

# 耐熱 (UL90 ) 薄肉発泡絶縁体

材料技術研究所 渡部 亮<sup>1</sup>・桑原 浩一<sup>1</sup>・渡邊 知久<sup>2</sup>・小林 一治<sup>3</sup>  
電子材料事業部 安部 知明<sup>4</sup>

## Heat-resistant (UL90 ) Thin Foamed Insulator for the Transmission Cable

R. Watanabe, K. Kuwahara, T. Watanabe, K. Kobayashi, and T. Abe

機器間で用いられる伝送ケーブルは、近年、高周波で優れた伝送特性が求められている。また、細径化や耐熱性向上も求められている。優れた伝送特性を得るためには絶縁特性が優れた絶縁体が必要となり、高周波で低誘電率かつ低誘電正接である材料が使用され、さらに絶縁材料は発泡化して用いられる。一方で、細径化には発泡絶縁体の薄肉化が必要であるが、薄肉化することで発泡絶縁体がつぶれやすくなる問題がある。そこで誘電特性に優れる材料で、耐つぶれ性にも優れ、UL758 AWM での 90 の耐熱性が満足できる細径発泡絶縁体を開発した。

A transmission cable is required for further improving transmission properties in the high-frequency region. Moreover, the cable needs to be more heat-resistant and thinner. To achieve good transmission properties, it is important to improve the performance of the insulator. Therefore, the materials with low dielectric constant and low dielectric loss tangent are used, and the insulator is foamed. However, to get a finer cable, a thinner foamed insulator is required. But the problem with the thinner foamed insulator is that it is easily crushed. Consequently, we have developed a heat-resistant (UL90 ), thin-foamed, crush-proof insulator using the new material having good dielectric properties.

### 1. ま え が き

近年、機器間で用いられる伝送ケーブルは、通信の高速大容量化にともない高周波での優れた伝送特性が求められている<sup>1)~4)</sup>。また細径化や耐熱性向上もあわせて求められている。

今回開発した細径発泡絶縁体は、図 1 に示したような信号線と電源線をもつ構造のケーブルで使用される。伝

送ケーブルで優れた伝送特性を得るためには、絶縁材料の誘電特性が重要である。そのため、高周波における誘電特性が良好な材料を用いて発泡化する手法が用いられる。一方で、細径化には発泡絶縁体の薄肉化が必要であるが、薄肉化することで発泡絶縁体がつぶれやすくなるという問題がある。

一般的に、誘電特性が優れるポリエチレン (PE) が絶縁材料として用いられるが<sup>2)~4)</sup>、発泡させた絶縁体がつぶれやすく、UL80 の耐熱性 (UL758 AWM での 80 の耐熱性) にしか対応できない問題がある。そこで、PE より誘電特性が優れる材料で、耐つぶれ性が優れ、より高い UL90 の耐熱性に対応できる細径発泡絶縁体を開発した。

### 2. 開 発 目 標

機器間で使用されるケーブルの導体サイズは AWG24 ~ 28 程度が多いことから、今回の細径化の目標サイズは AWG32 とし、本開発の目標性能を表 1 とした。

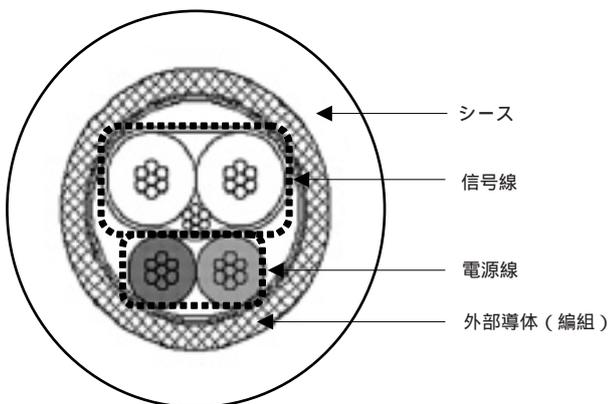


図 1 伝送ケーブルの一例  
Fig. 1. Example of the transmission cable.

### 3. 耐熱 (UL90 ) 細径発泡絶縁体の開発

#### 3.1 新規絶縁材料の開発および特性評価

今までの知見から、発泡絶縁体に使用する材料は優れ

1 化学材料開発部  
2 化学材料開発部グループ長  
3 化学材料開発部長  
4 電子材料技術部首席技術員

表 1 要求特性  
Table 1. Demand characteristics.

分類	項目	条件	合格基準	
材料	細径化		AWG32 (7/0.08 mm)	
	誘電特性	誘電率、誘電正接	5.7 GHz	
	発泡状態	平均セル径	PE品以下	
	耐つぶれ性	変形率	25, 500 g ( 3 )	PE品以下
		変形率	121, 250 g ( 3 )	50 %未満 ( 1 )
	絶縁体	耐熱性	熱老化	97.3, 150 day
長期信頼性		ヒートショック	121, 1 h	
		コールドベンド	-10, 4 h	

- 1: UL90 耐熱性の規格
- 2: 外径の 2 倍径のマンドレルに巻きつけた状態での試験
- 3: 荷重部は 5 mm の円柱

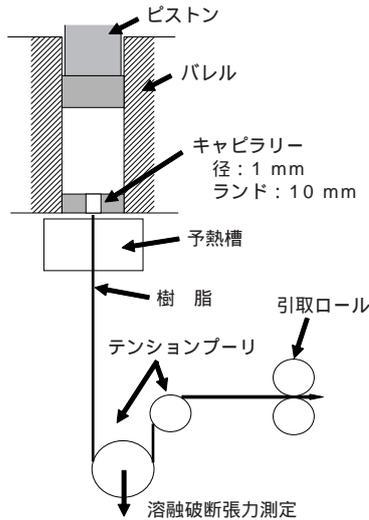


図 2 溶融破断張力測定概念図

Fig. 2. Basic concept of a molten breaking strength.

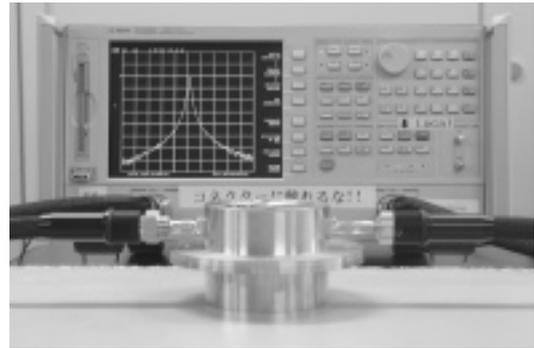


図 3 空洞共振厳密測定法装置

Fig. 3. System for the precise measurement of the dielectric properties using cavity resonator.

表 2 誘電特性および溶融破断張力測定結果

Table 2. Results of the dielectric properties and the molten breaking strength.

材料種類				PE系材料	開発材料
誘電特性	誘電正接 ( $\times 10^{-4}$ )	5.7 GHz	-	3.0	2.0
	誘電率	5.7 GHz	-	2.36	2.27
溶融特性	溶融破断張力	200	mN	20	35
	溶融破断延伸性	200	m/min	110	110

た溶融破断張力と誘電特性をあわせもつことが必要であることがわかっている<sup>3), 4)</sup>。溶融破断張力はキャピラリーレオメータで評価した。概念図を図 2 に示す。また、発泡させた材料を再加工した平板を用いて、空洞共振厳密測定法<sup>5)</sup>で高周波の誘電特性を評価した。測定装置を図 3 に示す。

このように材料を選定し、優れた溶融破断張力および誘電特性、耐熱性・耐つぶれ性を有する新規材料を開発した。開発材料の特性を表 2 に示した。

### 3.2 発泡絶縁体作製

単軸押出機にて、AWG32 の導体上に選定した材料を押し出被覆し、表 3 に示した発泡絶縁体を作製した。比較のため、PE 材料を用いた絶縁体も同様に作製した。

### 3.3 発泡状態評価

得られた発泡絶縁体の断面写真を図 4 に示す。発泡状態を評価するため、発泡セル径について解析した。図 5 に示すように、開発品は PE 品よりも平均セル径が小さく、かつ、発泡セル径の分布が狭くて均一性が高いことがわかる。このように、溶融破断張力が優れる材料を新たに選定したことで、微細かつ均一な発泡セルを有する発泡絶縁体を得ることができた。

加えて、本開発で得られたレベルの微細な発泡セルであれば、さらに発泡度を増加することも可能であると推察される。また、さらなる薄肉化にも対応できると考えられる。

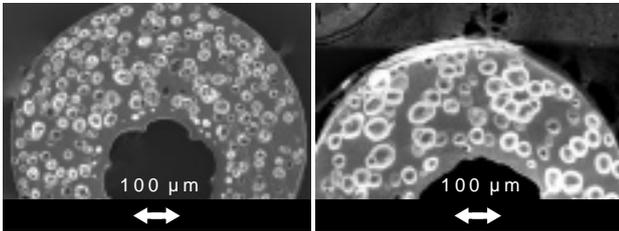
### 3.4 耐つぶれ性および耐熱性評価

次に、発泡絶縁体の耐熱性・耐つぶれ性を評価した。今回は、従来の加熱変形試験機より高精度で変形量を評価できる Thermo-mechanical analyzer (TMA) で試

表3 絶縁体設計

Table 3. Specification of the foamed insulator.

導 体	AWG32 (7/0.08 mm)
絶縁外径	0.59 mm
発泡度	30 %



開発品 PE品

図4 発泡体断面写真(200倍)

Fig. 4. The section of the foamed insulator.

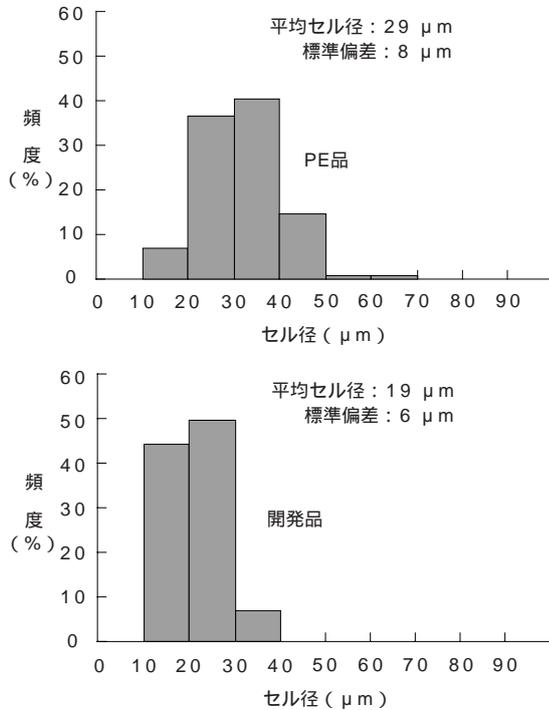


図5 発泡セルの解析

Fig. 5. Analysis of the foamed cell.

験した。装置を図6に示す。発泡絶縁体の耐つぶれ性は、25 における変形量で比較評価した。また、UL90 の耐熱性は、要求される加熱変形試験温度である121 における変形量で評価した。その結果、図7のように、開発品はPE品と比べて耐つぶれ性が優れていることがわかった。また開発品は、PE品では満足できない耐熱性の目標値を十分に満足することが確認できた。

3.5 そのほかの主要要求特性 (UL758 AWM)

発泡絶縁体の評価試験としては、前記の加熱変形試験のほかに、長期信頼性試験やヒートショック試験、コールドバンド試験などがある。これらの評価結果を表4に

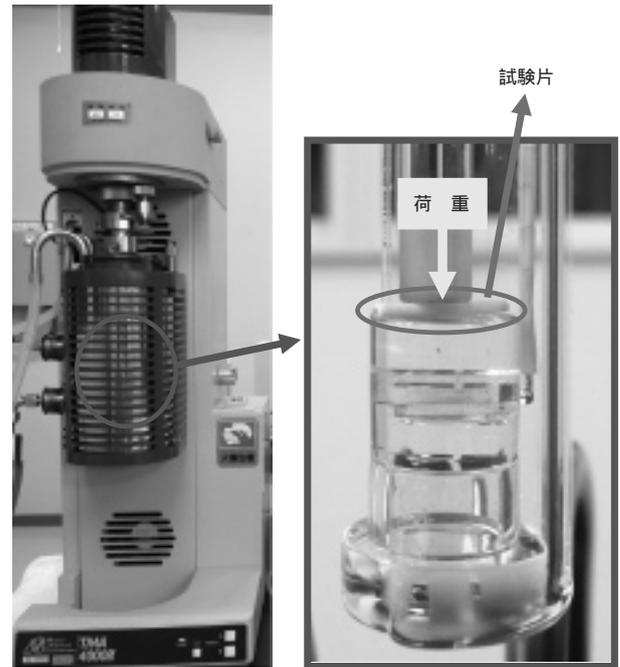


図6 Thermo-mechanical analyzer (TMA) 外観  
Fig. 6. Measurement system of thermo-mechanical analyzer (TMA)

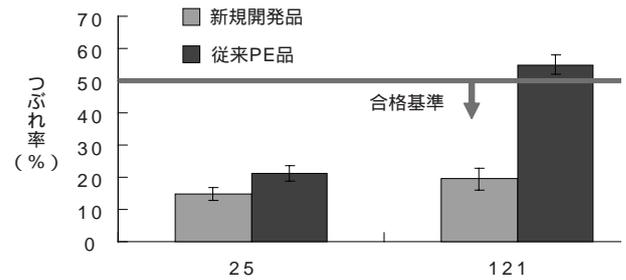


図7 耐つぶれ性および耐熱性評価  
Fig. 7. Results of the crush-proof and heat-resistant properties.

示す。開発品はすべての要求項目を満足することが確認できた。

4.むすび

PEと比べて、耐つぶれ性および耐熱性が優れ、誘電特性も良好な新規材料を開発した。また、PE発泡絶縁体よりも微細で均一な発泡セル構造を有し、UL90 の耐熱性に対応したAWG32の発泡絶縁体を得ることができた。今後、ツインナックス構造<sup>6)</sup>で伝送ケーブルを作製し、評価する。また、高発泡度化による伝送特性の向上およびさらに薄肉化した発泡絶縁体を開発する。

表 4 UL90 耐熱性試験結果

Table 4. Results of demand characteristic for the heat-resistant (UL90)

項目	条件	合格基準	PE品	開発品
熱老化	97.3 , 150 day	クラックなきこと ( 1 )	OK	OK
ヒートショック	121 , 1 h	クラックなきこと ( 1 )	OK	OK
コールドベンド	-10 , 4 h	クラックなきこと ( 1 )	OK	OK

1 : 外径の 2 倍径のマンドレルに巻きつけた状態での試験

## 参 考 文 献

- 1) 安部ほか : 「インフィニバンドケーブル」, フジクラ技報, 第 104 号, pp.25-27, 2003
- 2) 渡邊ほか : 「難燃ポリエチレンの誘電特性」, フジクラ技報, 第 109 号, pp.51-54, 2005
- 3) 渡部ほか : 「同軸ケーブル用超高発泡度絶縁体」, フジクラ技報, 第 110 号, pp.42-45, 2006
- 4) R. Watanabe, et al. : “ Low-loss Coaxial Cable with Highly Foamed Insulator ”, Fujikura Technical Review, No.37, pp.43-48, 2008
- 5) JIS R 1641 : 「ファインセラミックス基板のマイクロ波誘電特性の測定方法」, 2007
- 6) 安部ほか : 「高速伝送ケーブル」, フジクラ技報, 第 102 号, pp.38-41, 2002