

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	TKK 補-Ⅲ-5 改 22
提出年月日	平成 30 年 10 月 11 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 11 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

*3：難燃六重同軸ケーブルは JIS 耐電圧試験を実施

JIS 耐電圧試験（日本工業規格(JIS C 3005-2000)「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」）の試験手順は以下のとおり

- ① あらかじめ設置された清水中に電線を 1 時間以上浸した状態で，単心の場合には導体と清水の間に，多心の場合は導体相互間及び導体と清水の間に周波数 50 Hz または 60 Hz の正弦波に近い波形をもった規定の交流電圧を加え，規定時間これに耐えるかどうかを調べる。

b. 試験条件

試験条件は，実機環境条件に基づいて「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の 60 年間の通常運転期間及び重大事故等時を想定した条件を包絡している。また，「難燃六重同軸ケーブル」の 41 年間の通常運転期間及び重大事故等時を想定した条件を包絡している。

「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）」、「難燃六重同軸ケーブル」，「難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）」及び「難燃三重同軸ケーブル」の長期健全性試験条件を表 1.17，表 1.18，表 1.19 及び表 1.20 に示す。

表 1.17 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）の
長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C×270 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度（65.6 °C）では，難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリエチレン）は 60 年間以上の運転期間を包絡する。 【別紙 4. 添付-3）参照】
放射線照射 （通常時＋事故時）	放射線照射線量：1,010 kGy	東海第二で想定される照射線量約 296 kGy（60 年間の通常運転期間約 2.7×10^2 kGy に重大事故等時線量 26 kGy を加えた線量）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4）参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.428 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における重大事故等時の最高温度約 115 °C，最高圧力 0.20 MPa を包絡する。 【別紙 4. 添付-4），別紙 4. 添付-5）参照】

表 1.18 難燃六重同軸ケーブルの長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	121 °C×168 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度（65.6 °C）では、難燃六重同軸ケーブルは 41 年間の運転期間を包絡する。 【別紙 4. 添付-3）参照】
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：760 kGy	東海第二で想定される照射線量約 296 kGy（60 年間の通常運転期間約 2.7×10^2 kGy に重大事故等時線量 26 kGy を加えた線量）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4）参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.686 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における重大事故等時の最高温度約 115 °C，最高圧力 0.20 MPa を包絡する。 【別紙 4. 添付-4），別紙 4. 添付-5）参照】

表 1.19 難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）の
長期健全性試験条件（電気学会推奨案）

	試験条件	説明
加速熱劣化	110 °C×2,472 時間	原子炉格納容器外の周囲最高温度（40.0 °C）では、難燃一重同軸ケーブル（絶縁体材料が架橋ポリオレフィン）は 60 年間以上の運転期間を包絡する。 【別紙 4. 添付-3）参照】
放射線照射 （通常時+事故時）	放射線照射線量：260 kGy	東海第二で想定される照射線量約 101 kGy（60 年間の通常運転期間約 5.3 Gy に重大事故等時線量約 100 kGy を加えた線量）を包絡する。【別紙 4. 添付-4）参照】
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：25 時間	東海第二における重大事故等時の最高温度（100 °C），最高圧力（0.0069 MPa）を包絡する。 【別紙 4. 添付-4），別紙 4. 添付-5）参照】

b. 試験条件

試験条件は、同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の60年間の通常運転期間及び設計基準事故時を想定した条件を包絡する。

また、試験条件は、同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の重大事故等時を想定した条件を包絡している。

同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の長期健全性試験条件を表3.1に示す。

表 3.1 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の長期健全性試験条件

	試験条件	説明
加速熱劣化	148.8 °C×241 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度 60 °C ^{*1} では、60 年間以上の通常運転期間に相当する。 【別紙 5. 添付-4) 参照】
放射線照射 (通常時+事故時)	放射線照射線量：290 kGy	東海第二で想定される照射線量約64 kGy（60年間の通常運転期間約38 kGy ^{*2} に設計基準事故時線量26 kGy ^{*3} を加えた線量）を包絡する。 また、東海第二で想定される照射線量約64 kGy（60年間の通常運転期間約38 kGy ^{*2} に重大事故等時線量26 kGy ^{*4} を加えた線量）を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 °C 最高圧力：0.38 MPa 曝露時間：約 100 日間	東海第二で想定される設計基準事故時の最高温度 171 °C ^{*3} ，最高圧力 0.31 MPa ^{*3} を包絡する。 また、重大事故等時の最高温度約 115 °C ^{*4} ，最高圧力 0.20 MPa ^{*4} を包絡する。 【別紙 5. 添付-2) 参照】

*1：通常運転時における原子炉格納容器内同軸コネクタ設置箇所環境温度実測値の最大値に余裕を加えた値

*2：通常運転時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

$$\text{通常運転時線量} \approx 38 \text{ [kGy]} = 0.072 \text{ [Gy/h]} \times 24 \text{ [h]} \times 365.25 \text{ [d]} \times 60 \text{ [y]}$$

*3：設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*4：重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件解析値

*1～*4 は【別紙 5. 添付-3) 参照】

c. 評価結果

同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）は運転開始後 60 年間の通常運転期間，設計基準事故時雰囲気において絶縁を維持できると評価する。

また、重大事故等時条件は、長期健全性試験条件に包絡されていることから重大事故等時雰囲気においても絶縁を維持できることを確認した。

同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）の長期健全性試験結果を表 3.2 に示す。

説 明

③ 同軸コネクタ接続（中性子束計測用）（原子炉格納容器内）

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時*7
周囲温度	60 °C*1 (最高)	171 °C*3 (最高)	115 °C*5 (最高)
最高圧力	0.0138 MPa*2	0.31 MPa*3	0.20 MPa*5
放射線	0.072 Gy/h*2 (最大)	26 kGy*4 (最大積算値)	26 kGy*6 (最大積算値)

*1:通常運転時における原子炉格納容器内同軸コネクタ設置箇所（ペデスタル）環境温度実測値の最大値（約 56 °C）に余裕を加えた値

*2:通常運転時における原子炉格納容器内（ペデスタル）の環境条件設計値

*3:設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*4:設計基準事故時における原子炉格納容器内同軸コネクタ設置箇所（ペデスタル）の設計値（13 kGy/h）を基に，設計基準事故時における要求機能である未臨界達成確認に要する時間（概ね 1 時間）に余裕を加えた時間（2 時間）における積算値

*5:重大事故等時（原子炉停止機能喪失事象）における原子炉格納容器内の環境条件

*6:重大事故等時（原子炉停止機能喪失事象）における原子炉格納容器内同軸コネクタ設置箇所（ペデスタル）の放射線量は設計基準事故時の放射線量を超える範囲にないが，保守的に設計基準事故時における設計値（13 kGy/h）を基に，原子炉停止機能喪失事象時に未臨界達成確認に要する時間（概ね 1 時間）に余裕を加えた時間（2 時間）における積算値とした

*7:重大事故等時条件のうち，当該同軸コネクタ（中性子束計測器）の要求機能である未臨界達成確認までに，最も厳しい環境条件となる原子炉停止機能喪失事象を想定

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書添付書類八「変更後における発電用原子炉施設の安全設計に関する説明書」の複合体を形成する設計の中で、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おり、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-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>工事計画本文「1. 火災防護設備の基本設計方針」の代替措置（複合体）を施す設計の中で、複合体を構成する防火シートには、ケーブルに悪影響を及ぼさないため、電氣的機能の実証試験等でケーブルに影響を与えないことを確認したシートを使用する設計とすることが示されている。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」の補足説明資料 5-26 「複合体による影響の確認」の中で、複合体施工後の電氣的機能に影響のないことを以下のとおり確認されている。(資料-2 参照)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通電機能：複合体施工時の電流低減率を確認した。 その際、周囲温度が 40℃となるように設定している。 ・絶縁機能：複合体施工による絶縁機能への影響の無いことを確認した。 <p>以上より、複合体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ことから、通電機能への影響はない。</p> <p>なお、設置変更許可及び工事計画では、火災防護の観点で複合体の検討をしていることから全ての複合体が対象となっている。</p>

<p>説明</p>	<p>2. 複合体施工段階での確認</p> <p>複合体施工前に工事計画認可の中で確認された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。</p> <p>3. 経年劣化を考慮した評価</p> <p>ケーブルの絶縁低下に対する劣化評価は、東海第二のケーブルの周囲温度（設計温度 40℃）にて評価を行っている。</p> <p>設置変更許可と工事計画の中で複合体を施工しても周囲温度が設計温度以内に収まることを確認していることから、ケーブルの経年劣化を考慮しても電氣的機能への影響は以下のとおり問題とはならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通電機能：設計段階で電流低減率を考慮しており、想定される劣化事象がないため、高経年化対策上問題とならない。 ・絶縁機能：ケーブルの周囲温度は、40℃以下となるように電流低減率を考慮しているため、経年劣化評価の中で行ったケーブルの長期健全性試験（周囲温度 40℃に設定）に影響はない。 <p style="text-align: right;">以上</p>
-----------	--

別紙 1

別添 5

添 付 書 類 八

変更後における発電用原子炉施設の安全設計に関する説明書

等以上の難燃性能を確保できる代替措置（複合体）を施す設計とする。

(a) ケーブルの取り替えに伴う課題が回避される範囲

(b) 難燃ケーブルと比較した場合に、火災リスクに有意な差がない範囲

a. 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。

(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、難燃ケーブルを使用した場合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

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

8 条－別添 4－添付 1－13－2

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

8 条-別添 4-添付 1-13-5

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 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」）

8条-別添4-添付1-13-7

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 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

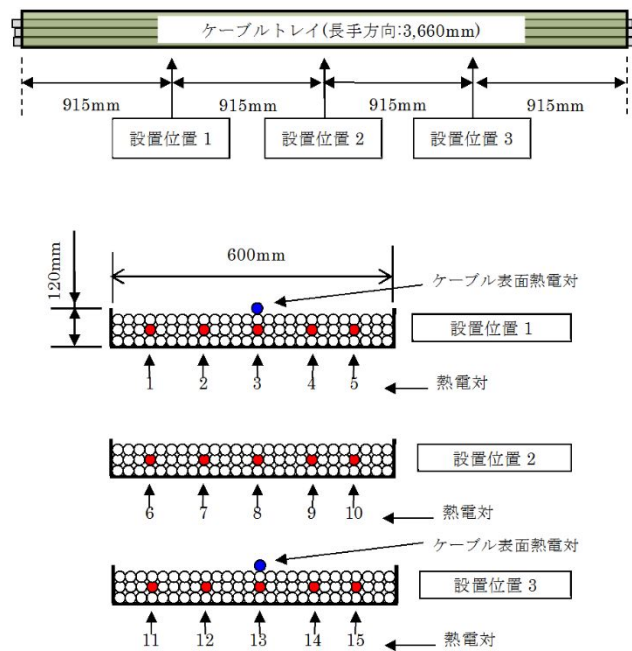
IEEE848-1996 に準じて試験を実施し、防火シートの施工前後におけるケーブルの電流低減率を求める。

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_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

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

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。

3 火災防護設備の基本設計方針、適用基準及び適用規格
(1) 基本設計方針

変更前	変更後
<p>用語の定義は「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針」による。</p> <p>第1章 共通項目</p>	<p>用語の定義は「発電用原子炉及びその附属施設的位置、構造及び設備の基準に関する規則」、「発電用原子炉及びその附属施設の基本設計方針」及び「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」(平成25年6月19日原子力規制委員会)による。</p> <p>第1章 共通項目</p> <p>火災防護設備の共通項目である「1. 地震等, 2. 自然現象(2.2 津波による損傷の防止を除く。), 5. 設備に対する要求, 6. その他」の基本設計方針については、原子炉冷却系統施設の基本設計方針「第1章 共通項目」に基づく設計とする。</p>
<p>第2章 個別項目</p> <p>1. 火災防護設備の基本方針</p> <p>火災により原子炉の安全性が損なわれないよう、「原子力発電所の火災防護指針」(日本電気協会 JEA G4607) に準じ、火災の発生防止対策、火災の検知及び消火対策並びに火災の影響軽減対策を組み合わせて対応する。</p>	<p>第2章 個別項目</p> <p>1. 火災防護設備の基本設計方針</p> <p>設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なわれないよう、火災防護上重要な機器等を設置する火災区域及び火災区画に対して、火災防護対策を講じる。</p> <p>発電用原子炉施設は、火災によりその安全性を損なわないように、適切な火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる対象として「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」のクラス1, クラス2及び安全評価上その機能を期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。火災防護上重要な機器等は、上記構築物、系統及び機器のうち原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器とする。</p> <p>原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器は、発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な以下の機能を確保するための構築物、系統及び機器とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 原子炉冷却材圧力バウダンダリ機能 ② 過剰反応度の印加防止機能 ③ 炉心形状の維持機能 ④ 原子炉の緊急停止機能 ⑤ 未臨界維持機能 ⑥ 原子炉冷却材圧力バウダンダリの高圧防止機能 ⑦ 原子炉停止後の除熱機能 ⑧ 炉心冷却機能 ⑨ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能 ⑩ 安全上特に重要な関連機能

NT2 審① II R9

変更前	変更後
<p>(3) 安全機能を有するケーブルは、実用上可能な限り「IEEE Standard for Type Test of Class I Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations」(IEEE Std 383-1974)又は電気学会技術報告II部第139号(昭和57年11月)の垂直トレイ燃焼試験に合格した難燃性ケーブルを使用する。また、必要に応じ延焼防止塗料を使用する。</p> <p>(4) 建屋内における変圧器は乾式とし、遮断器は実用上可能な限りオイルレスとする。</p> <p>(5) 安全機能を有する動力盤及び制御盤は、不燃性である鋼製の筐体、塩化ビニル等難燃性の配線ダクト及びテフロン等実用上可能な限り難燃性の電線を使用する。</p> <p>(6) 換気設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き難燃性のガラス繊維を使用する。</p> <p>(7) 保温材は、不燃性の金属保温並びに難燃性のロックウール、グラスウール等を使用する。</p> <p>(8) 建屋内表材は、実用上可能な限り不燃性材料及び難燃性材料を使用する。</p>	<p>災に起因して他の火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。</p> <p>火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設のうち、機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、筐体の筐体及びこれらの支持構造物の主要な構造材は、ステンレス鋼、低合金鋼、炭素鋼等の金属材料又はコンクリートの不燃性材料を使用する設計とする。</p> <p>ただし、配管のパッケージ類は、その機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難であるため、金属で覆われた装置部に設置し直後火災に晒されることのない設計とする。</p> <p>金属に覆われたポンプ及び弁等の駆動部の潤滑油並びに金属に覆われた機器本体内部に設置する電気配線は、着火した場合でも他の火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に延焼しないことから、不燃性材料又は難燃性材料でない材料を使用する設計とする。</p> <p>火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に使用する保温材は、原則、平成12年建設省告示第1400号に定められたもの又は建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する設計とする。</p> <p>火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設を設置する建屋の内装材は、建築基準法で不燃性材料として認められたものを使用する設計とする。</p> <p>ただし、管理区域の床に塗布されている耐放射線性のコーティング剤は、不燃性材料であるコンクリート表面に塗布すること、難燃性が確認された塗料であること、加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらないこと、原子炉格納容器内を含む建屋内に設置する火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設は、不燃性又は難燃性の材料を使用し、その周辺における可燃物を管理することから、難燃性材料を使用する設計とする。</p> <p>また、中央制御室の床面は、防炎性能を有するカーペットを使用する設計とする。</p> <p>火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に使用するケーブルは、実証試験により自己消火性(UL垂直燃焼試験)及び耐延焼性(IEEE383(光ファイバケーブル)の場合IEEE1202)垂直トレイ燃焼試験)を確認した難燃ケーブルを使用する設計とする。</p> <p>ただし、実証試験により耐延焼性等が確認できない放射線モニタケーブル及び重大事故等対処施設である通信連絡設備の機器本体に使用する専用ケーブルは、難燃ケーブルと同等以上の性能を有する設計とする。また、代替材料の使用が技術上困難な場合は、当該ケーブルの火災に起因して他の火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。</p> <p>また、上記ケーブル以外の非難燃ケーブルについては、原則、難燃ケーブルに取り替えて使用する設計とするが、ケーブルの取替に伴い安全上の課題が生じる場合には、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でききる代替措置(複合体)を施す設計又は電線管に収納する設計とする。</p> <p>(g) 代替措置(複合体)を施す設計</p> <p>複合体を構成する防火シートには、複合体の難燃性能を確保し形状を維持するため、不燃性、難燃性、耐火性及び被覆性を確認する実証試験等であらゆる性能を有することを確認し、またケーブル及びケーブルトレイに悪影響を及ぼさないため、電気的機能、非腐食性及び重量増加の実証試験</p>

変更前	変更後
	<p>等でケーブル及びケーブルトレイに影響を与えないことを確認したシートを使用する設計とする。</p> <p>上記性能を有する防火シートを用いて形成する複合体は、イに示す複合体外部の火災を想定した場合に必要な設計を行った上で、ロに示す複合体内部の発火を想定した場合に必要な設計を加えることで、燃焼ケーブルを使用した場合と同等以上の燃焼性能を確保する設計とする。</p> <p>イ. 複合体外部の火災を想定した場合の設計</p> <p>複合体は、複合体外部の火災に対して、燃焼の3要素（熱（火炎）、酸素量、可燃物）のうち熱（火炎）を遮断するため、以下の(イ)～(ロ)に示すとおり非燃焼ケーブルの露出を防止することにより、燃焼ケーブルを使用した場合と同等以上の燃焼性能が確保できる設計とする。また、複合体は、耐延焼性を確認する実証試験にて自己消火し燃え止まること、及び延焼による損傷長が燃焼ケーブルよりも短くなることを確認する。</p> <p>(イ) 非燃焼ケーブル及びケーブルトレイを、防火シートに重ね代を設けながら覆う。防火シート間重ね代は、ハに示す複合体の耐延焼性を確認する実証試験によって自己消火し燃え止まること、延焼による損傷長が燃焼ケーブルよりも短くなることを確認した重ね代を確保する。さらに、基礎地震動S₁による外力（地震）に「外力（地震）」という）が加わっても重ね代を確保するため、この重ね代に外力（地震）に対する防火シートの被覆性の実証試験で確認される寸法の大きさに余裕を確保した値を加えた重ね代とする。</p> <p>防火シート重ね部の重ね回数は、ケーブル及びケーブルトレイの機能が損なわれないように、熱の蓄積による影響として、複合体形成後の電流値が設計基準におけるトレイ形状での電流値と比較し、通電機能が損なわれない電流低減度合いであり、かつケーブルケーブルトレイの重量増加の影響として、ケーブルケーブルトレイの重量余裕以内である重ね回数とする。</p> <p>(ロ) 防火シートで覆った状態を維持するため、防火シートは、結束ベルトで固定する。防火シートは、外力（地震）に対する防火シートの被覆性の実証試験で外れないことを確認した結束ベルトによりシート重ね部を固定することに加えて、非燃焼ケーブルが露出しないことを確認した間隔にて固定する。</p> <p>(ハ) 施工後、複合体の燃焼性能を維持する上で、防火シートのすき間、隙間及び継ぎの範囲を考慮し、これらの範囲を外力（地震）に対する防火シートの被覆性を実証試験により確認した防火シートをケーブル表面に沿わせて有意な隙間がないように巻き付ける。</p> <p>(ニ) 防火シートの隙間が拡大することを抑えるため、外力（地震）に対する防火シートの被覆性の実証試験で外れないことを確認したファイアストップパにより防火シート重ね部を押え付ける。</p> <p>ロ. 複合体内部の発火を想定した場合の設計</p> <p>複合体は、短絡又は地絡に起因する過電流により複合体内部の非燃焼ケーブルが発火した火災に対して、酸素量を抑制するために以下の(イ)に示す複合体内部を閉鎖空間とする措置を講じるとともに、複合体外部への延焼を抑制するために以下の(ロ)に示す複合体外部への火災の噴出を防止する措置を講じることにより、燃焼ケーブルを使用した場合と同等以上の燃焼性能が確保できる設計とする。</p> <p>また、複合体は、複合体内部ケーブルの耐延焼性を確認する実証試験によって過電流が継続しな</p>

補足説明資料 5-26
複合体による影響の確認

1. 目的

本資料は、火災防護に関する説明書 別添 1 の 6 項にて示した複合体の影響の詳細を示すために、補足資料として添付するものである。

2. 内容

複合体を形成することによる影響の確認結果の詳細を次頁以降に示す。

補-5-26-2

3. 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。

3.1 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。

3.1.1 電流低減率試験

(1) 目的

防火シートで複合体を形成することによる放熱性の低下が、ケーブルの通電機能に対し影響がないことを確認する。

(2) 供試体

IEEE 848-1996 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。また、敷設するケーブルは、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。

(3) 試験方法

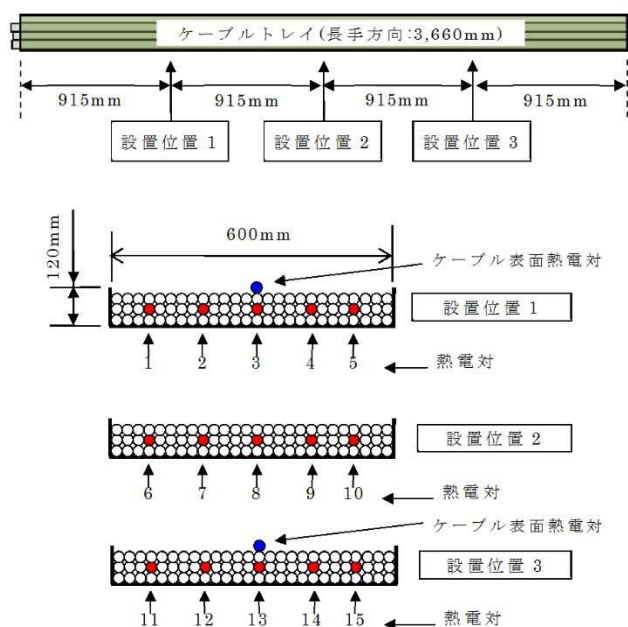
IEEE 848-1996 に準じて試験を実施し、防火シートの施工前後におけるケーブルの電流低減率を求める。ケーブルに電流を通電し、第1図に示す設置位置2の熱電対の温度が $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、設置位置1、3の熱電対温度の平均温度が設置位置2の温度 $\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ になるように電流を調整し、導体温度が安定した3時間の温度を測定する。

(4) 試験結果

試験結果のまとめを第2表に示す。また、試験結果の詳細を第3表に示す。

第 1 表 供試体の仕様

試験供試体		備考
試験規格	I E E E 8 4 8 - 1996	
ケーブル仕様	外径 17.5 mm	
トレイ形状	幅 600 mm, 高さ 120 mm, 長さ 3660 mm	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	



第 1 図 熱電対設置位置

補-5-26-4

第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	約 14

注：通電電流は基準周囲温度に補正後の値を示す。

第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	28.68	23.34
周囲温度平均値 (℃)	18.13	40.00	16.42	40.00
導体(6~10)最大温度(℃)	92.31	90.00	92.51	90.00
導体(6~10)平均温度(℃)	89.77		89.99	
導体(1~5)平均温度(℃)	87.96		86.00	
導体(11~15)平均温度(℃)	87.30		85.84	
ケーブル表面平均温度(℃)	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。

(5) 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、機器の定格電流が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表に示す。

第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	約 34

その結果、ケーブルの設計裕度約 34% に対し、防火シートによる電流低減率は約 14 % 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。

3.2 絶縁機能

3.2.1 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) 試験結果

試験結果を第5表にまとめる。

第5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	8.98×10^6	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

(3) 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。

3.2.2 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) 試験結果

試験結果を第6表にまとめる。

第6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

(3) 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。