

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	TKK 補-Ⅲ-5 改 21
提出年月日	平成 30 年 10 月 4 日

東海第二発電所 劣化状況評価  
(電気・計装設備の絶縁低下)

補足説明資料

平成 30 年 10 月 4 日  
日本原子力発電株式会社

# 目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	4
(1) 評価対象	4
(2) 評価手法	4
4. 代表機器の技術評価	7
(1) 低圧ケーブル（難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁特殊クロロプレンゴム シース）の評価	7
1)-1 電気学会推奨案による健全性評価（設計基準事故時）	7
1)-2 ACA ガイドによる健全性評価（設計基準事故時）	10
1)-3 電気学会推奨案をもとにした健全性評価（重大事故等時）	13
2) 現状保全	17
3) 総合評価	17
4) 高経年化への対応	17
(2) 電気ペネトレーションの評価	18
1) 核計装用電気ペネトレーションの健全性評価	18
2) 現状保全	21
3) 総合評価	21
4) 高経年化への対応	21
5. 代表機器以外の技術評価	22
6. まとめ	33
(1) 審査基準適合性	33
(2) 保守管理に関する方針として策定する事項	36
7. 添付資料	36
別紙 1. 高圧ポンプモータの評価について	69
別紙 2. 高圧ケーブルの評価について	86
別紙 3. 低圧ケーブルの評価について	95
別紙 4. 同軸ケーブルの評価について	111
別紙 5. ケーブル接続部の評価について	142
別紙 6. 電動弁用駆動部の評価について	166
別紙 7. 計測制御設備の評価について	197
別紙 8. 電気・計装設備の評価（共通項目）について	215

タイトル	複合体を形成することでのケーブル通電機能及び絶縁機能への影響とケーブルの経年劣化を考慮した評価について
説明	<p>複合体を形成することでのケーブル通電機能及び絶縁機能への影響については、東海第二発電所原子炉設置変更許可申請及び東海第二発電所工事計画認可申請の中で確認している。</p> <p>1. 設計段階での確認</p> <p>(1) 原子炉設置変更許可</p> <p>原子炉設置変更許可申請の補足説明資料「東海第二発電所 火災による損傷の防止」の別添資料-1「東海第二発電所 火災防護について」の中で、複合体を形成するにあたっての設計事項として複合体内部への熱の蓄積への影響を考慮しても非難燃ケーブルの通電機能や絶縁機能が損なわれないことを確認することが示されている。</p> <p>また、別添資料-4「東海第二発電所 非難燃ケーブルの対応について」の中で、複合体の形成による通電機能及び絶縁機能への影響の確認方法が示されている。(資料-1 参照)</p> <p>(2) 工事計画認可</p> <p>添付書類 V-1-1-7「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」の中で、複合体施工前後の電流低減率が算出され通電機能への影響のないことが確認されている。</p> <p>また、絶縁機能については絶縁抵抗試験及び耐電圧試験にて絶縁機能への影響のないことが確認されている。</p> <p>以上より、複合対を形成してもケーブル通電機能は複合体のない状態と同等となるように電流低減率を設計段階で配慮している。</p> <p>また、絶縁機能については複合体を施工しても機能に影響はない。</p> <p>2. 複合体施工段階での確認</p> <p>複合体施工前に電流低減率がケーブルの設計裕度内にあることを確認する。ケーブルの設計裕度内に収まらない場合は、ケーブルのサイズアップ等を行う。</p> <p>3. 経年劣化を考慮した評価</p> <p>ケーブルの劣化評価は、東海第二のケーブルの周囲温度（設計最高温度 40℃）にて劣化評価を行っている。</p> <p>複合体形成時の電流低減率はケーブルの周囲温度 40℃以下とすることで設定していることから、ケーブルの健全性評価は変わらない。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

東海第二発電所  
火災による損傷の防止

別添 1

東海第二発電所

火災防護について

i) 複合体を形成する設計

複合体は、難燃ケーブルを使用した場合と同等以上の難燃性能を確保する設計とし、実証試験により自己消火性及び延焼性を確認した上で使用する。

このため、複合体外部及び複合体内部の火災を想定した設計とする。

また、複合体は、防火シートが与える化学的影響、複合体内部への熱の蓄積及び重量増加による耐震性への影響を考慮しても非難燃ケーブルの通電機能や絶縁機能及びケーブルトレイの耐震性低下により、ケーブル保持機能が損なわれないことを確認するとともに、施工後において、複合体の難燃性能を維持する上で、防火シートのずれ、隙間及び傷の範囲を考慮する設計とし、これらを実証試験により確認して使用する設計とする。使用する防火シートは耐寒性、耐水性、耐薬品性などの耐性に問題がないことを確認する。

【別添 4(1)】

a. 複合体外部の火災を想定した場合の設計

複合体は、外部の火災に対して、不燃材の防火シートにより外部からの火炎を遮断し、直接ケーブルに火炎が当たり燃焼することを防止することにより、難燃ケーブルと同等以上の難燃性能が確保できる設計とする。

このため、複合体は、火炎を遮断するため、非難燃ケーブルが露出しないように非難燃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する設計とする。

実証試験では、この設計の妥当性を確認するため、防火シートが遮炎性を有していること、その上で、複合体としては、延焼による損傷長

別添 4

東海第二発電所

非難燃ケーブルの対応について

## 複合体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 1-13 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接触す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接触することで、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

#### 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 1-13 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 1-13 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の範囲内であることを確認する。また，設計裕度は確保され，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

- ・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 <sup>2</sup>	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規定電圧（直流：100V以上）を1分間印加し、絶縁抵抗を測定する。

##### (3) 判定基準

2500MΩ・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

- ・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 <sup>2</sup>	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。

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ertype
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

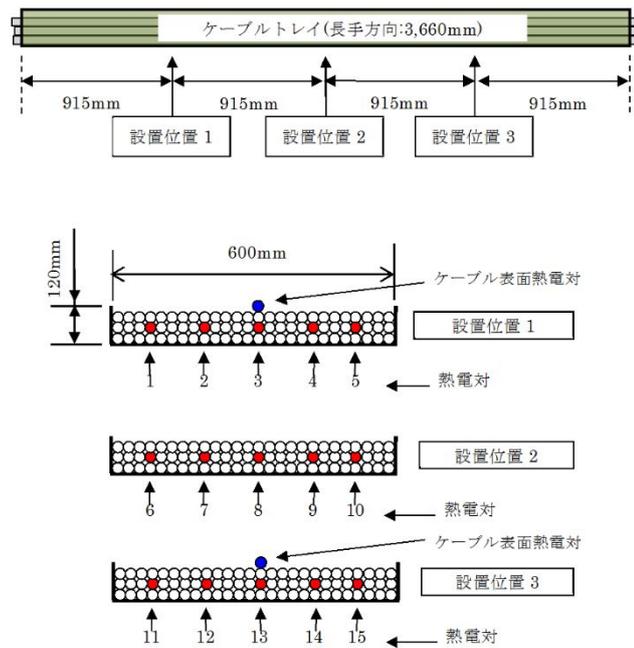
IEEE848-1996 に準じて試験を実施し、防火シートの施工前後におけるケーブルの電流低減率を求める。

## 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

8 条—別添 4—添付 1—13—13

## 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

$$I' = I \sqrt{\frac{(T_c - T_a)(\alpha + T_c)}{(T_c - T_a)(\alpha + T_c)}}$$

- I : 温度安定後の試験電流 (A)
- T<sub>c</sub> : 温度安定後設置位置2の最大導体温度 (°C)
- T<sub>a</sub> : 試験後の周囲温度 (°C)
- I' : 基準温度での電流 (補正值) (A)
- T<sub>c</sub> : 基準導体温度; 90 (°C)
- T<sub>a</sub> : 基準周囲温度; 40 (°C)
- α : 234.5 (°C)

8条—別添4—添付1—13—14

(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<sub>o</sub> : 防火シート施工前の電流値 (A)

I<sub>f</sub> : 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の範囲内であることを確認する。また、設計裕度は確保され、機器等に影響がないことを確認する。

V-1-1-7 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書

NT2 補② V-1-1-7 R2

## 6. 複合体による影響

複合体を形成することで、ケーブル及びケーブルトレイの機能を損なわれないことを確認する。

### 6.1 ケーブルに与える影響の評価

#### 6.1.1 通電機能

##### 6.1.1.1 電流低減率試験

###### (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。

###### (2) 供試体

IEEE 848-1996 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:17.5 mm)

###### b. ケーブルトレイ

複合体形成前後のラダートレイ

###### (3) 試験方法

IEEE 848-1996 に準じた試験方法による。

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すべてのケーブルが通電されることはないが、IEEE 848-1996 ではすべてのケーブルに通電するため、保守的な試験条件である。

###### (4) 判定基準

防火シートの施工前後の電流低減率が設計の範囲内であることを確認する。

また、設計裕度は確保され、機器等に影響がないことを確認する。

###### (5) 試験結果

試験結果のまとめを第 6-1 表に示す。また、試験結果の詳細を第 6-2 表に示す。

別添-1-59

第 6-1 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) (°C)	40.00	40.00
導体温度 (°C)	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 6-2 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	28.68	23.34
周囲温度平均値 (°C)	18.13	40.00	16.42	40.00
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。

### 6.1.2 絶縁機能

#### 6.1.2.1 絶縁抵抗試験

(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) 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-5.5 mm <sup>2</sup>	14.5

(3) 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規定電圧(直流：100V以上)を1分間印加し、絶縁抵抗を測定する。

別添-1-60

- (4) 判定基準  
2500 MΩ・km 以上であること。〔「J I S C 3 6 0 5 600V ポリエチレンケーブル」〕
- (5) 試験結果  
試験結果を第 6-3 表にまとめる。

第 6-3 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	2500 MΩ 以上	$8.98 \times 10^6$	良
	S		$1.02 \times 10^7$	良
	T		$8.86 \times 10^6$	良
2	R		$9.61 \times 10^6$	良
	S		$1.06 \times 10^7$	良
	T		$7.68 \times 10^6$	良

#### 6.1.2.2 耐電圧試験

- (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) 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-5.5 mm <sup>2</sup>	14.5

- (3) 試験方法  
「J I S C 3 6 0 5 600 V 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 AC1500 V を印加し、1 分間耐えることを確認する。
- (4) 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) 試験結果  
試験結果を第 6-4 表にまとめる。

別添-1-61

第 6-4 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

## 6.1.3 ケーブルシースへの影響

## 6.1.3.1 化学的影響

## (1) 目的

複合体の形成によってケーブルシースの保護機能に影響ないことを確認する。

## (2) 供試体

防火シート

## (3) 試験方法

「JIS K 6833-1 接着剤—一般試験方法—第1部：基本特性の求め方」の pH に準拠した方法で pH を測定する。

## (4) 判定基準

中性の範囲 (pH 6~8)

## (5) 試験結果

測定値 (pH) : 6.4 試験結果「良」

複合体の形成によってケーブルシースの保護機能に影響ないことを確認した。

## 6.2 ケーブルトレイに与える影響の確認

## 6.2.1 ケーブルトレイ材質への影響

## 6.2.1.1 化学的影響

## (1) 目的

複合体の形成によってケーブルトレイの保護機能に影響ないことを確認する。

## (2) 供試体

防火シート

## (3) 試験方法

「JIS K 6833-1 接着剤—一般試験方法—第1部：基本特性の求め方」の pH に準拠した方法で pH を測定する。

## (4) 判定基準

別添-1-62