shown converging from the left. A horizontal blue support bar is positioned behind the trays, and a vertical blue support bracket is attached to the wall, illustrating potential interference points.
壁の干渉部及び狭隘部	 A 3D perspective diagram showing a yellow vertical wall. Three blue cable trays are mounted on the wall, one above the other. The diagram highlights the narrow spaces between the trays and the potential for interference with the wall surface.
トレイ間の狭隘部	 A 3D perspective diagram showing a yellow vertical wall. Two blue cable trays are mounted on the wall. The diagram focuses on the narrow gap between the two trays, indicating a potential area for cable interference or restricted access.
電線管等の干渉部	 A 3D perspective diagram showing two blue cable trays. Several blue cylindrical conduits are shown passing through or alongside the trays. The diagram illustrates how the trays or other components might interfere with the routing of these conduits.

第 5-1-2 図 干渉部及び狭隘部への施工確認