

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	火防 01 2-6 R4
提出年月日	令和 5 年 2 月 17 日

設工認に係る補足説明資料

【火災防護に関する補足説明資料】

難燃ケーブルの使用について

1. 文章中の下線部は、R 3 から R 4 への変更箇所を示す。
2. 本資料(R 4)は、再処理施設の第 2 回設工認申請を踏まえ、記載内容を適正化したものである。具体的な修正箇所を以下に示す。
 - ・ 第 2 回申請対象設備に使用されるケーブルについての記載を拡充。

目 次

1. 概要	1
2. 設計方針	1
3. 結果	1

別添1 製造中止品における自己消火性の証明

別添2 「電気学会技術報告（Ⅱ部）第139号」に基づく垂直トレイ燃焼試験の取扱い

1. 概要

本資料は、再処理施設の第1回設工認申請及び第2回設工認申請のうち、以下の添付書類に示す火災防護対策を補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「Ⅲ-1-1 火災等による損傷の防止に関する説明書 4.3 不燃性材料又は難燃性材料の使用」

本資料は、上記添付書類に示す再処理施設の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が、難燃性能を有するケーブルであることを確認した結果を説明するものである。

2. 設計方針

火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設は可能な限り不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計としているが、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、燃焼試験により自己消火性及び耐延焼性を確認した難燃ケーブルを使用する必要がある。

したがって、再処理施設及び MOX 燃料加工施設の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が火災により着火し難く、著しい燃焼をせず、また、加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質を有していることについて、自己消火性を確認する UL 1581 (Fourth Edition) 1080, VW-1 垂直燃焼試験及び延焼性を確認する IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験又は IEEE 1202-1991 垂直トレイ燃焼試験による実証試験にて確認する。

ただし、試験用ケーブルが製造中止の理由から入手不可能なケーブルについては、IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験及び ICEA 垂直燃焼試験を合格する試験記録がある場合、シースの材料及び厚さが同じ他種ケーブルの UL 1581 (Fourth Edition) 1080, VW-1 垂直燃焼試験にて自己消火性を確認する。詳細評価については別添1に示す。

また、延焼性を確認する実証試験として、「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方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」に基づく垂直トレイ燃焼試験は、IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験に基づくものであることから、IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験と同等として取り扱うものとする。別添2に両試験条件の比較を示す。

なお、自己消火性及び耐延焼性を示すことができない非難燃ケーブルについては、難燃ケーブルを使用した場合と同等以上の難燃性能があることを実証試験により確認した上で使用する設計とするか、金属製の筐体等に収納、延焼防止材により保護、専用の電線管に敷設等の措置を講ずることとする。

3. 結果

再処理施設及び MOX 燃料加工施設における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について、以下の別紙にて詳細を示す。

- ・別紙1に再処理施設で使用する難燃ケーブルの実証試験結果を示す。

- ・別紙 2 に MOX 燃料加工施設で使用する難燃ケーブルについて示す。(詳細は、対象設備を申請する回次で示す。)

別添 1

【製造中止品における自己消火性の証明】

目 次

1. はじめに	1
2. ICEA 垂直燃焼試験と UL 垂直燃焼試験の比較	1
3. No. 23 同軸ケーブルと同じケーブルシースを有しているケーブルの仕様	3
4. UL 垂直燃焼試験結果の評価	3
5. 代替ケーブルの UL 垂直燃焼試験の確認結果	3
5.1 接炎による損傷がシースに留まり絶縁体が損傷していないか	3
5.2 落下物によって下に設置した綿が燃焼していないか	4

1. はじめに

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のうち、製造中止の理由から現在入手することができない別紙 1-1 自己消火性の実証試験結果に示す No. 23 の同軸ケーブルは、建設時の型式試験において、別紙 1-2 に示す第 1 表のとおり、延焼性を有することを確認している。

また、建設時の型式試験として、ICEA 垂直燃焼試験を実施し、自己消火性を確認している。

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、「火災防護審査基準」という。）では、ケーブルの難燃性として、「火災により着火し難く、著しい燃焼をせず、また、加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質」を有していることを延焼性及び自己消火性の実証試験により示されていることが要求されており、自己消火性の実証試験として、UL 垂直燃焼試験が示されている。

UL 垂直燃焼試験を実施していないケーブルについては、火災防護審査基準に適合していることを実証するために同一品の調達、UL 垂直燃焼試験を実施し、試験に合格することをもって、自己消火性を有していることを証明することが望ましいが、上述の No. 23 同軸ケーブルは製造中止の理由から現在入手することができないため、UL 垂直燃焼試験を実施することができない。

このため、No. 23 同軸ケーブルについては、建設時に実施した ICEA 垂直燃焼試験の結果、並びに No. 23 同軸ケーブルと同じ材料のケーブルシースを有している他のケーブルの UL 垂直燃焼試験の結果を用いて、火災防護審査基準で要求されている自己消火性を有していることを評価した結果を以下に示す。

2. ICEA 垂直燃焼試験と UL 垂直燃焼試験の比較

No. 23 同軸ケーブルは、ICEA 垂直燃焼試験を実施し合格している。ICEA 垂直燃焼試験と UL 垂直燃焼試験は、共にケーブルの自己消火性を試験するものであり、第 1 表の試験概要に示すとおり、試験内容、燃焼源、バーナ熱量等の試験条件は同等である。

しかし、試料及び判定基準には、以下に示す相違点がある。

(a) ICEA 垂直燃焼試験は、試料からケーブルシースを取り除き、絶縁体がむき出しの状態を実施している。

(b) ICEA 垂直燃焼試験は、UL 垂直燃焼試験で判定基準とされている試料の下に設置する綿の燃焼を規定していない。

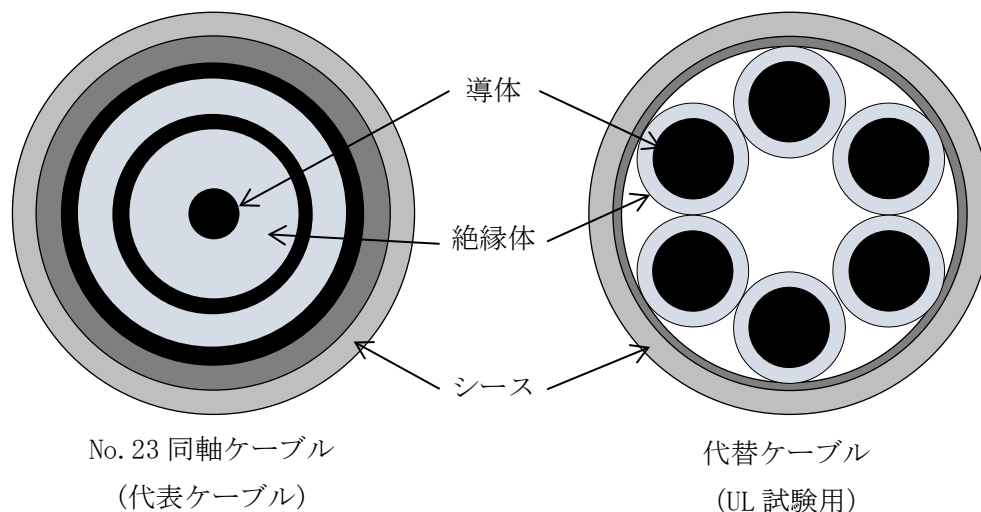
上述の相違点 (a) は、ケーブルのシースを取り除き、直接絶縁体にバーナの炎をあてることから、絶縁体のみで自己消火性を確保しなければならないため、シースにバーナの炎をあて、シースと絶縁体で自己消火性を確保できる UL 垂直燃焼試験に比べ、より厳しい試験条件である。

第1表 ICEA 垂直燃焼試験の概要 (UL1581 垂直燃焼試験との比較)

試験名	UL1581 垂直燃焼試験	ICEA 垂直燃焼試験
試験装置概要		
試験内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試料を垂直に保持し、20度の角度でバーナの炎をあてる。 ・ 15秒着火、15秒休止を5回繰り返し試料の燃焼の程度を調べる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ケーブルのシースを取り除き、絶縁体にて自己消火性を確認する。 ・ 試料を垂直に保持し、20度の角度でバーナの炎をあてる。 ・ 15秒着火、15秒休止を5回繰り返し試料の燃焼の程度を調べる。
燃焼源	<ul style="list-style-type: none"> ・ チリルバーナ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ チリルバーナ
バーナ熱量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2.13MJ/h 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2.13MJ/h
使用燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工業用メタンガス 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工業用メタンガス
判定基準	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残炎による燃焼が60秒を超えない。 ・ 表示旗が25%以上焼損しない。 ・ 落下物によって試料の下に設置した綿が燃焼しない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残炎による燃焼が60秒を超えない。 ・ 表示旗が25%以上焼損しない。

3. No. 23 同軸ケーブルと同じケーブルシースを有しているケーブルの仕様

No. 23 同軸ケーブルと同じ材料のケーブルシースを有している他のケーブルとして、シースの材料と厚さが同じケーブルを選定することとし、以下に示す代替ケーブルを選定した。第 1 図に No. 23 同軸ケーブルと代替ケーブルの構造を示す。また、第 2 表に No. 23 同軸ケーブルと同じケーブルシースである代替ケーブルの仕様を示す。



第 1 図 No. 23 同軸ケーブルと代替ケーブルの構造

第 2 表 ケーブルシースの仕様比較

	No. 23 同軸ケーブル	代替ケーブル	評価
シース材料	難燃低塩酸ビニル	難燃低塩酸ビニル	同等
シース厚さ (mm)	2.0mm	2.0mm	同等

4. UL 垂直燃焼試験結果の評価

第 1 図及び第 2 表より、No. 23 同軸ケーブルと代替ケーブルは、双方とも導体と絶縁体を難燃低塩酸ビニルのシースで保護している。このため、No. 23 同軸ケーブルと代替ケーブルの UL 垂直燃焼試験では、接炎による損傷がシースに留まり絶縁体が損傷していなければ、No. 23 同軸ケーブルと代替ケーブルの構造の違いが、試験結果に影響することはない。

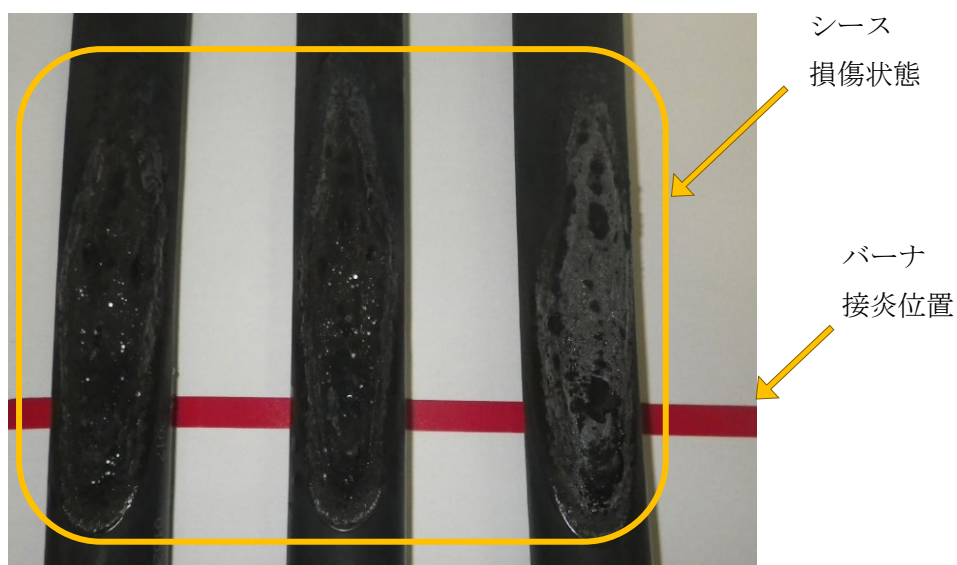
これらを踏まえ、代替ケーブルの UL 垂直燃焼試験結果について、以下の項目について確認を実施し、No. 23 同軸ケーブルの UL 垂直燃焼試験への適合性を評価する。

- (a) 接炎による損傷がシースに留まり絶縁体が損傷していないか。
- (b) 落下物によって試料の下に設置した綿が燃焼していないか。

5. 代替ケーブルの UL 垂直燃焼試験の確認結果

5.1 接炎による損傷がシースに留まり絶縁体の損傷確認 (4. (a) 項に係る評価)

代替ケーブルの UL 垂直燃焼試験後の状態を確認した結果、接炎による損傷はシースの表面のみであり、絶縁体が損傷していないことを確認した (第2図)。



第2図 制御ケーブルの UL 垂直燃焼試験後の状態

5.2 落下物による綿の燃焼確認 (4. (b) 項に係る評価)

第3表に示したとおり、代替ケーブルの UL 垂直燃焼試験結果において、試料の下に設置した綿が燃焼していないことを確認した。

第3表 自己消火性の実証試験結果 (UL 垂直燃焼試験結果)

区分	絶縁体	シース	UL 垂直燃焼試験			
			最大残炎時間 (秒)	表示旗の損傷 (%)	綿の損傷	合否
代替ケーブル	ビニル	難燃低塩酸ビニル	0	0	無	合格

以上より、代替ケーブルの UL 垂直燃焼試験では、バーナの炎による燃焼はシースのみで留まり、絶縁体に損傷を及ぼしていないこと、UL 垂直燃焼試験の判定基準である落下物により試料の下に設置した綿が燃焼していないこと及び No. 23 同軸ケーブルは UL 垂直燃焼試験より厳しい条件である ICEA 垂直燃焼試験に合格していることを総合的に評価し、No. 23 同軸ケーブルは UL 垂直燃焼試験と同等の自己消火性を有していると判断できる。

別添 2

「電気学会技術報告(Ⅱ部)第 139 号」に基づく垂直
トレイ燃焼試験の取扱い

目 次

1. はじめに.....1
2. 電気学会技術報告に基づく垂直トレイ燃焼試験の位置付けについて.....1
3. 試験方法及び試験条件について.....1

1. はじめに

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の延焼性を確認する実証試験として、基本は IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験を実施することとしているが、「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方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」(以下「電気学会技術報告」という。)に基づく垂直トレイ燃焼試験については、IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験と同等として取り扱うものとしている。

本取扱いの妥当性について以下に示す。

2. 電気学会技術報告に基づく垂直トレイ燃焼試験の位置付けについて

電気学会技術報告に基づく垂直トレイ燃焼試験は、下記のとおり、米国基準である IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験を基礎として、耐延焼性を証明する国内の規格として、条件を明確に規定することを目的として提案されたものである。

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方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案(抜粋)

3. 原子力発電用電線・ケーブルの耐延焼性試験方法に関する推奨案

まえがき

我が国において原子力発電用電線・ケーブルの耐延焼性に関する規格は現在のところ無く、今後の指針のために本推奨案をまとめた。

(中略)

IEEE Std. 383 を基礎として、トレイの寸法・形状、燃焼熱量と火災温度など、我が国の規格として現状で最適と考えられる条件を明確に規定して本推奨案を作成した。

3. 試験方法及び試験条件について

電気学会技術報告に基づく垂直トレイ燃焼試験について、試験方法や主要な試験条件は下記のとおりとなる。

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方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案(抜粋)

3. 原子力発電用電線・ケーブルの耐延焼性試験方法に関する推奨案

3.4 試験装置

3.4.1 垂直トレイ

垂直トレイは 3.1 図に示すような、高さ約 2,400mm、幅約 300mm、奥行き約 75mm の金属製ラダー型オープントレイとし、試験室内に垂直に設置する。

3.4.2 燃焼源

(1) バーナ

バーナは America Gas Furnace Co. (A. G. F.) 製のリボンガスバーナ (型録 No. 10L11-55) またはこれと同等以上のものとする。

(2) 燃焼ガス

燃焼ガスは主組成成分であるプロパンとプロピレンの配合量が 95% (モル%) 以上の液化油ガス (LP ガス) とする。

(5) バーナの設置位置

バーナはトレイの底部から約 600mm の高さでトレイの幅方向の中央部に、ケーブル表面とバーナ口の間隔が約 75mm となるように水平に設置する。

3.5 ケーブルの取付

ケーブルは約 2.4m に切断し、垂直トレイ全長にわたって布設する。ケーブル本数は、ケーブルを外形の 1 / 2 の間隔をあけてトレイの中央部に一層に配列し、その幅が 150mm 以上となる本数とする。

3.6 燃焼試験方法

バーナの火炎を所定の条件に調節した後、ケーブルの所定の位置にあて、20 分間燃焼を続ける。規定時間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。

(中略)

損傷とは、炭化、灰化、溶融、火ぶくれを含むこととする。

3.7 判定

3 回の試験のいずれにおいても、ケーブルはバーナ消火後自己消火し、かつケーブルのシースおよび絶縁体の最大損傷長が 1,800mm 未満である場合には、そのケーブルは合格とする。

解説

(3.3 燃焼試験室)

燃焼試験の再現性を保つためには、安定した火源と試験室への適度の換気が必要である。

(中略)

試験室の大きさが過小の場合、これらの条件が満たされにくくなるので、適切な大きさを確保すると共に、吸排気系の設定にも十分考慮を払う必要がある。

なお、換気の方法として自然、強制の二つがあるが、上記を満足するならばいずれでもよい。

(3.4.2 燃焼源)

(4) 火炎の調節

ガス流量は、Regulatory Guide 1.131 で規定されているとおり、燃焼熱量が 70,000BTU (約 17,500kcal) /時以上となるように、13L/分 (20℃換算) 以上と規定した。

(中略)

空気の流量は炎の長さに影響し、ひいては試料の延焼の度合いにも影響するが、ここでは、規定のバーナを使用したときケーブルにとって最も過酷となる空気量、すなわちガス流量の約 5 倍を規定した。この条件での火炎の長さは約 400mm、火炎の中央温度は 840℃以上となる。

また、上記電気学会技術報告に基づく垂直トレイ燃焼試験の試験方法及び試験条件をまとめたものを第 1 表に示す。IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験との比較結果から、両試験を同等と取り扱うことは妥当である。

第 1 表 IEEE383-1974 垂直トレイ燃焼試験と電気学会技術報告に基づく
垂直トレイ燃焼試験の比較 (1/2)

	IEEE383-1974	電気学会技術報告	評価
試験概要	20 分間燃焼させ、垂直ケーブルトレイのケーブル火炎伝播傾向を確認する。自然に燃焼が停止したとき試験終了。	20 分間燃焼させ、垂直ケーブルトレイのケーブル火炎伝播傾向を確認する。自然に燃焼が停止したとき試験終了。	条件に差異無し。
換気方法	自然換気	燃焼の助長、炎が不安定にならないようであれば自然または強制換気問わない。	強制換気としても、助燃効果が促進させると考えられるため、保守的である。
ケーブルトレイサイズ	W12in×D3in×L8ft (約 W305×D76×L2438 mm)	約 W300×D75×L2400 mm	ケーブルトレイサイズの差異は誤差の範囲である。 <u>判定基準</u> はバーナ位置からの損傷長であり、トレイサイズが試験結果に影響を及ぼすことはない。
バーナ	リボンガスバーナ	リボンガスバーナ	条件に差異無し。
バーナ角度	水平	水平	条件に差異無し。
バーナ位置	トレイ下端から 2ft (約 610mm)	トレイ下端から 600mm	条件に差異無し。 (単位換算の範囲)

第1表 IEEE383-1974 垂直トレイ燃焼試験と電気学会技術報告に基づく
垂直トレイ燃焼試験の比較 (2/2)

	IEEE383-1974	電気学会技術報告	評価
バーナとケーブル間	3in (約 76mm)	75mm	条件に差異無し。 (単位換算の範囲)
ガス	プロパン (炎温度 815°C) 市販ガス (炎温度 815°C)	LP ガス (炎温度 840°C)	日本における入手の容易性と燃焼量や炎の状態を一定に保てることから LP ガスを用いるもの。 温度においては、LP ガスの方が高く、保守的である。
試験回数	3 回	3 回	同等。
試験片	ケーブルの外径の半分の間隔をあけて 1 層に配列	長さは 2.4m。ケーブルの本数は、ケーブルの外径の半分の間隔をあけて 1 層に配列	配列は同等。長さについて、IEEE383 では規定はないがトレイの長さが約 2.4m のため同等。
ガス流量	(動圧力) プロパン 2.6±0.3 cmAq 市販ガス 0.9±0.1 cmAq	13L/分以上	IEEE383 では流量を直接規定せずに、ガス及び空気の動圧力の目安を定めているが、燃焼熱量は何れも 70,000BTU/h*以上であることから同等である。
空気流量	(動圧力) プロパン 4.3±0.5 cmAq 市販ガス 5.6±0.5 cmAq	ガス流量の 5 倍	
損傷の評価	シースの炭化距離、絶縁の損傷距離を評価	シース、絶縁体の損傷距離 (炭化、灰化、熔融、火ぶくれを含む) を評価	電気学会報告では判定基準を明確に示しており、非安全側となることはない。
損傷の補足	バーナ除去後も燃え続ける場合、消えるまで待つ。	ケーブルが自然に燃焼を停止するかを確認する。	条件に差異無し。
判定	自己消火し、最大損傷長が全高 (約 1800mm) 未満であること。	自己消火し、最大損傷長 1800mm 未満であること。	条件に差異無し。

※ Regulatory Guide 1.131 で規定する値。

別紙

2-6 【難燃ケーブルの使用について】

資料No.	別紙		提出日	Rev	備考
	名称				
別紙-1	再処理施設で使用する難燃ケーブルの実証試験結果		R5.2.17	4	
別紙-1-1	自己消火性の実証試験結果(UL垂直燃焼試験及びICEA垂直燃焼試験)		R5.2.17	4	
別紙-1-2	延焼性の実証試験結果(IEEE 383-1974及び電気学会技術報告の試験及びIEEE 1202-1991)		R5.2.17	4	
別紙-1-3	非難燃ケーブルへの措置方法		R5.2.17	0	
別紙-2	MOX燃料加工施設で使用する難燃ケーブルについて		—	—	対象設備を申請する回次で詳細を示す。

別紙-1

再処理施設で使用する難燃ケーブルの実証試験結果

別紙-1-1

自己消火性の実証試験結果

(UL 垂直燃焼試験及び ICEA 垂直燃焼試験)

第1表 自己消火性の実証試験結果 (UL 垂直燃焼試験)

区分	No.	絶縁体	シース	UL 垂直燃焼試験				試験日
				最大 残炎 時間 (秒)	表示 旗の 損傷 (%)	綿の 損傷	合格	
高圧電力 ケーブル	1	架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル	0	0	無	合格	2014. 8. 29
低圧動力 ケーブル	2	難燃エチレン プロピレンゴム	難燃低塩酸 ビニル	5	0	無	合格	2019. 6. 5
	3	ビニル	難燃低塩酸 ビニル	6	0	無	合格	2019. 3. 12
	4	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 耐熱ビニル	1	0	無	合格	2014. 5. 15
	5	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	1	0	無	合格	2014. 5. 15
	6	架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル	2	0	無	合格	2014. 9. 26
	7	難燃架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル	3	0	無	合格	2014. 5. 27
	制御 ケーブル	8	ビニル (難燃性ビニル)	難燃低塩酸 ビニル (難燃低塩酸 耐熱ビニル)	7	0	無	合格
9		特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	5	0	無	合格	2019. 8. 5
10		架橋ポリエチレン	難燃ノンハロゲン 黒色ポリエチレン	15	0	無	合格	2019. 4. 24
11		架橋ポリエチレン	高難燃 ポリエチレン	2	0	無	合格	2019. 4. 19
12		ETFE ^{※1}	難燃ビニル	5	0	無	合格	2019. 3. 12
計装 ケーブル	13	ビニル	難燃低塩酸 ビニル	10	0	無	合格	2014. 7. 29
	14	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	6	0	無	合格	2019. 5. 30
	15	絶縁用 ポリエチレン	耐熱ビニル	0	0	無	合格	2019. 3. 26
	16	難燃エチレン プロピレンゴム	難燃低塩酸 ビニル	4	0	無	合格	2019. 6. 6
計装 ケーブル	17	ガラスウール編組	ガラスウール編組	13	0	無	合格	2019. 2. 1

区分	No.	絶縁体	シース	UL 垂直燃焼試験				試験日
				最大 残炎 時間 (秒)	表示 旗の 損傷 (%)	綿の 損傷	合否	
通信 ケーブル	18	ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル	3	0	無	合格	2019. 2. 27
複合 ケーブル	19	難燃架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル	7	0	無	合格	2017. 6. 26
	20	架橋 ポリエチレン, 特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	2	0	無	合格	2019. 3. 26
	21	架橋 ポリエチレン, 特殊耐熱ビニル, ETFE ^{※1}	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	3	0	無	合格	2019. 3. 27
同軸 ケーブル	22	架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 耐熱ビニル	1	0	無	合格	2014. 7. 15
	23	耐放射線性架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル, 難燃架橋 ポリエチレン	— ^{※3}	— ^{※3}	— ^{※3}	— ^{※3}	— ^{※3}
	24	耐放射線性架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル	0	0	無	合格	2019. 8. 5
	25	耐放射線性 架橋発泡 ポリエチレン	ノンハロゲン 難燃性架橋 ポリエチレン	0	0	無	合格	2013. 7. 18
光 ファイバ ケーブル	26	プラスチック テープ ^{※2}	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	1	0	無	合格	2014. 6. 19
	27	難燃性テープ ^{※2}	難燃低塩酸 ビニル	3	0	無	合格	2014. 8. 29
	28	プラスチック テープ ^{※2}	難燃低塩酸 (耐熱) 塩酸 ビニル	1	0	無	合格	2014. 6. 19
	29	プラスチック/ 不織布テープ ^{※2}	難燃アルミ ラミネート シース	1	0	無	合格	2019. 5. 29
燃焼度 計測装置 ケーブル	30	ポリエチレン	ポリ塩化ビニル	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}
	31	ポリエチレン コルデル + ポリエチレン パイプ	ポリ塩化ビニル	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}
	32	ビニル混合物	ビニル混合物	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}	— ^{※4}

※1 四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂。

※2 光ファイバケーブルには絶縁体がないため、シースの次層となる押え巻き材を記載。

※3 製造中止ケーブルのため、当該品の UL 1581 (Fourth Edition) 1080. VW-1 垂直燃焼試験の記録なし。当該品の ICEA 垂直燃焼試験及び、シースの材料及び厚さが同じ他種ケーブルの UL 1581 (Fourth Edition) 1080. VW-1 垂直燃焼試験にて自己消火性を確認する。

※4 燃焼度計測装置ケーブルは、機器の性能上非難燃ケーブルを使用するため、設備対応により難燃ケーブルと同等以上の性能であることを別紙 1-3 に示す。

第 2 表 自己消火性の実証試験結果 (ICEA 垂直燃焼試験)

区分	No.	絶縁体	シース	ICEA 垂直燃焼試験				試験日
				最大 残炎 時間 (秒)	表示 旗の 損傷 (%)	綿の 損傷	合否	
同軸 ケーブル	23	耐放射線性架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル, 難燃架橋 ポリエチレン	1	0	/	合格	1982. 4. 16 1982. 5. 24

別紙-1-2

延焼性の実証試験結果

(IEEE 383-1974, 電気学会技術報告の試験

及び IEEE 1202-1991)

第1表 延焼性の実証試験結果 (IEEE 383-1974^{※1} 及び電気学会技術報告の試験^{※2})

区分	No.	試験の種類		絶縁体	シース	延焼性試験		試験日
		IEEE 383 ※1	電気学会 ※2			シース 損傷距離 (mm)	合格	
高圧電力 ケーブル	1	—	○	架橋ポリエチレン	難燃低塩酸 ビニル	740	合格	1988. 3. 3
低圧動力 ケーブル	2	○	—	難燃エチレン プロピレンゴム	難燃低塩酸 ビニル	940	合格	2019. 6. 6
	3	○	—	ビニル	難燃低塩酸 ビニル	850	合格	2019. 3. 4 2019. 3. 11
	4	○	—	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 耐熱ビニル	970	合格	2019. 3. 12
低圧動力 ケーブル	5	○	—	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	970	合格	2019. 3. 12
	6	○	—	架橋ポリエチレン	難燃低塩酸ビニル	1360	合格	2014. 8. 29
低圧動力 ケーブル	7	○	—	難燃架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸ビニル	1070	合格	2019. 2. 28 2019. 3. 11
制御 ケーブル	8	○	—	ビニル (難燃性ビニル)	難燃低塩酸ビニル (難燃低塩酸 耐熱ビニル)	790	合格	2019. 3. 1 2019. 3. 13
	9	○	—	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	980	合格	2019. 7. 16
制御 ケーブル	10	○	—	架橋ポリエチレン	難燃ノンハロゲン黒 色ポリエチレン	1710	合格	2019. 4. 24
	11	○	—	架橋ポリエチレン	高難燃 ポリエチレン	1590	合格	2019. 4. 19
	12	○	—	ETFE ^{※3}	難燃ビニル	760	合格	2019. 2. 28 2019. 3. 11
計装 ケーブル	13	○	—	ビニル	難燃低塩酸ビニル	770	合格	2014. 9. 5
	14	○	—	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	950	合格	2019. 5. 30
	15	○	—	絶縁用 ポリエチレン	耐熱ビニル	930	合格	2019. 3. 28
	16	○	—	難燃エチレン プロピレンゴム	難燃低塩酸ビニル	1100	合格	2019. 6. 6
	17	○	—	ガラスウール編組	ガラスウール編組	470	合格	2019. 2. 1

区分	No.	試験の種類		絶縁体	シース	延焼性試験		試験日
		IEEE 383 ※1	電気学会 ※2			シース 損傷距離 (mm)	合格	
通信ケーブル	18	○	—	ポリエチレン	難燃低塩酸ビニル	1040	合格	2019. 3. 12
複合ケーブル	19	○	—	難燃架橋ポリエチレン	難燃低塩酸ビニル	1110	合格	2017. 6. 26
	20	○	—	架橋ポリエチレン, 特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	1060	合格	2019. 3. 27
	21	○	—	架橋ポリエチレン, 特殊耐熱ビニル, ETFE※3	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	860	合格	2019. 3. 27
同軸ケーブル	22	○	—	架橋ポリエチレン	難燃低塩酸耐熱ビニル	1140	合格	2019. 3. 12
	23	—	○	耐放射線性架橋ポリエチレン	難燃低塩酸ビニル, 難燃架橋ポリエチレン	1030	合格	1996. 4. 16 1996. 4. 17
同軸ケーブル	24	○	—	耐放射線性架橋ポリエチレン	難燃低塩酸ビニル	1240	合格	2019. 7. 17 2019. 8. 8
	25	○	—	耐放射線性架橋発泡ポリエチレン	ノンハロゲン難燃性架橋ポリエチレン	1300	合格	2002. 9. 11
燃焼度計測装置ケーブル	30	—	—	ポリエチレン	ポリ塩化ビニル	—※4	—※4	—※4
	31	—	—	ポリエチレン コルデル + ポリエチレンパイプ	ポリ塩化ビニル	—※4	—※4	—※4
	32	—	—	ポリ塩化ビニル	ポリ塩化ビニル	—※4	—※4	—※4

※1 IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験

※2 「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方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」に基づく垂直トレイ燃焼試験

※3 四フッ化エチレン・エチレン共重合樹脂

※4 燃焼度計測装置ケーブルは、機器の性能上非難燃ケーブルを使用するため、設備対応により難燃ケーブルと同等以上の性能であることを別紙1-3に示す。

第2表 延焼性の実証試験結果 (IEEE 1202-1991)

区分	No.	絶縁体	シース	延焼性試験		試験日
				シース 損傷距離 (mm)	合格	
光ファイバ ケーブル	26	プラスチック テープ※	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	1040	合格	2014. 6. 19
	27	難燃性テープ※	難燃低塩酸ビニル	940	合格	2014. 9. 10
	28	プラスチック テープ※	難燃低塩酸 (耐熱) 塩酸 ビニル	960	合格	2014. 6. 19
	29	プラスチック/不織布 テープ※	難燃アルミ ラミネートシース	1180	合格	2019. 5. 29

※ 光ファイバケーブルには絶縁体がないため、シースの次層となる押え巻き材を記載

別紙-1-3

非難燃ケーブルへの措置方法

1. はじめに

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使用するケーブルのうち、機器等の性能上の理由から延焼性及び自己消火性が確認できないケーブルをやむを得ず使用する場合には、下記のとおり設計方針としている。

5.2.3 不燃性材料又は難燃性材料の使用

機器等の性能上の理由から実証試験により延焼性及び自己消火性が確認できないケーブルをやむを得ず使用する場合には、金属製の筐体等に収納、延焼防止材により保護又は専用の電線管に敷設等の措置を講じた上で、難燃ケーブルを使用した場合と同等以上の難燃性能があることを実証試験により確認し、使用する設計とすることで、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及び爆発が発生することを防止する設計とする

火災防護上重要な機器等に該当する燃焼度計測装置のうち Ge 検出器に係るケーブルは、放射線計測に使用される微弱な信号を伝送するために Ge 検出器専用ケーブルを用いる必要がある。しかし、そのケーブルの性能上、火災防護審査基準において求められる延焼性及び自己消火性について試験により確認することが困難である。

したがって、やむを得ず非難燃性ケーブルを使用する必要があることから、専用の電線管に敷設等の措置を講じた上で、難燃ケーブルを使用した場合と同等以上の難燃性能を有していることを、以下に示す。

2. 難燃化方法

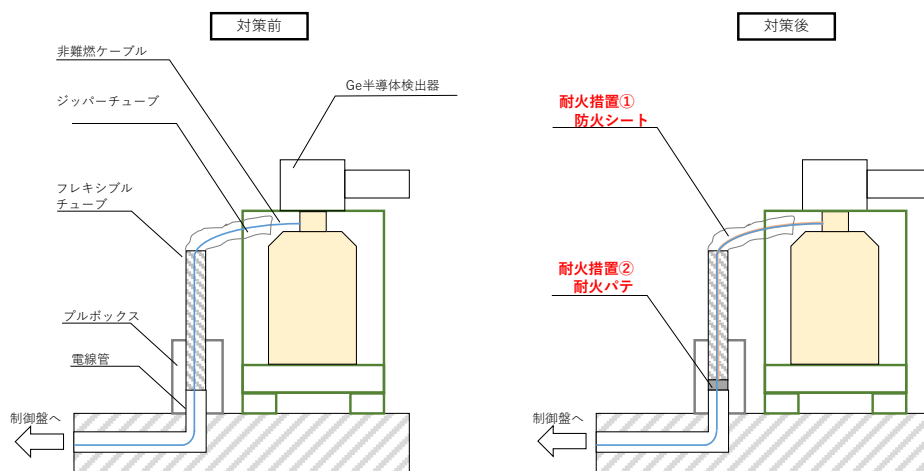
燃焼度計測装置に係るケーブルのうち非難燃性ケーブルを使用する Ge 検出器専用ケーブルは、難燃ケーブルを使用した場合と同等以上の難燃性能を有するよう、以下の対策を講ずるものとする（第 1 図参照）。本対策を講じたうえで、難燃ケーブルを使用した場合と同等以上の難燃性能があることについて、3 項に示す実証試験により確認を実施した。

耐火措置①

Ge 半導体検出器から Ge 半導体検出器近傍の埋設電線管までの間を防火シート（ガラスクロス面に難燃化ゴムをコーティング）で被覆する。固定は結束用ベルト（シリコンコートガラスクロス性ベルト（鋼製バックル））により行う。防火シート等の仕様を第 1 表に示す。

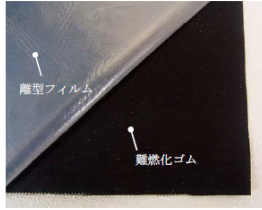
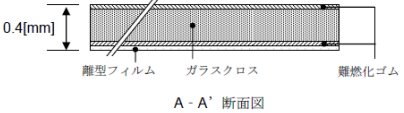

耐火措置②

埋設電線管の範囲については、電線管端部に 3 時間耐火試験においてケーブルの延焼が認められないことを確認した耐火パテ（DF パテ N）を施工する。耐火パテの仕様を第 2 表に示す。




第 1 図. 非難燃ケーブルに対する耐火措置の概要

第1表 防火シート及び結束用ベルトの仕様

項目	内容	外観	
防火シート	製品名	a. プロテコ®シート-P2・eco b. 結束用ベルト (KT-19)	 <p>外観</p>  <p>A-A' 断面図</p> <p>防火シート</p>  <p>結束用ベルト</p>
	成分	a. ガラスクロス+難燃化ゴム (両面貼り) b. シリコンバレーコートガラスクロス+鋼	
	厚さ	0.4mm (シート) , 0.37 mm (ベルト)	
	性能	<p>①延焼防止性</p> <p>IEEE std383-1974 準拠「垂直トレイ試験」(815°C加熱×20min) に合格。</p> <p>②環境対応</p> <p>燃焼時のハロゲン化水素発生量は 5mg/g 以下、腐食性ガス等の発生はほとんどなし。燃焼時の発煙量も低減</p> <p>③劣化対応</p> <p>優れた防カビ性を有しており、洞道内など、カビが発生しやすい場所にも適している。また、耐水性、耐油性、耐薬品性などの劣化にも対応。</p>	

第2表 耐火パテの仕様

項目	内容	外観
製品名	DF パテ N	
成分	難燃材, 有機質バインダー 無機質充填剤, 難燃性補強繊維 他	
比重	1.8	
酸素指数	65%以上	
耐水, 耐薬品性 など	耐水, 耐塩水 良 耐酸, 耐アルカリ性 良	
周囲材料等への 影響	人体への悪影響 無し 金属やケーブル被覆材への影響 無し 貫通ケーブルへの電流容量低減影響 無し	

3. 実証試験

(1) 耐火措置①への検証試験

耐火措置①は非難燃性ケーブルの周りを防火シートにて被覆し、専用の結束バンドで固縛する。

その状態で、難燃ケーブルと同等以上の延焼性及び自己消火性を有することについて、難燃ケーブルと同様に IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験により延焼性を、UL 1581 (Fourth Edition) 1080. VW-1 垂直燃焼試験により自己消火性を確認する。試験方法及び判定基準については、添付書類「Ⅲ-1-1 火災等による損傷の防止に関する説明書 4.3 不燃性材料又は難燃性材料の使用 第4-3表及び第4-4表」と同様である。

試験体の仕様を以下に示す。

【試験体仕様】

ケーブル 1 : $\Phi 5 \times 2$ 本 = 10mm

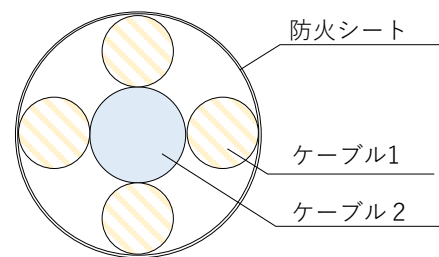
(絶縁体 : ポリエチレン, シース : ポリ塩化ビニル)

ケーブル 2 : $\Phi 6.8 \times 1$ 本 = 6.8mm

(絶縁体 : ポリ塩化ビニル, シース : ポリ塩化ビニル)

防火シート : 0.4mm \times 2 層 \times 2 = 1.6mm

試験体直径 : 18.4mm



第2図 試験体概要 (垂直トレイ燃焼試験)

なお、耐火措置②については、鋼製の電線管の端部に耐火パテ (DF パテ N) を施工しており、当該施工方法は、3 時間耐火試験において耐火性能及びケーブルの延焼がない事が確認されている。

また、電線管内でケーブル火災が発生した場合においても、耐火パテが健全であることから、以下 (2) 項のとおり電線管内の可燃物量と酸素量の関係から燃焼は継続せず、周囲への延焼のおそれはない。

したがって、耐火措置②については耐火措置①と同様の試験は不要である。

(2) ケーブルの燃焼に必要な空気量の確認 (耐火措置②)

a. Ge 検出器専用ケーブルのポリエチレン含有量

Ge 検出器専用ケーブルの構成材料のうち燃焼するのはポリエチレンである。再処理施設に敷設する Ge 検出器専用ケーブルのうち、より少ない空気量でケーブルを燃焼する可能性があるのは、ポリエチレンの含有量が少ないものであり、その単位長さあたりのポリエチレンの含有量は、約 $6.01\text{g/m}^{*1, *2}$ となる。

※1 評価対象ケーブルは「別紙 1-1, 別紙 1-2 No. 30」

※2 ポリエチレンを含む部材は絶縁体であり、下記の体積と密度として算出した。

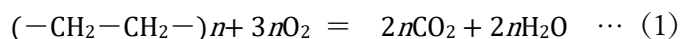
なお、ポリエチレンは保守的に低密度ポリエチレンの密度を用いた。

・絶縁体外径 : 2.9mm

・低密度ポリエチレン密度 : 0.91g/cm^3

b. 燃焼に必要な量

ポリエチレンの燃焼を示す (1) 式より、エチレン 1mol の燃焼には $3n\text{mol}$ の酸素ガスが必要となる。(分子量 : エチレン ; $28n$ (n は重合数), 酸素ガス ; 32)



ポリエチレン 1 g ($1/28n$ mol) に必要な酸素ガス ($3n/28n$ mol) を含む空気の体積は、標準状態 (0°C , 1 気圧) での 1mol の体積 (0.0224m^3) より、常温状態 (40°C , 1 気圧) での体積は 0.0257m^3 となる。(2) 式)

$$\frac{(273+40)}{(273+0)} \times 22.4 = 0.0257[\text{m}^3] \quad \dots (2)$$

1mol の体積 $0.0257\text{m}^3/\text{mol}$ から算出すると、(3) 式のとおり 0.0028m^3 である。

$$\frac{1}{28n} [\text{mol}] \times 3n \times 0.0257 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right] = 0.0028[\text{m}^3] \quad \dots (3)$$

空気中の酸素濃度を 21% とすると、ポリエチレン 1 g に必要な空気量は、(4) 式より 0.0133m^3 となる。

$$0.0028[\text{m}^3] \times \frac{100}{21} = 0.0133[\text{m}^3] \quad \dots (4)$$

単位長さあたりの Ge 検出器専用ケーブルのポリエチレンの質量は、6.01 g であることから、ケーブル 1m の燃焼に必要な空気の体積は (5) 式より約 0.0799m^3 となる。

$$0.0133 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{g}} \right] \times 6.01[\text{g}] = 0.0799[\text{m}^3]/[\text{ケーブル } 1\text{m}] \quad \dots (5)$$

c. 空気量を保有する電線管長さ

Ge 検出器専用ケーブルを敷設する電線管で最も空気量が多い電線管は、厚鋼電線管 G70 で内径 69.6mm である。

この電線管において、 0.0799m^3 の空気を保有する電線管長さは、(6) 式より約 21m となる。

$$\frac{\text{空気量}[\text{m}^3]}{\text{断面積}[\text{m}^2]} = \frac{0.0799[\text{m}^3]}{\frac{(69.6 \times 10^{-3})^2 \times \pi}{4} [\text{m}^2]} = 21[\text{m}]/[\text{ケーブル } 1\text{m}] \quad \dots (6)$$

Ge 検出器専用ケーブルを敷設する電線管の最長敷設距離は約 25m であることから、ケーブルは電線管との関係から、約 1.19m だけ燃焼した後で酸素不足となり、延焼の継続は起こらないと考えられる。

4. 試験結果

耐火措置①について、以下のとおり難燃ケーブルと同等以上の延焼性及び自己消火性を有することについて確認した。


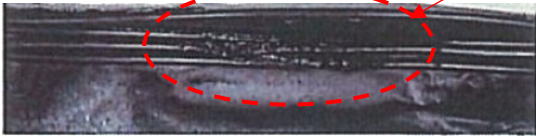




(1) IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験結果

第3表 IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験結果

試験回数	試験後の残炎の有無	防火シートの損傷長 (cm)		ケーブル損傷長※ (cm)			判定損傷長 180cm 以下
		シート炭化	シート灰化	シース溶融	シース炭化	絶縁体炭化	
1	無	92	27	100	71	65	良
2	無	99	30	110	83	76	良
3	無	100	32.5	114	83	77	良

※ケーブル損傷長は試験ケーブル 6 本のうち最大値を記載する。

第4表 IEEE 383-1974 垂直トレイ燃焼試験時の損傷状況

試験回数	試験後の状況		判定
1	全体		良
	損傷部		
2	試験体全体		良
	損傷部		
3	試験体全体		良
	損傷部		

180cm を超える損傷無し(最大 100cm 溶融)

180cm を超える損傷無し(最大 110cm 溶融)




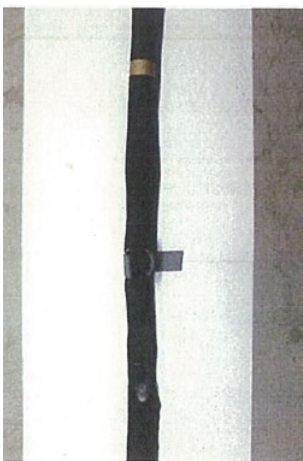
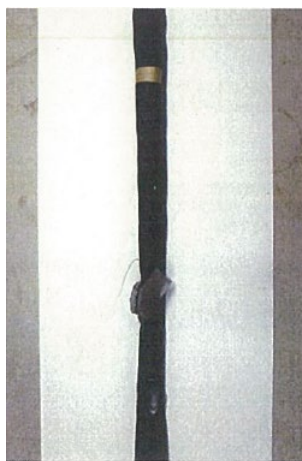

180cm を超える損傷無し(最大 114cm 溶融)

(2) UL 1581(Fourth Edition)1080. VW-1 垂直燃焼試験

第5表 UL 1581(Fourth Edition)1080. VW-1 垂直燃焼試験結果

項目		規格値	試験結果		
			No.1	No.2	No.3
各回接炎後の 残炎時間 (秒) (各回 15 秒)	1 回目	—	0	1	2
	2 回目		0	0	0
	3 回目		0	0	0
	4 回目		0	0	0
	5 回目		0	0	0
試験体最長残炎時間 (秒)		60 以内	0	1	2
表示旗燃焼割合 (%)		25 以内	0	0	0
脱脂綿の着火		無いこと	無	無	無

第6表 UL 1581(Fourth Edition)1080. VW-1 垂直燃焼試験時の損傷状況

	試験回数		
	1	2	3
試験前			
試験後			

別紙-2

MOX 燃料加工施設で使用する難燃ケーブルについて

※ MOX 燃料加工施設における難燃ケーブルについては, 対象設備を申請する回次で示す。