

市内PECケーブルの諸特性

Characteristics of Local PEC Cable

市内PECケーブルは、スタルペスケーブルに代わる日本電信電話公社の市内線路網のき線ケーブルである。本ケーブルは、将来増大が予想されるデータ伝送、ファクシミリ伝送などの非電話系サービスに対応できる性能を要求され、製品化されたものである。

漏話特性の向上を図るため、紙絶縁からPEFカラーコード方式が採用され、最大対数も3,000対と多対化を実現した。

本稿では、市内PECケーブルの概要、PEFカラーコードガス発泡押出技術の検討結果、更に日本電信電話公社の商用試験用として納入されたケーブルの電気特性、及び機械特性について報告する。

齊藤健一* Ken'ichi Saitô
成田芳大* Yoshihiro Narita
安永三郎* Saburô Yasunaga
小野知厚* Tomoatsu Ono

1 緒 言

日本電信電話公社では、紙絶縁のスタルペスケーブルに代え、市内PEC(カラーコード発泡ポリエチレン絶縁)ケーブルを本仕様化導入した。

市内PECケーブルは、将来、需要増大が予想されるデータ伝送、ファクシミリ伝送などの非電話系サービスにも対応できるように、特に漏話特性の向上に主眼をおき検討されたものである。

絶縁方法としては、PEF(発泡ポリエチレン絶縁)カラーコード方式となり、漏話特性を大幅に改善するとともに、建設・保守性を向上させた。また、絶縁体の薄肉高発泡化により、最大3,000対と多対化を実現し、管路の使用効率を格段に向上させた^{1),2)}。

日立電線株式会社では、昭和55年上期の日本電信電話公社での商用試験に参画し、延900km/50対のケーブルを納入した。

本稿では、市内PECケーブルの概要を示すとともに、PEFカラーコードガス発泡押出しの検討結果、更に、商用試験時に製造したケーブルの電気特性、機械特性について述べる。

2 市内PECケーブルの概要

2.1 PEFカラーコード絶縁

表1に絶縁体厚さ及び発泡度を示す。絶縁体の色別は表2に示すカッド色別のとおり、市内CCP(カラーコードポリエチレン絶縁)ケーブルと同様8色を用いたカラーコード方式が採用され、いずれの色も30NBS*¹⁾以上の色差をもち、マンホール内のような低照度下でも、容易に判別できる。

2.2 ケーブル心構成

図1にケーブル心構成の概念図を示す。同図に示すとおり、10対サブユニットは着色粗巻きテープにより全ユニットが色別され、また100対(50対)ユニットは、青及び白の2色の着色粗巻きテープのトレーサ方式が採用されている。表2にカラーコード方式を、表3にユニット構成を示す。

表1 PEF絶縁体及び最大対数 市内PECケーブルは、薄肉高発泡PEF絶縁となり、最大対数も0.4mm-3,000対と多対化された。

導体径 (mm)	PEF絶縁体		最 大 対 数	
	厚 さ (mm)	発泡度 (%)	市内PECケーブル (対)	スタルペスケーブル (対)
0.4	0.09	約25	3,000	2,400
0.5	0.11	約25	2,000	1,800
0.65	0.13	約30	1,200	1,000
0.9	0.18	約30	600	400

注：略語説明
PEF(発泡ポリエチレン絶縁)
PEC(カラーコード発泡ポリエチレン絶縁)

2.3 外 被

外被は中継PEF-LAP(発泡ポリエチレン-ラミネートシース)ケーブルと同様、ラミネートシースが採用されている。ラミネートシースは、中継PEF-LAPケーブル導入の際にも十分検討されており、機械的強度に優れた外被構造である。

2.4 最大対数

表1に市内PECケーブルとスタルペスケーブルの最大対数を示したが、絶縁体の薄肉高発泡化により、各導体径共に、収容対数は大幅に増えている。図2に0.4mm-3,000対市内PECケーブルの外観を示す。

3 PEFカラーコードガス発泡押出し

3.1 押出し条件の検討

表4に市内PECケーブルと中継PEF-LAPケーブルの絶縁体厚さ、発泡度を示す。市内PECケーブルのPEF絶縁体厚さは0.09~0.18mmと薄肉で、ケーブルの電気特性上発泡度も25~30%と中継PEF-LAPケーブルに比べ、より高い値となっている。このようなことから、ケーブル製造工程や接続作業での耐摩耗性を考慮して、機械強度に優れた高密度PE(ポリエチレン)を採用した。

※1) National Bureau of Standards Unit(NBS単位)：アメリカ国家標準局が制定したもので、NBS単位=12以上であれば、2色間の色差感覚が非常にある、とされている。

* 日立電線株式会社日高工場

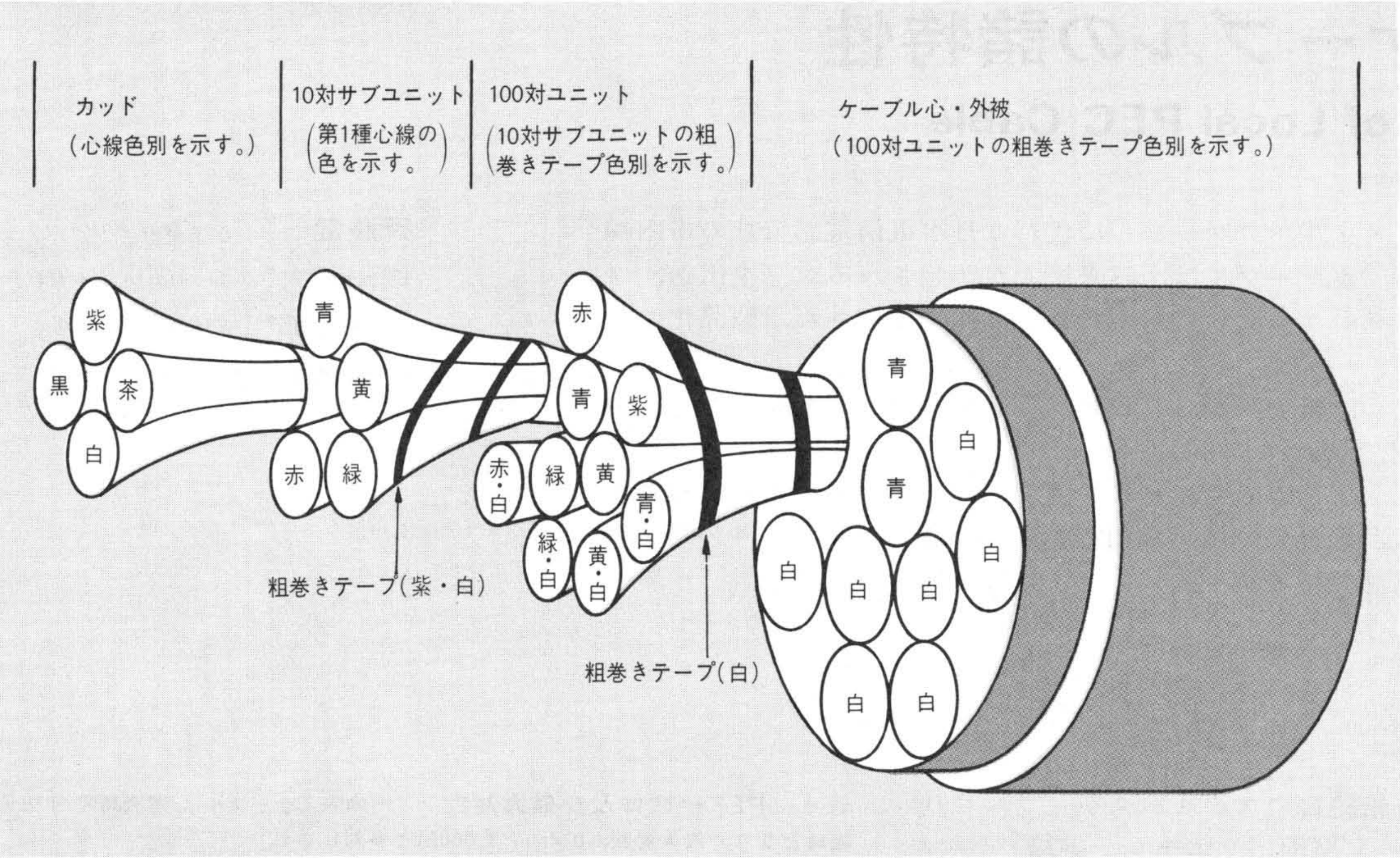


図1 市内PECケーブルケーブル心構成概念図(1,000対の例) ケーブル心は、絶縁体、粗巻きテープにより色別され、ケーブルの接続作業性を高めている。

表2 市内PECケーブルのカラーコード方式 100対(50対)ユニット内は、市内CCPケーブルと同様フルカラーコード方式、ユニット間はトレーサ方式となっている。

カッド色別					10対サブユニット粗巻き色別				ユニット粗巻き色別	
カ ッ ド 番 号	第 1 種 心 線	第 2 種 心 線	第 3 種 心 線	第 4 種 心 線	50対ユニット内		100対ユニット内		ユ ニ ッ ト 番 号	色 別
					サブ ユニ ット 番号	色 別	サブ ユニ ット 番号	色 別		
1	青	白	茶	黒	1	青	1	青	1	白
2	黄	白	茶	黒	2	黄	2	黄		
3	緑	白	茶	黒	3	緑	3	緑		
4	赤	白	茶	黒	4	赤	4	赤		
5	紫	白	茶	黒	5	紫	5	紫	2	青
							6	青-白		
							7	黄-白		
							8	緑-白		
							9	赤-白		
							10	紫-白		

表3 市内PECケーブルのユニット構成 600対ケーブルまでは50対ユニット、800対ケーブル以上は100対ユニットで構成される。

ケーブル 対 数	各層のユニット			合 計		備 考
	中心層	第1層	第2層	50対ユニット	100対ユニット	
200	4	—	—	4	—	50対ユニット
400	1	7	—	8	—	
600	3	9	—	12	—	
800	1	7	—	—	8	
1,000	3	7	—	—	10	100対ユニット
1,200	3	9	—	—	12	
1,400	4	10	—	—	14	
1,600	1	5	10	—	16	
1,800	1	6	11	—	18	
2,000	1	7	12	—	20	
2,200	3	7	12	—	22	
2,400	4	8	12	—	24	
2,600	3	9	14	—	26	
2,800	3	9	16	—	28	
3,000	4	10	16	—	30	

一方、中継PEF-LAPケーブルの実用化の際、日立電線株式会社が独自で開発したTSP(Two Stage Processing)方式^{※2)}ガス発泡押出技術に改良を加え³⁾、安定した薄肉高発泡の押出技術を確立した。特に、絶縁体は8色のカラーコード方式が採用され、各色ごとに色相、明度及び彩度の規格値があるため、着色性と発泡性に種々の問題はあったが、特殊なスクリー、クロスヘッドなどの開発により、均一に分散した微細気泡の絶縁体を製造することができた。

※2) TSP方式とは、高压ガスの加圧溶解を容易にするため、ポリエチレンペレットを溶融する工程と注入ガスを均一に溶解する工程が、タンデム化された方式を言う。

3.2 絶縁体構造

高速度押出ラインで押し出しされた絶縁体は、発泡度、外径の変動が少なく、表面状態も良好である。図3に、0.4mm PEF絶縁体断面を示す。気泡の大きさは、平均10μmの独立気泡である。

4 電気特性

4.1 一般特性

表5に市内PECケーブルの一般的特性を示す。
本ケーブルは、静電結合値を除きスタルペスケーブルと同等の特性である。静電結合値は、スタルペスケーブルの約1/3の特性となっており、絶縁体のPEF化による改善効果が現われている。

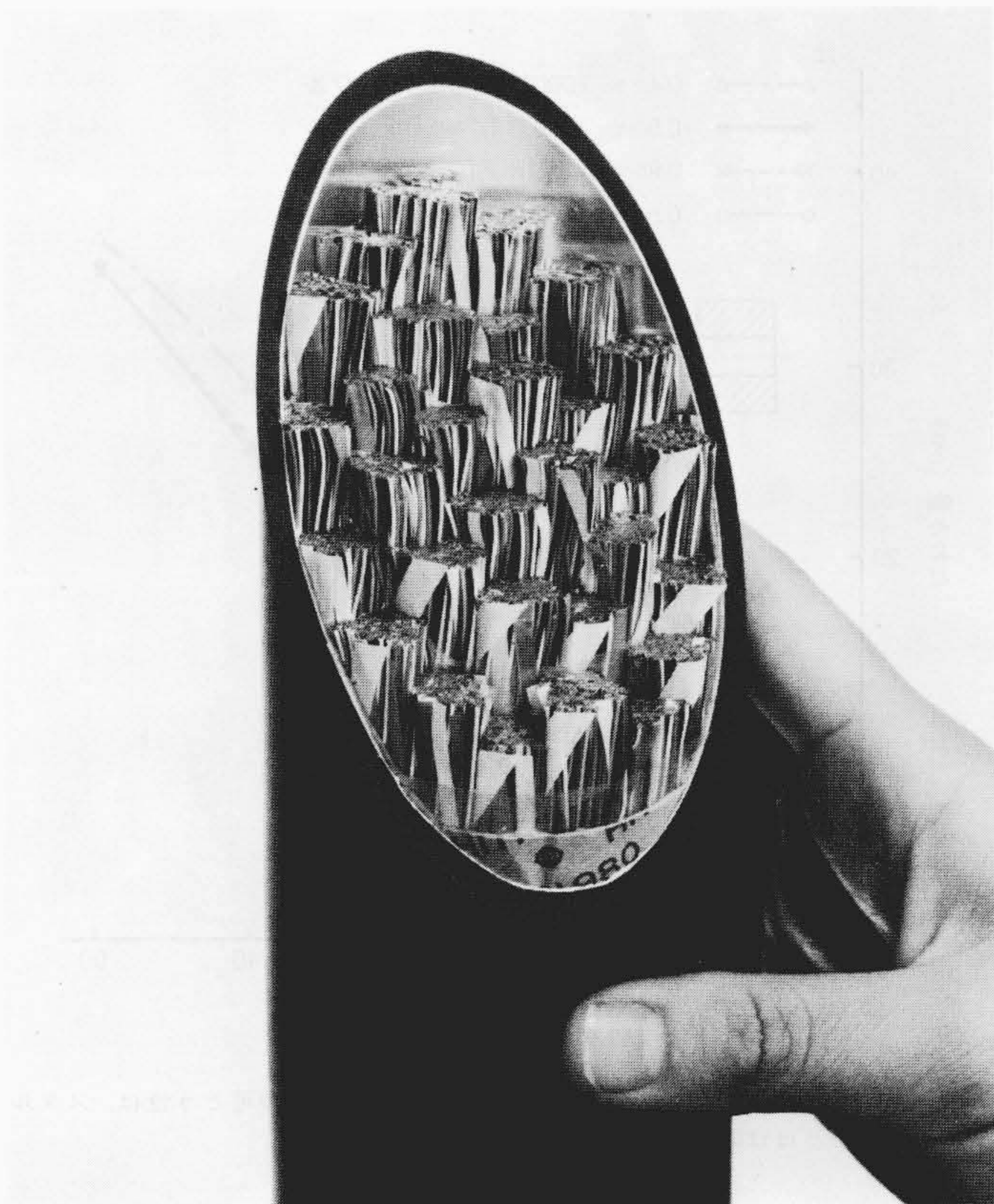


図2 0.4mm-3,000対市内PECケーブルの外観 市内PECケーブルは、最大3,000対とスタルペスケーブルの最大2,400対に比べて大幅に収容対数が増え、管路使用効率を高めた。

表4 市内PECケーブルと中継PEF-LAPケーブルの絶縁体構造 市内PECケーブルは、中継PEF-LAPケーブルに比べて薄肉高発泡となっている。

導 体 径 (mm)	市内PECケーブル		中継PEF-LAPケーブル	
	絶縁体厚さ(mm)	発泡度(%)	絶縁体厚さ(mm)	発泡度(%)
0.4	0.09	約25	0.10	約20
0.5	0.11	約25	0.12	約20
0.65	0.13	約30	0.15	約20
0.9	0.18	約30	0.21	約20

表5 市内PECケーブルの一般的電気特性 市内PECケーブルの導体抵抗、静電容量は、スタルペスケーブルと同等であるが、静電結合ではスタルペスケーブルの約1/3と良好な特性を示した。

項 目	導体径 (mm)	規 格	測 定 値		備 考
			平均	最大	
導体抵抗 (Ω/km) at 20℃	0.4	147.5以下	135.0	136.5	直流での値
	0.5	93.5以下	86.6	87.6	
	0.65	56.5以下	51.8	52.0	
	0.9	29.0以下	27.3	27.7	
静電容量 (nF/km)	0.4	50±5	48.5	50.7	1 kHzでの値
	0.5		48.8	51.0	
	0.65		49.9	50.9	
	0.9		49.8	51.1	
静電結合 (pF/500m)	0.4	平均：150以下 最大：800以下	30.7	239	1. 1 kHzでの値 2. 日立電線株式会社の スタルペスケーブルの 平均値：93pF/500m
	0.5		30.0	283	
	0.65		31.0	231	
	0.9		33.6	298	

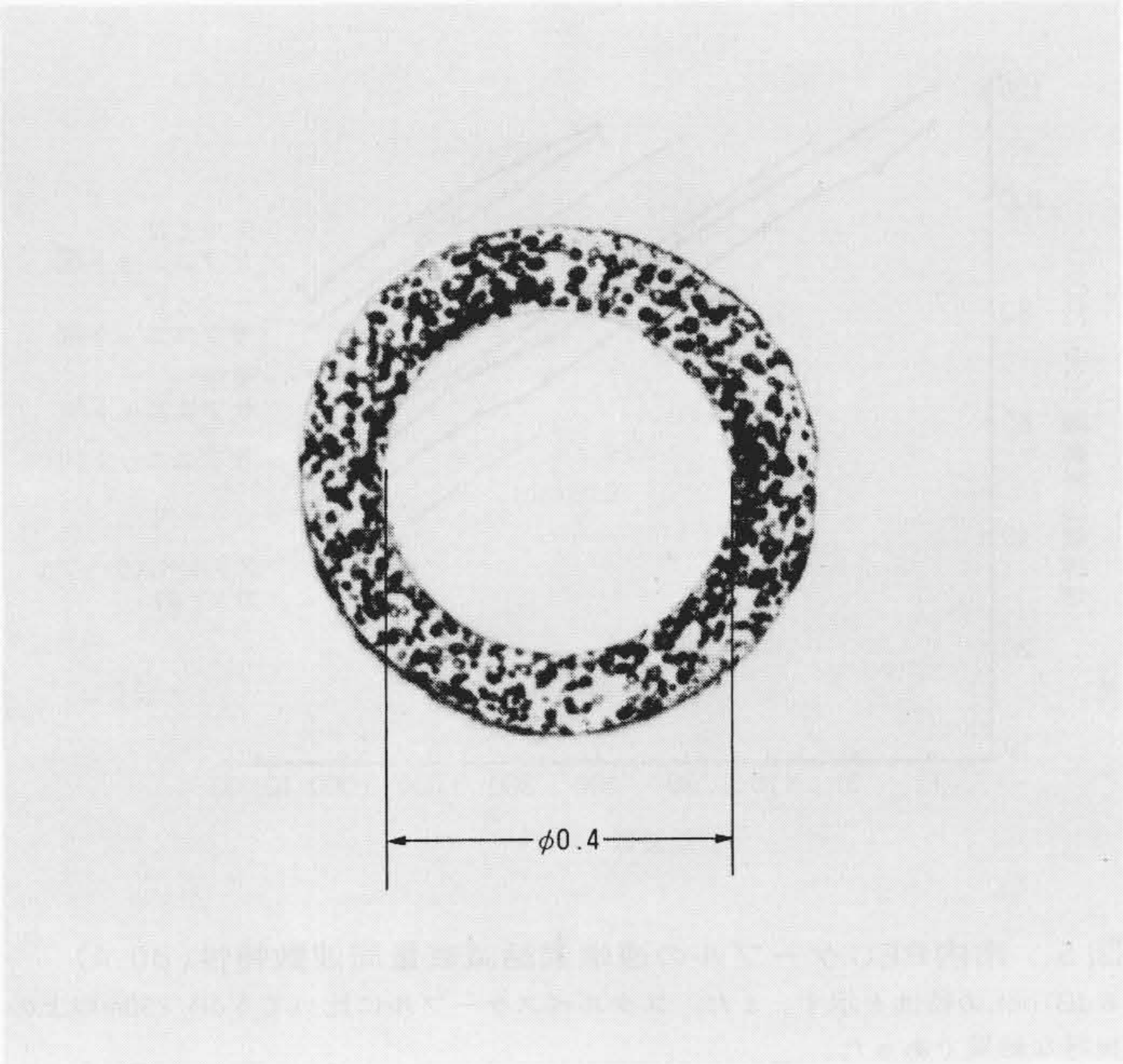


図3 PEF絶縁体断面(φ0.4) 平均10μmの独立微細気泡である(発泡度約25%)。

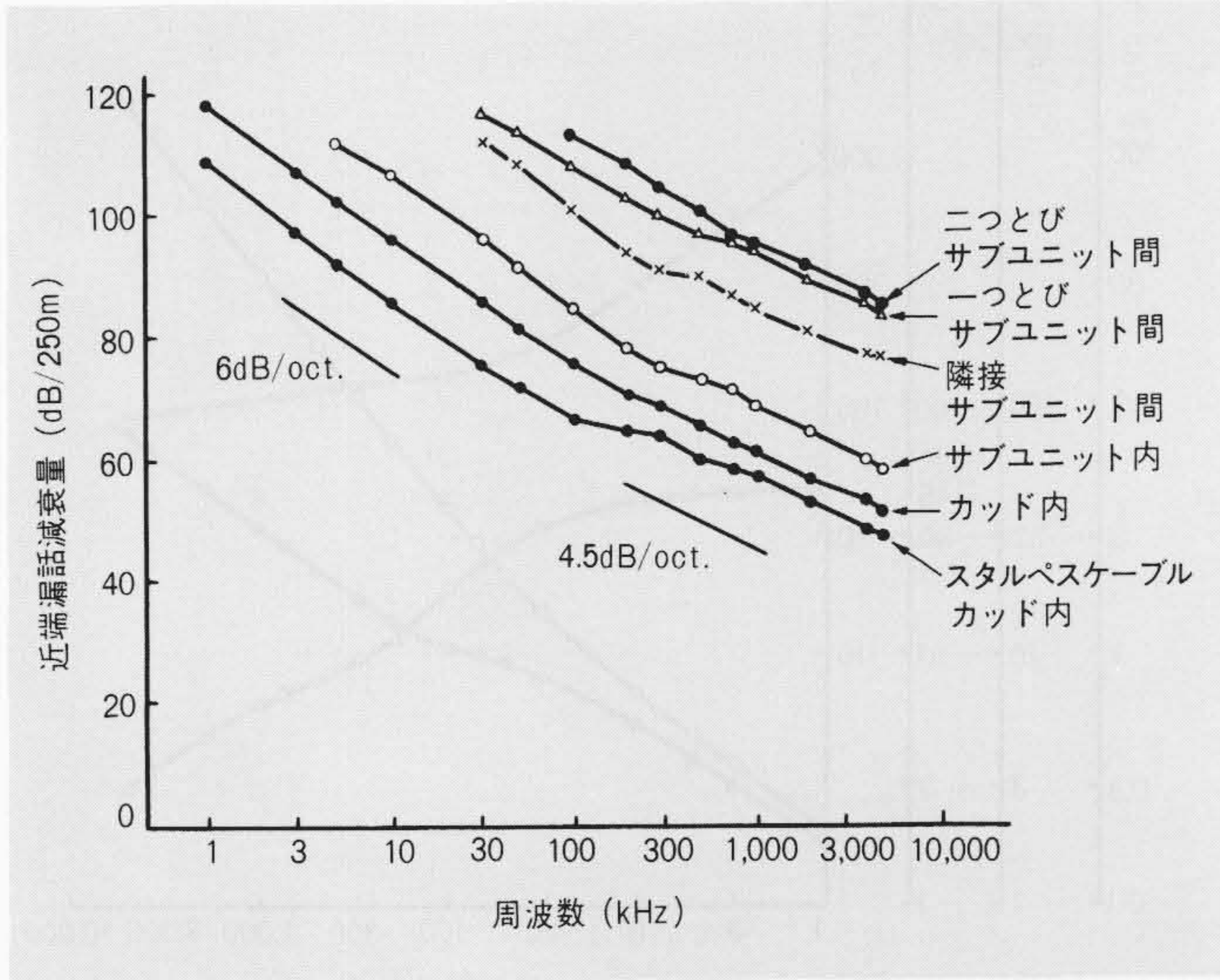


図4 市内PECケーブルの近端漏話減衰量周波数特性(φ0.4) 100kHzまで6 dB/oct., それ以上の周波数では4.5dB/oct.の特性を示す。また、スタルペスケーブルに比べて平均5～10dB/250mと良好な結果であった。

4.2 漏話特性

図4、5に市内PECケーブルの近端漏話減衰量、遠端漏話減衰量の周波数特性の一例として、0.4mm、長さ250mでの測定結果を示す。なお、両図には0.4mmスタルペスケーブルのカッド内漏話減衰量を、比較のため併記した。両図から市内PECケーブルの漏話減衰量は、静電結合値の改善に伴いスタルペスケーブルのそれよりも優れた特性をもち、データ伝送、ファクシミリ伝送などの非電話系サービスを十分満足する特性と考えられる。

4.3 二次定数

図6に代表例として、0.4mm市内PECケーブルの二次定数周波数特性を示す。スタルペスケーブルと比較すると、各定数共ほぼ同等の特性である。

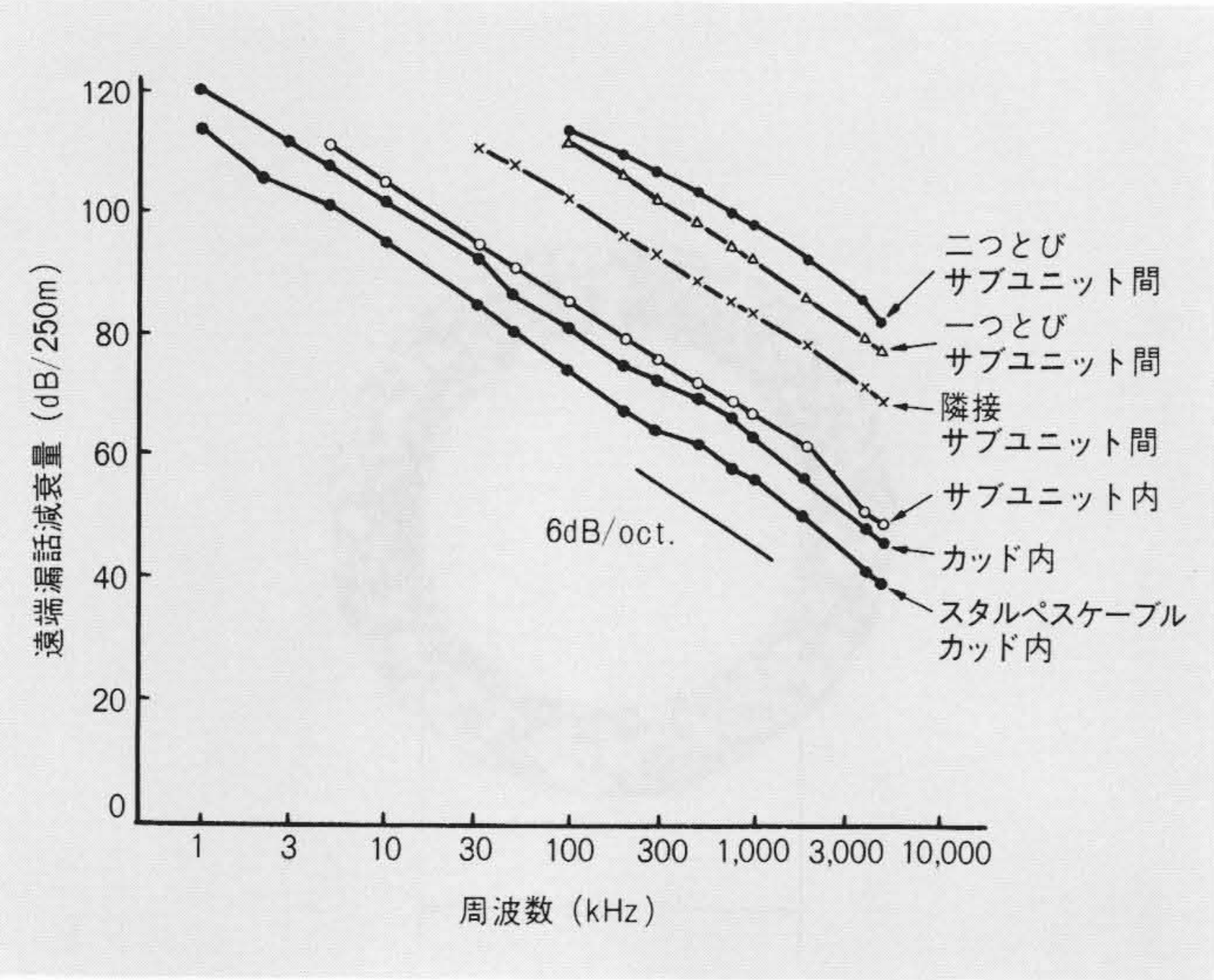


図5 市内PECケーブルの遠端漏話減衰量周波数特性(φ0.4) 6dB/oct.の特性を示す。また、スタルペスケーブルに比べて5dB/250m以上の良好な結果であった。

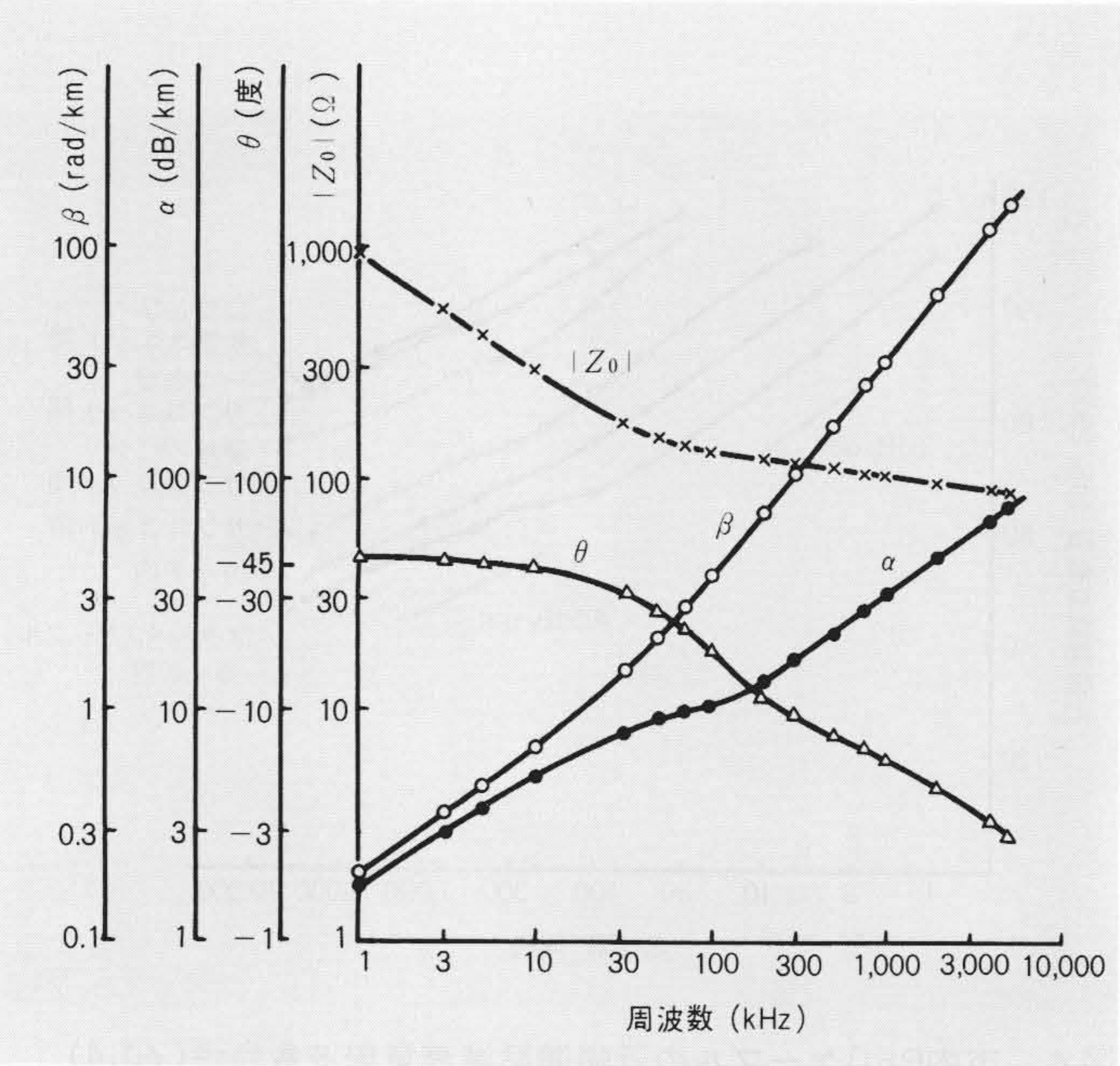


図6 市内PECケーブルの二次定数周波数特性(φ0.4) 二次定数の測定結果を示す。これらの値は、スタルペスケーブルとほぼ同等であった。

5 ケーブルの機械特性

5.1 可とう性

図7に、ケーブルの一端に荷重を加えて、そのたわみ量を求めた可とう性試験結果を示す。スタルペスケーブルに比べると、市内PECケーブルは荷重の小さい範囲では、ほぼ同等である。

5.2 屈曲特性

ケーブルを外径の6倍の曲率半径をもつマンドレルに沿って5回の屈曲試験を行ない、ケーブル外被表面の座屈状況、及び内部アルミテープに発生するしわ座屈状況を観察した。表6は、スタルペスケーブルと比較した結果を示すもので、スタルペスケーブルよりも良好な結果が得られている。

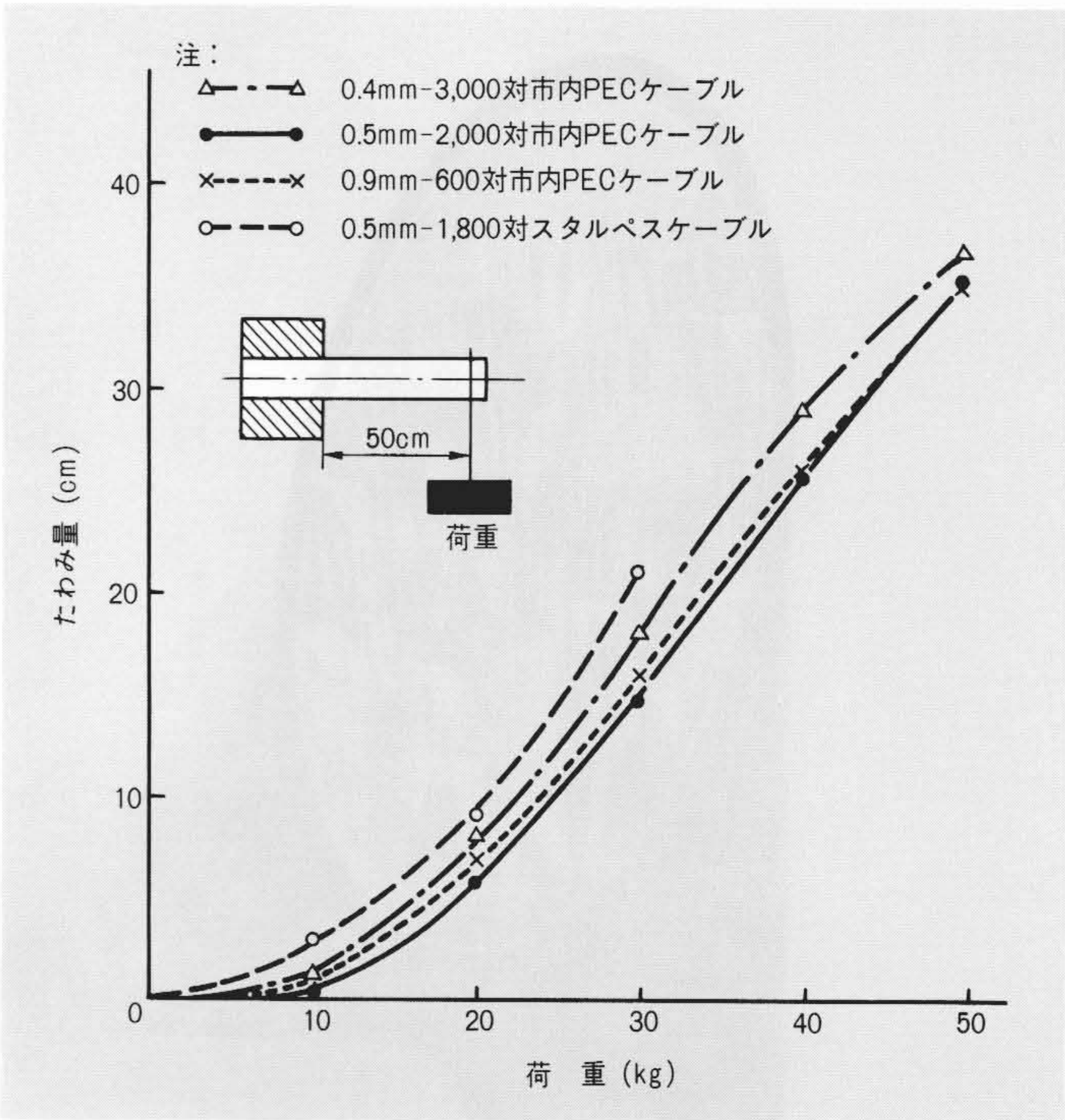


図7 市内PECケーブルの可とう性 ケーブルの可とう性は、スタルペスケーブルとほぼ同等である。

表6 市内PECケーブルの屈曲特性 市内PECケーブルは、スタルペスケーブルよりも良好な特性である。

曲げ 倍率 ×回数	ケーブル 曲げ方向 観察部	0.5mm—2,000対 市内PECケーブル		0.5mm—1,800対 スタルペスケーブル	
		外 観	アルミテープ	外 観	アルミテープ
		○	△	○	×
6倍×5回	→○←	○	△	○	×
	←○→	○	△	○	×

注：○ 異常なし、△ 小座屈、小じわ発生、× 座屈、しわ発生 温度(常温)

6 結 言

日本電信電話公社の商用試験用として納入した市内PECケーブルの概要、PEFカラーコードガス発泡押出しの検討結果、及び各種測定結果について報告した。市内PECケーブルは、昭和56年3月に本仕様化され、本格的に導入が開始された。本報告のとおり、特性的には将来予想される非電話系サービスにも十分対応できるものであるが、今後共品質レベルの安定と向上に努める考えである。

最後に、本ケーブルの開発に当たり、種々適切な御指導をいただいた日本電信電話公社の関係各位に対し厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 貝淵, 外:新しい加入者配線方式, 施設, Vol. 34, 41~47 (昭55-4)
2) 徳岡, 外:市内PECケーブル, 施設, Vol. 34, 105~112 (昭55-4)
3) 高野, 外:ガス発泡ポリエチレン絶縁中継ラミネートシースケーブルの特性, 日立評論, 55, 1023~1028(昭48-10)