

防蟻 CV ケーブルの開発

Development of Termite-prevention PVC for CV Cable

齊藤 真利子
Mariko SAITO

藤田 道朝
Michitomo FUJITA

堀 将太郎
Shotaro HORI

岡本 貴裕
Takahiro OKAMOTO

三浦 浩二
Koji MIURA

秋谷 安司
Yasushi AKIYA

シロアリによる蟻害からケーブルを守る方法として、ナイロンのような硬いプラスチックシースで保護する方法があるが、ケーブルの可とう性が悪くなる等取り扱い性の問題がある。当社では、防蟻剤と PVC コンパウンドの組み合わせにより、一般の CV ケーブルと同等の特性、取り扱い性を有する防蟻 CV ケーブルを開発した。

For protecting the cable from damage by termites, nylon is selected as sheath material. However, nylon is well known as a hard plastic material, so it has some disadvantages such as the flexibility and the handling. We have developed a termite-prevention PVC sheath material with termite-proofing agent for CV cable that has the same characteristics and handling property as a general CV cable.

1. はじめに

西日本地方においては CV ケーブルに対してシロアリによる蟻害が過去より多数発生しており、最近では地球温暖化の影響もあり、シロアリ繁殖地域は徐々に拡大傾向にある。

CV ケーブルの蟻害対策として、機械的保護の観点からナイロン被覆による防蟻層を設けた CV ケーブルが採用されており、電力用規格 A-261「66・77 kV CV ケーブル」や各電力会社の用品規格においても定められている。

さらに、最近の防蟻層はナイロン被覆だけでなく、難燃ポリオレフィン被覆や高密度ポリオレフィン被覆の代替品が開発され、採用されている場合も見受けられる。一部のユーザーにおいては難燃シースケーブルにも防蟻仕様が要求されることがある。

また、現状の防蟻層付 CV ケーブルでは可燃性であるナイロンが最外層にあるため、難燃仕様の場合にはシース上に防蟻層ナイロン被覆を施し、さらにその上に難燃シースを施す 3 重シース構造のケーブルで対応する必要がある。

当社でもナイロン被覆による防蟻層付 CV ケーブルを製造しているが、防蟻層無し CV ケーブルと比較した場合に以下の短所がある。

①ナイロン材料自体の硬度が高く、曲げにくいいため、ケーブル布設において重要なケーブルの許容曲げ半径が大きくなる。したがって防蟻層無しケーブルと比較した場合、布設する際のマンホール寸法は大きく設計しておく必要がある。

②ケーブルを巻くドラムも胴径を大きくする必要があるので、ケーブル巻量も少なくなる。さらにドラムサイズ、ドラム運搬車両も大きくなることからケーブル輸送費が高くなる。

③シースに難燃仕様が要求された場合には 3 重シースになり、製造効率が悪い。さらにケーブル外径も大きくなるため、上記のように輸送効率も悪くなる。

④ナイロン被覆の場合には可燃性であることから管路布設でもマンホール部は延焼を防止するために別途防災テープを巻かなければならない。

本報では防蟻層無しケーブルと同等の電気特性、機械特性を満足しつつ、ケーブル外径や許容曲げ半径も同等で防蟻性能を有する防蟻 CV ケーブルを開発したため、その結果を報告する。

2. 材料開発

本開発では、一般の CV ケーブルと同様の取り扱い性（可とう性）を可能にする防蟻ケーブルを目標とし、従来仕様のシロアリの歯が立ちにくい硬い材料にて機械的に保護するのではなく、多くの使用実績のあるビニル（PVC、以下 PVC と記載する）コンパウンドをベースに防蟻剤を添加する組み合わせで検討を実施した。

材料開発のポイントは、①防蟻剤の選定、②防蟻剤添加による特性変化の検証、③防蟻効果の検証、④防蟻剤の環境への影響である。以下各項目について概要を述べる。

2.1 防蟻剤の選定

防蟻剤は様々なタイプが流通しているが、本開発では、安全性が高く、木造文化財のシロアリ保護でも使用実績の多いネオニコチノイド系防蟻剤を選定した。防蟻効果のメカニズムを次に示す。シロアリが防蟻ケーブルに触れると、防蟻剤の有効成分がシロアリの神経伝達部分（ニコチン性アセチルコリン受容体）に作用し、神経をマヒさせることにより効果を発揮する。なお、人やペットなどの脊椎動物は神経伝達部分（受容体）の構造が異なるためほとんど影響しない。ラットを用いた実験では、防蟻剤有効成分の急性経口毒性（LD50）は5000以上と、食塩よりも毒性が低いとされている。

2.2 防蟻剤添加による特性変化の検証

防蟻剤添加による特性変化を検証するため、防蟻剤を添加したPVCシートを作製し、ケーブルシースで要求される特性に相当する各種物性評価を実施した。なお、防蟻剤添加PVCシートは、PVCコンパウンドをロール混練加工する際に防蟻剤を添加した後、プレス成型して作製した。

物性評価試験の結果、耐寒性（脆化温度）について、防蟻剤を添加することにより低下（脆化温度が上昇）する傾向が確認された。なお、耐寒性試験は、JIS C 3005 (2014) 4.22 項 耐寒に記載された方法で行い、試験温度を1℃刻みで行った時、破断が1本も発生しない最低温度を脆化温度とした。

耐寒性の低下に対応するため、ベースであるPVCコンパウンドの配合の一部見直しを行った。なお、配合見直しに使用した配合剤は、今回ベースとしたPVCコンパウンドとは異なるPVCコンパウンドにおいて十分な使用実績を持つ配合剤を使用した。その結果、改良後のPVCコンパウンドは防蟻剤を添加しても、要求される耐寒性を満足する結果が得られることを確認した。耐寒性改良前後の脆化温度を図1に示す。また、その他評価項目についても特に問題となる特性変化は見られないことを確認した。

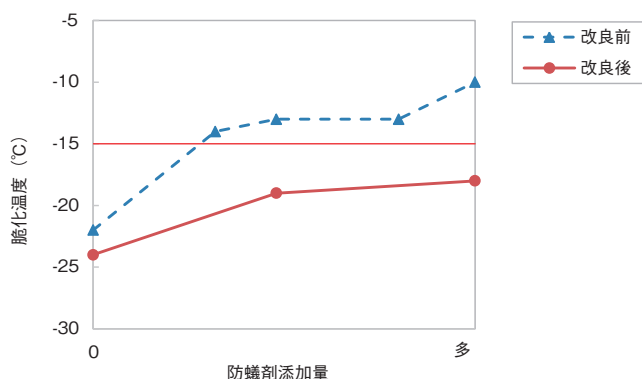


図1 耐寒性改良前後の脆化温度

2.3 防蟻効果の検証

シロアリによる蟻害は、ケーブル被覆材を食い破る、いわゆる咬害であり、対策としてはナイロンのようなシロア

リの歯が立ちにくい材料とするか、咬害を受ける前にシロアリの活動を弱める方法があげられる。本検討における防蟻対策はシロアリの活動能力を短期間に奪い咬害を防止することであり、その防蟻効果の検証は、シロアリの活動時間で判断することとした。

検証試験は、防蟻剤の添加量を変量した複数のPVCシートに樹脂パイプ（φ25 mm、高さ10 mm）を設置し、そのパイプの中に約50頭のイエシロアリを放ち、継時的にシロアリの挙動を観察した。比較用として、防蟻剤を添加していないPVCについても同様の試験を実施した。試験のイメージ図を図2に、試験の様子（写真）を図3に示す。

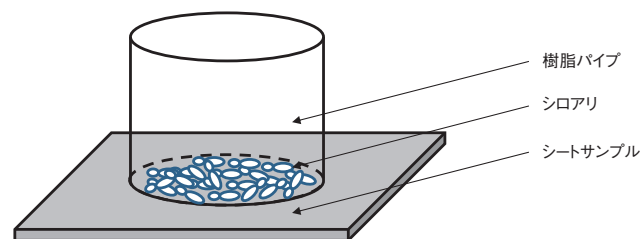


図2 防蟻試験のイメージ図



図3 試験の様子

試験結果を表1に示す。試験開始後、数時間毎に試料中のシロアリの活動状態を観察し、活動停止しているシロアリのおおよその割合（死虫率）を“目視”にて観察した。

防蟻剤の添加により、死虫率は著しく向上することが確認された。防蟻剤添加量の増大により死虫率の時間依存性は短くなる傾向がみられるが、その差は大きくないことが分かった。PVCコンパウンド物性およびコスト面から試料cの添加量を最適値とした。

表1 防蟻試験結果

試料	死虫率 (%)							防蟻剤添加量
	0h	1h	2h	4h	6~8h	24h	30hr	
ref.	0	0	0	0	0	10	10	0
a	0	0	0	40	70	95	100	少 ↑ ↓ 多
b	0	0	5	50	90	100	100	
c	0	0	15	50	60	90	100	
d	0	5	25	70	85	100	100	
e	0	3	20	65	95	100	100	

次に防蟻効果の持続性について示す。防蟻剤入り PVC に対し熱加速劣化試験を行うことにより、ケーブル寿命に対する防蟻剤の有効性を確認した。試料 c に相当する防蟻剤を添加した PVC シートを様々な温度条件で加熱処理し、試料中の加熱時間と防蟻剤残存量との関係を調査した。なお、防蟻剤量の分析は高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で行った。この時、防蟻効果が得られる最少の防蟻剤量 (閾値) を、表 1 の結果より試料 a 相当とし、試料 a 相当の防蟻剤残存量にまで低下した時を終点とした。各加熱条件での終点を求め、その結果のアレニウスプロットから $60^{\circ}\text{C} \times 30$ 年相当の長期保持性を推定した。ここで、ケーブルの温度は通電時のシース想定温度である 60°C とし、ケーブル寿命は 30 年と想定した。長期保持性推定グラフを図 4 に示す。加速劣化試験結果より、 $60^{\circ}\text{C} \times 30$ 年相当経過後も十分な防蟻効果が期待できることを確認した。

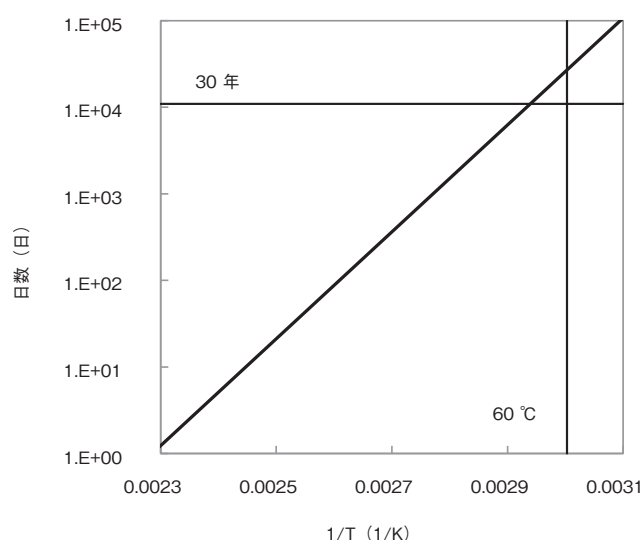


図 4 長期保持性推定グラフ

24 防蟻剤の環境への影響

防蟻剤の環境への放出懸念として、防蟻ケーブルが水に浸漬した場合においても防蟻剤が水に溶脱することがないか検証した。表 1 の試料 c に相当する防蟻剤量を添加した PVC シートを 60°C および 75°C の水に 4 週間まで浸漬させ、1 週間毎に、水中に溶脱した防蟻剤量を HPLC により分析した。試料形状は、ケーブルシースが削れて細くなった場合を考慮し、シートを 1 mm 角程度に裁断した試料を使用した。試験結果を表 2 に示す。 60°C 、 75°C いずれにおいても、4 週間後まで防蟻剤の検出量は検出限界以下 (N.D.) であり、水への溶脱は認められなかった。

表 2 防蟻剤の溶脱試験結果

浸漬温度 ($^{\circ}\text{C}$)	溶脱分析結果			
	1 週間	2 週間	3 週間	4 週間
60	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
75	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

3. ケーブル評価

2 項の PVC シートによる検証結果を踏まえ、ケーブルでの防蟻剤添加による特性変化及び防蟻剤入りシースが現行のケーブルシースに要求される特性を満足しているかどうか検証するため、ケーブル試作評価を行った。試作ケーブルの仕様は 77 kV 遮水層付き CV $1 \times 400 \text{ mm}^2$ をベースとし、シース材に防蟻剤入りシースを適用した。

3.1 ケーブル特性

今回の防蟻剤入りシースはナイロンシースと異なり、PVC シースとなるため、防蟻特性の要求のある電力会社の規格を参考にし、表 3 の PVC シースに関する試験項目を実施した。防蟻剤入り PVC シースを用いたケーブルは全ての試験項目で規格値を満足し、現行の PVC シースを用いたケーブルと同等の結果が得られた。

表 3 実施試験項目一覧

試験項目	規格値	良否判定
絶縁抵抗試験 (シース)	10 M $\Omega \cdot \text{km}$ (20°C) 以上	良
引張試験 (強さ)	18 MPa 以上	良
引張試験 (伸び)	200% 以上	良
加熱老化試験 (引張強さ)	老化前の値の 85% 以上	良
加熱老化試験 (伸び)	老化前の値の 80% 以上	良
加熱変形試験	厚さの減少率 50% 以下 (遮水層厚さを除去したシースの特性)	良
耐油試験 (引張強さ) 油浸後の残率	80% 以上	良
耐油試験 (伸び) 油浸後の残率	60% 以上	良
耐寒試験	試験片が破壊しない事 ($-15^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)	良
難燃性試験	IEEE 383 に準拠した 垂直トレイ試験に合格する事	良
発煙試験	400 以下	良
ハロゲン化水素 発生量試験	350 mg/g 以下	良
酸素指数試験	26 以上	良
硬さ試験	ショア D40 以上 (20°C)	良
曲げ試験	曲げ試験実施後、ケーブル中央部 を解体し、構造試験を行い、 異常のない事	良
捻り曲げ試験	曲げ試験実施後、ケーブル中央部 を解体し、構造試験を行い、 異常のない事	良
シース雷インパルス 耐電圧試験	-60 kV \times 3 回 (シース厚さ 4 mm)	良
直流耐電圧試験	DC25 kV \times 1 分間	良
50% モジュラス試験	10 MPa 以上 (30°C)	良

3.2 防蟻性能

シロアリに対する防蟻効果の有無について検証するため、屋外曝露試験を実施した。

シロアリの活性度の高い地域に試作ケーブル及び比較用として普通 PVC シースのケーブル、ナイロンシースのケーブルを埋設した。試験実施期間は 1 年間とし、1 年後の蟻害確認では、全試料とも蟻害は認められず有意差の無い結果となった。今回実施した屋外曝露試験は実施期間が 1 年間であり、シロアリの活性が低下する時期を含め、試験期間としては短い。また、野生のシロアリに依存した試験であり、実験室での強制的な試験と比較すると環境に左右さ

れるため、結果として蟻害が認められなかったと考えられる。

上記の通り、屋外曝露試験では全試料で蟻害を受けていない結果であったことから、並行して試料数を増やして、2,3項と同様な防蟻試験によりケーブルシース材料のシート試料とシロアリを接触させ防蟻効果の有無について確認した。その結果、表1 防蟻剤添加量0の結果と同様に、防蟻剤非添加の普通PVCシース及びナイロンシースはシロアリが活動停止するまでに時間が掛かり、試験実施期間内で活動停止する個体も少ない結果となった。一方、防蟻剤入りのPVCシート試料では、防蟻効果が顕著に表れ、シロアリが活動停止に至るまでの時間も短く、防蟻効果の有効性が確認できた。

4. ま と め

防蟻剤入りPVCシースを備えた防蟻CVケーブルを開発した。防蟻効果はケーブル耐用年数に対し十分有効であり、かつ防蟻剤の環境放出懸念もない。この防蟻CVケーブルは、従来のナイロン被覆防蟻ケーブルと比較し、可とう性に優れ通常のCVケーブルと同等の取り扱い性を有する。従って、CVケーブルと同じ線路設計ができ、さらに既設CVケーブルの防蟻化にも有効である。

電力会社の技術審査に合格し、今後実線路への布設を予定している。

謝 辞

本開発にあたり、防蟻対策で実績のある未来工業株式会社殿のご協力、および関西電力株式会社のご助言に対し、ここに感謝の意を表します。

製品ページはこちら

ニュースリリースはこちら

昭和電線ケーブルシステム(株)
齊藤 真利子 (さいとう まりこ)
基盤技術開発部 先行技術開発課 主査
先行技術開発・商品開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
藤田 道朝 (ふじた みちとも)
基盤技術開発部 先行技術開発課 課長
先行技術開発・商品開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
堀 将太郎 (ほり しょうたろう)
電力システム部 電力ケーブル課 技術グループ
電力ケーブルの設計・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
岡本 貴裕 (おかもと たかひろ)
電力事業企画推進室 主幹
電力事業の企画・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
三浦 浩二 (みうら こうじ)
電力事業企画推進室 課長
電力事業の企画・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
秋谷 安司 (あきや やすし)
電力事業企画推進室長
電力事業の企画・開発に従事