

令和5年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業
(低コスト手法普及拡大に向けた
電線地中化工法の実現可能性等調査)

報告書

令和6年2月

一般社団法人 日本電気協会

目 次

概要	2
1. 調査目的	5
2. 前年度整理された内容	7
3. 事業内容	8
(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査	11
① 高低温環境の影響調査	12
② 紫外線の影響調査	16
③ 雨水・塩分等の影響調査	17
④ その他（草刈機等による外傷の影響調査）	18
(2) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の地絡事故時の影響調査	19
(3) 屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査	20
(4) 管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について	21
(5) 屋外施設する管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様に関する調査	22
(6) 電気設備の技術基準の解釈案の作成	22
4. 事業実施方法	23
5. 調査結果	29
(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査	30
① 高低温環境の影響調査	30
② 紫外線の影響調査	41
③ 雨水・塩分等の影響調査	45
④ その他（草刈機等による外傷の影響調査）	49
(2) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の地絡事故時の影響調査	50
(3) 屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査	52
(4) 管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について	73
(5) 屋外施設する管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様に関する調査	77
(6) 電気設備の技術基準の解釈案の作成	81

概要

- ✓ 前年度は、電技省令第20条に基づき、高圧電線路を地上施設をする上で、感電又は火災のリスク・課題について強度面・火災面から整理されている
- ✓ 昨年度整理したリスク・課題を確認・調査するため以下の試験を実施した

実施した試験



地上施設時の
・ 管路の常規使用温度
・ 管路内部温度
を調査



既存管路等の圧縮強度試験



机上検討

- ・ 倒木、落石等の自然災害のリスク低減方法の検討
- ・ 地上においてさらされる塩害等による腐食の影響を調査
- ・ 一般公衆等に対する表示方法検討

概要

✓ 今年度、既存の管路等に関するリスク・課題に対して、試験等を通じて、整理・確認した結果は下表のとおり

前年度整理された課題と今年度の確認結果

分類	課題	今年度確認結果
強度面 ※1	・ 倒木、落石などの自然災害によるリスクの低減方法について※2	・ 倒木や落石については配線ルートを選定、動物の接触については側面から動物が衝突しないよう、高さを設けない施設方法によりリスクの低減ができると整理。ケーブルの食害については、現状設備における被害件数が僅少であることや管路内に施設することから地中や架空と比較してリスクの上昇は考えにくいと整理
	・ 草刈機接触の影響について	・ 草刈り機の接触により、穴（貫通）が開く管路、穴が開かない管路等を確認した。草刈り機等外傷を受けるおそれがある場所で使用する管路等を個別に規定することとした
	・ 管路等への浸水の影響について	・ 水トリーによるケーブルの絶縁破壊による事故を最小限にするため、使用実績から水トリーが発生しにくいと考えられるE-Eタイプのケーブルを使用する旨を規定することとした ・ 管路内が浸水し、水が満たされた場合の管路の自重、風圧荷重、浮力、積雪による荷重を机上計算により確認
	・ 高温・低温環境について	・ 暴露試験結果から、 <u>管路等の常規使用温度は、-20℃～60℃とした</u> ・ 地上施設において、人に踏まれることに耐える必要があることから <u>最低限3.0kNの耐荷重が必要と整理</u> 。それ以上の圧縮荷重が想定される場所に施設する場合は9.0kNの耐荷重を求めることとした ・ <u>管路内に貯留した水が凍結融解することによるケーブル・管路への影響を確認するため、ヒートサイクル試験を実施。ケーブル遮へい層への影響、管路の強度への影響がないことを確認</u>
	・ 紫外線による劣化や塩害による腐食による強度低下について	・ 雨・風・紫外線等にさらされる屋外環境に13年、34年設置されていた樹脂製管路を収集。それらの管路が強度試験により <u>新品とほぼ同等の強度を有していることを確認。管路の経年耐久性は個社で管理することとした</u> ・ 管路等は現状の使用実績から地上施設で想定される酸・アルカリに地上施設の通常使用における耐性は有すると整理し、施設場所に応じた要求仕様とする旨を規定することとした
	・ ケーブルの需要家側での短絡の影響について	・ 試験において <u>短絡機械力は最大で1,700N/m</u> であることを確認 ・ 地上施設する際には短絡機械力、風圧荷重、自重、浮力及び積雪による荷重等の合成荷重とケーブル側圧による荷重を比較し、設置者において、いずれの荷重にも耐える固定方法を選定することが必要と整理し、固定力に関する考え方を解説に記載することとした
火災面 ※3	・ 高温環境について	・ 暴露試験の結果を基に、 <u>地上施設におけるケーブルの許容電流算出方法を整理し、規格には織り込まないものの解説に記載することとした</u>
	・ ケーブルの地絡の影響について	・ 火災につながるおそれのある地絡時のアークについて、 <u>地絡試験結果より、管路外にアークは噴出しないことを確認</u> ・ ケーブル、管路等について「自消性のある難燃性」を規定することとした

※1 故意の破壊行為については、電技で定められた他の電気設備（架空配電線路と同様）についても、故意の破壊行為は前提としていないため、本検討においても、それに耐える強度を求めないものと整理（前年度整理内容）

※2 電技で定められた他の電気設備（架空配電線路と同様）については、土砂崩れや雪崩などの非常災害に耐える強度は求められていないため、本検討においても、それに耐える強度を求めないものと整理（前年度整理内容）

※3 外部からの火災について、電技で定められた他の電気設備（架空配電線路と同様）についても、外部からの類焼は前提としていないため、本検討においても、それに耐える素材等を求めないものと整理（前年度整理内容）



概要

- ✓ 検討過程において、地上施設に使用する管路等やケーブルの仕様を電気設備の技術基準の解釈にすべて織り込むことは困難であることから、新たに日本電気技術規格委員会規格（JESC規格）（案）を作成し、電技解釈に引用する方向で進めることとした
- ✓ 以下のとおり、電技解釈の改正案およびJESC規格（案）を作成

電技解釈改正案（新旧比較）

改正案	現行
●【地上に施設する電線路】（省令第5条第1項、第20条、第37条） 第128条 地上に施設する電線路は、次の各号のいずれかに該当する場合に限り、施設することができる。 （中略） 3 地上に施設する特別高圧電線路は、次の各号により施設すること。 （中略） 4 地上に施設する高圧の電線路は、第1項及び第2項の規定にかかわらず、日本電気技術規格委員会規格JESC E●●●●●（202●）「車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない山地に施設する高圧地上電線路」の「1．適用範囲」「3．技術的規定」により施設することができる。	●【地上に施設する電線路】（省令第5条第1項、第20条、第37条） 第128条 地上に施設する電線路は、次の各号のいずれかに該当する場合に限り、施設することができる。 （中略） 3 地上に施設する特別高圧電線路は、次の各号により施設すること。 （以下、省略）

JESC規格（案）にて整理した内容

JESC規格本文にて規定するもの：

公衆の安全を確保するため『必要な性能・考え方』であるとするもの

- ・ 施設場所の定義
- ・ 高圧ケーブルの仕様
- ・ 高圧ケーブルを通線する管路・トラフに求める仕様
- ・ 高圧ケーブルの接続箇所に使用する接続箱に求める仕様
- ・ 高圧ケーブル、管路、トラフ、接続箱の施設方法
- ・ 地上施設する場所に施す表示方法

解説に記載するもの：

規定した理由を記載するもの、本検討における試験結果を記載して規定内容を補助するもの

- ・ 制定経緯
- ・ 制定根拠
 - ✓ ケーブル、管路等の仕様を決定した根拠または考え方
 - ✓ 本事業において実施した各種試験の試験条件およびその結果
 - ✓ 地上施設した管路に想定される荷重の算出例と必要な固定力の考え方



1. 調査目的

無電柱化の推進に関する法律に基づき、令和3年5月に「無電柱化推進計画（計画期間：令和3年度～令和7年度）」が策定され、関係省庁（資源エネルギー庁、国土交通省、総務省）が連携し、新設電柱の増加要因の調査・分析を行い、その結果を踏まえた対応方策をとりまとめ、令和4年4月に公表した。無電柱化は、災害時の電柱倒壊による電力システムの機能喪失の低減や、災害に強い電力システムの構築に資することから、電力の安定供給の観点からも重要である。

電線地中化は、架空送電に比べて、コストや工期、関係者間の調整といった面で課題があり、電線地中化を一層推進するためには、国民負担の最小化に配慮しつつ、国が電線管理者と連携し、電線地中化のコスト低減を図るための手法について調査研究を進める必要がある。

電線地中化の低コスト化を図るために、直接埋設工法や小型ボックス工法等の新たな工法が検討されてきたが、工事の困難さや安全性の課題があることから、令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（低コスト手法普及拡大に向けた電線地中化工法の実現可能性等調査）（以下、「前年度事業」という。）では、掘削を伴わず地上に施設する工法の実現性について調査検討を行い、地上施設に伴うリスクが整理された。

本調査では、**前年度事業で整理されたリスクに対して必要な調査及び検討を行い、今後の無電柱化の推進に向けた施策立案に必要な情報**を取りまとめた。

1. 調査目的

地上設置のイメージ

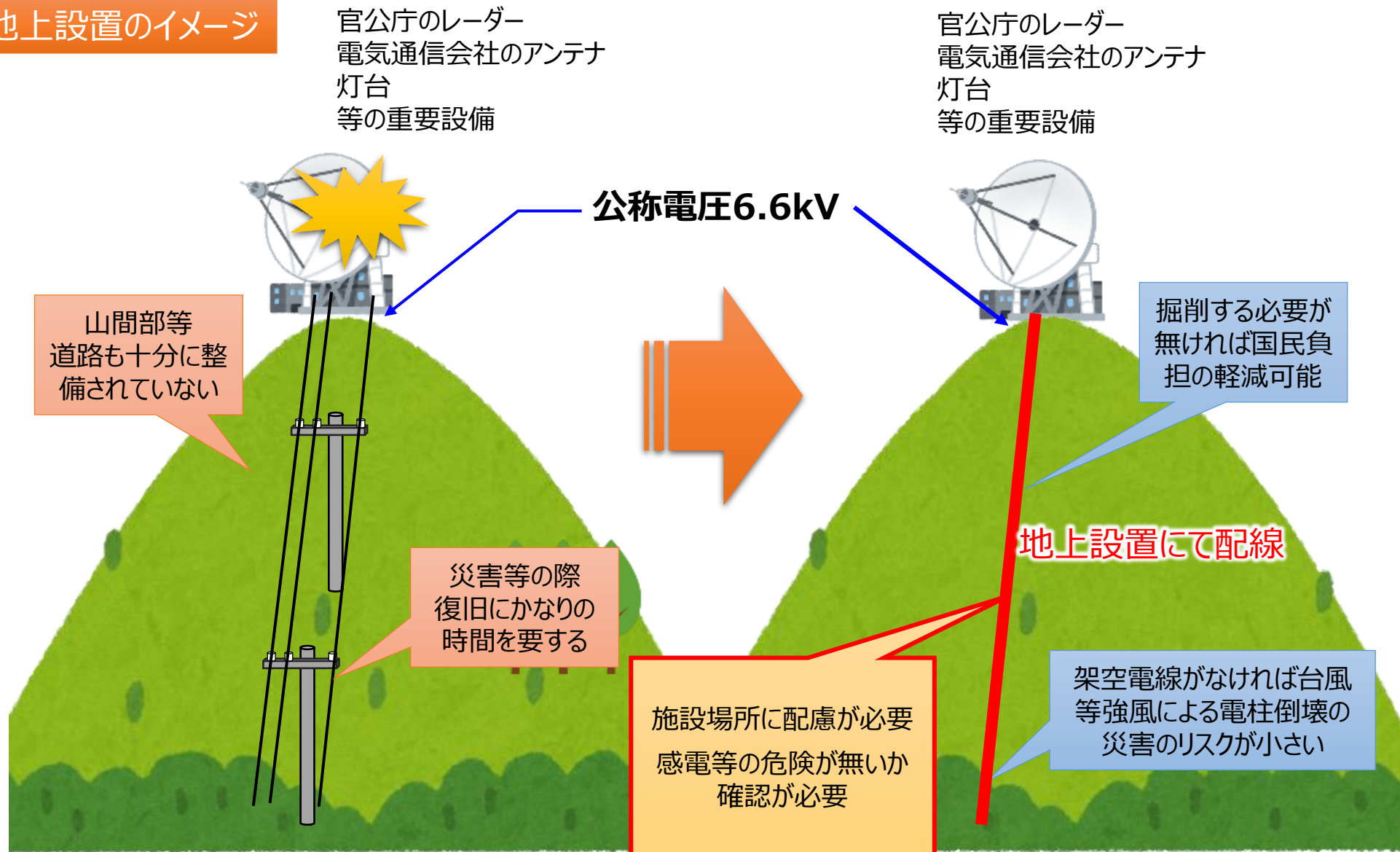


図1-1 地上電線路の施設イメージ

2. 前年度整理された内容

- ✓ 前年度、電技省令第20条に基づき地上施設をする上で、感電又は火災につながるリスク・課題について強度面・火災面から整理されている

～電気設備に関する技術基準を定める省令～

(電線路等の感電又は火災の防止)

第二十条 電線路又は電車線路は、施設場所の状況及び電圧に応じ、**感電又は火災のおそれがないように施設しなければならない。**

前年度整理内容

分類	課題	内容
強度面 ※1	・ 土砂崩れ、雪崩などの自然災害について※2	・ 倒木や落石、車両の衝突、動物の接触、食害も同様であるが、施設場所、施工方法や管路の選定などでリスクを低減方法について検討が必要
	・ 除草について	・ 地上施設した場合、意図しない第三者による損傷として除草作業が考えられるため、除草作業による影響について検討が必要
	・ 接続部等から水の侵入について	・ 地上施設した場合、雨水等にさらされる可能性があることから、管路や接続部の防水処理について、今後検討が必要 ・ 斜度のある箇所に施設する場合ケーブルが水没する可能性があることから適切なケーブルの選定が必要 ・ 斜度のある箇所に施設する場合、雨水等で満たされた管路等の自重が増加するため、耐え得る固定方法の検討が必要
	・ 高温・低温環境について	・ 地上施設した場合、地中よりも高温・低温などの厳しい環境にさらされる恐れがあることから、それらの影響について検討が必要
	・ 紫外線による劣化や塩害による腐食による強度低下について	・ 地上施設した場合、紫外線による劣化や腐食のもとになる塩害の厳しい環境にさらされる恐れがあることから、その影響について考慮することが必要
	・ ケーブルの需要家側での短絡の影響について	・ 需要家側での三相短絡時にケーブルに衝撃力が加わる可能性があることから、必要な固定力の検討が必要
火災面 ※3	・ 高温環境について	・ 林野火災などの外的被害は想定外としたうえで、日射等による管路内の温度上昇によってケーブルの許容電流の減少が想定されるため、地上施設における管路内温度の検討が必要
	・ ケーブルの地絡の影響について	・ ケーブルは地絡優先構造のため、地絡時の影響として、ケーブルが地絡した際のアークの管路外部への噴出が無い確認が必要

※1 故意の破壊行為について、電技で定められた他の電気設備（架空配電線路と同様）についても、故意の破壊行為は前提としていないため、本検討においても、それに耐える強度を求めないものと整理

※2 電技で定められた他の電気設備（架空配電線路と同様）について、土砂崩れや雪崩などの非常災害に耐える強度は求められていないため、本検討においても、それに耐える強度を求めないものと整理

※3 外部からの火災について、電技で定められた他の電気設備（架空配電線路と同様）についても、外部からの類焼は前提としていないため、本検討においても、それに耐える素材等を求めないものと整理

3. 事業内容

✓ 前年度整理された課題より、本事業においては以下の項目を調査・検討の上、整理する。

前年度整理された課題・リスクの確認

- (1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査
- ① 高低温環境の影響調査
 - ・ 高温・低温環境におけるケーブル・管路等の影響調査
 - ・ 地上における管路内部温度調査
 - ② 紫外線の影響調査
 - ・ 紫外線による管路等への影響調査
 - ③ 雨水・塩分等の影響調査
 - ・ 雨水・塩分等によるケーブル・管路等への影響調査
 - ④ その他（草刈機等による外傷の影響調査）
 - ・ 除草作業時の草刈り機の接触による影響調査
- (2) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の地絡事故時の影響調査
- (3) 屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査
- ・ 管路等の地上施設に必要な固定力・固定方法の調査
 - ・ 土砂崩れ、倒木、落石などの自然災害のリスク低減方法検討
- (4) 管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について

地上設置に求められる仕様の整理

- (5) 屋外施設するケーブル・管路等の強度並びに必要な仕様に関する調査

地上設置の実施に必要な電技解釈改正案の作成

- (6) 電気設備の技術基準の解釈案の作成

本事業の
実施内容

3. 事業内容

前年度事業

- ✓ 前年度事業において、掘削を伴わない工法（地上設置工法）を実施するにあたって、公衆の安全を確保するために、電技第20条に基づきどのような課題があるかを検討し整理
- ✓ 一方、前年度事業において、海外で同様の掘削を伴わない工法が行われていないか調査を実施したが、同様の事例は確認できなかった。

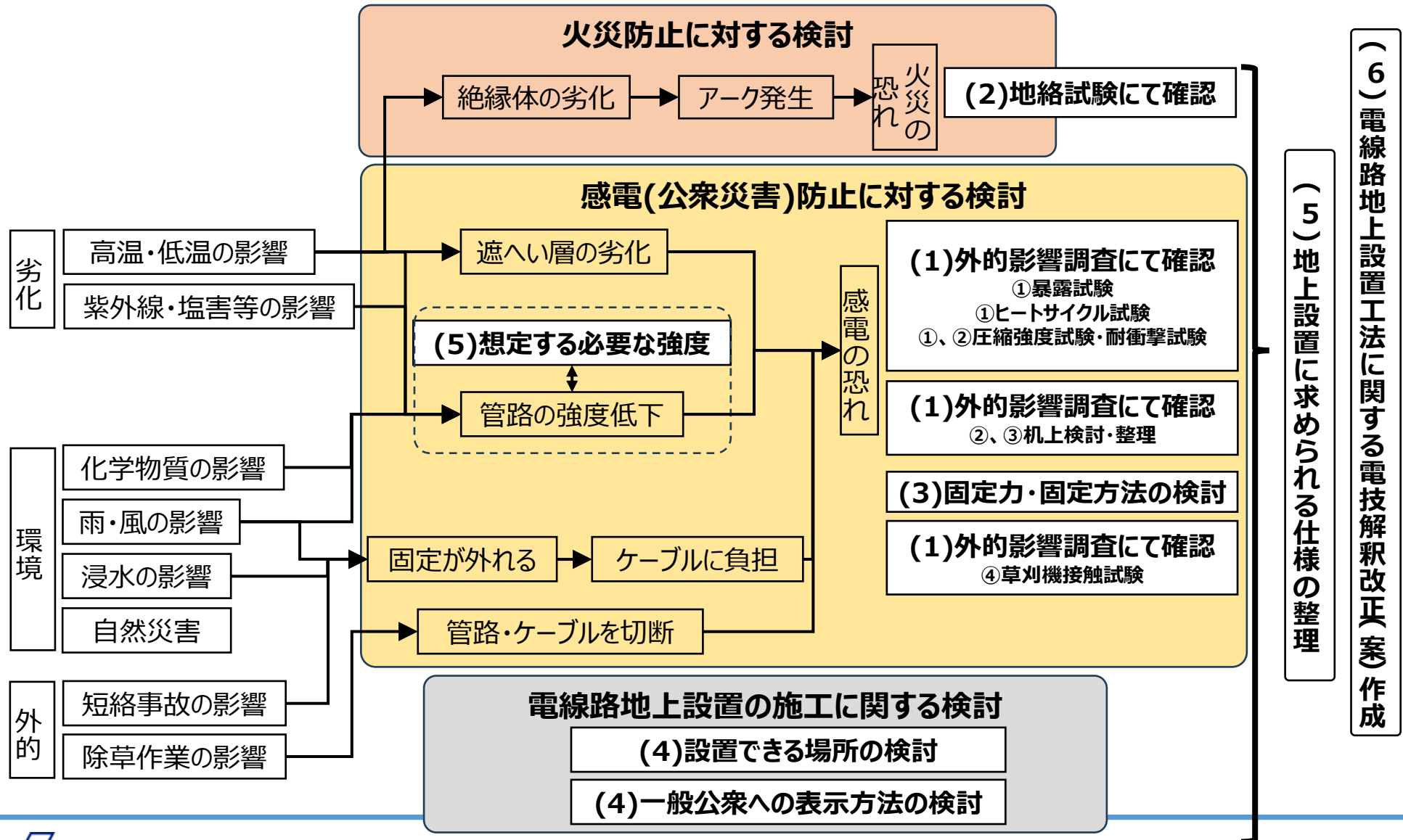


本事業

- ✓ 前年度に洗い出された課題について各種試験等を実施し、地上設置工法に必要な条件や設置場所の定義、ケーブル・管路等の仕様を整理する
- ✓ 海外調査結果を踏まえると、より一層公衆安全の観点を重視しながら検討を進めていく必要がある

3. 事業内容

✓ 地上に施設した管路は以下のような影響にさらされ、感電・火災につながる恐れがあるため試験等により確認・調査

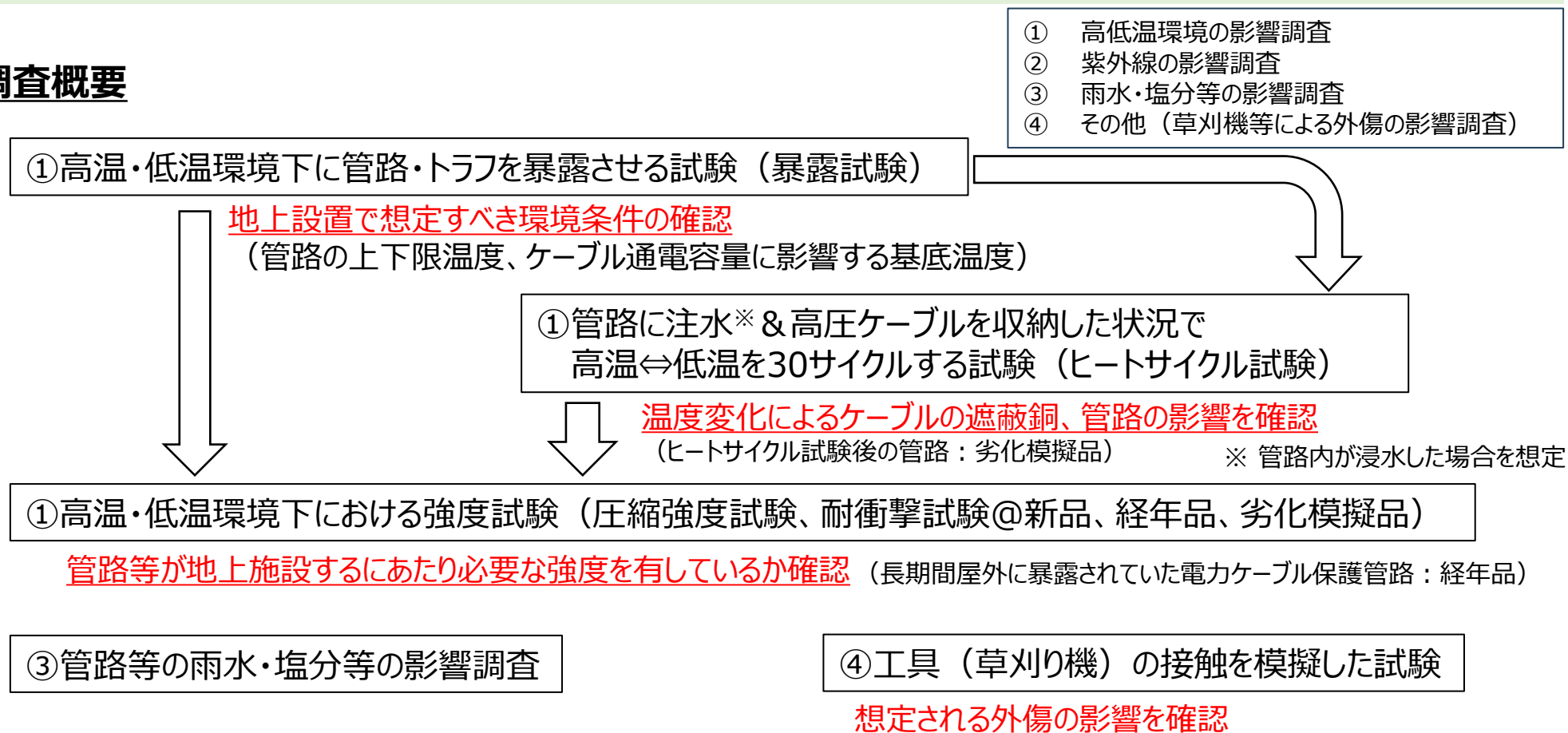


3. 事業内容

(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

- ✓ 地上施設した管路の常規使用温度及びケーブル通電容量に影響する基底温度を暴露試験により確認
- ✓ 常規使用温度において管路等が必要な強度を有しているか確認（材料仕様は添付資料 1 のとおり）
- ✓ 経年品、劣化模擬品の強度を確認し、管路等の経年による影響について確認

調査概要



3. 事業内容（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（暴露試験）

課題	確認事項	内容
ケーブル・管路等への影響	管路等の常規使用温度	地上施設した場合の管路等の常規使用温度を確認
	地上施設時の基底温度	日射が多いエリアでは、管路内の温度上昇に伴いケーブルの放熱効果が低下することから、地上施設時の常時許容電流計算方法を試験結果を基に検討

試験概要

試験方法	暴露試験
試験内容	ケーブルの表面温度は、外気温と日射量、日照時間に相関があることが東京電力PGが行った過去の調査で確認されている。そこで、地中線防護材を屋外に暴露し、管路内部の温度や、外気温、日射量や日照時間などの環境データを収集する。
試験材	角型多条敷設管、波付硬質合成樹脂管、強化可とう電線保護管（配電用炭素鋼鋼管、ECVPは参考実施※）
実施場所	高温エリア：沖縄電力(株) 八重山支店敷地内（沖縄県石垣市） 低温エリア：(株)関電工 道北営業所敷地内（北海道天塩郡豊富町）

※ 起伏のある場所への施工を想定し、可とう性のある管路を試験材とした



測定データのイメージ

	CH1	CH2	CH3		CH14
	To	Tu	Wt)		St
	[°C]	[°C]	[kW/m2]		[H]
2022/11/1 10:00	26.1	36.5	3.5		0.8
2022/11/1 11:00	26.5	38.5	3.5		0.6
2022/11/1 12:00	27.1	39.5	3.5		0.7
2022/11/1 13:00	27.4	40.5	3.5		0.5
2022/11/1 14:00	27.2	39.5	3.5		0.2
2022/11/1 15:00	26.1	36.5	3.5		0.5

図3-1 暴露試験イメージ



図3-2 管路等設置状況

3. 事業内容（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（圧縮強度試験）

課題	確認事項	内容
管路の強度	高低温環境下の強度低下	高低温環境下における樹脂製管路等の強度低下やそれに伴う公衆への影響について確認

試験概要

試験方法	圧縮強度試験（JIS C3653:2004 電力用ケーブルの地中埋設の施工方法 付属書3に準拠）
試験内容	圧縮強度試験（JIS C3653:2004 電力用ケーブルの地中埋設の施工方法 付属書3） 曲げ耐力試験（JIS A5372:2016「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」推奨仕様G-1トラフ） 上記規格にて規定される試験方法において、各試験材のたわみ率が34%※1までの最大荷重を測定する。 （試験はたわみ率が50%になるまで実施）
試験材	樹脂製トラフ、角型多条敷設管、波付硬質合成樹脂管、強化可とう電線保護管
試験材温度	20℃、-20℃、60℃
実施場所	各管路メーカー

※1 JIS C 3653にて「管内に布設するケーブルが1条の場合の管の内径は、ケーブル仕上がり外径の1.5倍以上」とされていることからケーブルに干渉しない34%までとした。なお、トラフについては、変形の様子によって判断する

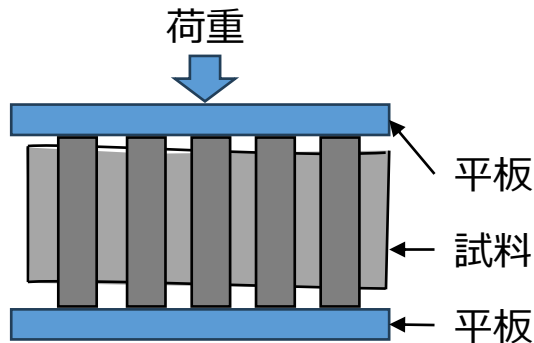


図3-3 管路の圧縮強度試験方法

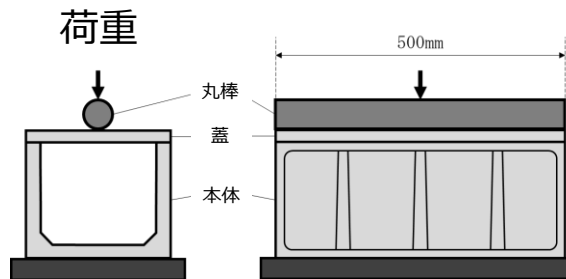


図3-4 トラフの圧縮強度試験方法

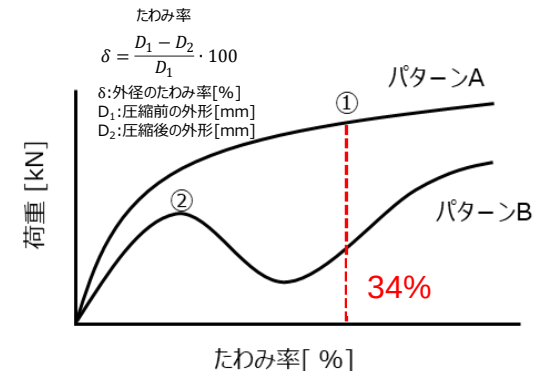
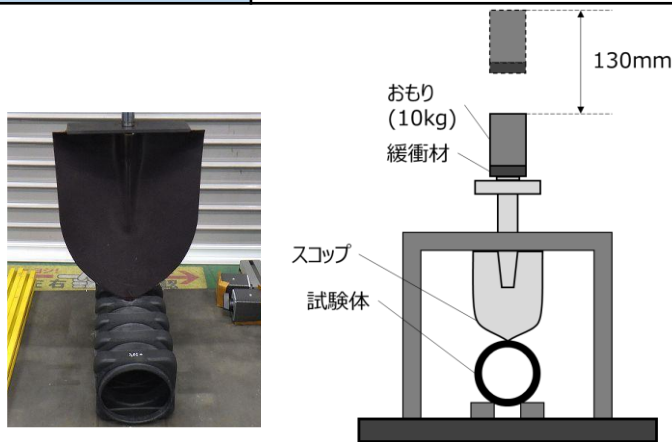


図3-5 試験結果のイメージ

3. 事業内容（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（耐衝撃試験）

課題	確認事項	内容
管路の強度	高低温環境下の強度低下	高低温環境下における樹脂製管路の強度への影響やそれに伴う公衆への影響について確認が必要。
試験概要		
試験方法	耐衝撃試験（スコップ試験）	
試験内容	JIS A 8902:1988「ショベルおよびスコップ」に規定されるショベル丸型の刃先を管軸に直角に当て、緩衝材（C Rゴム：厚さ10mm、硬度35）を下面に貼りつけた10kgの錘を13cmの高さから自然落下させ打撃したとき、割れや穴（貫通）があかないこと。	
試験材	樹脂製トラフ、角型多条敷設管、波付硬質合成樹脂管、強化可とう電線保護管	
試験材温度	20℃、-20℃、60℃	
実施場所	各管路メーカー	



スコップ試験実施理由

地中電線路に使用する管路において、各自治体や電力会社等が規定している試験であるが、掘削作業時に誤って作業工具（スコップ）を管路に衝撃させてしまうことを想定した試験となっている。地上設置を前提としているものの、電柱への立上げ部や、登山道を横切る際に、管路の一部を埋設することが考えられることから、試験を実施

図3-6 試験状況と試験イメージ

3. 事業内容（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（ヒートサイクル試験）

課題	確認事項	内容
ケーブル・管路への影響	ケーブルの遮へい層への影響	ケーブルの金属遮へい層に繰り返し応力が加わることによる影響調査
	管路への影響	管路に繰り返し応力が加わることによるヒビ割れ等及び強度を確認

試験概要

試験方法	ヒートサイクル試験（管路強度確認は圧縮強度試験、耐衝撃試験により実施）
試験内容	管路内が凍結・融解を繰り返した場合の管路・ケーブルの影響をヒートサイクル試験($-20^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 60^{\circ}\text{C}$)により調査
試験材	角型多条敷設管、波付硬質合成樹脂管、強化合成樹脂可とう防護管、高圧ケーブル
実施場所	(株)関電工 つくば技術研究所 大型恒温槽

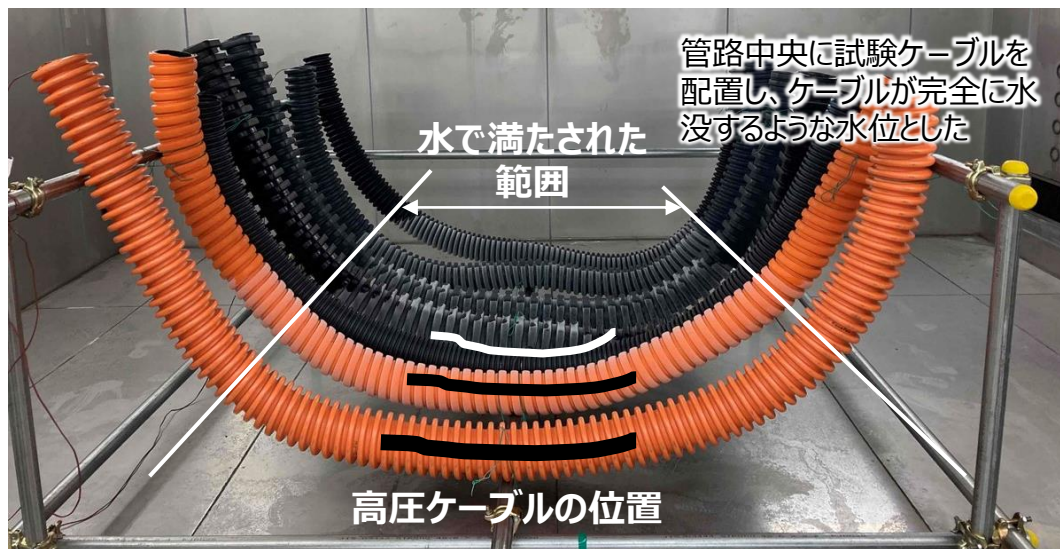
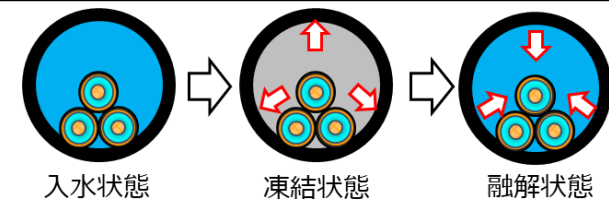


図3-7 大型恒温槽によるヒートサイクル試験状況



管路の凍結融解のイメージ

表3-8 ヒートサイクル試験条件

温度条件 [$^{\circ}\text{C}$]	低温時間 [H]	高温時間 [H]	サイクル数 [回]	所要日数 [日]
$-25 \sim 70^{\circ}\text{C}$	26	14	30	50

※ $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ の設定では凍らないため、試験機設定 $-25^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ のサイクルとした

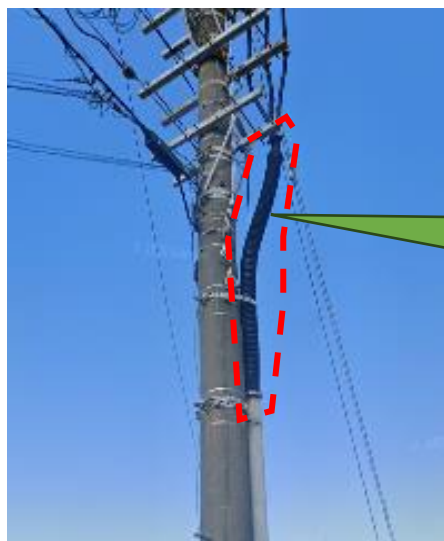
3. 事業内容（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

②紫外線の影響調査（経年品圧縮強度試験）

課題	懸念事項	内容
管路の強度	紫外線による強度低下	樹脂製地中管路について、屋外施設により紫外線を受けた場合の影響とそれに伴う公衆への影響について確認

試験概要

試験方法	圧縮強度試験（JIS C3653:2004 電力用ケーブルの地中埋設の施工方法 付属書3に準拠）
試験内容	沖縄電力において実際に現地で使用されていた管路を調達し、その性能を調査する（圧縮強度試験、耐衝撃試験）
試験材	波付硬質合成樹脂管（撤去品）
試験材温度	20℃、-20℃、60℃
実施場所	管路メーカー



屋外に設置されている波付硬質合成樹脂管を収集。
設置年数に応じた管路の強度を確認する。

図3-9 電柱に設置されている樹脂製管路の状況

3. 事業内容（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

③雨水・塩分等の影響調査

課題	懸念事項	内容
ケーブル への影響 管路の強度	雨水・塩分等の影響調査	屋外に施設される管路等は、雨水や塩害等にさらされる可能性があることから、雨水や塩分等の影響やそれに伴う公衆への影響の調査が必要

検討内容

- ✓ 雨水・塩分等（山間部の温泉（硫化水素等）含む）による管路等への影響はどうか
- ✓ 管路や接続箱の接続部の防水対策について完全に防水することは困難。管路内等に水が入った場合のケーブルへの影響はどうか

想定される管路・ケーブルへの影響

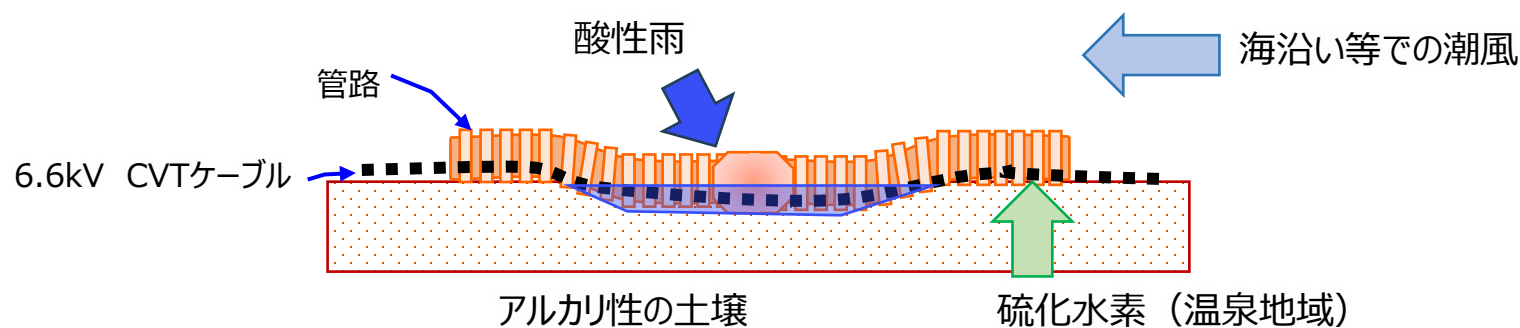


図3-10 地上設置した管路に想定される影響（雨・風等）

3. 事業内容（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

④その他（草刈機等による外傷の影響調査）（草刈り機接触試験）

課題	確認事項	内容
管路の強度	草刈り機の接触による影響	周囲に草等がある屋外に管路等を施設した場合、草刈機により外傷を受ける可能性があることから、草刈機等の接触による管路等への影響やそれに伴う公衆への影響を調査。

試験概要

試験方法	模擬試験（草刈機接触試験）
試験内容	金属刃の草刈り機を実際に地上に設置した管路に接触させ、割れや穴（貫通）があかないこと。
試験材	樹脂製トラフ、角型多条敷設管、波付硬質合成樹脂管、強化可とう電線保護管（配電用炭素鋼鋼管、ECVPは参考実施）
試験材温度	常温（外気温）、高温(60℃)※
実施場所	(株)関電工 つくば技術研究所

※雪の有無にかかわらず、生草が生い茂る環境ではないと考えられるため低温（-20℃）は未実施



図3-11 草刈り機接触試験状況

一般的に使用されているチップソーとナイロンコードの2種類のタイプで実施



図3-12 使用した草刈り機
（チップソー）

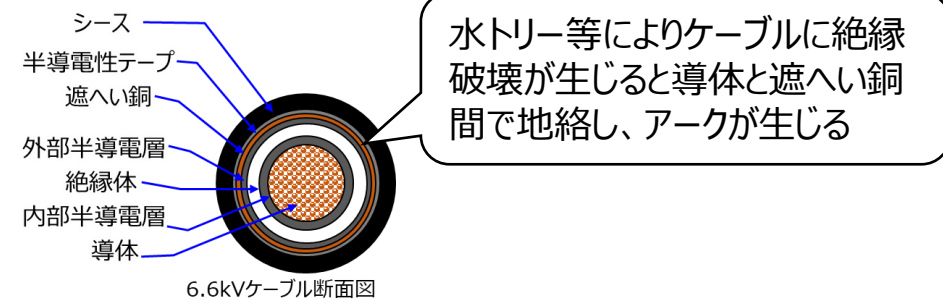
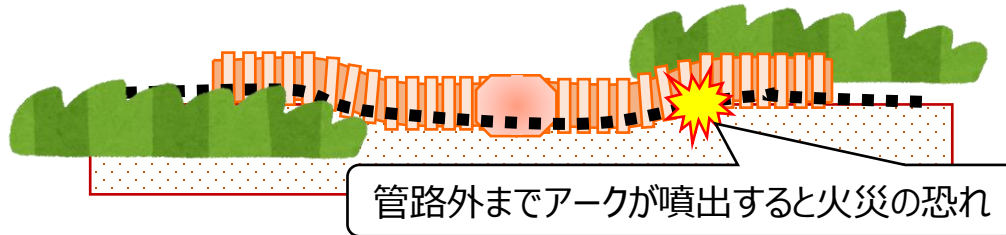


図3-13 使用した草刈り機
（ナイロンコード）

3. 事業内容（2）屋外環境に地中管路等を施設した場合の地絡事故時の影響調査

地絡事故時の影響調査

課題	確認事項	内容
管路の強度	アークによる火災	6.6kVの配電線用ケーブルに地絡が発生した場合、アークが発生する。アークが管路の外に噴出してしまふと火災や公衆災害につながる恐れがあるため、管路外へのアーク噴出の有無を確認



試験概要

試験方法	地絡試験
試験内容	最大使用電圧6.9kV、動作時間1.0sの条件で地絡試験を実施し、管路からのアークの噴出の有無を確認する。
試験材	樹脂製トラフ、配電用炭素鋼鋼管、ECVP、角型多条敷設管、波付硬質合成樹脂管、強化合成樹脂可とう防護管
実施場所	(株)東光高岳 蓮田工場

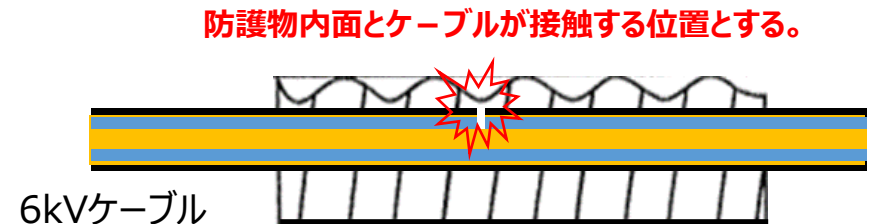


図3-15 防護材の設置位置イメージ(断面)

3. 事業内容（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

- ✓ 地上に施設した管路を固定する際に想定すべき荷重と必要な固定力を整理
- ✓ 管路の固定力に考慮する必要がある短絡機械力については、短絡試験により確認
- ✓ 固定方法について、杭固定式を検証モデルとし、杭の固定力について調査

固定具に係ることが想定される荷重

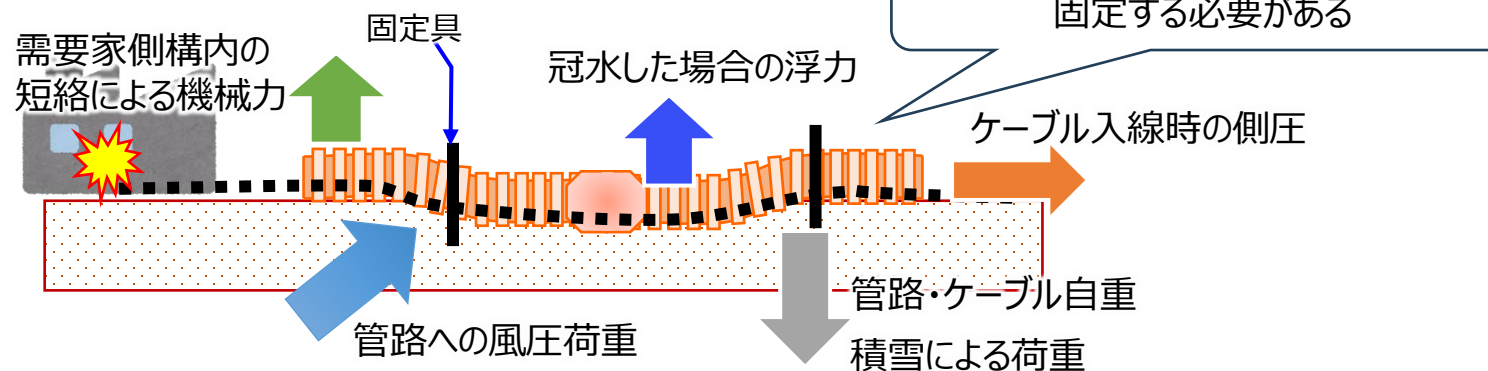


図3-16 地上設置した管路（固定具）に想定される荷重

固定具に係る荷重

- ✓ ケーブル入線時の側圧
- ✓ 管路・ケーブルの自重
- ✓ 浮力
- ✓ 風圧荷重
- ✓ 需要家短絡による衝撃力

固定方法に関する検討事項

- ✓ 傾斜地等におけるケーブルの滑落防止措置
- ✓ 固定方法や配線ルートによる公衆安全上のリスク低減可否

3. 事業内容（４）管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について

施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について

- ✓ 「人が常時通行することを想定しない、車両の往来が無い場所」について、対象となりうる場所の具体的な定義方法について検討
- ✓ 一般公衆に対する看板等の表示方法について検討

検討方法

課題	解決の方向性（机上検討）
対象の具体的な定義	「獣道、管理道（車道なし）、登山道」と区分し、それぞれの定義について公衆安全の観点から踏まえて机上検討の上、電技解釈における記載内容を整理する。
一般公衆等への看板等の表示	道路法や国内（ガス業界やその他業種含む）に表示に関する基準があるか確認し、あればそれを参考に、地上施設する管路に求められる表示方法を整理する。

3. 事業内容

(5) 屋外施設するケーブル・管路等の強度並びに必要な仕様に関する調査

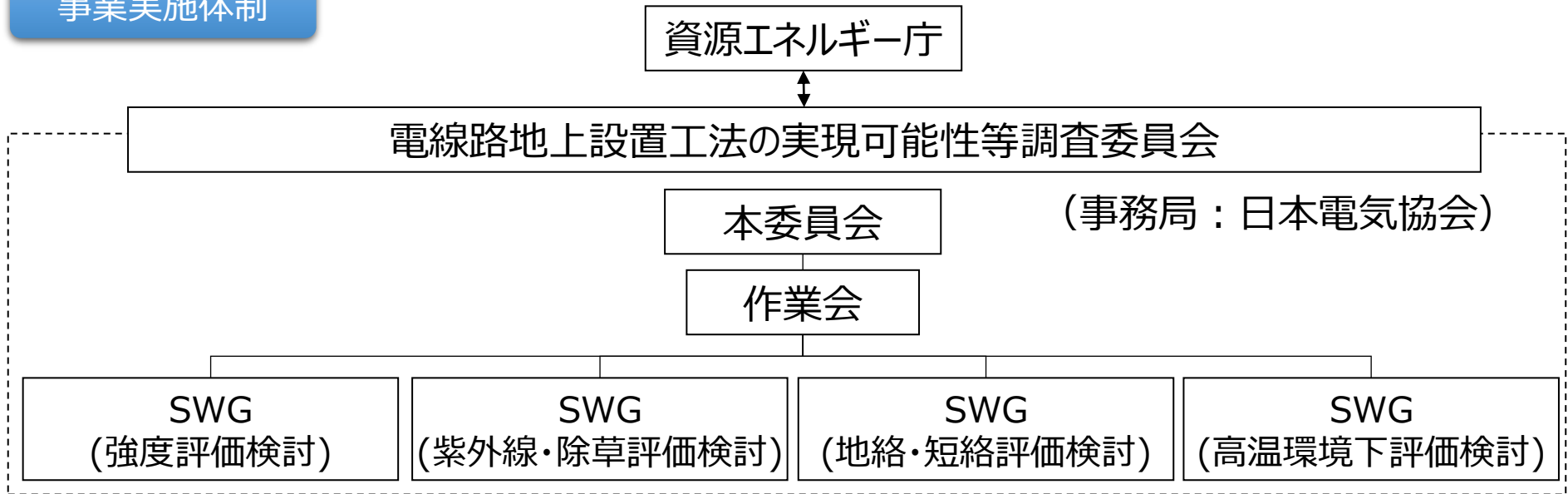
- ✓ 事業内容（１）～（４）の評価を踏まえ、地上施設する管路やケーブル等に必要な仕様を整理する。

(6) 電気設備の技術基準の解釈案の作成

- ✓ 事業内容（１）～（５）の調査を踏まえ、ケーブル・管路等を地上施設に関する内容を織り込んだ電気設備の技術基準の解釈案を作成する。

4. 事業実施方法

事業実施体制



実施内容	役割
- 学識経験者及び産業界等で構成する本委員会を設置する。 - 作業会での調査・検討を審議し、最終承認を行う。	本委員会
- 検討対象となる分野に係る専門家で構成する。 - 事業内容の項目について、具体的に調査・検討を行い、その結果を本委員会に報告・提案する。	作業会
- 作業会委員のうち各検討項目に係る専門家で構成する。 - 各検討項目について具体的に調査・検討を行い、作業会に提案する。	サブワーキンググループ

4. 事業実施方法

電線路地上設置工法の実現可能性等調査委員会 本委員会委員名簿

委員区分	氏名（敬称略）	所属
委員長	大木 義路	早稲田大学
委員	穂積 直裕	豊橋技術科学大学
委員	八島 政史	東北大学
委員	久保内 昌敏	東京工業大学
委員	郡司 勉	一般社団法人 日本電線工業会
委員	松村 徹	一般社団法人 日本電力ケーブル接続技術協会
委員	市場 幹之	公益社団法人 腐食防食学会
委員	鬼木 嗣治	送配電網協議会
委員	関根 陽一	東京電力パワーグリッド株式会社
委員	佐藤 英章	株式会社 関電工
委員	奥村 智之	一般社団法人 日本電気協会

4. 事業実施方法

作業会委員名簿

委員区分	氏名（敬称略）	所属
幹事	関根 陽一	東京電力パワーグリッド株式会社
副幹事	佐藤 英章	株式会社 関電工
委員	霜鳥 博喜	一般社団法人 日本電線工業会
委員	芦田 恭典	一般社団法人 日本電力ケーブル接続技術協会
委員	市場 幹之	公益社団法人 腐食防食学会
委員	河邊 泰斗	送配電網協議会
委員	那須 紀光	北海道電力ネットワーク株式会社
委員	久保田 一行	東北電力ネットワーク株式会社
委員	西村 寛之	中部電力パワーグリッド株式会社
委員	水野 卓也	北陸電力送配電株式会社
委員	草間 利晃	関西電力送配電株式会社
委員	前島 雄介	中国電力ネットワーク株式会社
委員	寺田 幸輔	四国電力送配電株式会社
委員	川崎 英毅	九州電力送配電株式会社
委員	新垣 一志	沖縄電力株式会社
委員	内田 みつる	株式会社 関電工

4. 事業実施方法

強度評価検討 サブワーキンググループ

委員区分	氏名（敬称略）	所属
幹事	草間 利晃	関西電力送配電株式会社
委員	前島 雄介	中国電力ネットワーク株式会社
委員	寺田 幸輔	四国電力送配電株式会社

紫外線・除草評価検討 サブワーキンググループ

幹事	西村 寛之	中部電力パワーグリッド株式会社
委員	久保田 一行	東北電力ネットワーク株式会社
委員	水野 卓也	北陸電力送配電株式会社

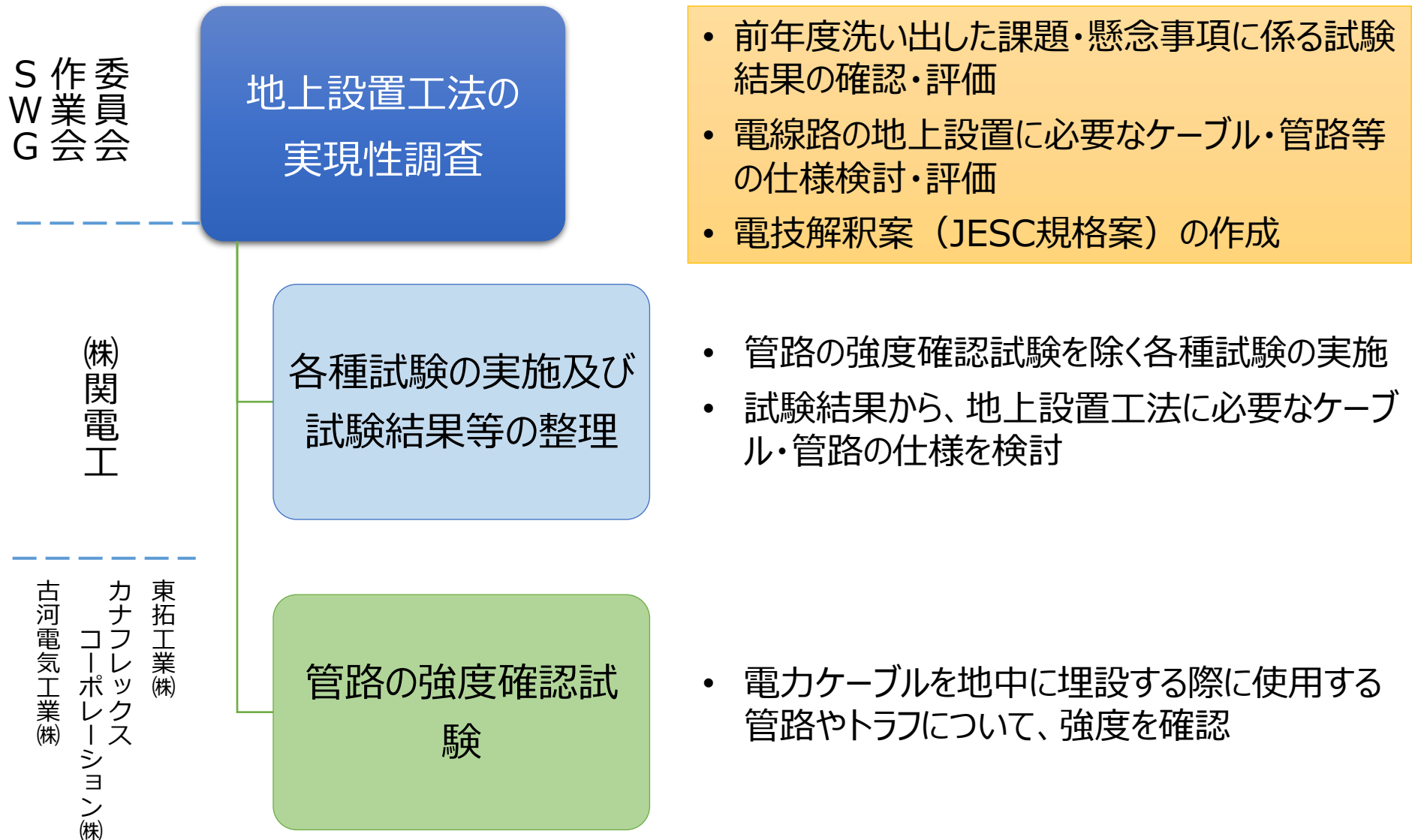
地絡・短絡評価検討 サブワーキンググループ

幹事	関根 陽一	東京電力パワーグリッド株式会社
委員	佐藤 英章	株式会社 関電工
委員	市場 幹之	公益社団法人 腐食防食学会
委員	芦田 恭典	一般社団法人 日本電力ケーブル接続技術協会
委員	那須 紀光	北海道電力ネットワーク株式会社

高温環境下評価検討 サブワーキンググループ

幹事	川崎 英毅	九州電力送配電株式会社
委員	新垣 一志	沖縄電力株式会社
委員	内田 みつる	株式会社 関電工

4. 事業実施方法



契約書締結～令和6年2月29日終了
経済産業省 資源エネルギー庁への報告期限：令和6年2月29日

事業内容	実施項目	R5					R6	
		8	9	10	11	12	1	2
委員会	本委員会	▼		▼		▼		▼
	作業会	▼		▼	▼	▼	▼	
	サブワーキンググループ							
事業内容	(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査							
	(2) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の地絡事故時の影響調査							
	(3) 屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査							
	(4) 管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について							
	(5) 屋外施設する管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様に関する調査							
	(6) 電気設備の技術基準の解釈案の作成							

5. 調査結果

<委員会等開催状況>

【本委員会】

	開催年月日
第1回	令和5年8月23日
第2回	令和5年10月30日
第3回	令和5年12月15日
第4回	令和6年1月29日
第5回（書面）	令和6年2月15日

【作業会】

	開催年月日
第1回（書面）	令和5年8月28日～9月4日
第2回	令和5年10月17日
第3回	令和5年12月8日
第4回	令和6年1月15日

【強度評価検討SWG】

	開催年月日
第1回	令和5年10月2日
第2回（合同）	令和5年10月17日
第3回	令和5年11月17日
第4回	令和5年11月21日
第5回	令和5年11月28日
第6回（合同）	令和5年12月8日
第7回（合同）	令和6年1月15日

【紫外線・除草評価検討SWG】

	開催年月日
第1回	令和5年10月4日
第2回（合同）	令和5年10月17日
第3回	令和5年11月28日
第4回	令和5年12月4日～5日
第5回（合同）	令和5年12月8日
第6回（合同）	令和6年1月15日

【地絡・短絡評価検討SWG】

	開催年月日
第1回	令和5年9月22日
第2回（合同）	令和5年10月17日
第3回	令和5年10月25日～26日
第4回	令和5年12月7日
第5回（合同）	令和5年12月8日
第6回（合同）	令和6年1月15日

【高温環境下評価検討SWG】

	開催年月日
第1回	令和5年9月6日～7日
第2回	令和5年9月22日
第3回（合同）	令和5年10月17日
第4回	令和5年11月9日
第5回（合同）	令和5年12月8日
第6回（合同）	令和6年1月15日

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

①高低温環境の影響調査（暴露試験結果）

a) 管路等の常規使用温度の調査

【高温エリア】

- 測定結果を基にした近似式により2022年1月1日～12月31日の管路表面温度を算出した結果、58[°C](3 σ)であったことから、**常規使用温度の上限としては60[°C]が妥当と考えられる**

【低温エリア】

- 暴露期間中の管路表面温度は、-12.6 [°C](3 σ)、**外気温は-17.8[°C] (3 σ)であった**
- 暴露期間中の雪に埋没していない、日射の無い時間帯において管路表面温度は外気温と1[°C]程度の差で推移していた
- 気中配電設備の常規使用温度は-20～40 [°C]であることから、**常規使用温度の下限としては-20[°C]が妥当と考えられる**

以上の結果を踏まえ、**地上施設する管路等の常規使用温度は -20℃～60℃が妥当と整理した。**

暴露試験の詳細は添付資料2のとおり

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（暴露試験結果）

b) 常時許容電流計算方法の検討

地上施設するケーブルの常時許容電流の計算方法は以下とすることが望ましいと考えられる。

- ・ 計算式は、日本電線工業会規格JCS 0168-1:2016に「33kV以下電力ケーブルの許容電流計算－第1部：計算式及び定数」に記載される「日射の影響を受ける換気型ダクト内に布設した場合」を引用する
- ・ 基底温度 T_2 は、「屋上電線路」の基底温度を引用し、50[℃]とする
- ・ 計算式のうち、日射による温度上昇 T_s については、 T_2 に含まれているとする

$$I_1 = \sqrt{\frac{T_1 - T_2 - T_s}{nr \left\{ \frac{R_{th}}{\eta_o^2} + (1 + P_s)(R_d + R_{dh}) \right\}}}$$

管路を地上布設した場合の計算式

T_1 : 導体最高許容温度[℃]
 T_2 : 基底温度[℃]
 T_s : 日射による温度上昇[℃]
 n : ケーブル線心数 CVTでは $n=1$
 r : 交流導体抵抗[Ω/cm]
 R_{th} : 全熱抵抗[℃・cm/W]
 η_o : 多条布設の低減率[℃・cm/W]
 P_s : シース損失率
 R_d : 管路の熱抵抗[℃・cm/W]
 R_{dh} : 管路の表面放散熱抵抗[℃・cm/W]

出典：日本電線工業会規格JCS 0168-1:2016に「33kV以下電力ケーブルの許容電流計算－第1部：計算式及び定数」

常時許容電流計算方法の詳細は添付資料2のとおり

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（地上施設に想定される荷重の検討）

地上に施設した管路等に想定される荷重を以下のとおり整理した。

想定される静荷重

- ✓ 人が乗ることによる荷重
- ✓ 動物が乗ることによる荷重

人が乗ることによる荷重

20歳以上日本人男性体重：91.4kg（2 σ ）※1

登山時の荷物：30kg程度

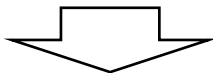
計130kg程度

動物が乗ることによる荷重

ヒグマ（オス成獣）：150～400kg※2

ツキノワグマ：60～100kg前後※3

ニホンイノシシ：75～180kg前後※4



動物の生息域を考慮し、必要な荷重に耐える必要がある（ヒグマの生息域：4.0kN程度）

想定される動荷重

- ✓ 人の踏みつけ
- ✓ 動物の踏みつけ
- ✓ 作業工具の落下（人力で持てる範囲）
- ✓ 登山用ストックによる踏みつけ
- ✓ アイゼンによる踏みつけ
- ✓ 動物による突進（側面に配線した場合）

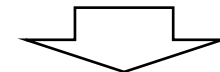
人の踏みつけ（アイゼン・ストック含む）

アイゼン等の鋭利なものへの対処は困難としたそれらによる影響が想定される場所へは注意喚起表示を充実させることで対処してはどうか

動物の踏みつけ

四足歩行動物である競走馬の蹄にかかる力※5

体重500kgで駆歩（約5.2m/s）では、前肢に最大約8.0kN、後肢に最大約6.2kNとなる



動荷重は、動物からの踏みつけに対して耐えることとし、人へは注意喚起により対処することとする

参考 地上に施設する管路に求める荷重

① 高低温環境の影響調査（地上施設に想定される荷重の検討）

- 電技解釈第128条「地上に施設する電線路」において、施設方法は堅ろうな鉄筋コンクリート製のトラフに収めることとされている
- JIS A 5372:2004「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」附属書7ケーブルトラフにおける蓋（種類：250～330※¹）の曲げ強度荷重規定値は3.0kNとなっており、これは作業員が乗った際に耐えることを想定したもの

※1 トラフ本体の内幅が250～330mmのもの。人が踏んだ際に、蓋のみで荷重を受ける必要があるサイズとして選定

上記より、地上施設する管路は人が乗った場合でも耐えられるように3.0kN以上であることを求めることとした

耐荷重3.0kNについて

人が乗ることの静荷重

3.0kN $\div$ 305.9kgfであることから、300kgの人に乘られたとしても、管路内の高圧ケーブルまで潰れることは無く、人が管路に乗った際の静荷重を十分に満足する規定値と考えられる。

人の踏みつけによる動荷重

歩行時の足底圧力を計測した文献※²より、階段を昇降する際の足裏反力は、**最大で体重の1.4倍程度**であるとされている。これより、**210kg以下の人の歩行であれば、管路内の高圧ケーブルまで潰れることは無いと考えられる。**

また、別の文献※³によれば、体重63kg、靴サイズ26cm（短手方向8cm）の人による歩行時の足裏荷重は、20mm四方の圧力センサによる測定の最大値で約95Nであった。管路の圧縮強度試験は250mm幅で3.0kNの耐荷重性能を規定しているため一概に比較できないものの、20mm四方を20mm幅に置き換えれば、20mm幅で240Nの耐荷重性能があるはずであり、**160kg程度の人間の歩行時の足裏反力に耐えられる計算となる。**なお、20mm四方を20mm幅に置き換えたのは、断面が丸形の管路を片足で踏んだ状態を想定すれば、足裏と管路の接地面は、添付資料9の解説図2のように足裏の長手方向で20mm程度しか踏まれないと想定したことから、20mm四方と20mm幅が同意であると考えたためである。

※数値上、裕度があるように見えるが、登山者は登山用具や資機材を背負っているため、実質的な体重は増えること、前述の記載事項はあくまで机上の評価であること、前述の参考文献における試験条件と山地とでは路面状況等が異なるため、一概に裕度があるとは言えないと考える。よって、人が通行する可能性のある場所においては、圧縮強度3.0kNを超える荷重がかかる可能性が否定できないことから、管路、トラフを踏まれないような表示をすることや、後述するとおり、圧縮強度が強い（規定では9.0kN）管路を使用することが望ましい。

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（管路の強度試験）

a) 新品管路等の圧縮強度試験結果

- 各管路、トラフの耐荷重は低温（-20℃）において最も高くなり、高温（60℃）において最も低くなった
- 高温時の波付硬質合成樹脂管において、**3.0kNを下回る**強度となったが、人が乗ることに耐えることを考慮した数値であることを考慮して、地上設置において3.0kNは必要な強度として整理した
- 強化可とう電線保護管においては、高温時でも**約14kN**の耐荷重を有しており、山間部に設置する際に想定される荷重（ヒグマの踏みつけ荷重：6.3kN）には十分耐えうると考えられる
- 角型多条敷設管は、**試験中に管路中心部が浮くように変形**し、管路の外径と内径のたわみ率が著しく一致しなかったため、外径のたわみ率のみで規定することは困難（規定方法について次ページで検討）

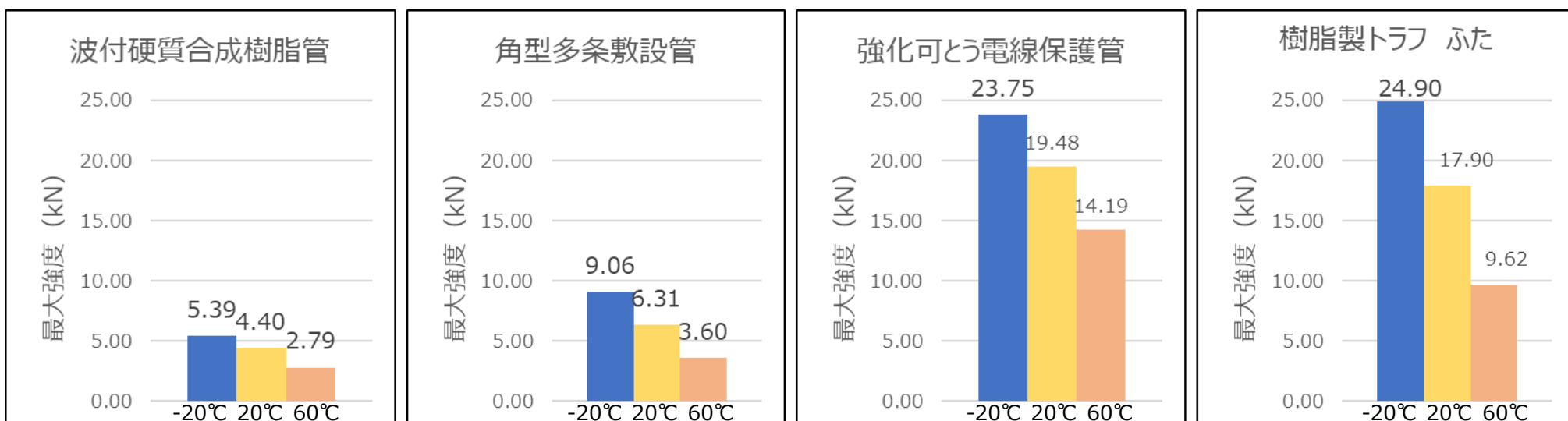


図5-1 圧縮強度試験結果（3社平均※） ※ 強化可とう電線保護管は2社平均 樹脂製トラフは1社

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

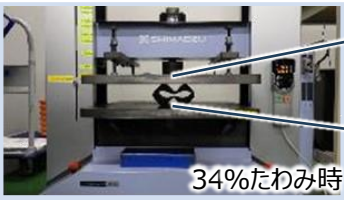
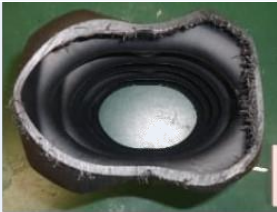
① 高低温環境の影響調査（管路の強度試験）

角型多条敷設管の課題

今回の圧縮強度試験は、管路外径のたわみ率を測定し、ケーブルに影響を及ぼさないたわみ率34%の時の管路状態を確認したが、角型多条敷設管は外径と内径のたわみ率が著しく一致しないため、JESC規格への規定内容について検討が必要となった。

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：角型多条敷設管

	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	
C社		 34%たわみ時	

外径と内径のたわみ率が一致しない

添付資料 3 より抜粋

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

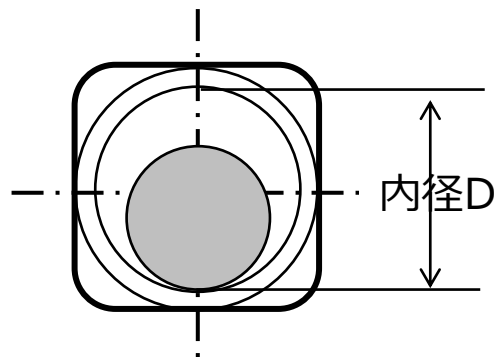
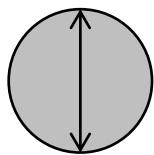
① 高低温環境の影響調査（管路の強度試験）

検討結果

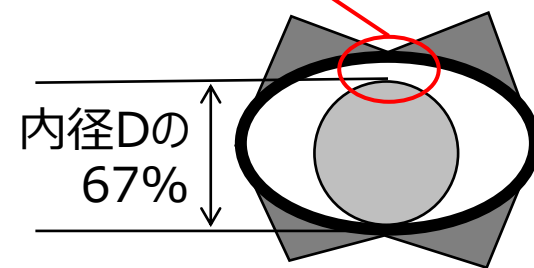
※管路内径Dは、ケーブル仕上がり外径の1.5倍以上とすることを規定しているため、
管路に通線できるケーブルの最大仕上がり外径は管路内径Dの67%となる。

- 試験の一例として、管路内径Dの67%の直径の試験用治具を使用することで、管路変形時にケーブルに管路が干渉するかどうかを確認することが可能と考えられる
- 外径と内径のたわみ率が著しく一致しない管路についても、ケーブル干渉の有無を確認できれば使用可能とする

内径Dの67%の直径を有する
円柱状の治具



規定荷重を加えたときに管路内面と試験治具が接触しないことを確認する。



①試験用治具

②試験用治具の挿入

③圧縮荷重試験

結果として、具体的な試験方法を示すわけではなく、

『規定する圧縮荷重値（3.0kN or 9.0kN）となった時点における管路内径が、試験前の管路内径の67%以上あれば適用可能』を規格に記載することとした。

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（管路の強度試験）

b) 新品管路等の耐衝撃試験結果

温度に関わらず、すべての管路等について、貫通は生じなかった

表5-2 耐衝撃試験（新品）

管路・トラフ	No	呼び径	試験結果 (貫通の有無)		
			-20℃	20℃	60℃
難燃性 波付硬質合成樹脂管	1	100	無	無	無
	2		無	無	無
	3		無	無	無
角型多条敷設管	1		無	無	無
	2		無	無	無
	3		無	無	無
強化可とう電線保護管	1		無	無	無
	2		無	無	無
樹脂製トラフ（蓋）	1	150B	無	無	無

上表について、各管路・トラフのNoと製造者（A・B・C社）は、それぞれ順不同で記載している。

（例えば、難燃性波付硬質合成樹脂管のNo1と、角型多条敷設管のNo1は、同じ製造者とは限らない）

耐衝撃試験結果（新品）の詳細は添付資料3のとおり

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（ヒートサイクル試験）

a) 高圧ケーブルの仕様検討

CVケーブルとCVTケーブル（CVケーブルを3本より合わせたケーブル）の比較を以下に示す。

- CVTケーブルは放熱性能が向上するため、許容電流量を大きくできる
- CVTケーブルは3本より線となっているため、軽量で端末処理も容易

以上のことから、使用する高圧ケーブルについては**CVTケーブルとすることとした**

表5-3 CVとCVTの比較

種類	CV	CVT
構造	三相を一括してシース加工している	三相個別にシースした線をより合わせている
構造図	出典：※1	出典：※2
重量	3.13[kg/m]	2.99[kg/m]

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（ヒートサイクル試験）

b) 高圧ケーブルへの影響調査

凍結融解を30サイクル実施した後、試験ケーブルの解体調査を行い、ケーブル構成部分の外観調査を実施

- すべての管路に収めたケーブルの金属遮へい層に、シワや破断などの異状は見られなかった

表5-4 ケーブルの遮へい層への影響（ヒートサイクル試験後）

管路	No	呼び径	試験結果 (シワや破断の有無)
難燃性 波付硬質合成樹脂管	1	100	無
	2		無
	3		無
角型多条敷設管※	1		無
	2		無
強化可とう電線保護管	1		無
	2		無

※角型多条敷設管については、製品準備が間に合わなかったことから2社で試験を実施。

上表について、各管路・トラフのNoと製造者（A・B・C社）は、それぞれ順不同で記載している。
（例えば、難燃性波付硬質合成樹脂管のNo1と、角型多条敷設管のNo1は、同じ製造者とは限らない）

ヒートサイクル試験結果の詳細は添付資料4のとおり

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査（管路の強度試験）

c) 劣化模擬品（ヒートサイクル試験後の管路）の圧縮強度試験、耐衝撃試験

凍結融解試験30サイクル後の管路に、圧縮強度試験、耐衝撃試験を実施

- 新品と比較して新品とほぼ同等の性能を有していることが確認された

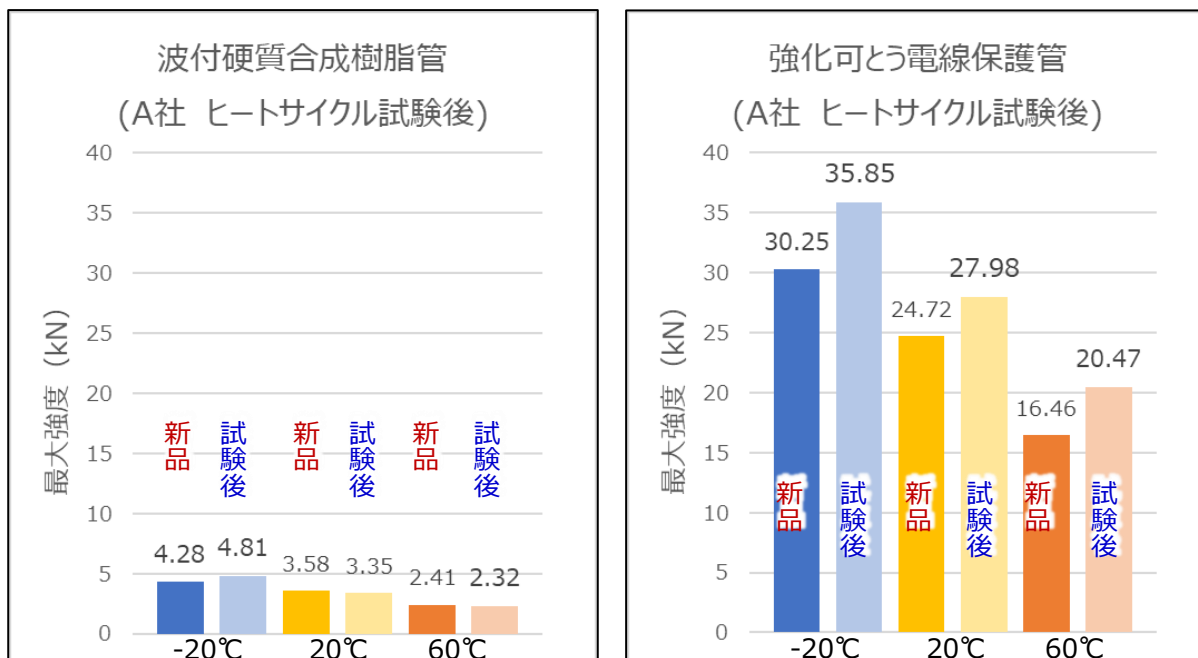


図5-5 圧縮強度試験結果
(グラフに記載の温度は試験時の試験体温度)

表5-6 耐衝撃試験結果

管路	呼び径	試験結果 (貫通の有無)		
		-20℃	20℃	60℃
波付硬質合成樹脂管	100	無	無	無
強化可とう電線保護管		無	無	無

劣化模擬品の強度試験結果の詳細は添付資料5のとおり

5. 調査結果（１）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

②紫外線の影響調査

a) 調査方法の検討

製品の耐候性を評価する方法として促進耐候性試験がある。促進耐候性試験は下図のような試験サンプルに対して強制的に紫外線を照射し、材料の伸び、強度などを調査する方法である。



出典 ゴムノイナキHP

(<https://media.inaki.co.jp/tension>)

ダンベル状試験片



出典 スガ試験機HP

(<https://www.sugatest.co.jp/productlist/%E4%BF%83%E9%80%B2%E8%80%90%E5%85%89%E6%80%A7%E8%A9%A6%E9%A8%93%E6%A9%9Fn25/>)

耐候性試験装置

本事業では、管路等の長期的な性能として紫外線劣化を受けた場合の強度を調査することから、ダンベル試験片ではなく、圧縮強度試験に使用される250[mm]の製品形状で試験することを検討した。しかし、上記の試験方法では10年相当の試験日数が200日に及ぶこと、費用が数百万かかることから、促進耐候性試験以外の方法で調査を進めることとした。

そこで、実現場で使用されている樹脂性管路の有無を各一般送配電事業者へ確認したところ、沖縄電力管内で配電線の立上げ部に樹脂製管路を使用していることから、移設工事で発生した**撤去品の性能を調査**することとした。

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

②紫外線の影響調査

b) 収集した撤去材料

収集した撤去材料は下表のとおり

表5-7 撤去品収集一覧

管種	呼び径	施設年	経過年
波付硬質合成樹脂管	150	2010年8月	13年
		2010年8月	13年
	100	1989年7月	34年

参考：撤去品の現地における設置環境

●施設年：2010年8月

収集場所：〒904-0414

沖縄県国頭郡恩納村前兼久466-1付近



出典 Google Map

●施設年：1989年7月

収集場所：〒904-1201

沖縄県国頭郡金武町金武268-4付近



出典 Google Map

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

②紫外線の影響調査

c) 経年品の圧縮強度試験結果

新品と比較して、13年経過した管路強度は、-20℃で111～112%、20℃で92～101%、60℃で93～95%の耐荷重であり、**ほぼ新品同様の性能であることが確認された。**

新品と比較して、34年経過した管路強度は、-20℃で109%、20℃で103%、60℃で132%の耐荷重であり、**ほぼ新品同様の性能であることが確認された。**

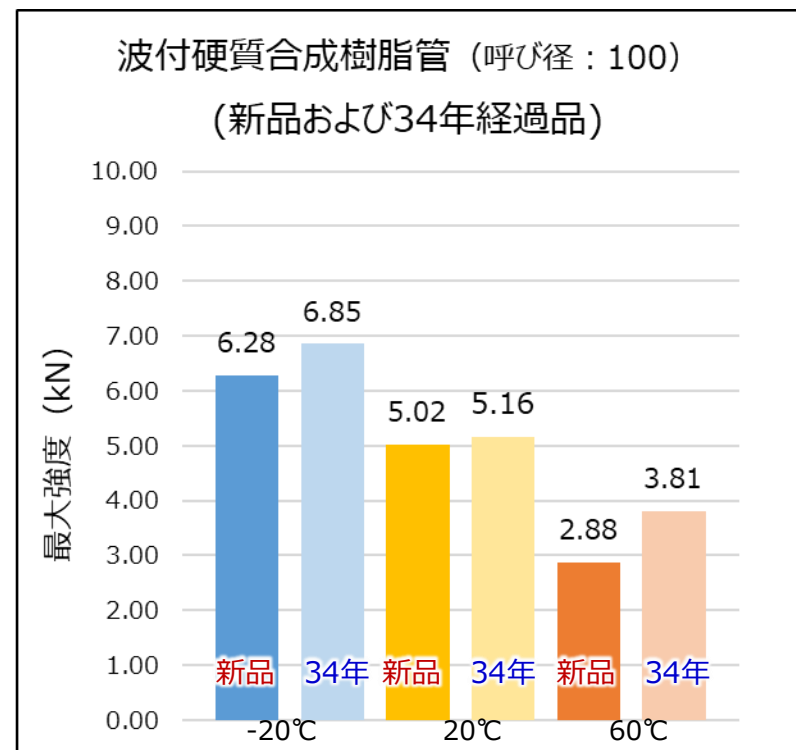
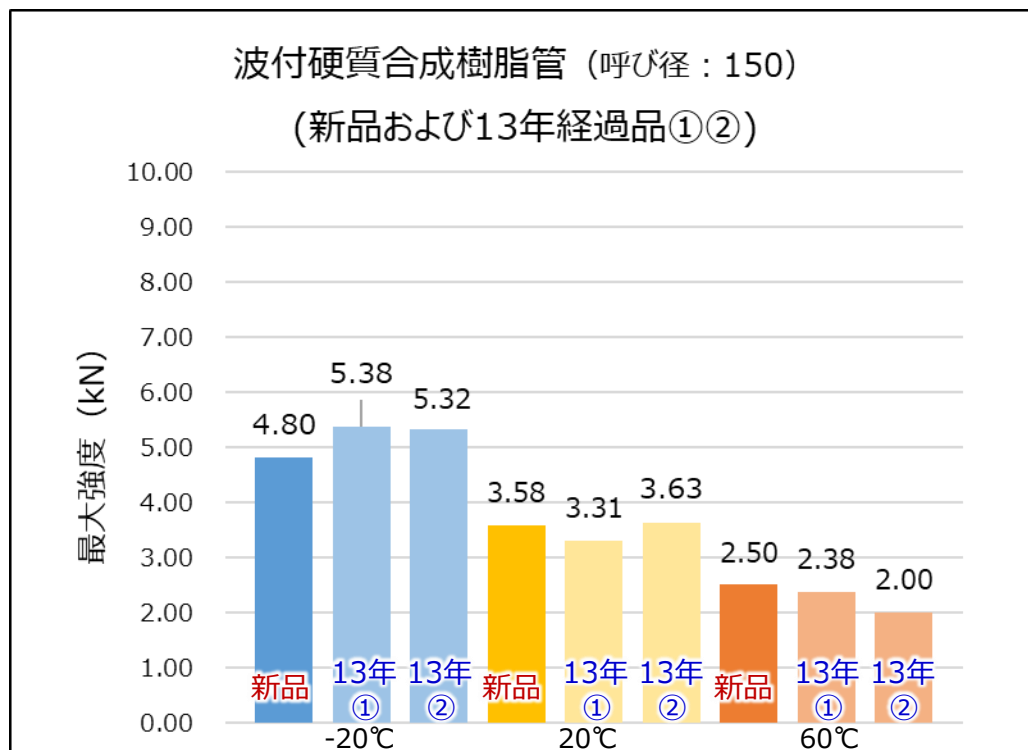


図5-8 圧縮強度試験（経年品）結果

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

②紫外線の影響調査

d) 経年品の耐衝撃試験結果

温度によらず、呼び径150の管路は貫通し、呼び径100の管路は貫通が生じず、**新品と経年品の試験結果に差異は見られなかった。**

呼び径100については試験を満足したが、呼び径150については試験を満足しなかった。なお、呼び径150については新品についても試験を満足していないことから、地上施設にあたっては改良の必要がある。

表5-9 耐衝撃試験（経年品）結果

管路・トラフ	呼び径	経過年	試験結果 (貫通の有無)		
			-20℃	20℃	60℃
難燃性 波付硬質合成樹脂管	150	新品	有	有	有
波付硬質合成樹脂管		13年①	有	有	有
難燃性 波付硬質合成樹脂管	100	新品	無	無	無
波付硬質合成樹脂管		34年	無	無	無

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

③雨水・塩分等の影響調査

a) 雨水・塩分等の管路等への影響について

本事業は、無電柱化を推進する工法の一つとして低コストで施工することを目標としていることから、新仕様の管路を求めるのではなく、既存製品を使用する観点で検討を進めてきた。

既存の管路等が使用されている地中は、酸性雨や海水等塩を含む液体にさらされる場所での使用実績がある。

アルカリの影響については、管路はマンホール等コンクリート構造物に穴をあけて配管することが多く、管路自体がアルカリ性であるコンクリートに直接触れている状態で、長期間の使用実績がある。また、温泉地域のような硫化水素の影響が考えられる場所においても、同様に使用実績がある。



（出典）土井製作所HP
(<https://www.doi-web.com/product/p42/>)

図5-10 電線共同溝用特殊部に使用される管路のイメージ

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

③雨水・塩分等の影響調査

a) 雨水・塩分等の管路等への影響について

○：侵されない ×：使用不可

表5-11 耐薬品性に関するメーカー見解（20℃）（ただし各社の判定が一致しているとは限らない）

メーカー	管路・トラフ	希硫酸	希硝酸	塩化カルシウム	海水	苛性ソーダ
東拓工業	角型多条敷設管	○(10%)	○(10%)	○	○	○(50%)
	難燃性 波付硬質合成樹脂管	○(10%)	○(10%)	○	○	○(50%)
	強化可とう電線保護管	○(10%)	○(10%)	○	○	○(50%)
カナフレックス	角型多条敷設管	○(10%)	○(10%)	○	○	○(50%)
	難燃性 波付硬質合成樹脂管	○(10%)	○(10%)	○	○	○(50%)
	強化可とう電線保護管	○(10%)	○(10%)	○	○	○(50%)
古河電工	角型多条敷設管	○(20%)	○(10%)	—	○	—
	難燃性 波付硬質合成樹脂管	○(20%)	○(10%)	—	○	—
	樹脂製トラフ（本体）	○ 酸性雨模擬液の試験		○	○	—
	樹脂製トラフ（蓋）					

※()内は薬品濃度

※「—」は、メーカーカタログ等における影響調査に関する記載なし

地中管路の耐食性などについては公的な規格がないことから、製造メーカーでは自主試験にて結果を公表している。上表に今回確認した各管路等メーカーの耐薬品性に関する見解を示す。硫化水素については各社未評価だが、文献等により一般的に侵されないものと整理しているメーカーもあった。

既存の管路等について、**現状での使用実績と上表のメーカー見解を踏まえ、通常の使用環境であれば、数年しか持たないようなことは無いと考えられると整理した。**

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

③雨水・塩分等の影響調査

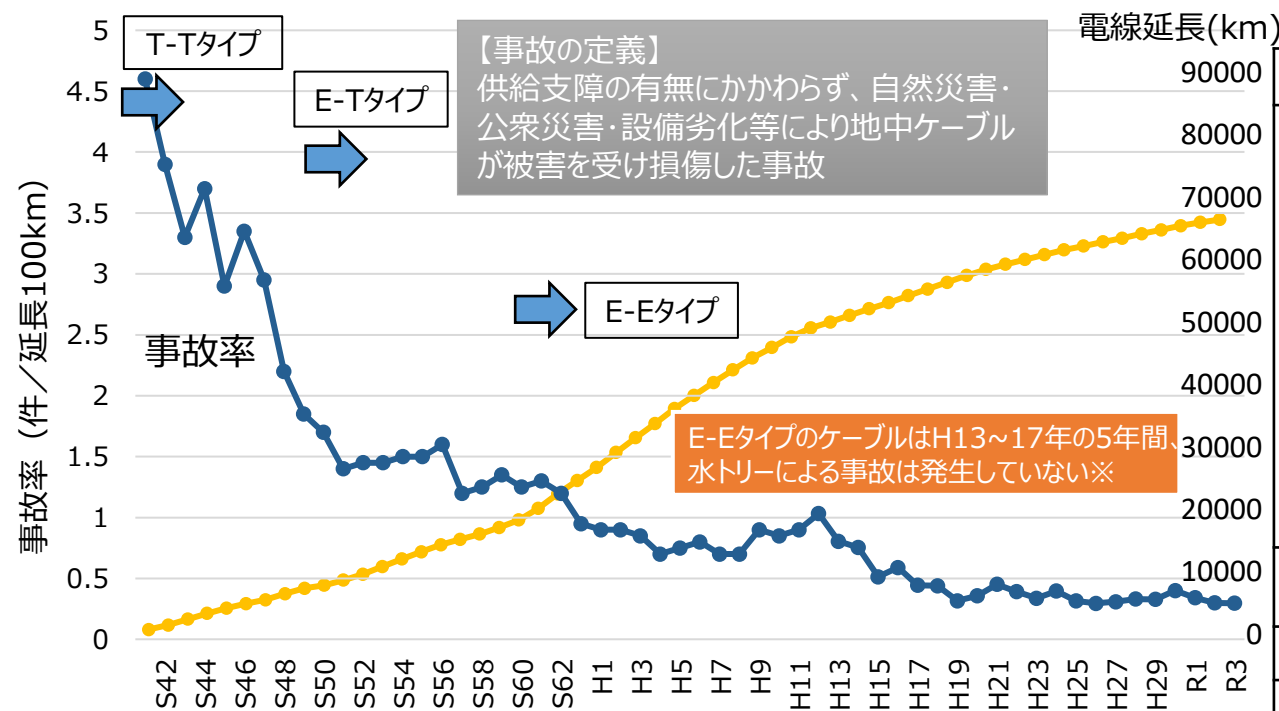
b) 雨水・塩分等のケーブルへの影響の検討結果

- 電力ケーブルを管路内に施設することから、直接雨水以外の影響下にさらされることは考えにくい
- 雨水にケーブルが浸かる状況において、水トリーによるケーブルの絶縁破壊が考えられるが、現状の地中設備においてはマンホール内等でさらされることもあることから、現行保全での状況を踏まえ、影響は軽微と整理した
- ただし、水トリーが発生しにくいとされる、E-Eタイプ（内部半導電層、絶縁体、外部半導電層の三層同時押出）のケーブルを使用することとした

参考 高圧電線路に使用するケーブルの設備量と事故率の推移

③雨水・塩分等の影響調査

- 6kVケーブルはS40年代までT-Tタイプ、S50年代でE-Tタイプ、S60年代以降はE-Eタイプが施設されている（テープ巻き（T-T）、二層同時押出（E-T）、三層同時押出（E-E））
- 6kVケーブルの事故率は、S40年代には4.5件/100kmであったが、現在では0.4件/100km程度となっている



出典：電線延長（電気事業統計）
事故件数（電気事故統計） 高圧⇒「高圧配電線路事故件数表」

表5-13 ケーブル構造及び導入時期

6kVケーブル		
昭和40年以前	PTA、PLZケーブル ・油浸紙絶縁、三線心一括鉛被防水	
昭和40年代	CV CVT（T-Tタイプ）	水蒸気架橋
昭和50年代	CVT（E-Tタイプ）	水蒸気架橋
昭和60年代	CVT（E-Eタイプ）	乾式架橋

出典：電気学会技術報告(Ⅱ部)第404号「地中配電ケーブルの信頼性向上技術」電気学会 1992年1月

（参考：架橋方式について）

CVケーブル製造当初は水蒸気による架橋方式が行われていたが、半溶融のポリエチレンの中に混入した水蒸気が冷却時に凝集し、架橋ポリエチレンの含有水分となったり、又は水分が抜けた跡がボイドになることが水トリーの原因の一つとなっていた。この対策として、水蒸気を用いない乾式架橋方式が確立された。

5. 調査結果（1）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

④その他（草刈り機等による外傷の影響調査）

角型多条敷設管、難燃性の波付硬質合成樹脂管は草刈り機の一度の接触で貫通したため、草刈り機が想定される場所での使用は控える必要があると考えられる

強化可とう電線保護管、樹脂製トラフは、傷は入ったものの貫通はしなかったことから、作業者が誤って草刈り機を接触させたとしても、**ケーブルまで損傷することは無い**と考えられる

表5-14 草刈り機接触試験結果

管路・トラフ	No	呼び径	試験結果			
			20℃		60℃※	
			外傷	貫通の有無	外傷	貫通の有無
難燃性 波付硬質合成樹脂管	1	100	有	有	—	—
	2		有	有	—	—
	3		有	有	—	—
角型多条敷設管	1		有	有	—	—
	2		有	有	—	—
	3		有	有	—	—
強化可とう電線保護管	1		有	無	有	無
	2		有	無	有	無
樹脂製トラフ（本体）	1	150B	有	無	有	無
樹脂製トラフ（蓋）			有	無	有	無

※高温になると樹脂材料は軟化することが圧縮強度試験より判明しているため、20℃で貫通した試験材については60℃環境下を除外とした

上表について、各管路・トラフのNoと製造者（A・B・C社）は、それぞれ順不同で記載している。以下同様。
（例えば、難燃性波付硬質合成樹脂管のNo1と、角型多条敷設管のNo1は、同じ製造者とは限らない）

5. 調査結果（2）屋外環境に地中管路等を施設した場合の地絡事故時の影響調査

地絡試験

a) 試験結果

実際の配電系統と電氣的に同等の条件下で地絡試験を実施した。

判定基準：管路等にアーク熱による貫通が無いこと（ただし、管路内部の一部溶融は許容）

表5-15 地絡試験結果

管路	No	試験結果
難燃性 波付硬質合成樹脂管	1	良
	2	良
角型多条敷設管	1	良
強化可とう電線保護管	1	良
ECVP管	1	良
樹脂製トラフ	1	良

上表について、各管路・トラフのNo1が同一の製造者とは限らない

試験を実施した管路等は、**地絡事故時のアークが管路外部に放出されないことを確認した。**

よって、本試験を実施した管路等は、**電技省令第20条『感電又は火災のおそれがないように施設しなければならない。』に準拠するものと整理した。**

5. 調査結果（2）屋外環境に地中管路等を施設した場合の地絡事故時の影響調査

地絡試験

b) ケーブル・管路等の難燃性

①ケーブルの難燃性

- ケーブルの難燃性に関する試験はいくつかあり、UL1581にて規定される水平燃焼試験、JIS C 3606にて規定される60度傾斜燃焼試験、電気用品技術基準別表第八にて規定される垂直燃焼試験、IEEE std. 383 : 1974にて規定される垂直トレイ燃焼試験があり、後者ほど過酷条件での試験となる。60度傾斜燃焼試験から判定基準に自消性を求めており、また、山地における施設のほとんどは、傾斜して施設されることから、JIS C 3606に準ずることとした
- なお、設備分界点となる地点では、電柱に立ち上げるために垂直施設となることが考えられるが、一般送配電事業者における高圧ケーブルの統一規格では、60度傾斜燃焼試験に合格することを求めており、そのケーブルを使用していることから、垂直施設があるとはいえ、垂直燃焼試験または垂直トレイ燃焼試験を求める必要はないと判断した

②管路等の難燃性

- 地絡試験に使用したすべての管路は、JIS C3653:2004「電力用ケーブルの地中埋設の施工方法」の附属書 1 の「5.2 難燃性試験」に規定される試験方法により実施した際、「2.2 難燃性」に規定される性能を有していることから、地上設置に必要な仕様として求めることとした
- 地絡試験に使用したトラフは、日本電気技術規格委員会規格JESC E7003（2005）「地中電線を収める管又はトラフの「自消性のある難燃性」試験方法」の「2. 技術的規定」に規定する試験に適合していることから、地上設置に必要な仕様として求めることとした

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

a) 管路等の固定方法について

- 管路等を固定する方法として、U字型の杭やL字型のアンクル等を地面に打ち込み固定することを想定しており、アスファルト舗装上に固定することは、本規格検討時における想定からは外れているため、アスファルトやコンクリート上に敷設する場合であって、アンカーボルト等の打ち込みが可能な場合においては、設置者による個別検討とした
- 固定に使用する材料、固定方法、及び固定力は設置環境により異なることから、設置者にて詳細に設計する必要がある。そのため、一般公衆の保安確保と災害防止の観点から、固定において考慮すべき荷重を規定し、その荷重に耐えるようにすることで高圧ケーブルを地上設置することを求めることとした
- 固定力の考え方については、以下のとおりであり、日本電機工業会技術資料JEM-TR165「変圧器基礎ボルトの耐震設計指針」を参考としている
- 下式を基に、運用時に発生する荷重と、施設作業時に発生する荷重を設計し、どちらも満足する固定力を設定すべきと整理

$$M = (T_{\text{各荷重}} \pm T_{\text{自重による荷重}}) \times \text{重心高さ} - T_{\text{固定具と土の摩擦力}} \times \text{固定具の間隔}$$

1つの固定具にかかる荷重の範囲

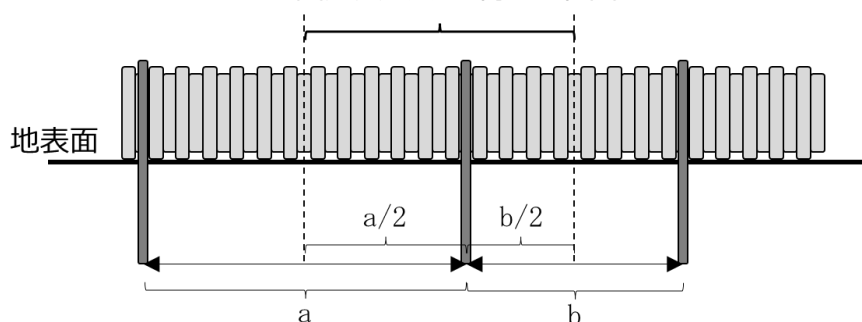


図5-16 一の固定具にかかる荷重

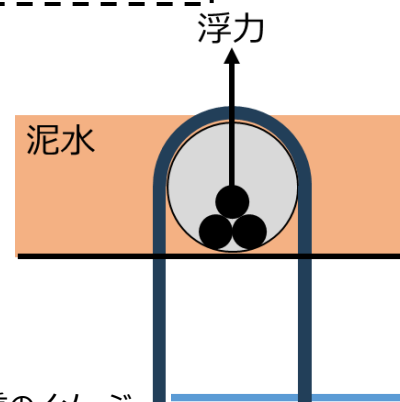
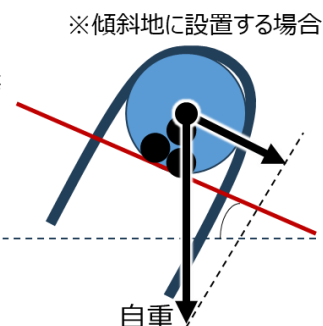
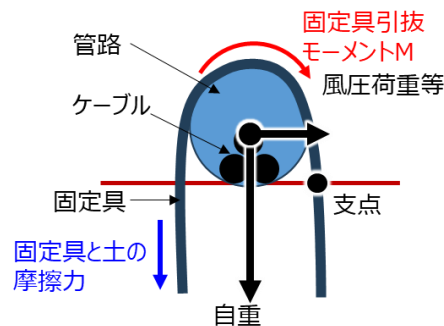


図5-17 管路に生じる各種荷重のイメージ

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b) 固定具にかかる荷重について

- 「施設作業時に発生する荷重」は、自重、ケーブル引き入れ時の側圧荷重、風圧荷重の他、施設場所に応じて想定される荷重とし、自重、風圧荷重、短絡電流が通電した際の短絡機械力、管路が水に沈んだ際の浮力の他、積雪荷重といった施設場所に応じて想定される荷重を「運用時に発生する荷重」とした
- 一つの固定具にかかる各種荷重について算出、または試験を通じて確認を実施した

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b-1) ケーブル入線時の側圧荷重

- ・ ケーブルの施設ルートでわん曲部がある場合、延線時にケーブルをわん曲部に押え付ける力が働き（側圧という）、側圧が大きいとケーブル性能を低下させるので許容側圧以下で延線する必要がある
- ・ 側圧はケーブルメーカーごとに許容範囲を設けている
- ・ 固定具が許容側圧の荷重に耐えることができれば、ケーブル入線時の側圧荷重に耐えることができる

ケーブルの許容側圧

- 丸形ケーブル：300kg/m
- トリプレックス形ケーブル：250kg/m
- 通信ケーブル：基本的には0kgである（設計者と条件要確認）

出典：西日本電線HP

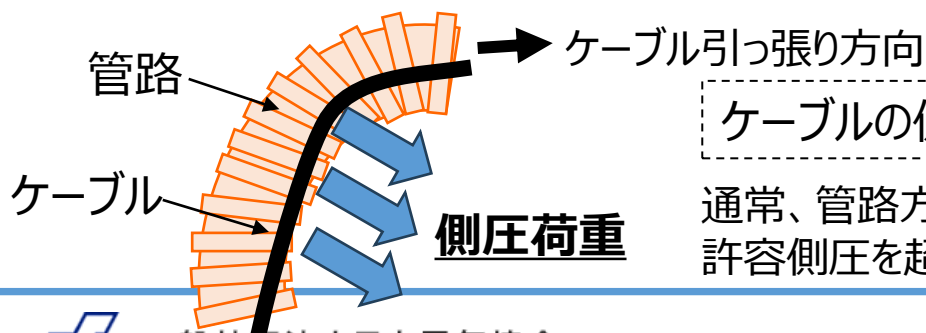
(<https://www.nnd.co.jp/wp-content/uploads/2018/12/handling.pdf>)

ケーブルの種類	許容側圧 (N/m{kgf/m})
単心または一括シース	2,940{300} (4,900{500})
<u>トリプレックス</u>	<u>2,450{250} (4,900{500})</u>

（注1）（ ）内は、新設などの内面が滑らかで、かつ、段差がない管路に適用します。

出典：北日本電線HP

(https://www.kitaniti-td.co.jp/technical/08/01/index08_01.html)



ケーブルの側圧 = ケーブルを引っ張る力（張力）× 曲げ半径

通常、管路方式でケーブル配線する場合は、傾斜を加味した張力を計算し許容側圧を超えないようなルート選定や入線方向を選択している

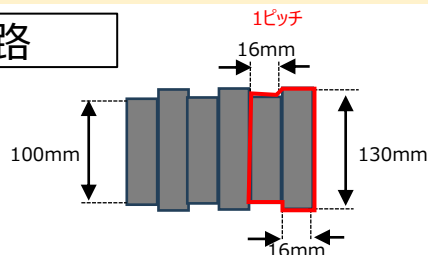
5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b-2) 浮力

- ケーブルの施設状況や気象等の要因により、管路の周囲一帯が水で満たされ、浮力が生じる可能性があることと課題整理したことから、CVTケーブル、波付硬質合成樹脂管、樹脂製トラフをモデルケースに管路に発生する浮力を計算した
- 固定具を引抜く方向へ浮力が生じる計算結果となったことから、考慮すべき荷重に含めることとした

管路



全て水に浸かった場合の管路1mの浮力

浮力の大きさ $F = \rho V g$

(ρ : 流体（泥水）の密度、 V : 物体の体積、 g : 重力加速度)

$$F_{\text{浮}} = 1,100 \text{ kg/m}^3 \times 0.0121 \text{ m}^3 / \text{m} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 111.43 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 / \text{m} \\ = \underline{111.43 \text{ N/m}}$$

管路 + ケーブル1mの自重

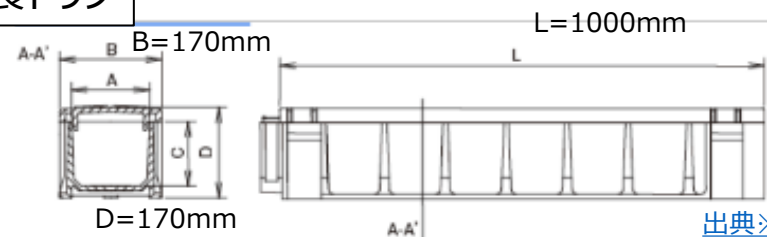
$$F_{\text{重}} = (m_{\text{管路重}} + m_{\text{ケーブル重}}) \times g \\ = (1.0 \text{ kg/m} \times 1 \text{ m} + 2.83 \text{ kg/m} \times 1 \text{ m}) \times 9.8 \text{ m/s}^2 \\ = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 / \text{m} = \underline{37.53 \text{ N/m}}$$

管路がすべて浸かった場合

$$F_{\text{浮}} = 111.43 \text{ N/m} > F_{\text{重}} = 37.53 \text{ N/m}$$

浮力 > 自重のため、管路が完全に浸かってしまった場合は固定具が抜ける方向に力がはたらく

樹脂製トラフ



出典※1

全て水に浸かった場合の樹脂製トラフの浮力

$B \times D \times L$ を樹脂製トラフの体積とする。

$$F_{\text{浮}} = 1,100 \text{ kg/m}^3 \times 0.0289 \text{ m}^3 / \text{m} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \\ = 311.55 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 / \text{m} = \underline{311.55 \text{ N/m}}$$

接続箱 + ケーブル1mの自重

$$F_{\text{重}} = (m_{\text{接続箱重}} + m_{\text{ケーブル重}}) \times g \\ = (10 \text{ kg} + 2.83 \text{ kg/m} \times 1 \text{ m}) \times 9.8 \text{ m/s}^2 \\ = 125.73 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 / \text{m} = \underline{125.73 \text{ N/m}}$$

接続箱がすべて浸かった場合

$$F_{\text{浮}} = 311.55 \text{ N/m} > F_{\text{重}} = 125.73 \text{ N/m}$$

浮力 > 自重のため、トラフが完全に浸かってしまった場合は固定具が抜ける方向に力がはたらく

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

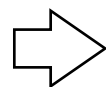
管路等の固定力・固定方法の調査

b-2) 浮力

- 各メーカーにおける樹脂製管路、トラフがすべて浸かった場合における浮力を計算した結果は下表のとおり

表5-18 浮力計算結果				
管路	No	全て浸かった場合の浮力 (N/m)	管路・ケーブル※自重 (N/m)	固定具にかかる浮力 (N/m)
波付硬質合成樹脂管	1	112	40.2	71.8
	2	113	40.0	73.0
	3	113	37.5	75.5
角型多条敷設管	1	126	40.7	85.3
	2	129	39.5	89.5
	3	132	39.2	92.8
強化可とう電線保護管	1	116	51.3	64.7
	2	131	56.7	74.3

トラフ				※ ケーブルの重量：2.83kg/mにて計算
トラフ	全て浸かった場合の 浮力 (N/m)	トラフ+ケーブル※自重 (N/m)	固定具にかかる浮力 (N/m)	
樹脂製トラフ	311.5	125.7	185.8	



管路、トラフがすべて水に浸かった場合、樹脂製管路1mあたり固定具に65～90N程度、樹脂製トラフ1mあたり190N程度が浮力として生じる。

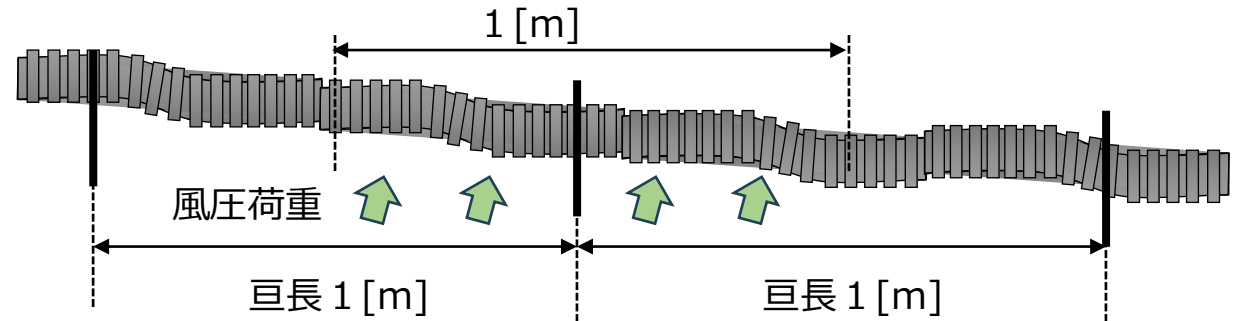
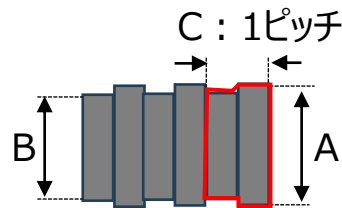
5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b-3) 風圧荷重

- 固定具に係る風圧荷重は、電技における架渉線に係る風圧荷重の考え方を参照し、隣接する固定具との間隔の半分の管路へ風圧により係る荷重が固定具にかかるとした
- 地上設置した管路にかかる風圧は、形状が最も近い架渉線を適用し想定荷重を算出する。（参考として波付硬質合成樹脂管に生じる風圧荷重を以下に示す）

波付硬質合成樹脂管投影面積



波付硬質合成樹脂管の風圧荷重算出結果

管路	外径(mm)	内径(mm)	ピッチ(mm)	風圧荷重※2		
				甲種風圧荷重(N/m)	乙種風圧荷重(N/m)	丙種風圧荷重(N/m)
1	127.8	101	24.8	111	58.6	55.6
2	128	101	25.0	112	59.1	56.1
3	130	100	32.0	112	58.8	55.9

※2甲種風圧荷重：電線の垂直投影面積1m²について980Pa

乙種風圧荷重：電線その他の架渉線にあってはその周囲に厚さ6mm、比重0.9の氷雪が付着した状態に対し、垂直投影面積1m²につき490Pa

丙種風圧荷重：甲種風圧荷重の1/2

波付硬質合成樹脂管では、管路1mあたり甲種風圧荷重エリアで110N程度、乙種風圧荷重エリアで60N程度、丙種風圧荷重エリアで55N程度が固定具を引き抜く方向に生じると整理した。

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b-3) 風圧荷重

各メーカーの樹脂製管路における風圧荷重を計算した結果は下表のとおり。

波付硬質合成樹脂管の風圧荷重算出結果

表5-19 風圧荷重計算結果

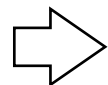
No	外径(mm)	内径(mm)	ピッチ(mm)	風圧荷重		
				甲種風圧荷重(N/m)	乙種風圧荷重(N/m)	丙種風圧荷重(N/m)
1	127.8	101	24.8	111	58.6	55.6
2	128	101	25.0	112	59.1	56.1
3	130	100	32.0	112	58.8	55.9

角型多条敷設管の風圧荷重算出結果

No	外径(mm)	内径(mm)	ピッチ(mm)	風圧荷重		
				甲種風圧荷重(N/m)	乙種風圧荷重(N/m)	丙種風圧荷重(N/m)
1	125	100	49.5	109	57.5	54.6
2	125	100	50.8	112	59.0	56.0
3	125	100	142.3	122	64.0	61.0

強化可とう電線保護管の風圧荷重算出結果

No	外径(mm)	内径(mm)	ピッチ(mm)	風圧荷重		
				甲種風圧荷重(N/m)	乙種風圧荷重(N/m)	丙種風圧荷重(N/m)
1	130	100	37.5	114	60.0	57.1
2	145	100	31.0	119	62.5	59.5



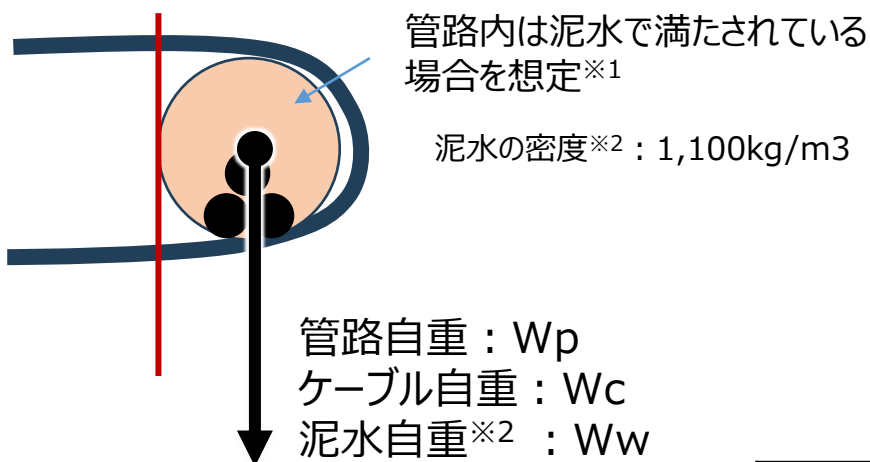
管路1mあたり甲種風圧荷重エリアで110～120N程度、乙種風圧荷重エリアで55～60N程度、丙種風圧荷重エリアで55～60N程度が固定具に対してかかると想定される。

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b-4) 自重

- 最も固定具に荷重のかかる泥水が管路内に入った、傾斜90°の場合について、管路とケーブルの自重による荷重を算出
- 計算結果は下表のとおり



固定具に係る荷重 : $Wp + Wc + Ww$

※1 泥水はケーブルの体積を除く空間が満たされているとして算出

※2 佐世保市産業廃棄物種類別重量換算表

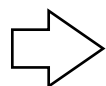
(出典 : https://www.city.sasebo.lg.jp/kankyo/haisid/documents/pdf9_3.pdf)
の汚泥を参照

No	波付硬質合成樹脂管		角型多条敷設管		強化可とう電線保護管	
	重量 (kg/m)	体積 (m ³ /m)	重量 (kg/m)	体積 (m ³ /m)	重量 (kg/m)	体積 (m ³ /m)
1	1.27	0.0103	1.32	0.0116	2.40	0.0107
2	1.25	0.0104	1.20	0.0119	2.96	0.0121
3	1.00	0.0105	1.17	0.0122	—	—
平均	1.17	0.0104	1.23	0.0119	2.68	0.0114

3社平均値により固定具に係る荷重を計算

表5-20 管路・ケーブルの自重 計算結果

	波付硬質合成樹脂管	角型多条敷設管	強化可とう電線保護管
管路自重 Wp (N/m)	11.5	12.1	26.3
ケーブル自重 Wc (N/m)	31.2		
泥水自重 Ww (N/m)	98.9	115	109
$Wp + Wc + Ww$(N/m)	142	158	167



管路内が泥水で満たされた場合、樹脂製管路1mあたり固定具に140～170N程度かかる。

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b-5) 積雪荷重

- 雪の重さは、建築基準法により一般的な地域で積雪量1cmで1m²につき20N（約2kg）以上と定められている。（多雪地域では自治体が個々に定めることとしているおり、参考として滋賀県では積雪量1cmで1m²につき30N（約3kg）以上となっている。）
- 計算結果は下表5-21のとおり

建築基準法における積雪に関する基準について

1. 積雪荷重

- 積雪荷重については、積雪量1cmごとに1m²あたり20N（約2kg重）以上の単位荷重に、屋根の水平投影面積及びその地方における垂直積雪量を受けて計算する。

ただし、多雪区域（垂直積雪量が1m以上の区域等）については、特定行政庁がこれと異なる定めをすることが可能である。

出典：建築基準法における積雪に関する基準について

(<https://www.mlit.go.jp/common/001030519.pdf>)



多雪区域および垂直積雪量の指定

2015年10月1日

（滋賀県告示第433号平成12年6月28日）

1. 多雪区域：垂直積雪量が1メートル以上の区域とし、その単位荷重は、積雪量1センチメートルごとに1平方メートルにつき30ニュートン以上とする。
2. 垂直積雪量：別図に示すとおり

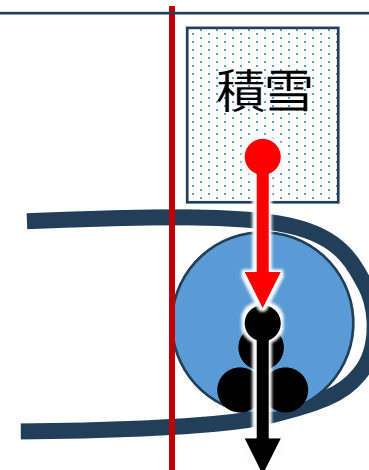
出典：多雪区域および垂直積雪量の指定(滋賀県HP)

(https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kendoseibi/zyuutaku/19335.html#:~:text=%E5%A4%9A%E9%9B%AA%E5%8C%BA%E5%9F%9F%E5%BC%9A%E5%9E%82%E7%9B%B4%E7%A9%8D%E9%9B%AA,30%E3%83%8B%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%83%88%E3%83%B3%E4%BB%A5%E4%B8%8A%E3%81%A8%E3%81%99%E3%82%8B%E3%80%82))

表5-21 積雪荷重の計算結果

管路	No	外径 (mm)	単位長さあたりの表面積 (m ²)	積雪量(m)		
				0.2	0.5	1
				雪による荷重(N/m)		
波付硬質合成樹脂管	1	127.8	0.128	75.2	188	376
	2	128	0.128	75.3	188	376
	3	130	0.130	76.4	191	382
角型多条敷設管	1	125	0.125	73.5	184	368
	2	125	0.125	73.5	184	368
	3	125	0.125	73.5	184	368
強化可とう電線保護管	1	130	0.130	76.4	191	382
	2	145	0.145	85.3	213	426

管路上部に垂直に1m積雪した場合、管路にかかる荷重は1mにつき370～430N程度



※最も固定具に荷重がかかる状況として傾斜角90℃として計算

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b-6) 短絡機械力

実際の配電系統と電氣的に同等の条件下で短絡試験を実施した。

表5-22 地絡試験結果

	固定間隔 (m)	通電電流 (kA)*1	最大 加速度(G)	ケーブル 重量(kg)*2	最大 衝撃力(N)	1mあたりの 最大衝撃力(N/m)
試	2	3.1	4.4	8.1	349	175
1回目	2	13.4	41.3	8.1	3,280	1,640
2回目	2	13.4	36.1	8.1	2,870	1,440
3回目	2	13.2	42.7	8.1	3,390	1,700
試	3	3.1	4.4	10.4	449	150
1回目	3	13.4	37.9	10.4	3,870	1,290
2回目	3	13.4	41.2	10.4	4,200	1,400
3回目	3	13.2	35.1	10.4	3,580	1,190

※1：三相の平均値

※2：ケーブル重量（2.7kg/m）に、養生材の重量を加算した値

ケーブルに加わる短絡機械力は最大で1mあたり1,700Nであった

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

b-6) 短絡機械力

- 短絡機械力は下式により表され、短絡時の電流の二乗に比例して大きくなる
- 試験条件である短絡電流は、配電線計画時に想定している12.5kAとして実施したが、山間部等の線路インピーダンスの高い設置場所においては、12.5kA未満の短絡電流となると考えられる
- 仮に短絡電流が2分の1となった場合に、短絡機械力は約4分の1になるため、固定方法の検討にあたっては、設置場所における短絡電流を考慮する必要があると整理した

$$F = 17.3 \times 10^{-8} \times \frac{I^2}{r} \quad (N/m)$$

I : 短絡電流値（波高値）（A）

r : 導体中心間隔（m）

参考：電力ケーブル技術ハンドブックより一部引用
（出典元には、『導体中心間隔』が『ケーブル中心間隔』と記載されている）

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

c) 固定具の引抜試験

- 固定方法については杭固定式を検証モデルとし、杭の固定力について調査を実施した
- 試験方法は、杭を垂直に引抜く際、テンションメータにより杭の固定力を計測した
- 試験結果は以下のとおり



図5-23 使用した固定具



図5-24 管路固定方法



図5-25 試験状況

表5-26 引抜き試験結果

測定回数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均値
引抜き強度[N]	1,400	2,400	4,100	3,600	1,800	2,600

固定具の引抜荷重は、最大で4,100N、最小で1,400N、平均で約2,600N（U字杭につき片側摩擦力の平均は約1,300N）であった。

固定具は大きく離れない範囲（半径5m内程度）で行ったが、引抜耐力にはバラつきがあった。

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

d) 固定力の計算例

- 必要な固定力の考え方として、計算の一例を記載する
- 固定具と土の摩擦力が試験結果の平均値1,300Nの時、管路1mあたり1本の固定具で十分と考えられる

d-1) 平地に設置する場合に必要な固定力の計算例

波付硬質合成樹脂管（1m設置した場合）

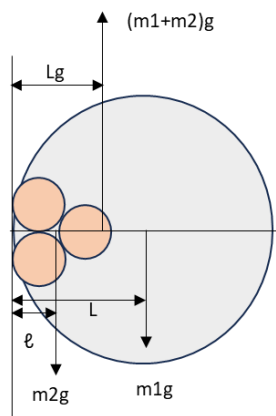
$$M = \text{風圧荷重} \times \text{管路・ケーブルの重心高さ} + (\text{浮力} + \text{短絡の衝撃力}) \times \text{管路半径} - \text{管路・ケーブル自重} \times \text{管路半径} - T \times \text{摩擦係数} \times \text{管路外径}$$

$$M = 111\text{N} \times 0.0164\text{m} + (111\text{N} + 1,700\text{N}) \times 128.6/2 \times 10^{-3}\text{m} - 42.7\text{N} \times 128.6/2 \times 10^{-3}\text{m} - T \times 0.130\text{m}$$

Mがマイナスのとき、固定具は抜けないことから、MがマイナスとなるTの条件は

$$T > \underline{890\text{N}}$$

管路・ケーブルの重心



$m1$: 管路重量 (kg/m)
 $m2$: ケーブル重量 (kg/m)
 L : 管路重心 (管路外径の1/2)
 l : ケーブル重心
 Lg : 管路・ケーブルの重心までの距離
 g : 重力加速度

$$(m1+m2)g \times Lg = m2g \times l + m1g \times L$$

$$Lg = \frac{m1L + m2l}{m1+m2}$$

モーメントの考え方

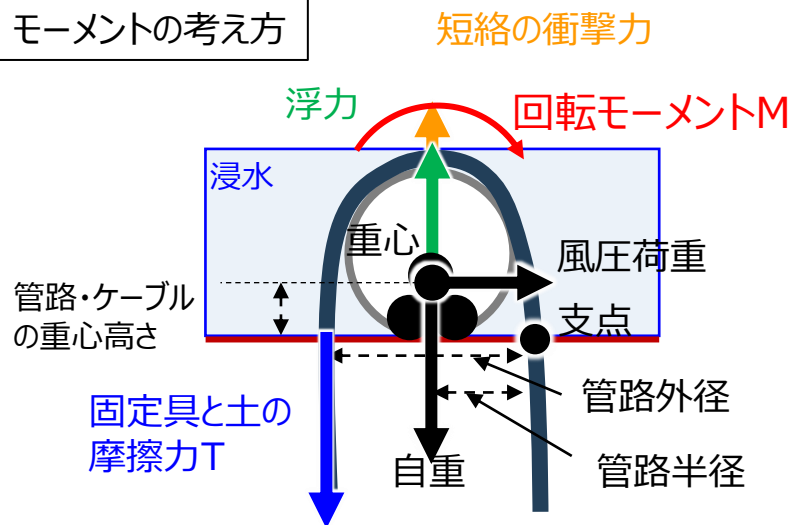


図5-27 固定具の引抜（回転モーメント）イメージ①

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

d-2) 傾斜角90℃の位置に設置する場合に必要な固定力の計算例

波付硬質合成樹脂管（1m設置した場合）

条件1：傾斜地では浮力をはたらかないものとする

条件2：管路内には泥水が満たされているものとする

$$M = \text{風圧荷重} \times \text{管路半径} + (\text{短絡の衝撃力} + \text{管路・ケーブル・泥水自重}) \times \text{管路半径} - \text{摩擦力} \times \text{管路外径}$$

$$M = 111\text{N} \times 128.6/2 \times 10^{-3} + (1,700\text{N} + 142\text{N}) \times 128.6/2 \times 10^{-3} - T \times 128.6 \times 10^{-3}\text{m}$$

Mがマイナスのとき、固定具は抜けにくいことから、MがマイナスとなるTの条件は

$$T > \underline{980\text{N}}$$

モーメントの考え方

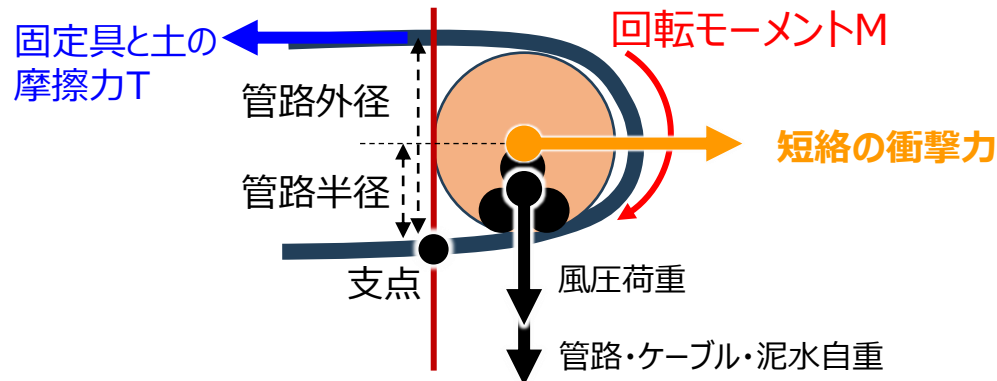


図5-28 固定具の引抜（回転モーメント）イメージ②

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

d-3) ケーブル入線時に必要な固定力の計算例

波付硬質合成樹脂管（1m設置した場合）

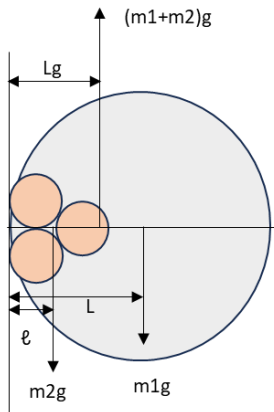
$$M = \text{風圧荷重} + \text{許容側圧} \times \text{管路半径} - \text{管路・ケーブル自重} \times \text{ケーブル・管路の重心までの距離} - T \times \text{管路外径}$$

$$M = (112\text{N} + 2,450\text{N}) \times 128.6/2 \times 10^{-3}\text{m} - 42.7\text{N} \times 0.0181\text{m} - T \times 0.130\text{m}$$

Mがマイナスのとき、固定具は抜けないことから、MがマイナスとなるTの条件は

$$T > \underline{\underline{1,300\text{N}}}$$

管路・ケーブルの重心



$m1$: 管路重量 (kg/m)
 $m2$: ケーブル重量 (kg/m)
 L : 管路重心 (管路外径の1/2)
 l : ケーブル重心
 Lg : 管路・ケーブルの重心までの距離
 g : 重力加速度

$$(m1+m2)g \times Lg = m2g \times l + m1g \times L$$

$$Lg = \frac{m1L + m2l}{m1+m2}$$

モーメントの考え方

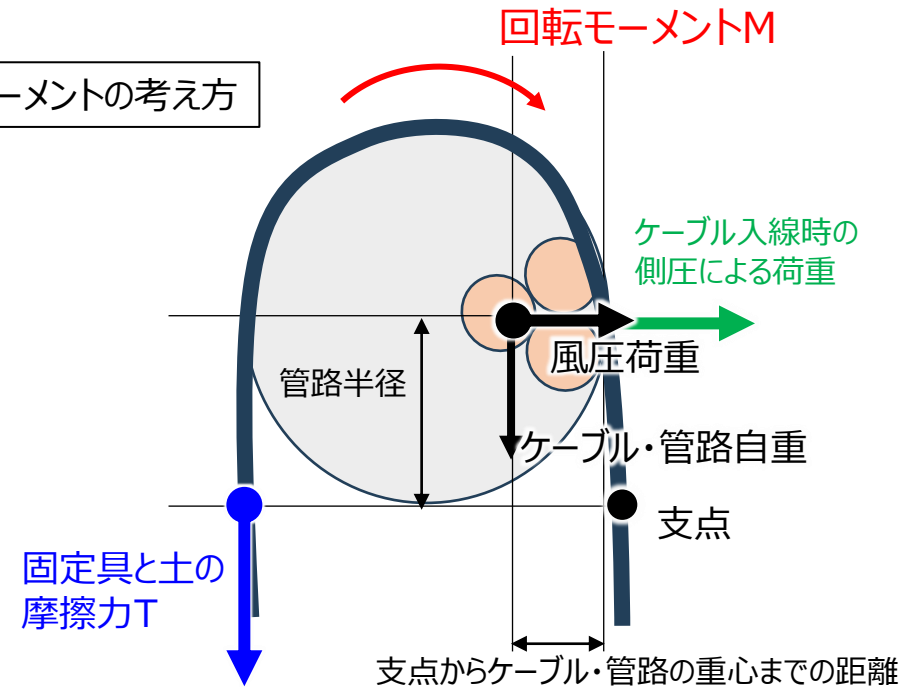


図5-29 固定具の引抜（回転モーメント）イメージ③

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

e) まとめ

- ✓ 各種ケースにおいて必要な固定力を計算し、今回検討した固定具を使用することにより、管路を安全に固定することは現実的であることを確認した
- ✓ ケーブル入線時の側圧については、配線ルートによって異なるため（最大でケーブル許容側圧まで）、風圧荷重や自重、浮力等の合成荷重とケーブル側圧による荷重を比較し、設置者において、どちらの荷重にも耐える固定方法を選定することが必要と整理した
- ✓ 杭の固定力（土と固定具の摩擦力）は、設置場所の土質に応じて異なることから、設置者にて設置環境を調査する必要があると整理した

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

f) 接続箱内でのケーブルの固定について

山地にケーブルを敷設した場合、斜面下方向へのケーブル滑落を防ぐため、また、ケーブルの接続箇所には張力がかからないようにする必要がある※1ため、ケーブルを把持する必要がある。接続箱内でのケーブル固定方法として、トラフ内にケーブルクリートをボルト・ナットで固定する方法を検討した。

※1 メーカ推奨（直線接続部にはケーブルの質量や伸縮による力が加わらないようにする必要がある）

ケーブル固定方法

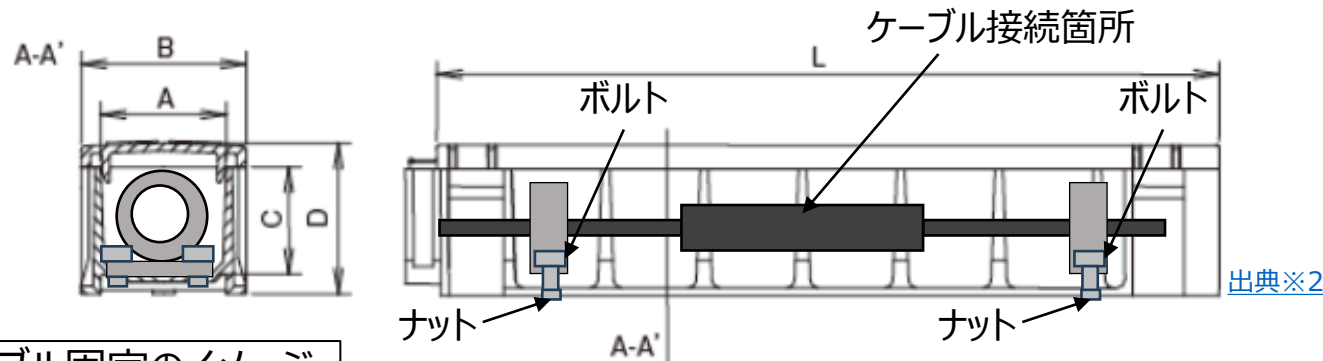


図5-30 接続箱内におけるケーブルクリート固定イメージ（横から）

トラフ内にボルトで固定※4

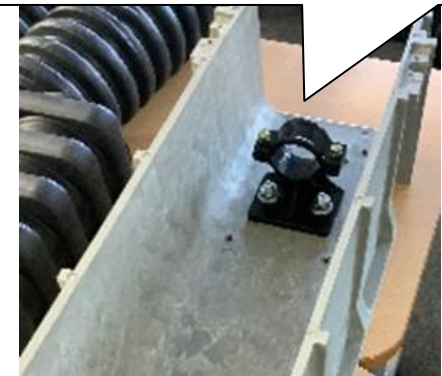


図5-31 ケーブルクリート固定状況

ケーブル固定のイメージ

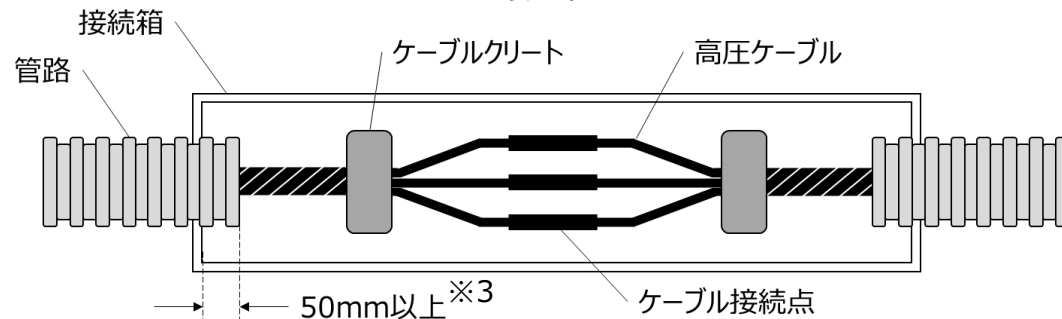


図5-32 接続箱内におけるケーブルクリート固定イメージ（上から）

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

f) 接続箱内でのケーブルの固定について

樹脂製トラフにケーブルブラケットをボルト止めした状態で、耐荷重試験を以下の内容で実施した。

試験材	樹脂製トラフ、ケーブルブラケット※1（CV-T60sq用）
試験方法	樹脂製トラフにクリートに見立てたケーブルブラケットをボルト・ナットで固定し、ケーブルブラケットの中心に荷重をかけることで樹脂製トラフの耐荷重を測定
実施場所	古河電気工業株式会社

試験概要

※1 樹脂製トラフの耐荷重の確認試験のため、調達可能であったケーブルブラケットを使用

- ・ 荷重は垂直荷重とし、ケーブルブラケット中心から圧縮荷重を加える。
- ・ 試験回数は2回とし、最大荷重の平均値を算出する。

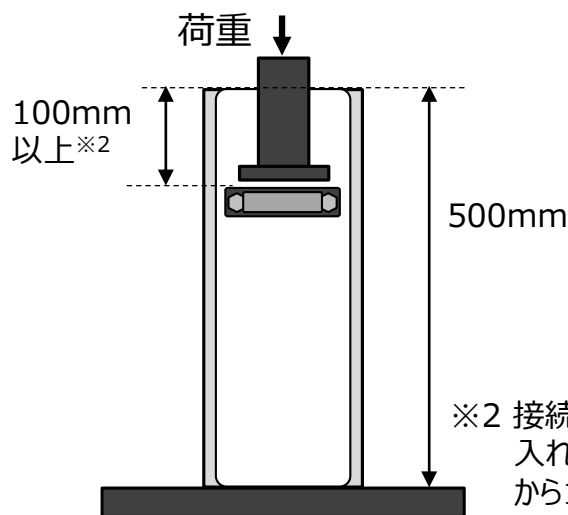


図5-33 耐荷重試験イメージ

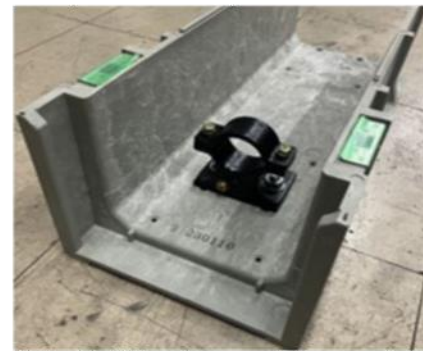


図5-34 試験風景

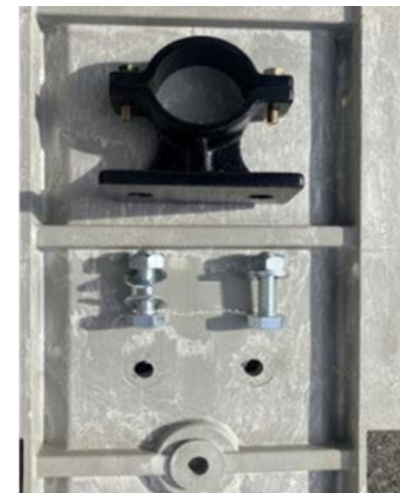


図5-35 使用した部材

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

f) 接続箱内でのケーブルの固定について

樹脂製トラフに亀裂が入り、ケーブルブラケットが斜めになったことで試験機から外れたため、試験終了となった。

試験回数	最大荷重
1 回目	2.4kN
2 回目	3.4kN

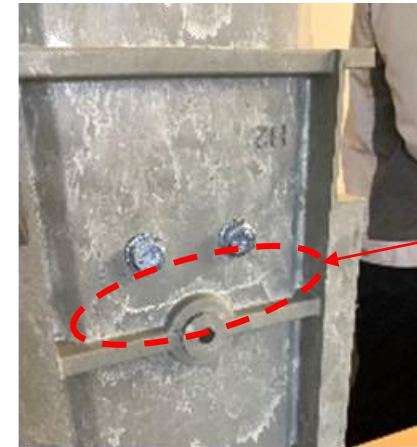
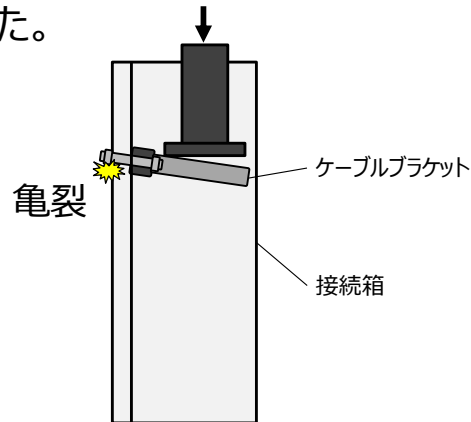


図5-36 試験後のトラフ裏面①

- ✓ 1 回目と2 回目で最大荷重が1kN程度異なった
- ✓ 2 回の施行で最大荷重が異なるのは、樹脂製トラフの構造による影響と考えられる(写真参照)
- ✓ 試験結果から樹脂製トラフにケーブルクリート・ケーブルブラケットを固定する方法は実用可能と考えられる※



図5-37
試験後のトラフ裏面②



図5-38
試験後のトラフ裏面③

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

g) 管路固定方法、配線ルートによるリスク低減方法

- 前年度の検討結果から、屋外に施設する管路等において想定される「草刈り機による外傷」、「倒木」、「落石」、「動物の接触」、「食害」についてそのリスクの低減方法を検討
- 検討結果は下表のとおり（食害は次ページのとおり）

表5-39 リスク低減方法検討結果

検討する 事象	リスク低減可否		固定方法・配線ルートによるリスク低減方法
	固定 方法	配線 ルート	
草刈機による外傷	×	○	- 配管ルート選定時は地主（管理者）へ草刈り有無の聴取も有効と考えられる - 人が通行しない樹木が繁茂している箇所は草刈りのリスクは低い - 草刈り時に管路の存在に気付く色（オレンジ色等）や電圧明記、立て看板（注意喚起表示板）などを踏まえ、管理者、草刈りをする人へ注意喚起を行うことでリスクを低減することができると考えられる
倒木	×	○	施設予定箇所の倒木の可能性があるかどうか、樹木の腐敗・枝葉の状態で施設時点における倒木の危険のある樹木の判定は可能ではないか（地主（管理者）へ確認することも一案）
落石	×	○	道路（通行路）において直接被害を受ける可能性が高い山側ではなく、谷側への配管ルートを優先する（道路（通行路）を経て（ワンクッション）からの谷側での接触であれば、接触の衝撃は抑えられると考えられる）
動物の接触	○	×	- 動物相手に配線ルートでの完全回避は不可と史料（接触に耐えられる固定方法を選定） - U字杭による地面への固定であれば大きな動物の接触リスクは低いのではないか - 動物が走って通過するような面的に広い箇所において、高さがある固定方法は接触の可能性があるので適用せず、埋設もしくはGLに直置きで固定することで接触を回避する

5. 調査結果（3）屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

管路等の固定力・固定方法の調査

g) 管路固定方法、配線ルートによるリスク低減方法

検討する 事象	リスク低減可否		固定方法・配線ルートによるリスク低減方法
	固定方法	配線ルート	
食害	×	×	食害はシロアリ、コウモリガの幼虫、リス等の小動物が考えられるが、固定方法や配線ルートでのリスク低減は困難だが、以下の理由により地上設置による食害リスクの上昇は考えにくい ✓ 地中ケーブルや架空ケーブルが食害の被害を受けることはあるが、件数は僅少 ✓ 本事業では管路内にケーブルを入線することから、架空ケーブルより食害の影響は受けにくいと考えられる ✓ 食害による影響・リスクは現行の設備形態と同等またはそれ以下であり、地上設置によりリスクが上昇することは無いと考えられる

現行の食害による影響（聞き取り結果）

A電力：確認した範囲で、ケーブルの食害による被害は年0.9件程度

（架橋ポリエチレンをシースとするケーブルに限ると、年0.4件程度）下表参照

B電力：確認した範囲で、ケーブルの食害による被害は確認できなかった

表5-40 年度別食害被害件数（A電力）

年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
件数	1	0	1	0	0	1	0	1	2	0	1	0	7	0	0	2	0	0	0	1
ビニル(SV・DV・リード線)			1 (リス)			1 (不明食害)			1 (不明食害)		1 (不明食害)		5 (シロアリ、不明、小動物)			1 (不明食害)				
架橋ポリエチレン(CV)	1 (シロアリと推定)							1 (ネズミ)	1 (リス又はムササビ)				2 (ネズミ、小動物)			1 (不明食害)				1 (ネズミ)

※設備規模：高圧ケーブル：約33,000,000 m、低圧ケーブル：約3,000,000 m、架空引込線:21,000,000 口（電灯・動力）



5. 調査結果（４）管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について

a) 屋外設置できる場所の定義

下表5-41の整理を踏まえて、屋外地上施設できる場所の定義は「人が常時通行することを想定しない、車両の往来が無い山地」とした。

表5-41 屋外施設できる場所についての検討結果

	理由
人の通行を制限	人が管路を踏みつけることにより、管路及びケーブルが外傷を受けるだけでなく、人に危害を加える可能性（足を捻挫する、転倒する等）を除外するため。屋外施設する管路、トラフは、人が乗る荷重に耐えるような強度を規定する必要があるものの、コンクリート製トラフを除いては、断続的に踏まれることまで想定していない。よって、観光客及び登山客の多い場所（登山道に沿うことを含む）への地上設置のほか、登山道を横断するような場合は適用外とした。
車両の往来を制限	地上設置した管路は、運転手からの視認性が悪いこと、車両が路面をはみ出した際にタイヤに踏まれる可能性が高いことがあり、仮に踏まれた場合は、車両重量に耐えず、管路内のケーブルまで潰れて地絡ないし短絡事故に発展する可能性がある。その場合、地絡ないし短絡によるアークにより火災に至り、管路貫通部から火が管路外に回ることが考えられる。また、除雪などの想定することが難しい荷重を受ける場合もあることから車両の往来がある場合は適用外とした。
山地に限定	- 架空と比較して、倒木や飛散物等による断線、停電事故が発生する確率を低減でき、保安の容易性とレシリエンスの向上が見込まれるため - 山地は重機の進入が容易ではない場所が多いため、重機を必要とする架空ないし地中埋設工事と比較して、配電工事のコスト低減が見込まれるため - 人の通行や車両の往来が制限された場所は沿岸部や平地においても考えられるが、それらの場所において想定されるリスクを十分に検討できていないため

5. 調査結果（４）管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について

a) 屋外設置できる場所の定義

島しょ部における山地の道路脇に施設することを想定したものであり、さく、へい等によって車両に踏まれることが無い場所に施設する必要がある。フェンスが途切れている場所や、舗装外でも車両が通ることのできる場所においては、地上施設することはできないこととした。

山地における道路沿い擁壁上部は車両が往来することは不可能な場所であって、管理者以外の通行は考えにくい場所であるため対象となる。なお、擁壁上部が歩道として整備されている場合で、人が常時通行する場所は、本規格の適用外とした。



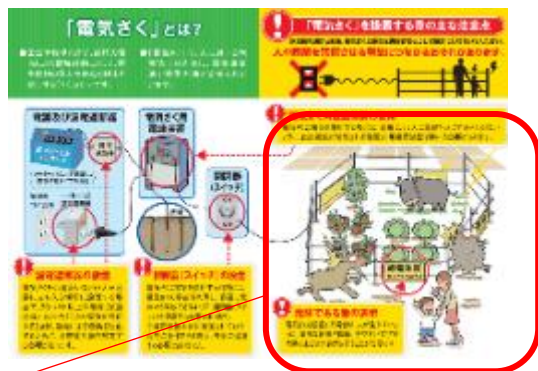
図5-42 山地における高圧地上電線路の施設想定場所のイメージ
(黄線は地上電線路の施設ルート)

5. 調査結果（４）管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について

b) 一般公衆に対する表示

- 公衆安全の観点から踏まえて、地上施設した管路等への看板等の表示方法の検討が必要と整理した
- 電気さくに関する条項（電技解釈第192条）における危険表示に関する記載を参考にした

参考事例 電気さく（電技解釈第192条）



電気設備の技術基準の解釈（20130215商局第4号）

第192条 電気さくは、次の各号に適合するものを除き施設しないこと。

- 一 (略)
- 二 電気さくを施設した場所には、人が見やすいように適当な間隔で危険である旨の表示をすること。
- 三 電気さくは、次のいずれかに適合する電気さく用電源装置から電気の供給を受けるものであること。

電気設備の技術基準の解釈の解説（令和4年4月1日）

第二号は、危険表示の規定である。電気さくに人が接触した際に流れる衝撃電流は瞬間的であり、それ自体、通常は人体に危害を及ぼすものではない。しかし、**高電圧で充電された裸電線という特異な設備**であり、人が接触すると電撃を受けることから、本号の規定を設けている。危険表示の位置や間隔は、人の立入り状況や土地の形状等によるため一律に決定するのは困難であるが、人が容易に視認できる位置や間隔で行う必要がある。また、電気さくを設置する場所に立ち入る人を想定して、容易に判読可能な文字、背景色や記号を利用した表示内容である必要がある。例示すると解説192.1図のとおりである。



出典：経産省、農林水産省パンフレット

(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/tyuikanki/attach/pdf/denkisaku-1.pdf>)

5. 調査結果（4）管路等を屋外施設できる場所の定義及び一般公衆に対する表示について

b) 一般公衆に対する表示

電技解釈第192条の記載を参考に地上施設に必要な表示方法について検討した結果は下表のとおり。

表5-43 一般公衆に対する表示方法の検討結果

項目	電気さく	地上設置	検討時意見
電線の種類	裸電線	高圧ケーブル（遮蔽層付）	
設置方法	裸電線のまま柵に取り付け	管路内に入線	検討結果
想定される公衆災害	感電	人が管路につまづき転倒	✓ 元より設置場所は地面に設置する以上、岩や凹凸があり、そこを往来する人が管路により転倒等することは考えにくい（可能性としては低い）ことから必ずしも、立て看板のような遠くから視認可能な表示は必要ないのではないか ✓ 管路に触れることで感電するかのような誤解を与えないため、「危険表示」ではなく「注意喚起表示」としてはどうか ✓ 耐候性を考慮した文字色とすることが必要 ✓ 施設場所が登山道であれば、外国人も多いことから英語表記が必要ではないか ✓ 管路内に電力ケーブルがあるのか、水があるのか、一般公衆には区別がつかないことから、物件の名称として電力ケーブルであることと、その管理者名を表示は必要
表示方法	危険であることを表示	電力ケーブルであることの表示	
表示箇所	電気さく	状況に応じて、管路に直接表示又は立て看板を設置	✓ 看板は腐食により折れてしまい、それが逆に公衆災害につながる恐れがある
表示間隔	人が見やすいよう適当な間隔	状況に応じて視認できるような適当な間隔	✓ 設置場所に応じて表示箇所・表示間隔は異なるため、設置者の判断が必要

5. 調査結果（5）屋外施設する管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様に関する調査

屋外施設する管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様については、（１）～（４）に整理したとおりである。
なお、整理した事項を、電技解釈および電技解釈の解説の１条文にすべてを記載するのは困難と考え、民間規格（JESC規格）の案を作成し、電技解釈に引用する方向性で進めることとした。

（１）～（４）で整理した事項以外で、必要な仕様について整理した事項を以下に記載する。
電技解釈128条では地上電線路の施設方法について規定されている。電技解釈第128条と、今回検討する民間規格において、規定内容は一致せずとも、規定事項は一致している必要があることから電技解釈第128条とJESC規格（案）の比較を実施した。
その結果、以下の規定を本文へ記載することとした

規格本文

三 前号までに規定する高圧ケーブル、管路、トラフ、接続箱は、次により施設すること。

（中略）

- ホ 金属製の管路、トラフ、接続箱を使用する場合は、D種接地工事を施すこと。ただし、ケーブルを支持する金物類及び防食措置を施した部分についてはこの限りではない。
- ヘ 同一管路、トラフ、接続箱内に、複数のケーブル及び弱電流電線等を施設しないこと。

5. 調査結果（5）屋外施設する管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様に関する調査

電技解釈第128条との比較

第128条 地上に施設する電線路は、次の各号のいずれかに該当する場合に限り、施設することができる。

- 一 1構内だけに施設する電線路の全部又は一部として施設する場合
- 二 1構内専用の電線路中その構内に施設する部分の全部又は一部として施設する場合
- 三 地中電線路と橋に施設する電線路又は電線路専用橋等に施設する電線路との間で、取扱者以外の者が立ち入らないように措置した場所に施設する場合



JESC規格に準拠することにより地上施設できることを規定

2 地上に施設する低圧又は高圧の電線路は、次の各号により施設すること。

- 一 交通に支障を及ぼすおそれがない場所に施設すること。



「車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない」場所に施設することを規定している

二 第123条、第124条及び第125条（第1項を除く。）の規定に準じて施設すること。



第123条【地中電線の被覆金属体等の接地】

これまでのJESC案では、金属管を使用する場合の接地工事を規定できていない
⇒「ホ」にて規定

第124条【地中弱電流電線への誘導障害の防止】

これまでのJESC案では、弱電流電線との離隔を規定できていない ⇒「ヘ」にて規定

第125条【地中電線と他の地中電線等との接近又は交差】

これまでのJESC案では、他の電線との接近・交差を規定できていない ⇒「ヘ」にて規定

5. 調査結果（5）屋外施設する管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様に関する調査

電技解釈第128条との比較

三 電線は、次によること。

イ 使用電圧が低圧の場合は、次のいずれかのものであること。

（イ）ケーブル （ロ）～（ヘ） 略

ロ 使用電圧が高圧の場合は、次のいずれかのものであること。

（イ）ケーブル （ロ）～（ハ） 略



JESC側ではケーブルのみを規定している

四 電線がケーブルである場合は、次によること。

イ 電線を、鉄筋コンクリート製の堅ろうな開きよ又はトラフに収めること。



JESC側で、電線を収めるもの（管路、トラフ）を規定している

ロ イの開きよ又はトラフには取扱者以外の者が容易に開けることができないような構造を有する鉄製又は鉄筋コンクリート製その他の堅ろうなふたを設けること。



JESC側で、接続箱は取扱者以外の者が容易に開けられないことを規定している

ハ 第125条第1項の規定に準じて施設すること。



これまでのJESC案では、他の電線との接近・交差を規定できていない ⇒「ヘ」にて規定

5. 調査結果（5）屋外施設する管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様に関する調査

b) 管路・ケーブル等の強度並びに必要な仕様

- (1)～(5)の検討を踏まえて整理したJESC規格（案）は添付資料9のとおり

5. 調査結果（6）電気設備の技術基準の解釈案の作成

民間規格を引用することとした場合の電技解釈改正案は、以下のとおり。

改正案	現行
【地上に施設する電線路】（省令第5条第1項、第20条、第37条） 第128条 地上に施設する電線路は、次の各号のいずれかに該当する場合に限り、施設することができる。 （中略） 3 地上に施設する特別高圧電線路は、次の各号により施設すること。 （中略） 4 地上に施設する高圧の電線路は、第1項及び第2項の規定にかかわらず、日本電気技術規格委員会規格JESC E●●●●●（202●）「車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない山地に施設する高圧地上電線路」の「1. 適用範囲」「3. 技術的規定」により施設することができる。	【地上に施設する電線路】（省令第5条第1項、第20条、第37条） 第128条 地上に施設する電線路は、次の各号のいずれかに該当する場合に限り、施設することができる。 （中略） 3 地上に施設する特別高圧電線路は、次の各号により施設すること。 （以下、省略）

赤字：電技解釈への追記箇所

本事業にて整理した民間規格（日本電気技術規格委員会規格：JESC規格）の制定案は添付資料9のとおり。

添付資料

- 添付資料1 試験対象の管路等
- 添付資料2 暴露試験結果
- 添付資料3 圧縮強度・耐衝撃試験結果（新品）
- 添付資料4 ヒートサイクル試験結果
- 添付資料5 圧縮強度・耐衝撃試験結果（経年品）
- 添付資料6 草刈り機接触試験結果
- 添付資料7 地絡試験結果
- 添付資料8 短絡試験結果
- 添付資料9 JESC規格（案）

試験対象の管路等

試験対象の管路等

調査対象については、施工性の観点※を踏まえ、下記の製品について調査を実施することとした

※山間部の起伏のある箇所に配管用炭素鋼鋼管やECVP等の可とう性の無い管路を敷設することは困難

種類	地中線防護物				
トラフ	 出典：(株)アゲオHP (http://www.ageo-co.co.jp/case.html) コンクリート製	 出典：古河電工(株)カタログ (https://www.furukawa.co.jp/product/catalogue/pdf/green_p184.pdf) 樹脂製	本年度調査対象		
管路	 配管用炭素鋼鋼管	 ECVP	 出典：カナフレックス コーポレーション(株)カタログ (https://kanaflex.co.jp/wp/wp-content/uploads/2023/08/catalog03.pdf) 波付硬質合成樹脂管	 出典：古河電気工業(株) カタログ (https://www.furukawa.co.jp/product/catalogue/pdf/kanro/kanro_zenbun.pdf) 角型多条敷設管	 出典：東拓工業(株)カタログ (https://www.totaku.co.jp/ebook/cat2_01/#target/page_no=77) 強化可とう電線保護管

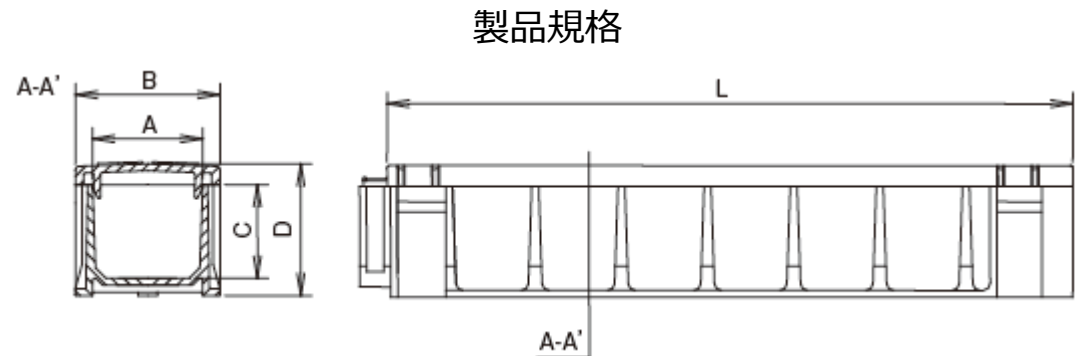
1. 樹脂製トラフ

- 樹脂製トラフとは、従来のコンクリート製トラフと比べ、約1/4の重量と非常に軽量。腐食や塩害に強く、耐久性に優れることから、沿岸地域など多くの場所で使用することが可能。
- 調査対象とした仕様：GT-L150S-N00-0 呼び 150B



樹脂製トラフ（グリーントラフ）

出典：古河電気工業(株)HP
<https://www.furukawa.co.jp/recycle/products/traf/>



	寸法[mm]				
呼び	A	B	C	D	L
150B	160	210	135	190	1035

寸法公差は省略

2. 波付硬質合成樹脂管

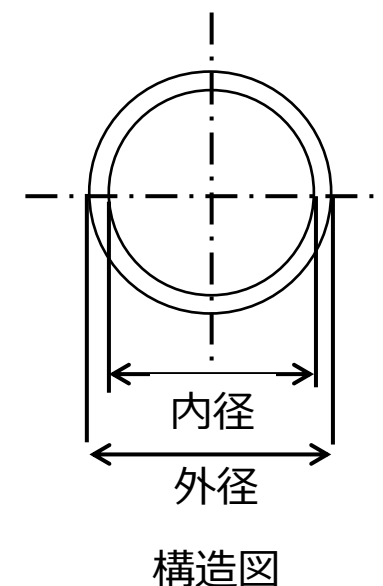
- 波付硬質合成樹脂管とは、ポリエチレンを素材とした樹脂性の可とう管であり、電力用ケーブルや通信線の防護物である。
- 樹脂製のため、軽量かつ可とう性、自消性があり、直線路から曲線部まで幅広い範囲で利用できる。
- 本検討では、他の製品との比較などを実施するため呼び径100の製品とした。
- JIS C 3653：2004 電力用ケーブルの地中埋設の施工方法 附属書1（規定）波付硬質合成樹脂管に準拠 呼び径 100

波付硬質合成樹脂管



出典：カナフレックスコーポレーション(株)カタログ
<https://kanaflex.co.jp/wp/wp-content/uploads/2023/08/catalog03.pdf>

		寸法[mm]	
メーカー	呼び径	外径	内径
A社	100	127.8	101.0
B社	100	128	101
C社	100	130	100



3. 角型多条敷設管

- 角型多条敷設管とは、ポリエチレンを素材とした樹脂性の可とう管であり、電力用ケーブルや通信線の防護物である。
- 角形形状のため、管路を積み上げることができ、また軽量かつ可とう性、自消性があり、直線路から曲線部まで幅広い範囲で利用できる。
- 本検討では、他の製品との比較などを実施するため呼び径100の製品とした。
- JIS C 3653：2004 電力用ケーブルの地中埋設の施工方法 附属書3（規定）管路式電線路に使用する管に準拠 呼び径 100

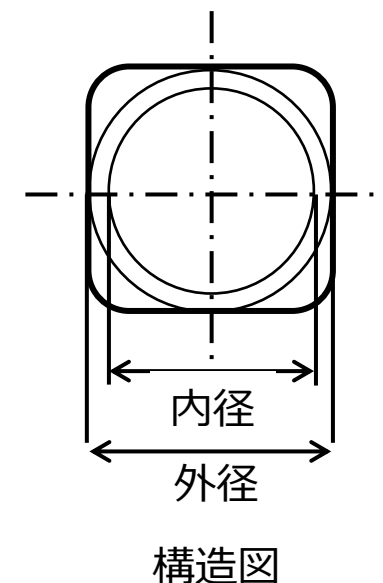
角型多条敷設管



出典：古河電気工業(株)カタログ

(https://www.furukawa.co.jp/product/catalogue/pdf/kanro/kanro_zenbun.pdf)

		寸法[mm]	
メーカー	呼び径	外径	内径
A社	100	125	100
B社	100	125	100
C社	100	125	100



4. 強化可とう電線保護管

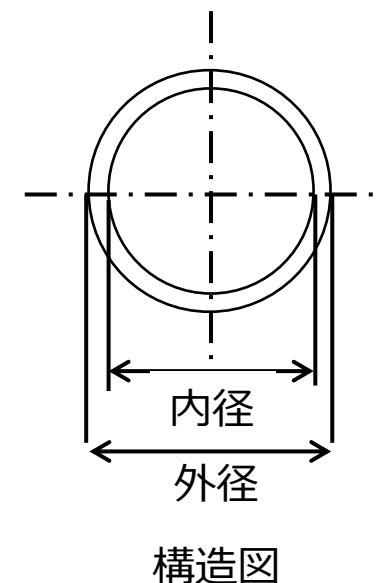
- 強化可とう電線保護管とは、ポリエチレンと鋼材を素材とした可とう管であり、電力用ケーブルや通信線の防護物である。
- 樹脂と鋼材の複合体のため、耐荷重に優れ、可とう性、自消性があり、直線路から曲線部まで幅広い範囲で使用できる。
- 本検討では、他の製品との比較などを実施するため呼び径100の製品とした。
- JIS C 3653：2004 電力用ケーブルの地中埋設の施工方法 附属書3（規定）管路式電線路に使用する管に準拠 呼び径 100

強化可とう電線保護管



出典：東拓工業(株)カタログ
https://www.totaku.co.jp/ebook/cat2_01/#target/page_no=77

		寸法[mm]	
メーカー	呼び径	外径	内径
A社	100	130	100
B社	100	145	100



暴露試験結果

暴露試験結果

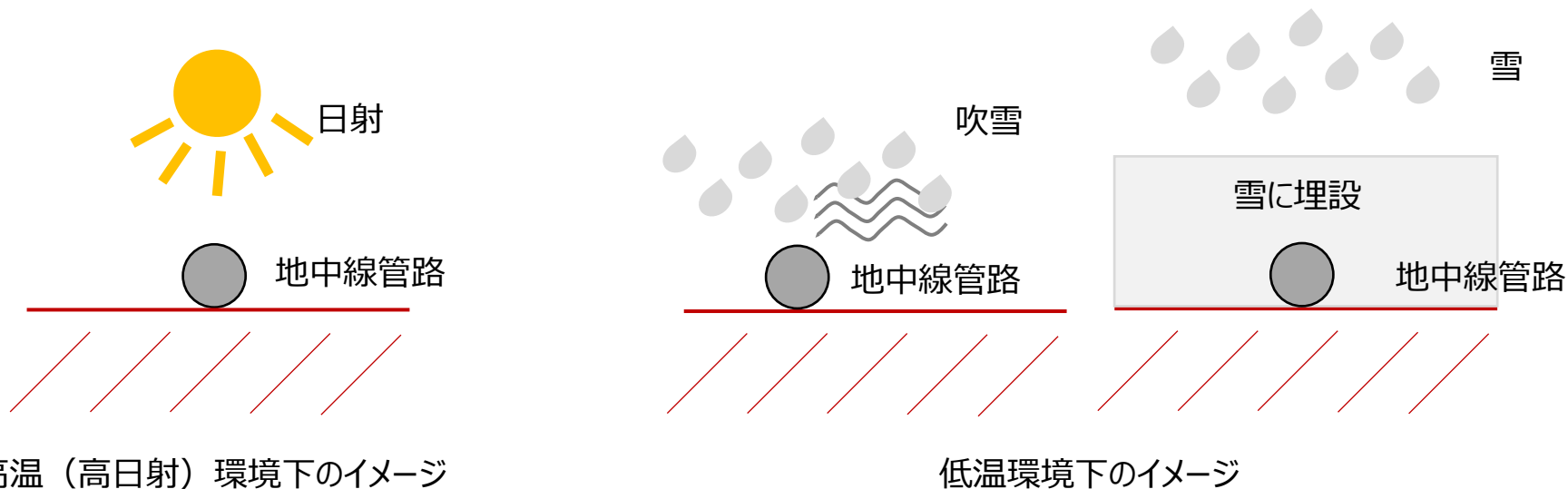
(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査

a) 管路等の常規使用温度の調査

地中管路等を屋外に設置した場合、外気温や日射の影響を受け、地中埋設よりも高温および低温環境にさらされる。そのため、暴露試験を行い、屋外設置における管路等の常規使用温度について調査することとした。

なお、高温環境下については日射の影響を受けることを想定し、低温環境については吹雪や雪に埋設されることを想定して暴露試験を実施することとした。



暴露試験結果

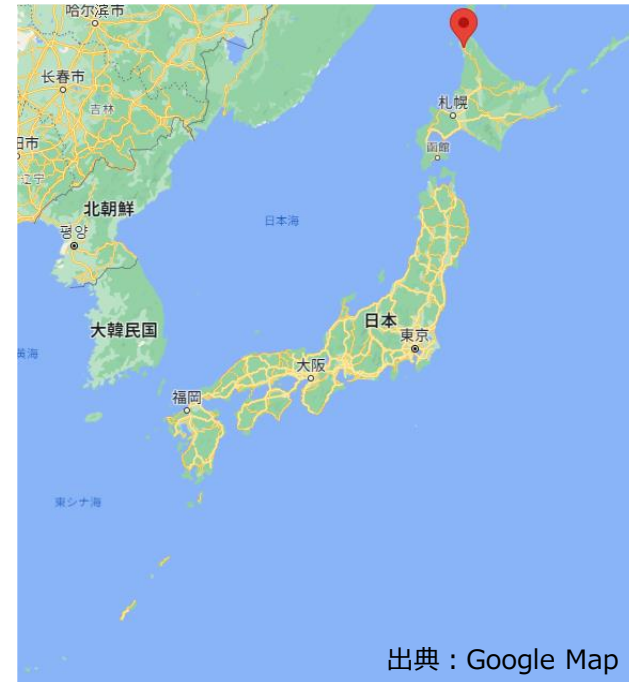
a) 管路等の常規使用温度の調査

高温（高日射）環境下は、気温が高く日射量が多い沖縄県石垣市(沖縄電力(株)殿敷地内)で暴露試験を実施した。

低温環境下は、気温が低く積雪が多い北海道豊富町(株)関電工殿道北営業所敷地内)で実施した。



高温環境下 暴露試験場所



低温環境下 暴露試験場所

暴露試験結果

a) 管路等の常規使用温度の調査

地中管路等を屋外に設置した場合、地中埋設よりも高温環境にさらされるおそれがある。そのため、屋外設置における管路等の常規使用温度について調査を行った。

地中管路等の代表的な試験温度は、 $-5\sim 60[^\circ\text{C}]$ の範囲である。また、代表的な配電設備である変圧器や開閉器の使用温度は $-20\sim 40[^\circ\text{C}]$ となっている。以上を踏まえ、地中管路等の**常規使用温度を $-20\sim 60[^\circ\text{C}]$** として検討することとした。

代表的な管路の試験温度

管路材の規格	上限温度 [$^\circ\text{C}$]	強度試験温度 [$^\circ\text{C}$]	衝撃試験温度 [$^\circ\text{C}$]
JIS C 8430 硬質ポリ塩化ビニル電線管	60	23 ± 2	-5
JIS C 3653 電力用ケーブルの地中埋設の施工方法		23 ± 2	
CCB E003-1 ECVP(低コスト新電力管)		23 ± 2	0、60

代表的な配電設備の使用範囲

代表的な配電設備	使用温度[$^\circ\text{C}$]
JIS C 4605 交流負荷開閉器	$-20\sim 40$
JIS C 4304 配電用6 kV油入変圧器	$-20\sim 40$

暴露試験結果

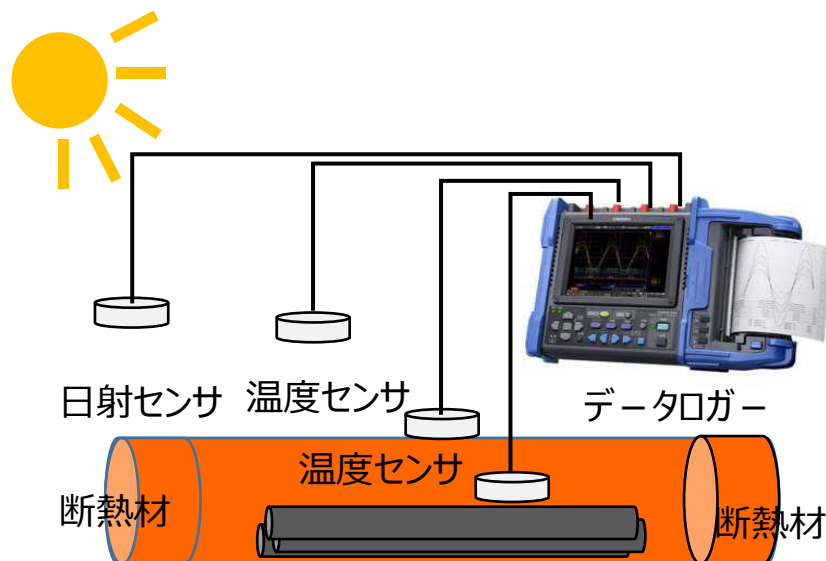
a) 管路等の常規使用温度の調査

a-1) 調査方法

地中線管路等を屋外に設置して、各管路表面温度、各管路内温度の他、気温、湿度、日射量を測定・収集し、それらのデータを用いて地中線管路等の表面温度・内部温度の上限値を調査することとした。調査のステップは以下の通り。

STEP1_暴露試験によるデータ収集

温度センサを取り付け、管路表面温度、管路内温度、及び環境データの1時間平均値を記録する。



暴露試験方法のイメージ

測定データのイメージ

	CH1	CH2	CH3		CH14
	To	Tu	Wt)		St
	[°C]	[°C]	[kW/m2]		[H]
2023/11/1 10:00	26.1	36.5	3.5		0.8
2023/11/1 11:00	26.5	38.5	3.5		0.6
2023/11/1 12:00	27.1	39.5	3.5		0.7
2023/11/1 13:00	27.4	40.5	3.5		0.5
2023/11/1 14:00	27.2	39.5	3.5		0.2
2023/11/1 15:00	26.1	36.5	3.5		0.5

暴露試験結果

a-1) 調査方法

STEP2_マスターデータベースの作成

暴露試験で測定したデータと気象庁データを統合したマスターデータベースを作成する。

暴露試験データ

	CH1	CH2	CH3	CH4
	To	Tu	Wt	St
	[°C]	[°C]	[kW/m2]	[H]
2022/11/1 10:00	26.1	36.5	3.5	0.8
2022/11/1 11:00	26.5	38.5	3.5	0.6
2022/11/1 12:00	27.1	39.5	3.5	0.7
2022/11/1 13:00	27.4	40.5	3.5	0.5
2022/11/1 14:00	27.2	39.5	3.5	0.2
2022/11/1 15:00	26.1	36.5	3.5	0.5

「過去の気象データ」気象庁HPより(出典: <https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>)

那覇 2022年7月(日ごとの値) 主要要素

日	気圧(hPa)		降水量(mm)				気温(°C)			湿度(%)	
	現地	海面	合計		最大		平均	最高	最低	平均	最小
	平均	平均	1時間	10分間	1時間	10分間					
1	1004.1	1009.8	7.0	3.5	1.5		27.1	28.9	24.6	88	78
2	998.7	1004.3	26.5	20.0	8.5		26.8	29.5	25.0	89	73
3	997.7	1003.4	33.5	12.0	7.5		26.5	29.5	24.6	92	77
4	1000.7	1006.4	0.0	0.0	0.0		28.9	31.7	26.3	85	69
5	1003.4	1009.1	0.5	0.5	0.5		28.7	31.4	27.1	86	73
6	1005.3	1011.0	2.0	1.0	1.0		28.7	31.9	26.4	86	71
7	1006.0	1011.6	—	—	—		29.2	32.3	27.2	83	66
8	1003.7	1009.3	0.0	0.0	0.0		29.3	31.8	27.7	84	73
9	1000.9	1006.5	1.0	1.0	1.0		29.8	32.2	28.1	85	71

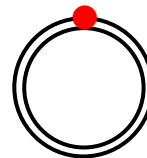
那覇 2022年7月(日ごとの値) 詳細(風・日照・雪・その他)

日	風向・風速(m/s)								日照 時間 (h)	全日日射量 (MJ/m ²)
	平均 風速	最大風速		最大瞬間風速			最多 風向	合計		
		風速	風向	時分	風速	風向				
1	5.9	9.4	東	17:39	13.4	東	17:31	東	2.3	10.53
2	6.1	10.2	北北西	19:47	16.7	北	18:24	北	0.8	10.88
3	7.6	14.0	南西	01:41	22.5	西南西	02:46	南南西	2.2	13.83
4	4.6	6.8	南南西	13:23	9.4	南南西	13:21	南西	11.1	27.05
5	4.7	8.1	南南東	11:28	10.6	南	13:04	南南東	7.7	22.57
6	4.4	8.6	南南西	12:18	12.1	南南西	12:10	南	7.7	21.32
7	3.4	5.7	西南西	14:59	7.5	南南西	13:59	南	9.3	22.77
8	3.9	6.5	西南西	16:35	8.6	南西	16:45	西南西	9.6	23.54
9	5.5	9.2	西南西	14:32	12.5	西南西	13:58	西南西	9.3	25.08
10	4.2	6.5	西北西	11:23	9.3	西北西	11:19	西南西	12.3	27.85

マスターデータベース

STEP3_多変量解析にて近似式を作成

測定データから多変量解析にて近似式を求め、気象庁の気象データから年間を通した管路表面温度を推定する。



$$T_u = T_{ox} + W_{tx} + S_{tx} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

近似式のイメージ

暴露試験結果

a) 管路等の常規使用温度の調査

a-2) 高温環境下の常規使用温度の調査

地中管路等の常規使用温度の上限値を調査するため、高温エリアでの暴露試験を沖縄電力(株)殿八重山支店敷地内で実施した。

暴露試験概要

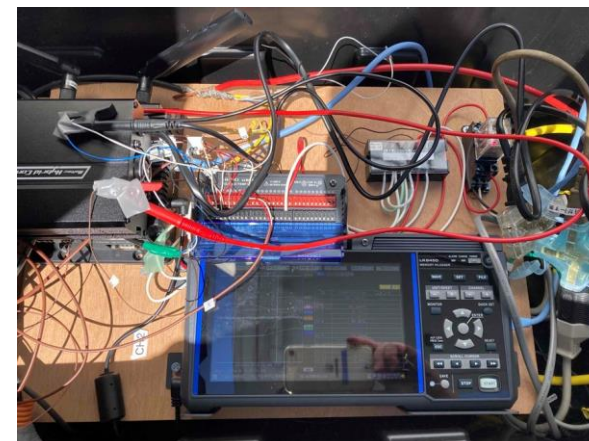
暴露試験場所	暴露期間
沖縄電力(株) 八重山支店 沖縄県石垣市字大浜441-2	2023年9月4日～2023年10月30日



暴露試験設備構築状況



管路等の設置状況



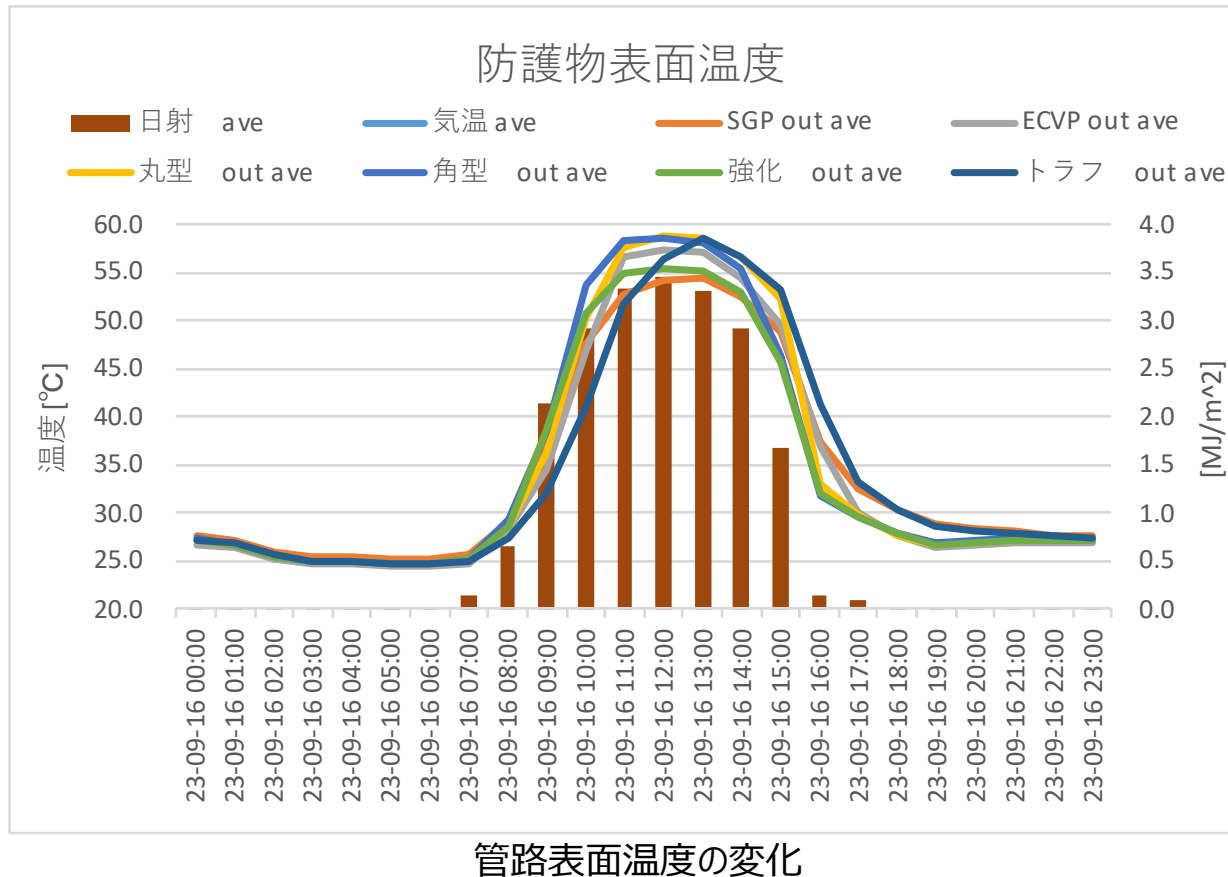
データロガー

暴露試験結果

a-2)高温環境下の常規使用温度の調査

暴露試験の結果、管路等の表面温度は、昼間は日射を受け温度が上昇し、夜になると温度が低下するという傾向が確認された。

代表例として、2023年9月16日（晴天）のデータを以下に示す。



※丸型：波付硬質合成樹脂管
 角型：角型多条敷設管
 強化：強化可とう電線保護管
 トラフ：樹脂製トラフ

暴露試験結果

a-2)高温環境下の常規使用温度の調査

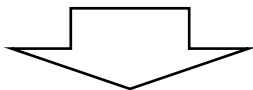
2023年9月6日～10月29日までの測定における地中線管路等の表面温度は以下の通りであった。
(1時間平均値)

管路等の表面温度

	SGP	ECVP	波付硬質 合成樹脂管	角型多条 敷設管	強化可とう 電線保護管	樹脂製 トラフ
平均温度 [℃]	30.0	29.5	30.1	30.0	29.8	29.8
最高温度 [℃]	55.7	58.8	62.0	59.9	57.0	59.6

本年度の検討対象

- 表面平均温度、表面最高温度は、波付硬質合成樹脂管が最も高かった。
- 金属製管路よりも樹脂製管路の温度が高くなる傾向が確認された。



以上の結果より、

高温環境下の常規使用温度については、波付硬質合成樹脂管をモデルとして評価をすることとした。

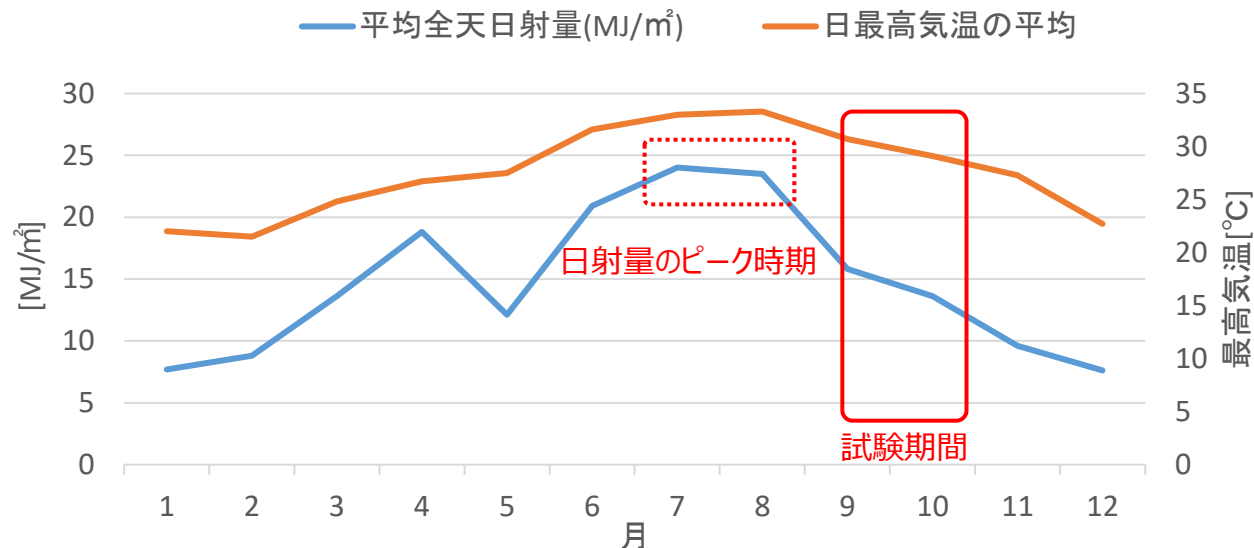
暴露試験結果

a-2)高温環境下の常規使用温度の調査

過去の気象データ（気象庁）※¹における2022年度の石垣市月別平均全天日射量と月別日最高気温の平均のグラフを以下に示す。

気象庁のデータでは、日射量と最高気温のピーク時期は6月～8月であった。

しかしながら、本試験は2023年9月から開始したため、日射量のピーク時期を過ぎていることから、暴露試験期間のデータをもとに、年間を通した管路表面温度を推定することとした。



月別平均日射量（グラフは2022年のデータ）

暴露試験結果

a-2)高温環境下の常規使用温度の調査

管路の表面温度を目的変数とし、説明変数として、気温、相対湿度、日射量を用いて重回帰分析を行い近似式を求めた。

重回帰分析の結果、重相関係数は0.996で強い相関であることが確認された。

また、管路表面温度の近似式は以下となった。

$$\text{管路表面温度}[\text{℃}] = \text{気温}[\text{℃}] \times 1.206 - \text{湿度}[\%] \times 0.114 + \text{日射}[\text{MJ/m}^2] \times 7.464$$

管路表面温度

目的変数名	重相関係数	寄与率R^2	R^2	R**^2
※ 丸型 out ave	0.996	0.992	0.992	0.992
	残差自由度	残差標準偏差		
	1292	2.746		
説明変数名	分散比	P値（上側）	偏回帰係数	標準偏回帰
定数項	6.9087	0.009	-	
気温 ave	2069.2448	0	1.206	0.258
湿度 ave	151.5522	0	-0.114	-0.126
日射 ave[MJ/m^2]	3876.0249	0	7.464	0.727

※丸形は波付硬質合成樹脂管の略称

解析ソフト JUSE StatWorks /V5

相関の目安

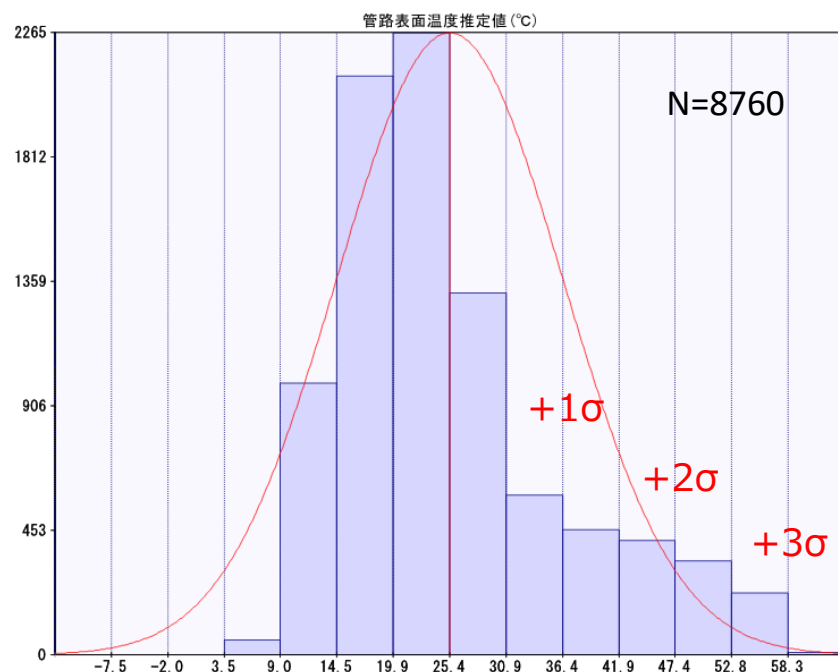
エリア	関係の強さ
0.7～1.0	強い相関
0.4～0.7	中程度の相関あり
0.2～0.4	弱い相関あり
0～0.2	ほとんど相関がない

暴露試験結果

a-2)高温環境下の常規使用温度の調査

波付硬質合成樹脂管の管路表面温度を重回帰分析した近似式を用いて、2022年1月1日～12月31日までの1年間の管路表面温度を推定したヒストグラムに示す。(1時間平均値)

- 管路表面温度は、 $+2\sigma$ が約47[°C]、 $+3\sigma$ が約58[°C]であった。
- 高温エリアの常規使用温度としては、60[°C]が妥当と考えられる。

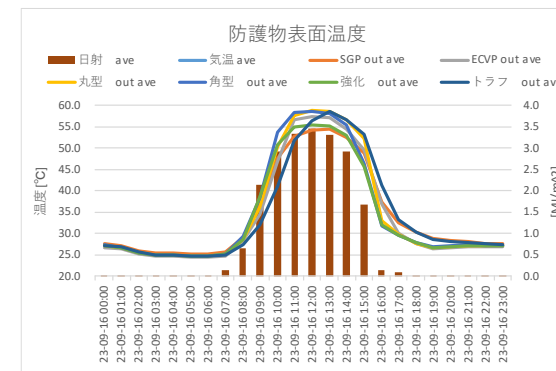


管路表面温度推定値の分布

統計量

変数	温度[°C]
最小値	8.8
最大値	60.2
平均値	27.4
標準偏差	10.3

次に、管路等の内部温度については、表面温度と同様に変化する傾向であったが、最高点は表面温度ほど上昇しないことを確認した。



管路表面温度の変化（7スライド再掲）

暴露試験結果

a-2)高温環境下の常規使用温度の調査

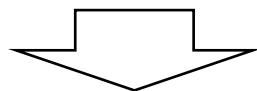
2023年9月6日～ 10月29日までの測定における管路内部温度は以下の通りであった。
(1時間平均値)

管路内部温度の温度

	SGP	ECVP	波付硬質 合成樹脂管	角型多条 敷設管	強化可とう 電線保護管	樹脂製 トラフ
平均温度 [℃]	29.8	29.1	29.2	29.9	29.7	29.5
最高温度 [℃]	53.3	46.4	48.9	53.9	52.2	50.4

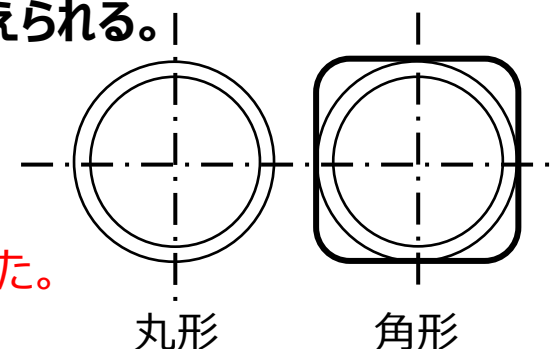
本年度の検討対象

- 内部平均温度、内部最高温度は、角型多条敷設管が最も高かった。
- 角型多条敷設管は、管路形状が四角のため、波付硬質合成樹脂管（丸型）よりも表面積が大きいことから内部温度上昇が丸形よりも高くなったと考えられる。



以上の結果より、

管路内温度については角形多条敷設管をモデルとして評価をすることとした。



暴露試験結果

a-2)高温環境下の常規使用温度の調査

管路表面温度の推定方法と同様に、管路の内部温度を目的変数とし、説明変数として気温、相対湿度、日射量を用いて重回帰分析を行い近似式を求めた。

重回帰分析の結果、重相関係数は0.996で強い相関であることが確認された。

また、管路内部温度の近似式は以下となった。

$$\text{管路内部温度}[_{\circ}\text{C}] = \text{気温}[_{\circ}\text{C}] \times 1.268 - \text{湿度}[\%] \times 0.122 + \text{日射}[_{\text{MJ/m}^2}] \times 4.789$$

管路内部温度

目的変数名	重相関係数	寄与率R^2	R*^2	R**^2
※角型 in ave	0.996	0.992	0.992	0.992
	残差自由度	残差標準偏差		
	1292	2.679		
説明変数名	分散比	P値（上側）	偏回帰係数	標準偏回帰
定数項	2.0679	0.151	-	
気温 ave	2405.9076	0	1.268	0.351
湿度 ave	181.8024	0	-0.122	-0.174
日射 ave[MJ/m^2]	1676.6528	0	4.789	0.605

※角形は角型多条敷設管の略称

解析ソフト JUSE StatWorks /V5

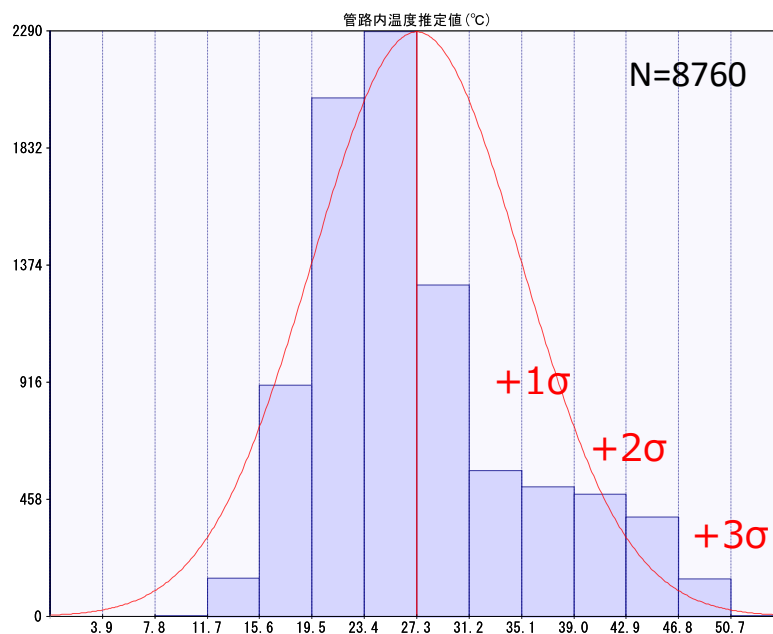
相関の目安

エリア	関係の強さ
0.7～1.0	強い相関
0.4～0.7	中程度の相関あり
0.2～0.4	弱い相関あり
0～0.2	ほとんど相関がない

a-2)高温環境下の常規使用温度の調査

角形多条敷設管の管路内部温度の近似式を用いて、2022年1月1日～12月31日までの1時間ごとの管路内部温度推定値のヒストグラムに示す。

- 管路内部温度は、 $+2\sigma$ が約43[°C]、 $+3\sigma$ が約52[°C]であった。
- 高温エリアの管路内部温度は、50[°C]として取扱うことが妥当と考えられる。
- 高温エリアの常規使用温度は、管路表面温度で評価することとした。



参考:石垣島地方気象台と暴露試験設置場所の比較



石垣島地方気象台と暴露試験場所



暴露試験場所の環境(周辺に樹木あり)



石垣島地方気象台 日射計取付場所



拡大

暴露試験日射計取付場所

暴露試験結果

a) 管路等の常規使用温度の調査

a-3) 低温環境下の常規使用温度の調査

管路等の常規使用温度の検証にあたり、常規使用温度の下限を検証するため、低温環境下での暴露試験を(株)関電工殿の道北営業所敷地内で実施した。

暴露試験概要

暴露試験場所	暴露期間
(株)関電工 道北営業所敷地内 北海道天塩郡豊富町字上サロベツ4350-6	2023年11月9日～2024年1月21日



暴露試験構築状況



防護物設置状況(設置直後)



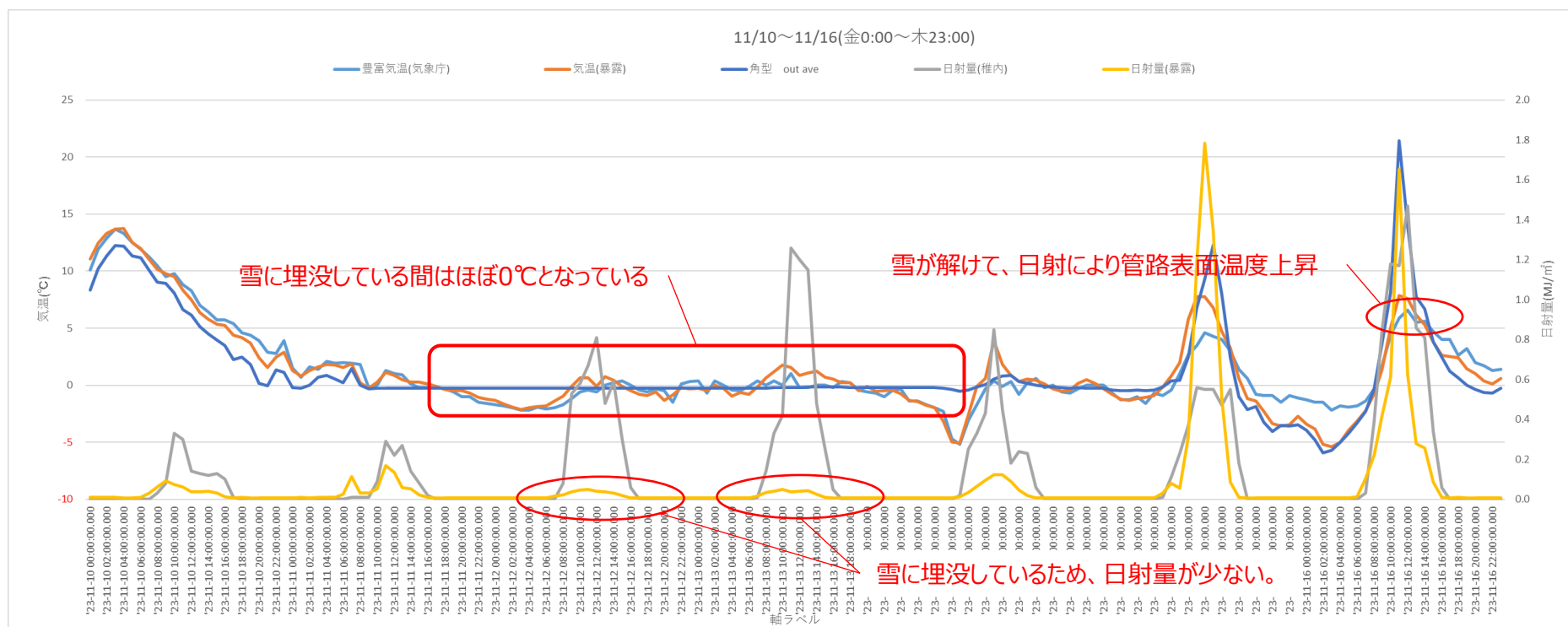
防護物設置状況(積雪後)

暴露試験結果

a-3)低温環境下の常規使用温度の調査

管路表面温度は日射を受け温度が上昇するが、積雪の中では0[℃]程度で一定になるという傾向が確認された。

代表例として、2023年11月10日～16日のデータを以下に示す。

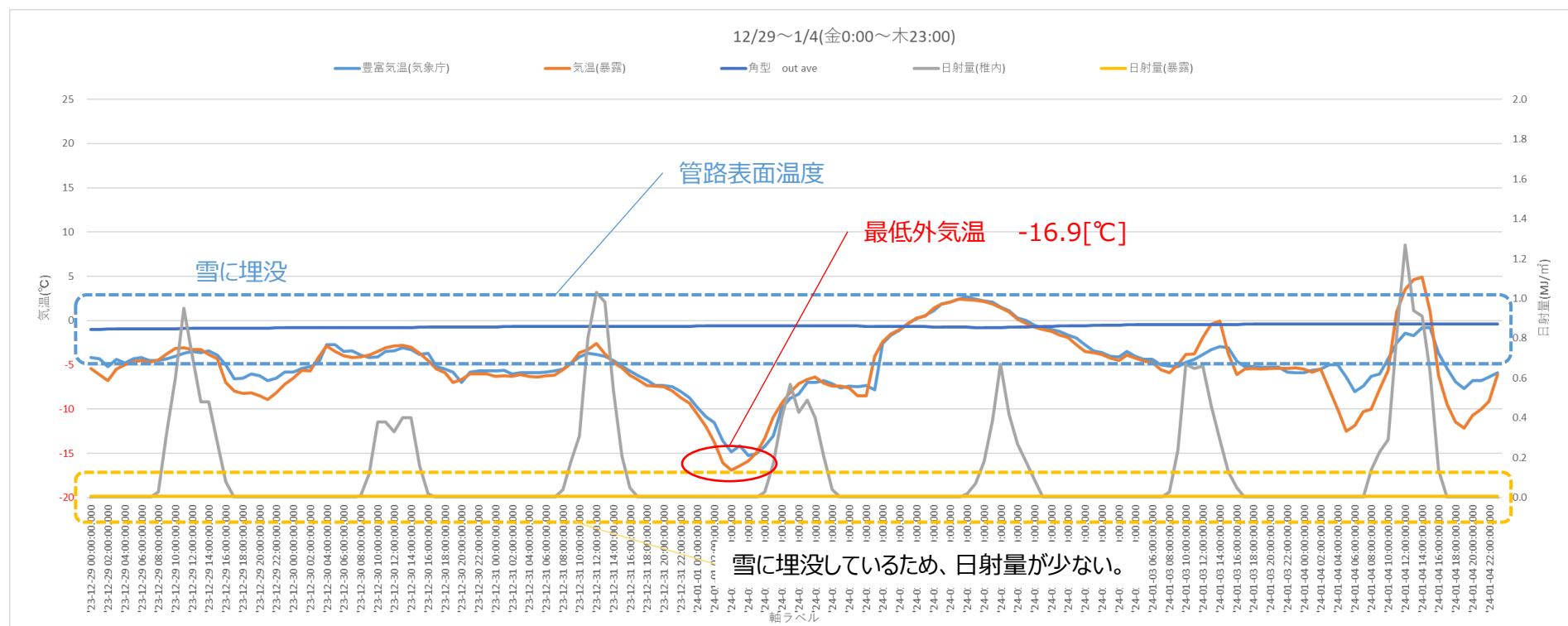


暴露試験データ

暴露試験結果

a-3)低温環境下の常規使用温度の調査

管路の雪中状態が長い場合は、管路表面温度は-3～0[℃]程度となることを確認した。
代表例として、2023年12月29日～2024年1月4日までのデータを以下に示す。



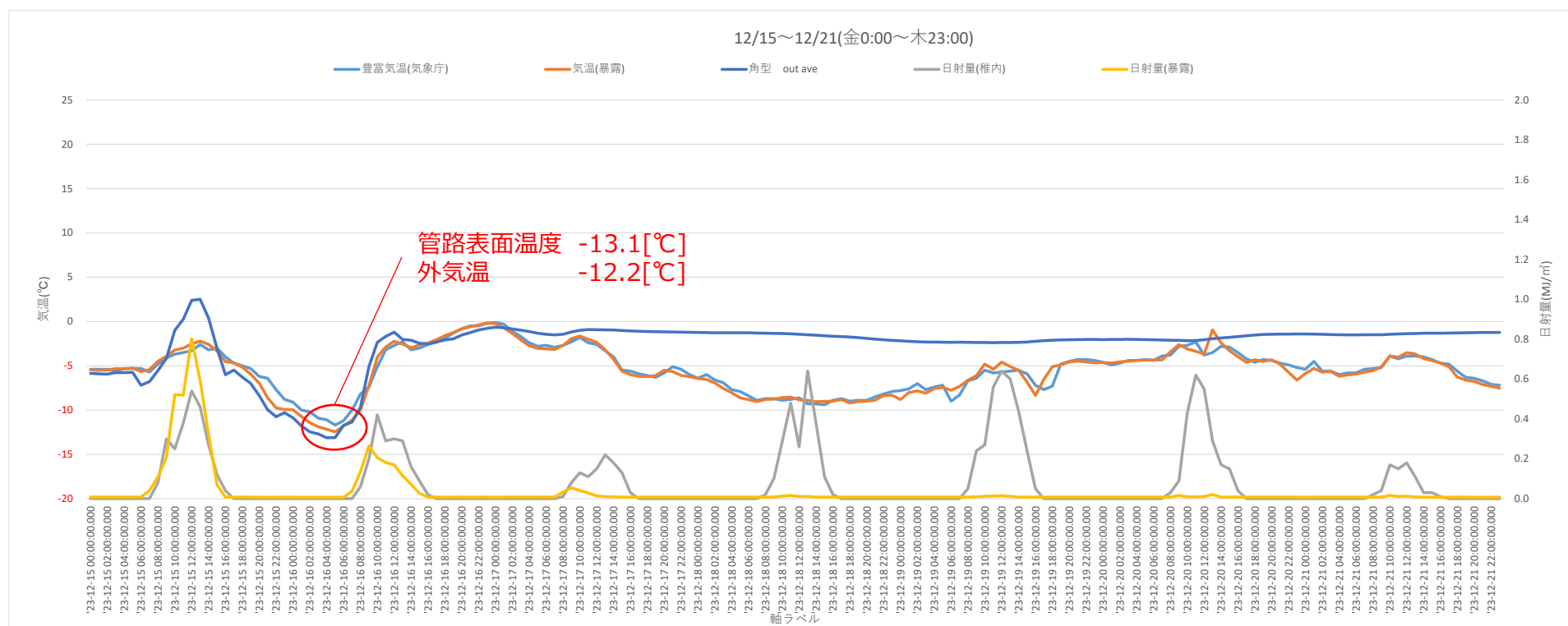
暴露試験データ

暴露試験結果

a-3)低温環境下の常規使用温度の調査

管路が気中露出した状態では、管気温の低下に伴い-13.1[℃]まで低下している。
(その時の外気温は-12.2[℃])

代表例として、2023年12月15日～2023年12月21日までのデータを以下に示す。



暴露試験データ

暴露試験結果

a-3)低温環境下の常規使用温度の調査

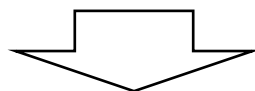
2023年11月10日～2024年1月8日までの測定における管路等の表面温度は以下の通りであった。
(1時間平均値)

低温エリアでの暴露試験結果

	SGP	ECVP	波付硬質合成樹脂管	角型多条敷設管	強化可とう電線保護管	樹脂トラフ
平均温度 [℃]	0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.4
最低温度 [℃]	-10.1	-12.6	-12.9	-13.1	-12.5	-13.0

本年度の検討対象

- ・ 表面最低温度は、角型多条敷設管で-13.1℃であり、その時の外気温は-12.2[℃]であった。
- ・ 管路が気中露出状態のときの表面の最低温度と外気温との差は約-1 [℃]であった。
- ・ 管路が雪中状態のときの表面温度は、-3～0[℃]程度であった。



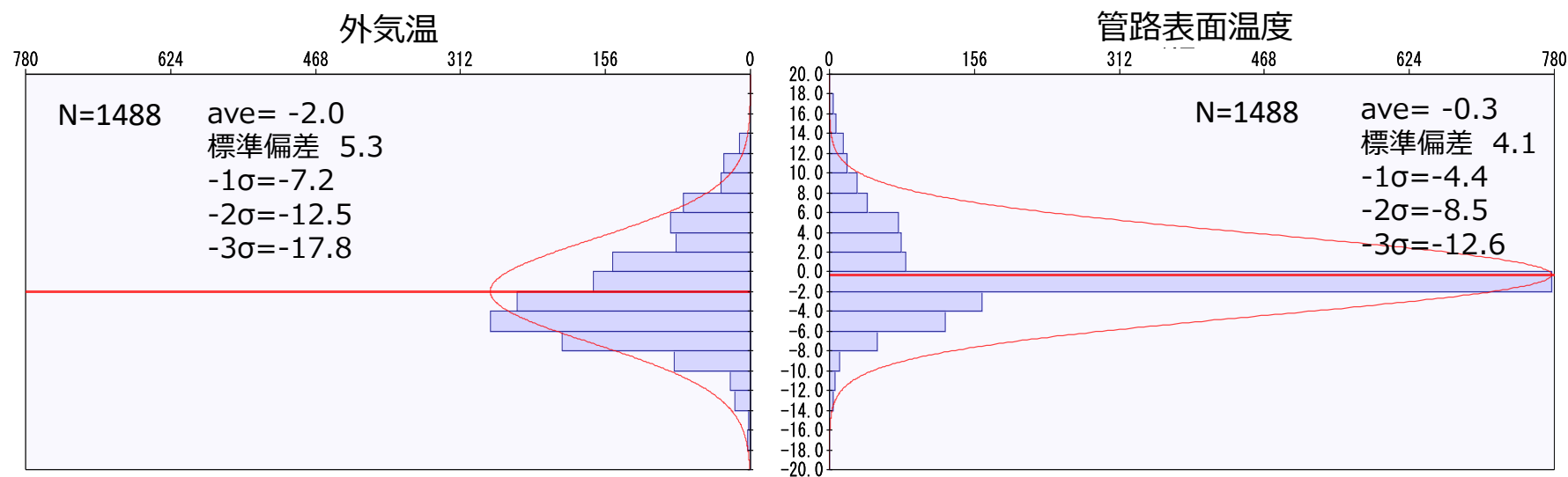
以上の結果より、

低温エリアの常規使用温度については、積雪中よりも屋外に露出している方が厳しく、最低気温との差は約-1[℃]であった。

a-3)低温環境下の常規使用温度の調査

2023年11月10日～2024年1月8日までの測定における管路表面温度と外気温の分布について、以下のヒストグラムに示す。

- 管路表面温度は、 -2σ が約 $-8.5[^\circ\text{C}]$ 、 -3σ が約 $-12.6[^\circ\text{C}]$ であった。
- 外気温は、 -2σ が約 $-12.5[^\circ\text{C}]$ 、 -3σ が約 $-17.8[^\circ\text{C}]$ であった。
- 管路表面温度は、管路が雪中状態となる期間があったため、外気温よりも平均で $1.7[^\circ\text{C}]$ 高い結果であった。

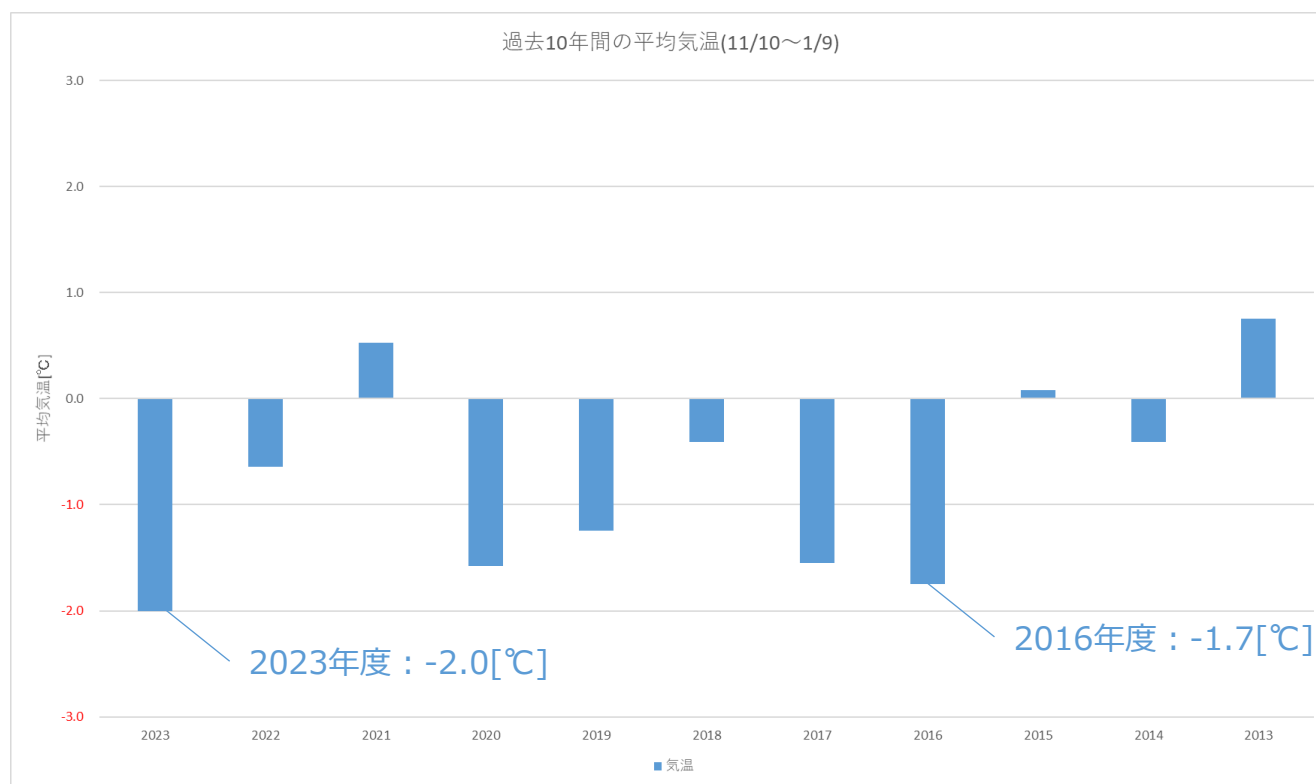


外気温と管路表面温度のヒストグラム

a-3)低温環境下の常規使用温度の調査

本年度の低温評価について、暖冬の影響が含まれるのかを確認した。

本年度の試験期間における平均気温は $-2.0[^\circ\text{C}]$ であった。また、過去10年間における最低平均気温(気象庁データ)は2016年の $-1.74[^\circ\text{C}]$ であり、過去と比較して遜色ないと考えられる。



暴露試験期間の平均気温と過去10年間の平均気温

暴露試験結果

(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査

a) 管路等の常規使用温度の調査 まとめ

【高温環境下】

- 管路表面温度は58[°C](3 σ)であったことから、**高温環境下の常規使用温度としては60[°C]が妥当と考えられる。**

【低温環境下】

- 暴露期間中の管路表面温度は、-12.6 [°C](3 σ)、**外気温は-17.8[°C] (3 σ)であった。**
- 暴露期間中の雪に埋没していない、日射の無い時間帯において管路表面温度は外気温と1[°C]程度の差で推移していた。
- 一般的な配電設備の常規使用温度は-20～40[°C]であることから、**低温環境下の常規使用温度としては-20[°C]が妥当と考えられる。**

以上の結果を踏まえ、

地上電線路の常規使用温度は、-20～60[°C]が妥当※であると考えられる。

※ 施設する地域が常規使用温度-20～60[°C]を超える場合は、個別検討を行うこととする。

暴露試験結果を基に 常時許容電流に関する検討

暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

① 高低温環境の影響調査

b) 常時許容電流計算方法の検討

地中管路等を屋外に設置した場合、地中埋設よりも高温環境にさらされるおそれがある。

そのため、電力を安全に供給するには、電力ケーブルの絶縁性能を低下させない温度（許容温度）以下で使用する必要がある。

電力ケーブルの温度は、電力ケーブル布設場所の周囲温度と、電流による損失熱（導体損失、誘電体損失、遮へい層損失等）による温度上昇によって変わることから、許容温度以下（架橋ポリエチレンの場合は90[℃]）で運用する必要がある。

電力ケーブルの絶縁性能を低下させないためには、電力ケーブルの許容温度と周囲温度を考慮して使用する電流を決める必要があり、電力ケーブルの絶縁性能を損なわずに使用できる電流を、一般には『常時許容電流』と呼んでいる。

従来、6.6kV高圧ケーブルの常時許容電流の計算については、**日本電線工業会規格JCS 0168-1:2016「33kV以下電力ケーブルの許容電流計算－第1部：計算式及び定数」**が用いられている。したがって、当該規格を引用し『**管路等を地上布設した場合の**』常時許容電流の計算について検討することとした。

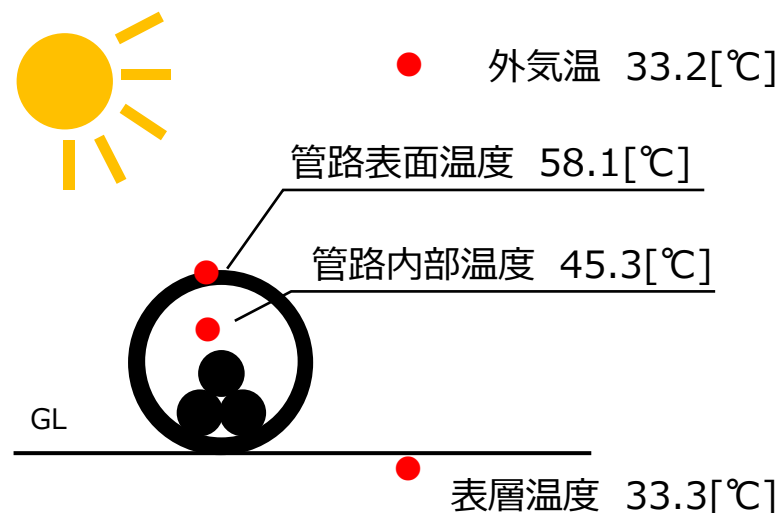
暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

b) 常時許容電流計算方法の検討

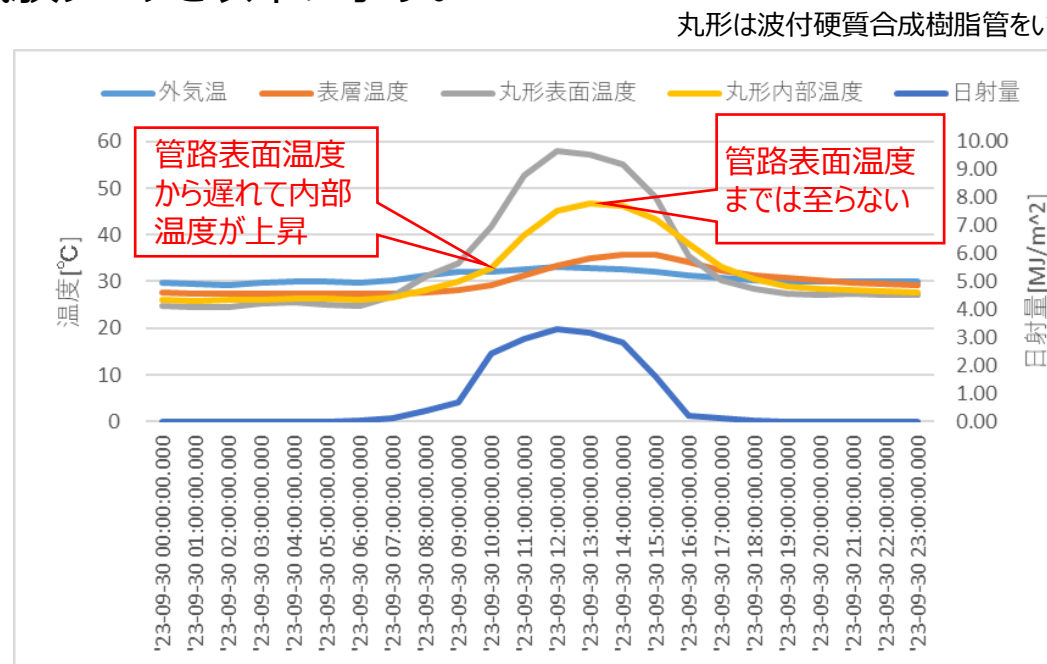
b-1) 熱伝導モデルの検討

本事業で検討している『管路等の地上布設』方法は、JCS 0168-1:2016に記載されているモデルと一致したモデルが存在しないため、暴露試験結果などから最も近いと考えられるモデルについて検討することとした。

検討に当たり、2023年9月30日の暴露試験データを以下に示す。



暴露試験結果(12:00断面)



暴露試験結果(9/30)

暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

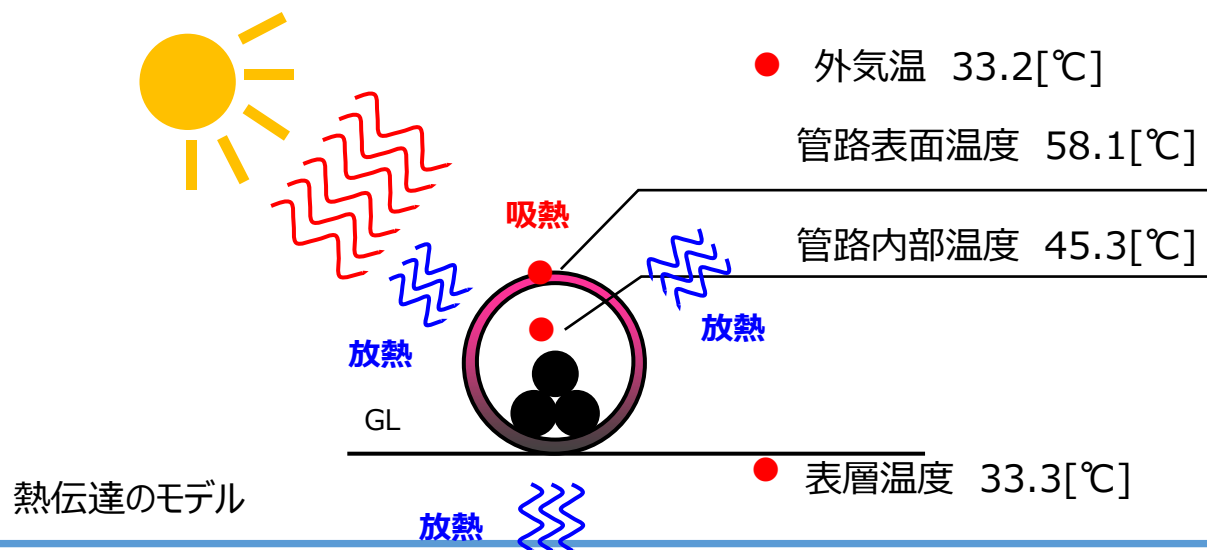
b-1) 熱伝導モデルの検討

暴露試験データを確認した結果、日射の影響により管路表面温度は気温以上に高い数値を示した。管路は密封状態としたため、表面温度と内部温度は同程度を予想していたが、内部温度は表面温度と同程度にはならなかった。これらの要因は以下と推測される。

- **屋外である為、定常状態(均一な状態)に至らない。**

管路内部温度は、管路表面温度の上昇に対し、時間的遅れが生じ、定常状態になる前に、管路表面温度が低下している。

- **日射による熱エネルギーが、大気・地表に放熱し、管路内空気にすべて伝わっていない。**



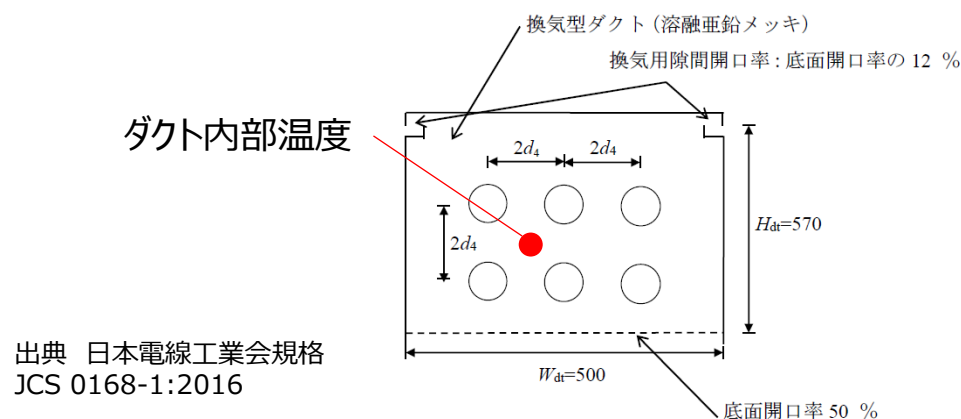
暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

b-1) 熱伝導モデルの検討

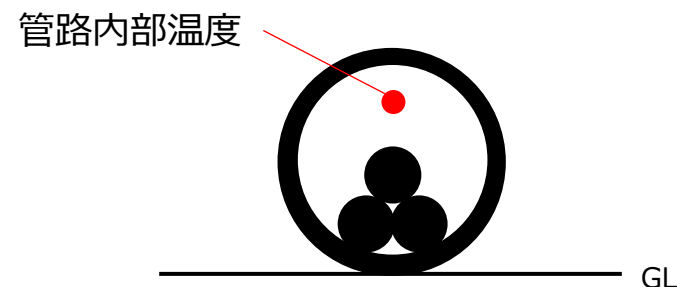
JCS 0168-1:2016から引用するモデルを検討した結果、『日射の影響を受ける換気型ダクト内に布設した場合』が最も近いモデルと考えられた。

本モデルが最も近いと考えられた理由として、以下の点を考慮した。

- 屋外布設により、日射の影響を受けること
- ケーブルを囲い、日射の影響を受ける部材（モデル：ダクト、地上電線路：管路等）があること
- ダクト表面に蓄積された熱は放散すること



日射の影響を受ける換気型ダクト内に布設した場合



本事業の布設方法

暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

b-1) 熱伝導モデルの検討

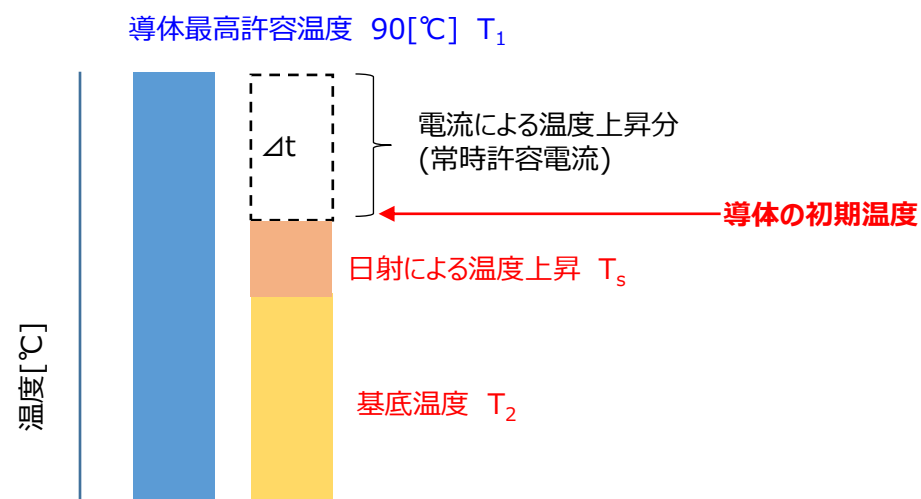
JCS 0168-1:2016において、『日射の影響を受ける換気型ダクト内に布設した場合』の常時許容電流の計算式は以下となっている。

なお、本計算式の採用に当たり、導体最高許容温度 T_1 については架橋ポリエチレンの許容温度を $90[^\circ\text{C}]$ とし、基底温度 T_2 、日射による温度上昇 T_s については、個別に検討を進めることとした。

$$I_1 = \sqrt{\frac{T_1 - T_2 - T_s}{nr \left\{ \frac{R_{th}}{\eta_o^2} + (1 + P_s)(R_d + R_{dh}) \right\}}}$$

T_1 : 導体最高許容温度 $[^\circ\text{C}]$
 T_2 : 基底温度 $[^\circ\text{C}]$
 T_s : 日射による温度上昇 $[^\circ\text{C}]$
 n : ケーブル線心数 CVTでは $n=1$
 r : 交流導体抵抗 $[\Omega/\text{cm}]$
 R_{th} : 全熱抵抗 $[^\circ\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}]$
 η_o : 多条布設の低減率 $[^\circ\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}]$
 P_s : シース損失率
 R_d : 管路の熱抵抗 $[^\circ\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}]$
 R_{dh} : 管路の表面放散熱抵抗 $[^\circ\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}]$

日射の影響を受ける換気型ダクト内に布設した場合の常時許容電流を計算する式



常時許容電流の計算イメージ

暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

b) 常時許容電流計算方法の検討

b-2) 基底温度の検討

基底温度とは、電力ケーブルを布設した場所の周囲温度によって決められた基準となる温度であり、常時許容電流を計算するために必要な定数である。

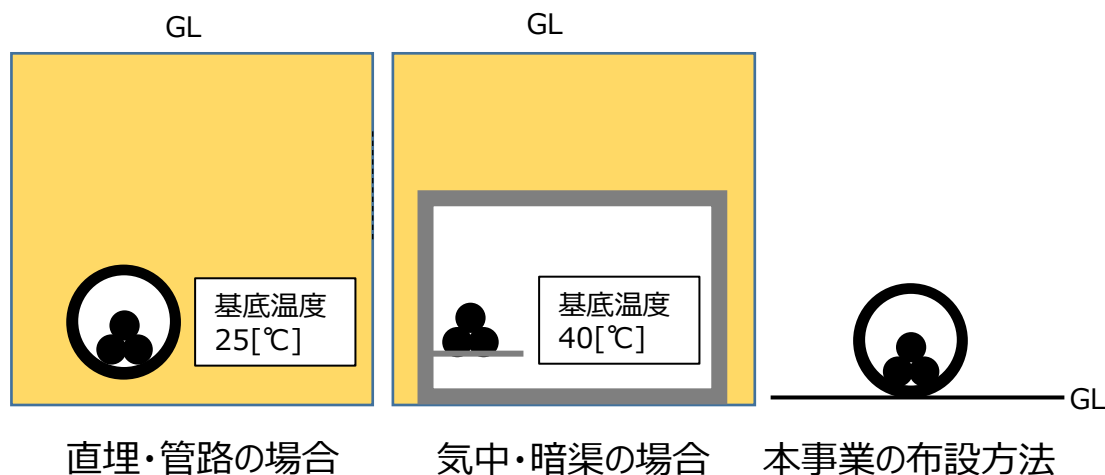
基底温度は、電力ケーブルの布設方法によって異なっており、JCS 0168-1:2016では、布設方法に応じた『基底温度』を規格化している。

なお、本事業で検討している『管路の地上布設』については、JCS 0168-1:2016に記載されていない布設方法であるため、『管路等を地上布設した場合』の基底温度について検討することとした。

布設方法と基底温度

布設方法	基底温度 T_2 [°C]
直埋・管路	25
水底	25
気中及び暗渠	40
砂無し上面露出トラフ(日射あり)	40
屋上電線路	50

日本電線工業会規格 JCS 0168-1:2016



暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

b-2) 基底温度の検討

JCS 0168-1:2016では、布設方法と基底温度を下表としており、屋上電線路の基底温度は50[℃]とされている。

高温環境下での暴露試験結果において、管路内部温度は52[℃] (3σ) であったことから、地上電線路の基底温度については、『屋上電線路』を採用してもよいと考えられる。

なお、JCS 0168-1:2016において、基底温度は5 [℃]ステップとなっている。

布設方法と基底温度

布設方法	基底温度 T_2 [℃]
直埋・管路	25
水底	25
気中及び暗渠	40
砂無し上面露出トラフ(日射あり)	40
屋上電線路	50

日本電線工業会規格JCS 0168-1:2016

←
暴露試験結果に基づく検討
結果と同等

暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

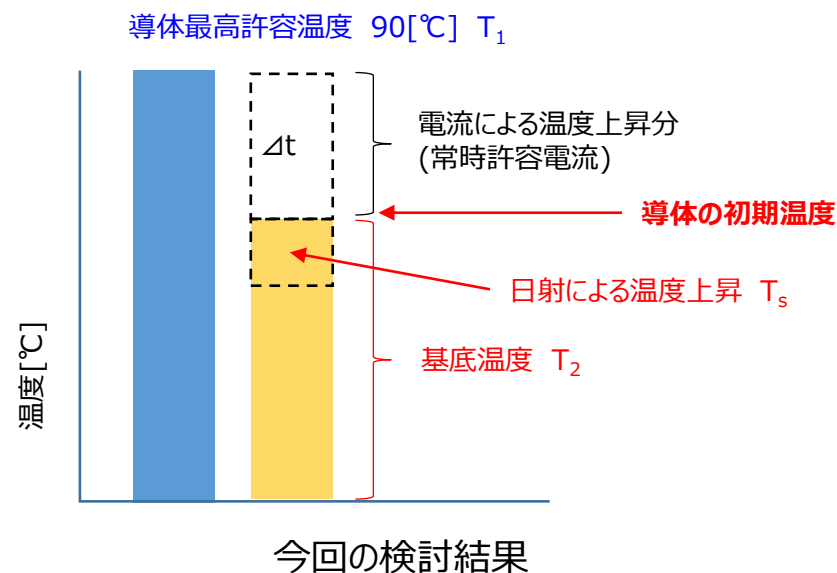
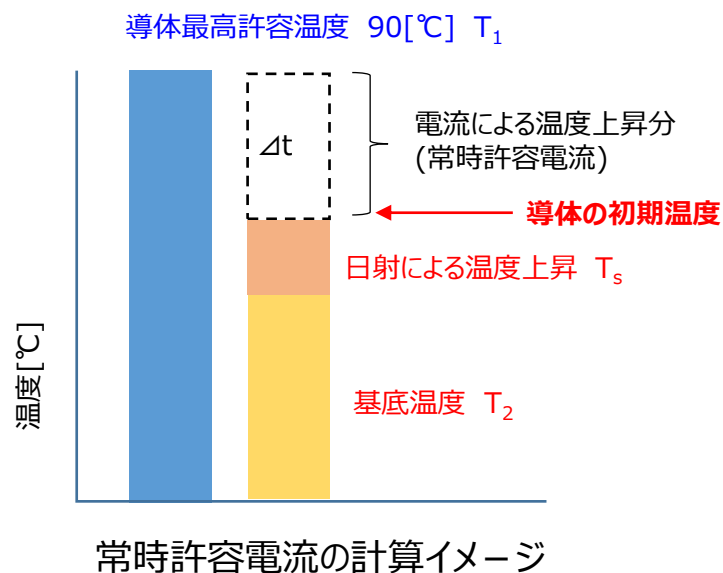
b) 常時許容電流計算方法の検討

b-3) 日射による温度上昇の検討

暴露試験の結果、管路内部温度は外気温よりも高くなっている。これは、管路内部の空気が管路表面の熱を受けているからと考えられる。

よって、管路内部温度は、すでに日射の影響を受けた温度であると考えられることから、日射による温度上昇分はすでに T_2 基底温度に含まれていると考えることとした。

以上を踏まえ、**日射による温度上昇 T_s については、『 T_2 に含まれている』と考えることとした。**



暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査

b) 常時許容電流計算方法の検討 まとめ

これまでの検討の結果、本検討における地上電線路の常時許容電流の計算方法は、以下とすることが望ましい。

- ・ 計算式は『日射の影響を受ける換気型ダクト内に布設した場合』を引用する
- ・ 基底温度 T_2 については『屋上電線路』を引用し、50[℃]とする
- ・ 日射による温度上昇 T_s については T_2 に含まれているとする

$$I_1 = \sqrt{\frac{T_1 - T_2 - T_s}{nr \left\{ \frac{R_{th}}{\eta_o^2} + (1 + P_s)(R_d + R_{dh}) \right\}}}$$

管路を地上布設した場合の計算式

T_1 : 導体最高許容温度[℃]
 T_2 : 基底温度[℃]
 T_s : 日射による温度上昇[℃]
 n : ケーブル線心数 CVTでは $n=1$
 r : 交流導体抵抗[Ω/cm]
 R_{th} : 全熱抵抗[℃・cm/W]
 η_o : 多条布設の低減率[℃・cm/W]
 P_s : シース損失率
 R_d : 管路の熱抵抗[℃・cm/W]
 R_{dh} : 管路の表面放散熱抵抗[℃・cm/W]

この計算式の考え方について日本電線工業会殿と協議したところ、おおむね妥当との見解を頂いた。
(次頁参照)

暴露試験結果を基に常時許容電流に関する検討

b) 常時許容電流計算方法の検討 補足

日本電線工業会殿からのコメント要旨

- 管路を地上設置したモデルは現規格(JCS 0168-1:2016)に合致するものはない。
- 今回得られた実験データから考察すると『日射の影響を受ける換気型ダクト内に布設した場合』のモデルが最も近いと考えられる。
- 本検討の基底温度 T_2 は、日射による温度上昇分 T_s を含めた温度となっており、また、基底温度 $50[^\circ\text{C}]$ は、導体の初期温度としては厳しく、製品面、運用面から見てもより安全に配慮した検討結果となっている。よって、本計算方法の考え方についてはおおむね妥当と考えられる。
- なお、本計算方法については、引き続き実験データを蓄積し、検討していくことが望ましい。

圧縮強度・耐衝撃試験結果（新品）

強度試験（新品）結果

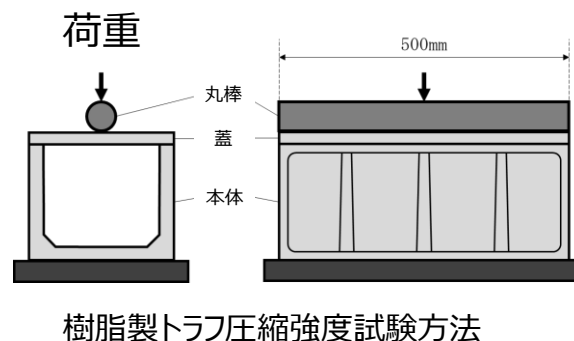
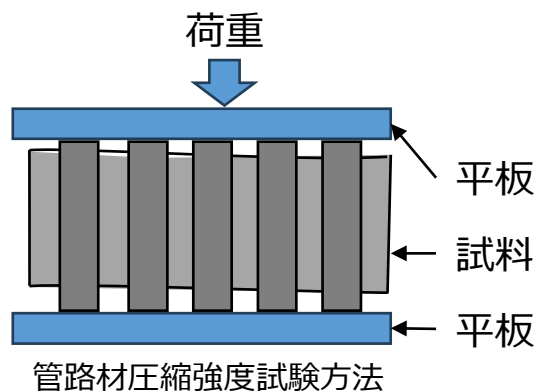
（１）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査

a) 強度試験概要

圧縮強度試験

試験方法	圧縮強度試験（JIS C3653：2004 電力用ケーブルの地中埋設の施工方法 付属書3） 曲げ耐力試験（JIS A5372:2016「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」推奨仕様G-1トラフ） 上記規格にて規定される試験方法において、各試験材のたわみ率が50%になるまで圧縮する
試験材	樹脂製トラフ、角型多条敷設管、波付硬質合成樹脂管、強化可とう電線保護管
試験材温度	-20℃、20℃、60℃
評価方法	たわみ率が0～34%の間で、最も高い荷重値を、当該試験材の圧縮強度とする
実施場所	各管路材メーカー



$$\delta = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 100$$

δ : 外径のたわみ率[%]
 D_1 : 圧縮前の外形[mm]
 D_2 : 圧縮後の外形[mm]

強度試験（新品）結果

a) 強度試験概要

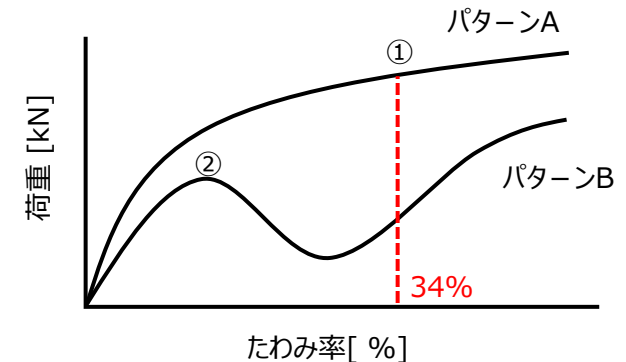
【最大荷重の考え方1】

本試験では、管路のたわみ率が50[%]になるまで圧縮するが、JIS C 3653において管路内径はケーブル仕上がり外径の1.5倍以上とすることが推奨されていることから、ケーブルに荷重がかからない34[%]までたわんだ際の最大荷重を評価することとした。

【最大荷重の考え方2】

管路等の荷重-変位特性には複数のパターンが存在する。

- パターンAは荷重と変位がたわみ率34%まで上昇しているため、①を最大荷重とした。
- 一方パターンBは、たわみ率34%までに荷重が低下することから、②を最大荷重とした。



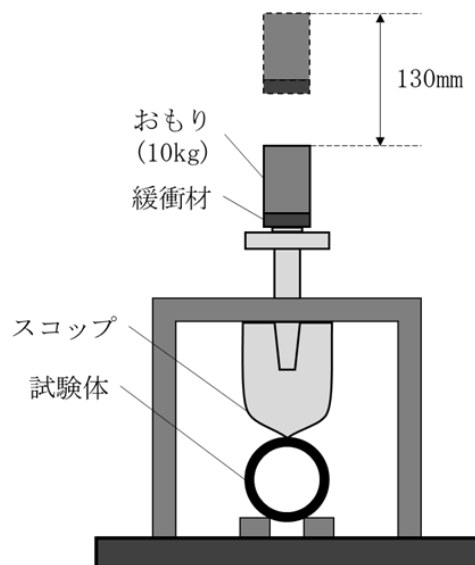
管路の荷重-変位特性

強度試験（新品）結果

a) 強度試験概要

耐衝撃試験

試験方法	以下の試験材温度において、JIS A 8902「ショベルおよびスコップ」に規定されるショベル丸型の刃先を管軸に直角に当て、緩衝材（C Rゴム：厚さ10mm、硬度35）を下面に貼りつけた10kgの錘を13cmの高さから自然落下させ打撃する
試験材	樹脂製トラフ、角型多条敷設管、波付硬質合成樹脂管、強化可とう電線保護管
試験材温度	-20℃、20℃、60℃
試験期間	11/17、11/21、11/28
実施場所	各管路材メーカー



登山道の横断箇所や需要家への引込箇所等、一部埋設するケースがあるため、耐衝撃試験（スコップ試験）を求めることとした

耐衝撃試験
(スコップ試験)



強度試験（新品）結果

b) 強度試験の調査対象

本事業は、『**地上に施設する高圧電線路のうち、山地であり、車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない場所**』について検討を進めている。

山地などは、傾斜や起伏などがあることから、管路については運搬が容易な材料が求められるため、本年度の検討対象を下記とすることとした。

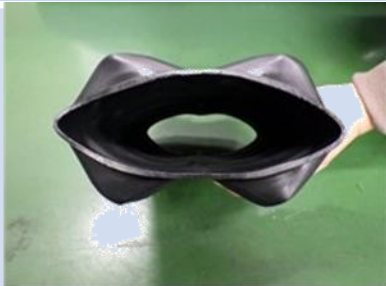
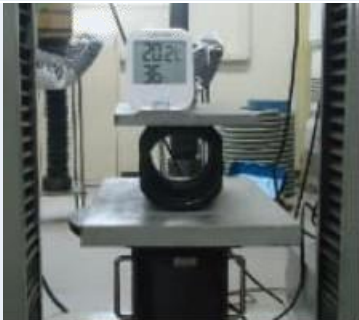
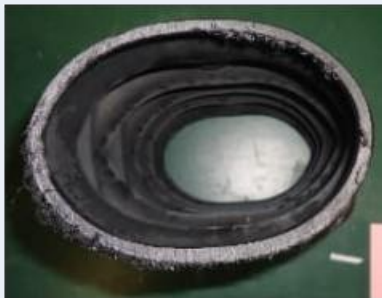
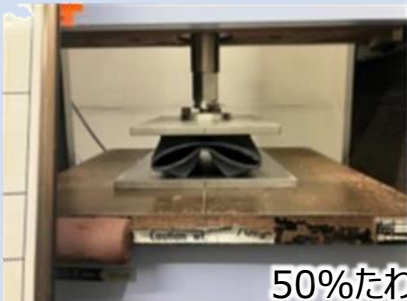
種類	地中線防護物				
トラフ	 出典：(株)アゲオHP (http://www.ageo-co.co.jp/case.html) コンクリート製	 出典：古河電工(株)カタログ (https://www.furukawa.co.jp/product/catalogue/pdf/green_p184.pdf) 樹脂製	本年度調査対象		
管路	 配管用炭素鋼鋼管	 ECVP	 出典：カナフレックス コーポレーション(株)カタログ (https://kanaflex.co.jp/wp/wp-content/uploads/2023/08/catalog03.pdf) 波付硬質合成樹脂管	 出典：古河電気工業(株) カタログ (https://www.furukawa.co.jp/product/catalogue/pdf/kanro/kanro_zenbun.pdf) 角型多条敷設管	 出典：東拓工業(株)カタログ (https://www.totaku.co.jp/ebook/cat2_01/#target/page_no=77) 強化可とう電線保護管

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：角型多条敷設管

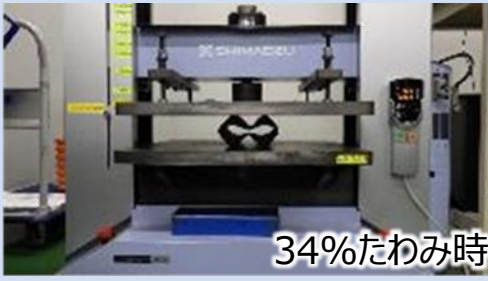
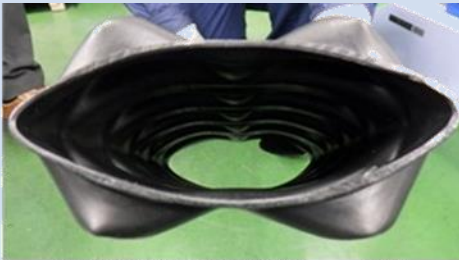
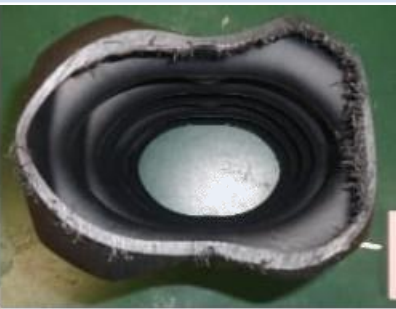
	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	
C社		 50%たわみ時※	

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：角型多条敷設管

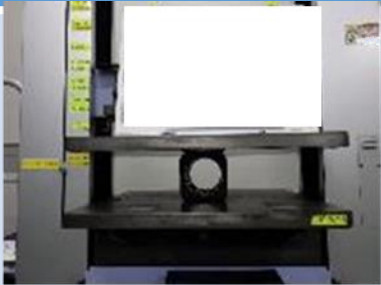
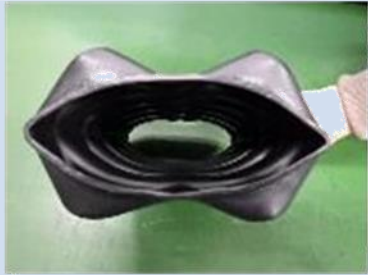
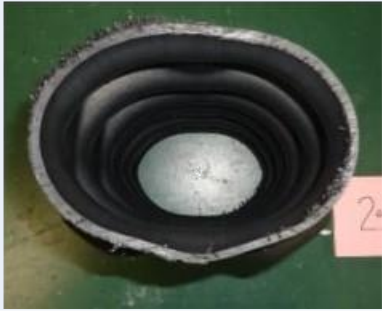
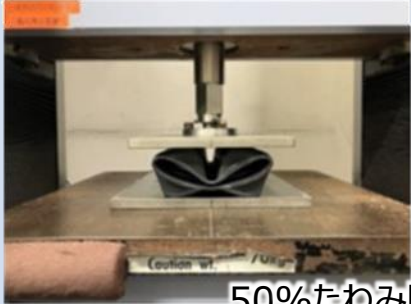
	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	
C社		 34%たわみ時	

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：角型多条敷設管

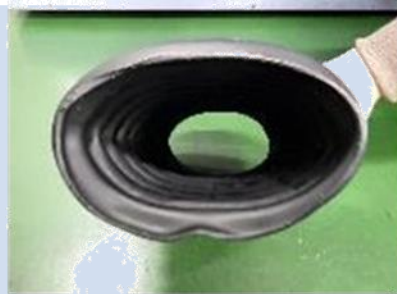
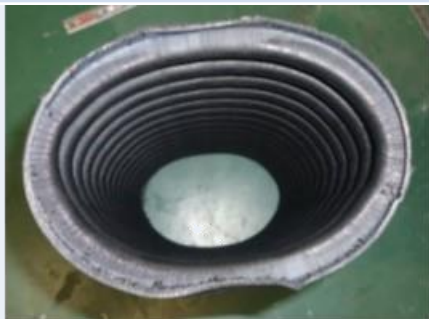
	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	
C社		 50%たわみ時※	

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：波付硬質合成樹脂管

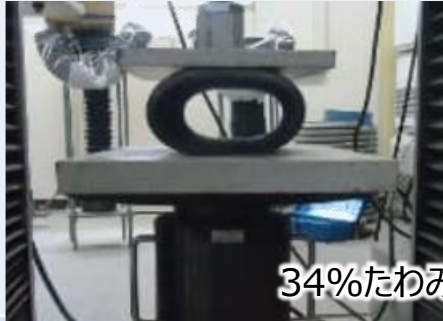
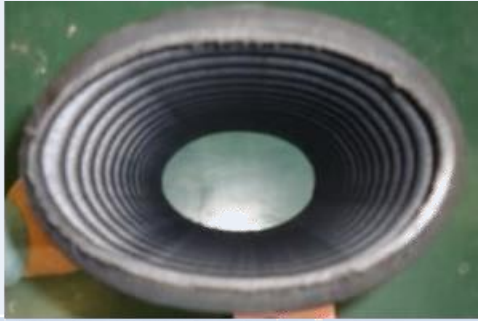
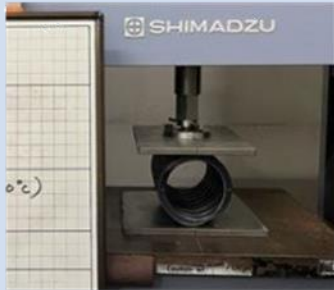
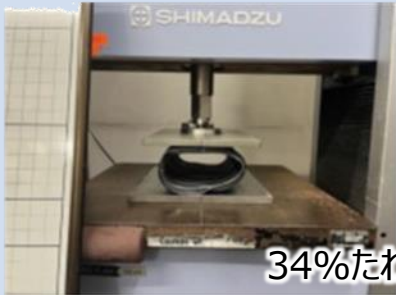
	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	
C社		 50%たわみ時※	

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：波付硬質合成樹脂管

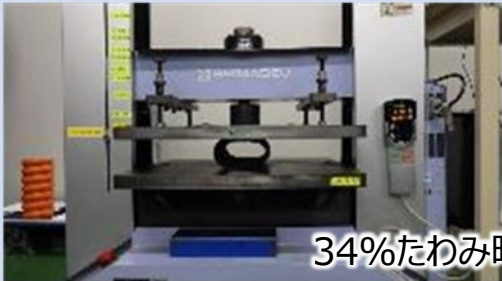
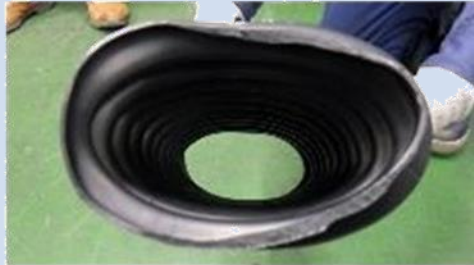
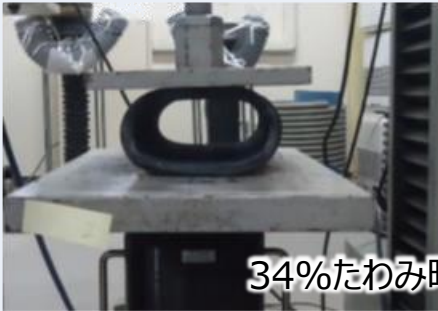
	試験前	試験中	試験後
A社			
B社			
C社			

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：波付硬質合成樹脂管

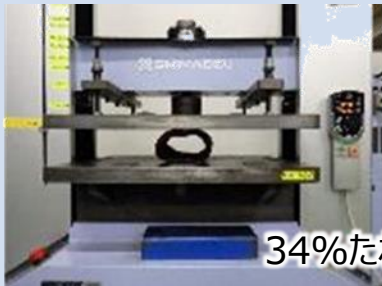
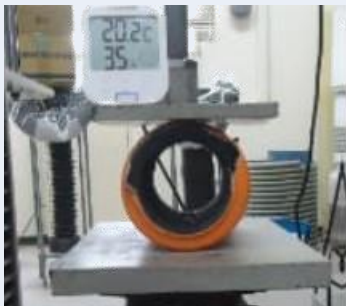
	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	
C社		 50%たわみ時※	

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：強化可とう電線保護管

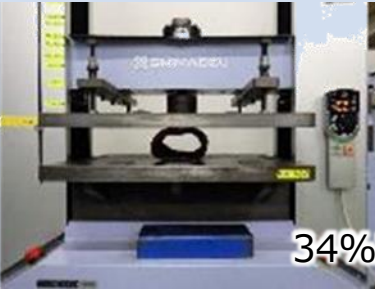
	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：強化可とう電線保護管

	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	

強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C たわみ率が50%になるまで圧縮する

試験材料：強化可とう電線保護管

	試験前	試験中	試験後
A社		 34%たわみ時	
B社		 34%たわみ時	

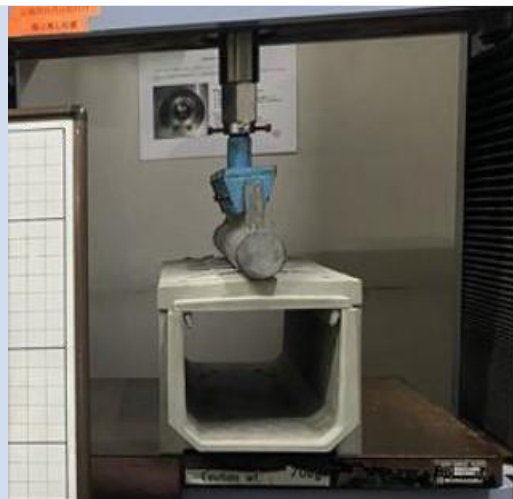
強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

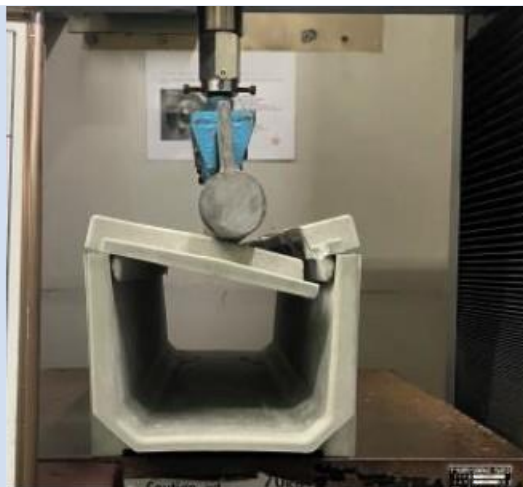
試験条件：トラフ温度 -20 ± 2 °C

試験材料：樹脂製トラフ（ふた）

試験前



試験後①



試験後②



強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

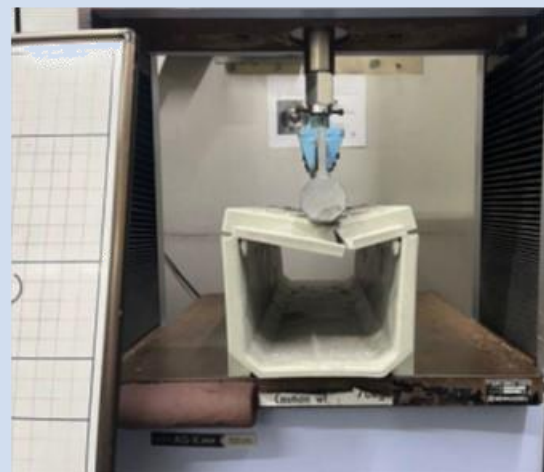
試験条件：トラフ温度 20 ± 2 °C

試験材料：樹脂製トラフ（ふた）

試験前



試験後①



試験後②



強度試験（新品）結果

c) 圧縮強度試験の結果

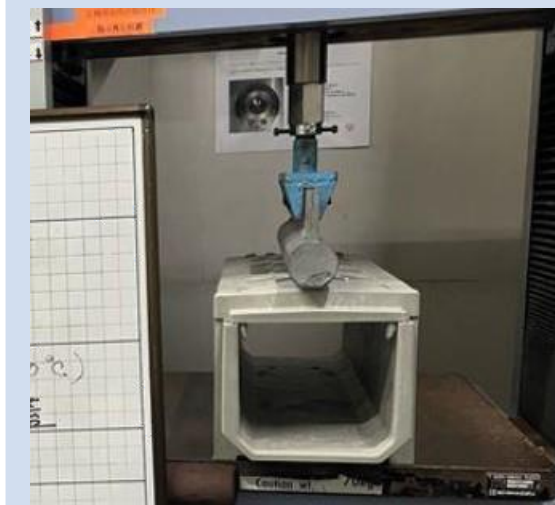
試験条件：トラフ温度 60 ± 2 °C

試験材料：樹脂製トラフ（ふた）

試験前

試験後①

試験後②

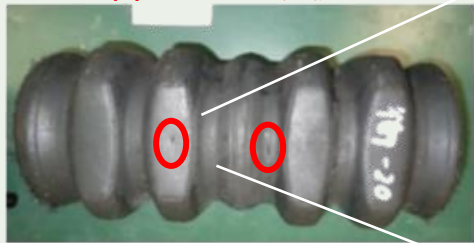
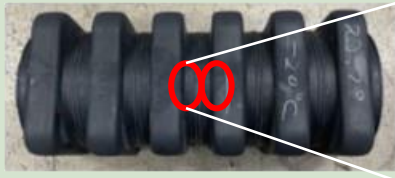


強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：角型多条敷設管

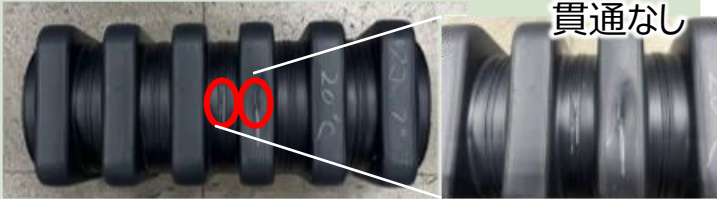
	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 
B社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 
C社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：角型多条敷設管

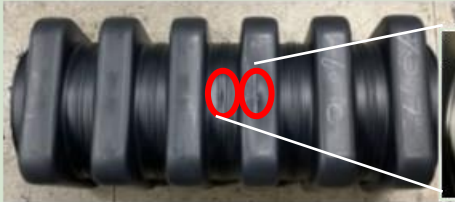
	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし
B社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし
C社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：角型多条敷設管

	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 
B社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 
C社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管

	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 
B社	※写真撮り忘れ	※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 
C社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし 

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管

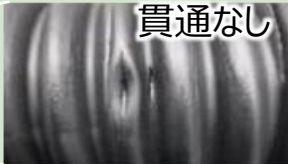
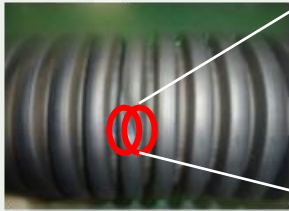
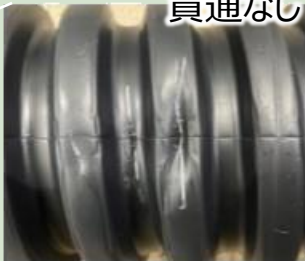
	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし
B社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし
C社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管

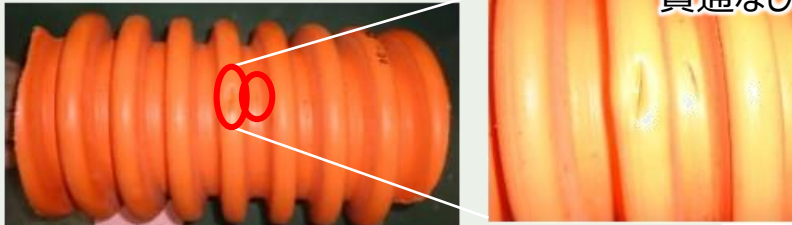
	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施   貫通なし
B社		※山と谷 1 回ずつ実施   貫通なし
C社		※山と谷 1 回ずつ実施   貫通なし

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：強化可とう電線保護管

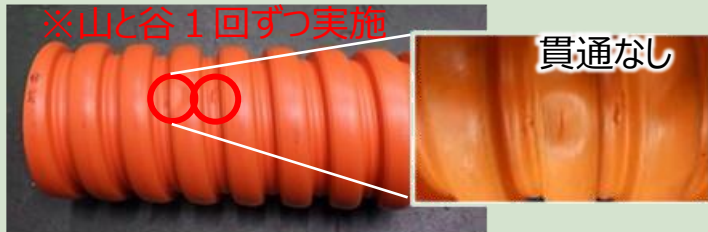
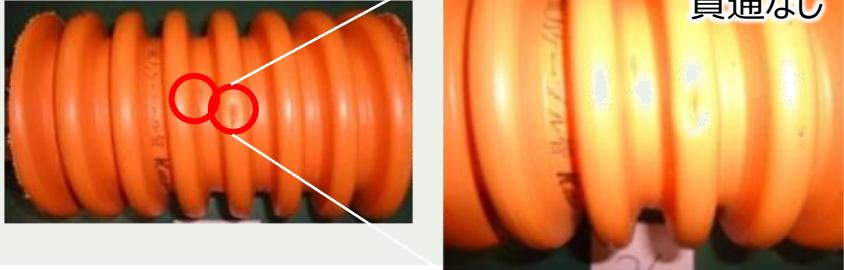
	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし
B社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：強化可とう電線保護管

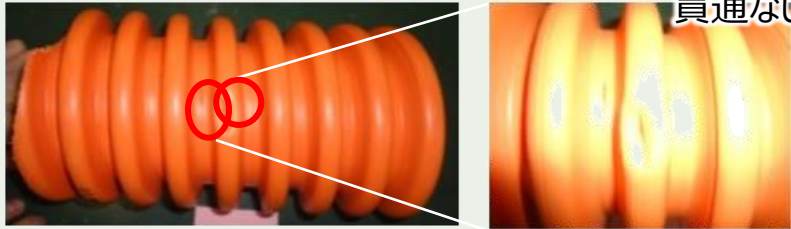
	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし
B社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：強化可とう電線保護管

	試験前	試験後
A社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし
B社		※山と谷 1 回ずつ実施  貫通なし

強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：トラフ温度 -20 ± 2 °C

試験材料：樹脂製トラフ



強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：トラフ温度 20 ± 2 °C

試験材料：樹脂製トラフ



強度試験（新品）結果

d) 耐衝撃試験の結果

試験条件：トラフ温度 60 ± 2 °C

試験材料：樹脂製トラフ



強度試験（新品）結果

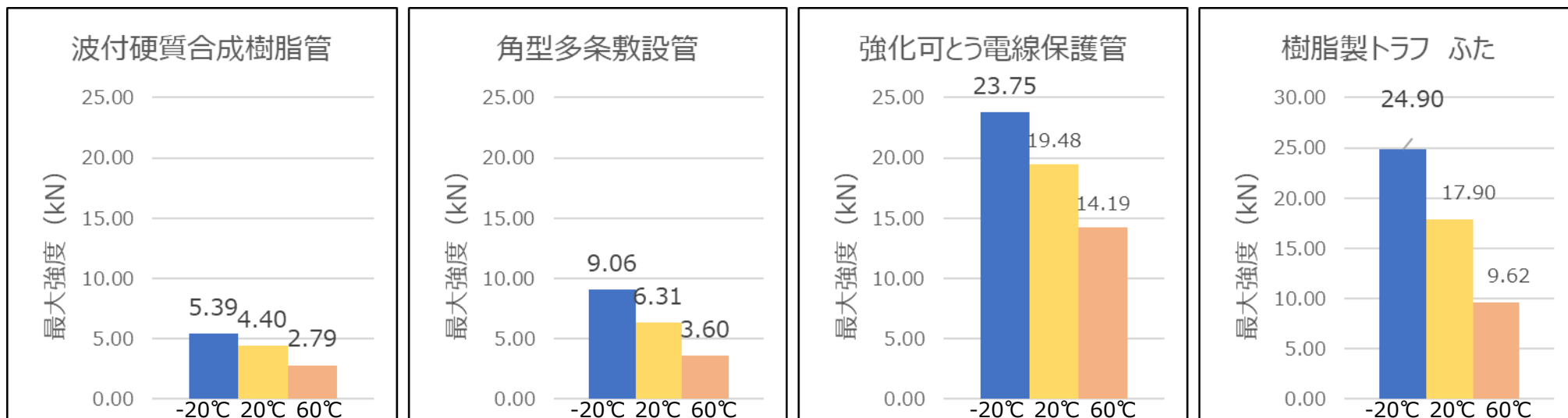
e) 圧縮強度試験の結果 まとめ

管路・トラフ	No	呼び径	試験結果 (たわみ率34%までの最大荷重)		
			-20℃	20℃	60℃
難燃性 波付硬質合成樹脂管	1	100	4.28	3.58	2.41
	2		6.28	5.02	2.88
	3		5.8	4.6	3.1
角型多条敷設管	1		7.82	4.92	2.67
	2		8.6	6.4	3.9
	3		11.09	7.94	4.56
強化可とう電線保護管	1		17.5	15.0	12.6
	2		30.25	24.72	16.46
樹脂製トラフ（蓋）	1	150B	24.90	17.90	9.62

上表について、各管路・トラフのNoと製造者（A・B・C社）は、それぞれ順不同で記載している。
（例えば、難燃性波付硬質合成樹脂管のNo1と、角型多条敷設管のNo1は、同じ製造者とは限らない）

強度試験（新品）結果

e) 圧縮強度試験の結果 まとめ



圧縮強度試験結果（3社平均※2）

※2 強化可とう電線保護管は2社平均 樹脂製トラフは1社

強度試験（新品）結果

f) 耐衝撃試験の結果 まとめ

- 温度に関わらず、すべての管路について貫通は生じなかった

管路・トラフ	No	呼び径	試験結果 (貫通の有無)		
			-20℃	20℃	60℃
難燃性 波付硬質合成樹脂管	1	100	無	無	無
	2		無	無	無
	3		無	無	無
角型多条敷設管	1		無	無	無
	2		無	無	無
	3		無	無	無
強化可とう電線保護管	1		無	無	無
	2		無	無	無
樹脂製トラフ（蓋）	1	150B	無	無	無

上表について、各管路・トラフのNoと製造者（A・B・C社）は、それぞれ順不同で記載している。
 （例えば、難燃性波付硬質合成樹脂管のNo1と、角型多条敷設管のNo1は、同じ製造者とは限らない）

ヒートサイクル試験結果

ヒートサイクル試験結果

(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

① 高低温環境の影響調査

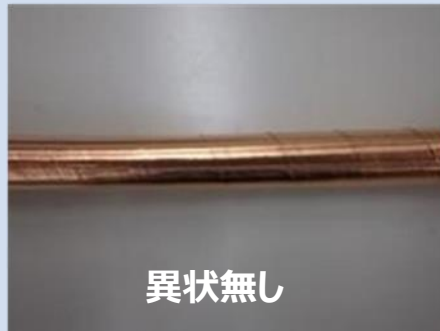
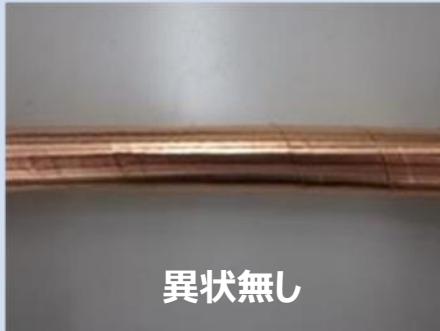
a) ヒートサイクル試験結果 (ケーブルへの影響調査)

ヒートサイクル試験後に試験ケーブルの解体調査を行い、ケーブル構成部分の外観調査を実施した。

試験防護物	外観(黒)	外観(赤)	外観(白)
波付硬質合成樹脂管 (A社)			
	しゃへい層(黒)	しゃへい層(赤)	しゃへい層(白)
	 異常無し	 異常無し	 異常無し

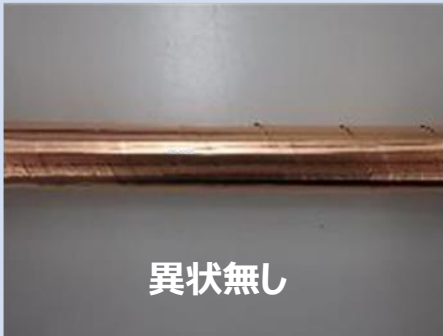
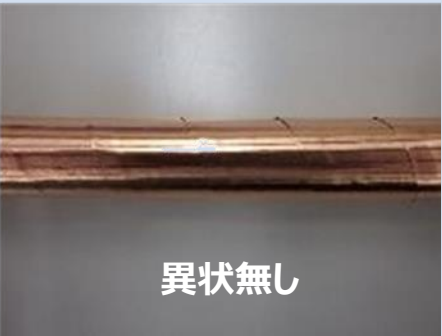
ヒートサイクル試験結果

a) ヒートサイクル試験結果（ケーブルへの影響調査）

試験防護物	外観(黒)	外観(赤)	外観(白)
波付硬質合成樹脂管 (B社)			
	しゃへい層(黒)	しゃへい層(赤)	しゃへい層(白)
	 異状無し	 異状無し	 異状無し

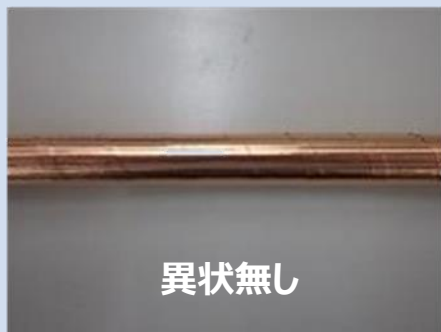
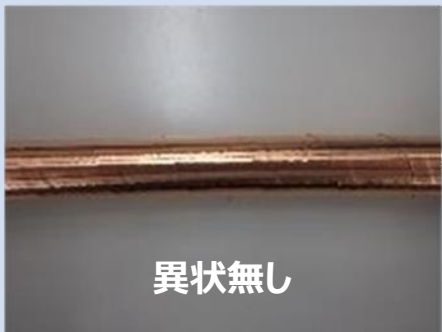
ヒートサイクル試験結果

a) ヒートサイクル試験結果（ケーブルへの影響調査）

試験防護物	外観(黒)	外観(赤)	外観(白)
波付硬質合成樹脂管 (C社)			
	しゃへい層(黒)	しゃへい層(赤)	しゃへい層(白)
	 異状無し	 異状無し	 異状無し

ヒートサイクル試験結果

a) ヒートサイクル試験結果 (ケーブルへの影響調査)

試験防護物	外観(黒)	外観(赤)	外観(白)
角型多条敷設管 (A社)			
	しゃへい層(黒)	しゃへい層(赤)	しゃへい層(白)
	 異常無し	 異常無し	 異常無し

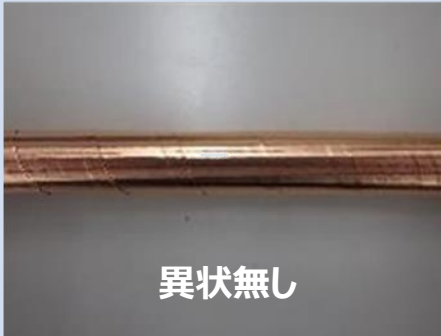
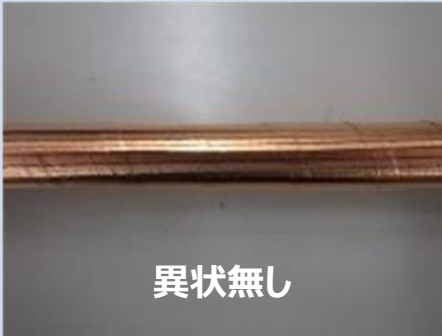
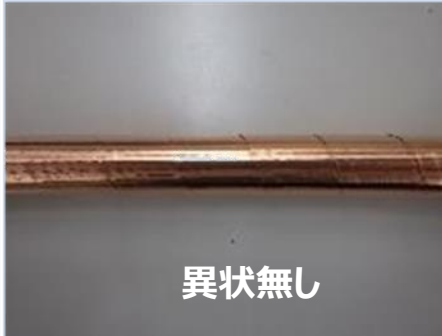
ヒートサイクル試験結果

a) ヒートサイクル試験結果（ケーブルへの影響調査）

試験防護物	外観(黒)	外観(赤)	外観(白)
角型多条敷設管 (B社)			
	しゃへい層(黒)	しゃへい層(赤)	しゃへい層(白)
	 異常無し	 異常無し	 異常無し

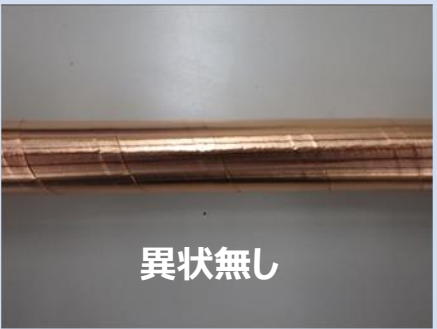
ヒートサイクル試験結果

a) ヒートサイクル試験結果 (ケーブルへの影響調査)

試験防護物	外観(黒)	外観(赤)	外観(白)
強化可とう電線 保護管(A社)			
	しゃへい層(黒)	しゃへい層(赤)	しゃへい層(白)
	 異常無し	 異常無し	 異常無し

ヒートサイクル試験結果

a) ヒートサイクル試験結果 (ケーブルへの影響調査)

試験防護物	外観(黒)	外観(赤)	外観(白)
強化可とう電線 保護管(B社)			
	しゃへい層(黒)	しゃへい層(赤)	しゃへい層(白)
	 異常無し	 異常無し	 異常無し

ヒートサイクル試験結果

a) ヒートサイクル試験結果（ケーブルへの影響調査） まとめ

高圧ケーブルの凍結融解試験30サイクルを行った結果

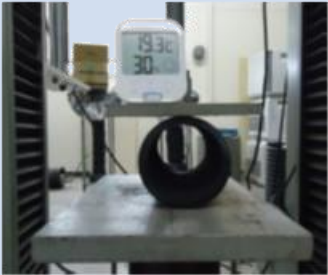
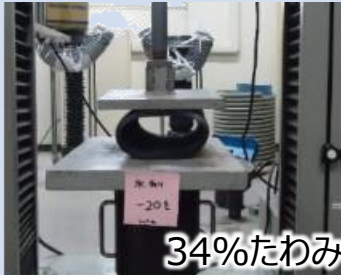
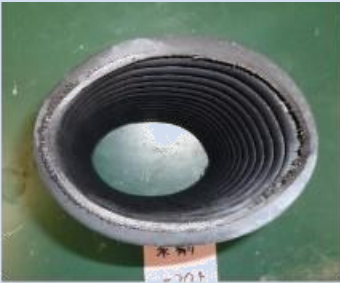
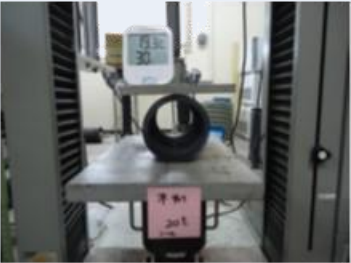
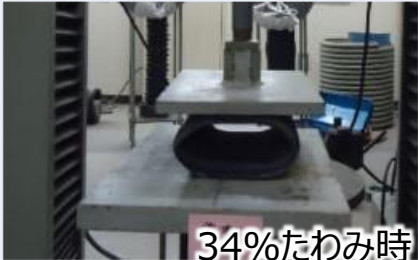
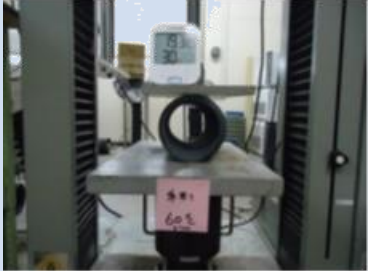
すべての管路において、ケーブル外観、およびしゃへい銅テープにシワや破断などの異常は見られなかった。

ヒートサイクル試験結果

b) ヒートサイクル試験結果（管路への影響調査）

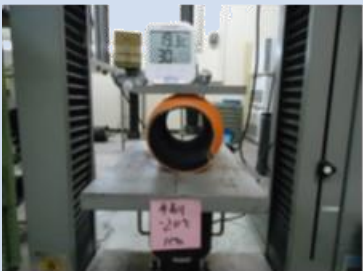
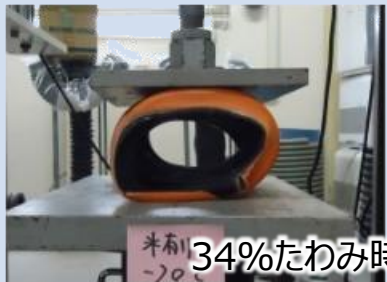
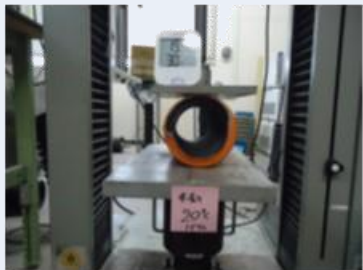
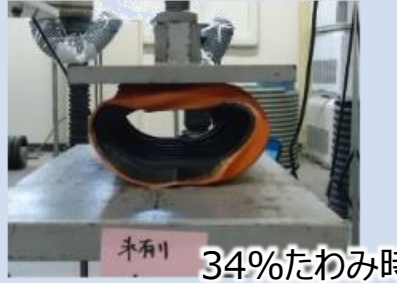
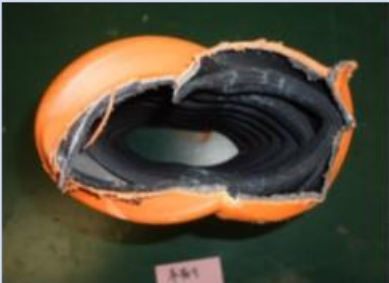
事業期間の都合上、1社の波付硬質合成樹脂管と強化可とう電線保護管に対して強度試験を実施

b-1) 圧縮強度試験

波付硬質 合成樹脂管	試験前	試験中	試験後
-20℃		 34%たわみ時	
20℃		 34%たわみ時	
60℃		 34%たわみ時	

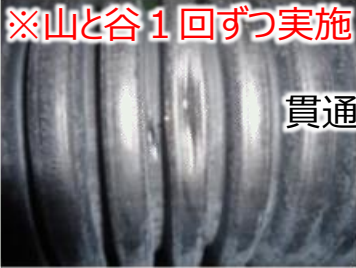
ヒートサイクル試験結果

b-1) 圧縮強度試験

強化可とう 電線保護管	試験前	試験中	試験後
-20℃		 34%たわみ時	
20℃		 34%たわみ時	
60℃		 34%たわみ時	

ヒートサイクル試験結果

b-2) 耐衝撃試験

波付硬質 合成樹脂管	試験前	試験後
-20℃		※山と谷 1 回ずつ実施 貫通なし 
20℃		※山と谷 1 回ずつ実施 貫通なし 
60℃		※山と谷 1 回ずつ実施 貫通なし 

ヒートサイクル試験結果

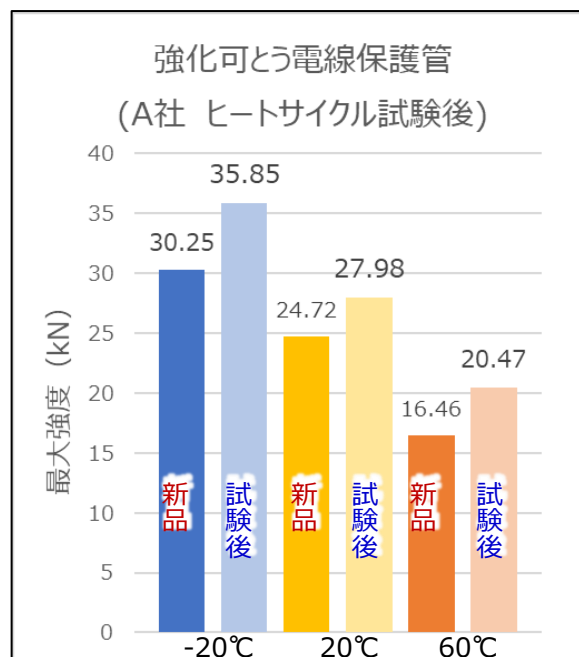
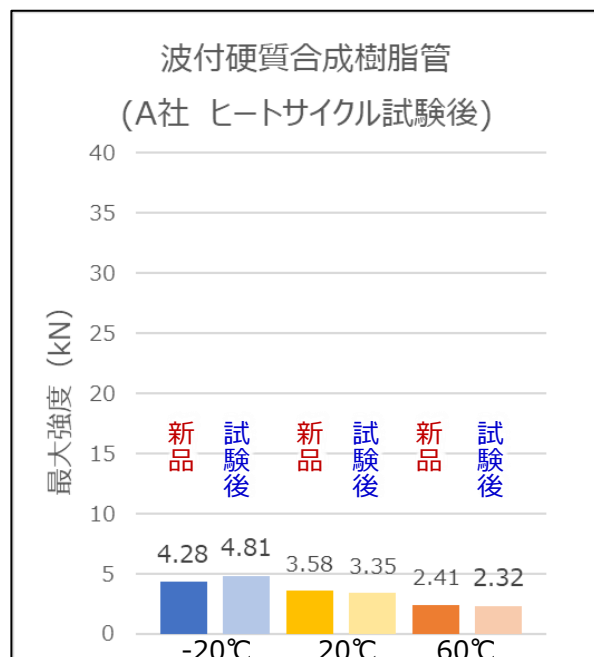
b-2) 耐衝撃試験

強化可とう 電線保護管	試験前	試験後
-20℃		※山と谷 1 回ずつ実施 貫通なし
20℃		※山と谷 1 回ずつ実施 貫通なし
60℃		※山と谷 1 回ずつ実施 貫通なし

ヒートサイクル試験結果

b) ヒートサイクル試験結果（管路への影響調査）まとめ

- 管路の凍結融解試験30サイクルを行った管路について強度試験を実施した結果は下表のとおり
- ヒートサイクル試験後の管路は**新品と同等の強度を有していることが確認できた**



圧縮強度試験結果（ヒートサイクル試験）
(グラフに記載の温度は試験時の試験体温度)

耐衝撃試験結果 (ヒートサイクル試験)

管路	呼び径	試験結果 (貫通の有無)		
		-20℃	20℃	60℃
波付硬質合成樹脂管	100	無	無	無
強化可とう電線保護管	100	無	無	無

圧縮強度・耐衝撃試験結果（経年品）

強度試験（経年品）結果

（１）屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

② 紫外線の影響調査

a) 圧縮強度試験

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年①）



試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年①）



試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年①）



試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年②）



試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験

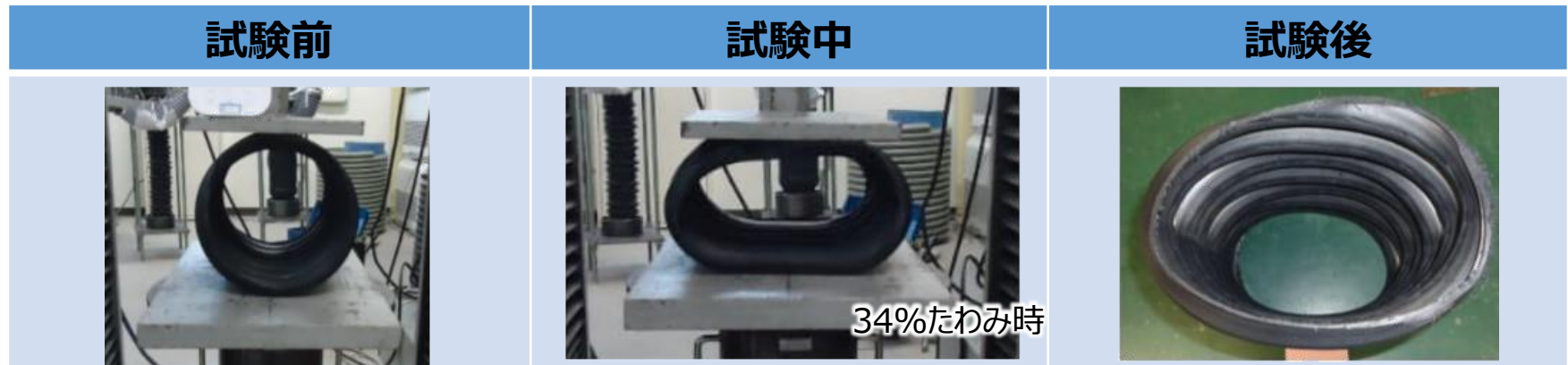
試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年②）



試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年②）



試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径100（34年経年）



【参考】試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：難燃性 波付硬質合成樹脂管 呼び径100（新品）

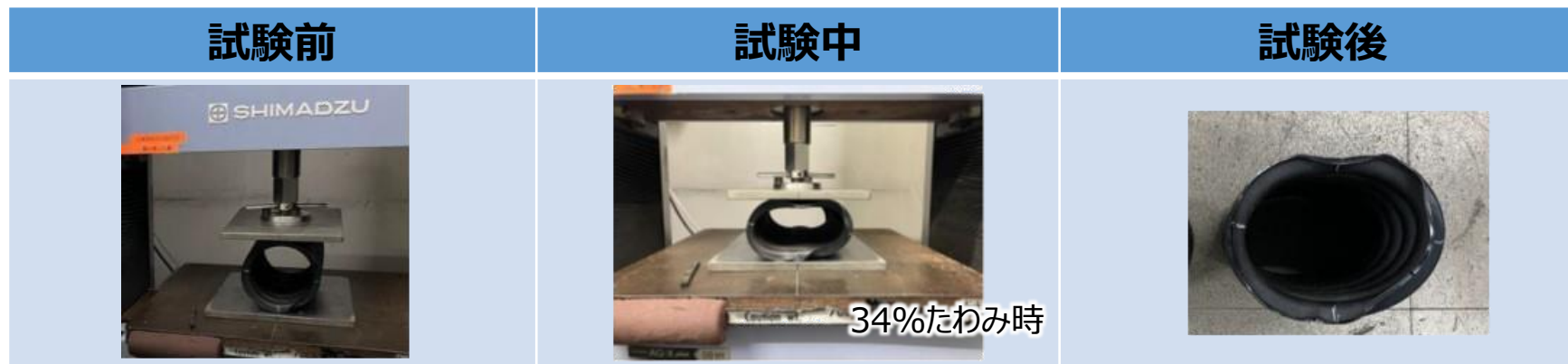


強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径100（34年経年）



【参考】試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：難燃性 波付硬質合成樹脂管 呼び径100（新品）

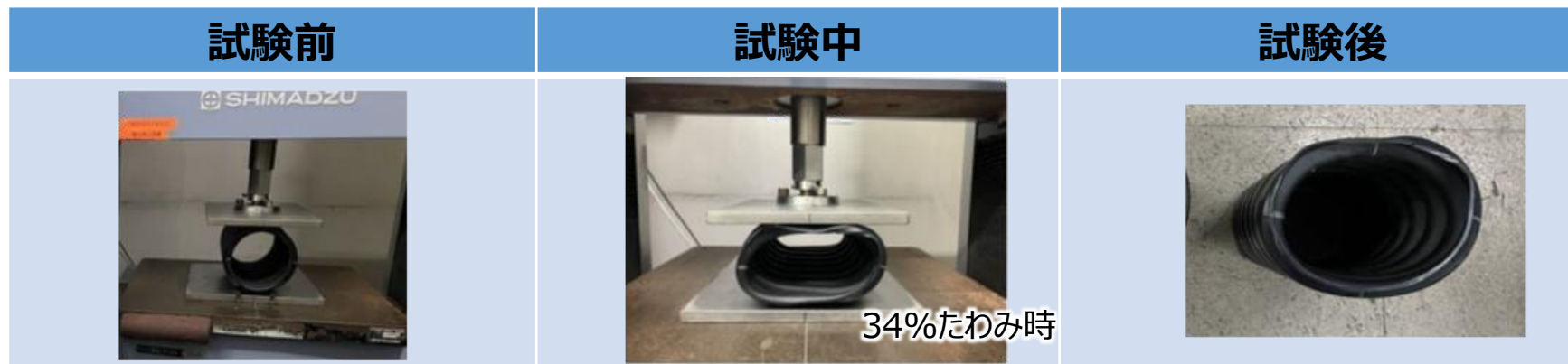


強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径100（34年経年）



【参考】試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：難燃性 波付硬質合成樹脂管 呼び径100（新品）



強度試験（経年品）結果

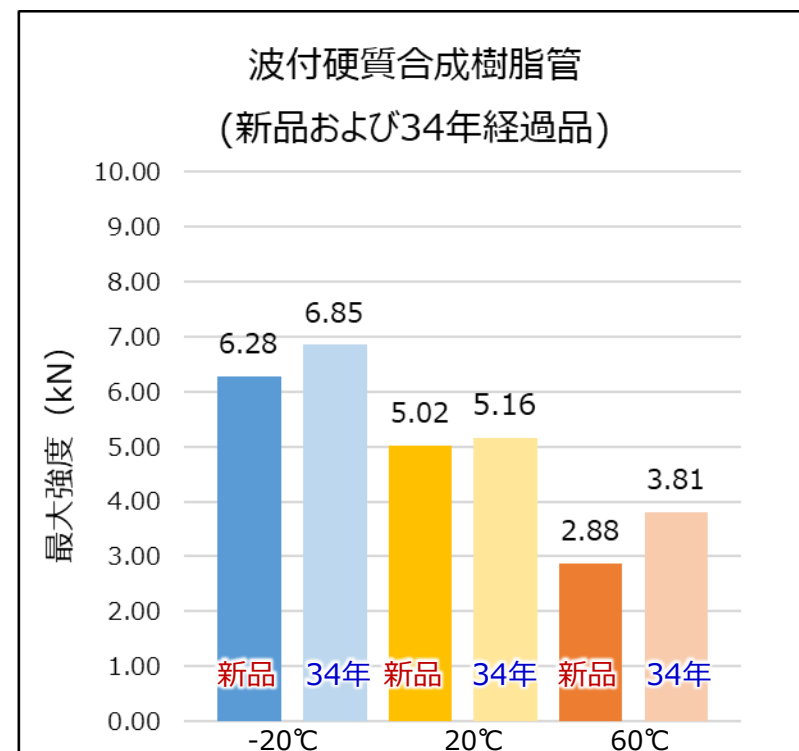
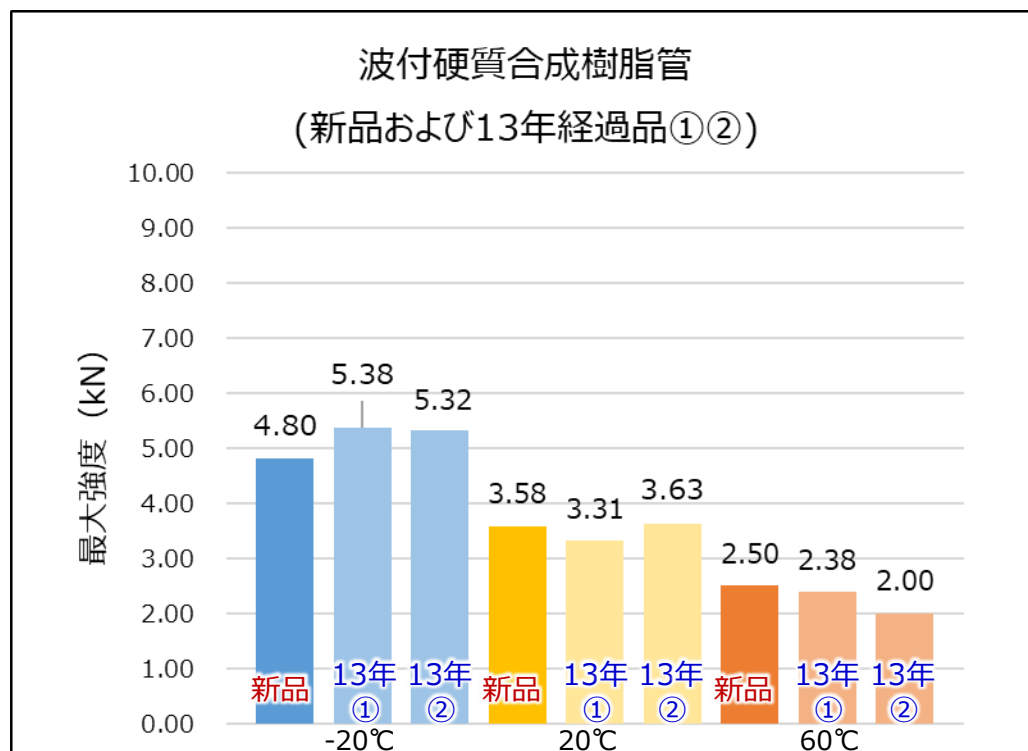
a) 圧縮強度試験 まとめ

管路・トラフ	呼び径	経過年	試験結果 (たわみ率34%までの最大荷重)		
			-20℃	20℃	60℃
難燃性 波付硬質合成樹脂管	150	新品	4.8	3.58	2.50
波付硬質合成樹脂管		13年① (新品との強度比較(%))	5.38 (112%)	3.31 (92%)	2.38 (95%)
		13年② (新品との強度比較(%))	5.32 (111%)	3.63 (101%)	2.32 (93%)
難燃性 波付硬質合成樹脂管	100	新品	6.28	5.02	2.88
波付硬質合成樹脂管		34年 (新品との強度比較(%))	6.85 (109%)	5.16 (103%)	3.81 (132%)

強度試験（経年品）結果

a) 圧縮強度試験 まとめ

- 新品と比較して、13年経過したものの強度は-20℃で**111~112%**、20℃で**92~101%**、60℃で**93~95%**の耐荷重であり、大きな強度低下はみられなかった
- 34年経過したものについても新品と比較して、強度は-20℃で**109%**、20℃で**103%**、60℃で**132%**の耐荷重であり、大きな強度低下はみられなかった



圧縮強度試験（経年品）結果

強度試験（経年品）結果

b) 耐衝撃試験

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年①）



試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

b) 耐衝撃試験

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年①）



試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

b) 耐衝撃試験

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（13年経年①）



試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径150（新品）



強度試験（経年品）結果

b) 耐衝撃試験

試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径100（34年経年）



【参考】試験条件：管路温度 -20 ± 2 °C

試験材料：難燃性 波付硬質合成樹脂管 呼び径100（新品）



強度試験（経年品）結果

b) 耐衝撃試験

試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径100（34年経年）



【参考】試験条件：管路温度 20 ± 2 °C

試験材料：難燃性 波付硬質合成樹脂管 呼び径100（新品）



強度試験（経年品）結果

b) 耐衝撃試験

試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：波付硬質合成樹脂管 呼び径100（34年経年）



【参考】試験条件：管路温度 60 ± 2 °C

試験材料：難燃性 波付硬質合成樹脂管 呼び径100（新品）



強度試験（経年品）結果

b) 耐衝撃試験 まとめ

- 温度に関わらず、呼び径150の管路では貫通し、呼び径100の管路では貫通は生じず、新品と経年品について試験結果に差異は見られなかった
- 呼び径150の管路が貫通する原因については、呼び径150と呼び径100で製造方法が異なることが考えられる

管路・トラフ	呼び径	経過年	試験結果 (貫通の有無)		
			-20℃	20℃	60℃
難燃性 波付硬質合成樹脂管FEP	150	新品	有	有	有
波付硬質合成樹脂管FEP		13年①	有	有	有
難燃性 波付硬質合成樹脂管FEP	100	新品	無	無	無
波付硬質合成樹脂管FEP		34年	無	無	無

草刈り機接触試験結果

草刈り機接触試験結果

(1) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の外的影響調査

④その他（草刈機等による外傷の影響調査）

a) 試験概要

草刈り機の接触による管路等への影響等について調査するため、(株)関電工殿のつくば技術研究所内に試験設備を構築し、市販されている草刈り機にて試験を行った。

なお、草刈り機は一般的に使用されているナイロンコードとチップソーの2種類とした。

試験対象	難燃性 波付硬質合成樹脂管（3社）	樹脂トラフ（代表1社）
	角型多条敷設管（3社）	【参考】SGP（代表1社）
	強化可とう電線保護管（2社）	【参考】ECVP（代表1社）



草刈り機(ナイロンコード)



草刈り機(チップソー)

草刈り機接触試験結果

b) 試験状況

管路等の設置状況



波付硬質合成樹脂管



角型多条敷設管



強化可とう電線保護管



樹脂トラフ



SGP



ECVP

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：ナイロンコード、常温

試験材料：難燃性 波付硬質合成樹脂管 呼び径100

	A社	B社	C社
試験前			
試験後			
結果	穴あき無し	穴あき無し	穴あき無し

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：チップソー、常温

試験材料：難燃性 波付硬質合成樹脂管 呼び径100

	A社	B社	C社
試験前			
試験後			
結果	穴あき有り	穴あき有り	穴あき有り

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：ナイロンコード、常温

試験材料：角型多条敷設管 呼び径100

	A社	B社	C社
試験前			
試験後			
結果	穴あき無し	穴あき無し	穴あき無し

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：チップソー、常温

試験材料：角型多条敷設管 呼び径100

	A社	B社	C社
試験前			
試験後			
結果	穴あき有り	穴あき有り	穴あき有り

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：ナイロンコード、常温

試験材料：強化可とう電線保護管 呼び径100、樹脂製トラフ150S

	A社	B社	—
試験前			
試験後			
結果	穴あき無し	穴あき無し	穴あき無し

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：チップソー、常温

試験材料：強化可とう電線保護管 呼び径100（A・B社）、樹脂製トラフ150S（C社）

	A社	B社	—
試験前			
試験後			
結果	穴あき無し	穴あき無し	穴あき無し

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：チップソー、60℃

試験材料：強化可とう電線保護管 呼び径100、樹脂製トラフ150S

	A社	B社	—
試験前			
試験後			
結果	穴あき無し	穴あき無し	穴あき無し

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：ナイロンコード、常温

試験材料：SGP管（左）、ECVP管（右）

	参考（SGP管）	参考（ECVP管）
試験前		
試験後		
結果	穴あき無し	穴あき無し

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果

試験条件：チップソー、常温

試験材料：SGP管（左）、ECVP管（右）

	参考（SGP管）	参考（ECVP管）
試験前		
試験後		
結果	穴あき無し	穴あき無し

草刈り機接触試験結果

c) 試験結果 まとめ

管路・トラフ	No	ナイロンコード	チップソー
難燃性 波付硬質合成樹脂管	1	穴あき無し	穴あき有り
	2	穴あき無し	穴あき有り
	3	穴あき無し	穴あき有り
角型多条敷設管	1	穴あき無し	穴あき有り
	2	穴あき無し	穴あき有り
	3	穴あき無し	穴あき有り
強化可とう電線保護管	1	穴あき無し	穴あき無し
	2	穴あき無し	穴あき無し
樹脂製トラフ	1	穴あき無し	穴あき無し

上表について、各管路・トラフのNoと製造者（A・B・C社）は、それぞれ順不同で記載している。
（例えば、難燃性波付硬質合成樹脂管のNo1と、角型多条敷設管のNo1は、同じ製造者とは限らない）

d) まとめ

草刈り機の接触による管路への影響について調査した結果

- ・ ナイロンコードについては、すべての管路等に対して穴あきなどの異常は見られなかった。
- ・ チップソーについては、波付硬質合成樹脂管及び角型多条敷設管に穴あきが生じた。
- ・ 強化可とう電線保護管及び樹脂製トラフについては、チップソーが接触しても穴あきは生じず、高温環境下（60[℃]）においても、同様であった。

以上の結果から、

草刈りが行われる場所については、強化可とう電線保護管又は樹脂製トラフを使用する必要がある。

地絡試験結果

地絡試験結果

(2) 屋外環境に地中管路等を施設した場合の地絡事故時の影響調査

a) 試験対象管路の検討

試験対象については、山間部での使用を考慮して軽量の管路、トラフとした。

試験対象
波付硬質合成樹脂管(A、B社)
角型多条敷設管（代表1社）
可とう電線保護管(代表1社)
ECVP管（代表1社）
樹脂製トラフ（代表1社）

地絡試験結果

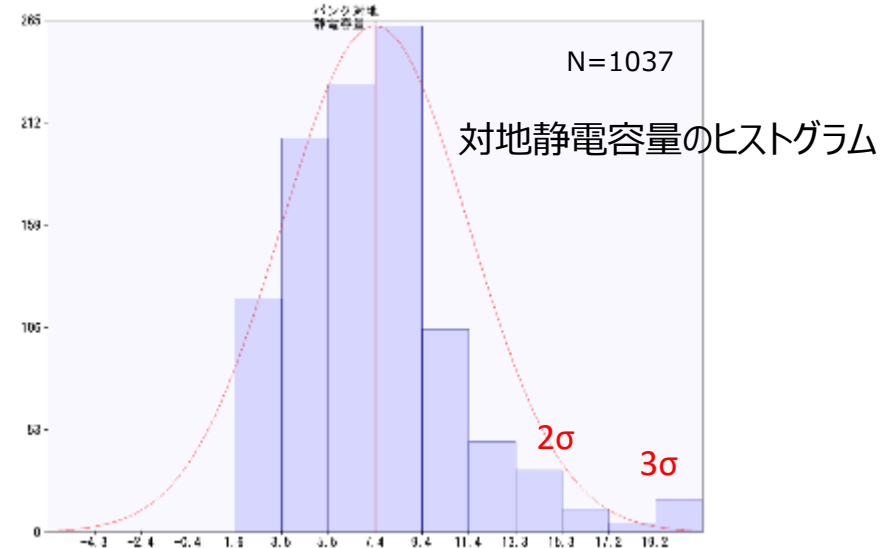
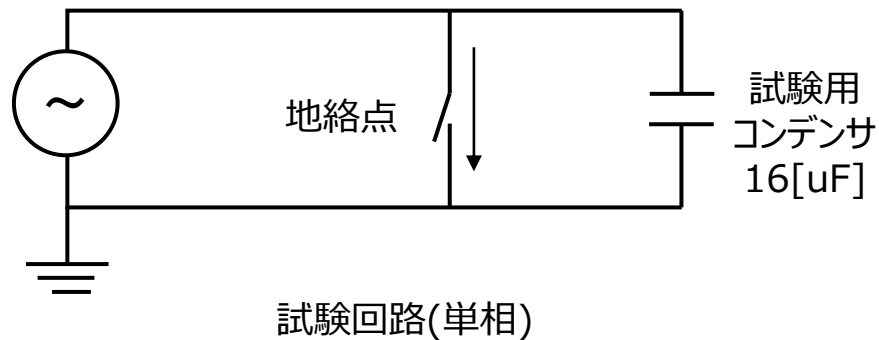
b) 試験条件

- 試験回路は配電線路を模擬した回路とし、地絡試験であることから単相回路で試験を行うこととした
- 試験回路の対地静電容量については、試験設備の上限が16[uF]であることから、その妥当性について調査した

C電力における山間部を有する配電用変電所の対地静電容量を下図に示す。

調査の結果、配電用変電所の対地静電容量は2 σ で15.3[uF]であった。また、その他の電力数社における対地静電容量も下表のとおりであり、試験回路の条件として妥当と判断した。

三相発電機



試験静電容量について

A電力	本事業の対象となる可能性のあるエリアの変電所における最大のバンク静電容量が14.8 μ F
B電力	管轄内の変電所バンクの内、静電容量16 μ F以下のバンクが全体の約93%
D電力	管轄内の変電所バンクの内、静電容量16 μ F以下のバンクが全体の約95%

地絡試験結果

b) 試験条件

- 試験対象ケーブルについては、山間部への供給を考慮しCV-T※60sqとした
- 試験電圧については、配電系統で最大の対地電圧となる3,980[V]とした
- 通電時間については、電技解釈第17条第2項第一号17-1表により、B種接地抵抗値を $600/I_g[\Omega]$ で運用する際の電路の遮断時間である1.0[s]とした
- 通電回数については、実運用されている再送電を考慮し2[回]とした

試験条件		備考
ケーブル選定	CV-T 60sq	山頂負荷への供給を想定してCV-T 60sqとした
対地静電容量	16[uF]	試験装置の最大容量
対地電圧	3,980[V]	系統最高対地電圧とした
通電時間	1.0[S]	
通電回数	2[回]	再送電を想定して2回とした

※CVケーブルを3本より合わせたトリプレックスケーブル

試験の判定基準については、『地中線防護物に貫通箇所が無いこと。』とし、管路内部の溶融は許容することとした。

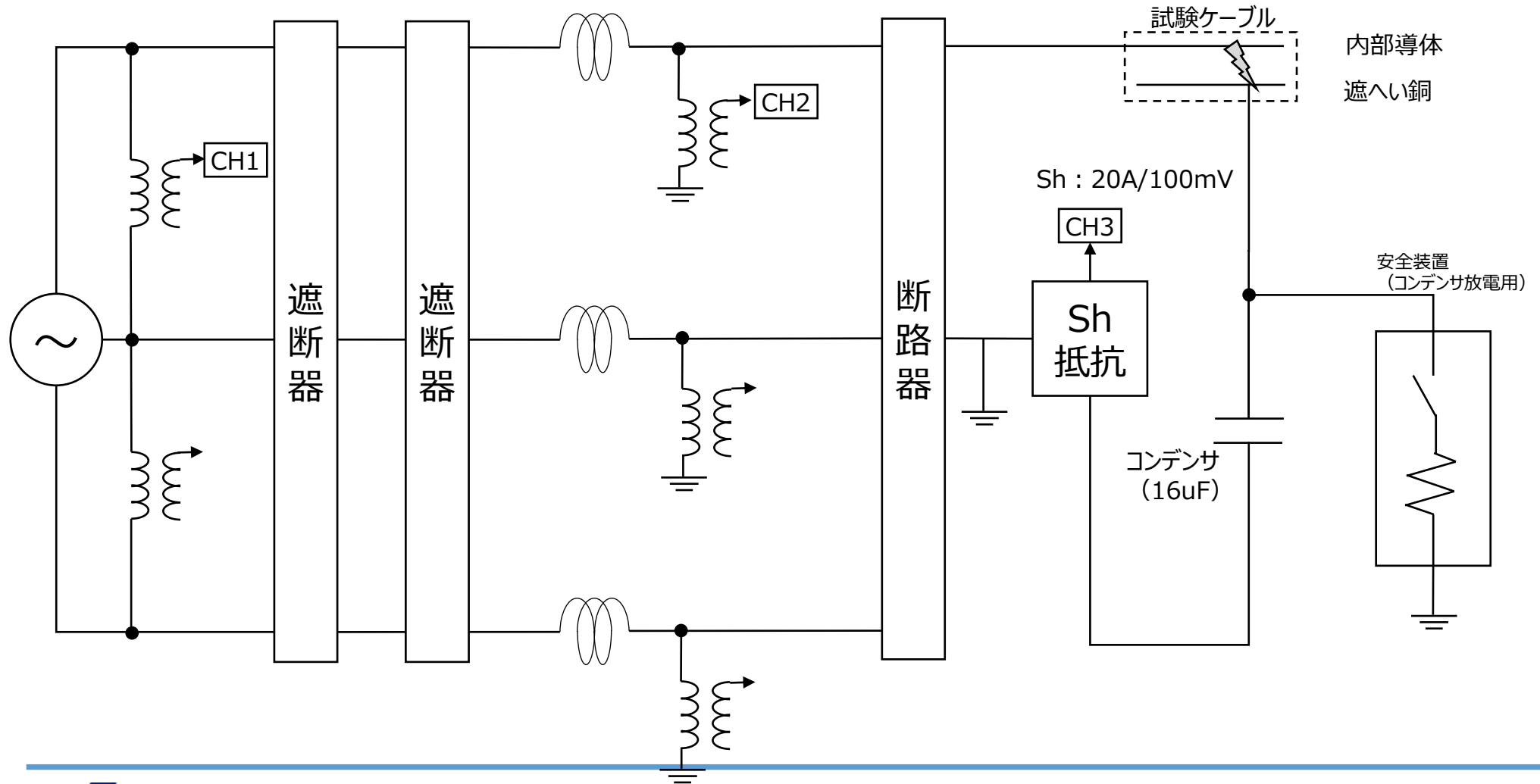
地絡試験結果

b) 試験条件

試験回路は以下のとおり。

VT : 11kV/110V

L : 0.1mH VT : 11kV/110V



地絡試験結果

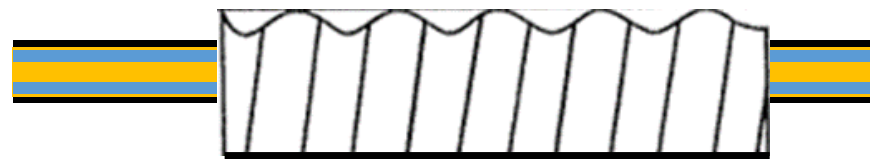
b) 試験条件

地絡箇所の条件

- 地絡点は、φ1mmのドリルで絶縁体(外部半導電層～導体間)を貫通させる
- 外部半導電層、遮蔽層、ケーブルシースは復元する
- 地中線防護物内面と地絡点が接触するように施設する

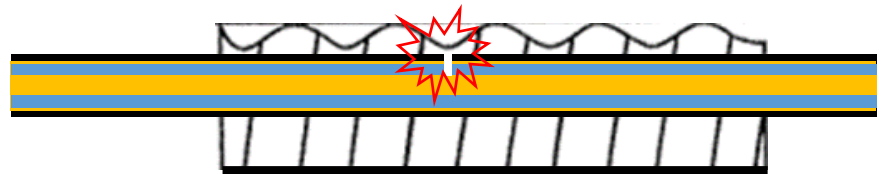


地絡点のイメージ



防護材の設置位置イメージ(外観)

防護物内面とケーブルが接触する位置とする。



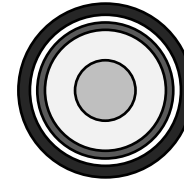
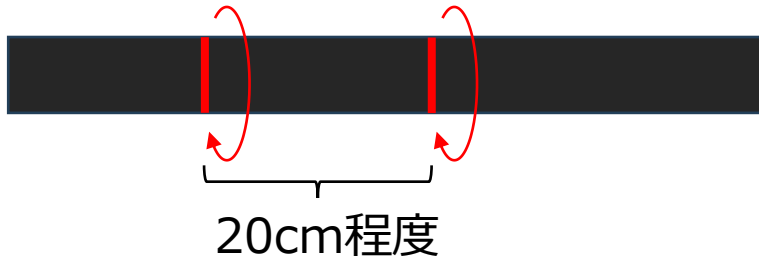
防護材の設置位置イメージ(断面)

地絡試験結果

b) 試験条件

試験ケーブルの作成は以下のとおり。

1. 20cmの長さになるようにシースを切り、ずらす



外側から
シース、遮へい銅、半導電層、
絶縁体、内部導体

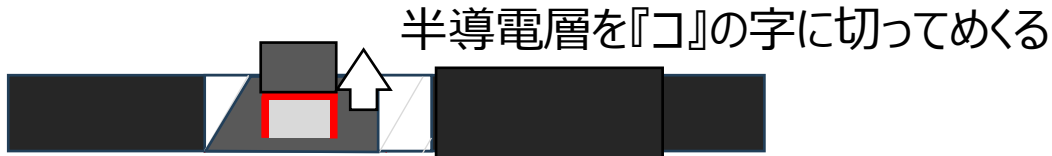


⇒ 切ったシースを横にずらす（シースを回しながら）

2. 遮へい銅を10cm程度めくり、半導電層を3cm×5cmでコの字に切ってめくる



遮へい銅をめくる ←

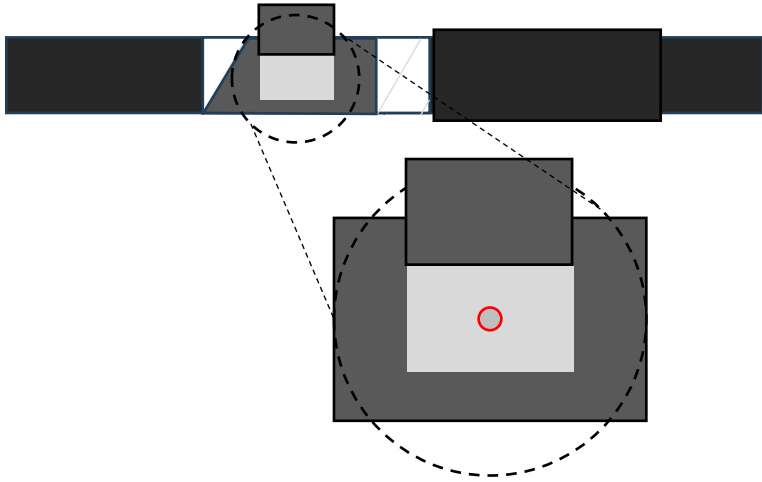


半導電層を『コ』の字に切ってめくる

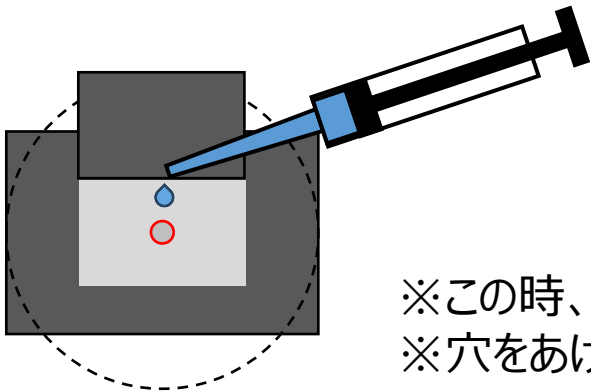
地絡試験結果

b) 試験条件

3. 絶縁体に直径1mmの穴をあけ、内部導体が見える状態にする



4. 開けた穴の中に、塩水（食塩水）を入れる



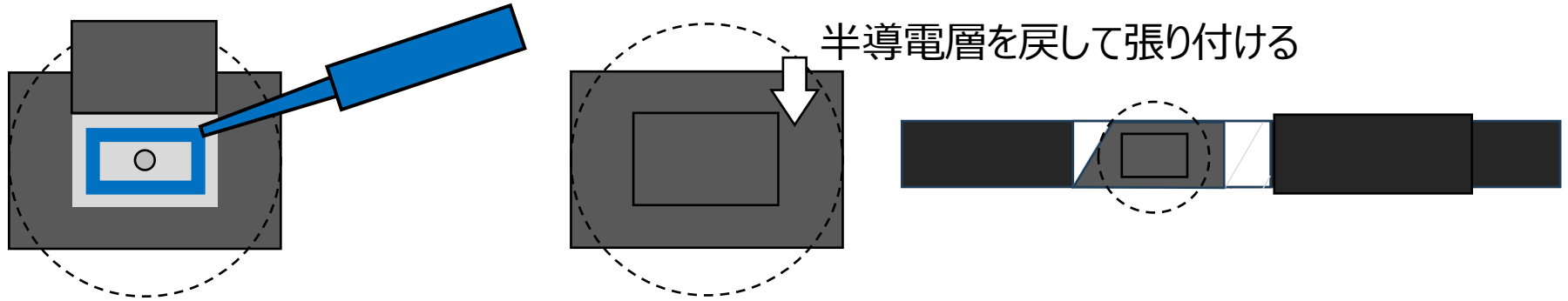
※この時、穴から溢れた水滴はふき取る

※穴をあけただけで、空気の絶縁により常規対地電圧は耐える

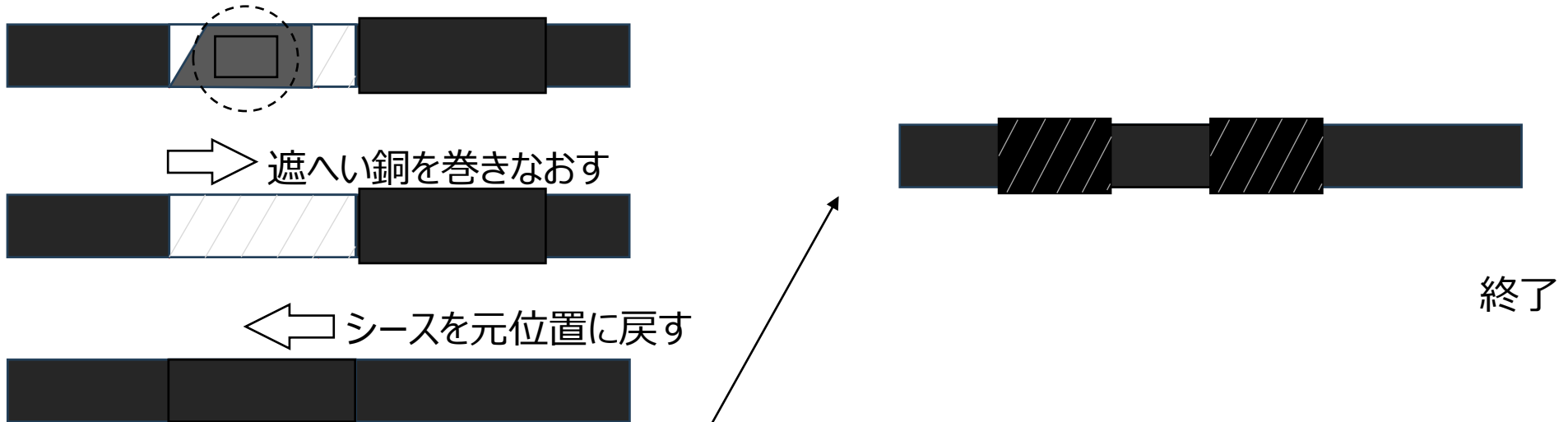
地絡試験結果

b) 試験条件

5. 絶縁体に□の字に接着剤を塗布し、半導電層を戻す



6. 遮へい銅を巻きなおし、ずらしていたシースを元位置に戻して、シース切断個所を絶縁テープで巻く



地絡試験結果

c) 試験状況

地絡試験は、2023年10月26日（木）に(株)東光高岳殿の蓮田工場にて実施した。
試験状況は以下の通り。



地絡点作成状況



地絡点の設置



試験回路



地絡点(赤印)



地絡時のアーク



地絡点(試験後)

地絡試験結果

d) 試験結果

試験管路	試験前	試験後	試験後地絡点
波付硬質合成樹脂管 (A社)			
管路裏側	管路裏側(拡大)	管路表側	管路表側(拡大)
			

試験結果として、管路に穴あき等は生じなかった。一部に溶融による変形が見られた。

地絡試験結果

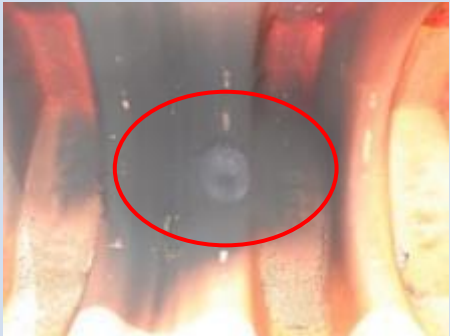
d) 試験結果

試験管路	試験前	試験後	試験後地絡点
波付硬質合成樹脂管 (B社)			
管路裏側	管路裏側(拡大)	管路表側	管路表側(拡大)
			

試験結果として、管路に穴あき等は生じなかった。

地絡試験結果

d) 試験結果

試験管路	試験前	試験後	試験後地絡点
角型多条敷設管			
管路裏側	管路裏側(拡大)	管路表側	管路表側(拡大)
			

試験結果として、管路に穴あき等は生じなかった。

地絡試験結果

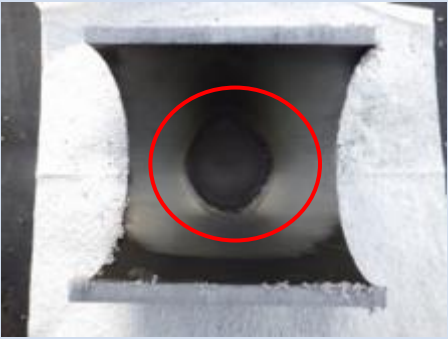
d) 試験結果

試験管路	試験前	試験後	試験後地絡点
強化可とう電線 保護管			
管路裏側	管路裏側(拡大)	管路表側	管路表側(拡大)
			

試験結果として、管路に穴あき等は生じなかった。

地絡試験結果

d) 試験結果

試験管路	試験前	試験後	試験後地絡点
ECVP管			
管路裏側	管路裏側(拡大)	管路表側	管路表側(拡大)
			

試験結果として、管路に穴あき等は生じなかった。

地絡試験結果

d) 試験結果

試験管路	試験前	試験後	試験後地絡点
樹脂製トラフ			
管路裏側	管路裏側(拡大)		
			

試験結果として、管路に穴あき等は生じなかった。

地絡試験結果

e) まとめ

地中線防護物に対する地絡試験の結果を以下に示す。

管路・トラフ	No	試験結果
波付硬質合成樹脂管	1	良
	2	良
角型多条敷設管	1	良
強化可とう電線保護管	1	良
ECVP管	1	良
樹脂製トラフ	1	良

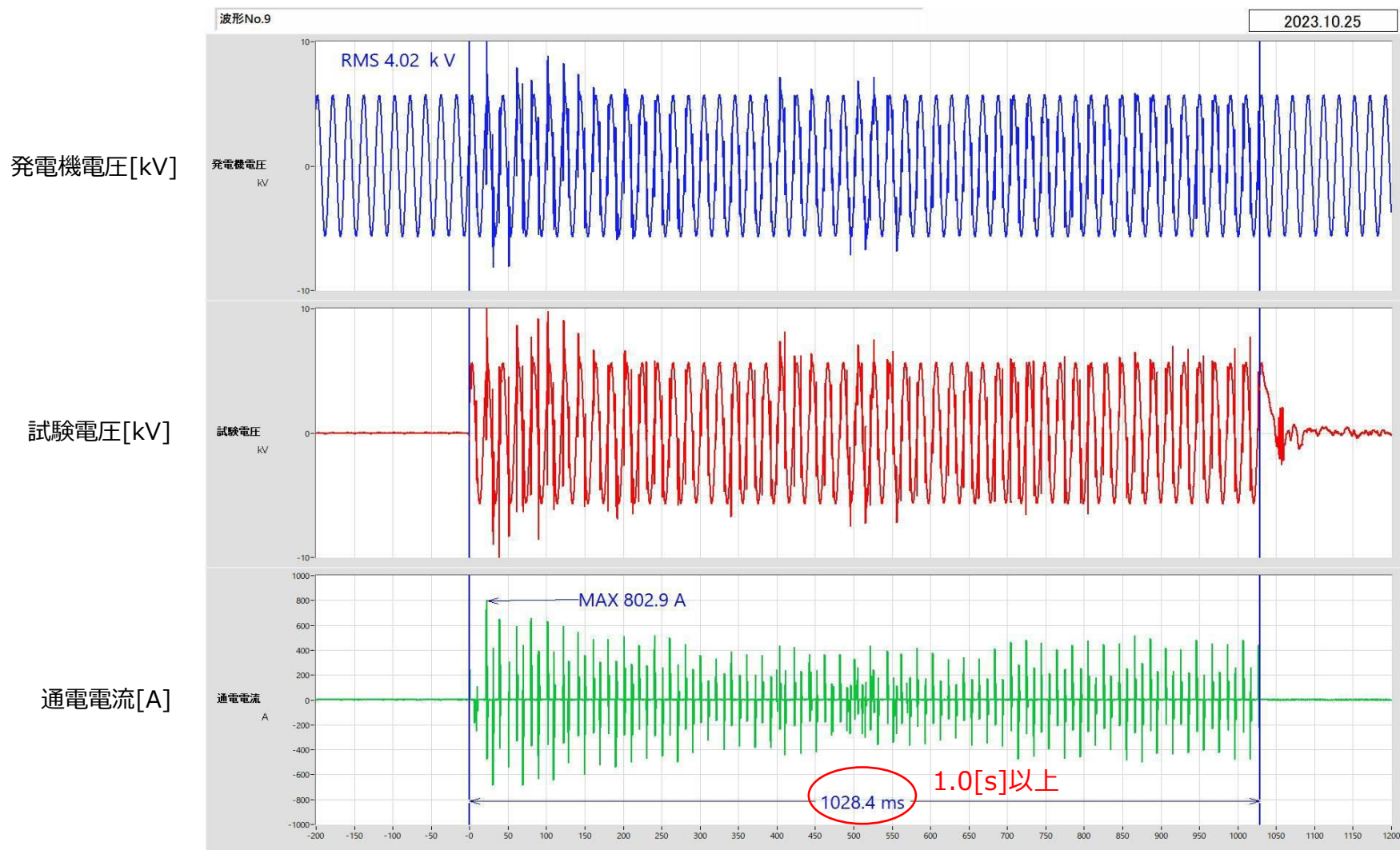
上表について、各管路・トラフのNo1が一つの製造者とは限らない

試験対象品は**地絡事故時のアークが管路外部に放出されることがないことが確認された。**

よって、本試験にて確認した管路等は、**電技省令第20条『感電又は火災のおそれがないように施設しなければならない。』に準拠するものと判断した。**

地絡試験結果

参考)地絡試験時の電圧・電流波形



短絡試験結果

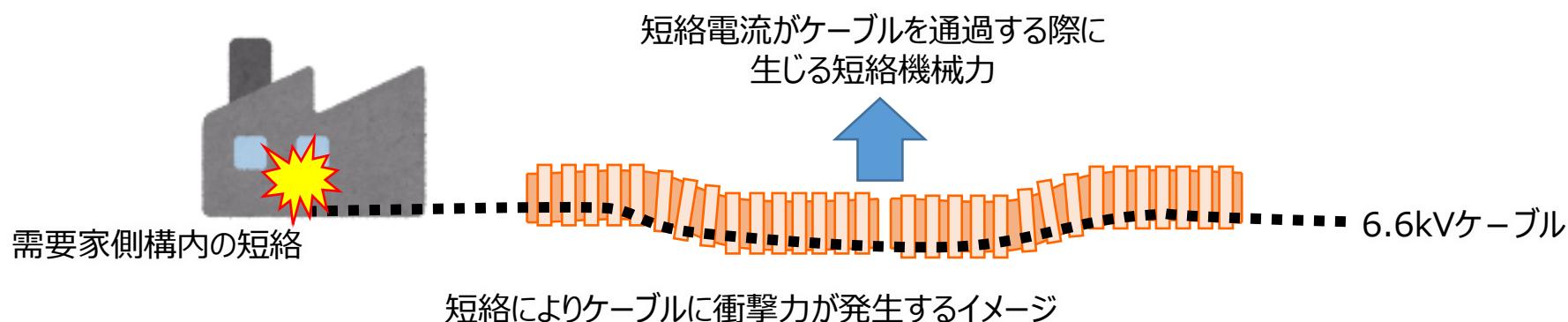
短絡試験結果

(3) 屋外施設する管路等の固定力・固定方法の調査

a) 短絡試験の必要性

配電系統に使用される6.6kV CVTケーブルが短絡事故を起こす可能性は低く作られている（遮へい層があり地絡優先構造のため）が、需要家側で短絡事故が発生した場合、6.6kVケーブルに短絡電流による衝撃力（短絡機械力）が発生する。

6.6kVケーブルの地上施設については、ケーブルに短絡機械力は働いた時においても、地表に十分に固定されている必要があることから、短絡試験を行い、ケーブルにかかる衝撃力を調査することとした。

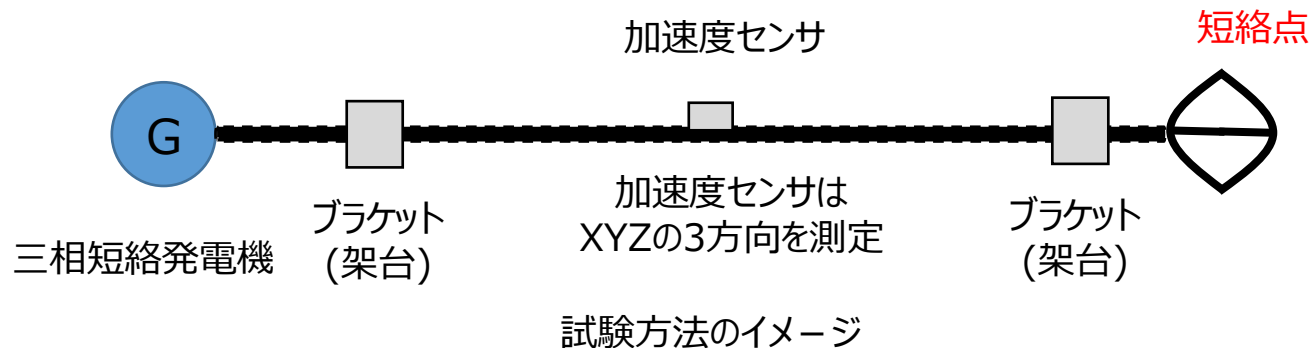


短絡試験結果

b) 試験条件

- 試験対象ケーブルについては、山間部への供給を考慮し、CV-T60sqとした
- 短絡電流については、12.5kAとした
- 通電時間については、0.2[s] とした
- 通電回数については、平均値を算出するため原則3[回]とした

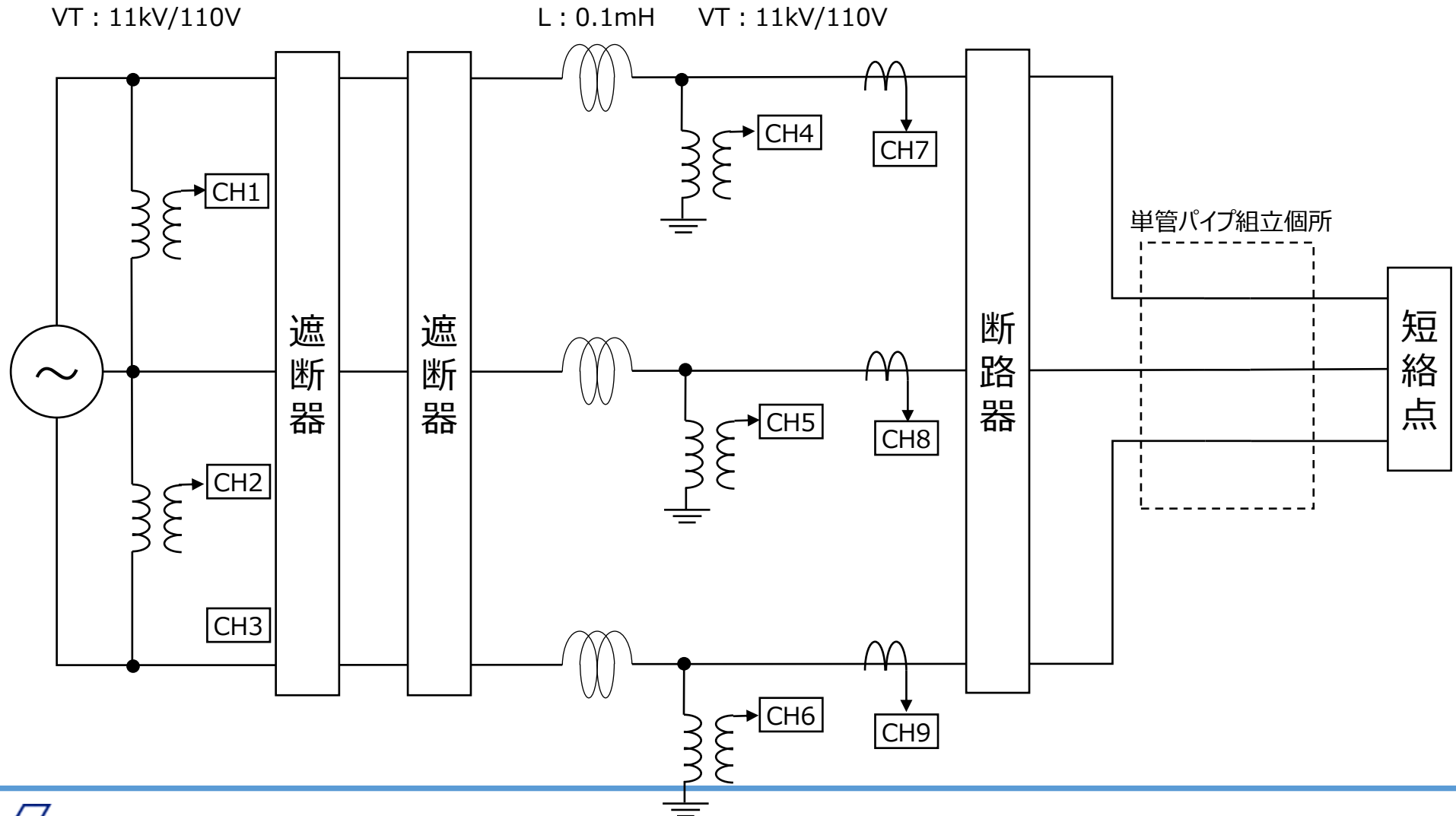
試験条件		備考
短絡電流	12.5[kA]	配電線1回線における最大短絡電流 (一般送配電事業者における設計値)
通電時間	0.2[S]	
通電回数	1[回]	
測定回数	3[回]	平均値を計測するため3回とした



短絡試験結果

b) 試験条件

試験回路は以下のとおり。



短絡試験結果

c) 試験状況

短絡試験は、2023年10月27日（金）に(株)東光高岳殿の蓮田工場にて実施した。
試験状況は以下の通り。



短絡発電機との接続



加速度計(試験時は保護)



ケーブル重量確認



試験回路全景



固定距離2[m]



固定距離3[m]

短絡試験結果

d) 試験結果

短絡試験によりケーブルに生じる衝撃力を測定した結果を以下に示す。

	固定間隔 (m)	通電電流 (kA)*1	最大 加速度 (G)	ケーブル 重量 (kg)*2	最大 衝撃力 (N)	1mあたりの 最大衝撃力 (N/m)
試	2	3.1	4.4	8.1	349	175
1回目	2	13.4	41.3	8.1	3,280	1,640
2回目	2	13.4	36.1	8.1	2,870	1,440
3回目	2	13.2	42.7	8.1	3,390	1,700
試	3	3.1	4.4	10.4	449	150
1回目	3	13.4	37.9	10.4	3,870	1,290
2回目	3	13.4	41.2	10.4	4,200	1,400
3回目	3	13.2	35.1	10.4	3,580	1,190

※1：三相の平均値

※2：ケーブル重量（2.7kg/m）に、養生材の重量を加算した値

短絡試験結果

e) まとめ

ケーブルに加わる衝撃力は最大で1,700[N/m]であった。

この結果、ケーブルに加わる衝撃力はケーブル引き入れ時の許容側圧(2,450[N/m])以下であることが確認された。

短絡時の衝撃力		ケーブルの許容側圧
1,700[N/m]	<	2,450[N/m]

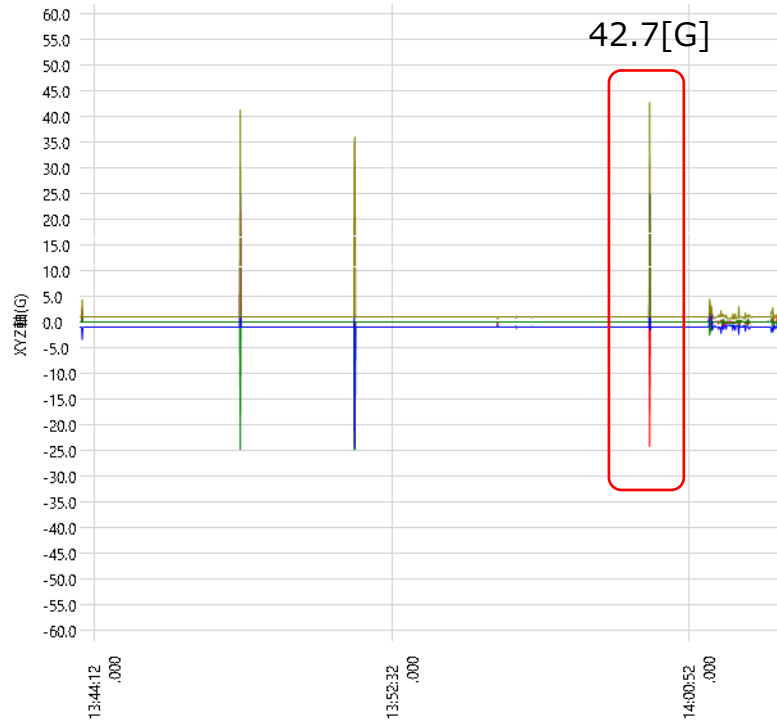
ケーブルの許容側圧

ケーブルの種類	許容側圧 (N/m{kgf/m})
単心または一括シース	2,940{300} (4,900{500})
<u>トリプレックス</u>	<u>2,450{250} (4,900{500})</u>

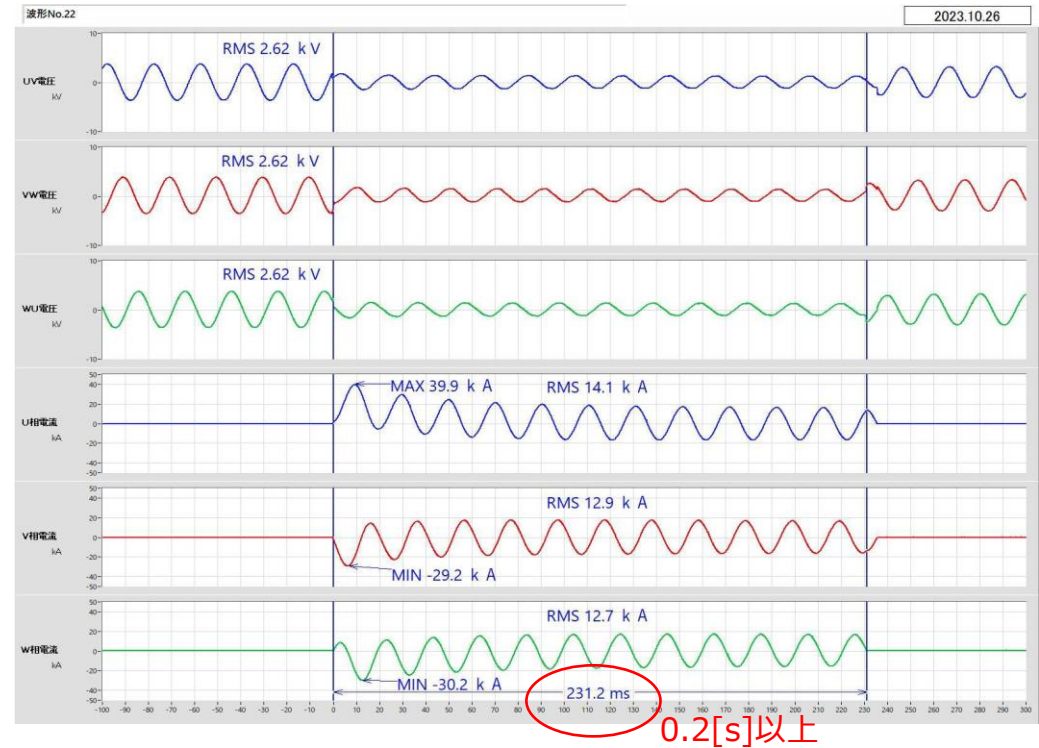
(注1) () 内は、新設などの内面が滑らかで、かつ、段差がない管路に適用します。 [\(出典\) 北日本電線 HP](#)

短絡試験結果

参考)短絡試験時の加速度計波形、電圧・電流波形



加速度計波形



短絡試験時の電圧・電流波形

(案)

添付資料 9

J E S C

車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない山地に施設する高圧地上電線路

J E S C E x x x x (2 0 x x)

令和 x 年 x 月 x 日 制定

日本電気技術規格委員会
一般社団法人日本電気協会 配電専門部会

制定及び改定の経緯

令和 X 年 XX 月 XX 日 制定

日本電気技術規格委員会規格
車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない山地に施設する
高圧地上電線路
J E S C E X X X X (2 0 X X)

目 次

1. 適用範囲	1
2. 引用規格	1
3. 技術的規定	1
J E S C E X X X X (車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない山地に施設する高圧地上電線路) 解説	5
1. 制定経緯	5
2. 制定根拠	8
日本電気技術規格委員会規格について	38
規格制定に参加した委員の氏名	39

日本電気技術規格委員会規格
「車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない山地に施設する
高圧地上電線路」

J E S C E X X X X (2 0 X X)

1. 適用範囲

この規格は、地上に施設する高圧電線路のうち、山地であり、車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない場所に施設する場合の要件について規定する。

〔注〕 上記のとおり定義した理由は、本規格の解説「1.制定経緯」「2.制定根拠」を参照のこと。

2. 引用規格

JIS C 3606:2022 「高圧架橋ポリエチレンケーブル」

JIS C 3653:2004 「電力用ケーブルの地中埋設の施工方法」

JIS A 5372:2016 「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」

JIS A 8902:1988 「ショベル及びスコップ」

3. 技術的規定

一 地上に施設する高圧ケーブルは、次によること。

- イ 高圧ケーブルは、トリプレックス形であること
- ロ 高圧ケーブルは、JIS C 3606「高圧架橋ポリエチレンケーブル」の 7.10 に基づく難燃試験を実施した際、5.特性に規定された自消性のある難燃性を有すること
- ハ 高圧ケーブルは、内部半導電層、絶縁体、外部半導電層の三層同時押出しにより製造されたものであること

二 第一号の規定による高圧ケーブルを防護する管路、トラフ、及び接続箱は、次によること。

イ ケーブルを通線する管路、トラフは次によること

(イ) 管路、トラフの圧縮強度は、次のいずれかに適合すること。

- (1) 管路は、JIS C3653:2004「電力用ケーブルの地中埋設の施工方法」の附属書 1 の「5.1 圧縮強度試験」に規定される試験方法を、常温（20±2℃）、高温（60±2℃）、及び低温（-20±2℃）の環境下にて、圧縮荷重を 3.0kN 加えた際の管路のたわみ率が 34%未満となり、ひび、割

れその他異状がないもの。ただし、設置環境に応じて圧縮強度の高い管路を必要とする場合には、上記の圧縮荷重を 9.0kN 以上とすること。

- (2) コンクリート製トラフは、JIS A 5372:2016「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」推奨仕様 G-1 の規定に適合するもの。
- (3) コンクリート製トラフ以外のトラフは、図 1 に示す試験方法を、常温 ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$)、高温 ($60\pm 2^{\circ}\text{C}$)、及び低温 ($-20\pm 2^{\circ}\text{C}$) の環境下にて、圧縮荷重を 3.0kN 加えた際に、蓋、本体ともに、ひび、割れその他異状がないトラフ。ただし、設置環境に応じて圧縮強度の高い管路を必要とする場合には、上記の圧縮荷重を 9.0kN 以上とすること。

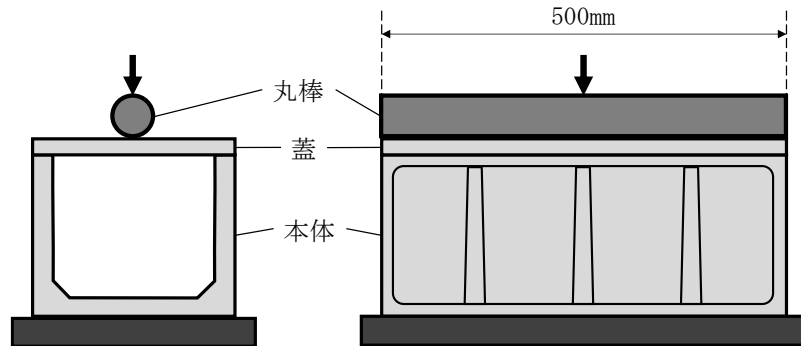


図 1 コンクリート製トラフ以外のトラフに対する圧縮強度試験方法

- (ロ) 管路、トラフは、JIS A 8902:1988「ショベル及びスコップ」に規定されるショベル丸型の刃先を図 2 に示すとおり管軸に直角に当て、常温 ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$)、高温 ($60\pm 2^{\circ}\text{C}$) 及び低温 ($-20\pm 2^{\circ}\text{C}$) にて、緩衝材 (CR ゴム: 厚さ 10mm、硬度 35) を下面に貼りつけた 10kg のおもりを 130mm の高さから自然落下させ打撃したとき、割れや穴 (貫通) が生じないもの。

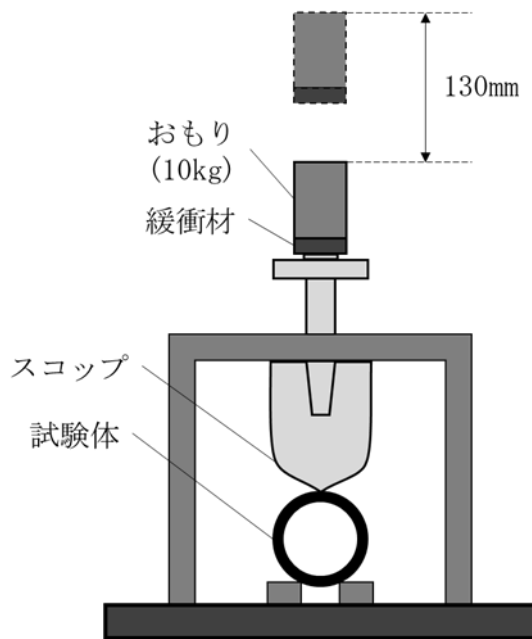


図 2 耐衝撃試験方法

- (ハ)(イ)で規定する圧縮荷重及び(ロ)で規定する衝撃荷重の他に、設置場所に応じて想定される外傷に対して、割れや穴（貫通）を生じないこと、又は適切に防護措置を施すこと。
- (ニ)管路の内径は、ケーブル仕上がり外径の 1.5 倍以上とすること。
- (ホ)管路、トラフは、不燃性又は自消性のある難燃性であること。なお、管路については、JIS C3653:2004「電力用ケーブルの地中埋設の施工方法」の附属書 1 の「5.2 難燃性試験」に規定される試験方法により実施した際、「2.2 難燃性」に規定される性能を有すること。
- (ヘ)耐候性、耐水性等を有する屋外使用可能なものであること。
- (ト)(イ)で規定する試験を実施した際、外径のたわみ率と内径のたわみ率が著しく一致しない管路（管路の内側方向に凹むような様相となる等）については、規定する圧縮荷重値となった時点における内径が、試験前の内径の 67%以上あれば適用可能とする。
- ロ 高圧ケーブルの接続箇所使用する接続箱は次によること。
 - (イ)接続箱の強度は、次のいずれかに適合すること。
 - (1) JIS A5372:2016「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」推奨仕様 G-1 に規定する曲げ耐力に関する性能を有するもの。
 - (2) 3. 技術的規定二. イ (3)に適合するトラフ。
 - (ロ)接続箱は、取扱者以外の者が容易に開けられないようにすること。
 - (ハ)不燃性又は自消性のある難燃性であること。

(ニ) 耐候性、耐水性等を有する屋外使用可能なものであること。

三 前号までに規定する高压ケーブル、管路、トラフ、接続箱は、次により施設すること。

イ 高压ケーブルの施設にあたっては、ケーブル接続点に張力がかからないよう、その両端を接続箱内で必ず固定すること。

ロ 管路及び接続箱の固定は、次によること。

(イ) 施設環境に応じて、運用時に発生する荷重及び作業時に発生する荷重に耐えること。

(ロ) 流水や土砂等を塞き止めることにより、管路及び固定具に想定以上の荷重がかからないよう施設すること。ただし、施設する管路を、トラフ橋のように嵩上げして施設する場合や、周囲に柵を設置するなど、管路及び固定具に想定以上の荷重がかからないような固定方法により施設する場合は、この限りではない。

ハ 管路と接続箱の接続は、次のとおり施設すること。

(イ) 管路は、図 3 に示すように、接続箱の端から 50mm 以上箱内に入れること。なお、50mm 未満となる場合は、強固に取り付けること

(ロ) 接続箱の端（管路貫通部）には、自消性のある難燃材料にて防水処理を施すこと。なお、水抜き用の穴は設けないこと。

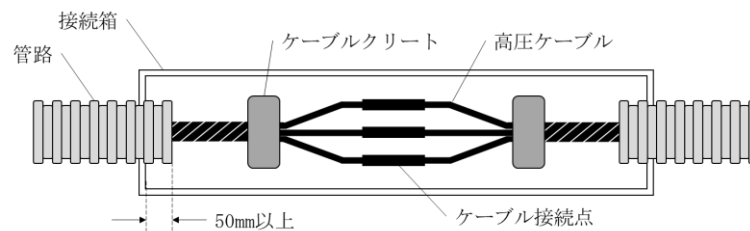


図 3 管路と接続箱の接続

ニ 地上設置する場所には、次により表示を施すこと。

(イ) 物件の名称、管理者名を表示すること。

(ロ) 状況に応じて視認できるような適当な間隔で表示すること。

(ハ) 耐候性のある文字色により表示すること。

ホ 金属製の管路、トラフ、接続箱を使用する場合は、D 種接地工事を施すこと。ただし、ケーブルを支持する金物類及び防食措置を施した部分についてはこの限りではない。

ヘ 同一管路、トラフ、接続箱内に、複数のケーブル及び弱電流電線等を施設しないこと。

J E S C E X X X X (車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない山地に施設する高圧地上電線路)

解説

1. 制定経緯

電線地中化は、架空送電に比べて、コストや工期、関係者間の調整といった面で課題があり、電線地中化を一層推進するためには、国民負担の最小化に配慮しつつ、国が電線管理者と連携し、電線地中化のコスト低減を図るための手法について調査研究を進める必要がある。これまで、電線地中化の低コスト化を図るために、直接埋設工法や小型ボックス工法等の新たな工法が検討されてきたが、工事の困難さや安全性が課題となっていた。

このため、令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（低コスト手法普及拡大に向けた電線地中化工法の実現可能性等調査）では、設置エリアを考慮しつつ、掘削を伴わない新たな低コスト手法として地上に電線路を施設する方法の実現性について調査検討を行った。

従来、地上に施設できる電線路は、電気設備の技術基準の解釈（以下、「電技解釈」という。）第128条「地上に施設する電線路」において、1構内の電線路のほか、地中電線路と橋に施設する電線路又は電線路専用橋等に施設する電線路の間で取扱者以外の者が立ち入らないような措置を講じた場所に限定されていた。

令和4年度の委託事業においては、山地にある官公庁のレーダーや電気通信会社のアンテナへの電力供給ルートである山地の斜面、擁壁上部等の人が常時通行することを想定しない場所に電線路を地上施設することを目的として、実現性の評価を行った。電気設備に関する技術基準を定める省令（以下、「電技省令」という。）第20条「電線路等の感電又は火災の防止」の規定に基づき、感電については、ケーブルを防護する管路等の強度面に関する課題を整理し、火災については、通常の使用状態における温度上昇の影響と地絡事故の衝撃から火災への発展有無について課題を整理した。また、課題を整理する中では、故意の破壊行為、自然災害、及び外部からの二次災害は想定外としたが、可能な限りリスクを低減するように検討を実施した。なお、車両の接触や乗り上げ、除雪車の除雪による水平方向の荷重等含めた内容を単年度で検討することは困難なため、車両の往来が無い場所に限定した。

令和5年度の委託事業（エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（低コスト手法普及拡大に向けた電線地中化工法の実現可能性等調査））においては、火災に関する課題検討として、①ケーブルの基底温度の調査（高日射地域にて管路、トラフを屋外暴露させ、表面及び内部温度を調査したもの）、②地絡事故時の管路、トラフへの影響調査（試験装置を構成し、実事故（配電系統の一

線地絡事故)及び実運用(再送電後停電)を想定した試験方法により、地絡時のエネルギーによって管路等が受ける影響(変形・変質の有無等)を調査した。

感電に関する課題検討として、③新品、経年品、及び経年を模擬した管路、トラフの強度試験(JIS規格による試験方法をもとに、圧縮荷重及び衝撃荷重への耐力を調査したものと、草刈り機を接触させて管路等の貫通有無を調査したものと、運用時に必要な強度を整理したもの)、④管路、トラフの固定力調査(使用を想定する固定杭を土中から引抜く荷重を調査したものと、施工時及び運用時に必要な固定力を整理したもの)、⑤管路、トラフの耐食性調査(耐酸性、耐アルカリ性、食害の履歴を整理したもの)、⑥人への注意喚起方法の検討を実施した。

これら調査結果をもとに、公衆の安全確保を最優先にしつつ、高圧ケーブルの地上設置方法として必要な事項を「本文3. 技術的規定」に規定しており、また、「解説2. 制定根拠」には、その解説を記載している。

次に、地上設置する対象を『山地』に限定した理由は、以下の2点である。

- 1 架空と比較して、倒木や飛散物等による断線、停電事故が発生する確率を低減でき、保安の容易性とレジリエンスの向上が見込まれるため
 - 2 山地は重機の進入が容易ではない場所が多いため、重機を必要とする架空ないし地中埋設工事と比較して、配電工事のコスト低減が見込まれるため
- そもそも『山地』とは、国土交通省気象庁 HP(地域に関する用語)によれば、平地に相対する用語であり、山岳部と山間部を含んだ用語とされている。山地は、山の多いところと定義されており、そのうち山間部は、山と山の間の地域のことを指し、人が定住して活動の多いところが含まれる。山岳部は山地から山間部を除いた地域のことを指す。なお、山沿いは、平地(平野と盆地を含む)から山地へ移る地帯をいうとされており、山地に含まれない定義となっている。ただし、前述のとおり、地上設置する目的(保安を確保可能な範囲内で、施工のコスト低減を図るもの)を考慮すれば、重機により架空化ないし地中化することが困難であって、車両の往来が無く、人が常時通行しない場所に該当する山沿いであれば、本規格が意図する『山地』には含まれると解釈して良い。一方、山間部の中でも、人が定住し活動の多いところや、車両の往来があるところについては、『山地』の定義に含まれるものの、高圧ケーブルの地上設置する場所を選定してはいけない。

最後に、本規格は、令和5年度経済産業省資源エネルギー庁委託事業「エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(低コスト手法普及拡大に向けた電線地中化工法の実現可能性等調査)」にて設置された本委員会にて作成し、(一

社) 日本電気協会の配電専門部会、及び日本電気技術規格委員会 (JESC) による審議を経て制定したものである。(予定)

2. 制定根拠

車両の往来の無い、人が常時通行することを想定しない山地に施設する高圧地上電線路の妥当性調査に関して、以下のように調査・検討した。

一 設置可能な場所の選定

「車両の往来が無く、人が常時通行することを想定しない」という設置場所を制限した理由は、一般公衆の安全を最優先に確保するためである。従来、一般公衆が目に見える高圧配電線は、架空方式により一般公衆から相当の離隔を確保しているものと、地中埋設方式（管路式等）により、一般公衆が触れることのできないものとして施設されてきており、それが一般常識として理解されている。一方、本規格にて規定するのは、高圧ケーブルを管路、トラフ内に収められているとはいえ、一般公衆が触れることができる場所に施設できるものであることから、必要とする保安レベルを十分に確保する内容を規定している。

「車両の往来」を制限する理由は、解説 1. 制定経緯に記載したとおりであるが、従来の架空設備（電柱等）と比較して、地上設置した管路は、運転手からの視認性が悪いこと、車両が路面をはみ出した際にタイヤに踏まれる可能性が高いことがあり、仮に踏まれた場合は、車両重量に耐えず、管路内のケーブルまで潰れて地絡ないし短絡事故に発展する可能性がある。その場合、地絡ないし短絡によるアークにより火災に至り、管路貫通部から火が管路外に回ることが考えられる。また、除雪などの想定することが難しい荷重を受ける場合もあることから、高圧ケーブルを地上設置できない場所とした。

「人の常時通行」を制限する理由については、人が管路を踏みつけることにより、管路及びケーブルが外傷を受けるだけでなく、人に危害を加える可能性（足を捻挫する、転倒する等）を除外するためである。本規格にて規定する管路、トラフは、人が乗る荷重に耐えるような強度を規定しているものの、コンクリート製トラフを除いては、断続的に踏まれることまで想定していない。よって、観光客及び登山客の多い場所（登山道に沿うことを含む）への地上設置のほか、登山道を横断するような場合は、本規格の適用外としている。

「山地」という場所の制限理由については、解説 1. 制定経緯に記載したとおりである。前述までの場所の制限を満たすような平地、沿岸部（気象庁の用語の定義によれば、海岸線の両側のある広さを持った地域と水域）を除外したのは、各場所において想定されるリスクを十分に検討できていないためである。

最後に、本規格が高圧電線路を地上設置する対象として検討したのは、解説図 1 で示すような場所である。

解説図 1（左）は島しょ部における山地の道路脇に施設することを想定したものであり、さく、へい等によって車両に踏まれることが無い場所に施設する必要がある。フェンスが途切れている場所や、舗装外でも車両が通ることので

きる場所においては、地上施設することはできないとしている。解説図 1（中央）については、登山道沿いに施設することを想定したものであるが、登山道から何 m 程度離せば良いという明確な目安は設定しない。設置者において、登山道周辺の状況を考慮し、現地に見合う保安レベルを確保するように施設することが望ましい。解説図 1（右）については、山地における道路沿いの擁壁上部へ施設することを想定したものである。擁壁上部は車両が往来することは不可能な場所であって、管理者以外の通行は考えにくい場所としている。なお、擁壁上部が歩道として整備されている場合で、人が常時通行する場所は、本規格の適用外である。



解説図 1 山地における高圧地上電線路の施設想定場所のイメージ
（黄線は地上電線路の施設ルート）

二 地上設置に必要なケーブル・管路等の仕様

高圧ケーブルについて、電技解釈第 10 条にて規定されるケーブルのうち、本規格に適用できるケーブルの性能を第一号にて規定している。

基本的には、従来、地中電線路等に適用しているケーブルで問題ないとしている。

ロでは、ケーブルの難燃性を規定している。難燃性に関する試験はいくつかあり、UL1581 にて規定される水平燃焼試験、JIS C 3606 にて規定される 60 度傾斜燃焼試験、電気用品技術基準別表第八にて規定される垂直燃焼試験、IEEE std. 383 : 1974 にて規定される垂直トレイ燃焼試験があり、後者ほど過酷条件での試験となる。60 度傾斜燃焼試験から判定基準に自消性を求めており、また、山地における施設のほとんどは、傾斜して施設されることから、JIS C 3606 に準ずることとした。なお、設備分界点となる地点では、電柱に立ち上げるために垂直施設となることが考えられるが、一般送配電事業者における高圧ケーブルの統一規格では、60 度傾斜燃焼試験に合格することを求めており、そのケーブルを使用していることから、垂直施設があるとはいえ、垂直燃焼試験又は垂直トレイ燃焼試験を求める必要はないと判断した。

ハでは、管路、トラフ、接続箱は防水処理をすることを規定しているが、内部への浸水及び貯留を完全に防ぐことは難しいことから、内部半導電層、絶縁体、外部半導電層を同時に押し出した三層同時押出（E-E タイプ）ケーブルを規定した。

管路、トラフ等の仕様については、第二号で規定している。

イ(イ)では、管路に圧縮荷重 3.0kN を加えた際の管路のたわみ率が 34%未満となり、ひび、割れその他異状がないものと規定している。試験方法は、JIS C 3653:2004「電力用ケーブルの地中埋設の施工方法」の附属書 1 によるとしている。附属書 1 は波付硬質合成樹脂管について規定している。なお、附属書 3 は管路式電線路に使用する管について規定したものであるが、附属書 3 の圧縮強度試験方法及び後述する難燃性試験方法は、どちらも附属書 1 に準じることになっていることから、附属書 1 を引用した。

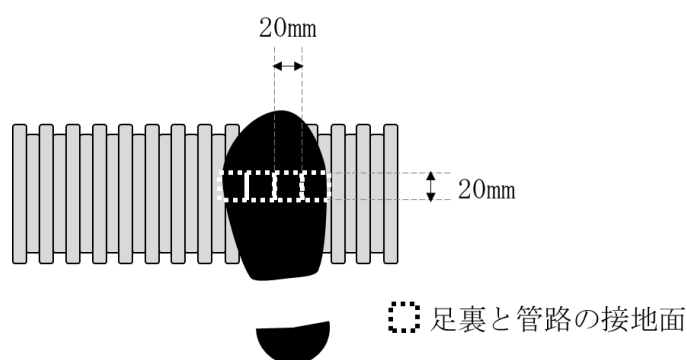
3.0kN を規定した理由は、以下の 2 点である。

- ・ JIS A 5372:2004「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」附属書 7 ケーブルトラフにおける蓋（種類：250～330）の曲げ強度荷重規定値が 3.0kN
- ・ 人が管路を踏む動荷重の評価

1 項目については、JIS A 5372:2004「プレキャスト鉄筋コンクリート製品」の附属書 7 に記載があるとおり、ケーブルトラフの蓋（種類：250～330）の

曲げ強度荷重規定値が 3.0kN となっている。種類の記載（250～330）は、ケーブルトラフ本体の内側の幅が 250mm～330mm であることを示している。このサイズは、人が踏んだ際に、蓋のみで荷重を受ける必要があるサイズであることから、本規格の規定値として選定した。なお、3.0kN $\approx$ 305.9kgf であることから、300kg に乗られたとしても、管路内の高圧ケーブルまで潰れることは無く、人が管路に乗った際の静荷重を十分に満足する規定値と考える。

2 項目については、人が管路を踏む際にかかる動荷重は、歩行時の足底圧力を計測した文献（出典：正常人の歩行時における足裏反力の測定）によれば、階段を昇降する際の足裏反力は、最大で体重の 1.4 倍程度であるとされている。これより、210kg 以下の人の歩行であれば、管路内の高圧ケーブルまで潰れることは無いと言える。また、別の文献（出典：歩行時における足底圧力の 3 分力分布計測装置）によれば、体重 63kg、靴サイズ 26cm（短手方向 8cm）の人による歩行時の足裏荷重は、20mm 四方の圧力センサによる測定の最大値で約 95N であった。管路の圧縮強度試験は 250mm 幅で 3.0kN の耐荷重性能を規定しているため一概に比較できないものの、20mm 四方を 20mm 幅に置き換えれば、20mm 幅で 240N の耐荷重性能があるはずであり、160kg 程度の人間の歩行時の足裏反力に耐えられる計算となる。なお、20mm 四方を 20mm 幅に置き換えたのは、断面が丸形の管路を片足で踏んだ状態を想定すれば、足裏と管路の接地面は解説図 2 のようになり、足裏の長手方向で 20mm 程度しか踏まれないと想定したことから、20mm 四方と 20mm 幅が同意であると考えたためである。



解説図 2 管路を片足で踏んだ際の接地面

令和元年度国民・健康栄養調査報告（厚生労働省令和 2 年 12 月）によれば、20 歳以上の日本人男性体重の 2σ （平均値＋標準偏差の 2 倍）は 91.4kg であり、規定値は動荷重にも耐えうると考える。なお、そもそも人が常時通行しない場所に地上設置するのだから、 2σ をカバーすることで十分であるとした。数値上、裕度があるように見えるが、登山者は登山用具や資機材を背負ってい

るため、実質的な体重は増えること、前述の記載事項はあくまで机上の評価であること、前述の参考文献における試験条件と山地とでは路面状況等が異なるため、一概に裕度があるとは言えないと考える。よって、人が通行する可能性のある場所においては、圧縮強度 3.0kN を超える荷重がかかる可能性が否定できないことから、管路、トラフを踏まれないような表示をすることや、後述するとおり、圧縮強度が強い（規定では 9.0kN）管路を使用することを、あわせて規定している。

試験体の温度については、常温 ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$)、高温 ($60\pm 2^{\circ}\text{C}$)、及び低温 ($-20\pm 2^{\circ}\text{C}$) の 3 パターンで試験を実施することを規定している。常温については、当該 JIS の附属書 1 を準拠している。高温については、本規格検討時において、高温（高日射）環境下に管路、トラフを設置し、表面温度を実測した試験結果に基づいている。また、低温については、地上に設置することを考慮し、柱上変圧器や交流負荷開閉器等の気中設置する配電用機材の規定値を準用している。暴露試験の結果から、管路は「雪に埋没していない」、「日射の無い」時間帯において最低表面温度を記録することが確認されている。その時間帯の外気温と管路表面温度は 1°C 程度の差で推移することから、外気温から最低管路表面温度を推定することができ、管路が -20°C を下回るおそれがある場所に設置する場合は、個別に検討することが望ましい。

管路のたわみ率を 34%未満としているのは、第二号イ(二)でも規定するとおり、管路等の内径をケーブル仕上がり外径の 1.5 倍以上としているためであって、34%以上たわんだ場合にはケーブルに荷重がかかってしまう。

最後に、ただし書きとして、設置環境に応じて圧縮強度の高い管路を必要とする場所に設置する際の管路の圧縮強度を 9.0kN とした理由は、以下のとおりである。

- ・ 不定期に通行する一般公衆への災害を防止するため
- ・ 山地における野生動物からの外傷を考慮するため

1 項目については、規定値を 3.0kN とした理由に記載したとおり、強度不足となる可能性がある場所に対して適用する必要があるためである。

2 項目については、施設場所を山地としていることを考慮し、動物による踏み付けを想定したものである。四足歩行動物の足裏にかかる荷重を計測した文献（出典：日本における競走馬医療の現状（IV）—競走馬の蹄にかかる力 高橋敏之 日獣会誌 70（2017））によれば、競走馬の蹄裏 1 か所にかかる荷重は、時速 5km 程度時に最大で体重の約 1.6 倍となると記載がある。これを国内最大級の四足歩行動物であるヒグマ（体重：最大 400kg 程度）に適用すれば、 $400\text{kg} \times 1.6 \times 9.81 \div 6.3\text{kN}$ となる。

これら荷重に耐えうる値に裕度を考慮し、9.0kN を規定したものである。

イ(ロ)では、スコップによる衝撃荷重試験において、割れや穴（貫通）が生じないことを規定している。これは、地中電線路の管路において、各自治体や電力会社等が規定している試験であるが、掘削作業時に誤って作業工具（スコップ）を管路に衝撃させてしまうことを想定した試験となっている。本規格では、地上設置を前提としているものの、電柱への立上げ部や、登山道を横切る際に、管路の一部を埋設することが考えられることから、地中電線路と同様に規定するものである。

イ(ハ)では、イ(イ)、イ(ロ)で規定する試験が想定する荷重以外に、設置場所に応じて想定される外傷に対して、割れや穴（貫通）を生じないこと、又は適切に防護措置を施すことを規定している。本規格検討時に、設置場所に応じて想定される外傷として、草刈り機（金属刃）の接触や倒木等による受傷を検討した。

草刈り機の接触については、本規格検討時に実施した試験結果を下記に示す。

解説表 1 草刈り機接触試験結果

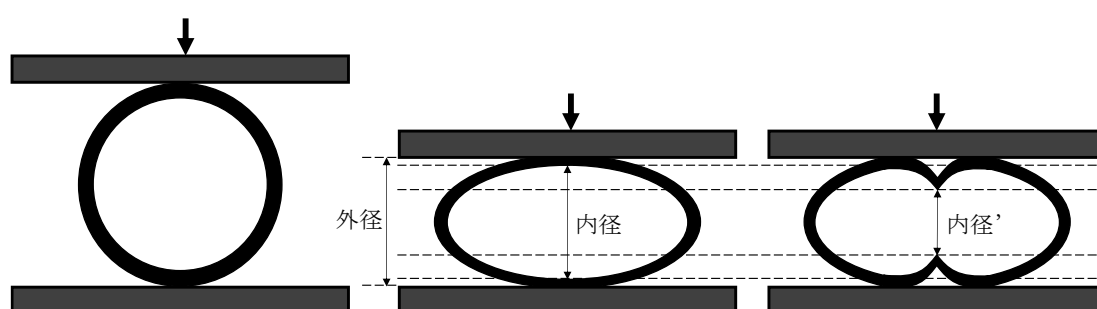
No	波付硬質合成樹脂管	樹脂製の強化可とう管又はトラフ
1	貫通有り	貫通無し
2	貫通有り	貫通無し
3	貫通有り	貫通無し

草刈りが実施される場所に施設する場合は、上表の結果を考慮し、管路等を選定すべきである。なお、管路、トラフに穴が開くことが無いように規定するのは、ケーブル地絡事故時においてアークにより発生する炎が、管路外に漏れ出ることを防ぐためである。

また、倒木による影響については、一律に評価することは難しく、管路に防護措置を施すことを規定するまでに留めている。ただし、防護措置にも限りはあることから、施設予定箇所の倒木の可能性（腐敗している樹木等）がある樹木が無いか山地管理者等へ確認し、倒木の危険のある樹木の周辺を避けた配線ルートを選定することや、山地管理者等が施設場所周辺で伐採作業を実施する際に周辺に地上施設された管路がある表示を掲示することや、山地管理者へ注意喚起することにより、倒木により管路が外傷を受ける可能性を極力排除することが望ましい。

イ(ホ)では、管路、トラフは不燃性又は自消性のある難燃性であることを規定している。これは、ケーブル地絡事故時に発生するアーク放電に対して、不燃性又は自消性を求める必要があるからである。

イ(ト)では、イ(イ)にて規定する圧縮強度試験を行った際、外径のたわみ率と内径のたわみ率が著しく一致しない管路に関する取扱いを規定している。外径のたわみ率と内径のたわみ率が一致しない、というのは、解説図 3 で示すようなイメージである。



解説図 3 圧縮強度試験時における管路のつぶれ方

左：圧縮強度試験前

中：圧縮強度試験中（外径と内径のたわみが同程度の状態）

右：圧縮強度試験中（内径'が外径に比べて大きくたわむ状態）

通常、圧縮荷重試験機は、試験機による押込み量を管理・測定していることから、実質、外径のたわみを測定することになる。しかし、解説図 3 右のように、管路の内側方向に凹むような様相となる場合は、外径のたわみ率と内径のたわみ率がおおよそ一致しないことが明らかである。よって、本規格では、規定する圧縮荷重値（3.0kN もしくは 9.0kN）となった時点で試験機を停止し、その時点のたわんだ状態を保った状態で、内径を計測し、試験前の内径の 67% 以上あれば適用可能とすることとした。試験機を停止してたわんだ状態を保つ理由としては、管路の素材によっては、圧縮荷重を開放すると元の形状に戻る性質を考慮するためである。

なお、本規格検討時には、角型多条敷設管及び強化可とう管において、解説図 3 右のような形状になることを確認している。ただし、たわみ率が 50% まで圧縮したものであることから、あくまで参考情報としての記載に留める。

三 表示方法

地上電線路の表示方法について、第三号ニにて規定している。

(イ)にて、表示に記載する内容として、『物件の名称』及び『管理者名』の2つを必須とした。従来、ケーブルを地中から立ち上げる場所においては、高圧の電力ケーブルを電柱に沿わせている鋼管内に通線しているが、表示の有無は地域によって異なる。一方、本規格は、電力ケーブルを通線した管路を地上に敷設することを規定するものであるが、管路内に電力ケーブルがあるのか、水があるのか、一般公衆には区別がつかないことから、物件の名称として電力ケーブルであることと、その管理者名を表示することとした。

なお、物件の名称、管理者名以外に、注意喚起する内容の表示を施す場合は、管路に触れることで感電するかのような誤解を与えない内容とするよう、設置者にて考慮すること。

表示物の設置方法は、管路上への固定、あるいは看板等の設置によることを想定している。それぞれに留意点があることを認識したうえで、設置環境を考慮し選定すること。なお、起伏のある場所であれば、往来する人が管路の段差によって転倒することは考えにくいことから、必ずしも、立て看板のような遠くから視認可能な表示を要しないこととした。

解説表 2 表示の設置方法と留意点

設置方法	留意点
管路上への固定	落葉、積雪によって表示を施した管路が見えなくなる可能性がある
看板等の設置	視認性は高いものの、腐食等によって看板、支柱が倒れることで危険な状態とならないよう定期的なメンテナンスが必要

(ロ)にて、表示の位置、間隔を規定した。管路の設置場所は、人の立ち入り状況や土地の形状等によるため、表示位置や間隔を一律に決定するのは困難であることから、設置者にて設置場所を考慮して決定できる表現とした。

(ハ)にて、屋外に設置する注意喚起表示として、耐候性を考慮した文字色とすることを記載した。注意喚起を目立たせるために赤系の色とすることも考えられるが、日射による退色により注意喚起の文字が見えなくなることから、長期間の設置を考慮すれば、黒色にて表示することが望ましい。

以上を考慮し、表示例を解説図 4 に記載する。



解説図 4 地上設置する管路への表示例

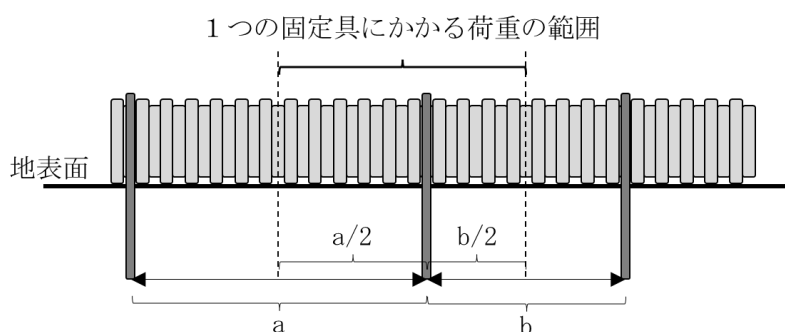
四 管路及び接続箱の固定方法

管路の固定について、第三号ロで規定している。

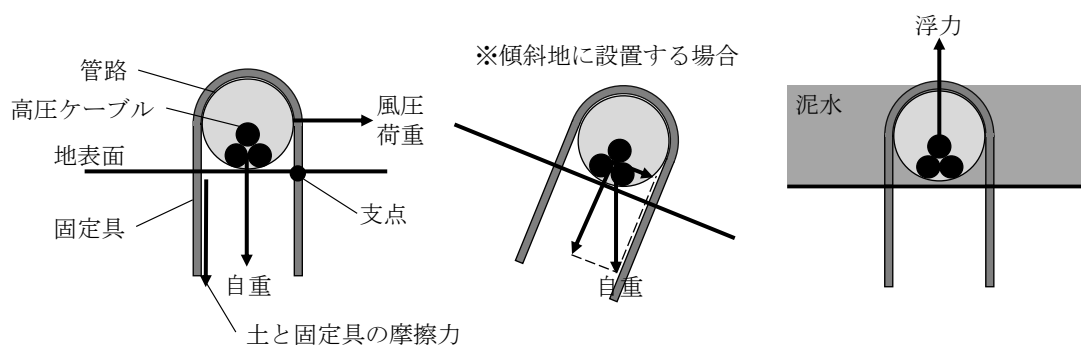
管路等を固定する方法として、U字型の杭や、L字型のアンクル等を地面に打ち込み固定することを想定しており、アスファルト舗装上に固定することは、本規格検討時における想定からは外れているため、アスファルトやコンクリート上に敷設する場合であって、アンカーボルト等の打ち込みが可能な場合においては、設置者による個別検討とする。

固定に使用する材料、固定方法、及び固定力は、設置環境により異なることから、設置者にて詳細に設計する必要がある。本規格では、一般公衆の保安確保と災害防止の観点から、固定において考慮すべき荷重を規定し、その荷重に耐えるようにすることで高圧ケーブルを地上設置することを求めることとした。

本規格検討時における固定力の考え方については、以下のとおり。なお、日本電機工業会技術資料 JEM-TR165「変圧器基礎ボルトの耐震設計指針」を参考としている。



解説図 5 一の固定具にかかる荷重



解説図 6 管路に生じる各種荷重

$$M = (T_{\text{各荷重}} \pm T_{\text{自重による荷重}}) \times \text{重心高さ} - T_{\text{固定具と土の摩擦力}} \times \text{固定具の間隔}$$

上式をもとに、運用時に発生する荷重と、施設作業時に発生する荷重を設計し、

どちらも満足する固定力を設定すべきである。

ロ(イ)で規定する「運用時に発生する荷重」は、自重、風圧荷重、短絡電流が通電した際の短絡機械力、管路が水に沈んだ際の浮力その他、積雪荷重といった施設場所に応じて想定される荷重とする。特に、傾斜地に施設する場合は、管路・トラフ上に土砂が積もることが想定されるため、施設しないか、十分な強度を確保するように考慮すること。なお、本規格検討時に、各荷重について整理した結果を、「五 管路、トラフに生じる各種荷重の整理」に記載している。

「施設作業時に発生する荷重」は、自重、ケーブル引き入れ時の側圧荷重、風圧荷重その他、施設場所に応じて想定される荷重とする。

ロ(ロ)では、想定以上に荷重がかかる可能性がある設置場所、固定方法等の施設をしないことを規定している。地上に管路を施設することにより、周囲環境によっては水や土砂等を塞ぎ止めることが考えられるものの、その荷重の程度については、本規格検討時に安全レベルと危険レベルの境界を定義することが難しいと整理したためである。なお、水や土砂等の荷重が管路に加わらないような方法で施設する場合はその限りではないことも、あわせて規定している。

最後に、固定力（土と固定具の摩擦力）は、設置場所の土質に応じて異なることから、設置者にて設置環境を調査すること。参考に、本規格の検討時において固定杭の引抜き荷重を調査した結果を以下に記載する。

解説表 3 固定具の引抜き荷重試験結果

固定具	
-----	--

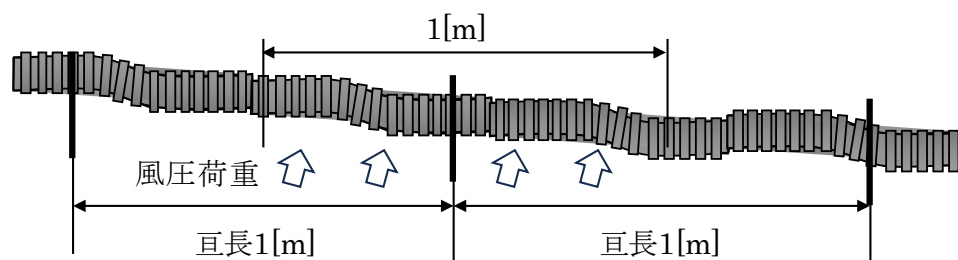
	 U 字形杭 長さ：47cm 程度 地中埋設深さ：33cm 程度 径：φ 16mm
引抜き荷重	1 本目：150kgf (1,400N) 2 本目：250kgf (2,400N) 3 本目：420kgf (4,100N) 4 本目：370kgf (3,600N) 5 本目：190kgf (1,800N)

五 管路、トラフに生じる各種荷重の整理

第三号口の規定、及び四で記載した各種荷重について解説する。

イ 風圧荷重

単位長さあたりの風圧荷重を計算するため、固定杭の間隔を 1m と仮定し、1 つの固定杭にかかる風圧荷重を以下の図表に示す。



解説図 7 1 つの固定杭にかかる風圧荷重のイメージ

各管路、トラフの 1 m あたりの風圧荷重は、以下の表に示すとおり。

解説表 4 難燃性波付合成硬質樹脂管（呼び径 100）

No	外径 (mm)	内径 (mm)	ピッチ (mm)	管路 1m あたりの風圧荷重※		
				甲種 風圧荷重 (N)	乙種 風圧荷重 (N)	丙種 風圧荷重 (N)
1	127.8	101	24.8	111	58.6	55.6
2	128	101	25.0	112	59.1	56.1
3	130	100	32.0	112	58.8	55.9

※甲種風圧荷重：電線の垂直投影面積 1m² について 980Pa

乙種風圧荷重：電線その他の架渉線にあってはその周囲に厚さ 6mm、比重 0.9 の冰雪が付着した状態に対し、垂直投影面積 1m² につき 490Pa

丙種風圧荷重：甲種風圧荷重の 1/2

解説表 5 角型多条敷設管（呼び径 100）

No	外径 (mm)	内径 (mm)	ピッチ (mm)	管路 1m あたりの風圧荷重※		
				甲種 風圧荷重 (N)	乙種 風圧荷重 (N)	丙種 風圧荷重 (N)
1	125	100	49.5	109	57.5	54.6
2	125	100	50.8	112	59.0	56.0
3	125	100	142.3	122	64.0	61.0

解説表 6 強化可とう電線保護管（呼び径 100）

No	外径 (mm)	内径 (mm)	ピッチ (mm)	管路 1m あたりの風圧荷重※		
				甲種 風圧荷重 (N)	乙種 風圧荷重 (N)	丙種 風圧荷重 (N)
1	130	100	37.5	114	60.0	57.1
2	145	100	31.0	119	62.5	59.5

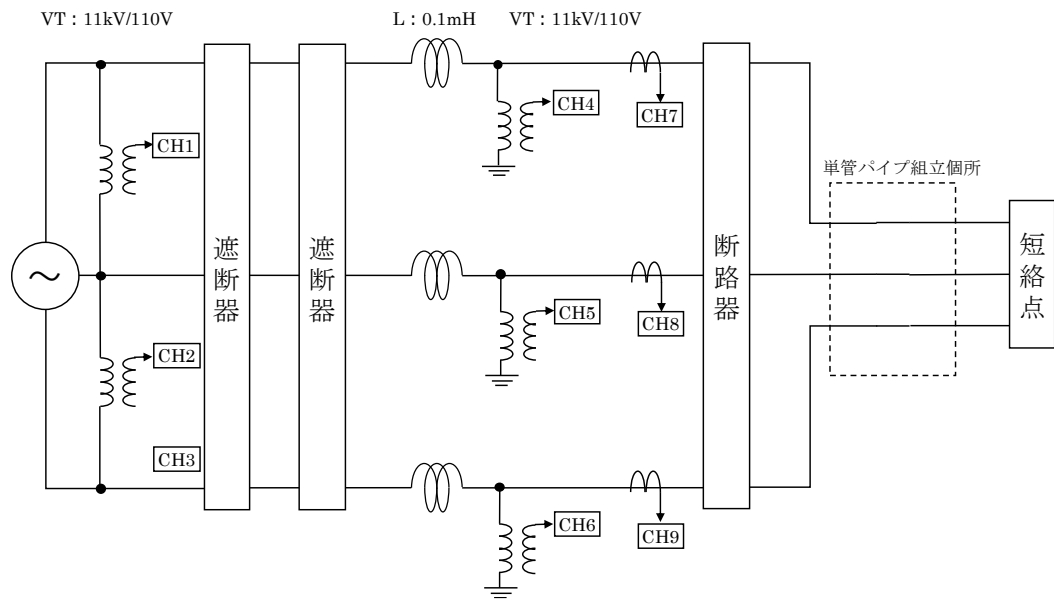
ロ 短絡機械力（試験結果含む）

令和 4 年度の委託事業において、需要場所における短絡事故時に高圧ケーブルに発生する短絡機械力の影響を評価する必要があると課題整理したことから、令和 5 年度の委託事業において、高圧ケーブルに短絡事故電流相当の電流を通電し、高圧ケーブルに働く短絡機械力を測定する試験を実施した。試験条件は、以下のとおり。

解説表 7 短絡機械力測定試験の試験条件

	条件	備考
ケーブル	CV-T 60 [□]	山頂負荷への供給を想定したサイズを選定 なお、ケーブルが管路内に収められることを 想定し、養生した
加速度計	備考参照	ケーブル固縛間隔を 2m、3m の 2 パターンと し、それぞれの中央に加速度計を固定した
試験電流	12.5kA	配電線 1 回線における最大短絡電流 (一般送配電事業者における設計値)
通電時間	0.2 秒	
通電回数	1 回	
測定回数	3 回	平均値を計測するため

試験回路は、以下のとおり。



解説図 8 短絡機械力測定試験の試験回路

試験結果については、短絡電流の通過にて生じる短絡機械力により、ケーブルが跳ね上がることを確認した。その状況を解説図 9 に示す。また、測定結果については解説表 8 に示す。



解説図 9 短絡機械力測定試験状況（ケーブルが跳ねている状況）

解説表 8 短絡機械力測定試験の試験結果

	固定 間隔 (m)	通電電流 (kA)*1	最大 加速 度 (G)	ケーブル 重量 (kg)*2	最大 衝撃力 (N)	1m あたりの 最大衝撃力 (N/m)

試	2	3.1	4.4	8.1	349	175
1回目	2	13.4	41.3	8.1	3280	1640
2回目	2	13.4	36.1	8.1	2870	1440
3回目	2	13.2	42.7	8.1	3390	1700
試	3	3.1	4.4	10.4	449	150
1回目	3	13.4	37.9	10.4	3870	1290
2回目	3	13.4	41.2	10.4	4200	1400
3回目	3	13.2	35.1	10.4	3580	1190

※1：三相の平均値

※2：ケーブル重量（2.7kg/m）に、養生材の重量を加算した値

トリプレックス形ではない特別高圧送電ケーブルについての数式が適用できると仮定すれば、トリプレックス形ケーブルに働く短絡機械力は、以下の数式で与えられる。（電力ケーブル技術ハンドブックを参照）

$$F = 17.3 \times 10^{-8} \times \frac{I^2}{r} \quad (N/m)$$

I : 短絡電流値(波高値) (A)

r : 導体中心間隔 (m)

今回の試験条件を上式に代入すると、発生する短絡機械力は 2,410N/m であり、測定結果の最大値（1,700N：3 回目（2m 間隔））と比較するとやや乖離がある。この値は、一相に働く最大値（ベクトル値）であって、今回の試験では、三相ケーブルに働く短絡機械力を一括で測定したものであることから、結果に差が生じたものと考察した。

固定力を計算する場合は、実系統に応じた短絡電流をもとに、上式で与えられる短絡機械力の計算式により設計することが望ましい。

ハ 浮力

山地における地表面の形状は様々であるため、施設した管路の周囲に水が貯留し、管路に浮力が生じることが考えられることから、想定すべき荷重と整理した。

<設計条件>

- ・ 流体の密度は、泥水とする（比重 1.1）

- ・ 管路はすべて浸水とする

なお、傾斜する場所においては水が貯留することは考え難く、施設状況に応じて、浮力を考慮する必要がないと思われるが、その場合は、管路上部への堆積物(土砂、雪等)による荷重を想定する必要があることを留意すること。

ニ 積雪荷重

建築基準法施行令第 86 条によれば、

「(前略)

積雪荷重は、積雪量一センチメートルごとに一平方メートルにつき二十ニュートン以上としなければならない」

とされている。

また、同条文には、

「ただし、特定行政庁は、規則で、国土交通大臣が定める基準に基づいて多雪区域を指定し、その区域につきこれと異なる定めをすることができる。」

とされていることから、多雪地域については各地方自治体が定めている値を使用することが望ましい。

ホ 自重

傾斜地に施設する場合に、自重により杭が抜ける方向に力が働くため、管路内に泥水が管路内を満たす状況を考慮したものとした。一方、平坦な場所に施設する場合は、自重は杭が抜けない方向にかかる力であることから、泥水が管路内に満たす状況は過小評価になる恐れがあることから、考慮しないほうが望ましい。

六 地絡試験の試験方法及び試験結果

高圧ケーブルが地絡した際に噴出するアークが一般公衆に危害を加える可能性があることから、地絡事故の発生を模擬する試験用高圧ケーブルを作成し、管路、トラフに収めた状態で試験を行い、アーク噴出の有無及び管路、トラフが受ける影響を確認した。

試験条件は、以下のとおり。

解説表 9 地絡試験条件

	条件	備考
ケーブル	CV-T 60 [□]	山頂負荷への供給を想定したサイズを選定
試験電圧	3,980V	系統電圧の最高電圧 ($6900/\sqrt{3}$ V)
静電容量	16 μ F	試験装置の最大容量
通電時間	1.0 秒	電技解釈第 17 条第 2 項第一号 17-1 表による
通電回数	2 回	運用（再送電）を想定 ※インターバルは、試験装置の関係上 2～3 分

試験結果の判定基準は、「管路、トラフに貫通が無いこと」とし、熔融は許容することとした。

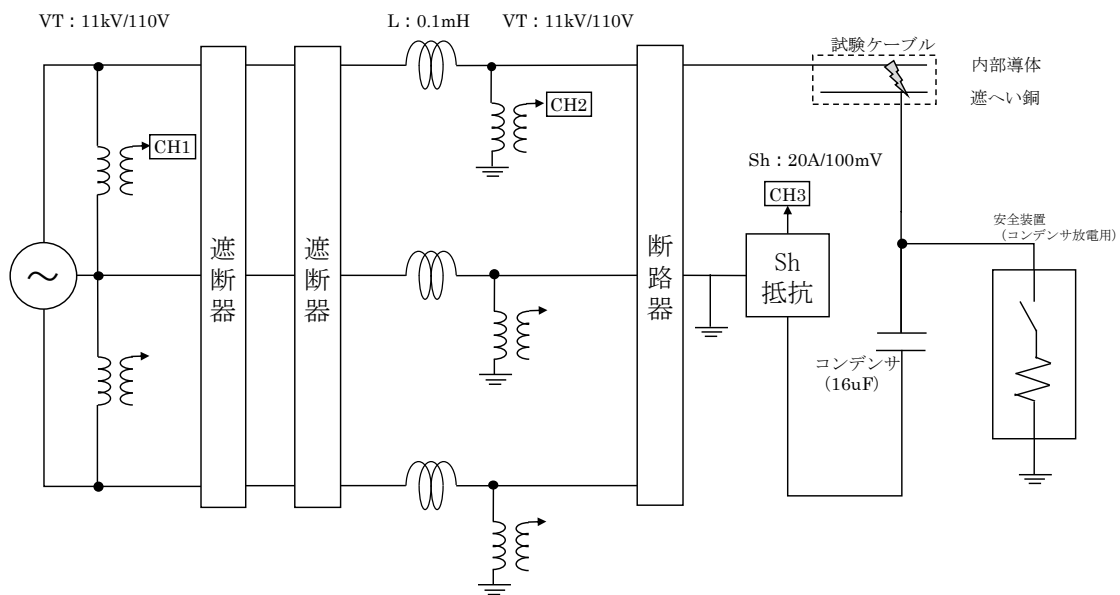
試験対象の管路、トラフは、以下のとおり。

解説表 10 試験材

	写真
難燃性波付合成樹脂管（A 社）	
難燃性波付合成樹脂管（B 社）	

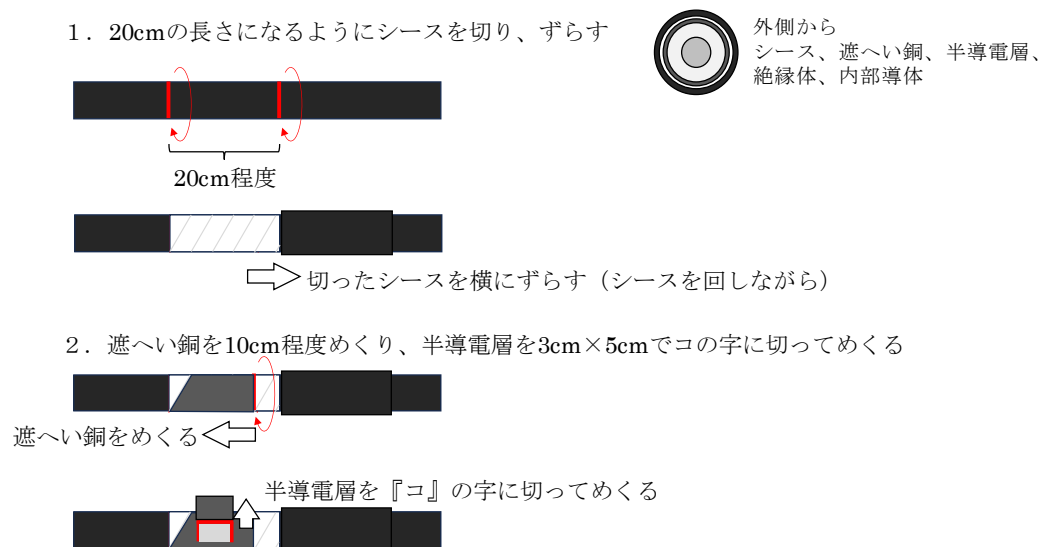
角型多条敷設管	
強化可とう電線保護管	
ECVP 管	
トラフ	

試験回路は、以下のとおり。

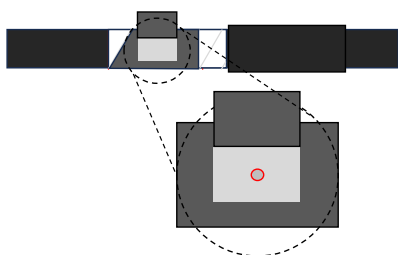


解説図 10 地絡試験回路図

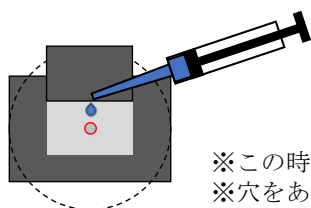
地絡事故を模擬する高圧ケーブルの作成方法は、以下のとおり。



3. 絶縁体に直径1mmの穴をあけ、内部導体が見える状態にする

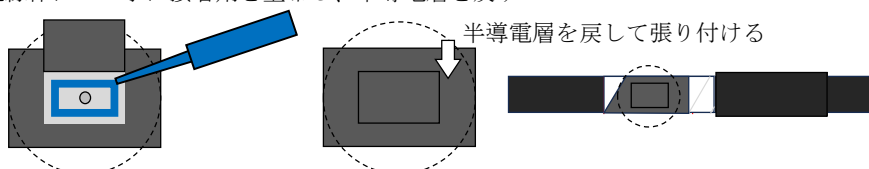


4. 開けた穴の中に、塩水（食塩水）を入れる

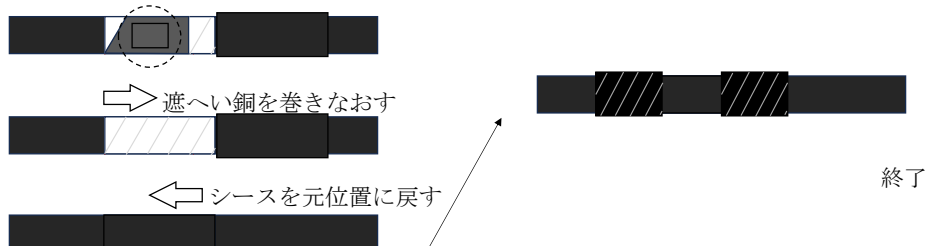


※この時、穴から溢れた水滴はふき取る
※穴をあけただけで、空気の絶縁により常規対地電圧は耐える

5. 絶縁体にロの字に接着剤を塗布し、半導電層を戻す



6. 遮へい銅を巻きなおし、ずらしていたシースを元位置に戻して、シース切断個所を絶縁テープで巻く



解説図 11 地絡事故を模擬する試験用ケーブルの作成方法

試験結果については、初回通電及び再送電のどちらもアークの噴出を確認しており、特に再送電時はアークによる炎が大きい。一部の管路に熔融痕が認められたものの、すべての管路、トラフにおいて貫通が無いことを確認した。

試験結果より、ケーブルを収める管路、トラフに貫通が無いことが、一般公衆の安全を確保するために必要な事項であるとし、以下のとおり規定することとした。

- ・ 圧縮強度試験及び耐衝撃試験において管路、トラフ、接続箱にヒビや穴（貫通）が開かないことを規定
⇒第二号イ(イ)、(ロ)、(ハ)、及びロ(イ)
- ・ 管路、トラフ、接続箱は自消性のある難燃性とすることを規定

⇒第二号イ(ホ)、ロ(ハ)

- ・ 管路、トラフの接続部については、自消性のある難燃材料で穴をふさぐことを規定

⇒第三号ニ

七 管路、トラフの強度試験方法及び試験結果

管路、トラフに求められる強度（仕様）については、二で解説したとおりである。ここでは、令和 5 年度の委託事業にて実施した管路、トラフの強度試験について解説する。

イ 新品の試験結果（圧縮強度試験）

1～3 社の管路、トラフについて試験を実施した結果を、以下の表に示す。数値は、たわみ率 0～34% の範囲で最大の圧縮荷重値であり、良否は、50% 圧縮後における管路外観のヒビ・割れ等の有無を示す。

解説表 11 新品管路、トラフの圧縮試験結果（圧縮荷重値(kN)／外観）

	No	温度条件		
		-20℃	20℃	60℃
難燃性 波付硬質合成樹脂管 (呼び径 100)	1	4.3／良	3.6／良	2.4／良
	2	6.3／良	5.0／良	2.9／良
	3	5.8／良	4.6／良	3.1／良
角型多条敷設管 (呼び径 100)	1	7.8／良	4.9／良	2.7／良
	2	8.6／良	6.4／良	3.9／良
	3	11.1／良	7.9／良	4.6／良
強化可とう管 (呼び径 100)	1	17.5／良	15.0／良	12.6／良
	2	30.3／良	24.7／良	16.5／良
樹脂製トラフ (呼び径 150B)	1	24.9／良	17.9／良	9.6／良

ロ 新品の試験結果（耐衝撃試験）

1～3 社の管路、トラフについて試験を実施した結果を、以下の表に示す。良否は、試験後に割れや穴（貫通）の有無を示す。

解説表 12 新品管路、トラフの耐衝撃試験結果（山側／谷側）

	No	温度条件		
		-20℃	20℃	60℃
難燃性 波付硬質合成樹脂管 (呼び径 100)	1	良／良	良／良	良／良
	2	良／良	良／良	良／良
	3	良／良	良／良	良／良
角型多条敷設管 (呼び径 100)	1	良／良	良／良	良／良
	2	良／良	良／良	良／良
	3	良／良	良／良	良／良

強化可とう管 (呼び径 100)	1	良／良	良／良	良／良
	2	良／良	良／良	良／良
樹脂製トラフ (呼び径 150B)	1	良／良	良／良	良／良

※トラフの耐衝撃試験は蓋のみ実施

ハ 経年品の試験結果（圧縮強度試験）

沖縄地区より、経年数が 13 年、34 年の波付硬質合成樹脂管を調達することができたため、新品と同等の試験を実施した。なお、経年が 13 年の管路は呼び径 150 であったことから、同径の新品についても調査を行った。また、すべての経年品で、難燃性であることを確認できなかった。

解説表 13 経年管路の圧縮試験結果①（圧縮荷重値(kN)／外観）
(波付硬質合成樹脂管呼び径 150、経年数 13 年)

温度条件	新品	経年品 1	経年品 2
-20℃	4.8／良	5.4／良	5.3／良
20℃	3.6／良	3.3／良	3.6／良
60℃	2.5／良	2.4／良	2.3／良

解説表 14 経年管路の圧縮試験結果②（圧縮荷重値(kN)／外観）
(波付硬質合成樹脂管呼び径 100、経年数 34 年)

温度条件	新品※	経年品
-20℃	6.3／良	6.9／良
20℃	5.0／良	5.2／良
60℃	2.9／良	3.8／良

※ロの「新品の試験結果（耐衝撃試験）」より再掲

ニ 経年品の試験結果（耐衝撃試験）

上記ハに続き、耐衝撃試験の結果について以下の表に示す。

解説表 15 経年管路の耐衝撃試験結果①（山側／谷側）
(波付硬質合成樹脂管呼び径 150、経年数 13 年)

温度条件	新品	経年品 1
-20℃	良／否	良／否
20℃	良／否	良／否
60℃	良／否	良／否

解説表 16 経年管路の耐衝撃試験結果②（山側／谷側）
（波付硬質合成樹脂管呼び径 100、経年数 34 年）

温度条件	新品※	経年品
-20℃	良／良	良／良
20℃	良／良	良／良
60℃	良／良	良／良

※ロの「新品の試験結果（耐衝撃試験）」より再掲

ホ 劣化模擬品の試験結果（圧縮強度試験）

地上施設する管路は、防水対策を実施するよう規定するものの、管路内部への浸水を完全に防ぐことは難しいことと、屈曲した場所に施設することにより管路内に貯留することが考えられる。そのため、水の凍結・融解による体積膨張・収縮が、ケーブル遮へい層や管路に与える影響を調査した。その調査方法及び結果は、「チ ヒートサイクル試験方法及び結果」に記載する。

ここでは、ヒートサイクル後の管路に実施した圧縮強度試験の結果を以下に示す。

解説表 17 経年劣化を模擬した管路の圧縮試験結果
（圧縮荷重値(kN)／外観）

	温度条件	結果
難燃性波付硬質合成樹脂管 （呼び径 100）	-20℃	4.81／良
	20℃	3.35／良
	60℃	2.32／良
強化可とう管 （呼び径 100）	-20℃	35.85／良
	20℃	27.98／良
	60℃	20.47／良

ヘ 劣化模擬品の試験結果（耐衝撃試験）

前項に記載したヒートサイクル後の管路に実施した耐衝撃試験の結果を以下に示す。

解説表 18 経年劣化を模擬した管路の耐衝撃試験結果（山側／谷側）

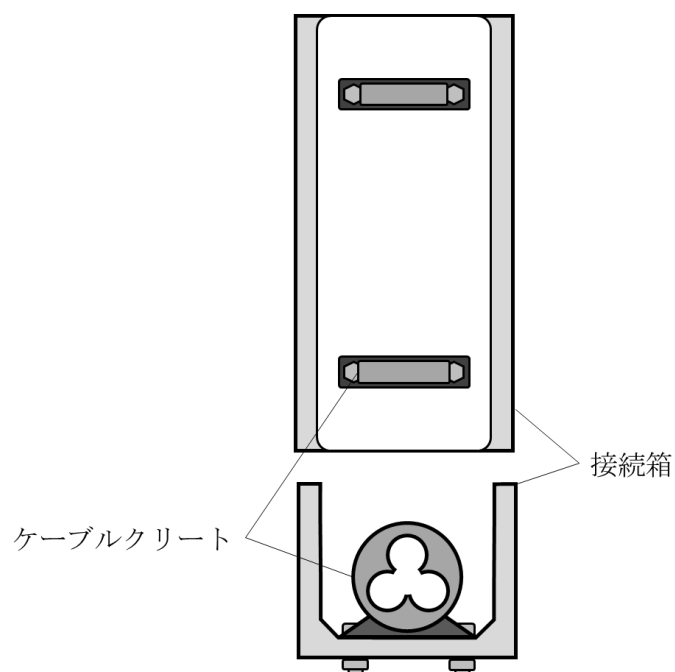
	温度条件	結果
難燃性波付硬質合成樹脂管 （呼び径 100）	-20℃	良／良
	20℃	良／良
	60℃	良／良

強化可とう管 (呼び径 100)	-20℃	良／良
	20℃	良／良
	60℃	良／良

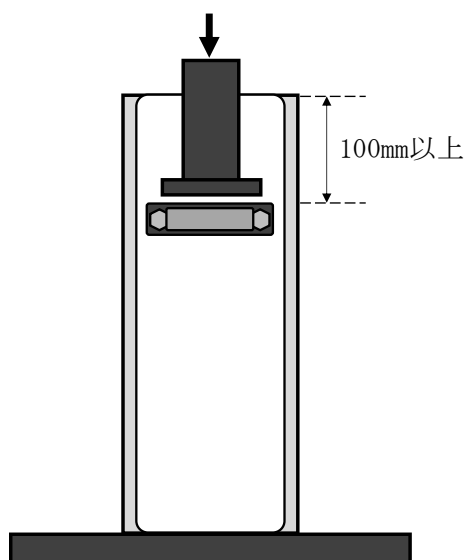
ト 接続箱へ固定したクリートへの圧縮荷重試験

高圧ケーブルの接続点に張力がかからないよう、接続箱内にケーブルクリートを施設することを、第三号イで規定している。

令和 5 年度の委託事業において、樹脂製トラフ内にケーブルブラケット（ケーブルクリートの類似品）をボルトナットで固定し、ケーブルブラケットの中心に荷重をかける耐荷重試験を実施した。試験方法及び結果は、以下に示すとおり。



解説図 12 接続箱とケーブルクリートの固定イメージ



解説図 13 ケーブルクリートを固定したトラフへの圧縮荷重試験イメージ

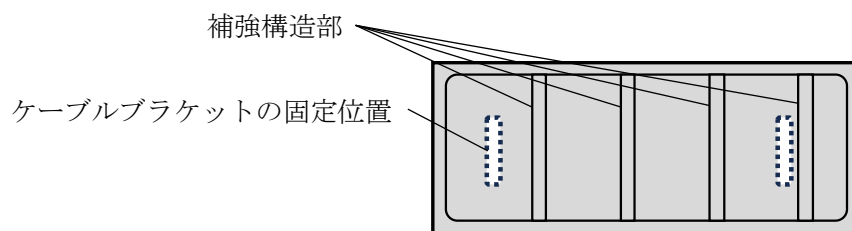
解説表 19 ケーブルブラケットを固定したトラフへの圧縮荷重試験条件

	条件
試験方法	JIS C3653:2004「電力用ケーブルの地中埋設の施工方法」の附属書 1 の「5.1 圧縮強度試験」に規定される試験方法
クリート固定位置	接続箱内に管路を 50mm 以上入れることを考慮し、端面から 100mm 以上内側の場所
試験回数	2 回 ※接続箱の両側とした
試験終了条件	試験体の変形（ひび割れ等）により試験機から外れた時点、又は圧縮荷重の値が上昇しなくなった時点

解説表 20 ケーブルブラケットを固定したトラフへの圧縮荷重試験結果

	結果
1 回目	2.4kN
2 回目	3.4kN

試験結果について、1 回目と 2 回目で荷重値が大きく異なった理由としては、固定場所周辺におけるトラフの構造によるものと考察している。その理由は、解説図 14 のとおり、ケーブルブラケットを固定した位置とトラフのリブ（補強構造部）の位置が異なっていたためである。

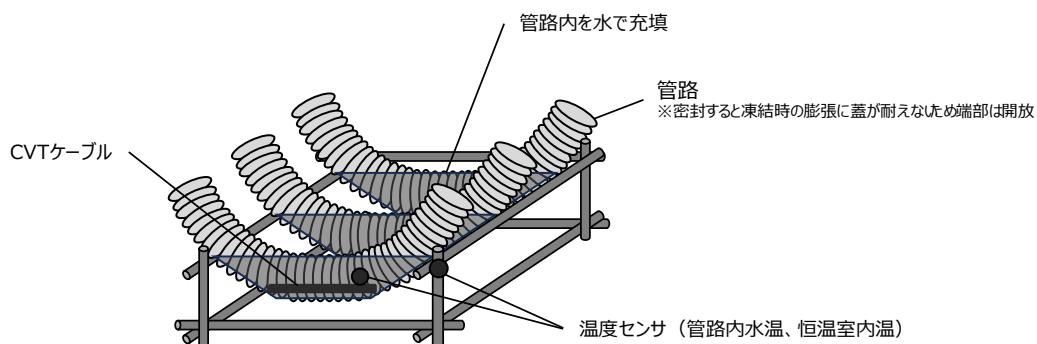


解説図 14 トラフを背面から見たイラスト（イメージ）

チ ヒートサイクル試験方法及び結果

地上施設する管路には、防水対策を実施することを規定するものの、管路内部への浸水を完全に防ぐことは難しいことと、曲がった場所に施設することで管路内に貯留することが考えられる。そのため、高圧ケーブルを入れた管路内に水を充填したものを解説表 21 に示す試験を実施し、水の凍結・融解による体積膨張・収縮が、ケーブル遮へい層や管路に与える影響を調査した。

試験方法及び結果は、以下に示すとおり。



解説図 15 管路の設置イメージ（恒温室内）

解説表 21 ヒートサイクル試験条件

	条件
試験方法	解説図 15 のように設置・固定した管路を恒温槽内に設置
設定温度・時間	-25℃：26 時間 +70℃：14 時間
実温度・時間 （管路内水温）	-20℃：2 時間以上 +60℃：2 時間以上
サイクル数	30 回

解説表 22 試験結果（CVT ケーブルの状態）

	結果
シース	外観上の異状なし
遮へい層	外観上の異状なし
絶縁体	外観上の異状なし

なお、ヒートサイクル試験を本規格で規定せず、解説への参考記載とした理由は、以下のとおり。

- ・ 日本国内の全域において、管路内が水で充填され、それが凍結する状況は限られるため
- ・ ケーブル、管路等製造者の負担となり、価格上昇の懸念があるため

1 項目については、ヒートサイクル試験において、管路内の水を凍らせるために -25°C を 26 時間要したため、その状況が山地で再現されることは、国内でも限られた地域であるものと整理した。実際の施工環境を想定すると、今回の試験ほどの水量は無く、 60°C から低下させる気象変化も起こりえないため、低温化に 26 時間も要しないと思われるものの、国内においてマイナス気温（水が氷る温度）が 1 日以上継続する山地ばかりではないと考えられる。また、ヒートサイクル試験後の圧縮強度試験、耐衝撃試験について、新品と同等の結果であり、劣化が認められなかったことをあわせて確認している。したがって、ヒートサイクルに対する管路等の耐性は、設置者が施設環境を考慮し、器材購入時に個別に性能を要求すればよい内容としたことから、本規格において規定をしなかった。

2 項目については、管路等に限るものの、製造者において実施することは難しいと整理した。本試験の実施には、大型の恒温槽を必要とするが、圧縮強度試験等を実施いただいた製造者の全てで、同等の設備を有していない。よって社外の試験機関に外注することになるが、実施期間も長期に及ぶことから、費用面の負担が大きく、それが管路等の価格に反映された場合、無電柱化の低コスト手法につながらないことから、1 項目とあわせて規定化まで必要はないものとした。

八 基底温度と常時許容電流

従来、ケーブルの常時許容電流は、日本電線工業会 JCS0168-1「33kV 以下電力ケーブルの許容電流計算―第 1 部：計算式及び定数」や JCS0168-3「33kV 以下電力ケーブルの許容電流計算―第 3 部：高圧架橋ポリエチレンケーブルの許容電流」に記載される計算式および規定温度に基づいて設計されてきた。しかし、上記規格には、本規格にて規定する地上電線路の常時許容電流を算出する計算式に一致するものは無い。そこで、高温エリア（沖縄県石垣島）にて 3 か月間暴露試験を行い、管路及びトラフ内の温度を実測し、常時許容電流の計算に必要な基底温度などについて日本電線工業会と検討を実施した。

その結果、地上電線路の常時許容電流の計算方法は以下とすることとした。

- ・ JCS0168-1:2016 に記載される『日射を受ける換気型ダクト』とする。
- ・ 基底温度は『屋上電線路(50[°C])』とする。
- ・ 日射による温度上昇については『基底温度に含まれている』とする。

なお、本検討結果は、常時許容電流の計算に必要な熱等価回路をモデル化するには至らなかったが、基底温度 50[°C]は、ケーブル導体の初期温度としては厳しく、製品面及び運用面から安全に配慮した検討結果となっている。以上を踏まえ、本規格に準拠した地上電線路の常時許容電流は、JCS0168-1:2016 に記載される『日射を受ける換気型ダクト』の計算式により、おおよそ計算できるものとした。

日本電気技術規格委員会（JESC）について

1. 日本電気技術規格委員会の活動

日本電気技術規格委員会は、学識経験者、消費者団体、関連団体等で構成され、公正性、客観性、透明性及び技術的能力・管理能力を有する民間規格評価機関です。

日本電気技術規格委員会は、電気事業法の技術基準等に民間の技術的知識や経験等を迅速に反映すること、自主的な保安確保に資する民間規格の活用を推進することなどの活動により、電気工作物の保安及び公衆の安全並びに電気関連事業の一層の効率化に資することを目的とし、平成9年6月に設立されました。

主な活動として、

- ・ 民間規格等（JESC 規格）の制定、改定に関する審議、承認
- ・ 国の基準に関連付ける民間規格等の技術評価及び民間規格等の制改定プロセスに係る適合性評価
- ・ 国の基準の改正要請を実施しています。

2. 本規格の使用について

日本電気技術規格委員会が承認した民間規格等は、公正性、客観性、透明性及び技術的能力・管理能力を有する民間規格評価機関として、委員会規約に基づき学識経験者、消費者団体、関連団体等で幅広く選出された委員で構成し、外部の意見を聞く手続きを経た上で、審議・承認されています。

日本電気技術規格委員会は、この規格内容について説明する責任を有しますが、この規格に従い作られた個々の機器、設備に起因した損害、施工などの活動に起因する損害に対してまで責任を負うものではありません。また、本規格に関連して主張される特許権、著作権等の知的財産権（以下、「知的財産権」という。）の有効性を判断する責任、それらの利用によって生じた知的財産権の有効性を判断する責任、それらの利用によって生じた知的財産権の侵害に係る損害賠償請求に応ずる責任もありません。これらの責任は、この規格の利用者にあるということにご留意下さい。

本規格は、関連する技術基準の解釈に引用され同解釈の規定における選択肢を増やす目的で制定されたもので、同解釈と一体となって必要な技術的要件を明示した規格となっております。

本規格を使用される方は、この規格の趣旨を十分にご理解いただき、電気工作物の保安確保等に活用されることを希望いたします。

規格制定に参加した委員の氏名

配電専門部会

[illegible]

電線路地上設置工法実現可能性調査委員会

委員区分	氏名	勤務先
委員長	大木 義路	早稲田大学
委員	穂積 直裕	豊橋技術科学大学
委員	八島 政史	東北大学
委員	久保内 昌敏	東京工業大学
委員	郡司 勉	一般社団法人 日本電線工業会
委員	松村 徹	一般社団法人 日本電力ケーブル接続技術協会
委員	市場 幹之	公益社団法人 腐食防食学会
委員	鬼木 嗣治	送配電網協議会
委員	関根 陽一	東京電力パワーグリッド株式会社
委員	佐藤 英章	株式会社 関電工
委員	奥村 智之	一般社団法人 日本電気協会

規格制定を評価した委員の氏名

日本電気技術規格委員会（令和●年●月●日現在）

(敬称略・順不同)

[illegible]

二次利用未承諾リスト

報告書の題名

令和5年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（低コスト手法普及拡大に向けた電線地中化工法の実現可能性等調査）報告書

委託事業名

令和5年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（低コスト手法普及拡大に向けた電線地中化工法の実現可能性等調査）

受注事業者名

一般社団法人 日本電気協会

頁	図表番号	タイトル
2		短絡試験の写真
2		地絡試験の写真
2		既存管路等の圧縮強度試験の写真
2		耐衝撃試験の写真
14	図3-6	試験状況と試験イメージの写真
35		ページ内の全写真
42		Google Map（全2つ）
48	図5-12	6kVケーブル事故率の推移のグラフ
68	図5-31	ケーブルクリート固定状況の写真
69	図5-34	試験風景の写真（全3つ）
69	図5-35	使用した部材の写真
70	図5-36	試験後のトラフ裏面①の写真
70	図5-37	試験後のトラフ裏面②の写真
70	図5-38	試験後のトラフ裏面③の写真
添付資料2-2		Google Map（全2つ）
添付資料2-16		Google Map（全1つ）
添付資料2-16		石垣島地方気象台 日射計取付場所の写真
添付資料3-5		ページ内の全写真
添付資料3-6		ページ内の全写真
添付資料3-7		ページ内の全写真
添付資料3-8		ページ内の全写真
添付資料3-9		ページ内の全写真
添付資料3-10		ページ内の全写真
添付資料3-11		ページ内の全写真
添付資料3-12		ページ内の全写真
添付資料3-13		ページ内の全写真
添付資料3-14		ページ内の全写真
添付資料3-15		ページ内の全写真
添付資料3-16		ページ内の全写真
添付資料3-17		ページ内の全写真
添付資料3-18		ページ内の全写真
添付資料3-19		ページ内の全写真

(様式 2)

頁	図表番号	タイトル
添付資料3-20		ページ内の全写真
添付資料3-21		ページ内の全写真
添付資料3-22		ページ内の全写真
添付資料3-23		ページ内の全写真
添付資料3-24		ページ内の全写真
添付資料3-25		ページ内の全写真
添付資料3-26		ページ内の全写真
添付資料3-27		ページ内の全写真
添付資料3-28		ページ内の全写真
添付資料4-9		ページ内の全写真
添付資料4-10		ページ内の全写真
添付資料4-11		ページ内の全写真
添付資料4-12		ページ内の全写真
添付資料5-1		ページ内の全写真
添付資料5-2		ページ内の全写真
添付資料5-3		ページ内の全写真
添付資料5-4		ページ内の全写真
添付資料5-5		ページ内の全写真
添付資料5-6		ページ内の全写真
添付資料5-7		ページ内の全写真
添付資料5-8		ページ内の全写真
添付資料5-9		ページ内の全写真
添付資料5-12		ページ内の全写真
添付資料5-13		ページ内の全写真
添付資料5-14		ページ内の全写真
添付資料5-15		ページ内の全写真
添付資料5-16		ページ内の全写真
添付資料5-17		ページ内の全写真
添付資料7-9		ページ内の全写真
添付資料7-10		ページ内の全写真
添付資料7-11		ページ内の全写真
添付資料7-12		ページ内の全写真
添付資料7-13		ページ内の全写真
添付資料7-14		ページ内の全写真
添付資料7-15		ページ内の全写真
添付資料7-17		地絡試験時の電圧・電流波形のグラフ
添付資料8-4		ページ内の全写真
添付資料8-7		短絡試験時の電圧・電流波形のグラフ