

耐紫外線性，取扱い性に優れたEM-EEFの開発

Development of "EM-EEF" with Improved UV Resistance and Ease of Handling

幡野 隆穂*

Takaho Hatano

藤田 徹*

Toru Fujita

富川 保*²

Tamotsu Tomikawa

渡辺 光則*³

Mitsunori Watanabe

松本 鉄男*⁴

Tetsuo Matsumoto

西口 雅己*⁴

Masaki Nishiguchi

鈴木 智行*⁴

Tomoyuki Suzuki

概要 古河インダストリアルケーブル（株）では、環境調和型電線「エコエース®」製品の一環として、従来の低圧電源用平型電線VVFに相当する製品である低圧電源用平型エコ電線EM-EEFを開発した。その開発コンセプトのうち、柔軟性、耐外傷性、口剥き、口裂き性についてはユーザーにて非常に好評をもって迎えられている。また、照明器具に使用されることを前提とした開発を行っていたことから、絶縁体上への特別な遮光処理が不要であり非常に施工性に優れている。本稿では、開発品である低圧電源用平型エコ電線EM-EEF、商品名「UVガードF」の施工性及び耐紫外線性について報告する。

1. はじめに

1998年8月より当社では、従来の電線に対して「環境にやさしい」ことをポイントに全面的に見直した環境調和型電線「エコエース®」を販売している¹⁾。古河インダストリアルケーブル（株）（当時 千代田電線株式会社）では、「エコエース」製品の一環として、従来の低圧電源用平型電線VVFに相当する製品である低圧電源用平型エコ電線EM-EEFを開発した。開発するに当たっては使用用途を想定したいくつかのポイントに沿った開発コンセプトを決め、それを実現させた。開発コンセプトのポイントのうち、柔軟性、耐外傷性、口剥き、口裂き性についてはユーザーにて非常に好評を得ている。また、照明器具に使用されることを前提にした開発を行っていたことから、ポリエチレン絶縁体に紫外線保護のための黒色テープ巻き及びチューブ巻きをせずに済み、非常に施工性に優れている。

本報告では、取り扱い性を重点に開発した製品である低圧電源用平型エコ電線「UVガードF」の施工性及び照明からの耐紫外線性について報告する。

2. 製品開発

VVFケーブルは、屋内配線用に広く使用され、一般の電力ケーブル等と比較すると、特に取り扱い性が重要視される。そこでEM-EEFを開発するにあたって、実際のVVFの施工を分析、要素分けし、必須と考えるポイントを洗い出し開発を実施

することにした。そのポイントの中で本項では以下の4つのポイントについて説明する。

- 1) 柔軟性
- 2) 耐外傷性
- 3) 口剥き、口裂き性
- 4) 照明からの耐紫外線性

1)～3)については、シース材料を中心に対応し、4)については絶縁体材料を開発した。（シース材料は自然光を想定した耐候性を施してある）

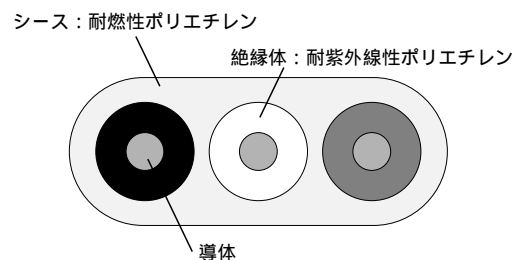


図1 タイシガイセンEM-EEF「UVガードF」の構造と外観
Structure and appearance of "UV guard F"

* 古河インダストリアルケーブル（株）技術開発部

*² 古河インダストリアルケーブル（株）栃木工場製造部

*³ 電力事業部 電力技術部

*⁴ 環境エネルギー研究所 環境技術開発部

表1 シース特性表
Properties of covering material

試験項目	単位	規格値	UVガードF	VVF
外観	—	異常のないこと	良	良
常温				
引張強さ	MPa	10	11.7	20
伸び	%	350	455	290
加熱				
引張強さ残率	%	加熱前の値の 80	99	100
伸び残率	%	加熱前の値の 65	94	97
加熱変形	%	10(厚さの減少率)	3.3	—
耐寒性	—	- 50 以下	- 50 以下	- 30
難燃性	sec	60(自然に消えること)	合格	合格
デュロメータ硬度A	—	—	87	92
傷つき白化	—	—	白化無し	白化無し

UVガードF：90 × 96時間，VVF：100 × 46時間

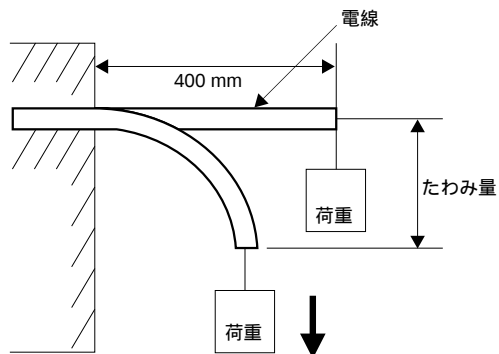


図2 片支持たわみ試験図
Schematic of cantilever test

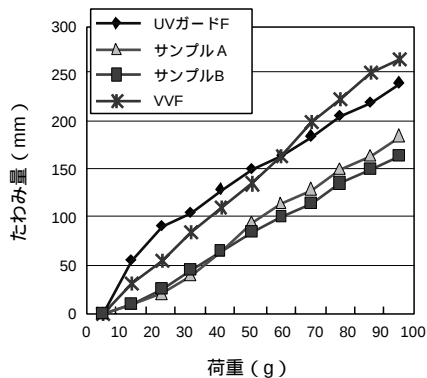


図3 片支持たわみ試験結果
Results of cantilever test

2.1 シース材料の開発

VVFは、天井裏やコンセントボックスなど、非常に狭くて施工が困難な場所での配線作業が多々存在する。このためこのような狭所に施工するためには、電線の柔軟性は非常に重要となってくる。これに対してエコ電線・ケーブルのシース材料に使われる耐燃性ポリエチレンは、一般的にPVCより柔軟性に劣り、かつ擦れによる傷つき、白化が問題となる。更に、PVC

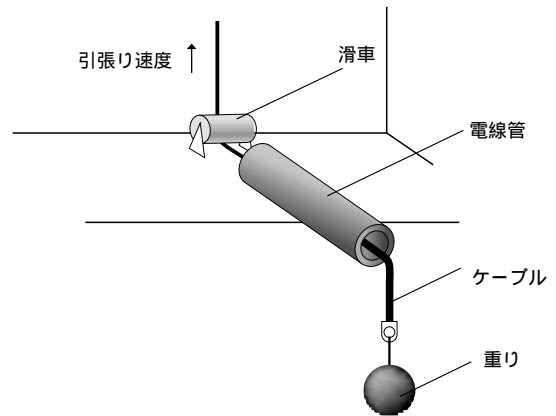


図4 耐外傷性試験
Damage resistance test

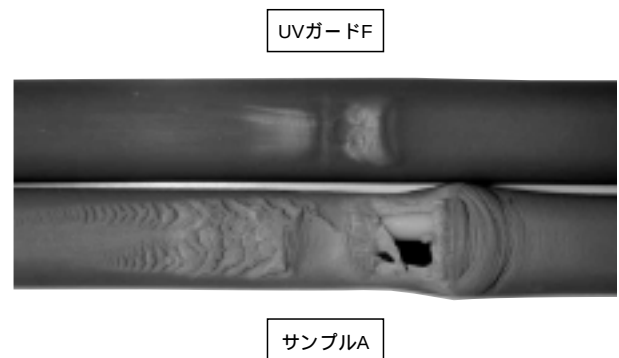


図5 耐外傷性試験結果
Appearance of wire after damage resistance test

は口剥き，口裂き時にワイヤーストリッパーやカッターで切れやすく裂きやすい性質があるため非常に施工しやすい。それに対して耐燃性ポリエチレンは一般的に伸び易いことから口剥きしづらく，また，きれいに裂けずに，ちぎれてしまう傾向にある。

そこで，柔軟性に優れ，耐外傷性が良好，口剥きし易いことを目標にシース材料を開発した。特性を表1に示す。

表1から分かるように，UVガードFは良好な特性を有している。また柔軟性の尺度としてのデュロメータ硬度がVVFと同等以上柔らかいことが分かる。傷つき白化は，シース材料を爪状の突起物で擦り，白くなるかを確認する試験であるが，特に白化せず良好であることが分かった。

2.2 柔軟性

開発したシース材料の個々の目標の確認のために，UVガードF EM-EEF 2 × 1.6 mm 試作を実施し，評価した。比較用に市販コンパウンド（サンプルA，B）をシースに使用したEM-EEF及びVVFについても評価した。

柔軟性の評価としては，片支持たわみ試験を実施した（図2）。

試験結果を図3に示す。

試験の結果，UVガードFは，VVFと同等のたわみ量であり，シース材料に市販コンパウンドを使用したサンプルA，Bと比較して柔軟であることが確認できた。

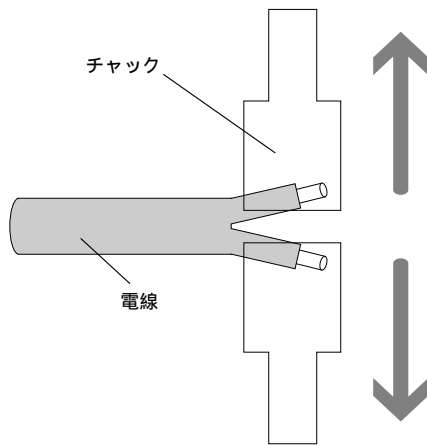


図6 口裂き試験
Ripping test

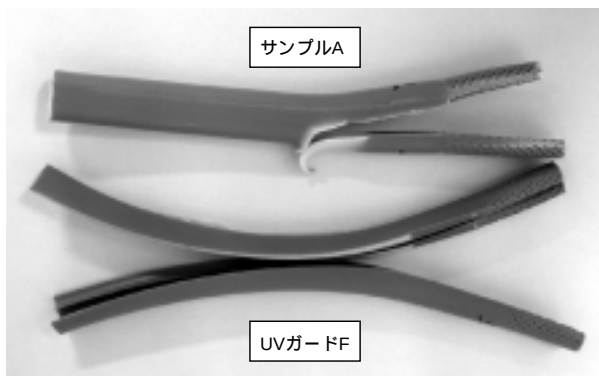


図7 口裂き試験結果
Results of ripping test

2.3 耐外傷性

つぎに耐外傷性について、下記の図4に示すような耐外傷性試験を実施した。これは電線管等の狭い箇所に引き込むときに、エッジによってつく外傷を模擬したものである。

図5より、サンプルAはコアが露出するほどの外傷を受けているが、UVガードFは若干のへこみ及び白化が見られる程度であった。これにより良好な耐外傷性を有することが確認できた。

2.4 口裂き性

PVCは、端末作成時に口裂きしやすい。そこでこの特性を確認するために、コア間にノッチを入れたEM-EEFの縦方向への口裂き試験を実施した。図6に試験方法、図7に結果の写真を示す。

図7より分かるように、サンプルAが途中で千切れてしまうのに対してUVガードFは、スムーズに口裂き可能である。

2.5 絶縁体の耐紫外線性

ポリエチレン絶縁体を用いた電線の照明器具への施工後に、その絶縁線心にクラックが発生することは以前より一般に知られている²⁾。EM-EEFは、ポリエチレン絶縁線心であり、VVFと同様に照明器具への施工がなされることから、同様の事故が想定されるので、対策を施すことが必要と考えた。クラックは主に黒相以外の相で発生することから黒色以外の有色コアすべ

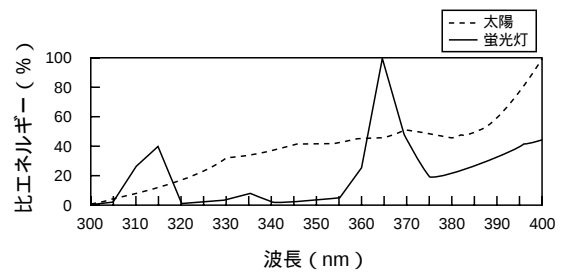


図8 太陽光と蛍光灯の分光分布
Light intensity spectrum of the sun and fluorescent light

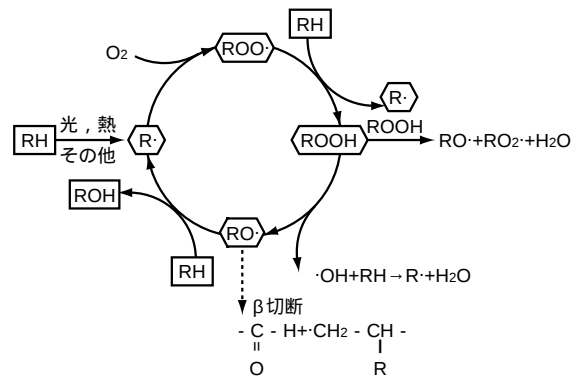


図9 自動酸化スキーム
Natural oxidation scheme

てに対策を施すこととした。

クラック発生原因は照明器具に使用されている蛍光灯が発する紫外線（波長100～400 nmの光）による劣化である。蛍光灯の分光分布について図8に示す²⁾。図8に示すように紫外線領域に大きなピークが見られる。

ポリエチレンの紫外線による劣化は、光（紫外線）があたることによって、ポリエチレン中の触媒残渣（ざんさ）、ヒドロペルオキシ基、カルボニル基、添加剤等が発色団となって励起し、発生したラジカルによって光酸化劣化が開始する。その後連鎖反応で自動酸化劣化が進んでいく。自動酸化のスキームを図9に示す。光酸化劣化が進むと、主鎖の断裂による分子量低下や架橋が起こり物性が低下する³⁾。

これを防ぐ目的で、光安定剤が多種販売されている。光安定剤について大きな分類をすると、樹脂に到達する紫外線量自体を減らす目的で300～360 nm紫外線の帯域に吸収をもつ紫外線吸収剤を使用することや、光によって生じたラジカルを触媒的に捕捉、安定化するHALS（Hindered Amine Light Stabilizer）の2種類が一般的である。

これら光安定剤について種々の検討を実施し、紫外線に対する有効な処方求めた。この開発した絶縁体樹脂の評価には岩崎電気製スーパーUVテスターを使用した。スーパーUVテスターは、サンシャインウエザオメーターやキセノンウエザオメーター等のその他の耐候性試験機と比較して紫外線領域に大きなエネルギーの発光分布を示す。よって紫外線による影響を評価するうえで好適であると考えた。

開発した絶縁体樹脂（耐紫外線性ポリエチレン）を使用してEM-EEF 2×1.6 mmを作成し、その白コアに対してスーパー

表2 スーパーUVテスター:暴露後の特性
Properties of wire insulation material after UV exposure
by super UV tester

試料	条件	T.S.		E.L.		外観 自己径巻付
		MPa	残率(%)	%	残率(%)	
UVガードF 2×1.6 mm 白コア	原品	17.0		598		
	100 hr	16.7	98.2	578	96.7	異常なし
	200 hr	16.4	96.5	553	92.5	異常なし
	300 hr	16.7	97.9	586	97.9	異常なし
一般PEコア 2×2 mm 白コア	原品	22.2		717		
	100 hr	9.6	43.3	87	12.1	異常なし
	200 hr	11.8	53.3	60	8.4	ひび,割れ
	300 hr	8.2	37.1	43	6.0	ひび,割れ
VVF 2×1.6 mm 白コア	原品	18.9		256		
	100 hr	—	—	—	—	—
	200 hr	—	—	—	—	—
	300 hr	14.3	75.8	182	71.1	異常なし

表3 技術資料第130号「照明器具用電線・ケーブルの紫外線劣化促進試験」概要
Technical Report No. 130 "Recommended practice for accelerated artificial ultraviolet ray exposure of electric wire and cable for lights"

オープン	JIS K 7212 B型
紫外線ランプ	高圧水銀ランプ JIS C 7604 H400(透明型)
光源からの距離	240 mm (製品の場合)
試験温度	75 (ポリエチレンの場合)
試験時間	1500時間
試験片回転速度	5~10回転/分
空気置換率	3回以上
暴露後評価項目	引張試験 外観試験(自己径巻付) 耐電圧試験
特性	外観試験: ひび, 割れ無いこと 引張試験: 平均伸び50%以上 耐電圧試験: 1500 V 1分に耐えること

UVテスターで300時間までの暴露試験を実施した。比較用に一般PEコア，VVFについても実施した。試験結果を表2に示す。

表2から分かるように，UVガードFは良好な耐紫外線性を有していることが確認された。

以上の結果から確認出来たように，新たに開発したシース及び絶縁体を使用することによってEM-EEF「UVガードF」は，目標のコンセプトを満たす製品として開発できた。

3. 電線工業会技術資料に基づく 紫外線劣化促進試験結果

平成13年10月に(社)日本電線工業会から技術資料第130号「照明器具用電線・ケーブルの紫外線劣化促進試験」が発行され，照明器具などへの配線に使用する電線・ケーブルを対象として，紫外線劣化促進試験方法及び基準が示された。また，

表4 試験結果
Test results of UV exposure in accordance to Technical Report No.130

	暴露時間 (h)	引張強度		伸び		外観	耐圧
		絶対値 (MPa)	残率 (%)	絶対値 (%)	残率 (%)		
UVガードF 白コア	0	12.0		570		異常なし	合格
	750	11.8	78	590	111	異常なし	合格
	1500	11.5	77	520	98	異常なし	合格
	3000	15.7	92	490	80	異常なし	合格
UVガードF 緑コア	0	12.9		595		異常なし	合格
	750	12.5	97	605	102	異常なし	合格
	1500	12.2	95	560	94	異常なし	合格
	3000	12.6	74	485	79	異常なし	合格
UVガードF 赤コア	0	13.7		645		異常なし	合格
	750	9.0	66	460	71	異常なし	合格
	1500	13.2	96	645	100	異常なし	合格
	3000	15.8	93	515	84	異常なし	合格
一般PE 白コア	0	13.2		417		異常なし	合格
	750	10.4	79	140	34	ひび,割れ	不合格
	1500	9.8	75	67	16	ひび,割れ	不合格
IV白	0	16.2		247		異常なし	合格
	750	16.0	99	150	61	異常なし	合格
	1500	16.7	103	77	31	異常なし	合格

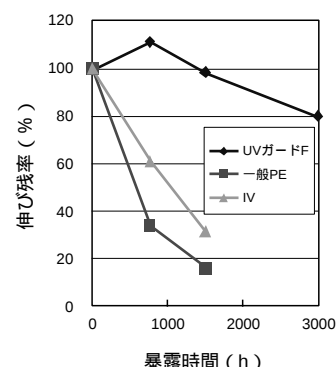


図10 技術資料に基づく試験結果(伸び残率)
Test results of UV exposure in accordance to Technical Report No.130 (represented by residual elongation)

この試験に合格したEM-EEFには「タイシガイセン」の名称が付与され，一般のEM-EEFのような黒色テープによる遮光処理が必要なく，従来のVVFと同様の端末処理が可能とされている⁵⁾。以下表3に技術資料130号の内容について示す。

そこで技術資料130号に基づく試験をUVガードFについて実施した。参考にIVについて75で試験を実施した。試験結果を表4及び図10に示す。

このように「UVガードF」は，技術資料第130号の試験に十分な裕度を持って合格することが確認された。また技術資料に規定された暴露時間の2倍時点でも良好な特性を維持していることが分かった。

4. おわりに

環境に優しいエコマテリアル電線・ケーブル「エコエース」製品の一環として、従来の低圧電源用平型電線VVFに相当する製品である低圧電源用平型エコ電線EM-EEF「UVガードF」を開発した。開発するに当たって使用用途を想定した開発コンセプトを決め、それを実現させた。その結果、

- 1) 従来のVVFに匹敵する柔軟性、耐外傷性、口剥き性を有する
- 2) 電線工業会技術資料130号に基づく紫外線劣化促進試験に十分な裕度をもって合格し、絶縁体上への特別な遮光処理が不要

といった取り扱い性に優れたEM-EEF「UVガードF」を開発でき、ユーザの好評を得ている。

参考文献

- 1) 鈴木智行，松本鉄男，白松英二，大屋紳午ら，古河電工時報，104(1999)8
- 2) (社)日本電線工業会技術部絶縁電線専門委員会 電気と工事，6月号(1996)70
- 3) 大澤善治郎：高分子の光劣化と安定化，シーエムシー，(1986)
- 4) 「蛍光灯の紫外線にご注意」リーフレット，電線工業会発行
- 5) 「タイシガイセンEM-EEF」リーフレット，電線工業会発行