

東海第二発電所
非難燃ケーブルの対応について
添付資料

平成29年5月11日
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、の内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

- 添付1 基準規則の要求整理
- 添付2 安全機能への要求事項
- 添付3 東海第二発電所のケーブル配線について
 - 3.1 プラント建設時のケーブル敷設設計の考え方
 - 3.2 ケーブル配線の特徴
 - 補足3.1 ケーブルの敷設形態毎の配線の特徴
- 添付4 取替に伴う安全上の課題の検討
 - 4.1 取替方法検討にあたっての考慮事項
 - 4.2 安全上の課題を回避する取替方法の検討
 - 4.3 安全上の課題を回避する取替方法の検討
(まとめ)
 - 補足4.1 新たに接続部を設けてケーブルの一部を難燃ケーブルに取替る方法の検討
 - 補足4.2 電線管及びコンクリートピット敷設ケーブルの取替に伴う安全上の課題検討
 - 補足4.3 ケーブルトレイ敷設ケーブルの取替に伴う安全上の課題検討
 - 補足4.4 ケーブル取替に伴う建屋躯体開口による耐震性への影響
 - 補足4.5 ケーブル取替における安全機能の信頼性低下の影響

- 添付5 難燃ケーブルと代替措置の安全性比較
 - 5.1 代替措置の選定
 - 5.2 難燃性能に関する保安水準(設計目標)
 - 5.3 代替措置適用による他設備の安全機能への影響確認
 - 5.4 ケーブル敷設状態での取替と代替措置の安全性比較
 - 補足5.1 防火シートによる複合体形成
 - 補足5.2 代替措置の実機施工性の検討
 - 5.5 既存の切離しケーブルの残存に関する評価
 - 添付6 ケーブルの発火リスク評価
 - 添付7 難燃性に係る複合体の設計と安全上のメリット
 - 補足7.1 共通要因による複合体の不完全状態の排除
- 【以下、コメント回答】
- 添付8 複合体に要求する難燃性能とその確認方法
 - 添付9 加振試験モデルの代表性
 - 添付10 実機における防火シートの施工

今回説明範囲

添付5 難燃ケーブルと代替措置の安全性比較

5.2 難燃性能に関する保安水準(設計目標)

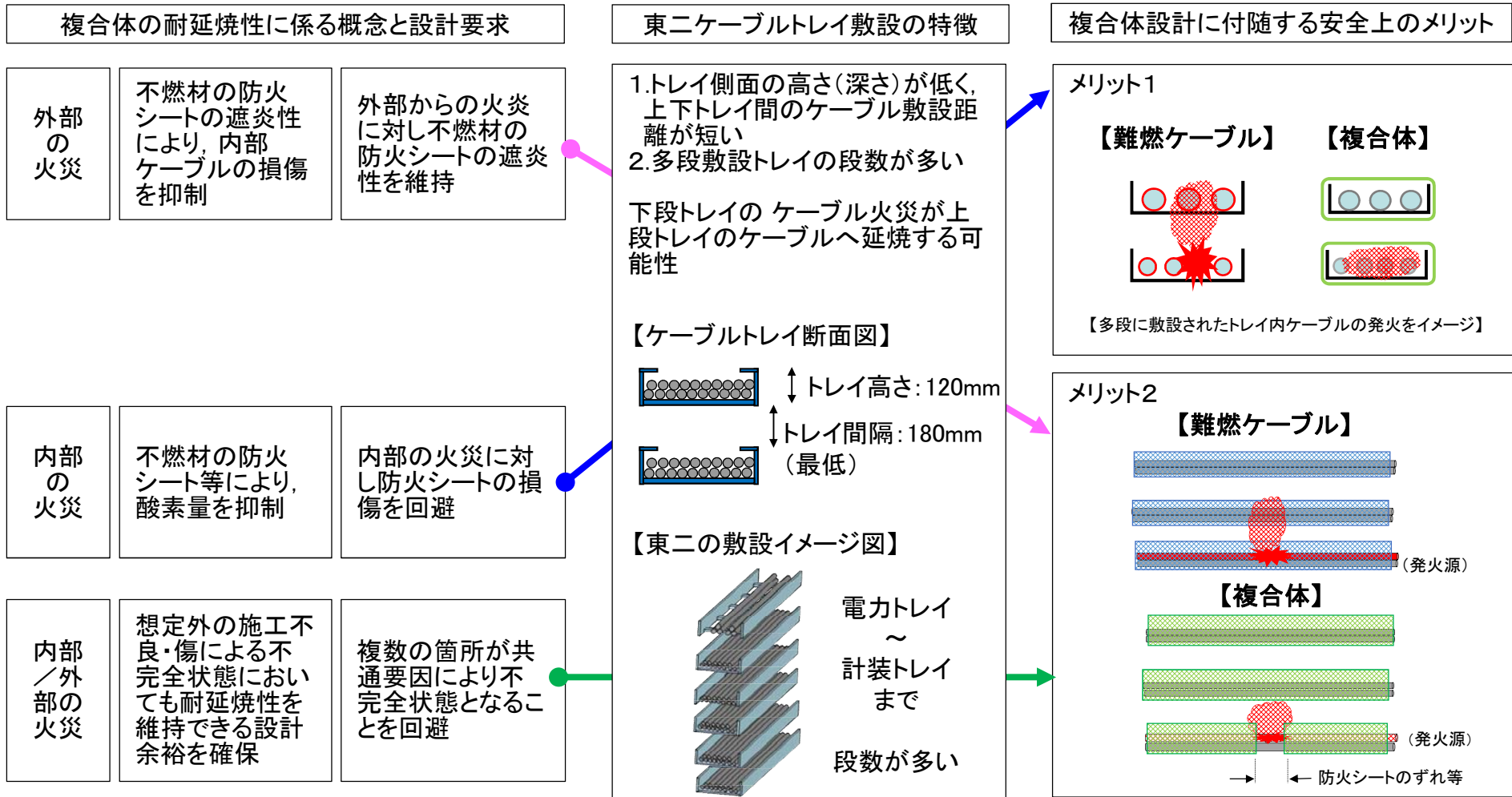
◆設計目標の設定の考え方

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

性能確認項目	設計目標
①複合体の外部の火災	I. 複合体外部の火災に対して、難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を確保する ・難燃ケーブルの耐延焼性試験の燃焼条件により、耐延焼性を有していること(自己消火性は内部の火災で確認) ・耐延焼性能として、防火シートが遮炎性を有していること ・複合体内部ケーブルの損傷長が同条件の難燃ケーブルより短いこと
②複合体の内部の火災	II. 複合体内部の火災に対して、難燃ケーブルと同等の難燃性能を確保する ・難燃ケーブルのUL垂直燃焼試験、耐延焼性試験の燃焼条件により、自己消火性、耐延焼性を有していること ・燃焼しやすい設置方向(角度)を識別し耐延焼性を有していること
③想定外の複合体不完全状態を仮定した外部／内部の火災	III. 想定外の施工不良、傷等により複合体の不完全な状態を仮定しても耐延焼性を確保する ・試験の燃焼条件はIと同様 ・防火シートのずれ、損傷を想定し、ケーブルを露出させた条件で耐延焼性を有していること

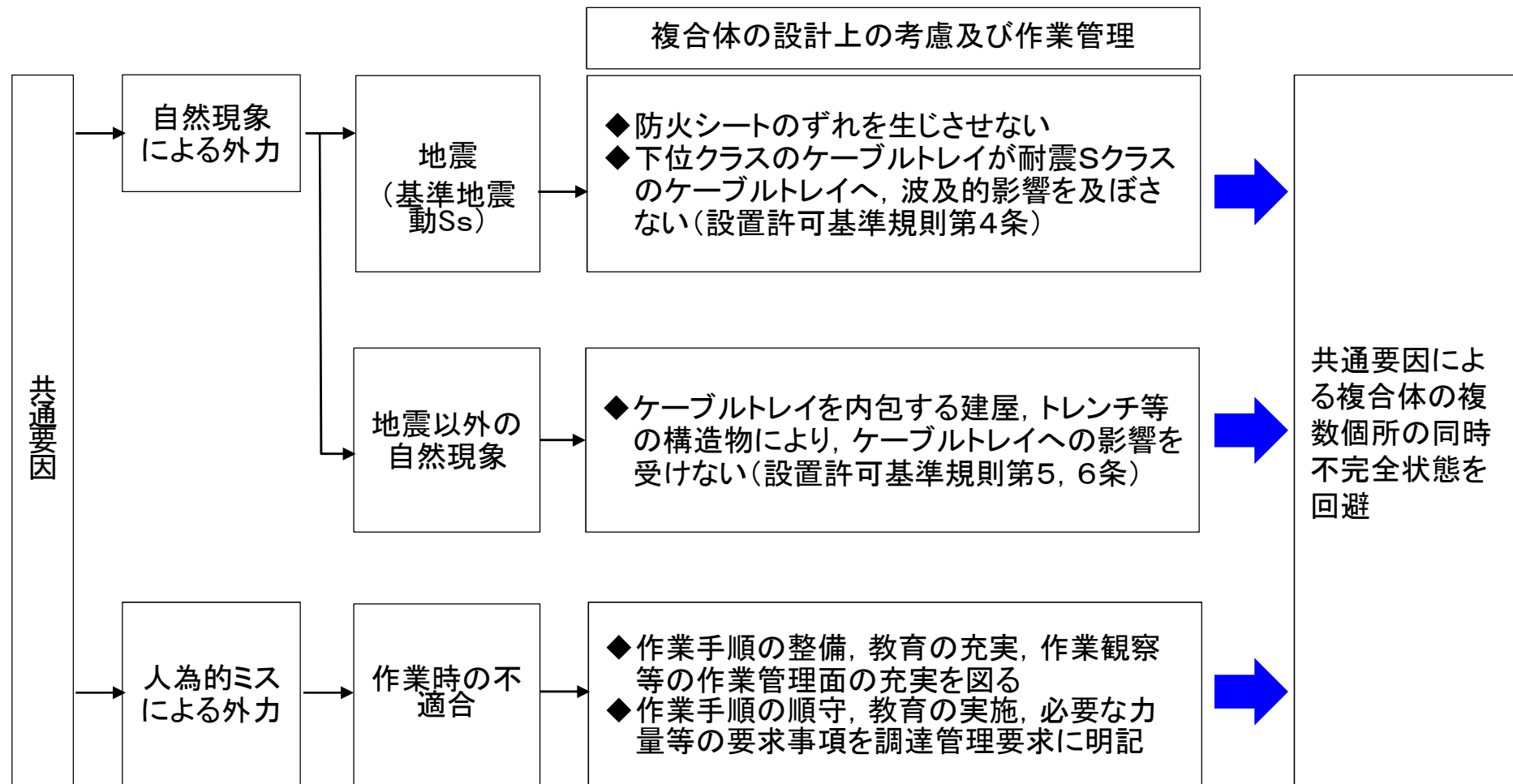
添付7. 難燃性に係る複合体の設計と安全上のメリット

- メリット1: 複合体の設計目標は、健全な状態において、外部の火災及び内部の火災に対する難燃性能の確保。これに伴い複合体の遮炎性により、下段トレイ敷設ケーブル火災が上段トレイ敷設ケーブルへの延焼を抑制するメリット
- メリット2: また、複合体の単一の不完全な状態及び同時火災を仮定しても、上段複合体の遮炎性により上段方向への延焼を抑制



補足7.1 共通要因による複合体の不完全状態の排除

- 複合体は、共通要因による複数個所の同時不完全状態を回避する設計
- 共通要因として、自然現象及び人為的ミスによる外力を想定

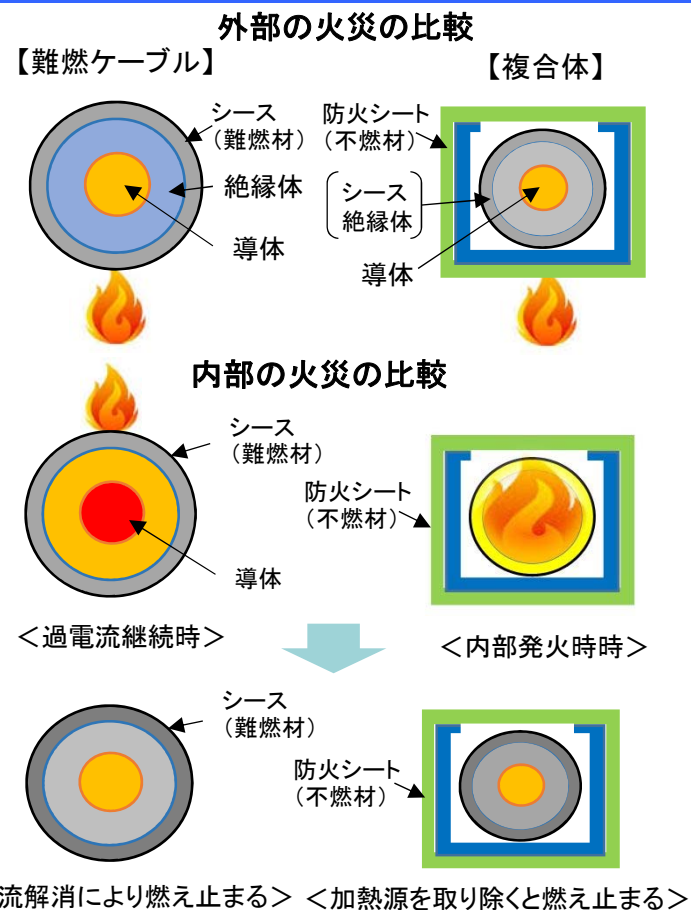


添付8. 複合体に要求する難燃性能とその確認方法(1/3)

(1) 複合体の難燃性能

- ◆複合体は不燃材の防火シートでケーブル等を覆う特徴から、燃焼の3要素のうち、熱(火炎)と酸素に着目して耐延焼性を確保(自己消火性は別途試験で確認)
- ◆外部の火災を想定した場合、難燃ケーブルはシース材料で保護されるのに対し、複合体は防火シートで保護
- ◆難燃ケーブルの過電流発火では、過電流解消とともに難燃材料の性能により燃え止まる、一方、複合体内部の発火に対しては、加熱源がなくなると酸素供給の抑制により燃え止まる

火災源	複合体の概念	難燃性能の確認方法
複合体外部の火災	・内部のケーブルに直火が当たるのを防止することにより延焼(損傷)防止	・外部から複合体を加熱し、ケーブルが延焼(損傷が広がる)しないことを確認 ・防火シート単体の遮炎性能を確認 ・防火シートの重ね部の遮炎性確認
複合体内部の火災(ケーブルの発火)	・防火シートで覆うことで酸素抑制し、自身のケーブルの延焼を防止	・酸素ことを確認供給を抑制することで、複合体内ケーブルが燃え止まる ・ケーブルの過電流発火による防火シートの健全性確認



外部の火災における役割比較

役割	難燃ケーブル	複合体
火炎から保護	シース	防火シート
内装品	絶縁体	シース, 絶縁体
不燃物	導体	導体

添付8. 複合体に要求する難燃性能とその確認方法(2/3)

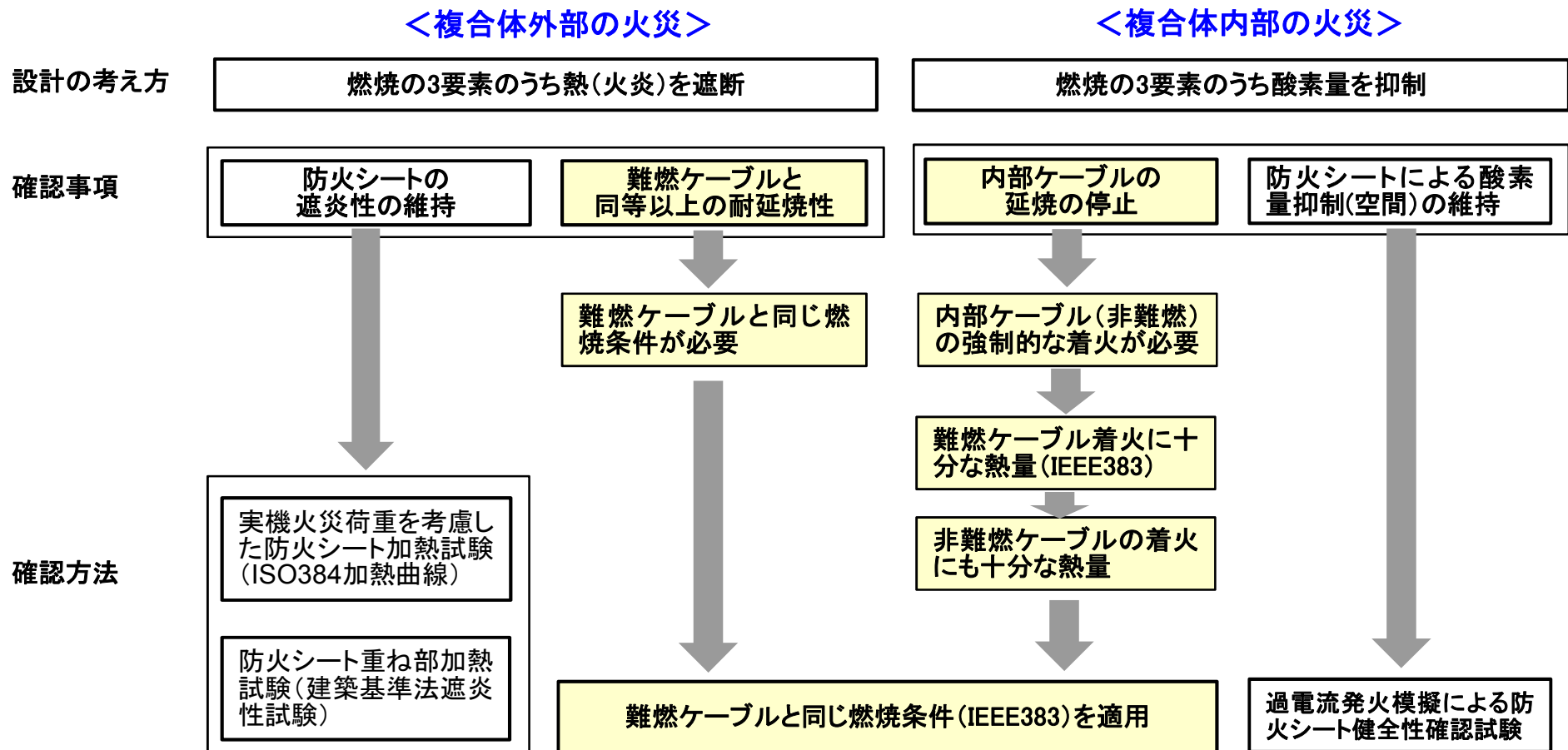
(2) 難燃性能確認のための実証試験と試験の妥当性

火災源	確認事項	難燃性能確認のための実証試験	試験の妥当性	備考
複合体外部の火災	耐延焼性	【耐延焼性試験】 ・難燃ケーブルの耐延焼性試験(IEEE383)の燃焼条件による耐延焼性試験実施 【防火シートの遮炎性能】 ・建築基準法の防火設備に要求される遮炎性能を基本 ・防火シート単体については20分を超える加熱時間による遮炎性試験 ・防火シート重ね部については基本となる20分間の遮炎性試験実施	・難燃ケーブルと損傷長を比較評価するため同じ燃焼条件で確認 ・外部からの火炎を遮断する性能として、防火設備に要求される基本性能以上の遮炎性能があることを確認 ・複合体への火炎が到達しやすい防火シート重ね部について、遮炎性能を確認	・バーナ熱量: 20kW ・加熱時間: 20分 ・ISO834加熱曲線で20分を超える加熱
複合体内部の火災	耐延焼性	【耐延焼性試験】 ・難燃ケーブルの耐延焼性試験(IEEE383)の燃焼条件により、内部ケーブルを強制着火させた耐延焼性試験実施	・内部の火災はケーブルが発火しても燃え止まることを目的とするため、ケーブルに着火できるバーナ熱量としてIEEE383の燃焼条件を適用	・バーナ熱量: 20kW ・加熱時間: 20分
		【ケーブル過電流発火模擬試験】 ・非難燃ケーブルが過電流で発火しても防火シートの健全性(遮炎性)に問題ないことを確認	・過電流発火はケーブル加熱により発生する可燃性ガスに着火するため、この事象を模擬して防火シートの健全性が維持され、外部からの酸素の供給抑制されることを確認	・導体が溶融しない高圧電力ケーブルで確認

添付8. 複合体に要求する難燃性能とその確認方法(3/3)

(3) IEEE383の燃焼条件の適用による複合体の耐延焼性試験

- ◆ IEEE383 (難燃ケーブルに対して, ケーブル外部からの火災に対する耐延焼性を確認する試験)
難燃ケーブルは米国電気学会により開発された試験方法(IEEE std.383-1974)により認定



添付9. 加振試験モデルの代表性

◆ 加振試験の目的

- ベルトが外れ(ずれ)ないこと, ファイアストッパが外れないこと(垂直トレイ)の確認

◆ 複合体の施工方法

- 100mm以上の重ね代確保, 300mmピッチ以下にて結束ベルトを設置
 - ・直線形状以外は, 金属リングを用いて結束ベルトが複数方向にトレイ側面と垂直になるよう固定。このため, ベルトの間隔も直線形状より狭い。

【実機を用いた施工例】



(直線形トレイ)



(T字形トレイ)

◆ 加振試験モデル(直線トレイ(幅600mm))の妥当性

- ベルト外れ等は, たわみ・変形による固定の緩みが原因で発生
- たわみ量が最も大きくなるのは, サポートスパンが一番長くなる直線トレイ(標準スパン: 1,500mm)
- T字形等は, 近傍にサポートを設置することで補強し, スパンは直線よりも狭い
- トレイ幅の相違による応力に差は無い(下表)
- 以上より, 直線トレイ, 600mm幅(実機で最も多く設置)を選定

【実機サポート設置状況】



【トレイ耐震性影響評価結果】

強度評価箇所(例)	トレイ幅/部材板厚 (mm)	応力評価
R/B 3F (EL 20.3m)	600/3.2	0.69
	300/1.6	0.69

添付10. 実機における防火シートの施工

◆実機施工における極力空間を抑制する巻き方の検証

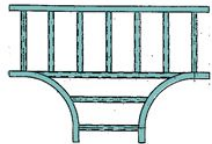

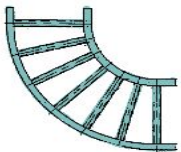



実機のケーブルトレイ形状に対し、複合体内部の空気を極力抑制する巻き方について検証。実機施工においては空気量に不確かさが生じることから耐延焼性試験では空気量の不確かさを試験条件として考慮する

➤ 代表モデルとして以下を選定

①ケーブル量：少量～満載（ケーブル外径により異なる）

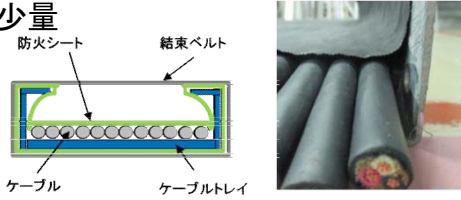
②ケーブルトレイ形状：

- ・ケーブルが分岐して量が変わるT字形状
- ・防火シートの施工が複雑となるL字形状
- ・直線から垂直に立ち上がりで防火シートに歪ができやすい傾斜形状

トレイ形状	施工例	
	満載	
	中量	
	少量	中量 

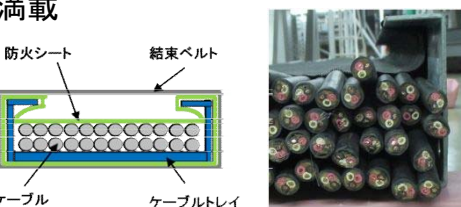
ケーブル量 イメージ/モックアップ

少量



防火シート 結束ベルト
ケーブル ケーブルトレイ

満載



防火シート 結束ベルト
ケーブル ケーブルトレイ

少量(施工性確認)

