

耐熱性にすぐれたPEEK電線

産業電線事業部 古郡 永喜*1・村山 元久*2・中澤 明*3・長谷川 正毅*4
材料技術研究所 石田 克義*5・吉野 明*6

The PEEK Insulated Electric Wire Which has Excellent Heat-resistant Characteristics

H. Furukohri, M. Murayama, T. Nakazawa, M. Hasegawa
K. Ishida & A. Yoshino

当社では、電線やケーブルへの適用を目的として、様々な熱可塑性エンジニアリングプラスチックの基礎的な調査・研究を行ってきた。そのなかでもPEEK（ポリエーテルエーテルケトン）は、耐熱性、電気的特性および機械的特性にすぐれており、特殊仕様ケーブルの絶縁材料として製造を行っている。また、PEEKの優れた特性を引き出すために、ある一定の結晶化度で製造する方法をすでに確立している。

近年、PEEKを高温下（約300℃）で配線される電線などの絶縁材料として使用する要求があり、高温下での性能評価を実施した。本報ではPEEK電線のすぐれた特性を報告する。

We have been continuously carrying out the foundation research and investigation of various engineering plastics for the application of the electrical wires and cables. Among the various engineering plastics, as for a PEEK material, it is well known as its excellent heat-resistant, electrical and mechanical properties, therefore it has been applied as the insulation material of for the special type of cables.

Previously we have established the special process technique to obtain its performance to the full by the method of controlling the crystallization. On the other hand, recently, the demand of its application as the insulation material, especially very high temperature rating (around 300℃), increased and examination on the performance in high temperature was carried out.

In this report, the characteristics and the performance of a peek insulated electric wire is presented.

1. ま え が き

当社では、様々な熱可塑性エンジニアリングプラスチックの基礎調査を行い、電線やケーブルへの適用の可能性について検討を行ってきた。

その中でも、耐熱性、電気的特性、機械的特性等に優れたポリエーテルエーテルケトン（以下、PEEKという）については、その優れた特性を引き出すため、ある一定の結晶化度で製造する方法を確立した¹⁾

これまでPEEKは、小型軽量化を目的としたケーブルやノンハロゲン、耐熱性などの要求があるケーブルの絶縁体として使用してきた。

近年、PEEKについて、特に耐熱性に優れているという

点から、高温下（200～300℃）で使用する特殊部品および機器等に使用する電気配線の絶縁材料としての用途がでてきた。新しい用途への適用検討の結果、高温下での優れた特性が確認された。

本報では、その検討結果をまとめ、PEEK電線の優れた特性について報告する。

2. PEEK電線の特長

PEEKは、図1に示されるように、オキシ 1,4 フェニレン オキシ フェニレン カーボニル 1,4 フェ

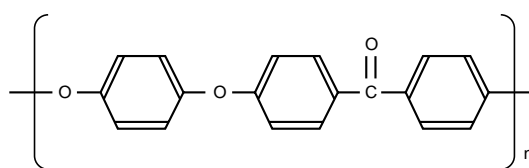


図1 PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）の構造
The chemical construction of "PEEK"

*1 技術部
*2 技術部グループ長
*3 沼津製造部課長
*4 沼津製造部長
*5 化学材料開発部
*6 化学材料開発部長

表1 PEEK電線の一般特性³⁾
The characteristics of "PEEK"

項目	単位	特性値	
比重	$g \cdot cm^{-3}$	1.32	
引張り強さ	MPa	100	
伸び	%	100	
比熱	cal/g	0.32	
融点		340	
連続使用可能温度		260	
熱変形温度		152	
線膨張係数	$10^{-5} /$	4.7	
分解温度		503	
耐電圧	kV/mm	105	
体積固有抵抗	$\times 10^{16} \cdot cm$	4.9	
誘電率	(at 60Hz)	3.2	
表面抵抗	$\times 10^{16}$	2	
酸素指数	-	38	
発煙性 (NBS)	Non-flaming	-	6
	Flaming	-	15
燃焼性	-	不燃	
燃焼時のハロゲンガスの発生	-	なし	

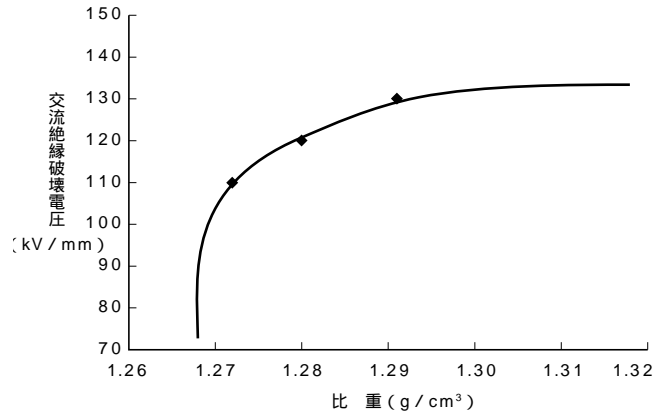


図3 比重と交流絶縁破壊電圧の関係
The correlation between density and AC breakdown voltage

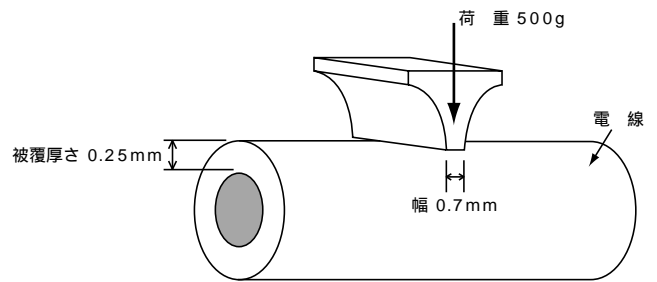


図4 加熱変形試験
The test apparatus for the hot pressure test

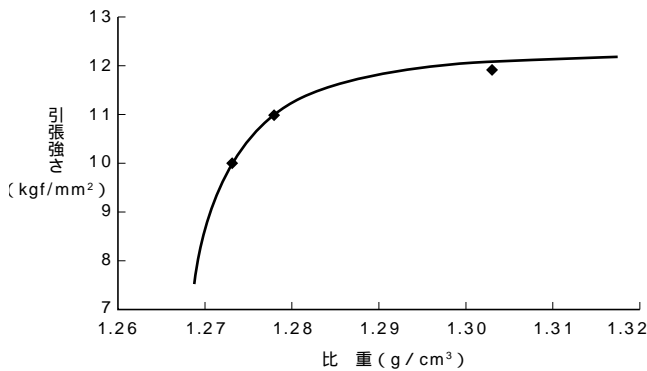


図2 比重と引張強さの関係
The correlation between density and tensile strength

ニレンの構成単位からなる結晶性線状芳香族ポリマである。

PEEKは、耐熱性、電気的特性、機械的特性、難燃性および耐薬品性にすぐれており、電線やケーブルの被覆材料として使用するには、特性面で非常にバランスのとれた材料である。表1に一般的特性を示す。

2.1 結晶化度¹⁾

PEEKの比重と結晶化度は一義的に対応しており、比重を管理することによって、結晶化度が特定される。

図2および図3に比重と機械的特性、電気的特性の関係を示す。

2.2 耐熱性

PEEKは、融点が340、分解温度が約500という非常に優れた耐熱性を有しており、連続使用可能温度は260 (UL 746Bによる) である。

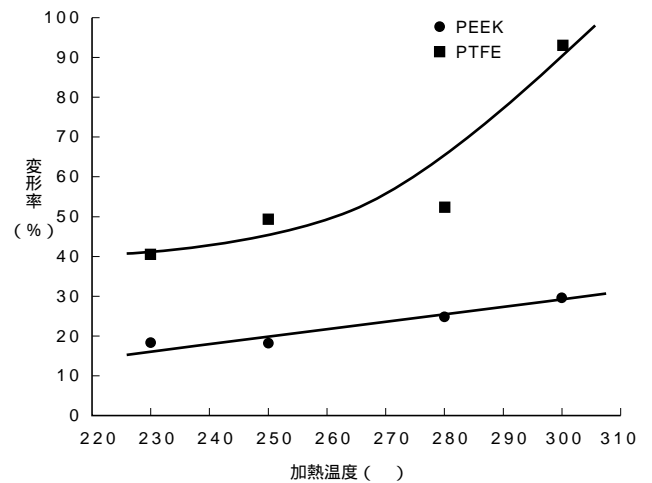


図5 加熱変形試験結果
The result of the hot pressure test

2.3 加熱変形性

素線径0.16mm, 19本よりのニッケルめっき軟銅より線の上にPEEKまたはPTFE (四フッ化エチレン樹脂)を厚さ約0.25mm被覆した電線にて、加熱変形を測定した。

測定方法は、図4に示すように、電線の長さ方向に対して垂直に幅0.7mm, 荷重500gの圧力をかけ、ある一定温度の恒温槽に4時間入れた後、圧力を受けた点での被覆厚さを測定し変形率を求めた。温度は230, 250, 280および

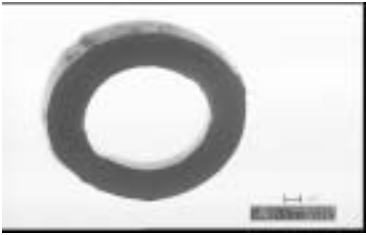
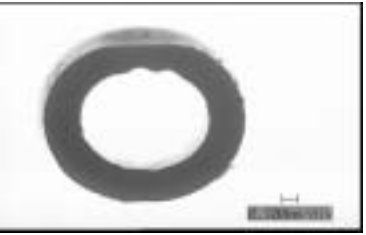
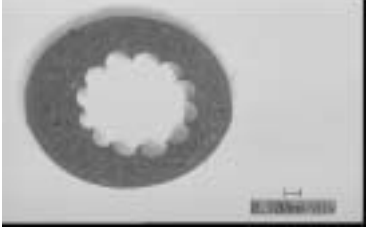
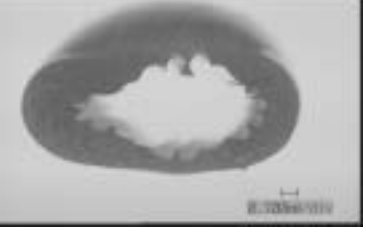

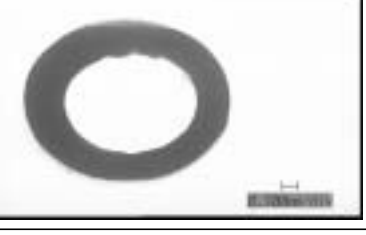

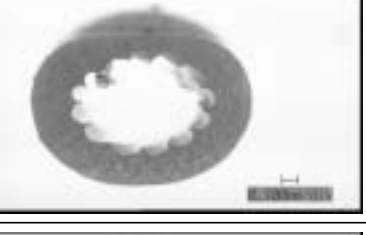



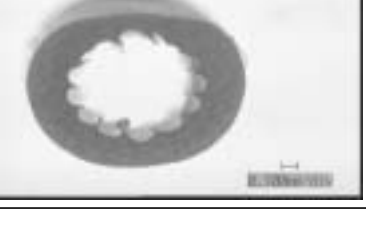
加熱温度 ()	被覆材料	試験前	試験後 (4時間 加熱後)
300	PEEK		
	PTFE		
280	PEEK		
	PTFE		
250	PEEK		
	PTFE		

図 6 加熱変形試験の結果 (試料の状態)

The result of the hot pressure test (Picture of the sample)

300 にて測定を行った。その結果を図5および図6に示す。

PEEKおよびPTFEは、ともに連続使用温度260 とされているが、実測変形率はPEEKがPTFEの1/3以下と優れていることが確認された。

2.4 電気的特性²⁾

軟銅線上にPEEKまたはPE (ポリエチレン) を押出被覆し、交流短時間破壊電圧を測定した。その結果を図7に

示す。破壊電圧値は、いずれの材料も絶縁体の厚さの増加にともない増大する。一定の厚さでの破壊電圧値は、PEよりPEEKのほうが大きい値を示している。

また、図8に絶縁抵抗の温度特性を示す。PEEKおよびPEとも温度が高くなるにつれて絶縁抵抗値が低下する傾向にあるが、絶縁材料としては高温においても、すぐれた絶縁性能を有している。

2.5 機械的特性²⁾

PEEKの常温における伸びの値は100%，引張強さは100MPaである。

また，250℃における引張強さは，10～15MPaであり，十分な機械特性を有している。

2.6 耐薬品性

PEEKは，非常に優れた耐薬品性を有する材料で，溶解する唯一の汎用化学薬品は濃硫酸である。

電線を試作し，各薬品に長期浸漬した結果を表2に示す。一般的に耐薬品性に優れているPEと比較しても同等以上の耐薬品性を示している。

2.7 難燃性

PEEK，PEおよび軟質PVC材料，それぞれの酸素指数OI (JIS K 7201) および発煙量Ds (ASTM E662) を測定した。その結果を図9に示す。

PEEKの酸素指数値は38で高い難燃性を有しており，また，発煙量はかなり低いレベルである。さらに，PEEKはPVCやフッ素系樹脂のようにハロゲン含有しないため，ハロゲン化水素ガスなどの有害ガスの発生はなく，安全性，環境面にすぐれている。

3. PEEK電線の仕様

当社のPEEK電線の標準的な仕様を表3に示す。導体はニッケルめっき軟銅より線またはスズめっき軟銅より線で，絶縁体の色は，PEEKの原色，赤，黒，緑の4色を標準色としている。

絶縁体の厚さは，0.25～0.3mmを公称厚さとしているが，PEEKは電気的特性および機械的特性にすぐれているた

表2 耐薬品性試験結果

The result of chemical resistance test

項目	PE	PEEK
ASTM No.2油	外 観	変化なし
	日 数	30日
	重量変化率	1.90%
ディーゼル油	外 観	やや膨潤
	日 数	30日
	重量変化率	4.67%
モータ油	外 観	変化なし
	日 数	30日
	重量変化率	2.07%
シリコン油	外 観	変化なし
	日 数	30日
	重量変化率	1.21%
アセトン	外 観	変化なし
	日 数	30日
	重量変化率	1.53%
エタノール	外 観	変化なし
	日 数	30日
	重量変化率	1.33%
トリクロロエタン	外 観	膨 潤
	日 数	6 時間後
	重量変化率	6.35%
トルエン	外 観	膨 潤
	日 数	6 時間後
	重量変化率	6.32%
水道水	外 観	変化なし
	日 数	30日
	重量変化率	1.29%
HCl (10%)	外 観	変化なし
	日 数	30日
	重量変化率	1.03%
NaOH (10%)	外 観	導体腐食
	日 数	4日後
	重量変化率	1.02%
塩水 (3.5%)	外 観	導体腐食
	日 数	4日後
	重量変化率	0%

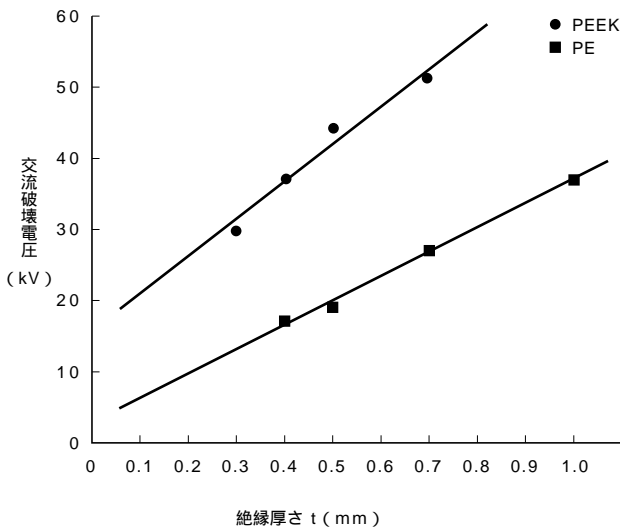


図7 交流破壊試験結果
The result of the breakdown voltage test

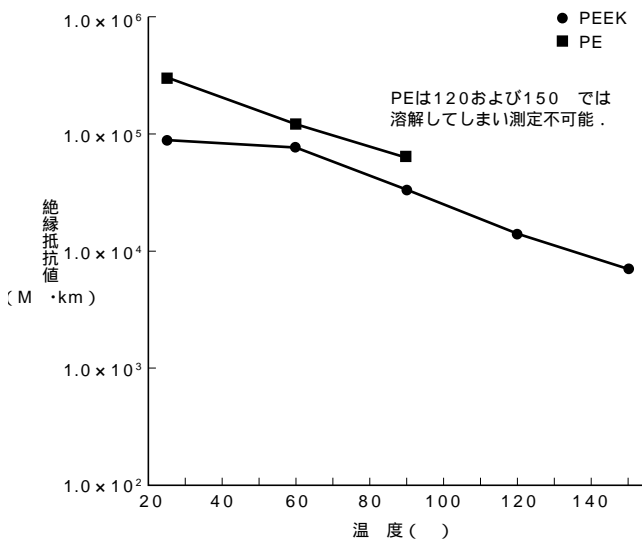


図8 高温絶縁抵抗測定結果
The result of the high temperature insulation resistance test

表3 PEEK電線の標準仕様
The construction of PEEK insulated electric wire

導 体			絶縁体厚さ (mm)	仕上外径 (約mm)	スパークテスト V/0.15秒	最小絶縁抵抗 (M・km, 20)
公称断面積 (mm ²)	構 成 (本/mm)	外 径 (mm)				
0.3	12/0.18	0.7	0.3	1.4	2,000以上	2,500
0.5	19/0.18	0.9	0.3	1.6		2,500
0.75	30/0.18	1.1	0.3	1.8		2,500
1.25	50/0.18	1.5	0.3	2.2		2,000
2	37/0.26	1.8	0.3	2.6		2,000

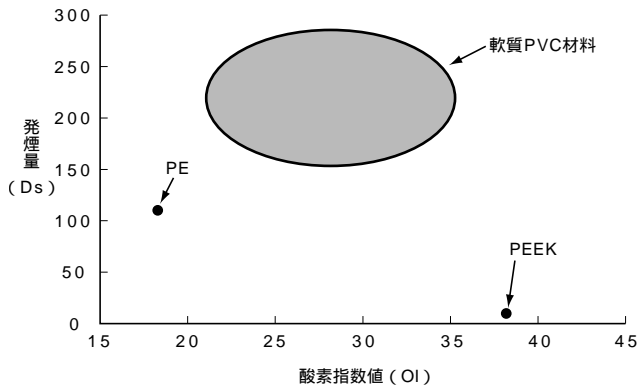


図9 各材料の酸素指数値と発煙量
Oxygen index and smoke density

め、さらなる薄肉化も可能である。さらに様々な用途に使用できるように、PEEKとその他の優れた特性を有して

いる材料を組合せた(多層化)電線の製造も可能である。

4.むすび

PEEKを絶縁体とした電線は、耐熱性・電気的特性・機械的特性・耐薬品性・難燃性にすぐれていることが確認された。今後、特殊な環境(高温、薬品の影響など)で使用される電線として使用が拡大していくものと期待される。

参 考 文 献

- 1) 特許公報 第2637574号
- 2) 長谷川ほか：耐熱ポリマー絶縁電線の検討, 平成元年電気学会絶縁材料研究会, EIM - 89 - 38
- 3) PROPERTIES GUIDE, ビクトレックス・エムシー社, 2002年