

シロアリ対策ケーブル（アリタフ）（Termite protection of cable）

タツタ電線株式会社 勝矢 利明、曾我部 聖司

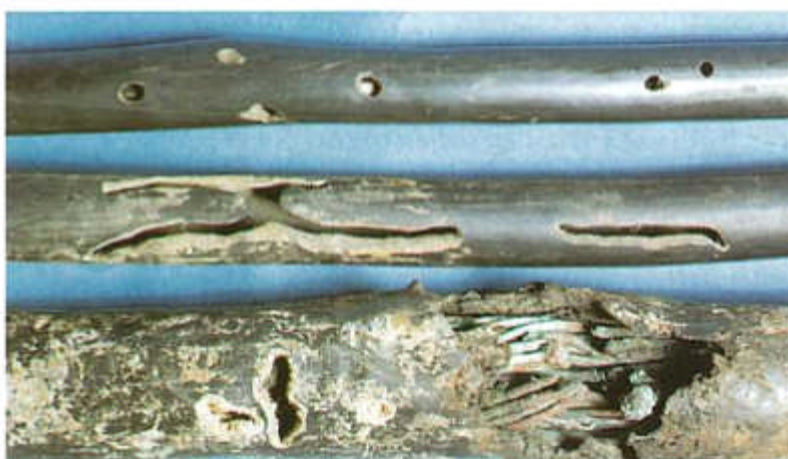
1. はじめに

住宅や工場等で使用されている汎用的なケーブルではシロアリの食害が発生している（写真1）。写真からわかるように、ケーブル外被の表面がかじられ穴があいており、最悪の場合、大きな事故につながる可能性がある。これはケーブルの被覆材料に防蟻性能がないためである。

ケーブルのシロアリ対策は、特に重要な配電線で使用されるところには、ケーブル外被上に防蟻性能を有したナイロン12を被覆したものが一般的に用いられている。当社もナイロン12を用いた防蟻ケーブルは1993年から製造しており電力会社殿向けに多くの納入実績があるが、一般的なユーザーには納入実績が少ない。

これは、ナイロン12が非常に高価で、ケーブル製造時、材料を乾燥する必要があるなど製造しづらく、また硬度も大きいためケーブルが曲げづらいなどの要因がある。

このため、汎用的なケーブルにもシロアリ対策品を提供できるようにナイロン12に代わる価格面・製造面・布設作業性を改善した防蟻材料の開発に着手した。



←ケーブル被覆材料
(ビニル)

写真1 （汎用的なケーブルの被害状況）

注）写真は社団法人日本しろあり対策協会 シロアリ（被害・生態・探知）より抜粋

2. 材料の検討・開発

防蟻性能として必要かつ重要な材料特性に硬度があり、硬度が大きいほど防蟻性能は良好であるといえる¹⁾。しかし、ケーブルが硬くなり曲げづらくなる。よって、防蟻性能を維持しつつナイロン１２より軟らかく、ナイロン１２ほど高価でない材料開発を目指した。

代表的な被覆材料の一般特性及び材料価格、製造作業性を表１に示す。

表１ 被覆材料の一般特性及び材料価格、製造作業性

	ナイロン１２	高密度ポリエチレン	低密度ポリエチレン	ビニル
比重	1.01～1.03	0.94～0.97	0.91～0.93	1.3～1.4
表面硬度 (ショア D)	70～80	60～70	55～60	———
耐摩耗性	◎	◎	○	○
耐候性	○ (黒色)	○ (黒色)	○ (黒色)	○ (黒色)
耐水性	○	◎	◎	○
耐油性	○	○	○	○
耐薬品性	△	○	○	○
難燃性	×	×	×	○
材料価格	×	○	○	◎
製造作業性	×	○	○	○

◎：非常に優れている。 ○：優れている。 △：やや劣る。 ×：劣る。

表１の低密度ポリエチレン、ビニルは汎用的なケーブルの被覆材料として、高密度ポリエチレンは、通信ケーブルの絶縁材料として広く使用されている。

表１から分かるように、高密度ポリエチレンは、ナイロン１２の次に硬度が大きく、良好な防蟻性能が期待できる材料である。

高密度ポリエチレンはケーブル以外にも生活用品その他で使用されている比較的、汎用的な材料であり、価格面・製造面において良好といえる。

また、材料表面の滑り性及び平滑性を向上させることで防蟻性能が良好になることが期待できる²⁾。よって、高密度ポリエチレンの樹脂の中に滑り性をよくする滑剤などを添加した新防蟻材料を開発した。現行品であるナイロン１２と今回開発した新防蟻材料の硬度と摩擦係数を表２に示す。

表２ ナイロン１２と新防蟻材料の硬度及び摩擦係数

試 験 項 目		従 来 品	開 発 品	試 験 方 法
		ナイロン１２	新防蟻材料	
硬 度	ショア D	70	65	JIS K 7215
摩擦係数	μ s	0.47	0.29	ASTM D1894

この結果、新防蟻材料の硬度はナイロン１２より若干低いですが、摩擦係数はナイロン１２と比較して４割減らすことができた。ケーブルの延線張力の低減に繋がり、布設作業性の改善が期待できる。また、新防蟻材料の材料表面に滑り性、かつ平滑があるためシロアリの食害にも有効であると考えられる。

つぎに、実際の防蟻効果を調査するため、各種被覆材料のシートサンプルを用いて短期（21日）間、長期（4ヶ月）間におけるシロアリの食害による防蟻性能の評価試験を行った。

3. 材料の防蟻性能

3.1 短期（21 日）間評価

この試験は、株式会社今村化学工業白蟻研究所殿の協力を得て JIS K 1571（2010）「木材保存剤－性能基準及びその試験方法 附属書 A（規定）限定用途のための防腐性能試験及び防ぎ（蟻）性能試験」に準じて行った。

・試験試料

試験試料は、現行品（ナイロン 12）、開発品（新防蟻材料）、比較用試料（スギ材）とし、現行品、開発品は（20mm×20mm×2mm）の正方形板を各 5 個、比較用試料は（10mm×10mm×20mm）の直方体を 5 個用意した。

・評価方法

防蟻性の評価は、直径 80mm×高さ 60mm のアクリル製円筒の底に硬質石膏を 5mm の深さに流し込んで塞ぎ、石膏の上に高さ 1mm、長さ 30mm のアクリル三角柱を 3 本置いて試験試料を 1 個載せた（写真 2）（写真 3）ものを、底に湿った脱脂綿を置いた蓋付きプラスチック容器内に 5 個並べて（写真 4）、各円筒内にイエシロアリ（職蟻 150 頭、兵蟻 15 頭）を放し、28±1℃の暗所に 21 日間（2012 年 8 月 20 日～9 月 10 日）放置して、試験前後の試料の質量を測定して食害による質量減少率を求めた。

秤量に先立ち、表面に付いた蟻糞を水洗いして取り除き室温で 1 日間風乾したあと、60℃ 2 日間の加熱乾燥処理を行った。

・調査項目

- ・質量減少率 ： $(\text{供試前試験体質量} - \text{供試後試験体質量}) / \text{供試前試験体質量} \times 100$
- ・供試虫の死亡率：供試後職蟻死亡数 / 供試職蟻数
- ・食害痕 ：写真観察

なお、質量減少率が小さいほど、防蟻性に優れることを示す。供試虫の死亡率は試験が正常に行われたことを示すデータである。

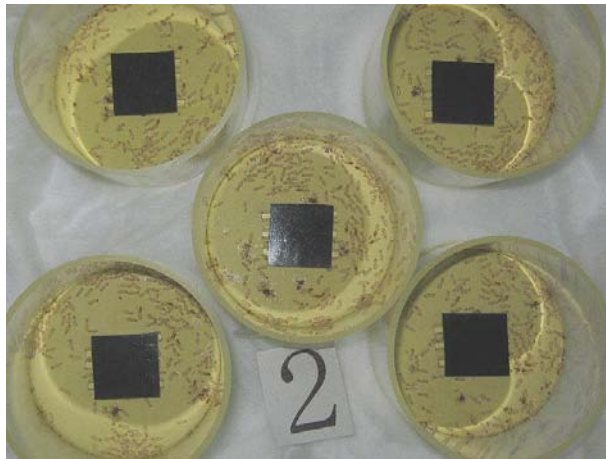


写真 2 試験状況例（新防蟻材料）

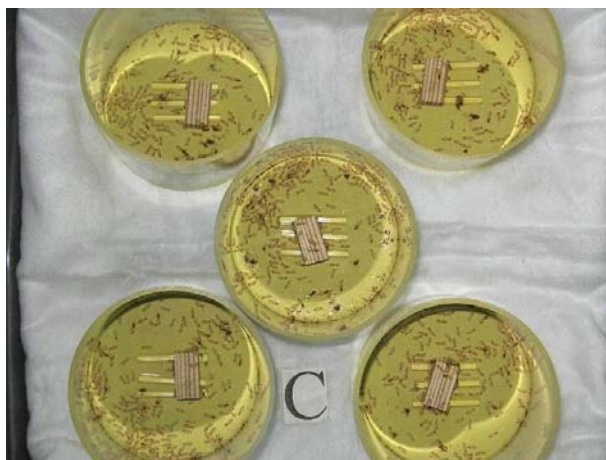


写真 3 試験状況例（スギ材）



写真 4 蓋付きプラスチック容器

試験体の質量減少率及び供試虫の死亡率の結果を表 3 に示す。試験前、試験後の食害痕の状況について各々表 4、表 5 に示す。

表 3 防蟻性能試験結果

試料 N o .	現 行 品		開 発 品		比 較 用	
	ナイロン 1 2		新防蟻材料		スギ材	
	質量減少率 %	死亡率 %	質量減少率 %	死亡率 %	質量減少率 %	死亡率 %
1	0.30	4.0	0.29	7.3	41.2	4.7
2	0.39	8.7	0.07	5.3	36.4	4.7
3	0.34	2.7	0.20	6.0	38.2	6.0
4	0.38	2.7	0.26	4.0	49.6	3.3
5	0.29	4.0	0.27	6.0	42.9	4.7
平均	0.34	4.4	0.22	5.7	41.7	4.7

表 3 から分かるように、現行品、開発品の質量減少率は各々 0.34%、0.22% と非常に少なく、防蟻性能は良好と判断出来る。スギ材の質量減少率は 41.7% であり想定どおり酷い食害が確認出来る。

表 4、表 5 から、現行品、開発品共に、試料表面に貫通穴等の食害はなく、試料辺端部が軽度にかじられ、白くなっていることが見受けられる。一方、比較用のスギ材はシロアリの食害によるスギ材表面に多数の穴が空き、空洞になっている。

また、3 種類の材料試験において供試虫の死亡率はほぼ同等の死亡率であることから今回の試験が適正な条件で行われたと考えられる。

表 4 試験前の状況



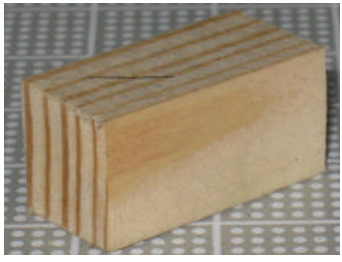


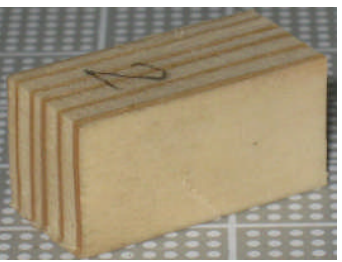


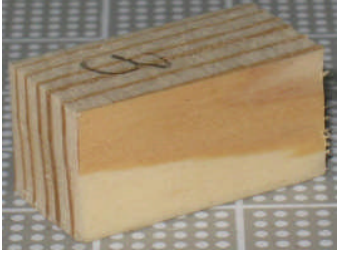


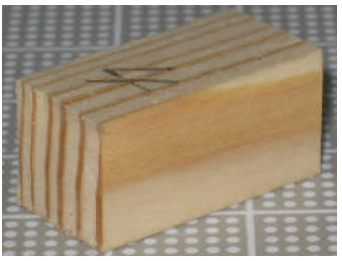

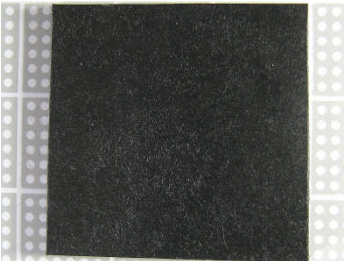
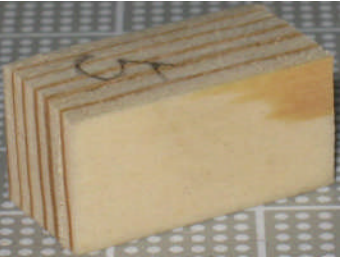
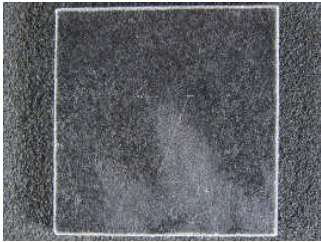


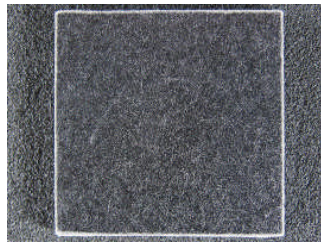
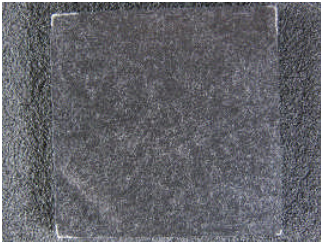

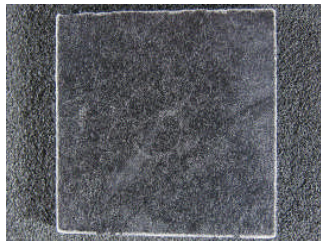

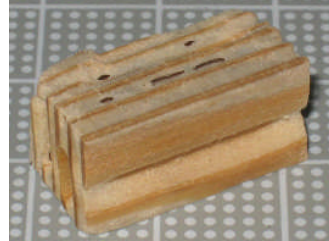
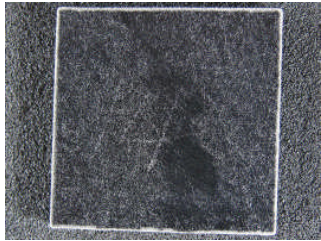





試料 No.	現 行 品	開 発 品	比 較 用
	ナイロン 12	新防蟻材料	スギ材
1			
2			
3			
4			
5			

表 5 試験後の状況

試料 No.	現 行 品	開 発 品	比 較 用
	ナイロン 12	新防蟻材料	スギ材
1			
2			
3			
4			
5			

3.2 長期（4 ヶ月）間評価

この試験は、京都大学生存圏研究所 吉村剛教授のご協力を得て行った。

・試験試料

ナイロン12、新防蟻材料、低密度ポリエチレン及びビニルの4種類とした。

各材料について大きさ（35mm×35mm×2mm）のシート状にしたもの、及び作成したシートに#80（粗い）サンドペーパーによるシート表面に傷をつけたもの^{注）}を各々10枚ずつ作成した。

注）サンドペーパーによるシート表面の傷は、ケーブル延線時、ケーブル外被に地面、管路等で擦れ傷がつく場合があり、傷による食害の影響を確認するためである。

・試験方法

試験試料を京都大学 生存圏研究所内白蟻コロニーで4ヶ月間（2013.10.4～2014.2.5）シロアリの食害試験を実施し（写真5）、食害後の外観確認と質量変化率を調査した。

シート表面のサンドペーパーによる傷無し及び傷有りの場合の質量変化率を図1、図2に示す。



写真5 試験状況（餌木の上に試験試料を置く）

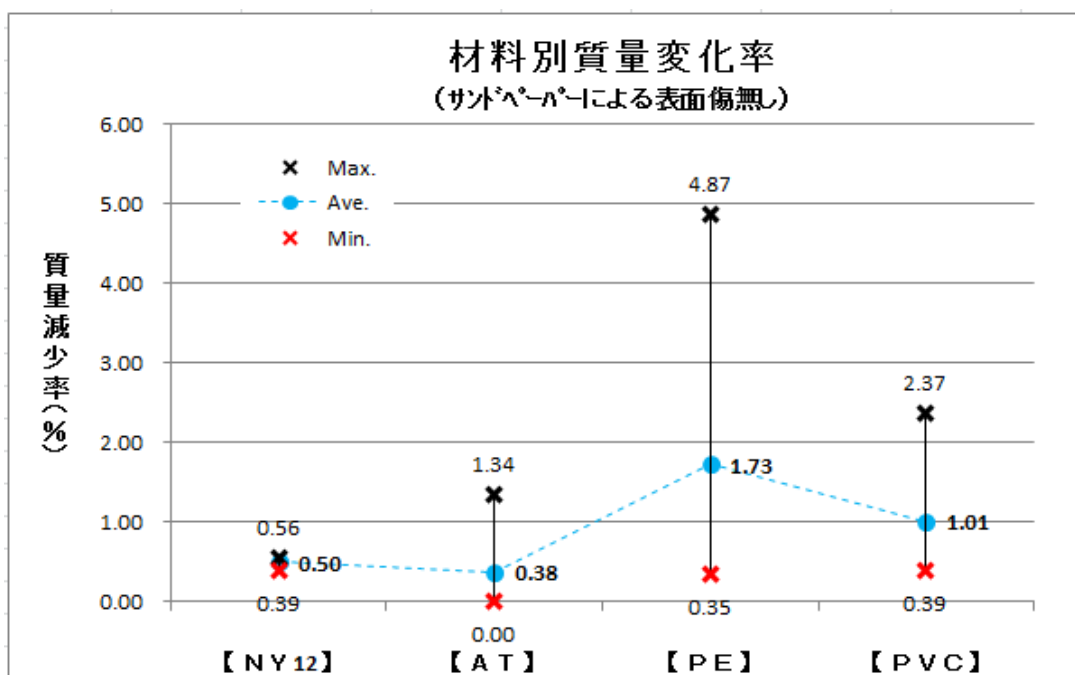


図1 材料別質量変化率（サンドペーパーによる表面傷無し）

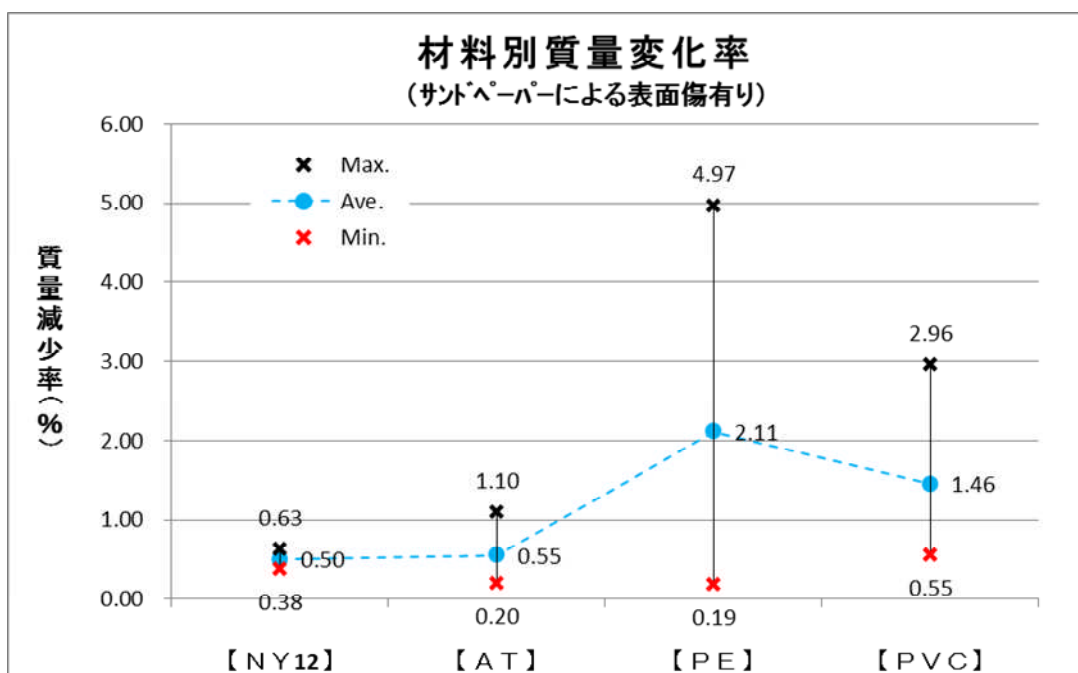


図2 材料別質量変化率（サンドペーパーによる表面傷有り）

注）図中で記載されている材料記号は以下のとおりである。

NY12：ナイロン12

AT：新防蟻材料

PE：低密度ポリエチレン

PVC：ビニル

図 1 から、新防蟻材料はナイロン 1 2 と比較して食害の程度にほとんど差がなく同等性能を有している。

ところが、汎用的なケーブルの外被に使用されている低密度ポリエチレンとビニルは質量減少率が大きく防蟻性能は低い。

また、図 2 からシート表面のサンドペーパーによる表面傷の有無による影響は、新防蟻材料とナイロン 1 2 はほとんど差がなく防蟻性能を有している。これより、ケーブルの延線時に、もし外被に傷がついた場合でも、実用上良好な防蟻性能を保つと考えられる。

一方、低密度ポリエチレンとビニルは、サンドペーパーによる表面傷がない場合と比較すると表面傷有りの方が食害は大きく、汎用的なケーブルは、ケーブル延線時にケーブル外被に擦れ傷がつくとシロアリによる食害が促進される可能性がある。

以上、短期間及び長期間におけるシロアリの食害による防蟻性能の特性評価結果から、今回開発した新防蟻材料はナイロン 1 2 と同等の防蟻性能を有し、代替材料として十分満足のできるものといえる。

4. ケーブルの評価

つぎに、開発した新防蟻材料を使用したケーブルを当社の製造設備で製造し、4.1 ケーブル性能評価、4.2 フィールド試験を行った。

4.1 ケーブル性能評価

当社の製造設備による製造作業性は、他のケーブルで使用されている被覆材料と同等であり問題なかった。つぎに製造したケーブルについて規定の性能評価を行った。外観・構造、電気性能、物理特性試験は所定の規格を満足しており問題なかった。一部の物理特性試験の結果を表6に示す。

表6 一部の物理特性試験の結果

(22000V CVT-AT 3×325mm²) 注)

試 験 項 目					単 位	規 格 値		試 験 結 果				
								白 相	赤 相	青 相		
材 料	引 張 試 験	シ ー ス	常	引張強さ	MPa	12.5	以上	19.7	20.3	19.3		
			温	伸 び	%	200	以上	300	293	298		
			加	引張強さ	%	加熱前の値の85 以上		96.4	94.1	96.4		
			熱	伸 び	%	加熱前の値の80 以上		88.3	83.6	87.9		
			耐	引張強さ	%	浸油前の値の80 以上		91.9	93.1	94.3		
			油	伸 び	%	浸油前の値の60 以上		86.0	86.3	87.9		
		防 蟻 層	常	引張強さ	MPa	17.6	以上	36.9	38.6	41.1		
			温	伸 び	%	200	以上	792	803	847		
			加	引張強さ	%	加熱前の値の85 以上		94.3	94.3	93.4		
			熱	伸 び	%	加熱前の値の80 以上		105.2	98.0	100.7		
			耐	引張強さ	%	浸油前の値の80 以上		96.2	93.8	94.9		
			油	伸 び	%	浸油前の値の60 以上		100.8	94.9	97.4		
	加 熱 変 形	シース				—	厚さの減少率 50 以下		2.6	3.1	2.6	
		防蟻層					厚さの減少率 10 以下		5.6	1.9	1.8	
		耐 寒 性	シース				—	試験片が破壊しないこと		良	良	良
			防蟻層							良	良	良
	硬 度			防蟻層		60以上(ショアD)であること			65	65	65	
	押出外部半導電層剥離力			常	温	(4.9 ~ 39.2)N／12.7mm幅			13.5	11.8	11.0	
				低	温	手で剥ぎ取れること			良	良	良	
				加	熱 後				良	良	良	
	プーリングアイ引張					115kN/2時間以上たえること			良			
						張力と伸びの関係が115kNまで			良			
						ほぼ直線であること						

注) 22kV の地中ピット内に配線される3個より形の防蟻層付き電力ケーブル※で、主に電力会社殿で使用されている。

※正式名称：トリプレックス形架橋ポリエチレン絶縁防蟻層付きビニルシース電力ケーブル

4.2 フィールド試験

2014 年 1 月に鹿児島県日置市吹上浜国有林内に設置された屋外試験地（京都大学生存圏研究所・生活・森林圏シミュレーションフィールド（LSF））にて、京都大学生存圏研究所吉村剛教授のご協力を得てケーブル試料を埋設した。

ケーブル試料表面の材質は、ナイロン 12、新防蟻材料、ビニルとしケーブルを約 55cm に切断し両端を金属キャップで覆い（写真 6）、やすりによる表面傷無し、やすりによる表面傷有り（写真 7）のものを計 6 セット作成した。

作成したケーブル試料は、上記屋外試験地にてシロアリの巢の付近の 5 カ所を選んで埋設した。（写真 8～10）

試験はシロアリ対策の効果を確認するため長期的に観察する予定で現在も継続中である。

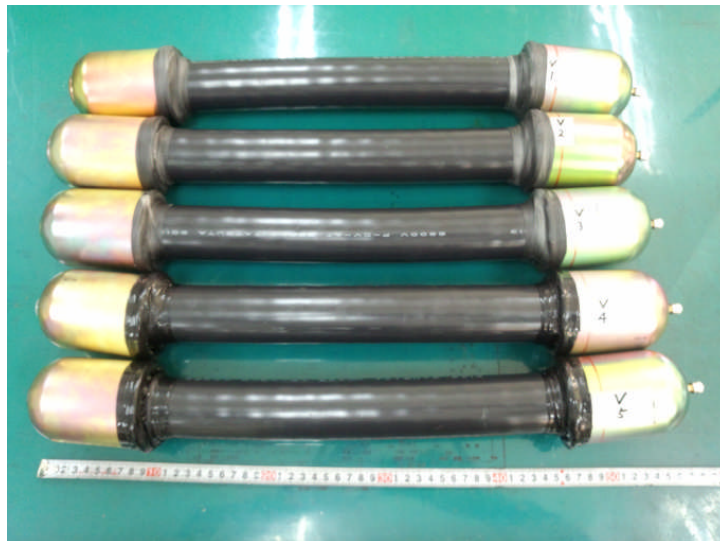


写真 6 ケーブル試料（やすりによる表面傷無し）

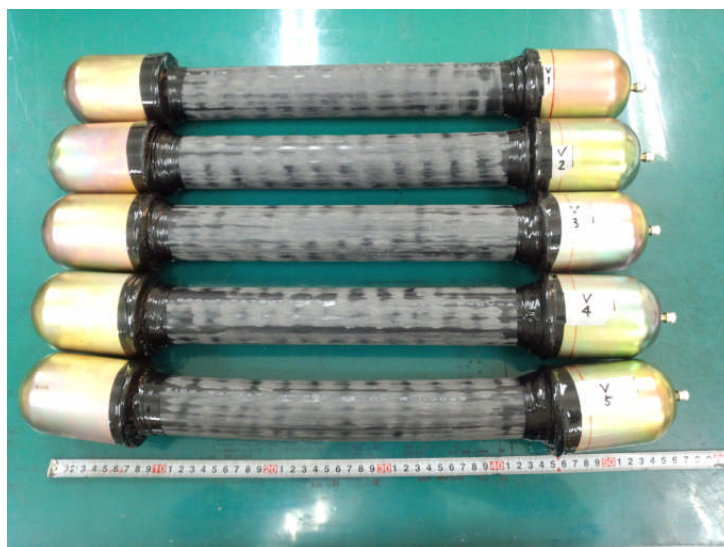


写真 7 ケーブル試料（やすりによる表面傷有り）



写真 8 ケーブル埋設状況



写真 9 ケーブル埋設状況（餌木の設置）



写真 10 ケーブル埋設後の地表面

5. まとめ

今回開発した新防蟻材料は以下の特徴がある。

- ・ナイロン12と同等の防蟻性能を有しており、ケーブル性能も従来品と同等である。
- ・ナイロン12ほど材料価格は高くなく、製造作業性も改善されている。
- ・ナイロン12より摩擦係数が小さく表面の滑り性を改善し、ケーブル延線時の作業性が大きく向上する。

以上、防蟻性能に良好で価格面・製造面・布設作業性において改善された材料開発により新防蟻ケーブルが完成することが出来た。新防蟻ケーブルは、既に電力会社殿向けに多数納入している。

現在、住宅や工場において使用される汎用的なケーブルに展開しシロアリ対策に困る一般的なユーザーにも新防蟻ケーブルを提供出来るようにPR・営業活動を進めている。

最後にご指導、ご協力を頂いた京都大学 吉村剛教授及び株式会社今村化学工業白蟻研究所殿に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) Michael Lenz, Brad Kard, James W.Creffield, Theodore A Evans, Kenneth S.Brown, Edward D. Freytag, Jun-Hong Zhong, Chow-Yang Lee, Boon-Hoi Yeoh, Tsuyoshi Yoshimura, Kunio Tsuneoda, Charunee Vongkaluang, Yupaporn Sornnuwat, Ted a,Roland.sr., and Marei Pommer de Santi (2013) : Ability of Field Populations of *Coptotermes* spp., *Reticulitermes flavipes*, and *Mastotermes darwiniensis* (Isoptera: Rhinotermitidae; Mastotermitidae) to Damage Plastic Cable Sheathings
- 2) 岡久陽子・吉村剛・今村祐嗣・藤原裕子・藤井義久 (2005) : シロアリによるモウソウチクへの食害と表面性状との関係