

ビーメックスについて

BEAMEX

1. 電子線架橋

ビーメックスは、導体にポリエチレンまたは塩化ビニルをベースにした絶縁材を被覆した後、電子加速器による電子ビーム中を通して架橋させた電線で、化学的な架橋に対して、常温で放射線により架橋させた電線です。

有機絶縁材料には放射線の照射によって、高分子の分子鎖間の結合をつくって架橋するものと、分子の主鎖結合が切断（崩壊）して劣化するものがあります。フッ素樹脂は崩壊する材料ですが、ポリエチレンや塩化ビニルは架橋する材料です。

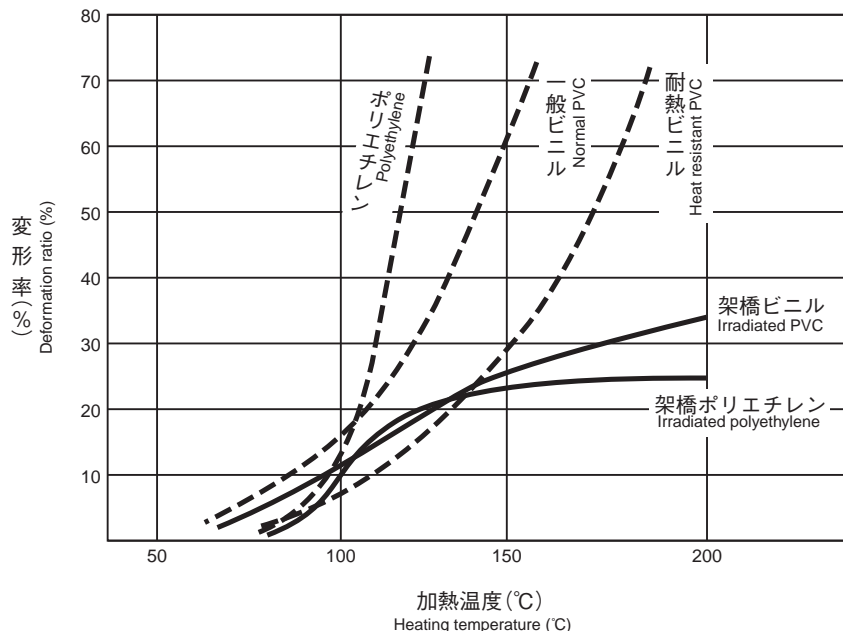
架橋したものは、分子構造が三次元網目構造となり、いわゆるゴムがキュアしたと同様に融点（例えばポリエチレンでは 120℃）以上に温度を上げて溶けて流れてしまうことがない、すぐれた特徴を有するようになります。さらに架橋ポリエチレンや架橋ビニルでは、耐熱性（連続使用、短時間耐熱）、耐薬品性（酸、塩基、溶剤、油）、機械特性（耐カッツルー性、摩耗性）が向上されます。ビーメックスはこれらの特性をもつ他、長時間耐熱性をさらに高めたもの、難燃性の程度、しなやかさなど、ご要求により各種取りそろえております。

2. 耐熱性

架橋によりポリ塩化ビニル、ポリエチレンの連続使用温度は、60～70℃のものが 105～120℃（～150℃）へと向上します。またビーメックス電線の絶縁体に 300～320℃の半田ごてで触れたり、半田槽に絶縁体ごとつけても溶けたりしない、良好な耐半田加工性を有しています。またこのことは短絡電流に対しても強いという利点になり、電源回路や非常用ケーブルへの適用は回路の信頼性、安全性を高めます。

3. 加熱変形性

高温に於て荷重を加えた場合、ポリエチレンやビニルは、100℃以上では大幅な変形を生じますが、これに対し、架橋ポリエチレンや架橋ビニルでは、150℃以上でも変形は小さく、溶けて流れ出すこともなくなります。



1. Electron Beam Irradiation

BEAMEX is the wire produced by passing and irradiating the conductor coated with polyethylene or PVC based insulation material through electron beams from the electron beam accelerator. Different from chemical crosslinking, this beam irradiation achieves crosslinking at room temperature. Some organic insulation materials achieves crosslinking through building of the connection between molecular chains of high polymers under beam irradiation. Others are deteriorated because beam irradiation causes breakage (collapsion) of principal chain linkage of molecules. Fluorinated ethylene propylene is a material that breaks down when irradiated while polyethylene and PVC are those that develop crosslinking through irradiation. The irradiated material has a three-dimensional mesh molecular structure and is advantageous because it is never melted away even when the temperature is raised above the melting point (e.g., 120°C for polyethylene), which is quite similar to the case of curing the rubber. Moreover, irradiated polyethylene and vinyl have the improved heat resistance (for continuous use and short-term use), chemical resistance (against acid, base, solvent, and oil), and mechanical properties (cut-through and wear resistances). Beamex has all these features and can adapt itself to the requirement to improve long-term heat resistance, degree of flame retardance, flexibility, etc.

2. Heat Resistance

Irradiation causes the continuous use temperature of polyethylene and PVC to enhance from 60～70℃ to 105～120℃（～150℃）. The insulation of BEAMEX wire has satisfactory soldering resistance and is not melted even when contacted by a soldering iron at 300～320℃ or immersed in the soldering bath. This also indicates that the wire is highly resistant against the short current and helps enhancing the circuit reliability and safety when applied to the power circuit and emergency cable.

3. Thermal Deformation

Under load at high temperature, polyethylene and PVC develops substantial deformation at 100℃ or above. Contrary to this, irradiated polyethylene and PVC are limited in deformation even above 150℃ and never melted out.

4. 耐カットスルー性

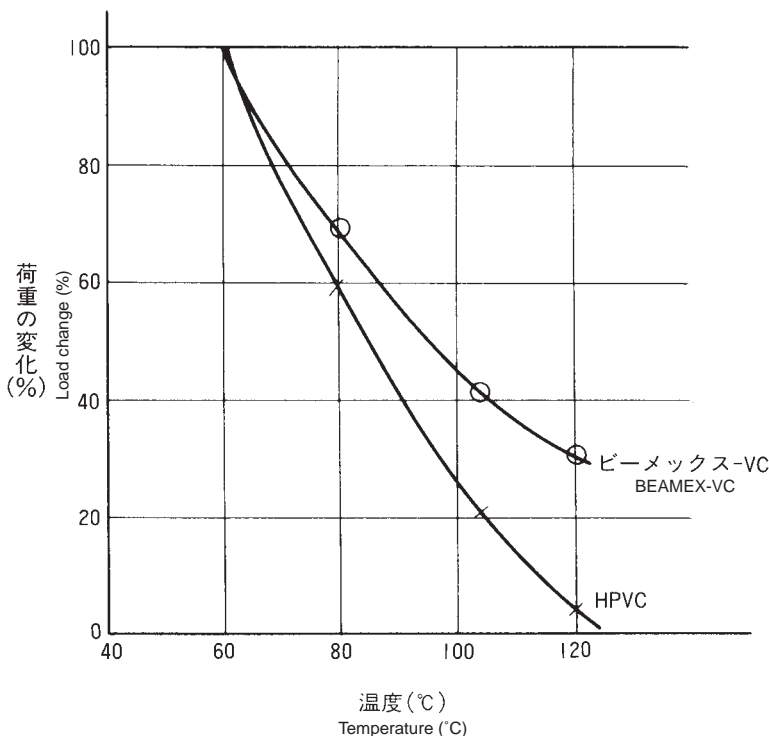
架橋電線では、高温において金属エッジに対して、非常な強度を有します。配線材の機械特性の評価としては、耐カットスルー試験があります。これは電線を先端の半径3ミルをもつ90度の刃で圧迫するもので、測定は荷重で刃が絶縁体を破り導体と触れる（カットスルー）までの時間について行ないます。図に耐カットスルーの温度特性を示します。これは耐カットスルーの時間をUL規格に従い10分間とした時、これを満足する各温度での最大荷重について60℃を基準として求めたものです。温度上昇につれ絶縁体は軟化しますが、軟化の程度の激しいものほど耐えられる荷重は小さくなります。耐熱ビニルは120℃では60℃の時の6%の荷重でカットスルーしてしまいますが、ビーメックス-VCは33%と大きく高温での機械特性がすぐれていることが分かります。

耐カットスルーの温度特性

Temperature characteristic of cut-through resistance

荷重の変化：各温度での荷重 / 60℃での荷重

Load change: Load at each temperature/load at 60℃



4. Cut-Through Resistance

The irradiated wire has an extreme strength against the metal edge at high temperature. Mechanical properties of the wiring material are evaluated by the cut-through resistance test. This test consists of pressing the wire front end with 90° edge (radius 3 mil). Measurement is made on the time until the edge under load breaks the insulation to contact the conductor (cut-through). The figure below shows the temperature characteristic of cut-through resistance. This characteristic is determined with reference to 60°C for the maximum load at each temperature satisfactory to the cut-through resistance time set at 10 minutes according to the UL standard. The insulation is softened with rising temperature, and the insulation which is heavily softened can resist smaller load. At 120°C, the heat resistant PVC develops cut-through under the load about 6% of that at 60°C while the load to cause cut-through of BEAMEX-VC is as large as 33%. This means that mechanical properties at high temperature is superior in the case of BEAMEX.

ビーメックス、エコエースプラス、エコビーメックスの特性

CHARACTERISTICS OF BEAMEX, ECOACEPLUS & ECOBEAMEX

項目 Item	ビーメックス BEAMEX								エコエースプラス ECOACEPLUS		エコビーメックス ECOBEAMEX		規格試験条件 Standard & test conditions		
	標準型 Standard	難燃型 Flame retardant	無煙 難燃型 Non-smoke flame retardant	耐熱 難燃型 Heat resistant flame retardant	耐熱 難燃型 Heat resistant flame retardant	可とう型 Flexible	耐カット スルー型 Cut-through resistant	難燃型 Flame retardant	硬質 難燃型 Rigid flame retardant	難燃型 Flame retardant	耐熱 難燃型 Heat resistant flame retardant				
	S	NF	NFS	ER470	ER500	VF	VC	105	105R	105	125				
電気特性 Electrical properties	体積固有抵抗 Volume resistance	Ω・cm	10 ¹⁵ 以上 10 ¹⁵ or more	10 ¹⁵ 以上 10 ¹⁵ or more	10 ¹⁴ 以上 10 ¹⁴ or more	10 ¹⁵ 以上 10 ¹⁵ or more	10 ¹⁵ 以上 10 ¹⁵ or more	10 ¹³ 以上 10 ¹³ or more	10 ¹³ 以上 10 ¹³ or more	10 ¹³ 以上 10 ¹³ or more	10 ¹³ 以上 10 ¹³ or more	10 ¹³ 以上 10 ¹³ or more	20℃ JIS K 6723		
機械特性 Mechanical properties	引張強さ Tensile strength	MPa	21.6	16.7	13.7	17.7	17.7	18.6	23.5	11.7	30	14.5	13.0	JIS C 3005	
	100%Mo	MPa	10.7	10.6	5.7	12.55	8.4	19.5	22.9	10.6	25.3	12.3	10.6		
	伸び Elongation	%	500	400～500	200～250	300～400	300～400	200	150	201	185	170	160	JIS C 3005	
	耐摩耗性 Wear resistance	—	○ Superior	○ Superior	△ Good	○ Superior	○ Superior	△ Good	○ Superior	○ Superior	○ Superior	◎ Excellent	△ Good	△ Good	カゴ型摩耗試験機 Cage type wear tester
	耐カットスルー性 Cut-through resistance	—	△ Good	△ Good	△ Good	○ Superior	○ Superior	△ Good	○ Superior	○ Superior	◎ Excellent	△ Good	△ Good	UL 758	
耐熱性 Heat resistance	加熱変形 Thermal deformation	%	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	40以下 40 or less	JIS C 3005 120℃	
	巻付加熱 Winding heating	—	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	JIS C 3005 150℃ 自己巻付 Self-dia. winding	
	耐半田性 Soldering resistance	—	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	合格 Acceptable	MIL-W-16878/D 絶縁体3mmまで 半田バスに5秒間浸漬 MIL-W-16878/D Immerse the insulation for 3 mm max. in the soldering bath for 5 seconds	
その他 Others	耐油性 Oil resistance	—	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	△ Good	△ Good	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	JIS C 3005	
	難燃性※ Flame retardant*	—	易燃 Readily flammable	JIS	JIS	VW-1	JIS	VW-1	VW-1	VW-1	VW-1	VW-1	VW-1	—	
	連続使用温度 Continuous service temperature	UL規格 UL standard	℃	—	—	105	125	150	105	105	105	105	105	125	—
		電気用品 使用温度上限値 Registered temperature according to Electrical Appliances and Materials Safety Act		90	125	90	125	135	105	105	105	105	105	125	電気用品安全法による 暫定登録または本登録温度 Registered temperature and tentative registered temperature according to Electrical Appliances and Materials Safety Act
	低温使用温度 Cold resistant temperature	℃	<-60	-60	-40	-55	-55	-25	-15	-15	-15	-15	-15	JIS C 3005	

※ JIS :JIS C 3005 水平難燃試験合格

* JIS :Acceptable to the horizontal burning test of JIS C 3005.

VW-1 :UL758 垂直難燃試験合格

VW-1 :Acceptable to the vertical burning test of UL 758 VW-1 standard.

○強 or 優

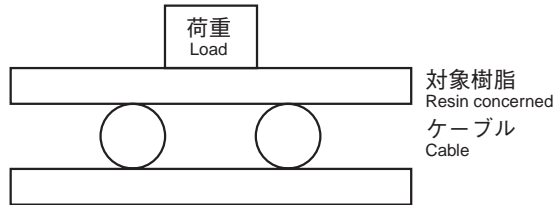
△中 or 良

ケーブル PVC 外被材の移行性について

MIGRATION CHARACTERISTIC OF CABLE PVC JACKET MATERIAL

評価方法

下図のように、試料となるケーブルを対象樹脂で両側よりガラス板と共に挟み込み、荷重をかける。



Evaluation Method

As shown below, the sample cable is clamped with glass plate on both sides by the resin concerned and the load is applied.

環境温度：60℃
Ambient temperature:60℃
時間：24hr
Time:24hr
樹脂：30 × 30 mm
Resin:30×30mm
ケーブル径：5 mm
Cable dia.:5mm
荷重：500g
Load:500g

評価結果

Evaluation Result

対象樹脂 Resin concerned						65℃ 72hr							65℃ 72hr		
	イ a	ロ b	ハ c	ニ d	ホ e	イ a	ロ b	対象樹脂 Resin concerned	イ a	ロ b	ハ c	ニ d	ホ e	イ a	ロ b
ABS	◎	◎	○	○	◎	◎	○	アクリル Acrylic	◎	◎	○	○	○	◎	◎
ABS + PVC	◎	△	△	○	○	○	△	ノリル Noryl	○	○	○	○	○	○	○
ポリスチロール Polystrol	△	◎	○	○	◎	△	○	PBT	◎	◎	◎	○	○	◎	◎
ポリカーボネイト Polycarbonate	◎	△	×	○	◎	◎	△	AS	◎	◎	○	○	◎	◎	△

評価基準 Evaluation criteria

- ◎: 全く移行なし。
No migration at all.
- : 光の反射によって移行がわかる。
Migration observed by reflection of light.
- △: 移行しているが、フチがはっきりしていない。
Migration observed, but the fringe is not clear.
- ×: 輪郭がはっきりしている。
Well Profiled.

- 上記結果は、塗装なしの、原板にての評価です。
- 樹脂により、また、条件、温度、時間、荷重によって、結果が推測できないものもありますので、ご相談ください。

外被材 UL VW-1 合格 Jacket material complying with UL VW-1 test

- イ. ツヤ有 PVC
a:Glossy PVC
- ロ. 半ツヤ柔軟性 PVC 通常カール
b:Semi-glossy flexible PVC normal curl use
- ハ. 超柔軟性 PVC
c:Super flexible PVC
- ニ. 強力カールコード用 1
d:Heavily curled cord 1 use
- ホ. 強力カールコード用 2
e:Heavily curled cord 2 use

- Above result applies to the raw plate without coating.
- Some result may not be presumed depending on the resin, conditions, temperature, time, and load.
If need further information, please contact us.

配線材に用いられる主な絶縁材料とその一般特性

PRINCIPAL INSULATION MATERIALS USED FOR ELECTRONIC APPLIANCE WIRING MATERIAL AND THEIR GENERAL CHARACTERISTICS

材料名 Name of material		高密度 ポリエチレン (結晶化度 85%) High-density polyethylene (Crystallinity 85%)	低密度 ポリエチレン (結晶化度 65%) Low-density polyethylene (Crystallinity 65%)	難燃性 ポリエチレン Flame retardant polyethylene	架橋 ポリエチレン Irradiated polyethylene	PVC	耐熱 PVC Heat resistant PVC	架橋 PVC Irradiated PVC	ナイロン 6 Nylon 6	ポリプロピレン Polypropylene
電氣的性質 Electrical properties	体積固有抵抗 Volume resistance ($\Omega \cdot \text{cm}$ 20°C)	> 10 ¹⁷	> 10 ¹⁷	> 10 ¹⁵	> 10 ¹⁷	10 ¹² ~ 10 ¹⁵	10 ¹² ~ 10 ¹⁵	10 ¹² ~ 10 ¹⁵	4 × 10 ¹⁴	6.5 × 10 ¹⁶
	比誘電率 Specific capacity (50 ~ 10 ⁶ Hz)	2.25 ~ 2.3	2.25 ~ 2.3	2.4 ~ 2.7	2.25 ~ 2.3	5 ~ 8	5 ~ 8	3 ~ 8	3.1 ~ 3.9	2.25
	絶縁耐力 Dielectric strength (kV/mm)	30 ~ 50	30 ~ 50	20 ~ 40	30 ~ 50	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	25.8	32
	誘電正接 Dielectric tangent (50 ~ 10 ⁶ Hz%)	0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.05	0.2 ~ 1.0	0.02 ~ 0.05	8 ~ 15	8 ~ 15	6 ~ 12	2 ~ 4	0.02 ~ 0.06 (10 ⁶ Hz)
機械的性質 Mechanical properties	引張強度 (MPa) Tensile strength {kgf/mm ² }	19.6 ~ 34.3 {2.0 ~ 3.5}	9.8 ~ 19.6 {1.0 ~ 2.0}	9.8 ~ 19.6 {1.0 ~ 2.0}	9.8 ~ 24.5 {1.0 ~ 2.5}	9.8 ~ 24.5 {1.0 ~ 2.5}	9.8 ~ 24.5 {1.0 ~ 2.5}	11.8 ~ 24.5 {1.2 ~ 2.5}	61.8 {6.3}	29.4 ~ 39.2 {3.0 ~ 4.0}
	伸び Elongation (%)	100 ~ 400	300 ~ 750	300 ~ 600	300 ~ 500	100 ~ 350	100 ~ 350	150 ~ 250	250	250 ~ 700
	可とう性 Flexibility	△ Normal	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	△ Normal	△ Normal
	耐カットスルー性 Cut-through resistance	△ Normal	△ Normal	△ Normal	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior
物理的性質 Physical properties	比重 (20°C) Specific gravity	0.94 ~ 0.96	0.92 ~ 0.93	0.95 ~ 1.2	0.92 ~ 0.96	1.2 ~ 1.5	1.2 ~ 1.5	1.3 ~ 1.5	1.1 ~ 1.2	0.9 ~ 1
	融点 (°C) Melting point	135 ~ 140	112 ~ 120	110 ~ 115	—	軟化点 130 Softening point about 130	軟化点 150 Softening point about 150	—	210 ~ 215	155 ~ 160
	耐熱温度 (連続使用°C) Heat resistant temperature (continuous use°C)	85	75	80	~ 125	60	75 ~ 105	105	105	90
	最低使用温度 (°C) Min.use temperature	< -60	< -60	-30 ~ -50	< -60	-15 ~ -40	-15 ~ -40	-15 ~ -30	-60	-5 ~ -45
その他 Others	耐燃性 Flame retardant	易燃 Readily flammable	易燃 Readily flammable	難燃 Flame retardant	易燃 Readily flammable	難燃 Flame retardant	難燃 Flame retardant	難燃 Flame retardant	易燃 Readily flammable	易燃 Readily flammable
	耐油性 Oil resistance	△ Medium resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive	○ High resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive	○ High resistive	○ High resistive
	耐酸性 Acid resistance	△ Medium resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive	× Less resistive	× Less resistive	× Less resistive	高濃度のものに弱い (×) Less resistive against high concentration	酸化性酸にやや侵される (△) More or less eroded by oxidizing acid
	耐アルカリ性 Alkali resistance	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	○ High resistive	◎ Extremely high resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive	◎ Extremely high resistive	○ High resistive
	耐オゾン性 Ozone resistance	△ Medium resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive	× Less resistive	△ Medium resistive
	耐水性 (吸水率%) Water resistance (Water absorptivity%)	◎ Superior (< 0.01)	○ Superior	○ Superior	○ Superior	△ Good	△ Good	△ Good	△ Good (0.4)	◎ Superior (< 0.01 ~ 0.03)
	加工性 Workability	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior ~ Good	△ Good	△ Good	△ Good
	価格 Price	低 Low	低 Low	低 Low	低 Low	低 Low	低 Low	低 Low	中 Medium	低 Low

◎ 極強
○ 強 or 優
△ 中 or 良
× 弱

配線材に用いられる主な絶縁材料とその一般特性
 PRINCIPAL INSULATION MATERIALS USED FOR ELECTRONIC APPLIANCE
 WIRING MATERIAL AND THEIR GENERAL CHARACTERISTICS

ポリエステル Polyester	ニフッ化ビ ニリデン Polyvinylidene fluoride (PVF2)	FEP	PFA	TFE	ETFE	ポリイミド Polyimide	ブチルゴム Butyl rubber	クロロ プレンゴム Chloroprene rubber	エチレンプロ ピレンゴム Ethylene propylene rubber	硅素ゴム Silicone rubber	強化 硅素ゴム Reinforced silicon rubber
> 10 ¹⁷	2 × 10 ¹⁴	> 10 ¹⁸	> 10 ¹⁸	> 10 ¹⁸	> 10 ¹⁶	10 ¹⁴	10 ¹⁵	10 ⁸ ~ 10 ¹²	10 ¹⁵ ~ 10 ¹⁶	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁵	10 ¹⁵ ~ 10 ¹⁶
3.0 ~ 3.2	6.4 ~ 8.4	2.1	2.1	2.1	2.6	3.0	3 ~ 4	8 ~ 10	2.5 ~ 4	3 ~ 5	3 ~ 4
10 ~ 20	10	20 ~ 25	20 ~ 40	20	16	25	20 ~ 40	—	30 ~ 50	20 ~ 30	25 ~ 40
0.2 ~ 0.5	1.5 ~ 5.0	0.02 ~ 0.07	0.03	0.02	0.06 ~ 0.5	0.3	0.5 ~ 3	—	—	2 ~ 4	3 ~ 7
117.7 ~ 176.5 {12 ~ 18}	38.2 ~ 58.8 {3.9 ~ 6.0}	18.6 ~ 21.6 {1.9 ~ 2.2}	27.5 {2.8}	13.7 ~ 34.3 {1.4 ~ 3.5}	34.3 ~ 49.0 {3.5 ~ 5.0}	171.6 {17.5}	4.9 ~ 6.9 {0.5 ~ 0.7}	9.8 ~ 15.7 {1.0 ~ 1.6}	8.8 ~ 11.8 {0.9 ~ 1.2}	3.9 ~ 9.8 {0.4 ~ 1.0}	7.8 ~ 11.8 {0.8 ~ 1.2}
70 ~ 130	100 ~ 300	250 ~ 330	280 ~ 300	200 ~ 400	100 ~ 400	70	300 ~ 600	300 ~ 500	700 ~ 900	200 ~ 400	200 ~ 400
○ Good	○ Good	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	△ Normal	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior
○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior
1.3 ~ 1.4	1.76	2.1 ~ 2.2	2.1 ~ 2.2	2.1 ~ 2.2	1.7	1.42	1.3 ~ 1.4	1.4 ~ 1.5	1.2 ~ 1.4	1.1 ~ 1.3	1.1 ~ 1.3
256	172	275	302 ~ 310	327	270	軟化点 700 Softening point 700	—	—	—	—	—
120	150	200	260	260	150	260	80	75	90	180	180
< -60	< -60	< -80	< -80	< -18	< -100	< -200	-40	-35	-50	-60	-60
自消性 Self-extinguishing	不燃 Non-flammable	不燃 Non-flammable	不燃 Non-flammable	不燃 Non-flammable	難燃 Flame retardant	不燃 Non-flammable	易燃 Readily flammable	難燃 Flame retardant	易燃 Readily flammable	難燃 Flame retardant	難燃 Flame retardant
○ High resistive	○ High resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	× Less resistive	○ High resistive	× Less resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive
× Less resistive	○ High resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	× Less resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive
高濃度のものに弱い (×) Less resistive against high concentration	○ High resistive	◎ Extremely resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	× Less resistive	◎ Extremely high resistive	△ Medium resistive	○ High resistive	△ Medium resistive	△ Medium resistive
× Less resistive	○ High resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	◎ Extremely high resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive	○ High resistive
△ Good (0.3)	○ Superior (0.04)	◎ Superior (0.01)	◎ Superior (0.00)	◎ Superior (0.00)	○ Superior (0.1)	△ Good (0.75)	△ Good	△ Good	△ Good	× Less resistive	× Less resistive
○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	△ Medium	○ Superior	焼結のみ Sintering	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior	○ Superior
中 Medium	高 High	高 High	高 High	高 High	高 High	高 High	中 Medium	中 Medium	中 Medium	高 High	高 High

◎ 極強
 ○ 強 or 優
 △ 中 or 良
 × 弱

「電気用品」に使用される絶縁物の使用温度

INSULATION TEMPERATURE BY ELECTRICAL APPLIANCES AND MATERIALS SAFETY ACT

1. 電気用品に使用される絶縁物の温度上限値について

1. 電気用品に使用される機器内配線用電線および電源電線の絶縁物について使用温度の上限値が規定されました。
 - 「使用温度の上限値とは」
常規使用状態⁽¹⁾において絶縁物に加わる最高温度⁽²⁾での連続使用⁽³⁾を許容する温度の上限値であります。
 - (1) 常規使用状態とは、
「電気用品の技術上の基準を定める省令」に定められた基準周囲温度で行う平常温度上昇試験の状態をいいます。
 - (2) 絶縁物に加わる最高温度とは、
常規使用状態で、機器の温度上昇が飽和した時、絶縁物に加わる温度の最高値をいいます。
 - (3) 連続使用温度とは、
40,000 時間を原則としていますが、通常の使用状態ですべての電気用品に 40,000 時間を想定しているものではなく、次のとおり運用されます。
2. 電気用品の使用時間による階級について。
一般的には使用時間が短いと想定される電気用品に使用される絶縁材料の使用温度の上限値は 40,000 時間に対する上限値よりも高い値で良いと考えられるため電気用品を 3 階級に分類し、次のとおり運用されます。
 - 階級 1：年間を通じ 1 日中電源に接続された状態で、実使用時間が長く、使用の際のスイッチ等で開閉を行うもの。
 - 上限値表の数値を適用するもの（電気洗たく機等）
 - 階級 2：季節使用のものおよび階級 1 並びに階級 3 以外のもの。
 - 上限値表の数値より 8℃高い数値を適用するもの（電気こたつ、電気冷房機等）
 - 階級 3：使用時に限って電源に接続され、使用後は電源から分離されるもの。
 - 上限値表の数値より 16℃高い数値を適用するもの（電気アイロン、電気バリカン等）

2. 暫定登録値

- 機器内配線用電線を規定の温度上限値を超えて使用する場合には、認定機関で試験を受けて登録されないと使用できません。
(ただし、電源電線は温度上限値を超えて使用することはできません)
- 確認試験の結果が出るまでには長時間かかりますので、試験の結果が出るまでは暫定登録を受けたものに限り使用できることになっています。
- 暫定登録値は、温度上限値を超え、工業会要望値以下に限られます。
- 暫定登録された当社の製品は下記のとおりです。
 1. 材料名：架橋ポリエチレン混合物
商品名：(1)ビーメックス ER470
登録銘柄 ビーメックス ER470
登録番号：㊷ O18AC0478
登録温度：125℃ 0.3mm 厚以上 全色

1.Upper Limit for the Insulation Temperature used in Electrical appliances

1. The upper limit for the operating temperature has been established for the insulation of internal wiring and power cables used in electrical appliances. "Upper limit for the operating temperature"
This term refers to the upper limit for the temperature which allows continuous use (*1) at the highest temperature (*2) applicable to the insulation under normal operating condition (*3).
 - *1 Continuous operating temperature
As a rule, this temperature is defined for the operation for 40,000 hours. But this operating hours will not be assumed for all electrical appliances under normal operating condition and will be applied as described in item 2.
 - *2 Highest temperature applicable to the insulation
This is the highest temperature applicable to the insulation when the equipment temperature rise has reached the saturation point under normal operating condition.
 - *3 Normal operating condition
This is the condition of the normal temperature rised test at the standard ambient temperature which is stipulated in the Ministerial Ordinance to Establish Technical Standards for Electrical Appliances.
2. Ranks of electrical appliances by operating hours
Generally, the upper limit for the operating temperature of the insulation used in the electrical appliances which are used only for a short period may be higher than that for 40,000 hours. Accordingly, the electrical appliances are classified into three ranks as follows:
 - (1) Rank 1 : Electrical appliances connected to the power supply for 24 hours a day throughout the year and actually used for a long time, which are switched during use.
Electrical appliances to which the numerical values used in the upper limit table are applied (e.g., washing machines, etc.)
 - (2) Rank 2 : Electrical appliances used seasonally, which fall into a rank other than Ranks 1 and 3.
Electrical appliances to which the numerical values 8°C higher than those shown in the upper limit table (e.g., electric heaters, electric coolers, etc.)
 - (3) Rank 3 : Electrical appliances connected to the power supply only when used and isolated from the power supply after use.
Electrical appliances to which the numerical values 16°C higher than those shown in the upper limit table (e.g., electric iron, electric hair clippers, etc.)

2.Provisional Registered Values

The cable for internal wiring can be used above the specified temperature upper limit only when registered after the confirmation test in the Electrical Appliances Laboratory.(Note that the power cable can never be used above the temperature upper limit.)
Since it takes time before the confirmation test is completed, only electrical appliances which have been granted the provisional registration can be used till the test result is obtained.
The provisional registered value is limited to the rabne above the temperature upper limit and below the required value of the Erectric Industry Association. Our products which have been provisionally registered are listed below:

- (1)Material name: Irradiated polyethylene mixture
Commercial name: (1) BEAMEX ER470
Registered brand: BEAMEX ER470
Registration No.: ㊷O18AC0478
Registered temperature: 125°C, 0.3 mm thick or more
All colors

- 商品名：(2)エコビーメックス-105
登録銘柄 ビーメックス-NH105
登録番号：㊷ 018AC0611
登録温度：105℃ 0.15mm厚以上 全色
- 商品名：(3)エコビーメックス-125
登録銘柄 ビーメックス-NH125
登録番号：㊷ 018AC0612
登録温度：125℃ 0.15mm厚以上 全色
- 商品名：(4)エコエースプラス-105R
登録銘柄①：エコエースプラス-105R-1
②：エコエースプラス-105R-2
登録番号①：㊷ 018AC0729
登録番号②：㊷ 018AC0730
登録温度①：105℃ 0.13mm厚以上 全色
登録温度②：105℃ 0.2mm厚以上 全色
- 商品名：(5)エコエースプラス-105
登録銘柄①：エコエースプラス-105-1
②：エコエースプラス-105-2
登録番号①：㊷ 018AC0731
登録番号②：㊷ 018AC0732
登録温度①：105℃ 0.2mm厚以上 全色
登録温度②：105℃ 0.4mm厚以上 全色

2. 材料名：架橋塩化ビニル混合物

- 商品名： ビーメックス VF
登録銘柄 ビーメックス VF-3
登録番号：㊷ 018AA0663
登録温度：105℃ 0.15mm厚以上 全色

3. 本登録

- 商品名：(1)ビーメックス NF
登録銘柄 ビーメックス NF-4
登録番号：018AC0671
登録温度：125℃ 0.3mm厚以上 全色
- (2)ビーメックス ER500
登録銘柄 ビーメックス ER500
登録番号：018AC0046
登録温度：135℃ 0.3mm厚以上 全色
- (3)ビーメックス VC
登録銘柄 ビーメックス VC-3
登録番号：018AA0662
登録温度：105℃ 0.3mm厚以上 全色
- (4)ビーメックス ER500 チューブ
登録銘柄 ビーメックス ER500 チューブ
登録番号：018GCJ0242
登録温度：125℃ 0.3mm厚以上 全色

4. 温度上限値とPSEの関係(電線の場合)

- (1) 温度上限値とPSEとは全く性質の異なるものです。
- (2) 電線が機器の外側に使用される場合(電源電線)には、PSEを受けていないものは使用できません。
ただし、600V以下 0.75mm²～100mm²の電線のみ。
- (3) 電線が機器の内側に使用される場合(機器内配線用)には、PSEの有無は関係ありません。

- Commercial name: (2) ECOBEAMEX-105
Registered brand: BEAMEX-NH105
Registration No.: ㊷018AC0611
Registered temperature: 105°C, 0.15 mm thick or more
All colors
- Commercial name: (3) ECOBEAMEX-125
Registered brand: BEAMEX-NH125
Registration No.: ㊷018AC0612
Registered temperature: 125°C, 0.15 mm thick or more
All colors
- Commercial name: (4) ECOACEPLUS-105R
Registered brand ①: ECOACEPLUS-105R-1
Registered brand ②: ECOACEPLUS-105R-2
Registration No. ①: ㊷018AC0729
Registration No. ②: ㊷018AC0730
Registered temperature ①: 105°C, 0.13 mm thick or more
All colors
Registered temperature ②: 105°C, 0.2 mm thick or more
All colors
- Commercial name: (5) ECOACEPLUS-105
Registered brand ①: ECOACEPLUS-105-1
Registered brand ②: ECOACEPLUS-105-2
Registration No. ①: ㊷018AC0731
Registration No. ②: ㊷018AC0732
Registered temperature ①: 105°C, 0.2 mm thick or more
All colors
Registered temperature ②: 105°C, 0.4 mm thick or more
All colors
- (2)Material name: Irradiated polyvinyl chloride
Commercial name: BEAMEX VF
Registered brand: BEAMEX VF-3
Registration No.: ㊷018AA0663
Registered temperature: 105°C, 0.15 mm thick or more
All colors

3.Official Registration

- Commercial name: (1) BEAMEX NF
Registered brand: BEAMEX NF-4
Registration No.: 018AC0671
Registered temperature: 125°C, 0.3 mm thick or more
All colors
- Commercial name: (2)BEAMEX ER500
Registered brand: BEAMEX ER500
Registration No.: 018AC0046
Registered temperature: 135°C, 0.3 mm thick or more
All colors
- Commercial name: (3)BEAMEX VC
Registered brand: BEAMEX VC-3
Registration No.: 018AA0662
Registered temperature: 105°C, 0.3 mm thick or more
All colors
- Commercial name: (4) BEAMEX ER500 tube
Registered brand: BEAMEX ER500 tube
Registration No.: 018GCJ0242
Registered temperature: 125°C, 0.3 mm thick or more
All colors

4.Temperature Upper Limit and PSE (For Cable)

- (1)The temperature upper limit and PSE differ from each other totally in nature.
- (2) The cable whose PSE has not been approved can not be used outside of the equipment (i.e., the power cable).
Note that this applies only to the cable of 600V or less and 0.75 ~ 100 mm².
- (3)The cable for internal wiring of the equipment can be used regardless whether or not PSE.

【電気用品】に使用される絶縁物の使用温度

INSULATION TEMPERATURE BY THE LAW FOR REGULATION OF ELECTRICAL APPLIANCE IN JAPAN.

(4) 同一絶縁材料でも電源電線と機器内配線用電線では温度上限値が異なります。

(4) The temperature upper limit differs between the power cable and the cable for internal wiring even when these cables are made from the same insulation material.

絶縁材料 Insulation material	電源電線 Power cable	機器内配線用電線 Cable for internal wiring of equipment	
	温度上限値 Temp. upper limit (°C)	温度上限値 Temp. upper limit (°C)	工業会要望値 Required value of Electric Industry Association (°C)
天然ゴム Natural rubber	60	60	85
ビニル Vinyl	60	60	75
耐熱ビニル、架橋ビニル Heat resistant/irradiated vinyl	75	75	105
ポリエチレン Polyethylene	75	75	—
クロロプレンゴム Chloroprene rubber	75	75	90
ブチルゴム Butyl rubber	80	80	125
EPR	80	90	110
クロロスルホン化ポリエチレン Chlorosulfonated polyethylene	90	90	110
架橋ポリエチレン Irradiated polyethylene	90	90	125
珪素ゴム Silicone rubber	90 (180)	180	260
フッ素樹脂 Fluorocarbon resin	90 (200)	150 ~ 250	—

()内は電源電線を金属線樋、金属製電線管等により保護し、かつ人が触れるおそれがない場合に取り付けられる器具に適用される。

The value in parentheses applies to the appliance in which the power cable is protected with the metallic duct or metallic conduit and which is installed where it is not likely that a person may touch.

(5) 温度上限値を超えて使用する場合には機器内配線用は確認試験を受ける必要があります。(暫定登録値は温度上限値を超え、工業会要望値以下に限られる。)
電源電線は認められません。

(5) The cable for internal wiring must be subjected to the confirmation test when used above the temperature upper limit. (The provisional registered value is limited to the range above the temperature upper limit and below the required value of the Electric Industry Association.)
Note that this does not apply to the power cable.

5. 機器内配線用電線の絶縁物の使用温度上限値を決定する試験項目および終了点限界値

5. Test Items and End Point Limit Value to Determine the Operating Temperature Upper Limit of the Insulation for Internal Wiring Cables

絶縁材料 Insulation material	試験項目 Test item	終止点限界値 End point limit value
燃可塑性材料 Thermal plastic materials	引張強さ Tensile strength	絶対値 3.9MPa {0.4kgf/ mm ² } Absolute value 3.9 Mpa
	伸び Elongation	絶対値 50% Absolute value 50%
	絶縁破壊電圧 Dielectric breakdown voltage	残率 50% 50% retention of initial value
初期値 7.8MPa {0.8kgf/ mm ² } 以下の発泡熱可塑性材料 弾性材料 Foamed thermal plastic materials with the initial value of 7.8 Mpa(0.8kgf/ mm ²) or less Elastic materials	引張強さ Tensile strength	残率 50% 50% retention of initial value
	伸び Elongation	絶対値 50% Absolute value 50%
	絶縁破壊電圧 Dielectric breakdown voltage	残率 50% 50% retention of initial value

- F - マーク（電気用品の難燃性）登録

REGISTRATION OF -F- MARK (FLAME RETARDANT CHARACTERISTIC OF ELECTRIC APPLIANCES)

電気用品安全法により、TV 受信機および携帯用カメラの内部に使用する電線は、垂直難燃性の登録を受けたものを使用する必要があります。垂直難燃性の登録を受けた線種を、次に示します。難燃性登録を受けた品種には、電線表面または荷札に、-F- マークを表示します。

In compliance with the Electric Appliance and Material Safety Law, the cable to be used in the TV receivers and portable cameras must be registered in terms of its vertical flame retardant characteristic. The cable types thus registered are shown in the table below. The "-F-" mark is provided to the cable surface or to a tag for the brand with vertical registered flame retardant characteristic.

分類 Classification	品名 Name	サイズ範囲 (AWG) Size (AWG)
架橋ビニル電線 XLPVC Insulated wire	UL 1430 CSA REW	25-20
		19 以上 太いサイズ 19 or large
	UL 1429 CSA AWM	26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
二重絶縁電線 Double insulated wire	UL 1672 CSA AWM	20-25
架橋ビニル絶縁シールド線 XLPVC Insulated shielded wire	UL 1685 シールド線 UL 1685 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
	UL 1571 シールド線 UL 1571 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
	UL 2854 シールド線 UL 2854 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
架橋ポリエチレン絶縁シールド線 (含同軸ケーブル) XLPE Insulated shielded wired (Incl. coaxial cable)	UL 1691 シールド線 UL 1691 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
	UL 2791 シールド線 UL 2791 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
	UL 1354 シールド線 UL 1354 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
	UL 2552 シールド線 UL 2552 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
	UL 1631 シールド線 UL 1631 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
	UL 2623 シールド線 UL 2623 Shielded wire	26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
UL 1365 同軸ケーブル UL 1365 Coaxial cable	26 以下 細いサイズ 26 or small	
架橋ポリエチレン絶縁電線 XLPE Insulated wire	UL 3266	26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
	UL 3398	19 以上 太いサイズ 19 or large
		26 以下 細いサイズ 26 or small
		25-20
		19 以上 太いサイズ 19 or large

JASO D 608 について

JASO D 608

この規格は、JIS C 3406（自動車用低圧電線）を基本として、絶縁材料に架橋ポリエチレンまたは架橋ビニルを用いた自動車用耐熱低圧電線について規定しています。

This standard is based on JIS C 3406 (Low voltage wire for automobiles) and specifies the heat-resistant low voltage wire for automobiles which is insulated by the irradiated polyethylene or irradiated PVC.

1. 種類および記号

電線の種類および記号は下記のとおりです。

1. Type and Symbol

The type and symbol of the wire are shown in the table below.

種類 Type	記号 Symbol	耐熱区分 Classification of heat resistance
自動車用架橋ポリエチレン耐熱低圧電線 Irradiated polyethylene heat-resistant low voltage wire for automobiles	AEX	120°C
自動車用架橋ビニル耐熱低圧電線 Irradiated PVC heat-resistant low voltage wire for automobiles	AVX	100°C

備考：記号の A、EX および VX は次の意味を示します。

A …自動車用低圧電線

EX …架橋ポリエチレン絶縁材使用

VX …架橋ビニル絶縁材使用

Remarks：The symbols "A", "EX" and "VX" have the following meaning:

A …Low voltage wire for automobile

EX …Wire using irradiated polyethylene for insulation

VX …Wire using irradiated PVC for insulation

2. 特性

この規格では、自動車用耐熱低圧電線として下記の性能を規定しています。

2. Characteristics

This standard specifies the following performances for the heat-resistant low voltage wire for automobiles.

項目 Item	性能 Performance	
	AEX	AVX
(1) 導体抵抗 Conductor resistance	次表に示す値以下であること。 Must be values shown below or less.	
(2) 耐電圧 AC Dielectric strength AC	(a) スパーク Spark	5000V に 0.15 秒間以上耐えること。 Must withstand for 0.15 sec or more at 5000V.
	(b) 水中 In water	1000V に 1 分間耐えること。 Must withstand for 1 min at 1000V.
(3) 絶縁抵抗 Insulation resistance	体積固有抵抗 $10^9 \Omega \cdot \text{mm}$ 以上とする。 Volume resistivity of $10^9 \Omega \cdot \text{mm}$ or more.	
(4) 絶縁体 Insulation	(a) 引張強さ Tensile strength	10.3MPa 以上であること。 Must be 10.3 MPa or more.
	(b) 伸び Elongation	15.7MPa 以上であること。 Must be 15.7 MPa or more.
(5) 耐油性 Oil resistance	125% 以上であること。 Must be 125% or more.	
(6) 耐熱性 I Heat resistance I	50°C の油中に 20 時間浸し、屈曲後 1000 V に 1 分間耐えること。 After immersion in oil at 50°C for 20 hours and bending, the wire must withstand for 1 min at 1000 V.	150°C で 240 時間加熱し、屈曲後 1000 V に 1 分間耐えること。 After heating for 240 hrs at 150°C and bending, the wire must withstand for 1 min at 1000 V.
(7) 耐熱性 II Heat resistance II	120°C で 168 時間加熱し、屈曲後 1000 V に 1 分間耐えること。 After heating for 168 hrs at 120°C and bending, the wire must withstand for 1 min at 1000 V.	
(8) 低温性 Cold resistance	自己径に巻いた試料を 200°C で 30 分間加熱後、絶縁体にき裂および溶融を生じないこと。 Wind the sample to a coil of a diameter equivalent to its own diameter, and heat it for 30 min at 200°C. No crack or melting must be found in the insulation.	
(9) 難燃性 Flame retardant	-45°C で 3 時間冷却し、3 回巻つけた後、巻き戻して 1000 V に 1 分間耐えること。 Cool the sample at -45°C for 3 hours and carry out winding 3 turns. After rewinding, it must withstand for 1 minute at 1000V.	炎を 10 秒当てた後、取除き 30 秒以内に消えること。 Apply the flame for 10 sec and remove it. The flame on the sample must be extinguished in 30 sec.
(10) 熱収縮性 Heat shrinkage	炎を 15 秒当てた後、取除き 15 秒以内に消えること。 Apply the flame for 15 sec and remove it. The flame on the sample must be extinguished in 15 sec.	150°C で 15 分間加熱し、収縮率は 4% 以下であること。 Heat the sample at 150°C for 15 minutes. The shrinkage ratio must be 4% or less.
(11) 耐摩耗性 Wear resistance	所定の最小摩耗抵抗を満足すること。 The requirement on the specified minimum wear resistance must be met.	
(12) 架橋度 Degree of irradiation	ゲル分率 50% 以上であること。 The gelling ratio must be 50% or more.	ゲル分率 40% 以上であること。 The gelling ratio must be 40% or more.

構造一覧表

Schedule of construction

呼び Nominal	導体 Conductor			絶縁体厚さ Insulation thickness (mm)	仕上外径 Finish Outside dia.		導体抵抗 Conductor resistance 20°C (MΩ・km)	
	素線数/素線数 (本/mm) No. of strands (pcs/mm)	計算断面積 Calculated sectional area (mm ²)	外径 約 Outside dia. approx. (mm)		標準 Standard (mm)	最大 Max. (mm)	メッキ無 Not plated	メッキあり Plated
0.5f	20/0.18	0.5087	1.0	0.5	2.0	2.2	36.7	38.6
0.5	7/0.32	0.5629	1.0	0.5	2.0	2.2	32.7	34.6
0.75f	30/0.18	0.763	1.1	0.5	2.2	2.4	24.4	25.8
0.85	11/0.32	0.8846	1.2	0.5	2.2	2.4	20.8	22.0
1.25f	50/0.18	1.273	1.5	0.6	2.7	2.9	14.7	15.5
1.25	16/0.32	1.287	1.5	0.6	2.7	2.9	14.3	15.1
2	26/0.32	2.091	1.9	0.6	3.1	3.4	8.81	9.30
3	41/0.32	3.297	2.4	0.7	3.8	4.1	5.59	5.90
5	65/0.32	5.228	3.0	0.8	4.6	4.9	3.52	3.72
8	50/0.45	7.952	3.7	0.8	5.3	5.6	2.32	2.45

備考：呼びの f は、フレキシブルを示す。

Remarks: "f" attached to the nominal stands for "flexible".

NATIONAL ELECTRIC CODE について

NATIONAL ELECTRIC CODE

NEC 規格では、屋内配線用ケーブルをその難燃性から使用範囲が制限され 4 種のケーブルグレードに分類されています。これに対応するケーブルの構造・特性は、UL が個々の規格を制定し認定を行っています。認定されたケーブルは、表 2 に示すマーキングおよび、ラベル添付することが義務付けられています。

The NEC standard classifies the indoor wiring cable into four cable grades on the basis of the flame retardant performance which restricts its application range. The cable construction and characteristics corresponding to each grade are certified by the UL which has enacted individual standard. The certified cable must be provided with the marking and label shown in Table 2.

表 1 ケーブルグレード一覧
Table 1 List of cable grades

ケーブルタイプ Cable type	使用用途 Application purpose	難燃規格 Flame retardant standard	ケーブルマーキング Cable marking
PLENUM CABLE	強制的に空気の移動のある空間内の配線。 通気口や一般の通気空間で使用される。 Wiring in a space where the air is forced to flow. This is used in a ventilation port or general ventilation space.	UL910 CSA FT-6	(注 1) (Note 1) __ P
RISER CABLE	強制的な空気の移動のない空間で 2 つ以上の階から階への垂直シャフト内の配線。 Wiring in a space without forced flow of air, such as a vertical shaft running between two or more floors.	UL 1666	__ R
GENERAL PURPOSE	建物内部の 3.05m 以上の一般用配線。 不燃材で被覆した場合はライザー・プレナムで使用可能。 General wiring for a distance of 3.05m or more in a building. When provided with a flame-retardant material, the wiring can be used in the riser and plenum.	UL1581 CSA FT-4	—
RESTRICTED USE	建物内部で 3.05m を超えない範囲で使用可能。 Applicable to a distance not exceeding 3.05m in a building.	UL 758 VW-1 CSA FT-1	__ X

(注 1) 各規格で指定された記号、(例) CL2P : UL13 の CLASS2 仕様でプレナムに合致したケーブル

(Note 1): The symbols designated in each standard.(Example)CL2P:The cable based on CLASS2 specification of the UL 13, which is applicable to the plenum.

表 2 NEC 対応 UL 規格 (電気・電子機器用配線材)

Table 2 UL standard corresponding to the NEC (Wiring material for electric and electronic equipment)

UL 規格 UL standard	NEC 規格 NEC standard	呼称 Nominal	ケーブルマーキング Cable marking
UL13	ARTICLE 725	POWER LIMITED CURRENT CABLE CLASS2 : 低電力信号ケーブル CLASS3 : 定格 300V Power limited current cable Class 2: Low power signal cable Class 3: Rating 300V	CL2X, CL2, CL2R, CL2P CL3X, CL3, CL3R, CL3P
UL444	ARTICLE 800	COMMUNICATIONS CABLE	CMX, CM, CMR, CMP

表 3 難燃性試験方法の対比
Table 3 Comparison of flame retardant test methods

規格 Standard	試験方法 Test methods					
	試験ラック Test rack	バーナー Burner	試験ケーブル Test cable	温度 Temperature	炎の条件と試験時間 Flame condition and test time	合否判定 Judgement criteria
UL910	ASTM E-84 (建築材料の表面燃焼特性) に規定される 25 フィート (7.62m) シュタイナートンネル 試験炉を試用 Trial use of the Steiner tunnel test furnace, 25 feet (7.62m) in length, which has been stipulated in the ASTM E-84, Surface Combustion Characteristics of Building Materials.	試用バーナー : 10 インチ (25.4cm) リボンバーナー 火力 : 88KW (300,000Btu/hr) メタン火炎 Testing burner: 10" (25.4cm) ribbon burner Power: 88kW (300,000 Btu/hr) methane flame	ケーブル長 : 24 フィート (7.32m) のケーブル 布設幅 : ケーブルラック (11.25 インチ) に充填 Cable length: 24 feet (7.32m) cable Cable laying width: Filled in the cable rack (11.25 ")		メタン火炎で 20 分間燃焼 240 フィート/分の通風 (73.15m/分) により延焼させる Combustion with methane flame for 20 min. Flame allowed to spread by a draft of 240 ft/min (73.15m/min) .	延焼は 5 フィート (1.52m) 以下 煙による光学濃度は下式より Optical Density=log To/T Max Peak Optical Density (ピーク光学濃度) = Max 0.5 Max Average Optical Density (最大平均光学濃度) = 0.15 The flame spread must be 5 feet (1.52m) or less. The optical density of smoke is calculated as follows: Optical density = log To/T Max peak optical density = Max. 0.5 Max. average optical density = 0.15
UL1666	スロット寸法 長さ : 1ft (305mm) 幅 : 2ft (610mm) スロットの壁からの位置 横壁より : 4 インチ (102mm) 後壁より : 8 インチ (2.44mm) Slot size Length: 1ft (305mm) Width: 2ft (610mm) Distance of the slot from the wall 4" (102mm) from the side wall 8" (2.44mm) from the rear wall	パイプバーナー 拡散プレート使用 火力 : 154.5KW (527,000Btu/hr) プロパンガス使用 Pipe burner with diffusion plate Power: 154.5kW (527,000 Btu/hr) with propane gas	ケーブル長 : 17.5ft (5.33m) 布設幅 : レイヤーのセンターから両サイド 6 インチ (305mm) Cable length: 17.5ft (5.33m) Cable laying width: 6" (305mm) from the layer center to the both sides	熱電対で 8 カ所測定 Measure with thermocouple at 8 points.	30 分間炎を加える 1 分のインターバルで温度を測定 Apply the flame for 30 minutes. Measure the temperature in an one-minute interval.	熱電対の温度を 10 秒ごとに記録 (12ft (3m66cm) の所で温度が 454.4℃越さないこと) 延焼は 12ft (3m66cm) を越さないこと また、ケーブルは "溶" "焦" "灰" と記録 The temperature of thermocouple is recorded every 10s at 12 ft (3m66cm) , and must not exceed 454.4 °C .The flame spread must not exceed 12 ft (3m66cm) .Take record of the test result of cable as "Molten", "Burn" or "Carbon."
UL1581	垂直ケーブルラック 外形 幅 : 12 インチ (30.48cm) 長さ : 8 フィート (2.44m) (部屋のサイズの規定ナシ) Vertical cable rack overall view Width: 12" (30.48cm) Length: 8ft (2.44m) (The room size not specified)	使用バーナー : 10 インチ (25.4cm) リボンバーナー 火力 : 21KW (70,000Btu/hr) ガスと空気の混合比 : 1 : 6 (ガス = プロパン) バーナー取り付け位置 : 床上 2 フィート (61cm) Burner used: 10" (25.4cm) ribbon burner. Power: 21kW (70,000 Btu/hr) Gas/air mixing ratio: 1:6 (propane gas used) Burner installation position: 2ft (61cm) above floor	ケーブル長 : 8 フィート ケーブル間隔 : ケーブル直径の 1 / 2 布設幅 : 150mm 以上 Cable length: 8 ft Distance between cables: 1/2 of the cable diameter Cable laying width: 150mm or more	測定箇所 バーナー上 : 300mm 600mm 1200mm 熱電対により Measuring point: Measuring at 300mm, 600mm and 1200mm above the burner while using the thermocouple.	炎の長さ : 40cm バーナーより 75cm の位置で温度 815℃以上 20 分間燃焼させた後炎を消す Flame length: 40cm Temperature to be 815°C or more at 75cm from the burner. Extinguish the flame after combustion for 20 minutes.	バーナーの火を消してからもケーブルは燃焼するがラックの頂上まで火炎が拡がる場合不合格 熱電対により燃焼時の温度変化を記録する The cable may continue combustion after extinguishing the flame. But the cable is not acceptable when the flame spreads to the top of rack. Take record of the temperature change during combustion by means of the thermocouple.
UL758 VW-1	4 m 以上の容量をもつ密閉されたドラフトチャンバー内で行う Metallic body set in the draft chamber. Width: 30.5cm Height: 61cm Depth: 35.5cm With the front and top sides left open	ASTM/D5025-94 に定めた標準バーナー 試料を垂直にしバーナーを 20° 傾け還元炎の先端が試料に当たる様にする Bunsen burner Set the sample vertically and tilt the burner by 20°, so that the reducing flame end contacts the sample.	ケーブル長 : 320mm (炎照射点より上 250mm にクラフト紙を付ける) Cable length: 320mm (Attach a craft paper to a point 250mm above the flame application point.)	ANSI/ASTM D5207-91 に基づいて校正した炎 The temperature at a flame application point must be 816°C or more.	下から 50 ~ 75mm の所を炎照射 15 秒間隔で 15 秒炎を照射し 5 回行う (照射後 15s たって燃焼している時は消火するまで待つ) Apply flame to a point to 50 - 75mm from the bottom. Apply flame for 15s 5 times in a 15-sec interval. (If the cable combustion continues in 15 sec after flame application, wait till flame is extinguished.)	試料は炎を運んではならない各照射後 60 秒以上燃焼しないこと クラフト紙は 25% 以上燃えてはならない 試料から火の付いた滴下物で下に敷いた外科用綿が燃焼しないこと The sample must not allow flame to spread. Combustion not to continue for 60 sec or more after flame application. The craft paper not to be burned by 25% or more. Burning drops from sample must not cause combustion of the surgical cotton laid below sample.

試験方法

TEST METHOD

1. 難燃性試験

電子、電気機器用配線材は難燃性要求も強く、試験方法も種々ありますが、ここでは JIS C 3005 および UL758 の水平試験、UL 758VW-1 の垂直試験および電気用品の 60° 傾斜燃焼試験方法について記します。

[JIS 法]：長さ約 300 mm の試料を水平に保持しアルコールランプの酸化炎の長さ 130 mm の還元炎の先端を試料の中央部の下側から 30 秒以内、燃焼するまで当て、炎を静かに取り去ったのち、自然に消えるかどうか調べる。

[UL 758 水平難燃試験]

電線を水平にセットし規定のバーナーにより試料に 30 秒間炎を当てる。炎を当てた位置から 7 インチと 13 インチ離れたマークの間隔 6 インチが燃焼する時間を計測する。

- ① 燃焼の割合は 1 インチ / 1 分間 以下のこと
- ② 燃焼している滴下物のないこと

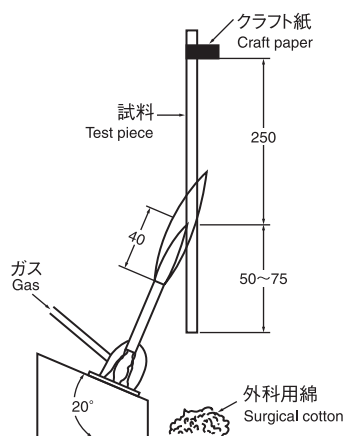
[電気用品 60° 傾斜法]：完成品から長さ約 300 mm の試料をとり、これを水平面に対し約 60° に傾斜させ、その下端を酸化炎の長さ、約 130 mm のブンゼンバーナーの還元炎で燃焼させ、その炎を取り去った時、自然に消えること。

[UL758 VW-1 垂直難燃試験]

試料を垂直に保持し、20° に傾けた ASTM/D-5025-94 バーナーで還元炎の先端が試料に当たるように炎を調節し、15 秒間隔で 15 秒間の炎の照射を 5 回行った時次を満足すること。

- (1) 試料は炎を運んではならない。
- (2) 各照射後 60 秒以上燃焼しない。(照射後 15 秒たって燃焼している時は、次の照射は消火するまで待つ。)
- (3) 電線の上部に付けたクラフト紙は 25% 以上燃えてはならない。
- (4) 試料から落ちた滴下物で下に敷いた外科用綿が燃焼しないこと。

[UL 758VW-1 試験]
(UL 758VW-1 test)



1.Flame Retardant Test

The wiring material for electronic and electric equipments is under strong demand on flame retardance and tested in various methods. This section describes the horizontal test of JIS C 3005 and UL 758, the vertical test of UL 758VW-1, and the 60° inclined burning test method for electrical appliances.

(JIS method)

The test piece of about 300 mm in length is held horizontally and a front end of reducing flame portion (length: 130 mm) of the oxidizing flame of an alcohol lamp is applied for 30 sec. or less from below the test piece middle portion until it begins to burn. Then, the flame is removed slowly to see if burning is extinguished by its own.

(UL 758 horizontal flame retardant test)

The wire is set horizontally and a flame is applied from a specified burner to test piece for 30 seconds. The time during which the 6-inch section between 7-inch and 13-inch marks from the flame application position is burning is measured,

- ① Burning speed must be 1 inch/1 minute or less
- ② No burning dripping

(Electric appliances 60° inclination test method):

About 300 mm test piece is taken from the finished product and this test piece is inclined to 60° from a horizontal surface. The lower end of this test piece is burnt with a reducing flame portion of oxidizing flame of about 130 mm in length from a Bunsen burner. Burning must be extinguished by itself when the flame is removed.

(UL758 VW-1)

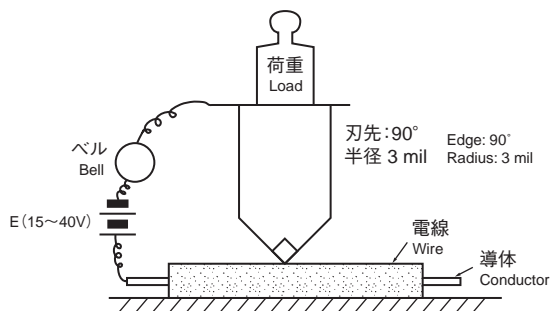
The test piece is held vertically and the flame is set so that the front end of the reducing flame portion from the ASTM/D-5025-94 burner is applied. After application of the flame five times, each for 15 seconds, in a 15-second interval, following requirements must be satisfied:

- (1) The test piece must not allow propagation of the flame.
- (2) The test piece must not burn for more than 60 seconds after each application. (When the test piece is burning for more than 15 seconds after application, wait till it goes off before proceeding to the next application.)
- (3) A craft paper on top of wire must not be burnt for 25% or more.
- (4) Dripping from the burning test piece must not causes burning of surgical cotton placed under the test piece.

2. カットスルー抵抗試験

ラッピング配線等の機械特性を要求される配線材の評価としてカットスルー抵抗試験を行ないます。

下図のように、電線に90°刃先半径3milの“V”エッジで規定荷重の圧力を加えた時、刃先が絶縁体を破り導体に達するまでの時間を測る。



3. 耐ワニス性実験

①引剥試験

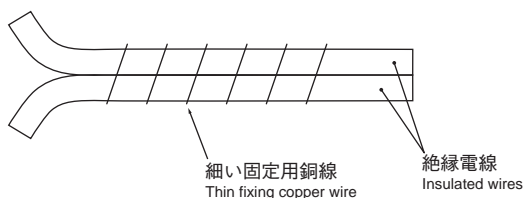
下図に示すように、2本の絶縁電線を平行に固定し、それを絶縁ワニス中に室温で5分間浸漬する。次いで、サンプルをワニスより取り出し、空気オープン中で、135℃で16時間乾燥する。乾燥後、サンプルをオープン中に入れたまま、2本の絶縁電線を固定していた細い銅線を取り去り、2本の絶縁電線の両端を手で持ち、すばやく反対方向に2本を引き離す。引き離した後2本の絶縁電線の表面に生じた傷の有無を目視にて観察する。

②折曲試験

1本の絶縁電線を絶縁ワニス中に含浸し乾燥する。

(条件は、①と同じ)

乾燥後、室温で放冷し、試料を自己径のマンドレルに巻きつけ、絶縁体のクラックの発生の有無を目視にて観察する。



2. Cut-Through Resistance Test

This test is to evaluate the wiring material for wrapping which is required to have mechanical properties. As shown in the figure left, the specified pressure load is applied to the wire with a "V" edge (90° cutting edge and 3 mil radius) and the time for the edge to break through the insulation up to the conductor is measured.

3. Varnish Resistance Test

① Peeling test

As shown below, two insulated wires are fixed parallelly and immersed in insulation varnish at room temperature for five minutes. The sample is taken out from varnish and dried at 135°C for 16 hours in the air oven. After drying, thin copper wires fixing two insulated wires are removed and both ends of two insulated wires are held by hands and pulled in opposite directions to separate them rapidly within the air oven. After separation, the surface of two insulated wires are held by hands and pulled in opposite directions to separate them rapidly within the air oven. After separation, the surface of two insulated wires is checked for any damage visually.

② Folding test

One insulated wire is immersed in insulation varnish and dried (under conditions same as for the test ①). After drying, the wire is left cooling at room temperature and would around the self-diameter mandrel and the insulation is checked for any crack visually.

ロボットケーブルの評価

EVALUATION OF ROBOT CABLE

ロボットケーブルの耐屈曲特性の評価方法

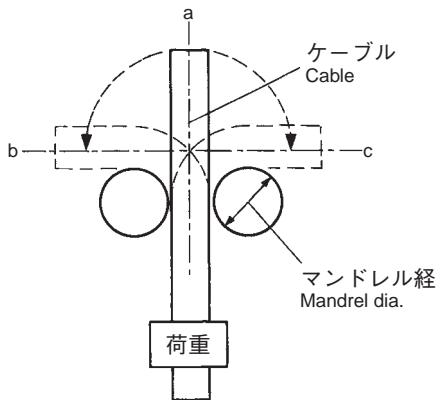
ロボットケーブルの寿命を検定するため、次の加速試験機を備え評価を実施しています。

試験装置の概略図・仕様

Outline and specifications of the test system

1. 90° ベンド試験

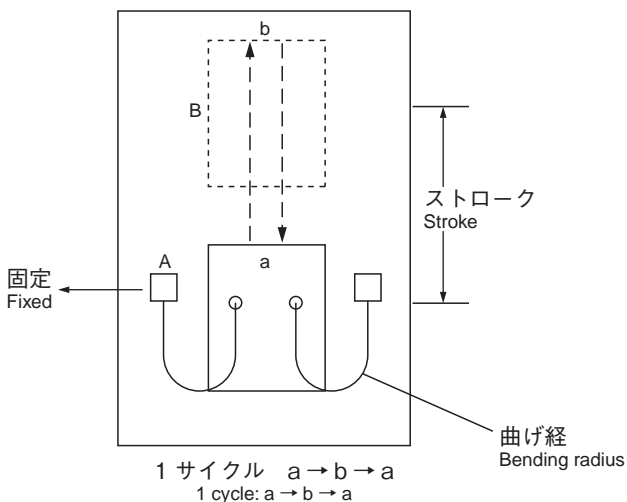
1. 90° bend test



1 サイクル a → b → a → c → a
1 cycle: a → b → a → c → a

2. U字ベンド試験

2. U-bend test



1 サイクル a → b → a
1 cycle: a → b → a

The method of bending resistance property for Robot cable

How to evaluate the bending resistance of robot cable to verify the life of robot cable, the acceleration test system is provided for use in the evaluation.

評価条件

Evaluation conditions

屈曲角度：±90°

Bending angle: ±90°

マンドレル半径：ケーブル外径×3倍

Mandrel radius: Cable outside dia. × 3

荷重：標準 1kg

Load: Standard 1 kg

折曲げ速度：30回/分

Bending rate: 30 times/min

適用：多芯・多対・複合ケーブル

Application: Multi-core, multipair, composite cables

評価条件

Evaluation conditions

ストローク：450mm

Stroke: 450mm

U字曲げ径：ケーブル外径×10倍

U bending radius: Cable outside dia. × 10

速度：30回/分

Rate: 30 times/min

適用：フラット・リボンケーブル・一般ケーブル

Application: Flat, ribbon cable, general cable

WS 導体電線について

WS CONDUCTOR WIRE

WS 導体とは、錫メッキ軟銅撚線にさらに錫をコーティングした導体です。用途として、電気、電子機器内部配線用の導体に使用されます。また、ラッピング、半田付、圧着端子付、の各処理方法に使用可能です。

The WS conductor is available in types (WS-1 and WS-2) in which the tinned annealed copper strand is further coated with tin or a type (WS-3) in which the annealed copper strand is coated with solder. The application includes the conductor for internal wiring of electric and electronic equipments. This type of conductor is appropriate for various processings, such as wrapping, soldering, and attachment of solderless terminal.

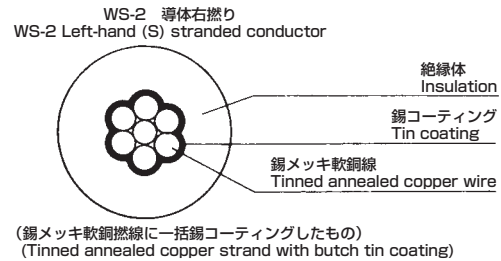
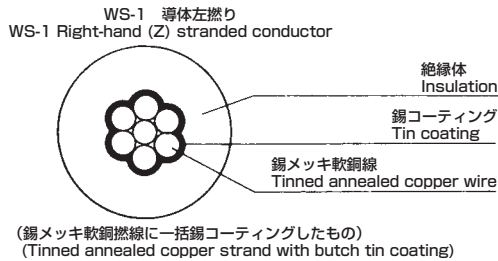
種類・特長・用途

Type, Features, Application

種類 Type	特徴 Features	用途 Application
WS-1	ラッピング接続に最適 Most suitable for wrapping connection	ラッピング用、半田付用、圧着端子付用 For wrapping, soldering, and attachment of solderless terminal
WS-2	予備半田がいらぬ No preparatory soldering necessary	半田付用、圧着端子付用 For soldering, and attachment of solderless terminal

構造

Construction



項目 Item 名称 Nomenclature	導体 Conductor			最大導体抵抗 Max. conductor resistance 20°C (Ω / km)	該当単線 Applicable solid
	サイズ Size (AWG)	構成 (本 / mm) Composition (pcs / mm)	外径 Outside dia. (mm)		
WS-1 WS-2	29	7/0.12	0.36	250	0.32
	28	7/0.127	0.381	223	
	27	7/0.14	0.42	180	
	26	7/0.16	0.48	139	0.4
	25	7/0.18	0.54	110	
	24	7/0.20	0.60	85.9	0.5
	22	7/0.26	0.78	54.7	0.65
	20	7/0.32	0.96	34.1	0.81

絶縁体および使用例

Insulation and Application Examples

WS 線の導体上に施す絶縁体としては次の様なものがあります。

Followings are available as insulation to be provided on the conductor of WS wire.

絶縁体種類 Type of insulation	使用例 Examples
ポリ塩化ビニル PVC	UL style 1007、1015、1605 Fook up wire、ケーブル、シールド線の絶縁体 Insulation of UL style 1007, 1015, 1605 Fook-up wire, cable, and shielded wire
架橋ポリ塩化ビニル Irradiated PVC	UL style 1429、1430、1431 Fook up wire、シールド線の絶縁体 Insulation for UL style 1429, 1430, 1431 Fook-up wire, and shielded wire
ポリエチレン Polyethylene	ケーブル、シールド線の絶縁体 Insulation for cable and shielded wire
架橋ポリエチレン Irradiated Polyethylene	UL style 3302、3265、3266 などケーブル、シールド線の絶縁体 Insulation for UL style 3302, 3265, 3266 cables and shielded wire
ETFE	Fook up wire
FEP	Fook-up wire

電線の許容電流

ALLOWABLE CURRENT OF THE WIRE

許容電流計算式

1. 絶縁電線の許容電流は次式により計算します。(JCS 168号C)
(空中または暗渠に布設される単心ケーブル)

$$I = \eta_0 \sqrt{\frac{T_1 - T_2}{r \cdot R_{th}}}$$

$$= \eta_0 \sqrt{\frac{T_1 - 40}{r \cdot R_{th}}} \quad (\text{基底温度 } 40^\circ\text{C} \text{ の場合})$$

(For the base temperature of 40°C)

$$r = \{1 + \alpha (T_1 - 20)\} r_0$$

$$= \{1 + 0.00393 (T_1 - 20)\} r_0 \quad (\text{銅導体の場合})$$

(For copper conductor)

$$R_{th} = R_1 + R_3$$

$$R_1 = \frac{\rho_1}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$R_3 = \frac{10\rho_3}{\pi d_2}$$

ρ_1 : 絶縁体の固有熱抵抗 [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm} / \text{W}$] ρ_1 : Unique thermal resistance of insulation [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm} / \text{W}$]	
ポリエチレン Polyethylene	450
架橋ポリエチレン Irradiated polyethylene	450
PVC	600
架橋PVC Irradiated PVC	600
硅素ゴム Silicon rubber	500
エチレンプロピレンゴム Ethylene propylene rubber	500
ブチルゴム Butyl rubber	500
クロロプレンゴム Chloroprene rubber	500
ハイパロンゴム Hypalon rubber	500
FEP	400

ρ_3 : 表面放散熱抵抗 [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm}^2 / \text{W}$] ρ_3 : Surface radiation thermal resistance [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm}^2 / \text{W}$]	
上表の物 Materials shown in the upper table	$500 + 10d_2 (d_2 \leq 40)$
含浸編組 Immersed braid included	$400 + 20d_2 (d_2 \leq 20)$
〃	$800 (d_2 > 20)$

Allowable Current Calculation Formula

1. The allowable current of insulated wire is calculated as follows. (JCS 168 C)
(Single core cable laid in air or duct)

- I : 許容電流 [A]
: Allowable current [A]
- T_1 : 導体最高許容温度 [$^\circ\text{C}$] (絶縁体耐熱温度)
: Conductor max. allowable temperature [$^\circ\text{C}$]
(insulation heat resistant temperature)
- T_2 : 周囲温度 (一般に 40°C)
: Ambient temperature (generally 40°C)
- r : 電線の T_1 における導体実効抵抗 [Ω / cm]
: Conductor effective resistance of wire at T_1 [Ω / cm]
- r_0 : 電線の 20°C における導体実効抵抗 [Ω / cm]
: Conductor effective resistance of wire at 20°C [Ω / cm]
- α : 導体抵抗の温度係数
銅線の場合 0.00393
アルミの場合 0.0040
: Temperature coefficient of conductor resistance
For copper wire 0.00393
For AL wire 0.0040
- R_{th} : 全熱抵抗 [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm} / \text{W}$]
: Gross thermal resistance [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm} / \text{W}$]
- R_1 : 絶縁体の熱抵抗 [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm} / \text{W}$]
: Thermal resistance of insulation [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm} / \text{W}$]
- R_3 : 電線表面放散熱抵抗 [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm} / \text{W}$]
: Radiation thermal resistance of wire surface [$^\circ\text{C} \cdot \text{cm} / \text{W}$]
- d_1 : 導体外径 [mm]
: Conductor outside dia. [mm]
- d_2 : 絶縁体外径 [mm]
: Insulation outside dia. [mm]
- η_0 : 多数布設する場合の許容電流低減率
: Allowable current decrement when multiple of wires and laid

最高許容温度 ($^\circ\text{C}$) (各材料の耐熱性参照) Max. allowable temperatur ($^\circ\text{C}$) (refer to heat resistance of each material)									
一般PVC Plain PVC	60								
耐熱PVC Heat resistant PVC	45, 80, 90, 105								
ポリエチレン Polyethylene	75								
架橋ポリエチレン Irradiated Polyethylene	90								
ブチルゴム Butyl rubber	80								
FEP	200								
ビーメックス BEAMEX	(耐熱性参照) Refer to the heat resistance (一般使用) For general use <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>VF, VC</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>NF</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>ER470</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>ER500</td> <td>150</td> </tr> </table>	VF, VC	105	NF	125	ER470	125	ER500	150
VF, VC	105								
NF	125								
ER470	125								
ER500	150								

2. 絶縁電線を隣接して多数布設する場合は、低減率を掛けなければならぬ。

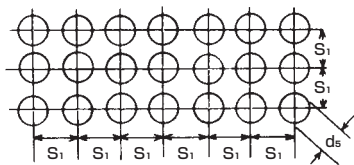
2.The decrements must be applied when multiple of insulated wires are to be laid side by side.

空中に多数布設する場合の低減率 (η_0) (その1)
Decrements for multiple laying in air (η_0) (1)

条数 No. of wires	電流低減率 (η_0) Current reduction rate (η_0)								
	1	2	3	6	4	6	8	9	12
配列 Arrangement									
中心間隔 Center distance	d_3	S_1	S_1	S_1	S_1	S_1	S_1	S_1	S_1
$S_1=d_3$		0.85	0.80	0.70	0.70	0.60	—	—	—
$S_1=2d_3$	1.00	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90	0.85	0.80	0.80
$S_1=3d_3$		1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.90	0.85	0.85

ケーブルを多条布設する場合の許容電流低減率 (空中、暗渠) (その2)
Decrements of allowable current for laying of multiple cables (in air and duct) (2)

		電流低減率 (η_0) Current reduction rate (η_0)																
中心配列間隔 Cable arrangement center distance	段 Stage (n)	1						2						3				
	列 Row (m)	7~20	4	5	6	7	8~20	3	4	5	6	7	8	9~10	11~12	13~15	16~19	20
$S=d_1$		0.70	0.6	0.56	0.53	0.51	0.50	0.48	0.41	0.37	0.34	0.32	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
$S=2d_2$		0.80	—	0.73	0.72	0.71	0.70	—	—	0.68	0.66	0.65	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60



配列は左図に示す例の場合次の様にする。
The arrangement is as shown below in case of the left example.
段数 $n=3$
No. of stages $n = 3$ } 合計条数は $n \times m = 21$ 条
列数 $m=7$
No. of rows $m = 7$ } Total number of cables $n \times m = 21$ cable

(注) $S=d$ 布設とはケーブル密接布設であり、 $S=2d$ 布設とは互いに隣接するケーブル半径の和の分の空隙をもつ。
Note) The laying $S = d$ is the dense cable laying while the laying $S = 2d$ has the gap equivalent to the sum of radii of adjacent cables.

3. 基底温度 (T_2) が 40°C (または 30°C) と異なる時は、それぞれの温度に対する補正係数を掛けなければならない。

3.When the base temperature (T_2) is different from 40 (or 30) $^\circ\text{C}$, the compensation factor for each temperature must be applied.

基底温度補正係数
Base temperature compensation factor

$$I' = I \times \sqrt{\frac{T_1 - T_2}{T_1 - 40}}$$

I' : 基底温度 T_2 の時の許容電流

: Allowable current at the base temperature of T_2

I : 基底温度 40°C の時の許容電流

: Allowable current for the base temperature of 40°C

T_1 : 導体最高温度

: Conductor max. temperature

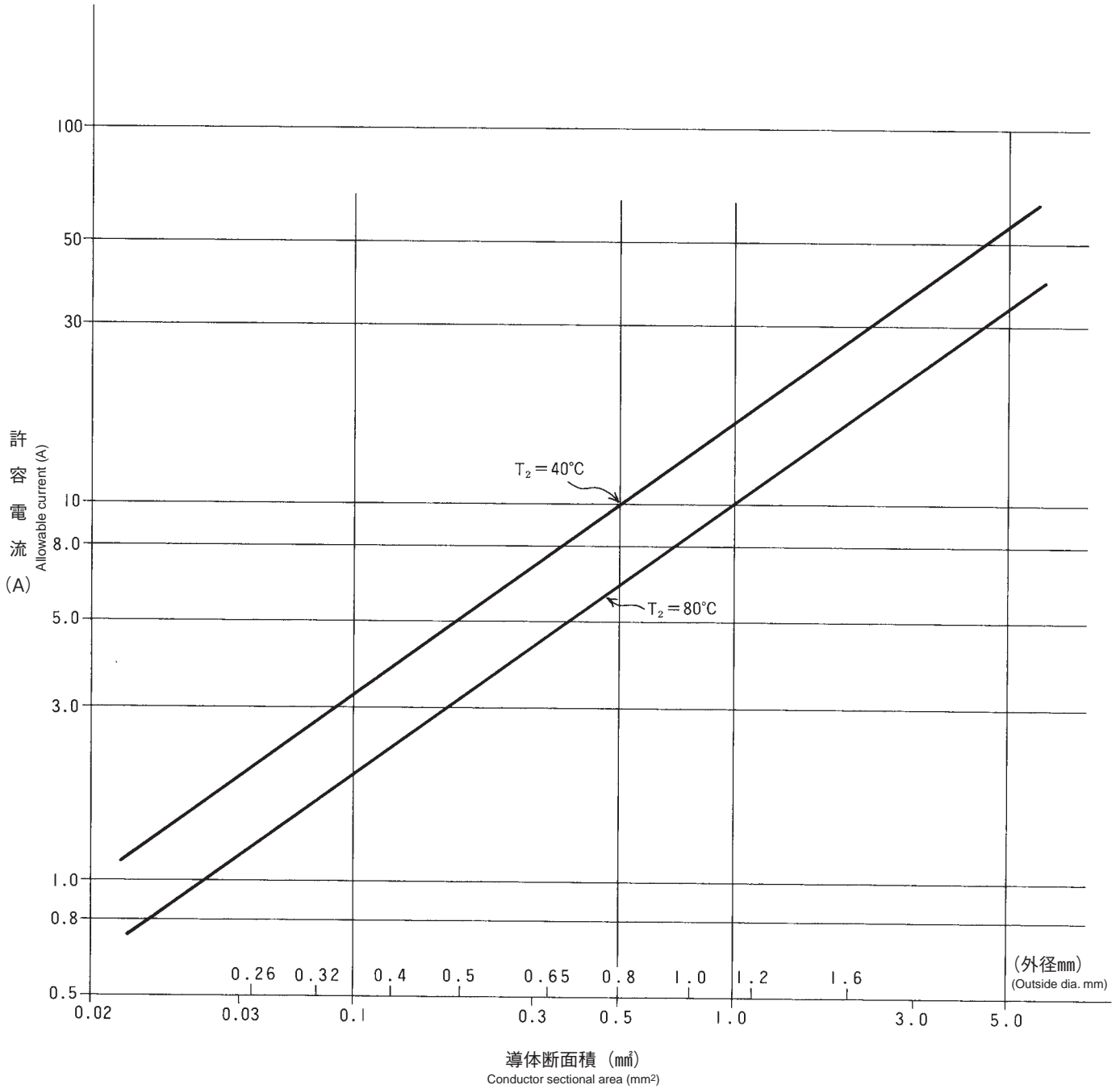
ビーメックス電線の許容電流 (ビーメックス-VC、VF)
BEAMEX wire allowable current (BEAMEX-VC, VF)

(絶縁電線 1 本を空中または暗渠に布設した場合) (For laying of one insulated wire in air or duct)

(JCS 168 号 C)

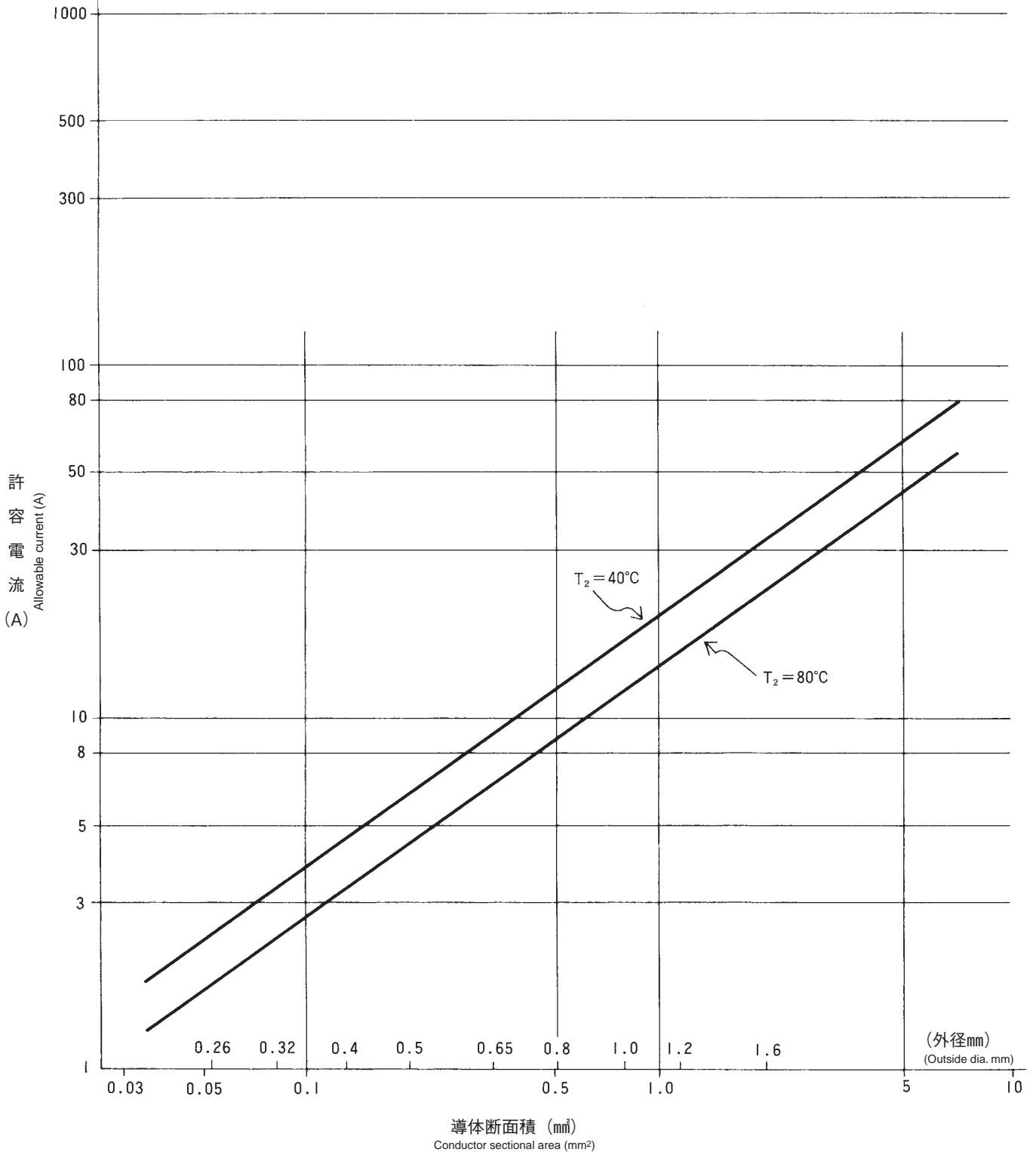
導体許容最高温度 : 105°C Conductor max. allowable temperature: 105°C

基底温度 : T_2 Base temperature: T_2



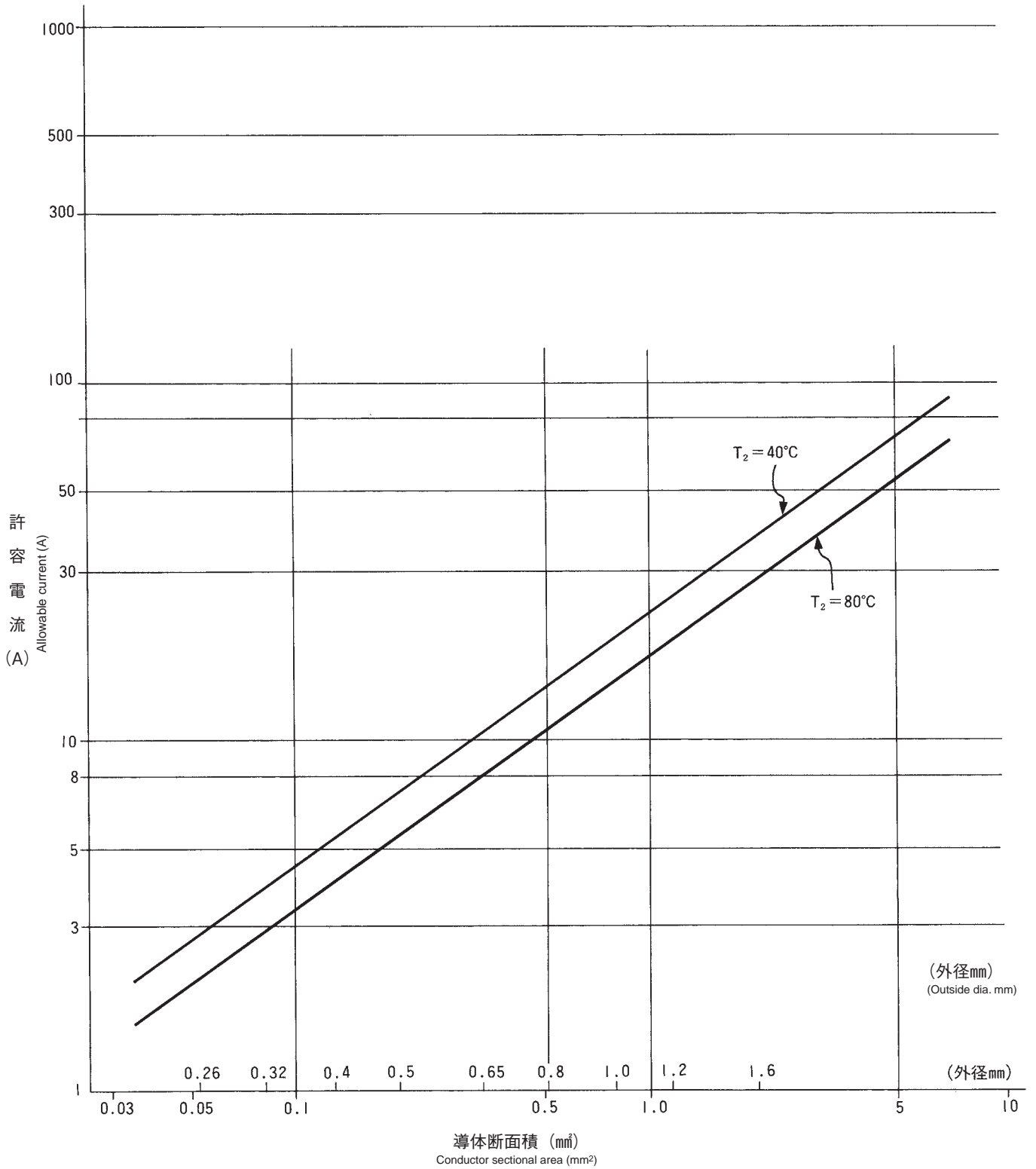
ビーメックス電線の許容電流 (ビーメックス-NF, NFS)
BEAMEX wire allowable current (BEAMEX-NF, NFS)

(絶縁電線 1 本を空中または暗渠に布設した場合) (For laying of one insulated wire in air or duct)
(JCS 168 号 C)
導体許容最高温度 : 120°C Conductor max. allowable temperature: 120°C
基底温度 : T_2 Base temperature: T_2



ビーメックス電線の許容電流 (ビーメックス -ER500)
BEAMEX wire allowable Current (BEAMEX-ER500)

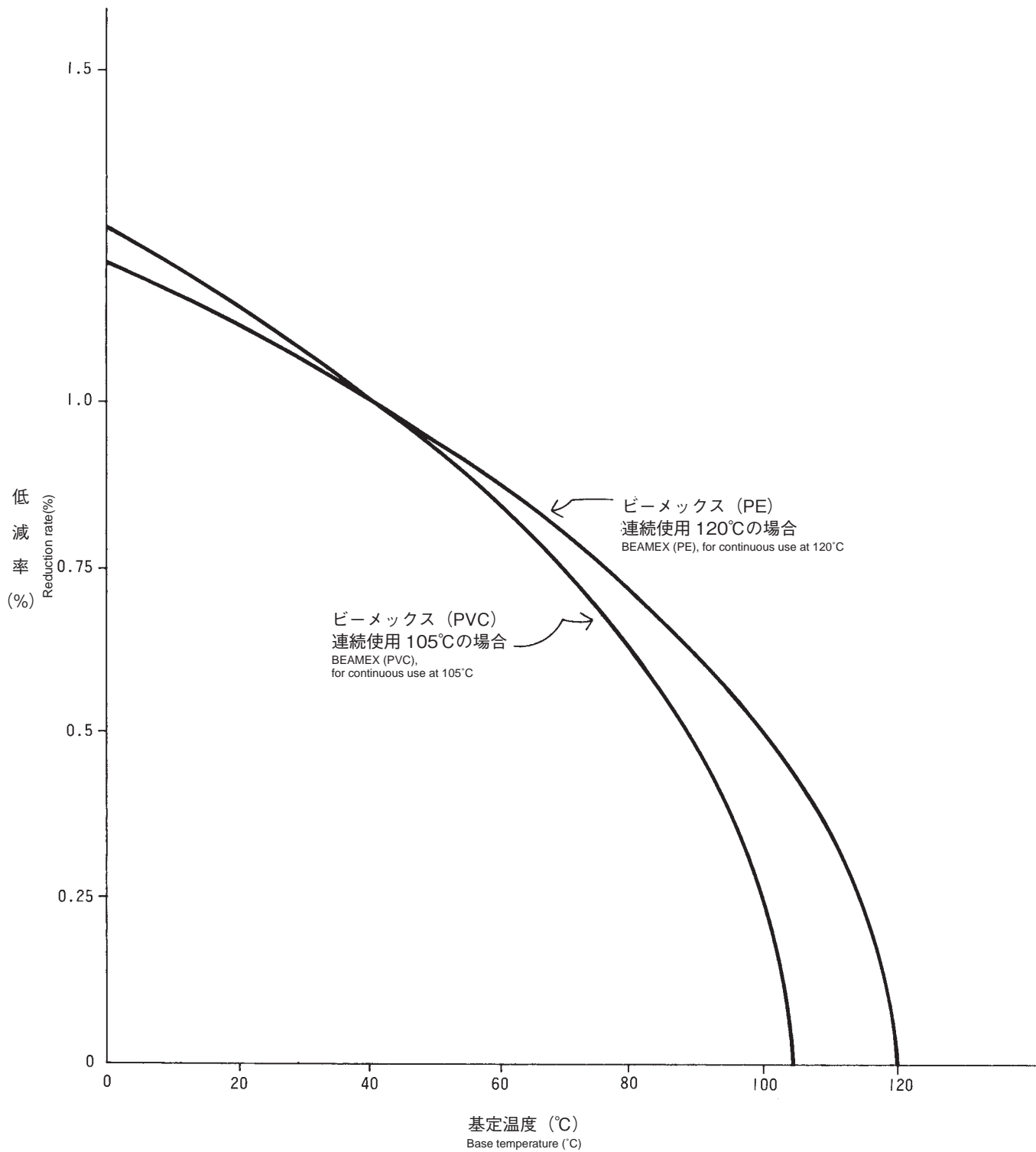
(絶縁電線 1 本を空中または暗渠に布設した場合) (For laying of one insulated wire in air or duct)
(JCS 168 号 C)
導体許容最高温度 : 150°C Conductor max. allowable temperature: 150°C
基底温度 : T_2 Base temperature: T_2



温度による許容電流低減率

Allowable current reduction rate depending on temperature

(基礎温度： T_2 が 40°C と異なる時、40°C での許容電流に低減率を掛ける)
(Base temperature: The reduction rate is to be applied to the allowable current at 40°C when T_2 is different from 40°C)



600V ビームックス -ER の許容電流 (ビームックス -ER470、ER500)

600V BEAMEX-ER ALLOWABLE CURRENT (BEAMEX-ER470, ER500)

600V ビームックス -ER の許容電流は空中に 1 条配線した場合で次のとおりです。

The allowable current of 600V BEAMEX-ER is as follows when one-wire is installed in air.

許容電流表

Allowable current table

導体公称断面積 Nominal conductor sectional area (mm ²)	許容電流 (A) Allowable current (A)			
	ビームックス -ER470 BEAMEX-ER470		ビームックス -ER500 BEAMEX-ER500	
0.5	13	10	14	10
0.75	17	13	19	13
1.25	24	18	26	18
2.0	32	24	35	24
3.5	49	36	53	36
5.5	65	48	72	49
8	83	61	91	62
14	122	89	134	91
22	173	126	191	129
30	211	154	232	157
38	247	180	271	183
導体最高許容温度 Conductor max. allowable temperature (°C)	125	125	150	150
周囲温度 Ambient temperature (°C)	40	80	40	100

周囲温度が異なる場合は、その温度に応じ次の係数を乗じて許容電流を算出してください。

When the ambient temperature is different, multiply the following factor according to the temperature to calculate the allowable current.

許容電流補正係数表

Allowable current compensation factor table

周囲温度 Ambient temperature (°C)	係数 Factor	
	ビームックス -ER470 BEAMEX-ER470	ビームックス -ER500 BEAMEX-ER500
	周囲温度 80°C を基準にした場合 With reference to the ambient temperature of 80°C	周囲温度 100°C を基準にした場合 With reference to the ambient temperature of 100°C
140	—	0.45
130	—	0.63
120	0.33	0.77
110	0.58	0.89
100	0.74	1.00
90	0.88	1.09
80	1.00	1.18
70	1.10	1.26
60	1.20	1.34
50	1.29	1.41
40	1.37	1.48

電気機器配線用電線の許容電流

各種電気機器内配線用電線の許容電流は、空中に1条配線した場合で次のとおりです。

Allowable current of wire for internal wiring of electric equipment

The allowable current of wire for internal wiring of various electric equipment is as follows when one wire is installed in air.

許容電流表

Allowable current table

導体公称断面積 Nominal conductor sectional area (mm ²)	許容電流 (A) Allowable current (A)		
	器具用ビニルコード PVC cord for appliances	耐熱 PVC コード Heat resistant PVC cord	600V 電気機器用ビニル絶縁電線 PVC insulated wire for 600V electric equipment
0.75	7	8	10
1.25	12	14	13
2.0	17	20	18
3.5	23	28	26
5.5	35	42	36
8	—	—	46
14	—	—	68
22	—	—	95
30	—	—	116
38	—	—	135
50	—	—	159
60	—	—	185
80	—	—	225
100	—	—	262
導体最高許容温度 Conductor max. allowable temperature (°C)	60	75	60
周囲温度 Ambient temperature (°C)	30	30	40

許容電流補正係数表

Allowable current compensation factor table

周囲温度が異なる場合は、その温度に応じ次の係数を乗じて許容電流を算出します。

When the ambient temperature is different, multiply the following factor according to the temperature to calculate the allowable current.

周囲温度 Ambient temperature (°C)	係数 Factor		
	器具用ビニルコード PVC cord for appliances	耐熱 PVC コード Heat resistant PVC cord	600V 電気機器用ビニル絶縁電線 PVC insulated wire for 600V electric equipment
90	—	—	—
80	—	—	—
70	—	0.33	—
65	—	0.47	—
60	—	0.58	—
55	0.41	0.66	0.50
50	0.58	0.74	0.71
45	0.71	0.81	0.87
40	0.82	0.88	1.00
35	0.91	0.94	1.12
30	1.00	1.00	1.22

ビームックス電線の短絡時許容電流

回路部品が故障した際には電線に短絡電流が流れることがあります。このような短絡電流については絶縁体の短時間耐熱性により許容電流値が決まります。

ビームックス電線の場合には、その良好な耐半田性からも判断できるように、十数秒間であれば 300°C に十分耐えることができます。そこで、短絡時の最高許容温度 (T_s) として 300°C を選ぶこととします。

短絡時許容電流計算式

Formula for maximum allowable (tolerable) short-circuit current

$$I^2 = \frac{JQA}{\alpha r_1 t_s} \ln \frac{\frac{1}{\alpha} - 20 + T_s}{\frac{1}{\alpha} - 20 + T_4}$$

ここに

J : 4.2

Q : 導体の単位体積当たりの熱容量 (cal/°C · cm³)

A : 導体の断面積 (cm²)

α : 20°C における導体の温度係数…… (銅導体の場合、0.00393)

r₁ : 20°C における交流導体抵抗 (Ω / cm)

T₄ : 短絡前の導体温度 (°C)

T_s : 短絡時の最高許容温度 (°C) …… (ビームックス電線の場合 300°C)

t_s : 短絡電流の持続時間 (sec)

(図) に短絡前の導体温度を 80°C とした場合の短絡時許容電流を示す。

See the attached figure, which plots curves for max tolerable (allowable) short-circuit currents at 80°C of conductor temp before short-circuit.

ビームックス電線の短絡時許容電流 (JCS 168号C)

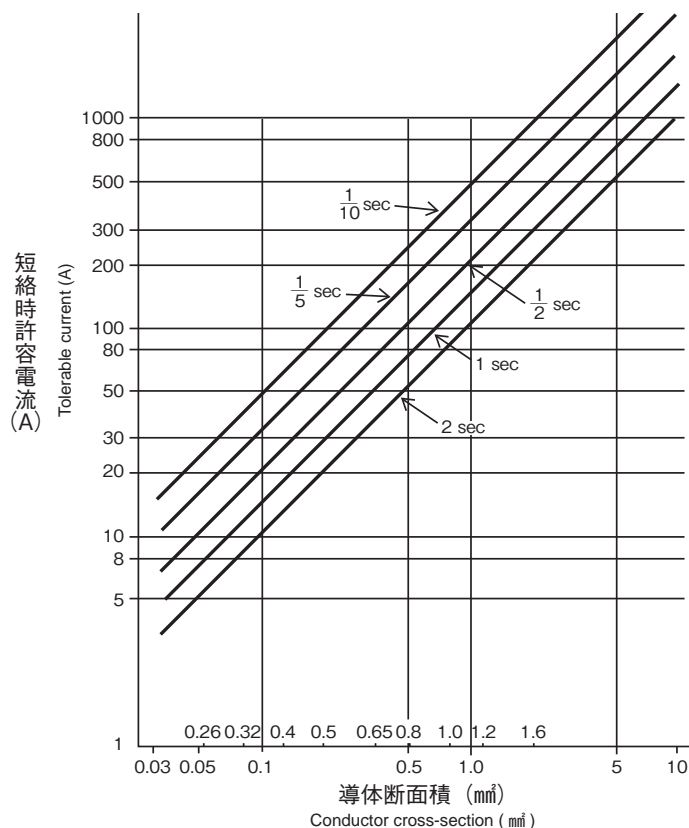
Allowable short-circuit current for BEAMEX wire (JCS 168C)

短絡前の導体温度 : 80°C

Pre-short-circuit temp. (conductor) : 80°C

短絡時の最高許容温度 : 300°C

In-short-circuit max tolerable temp. : 300°C



Maximum Allowable Short-Circuit Current for BEAMEX Wire

A failed circuitry (failed part) could cause a short-circuit current in the (circuit) wiring. Instantaneous heat resistance of the insulation decisively serves to fix a max tolerable current for the wiring.

The BEAMEX wire can withstand a temperature of 300°C for 10 plus seconds, which is made out by its faultless workability with solder. Now, given 300°C of max allowable short-circuit temperature (T_s), the formula for max tolerable current is as follows:

Where,

J : 4.2

Q : thermal capacity for unit volume (cal/°C · cm³)

A : cross-sectional area of conductor (cm²)

α : temp coefficient at 20°C (copper: 0.00393)

r₁ : impedance at 20°C (Ω / cm)

T₄ : temp of conductor before short-circuit (°C)

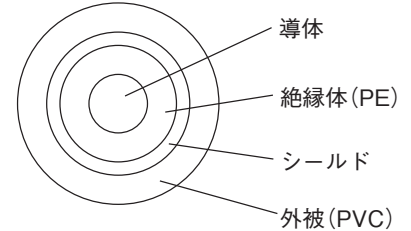
T_s : max allowable (tolerable) temp at short circuit (°C), 300°C for BEAMEX wire

t_s : time duration for short-circuit current (sec)

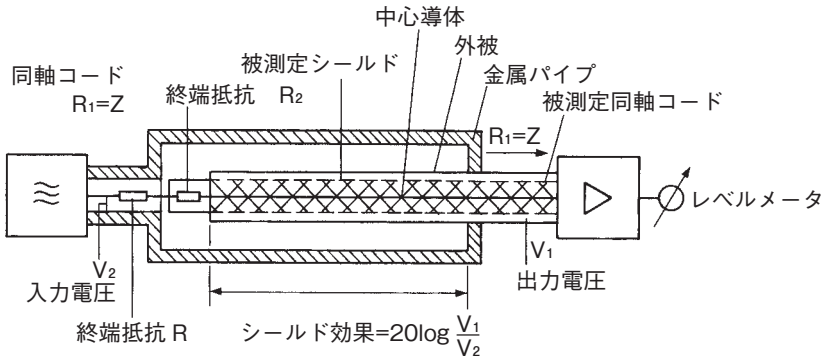
民生電子機器配線用各種シールド電線のシールド効果

民生用電子機器の信号回路、高周波回路には、各種のシールド電線が静電シールドを目的として使用されております。これらの電線のシールド層には、電気銅、アルミ箔、導電性プラスチックなどが使用され、そのシールド効果は、下図のような試験方法で評価することができます。

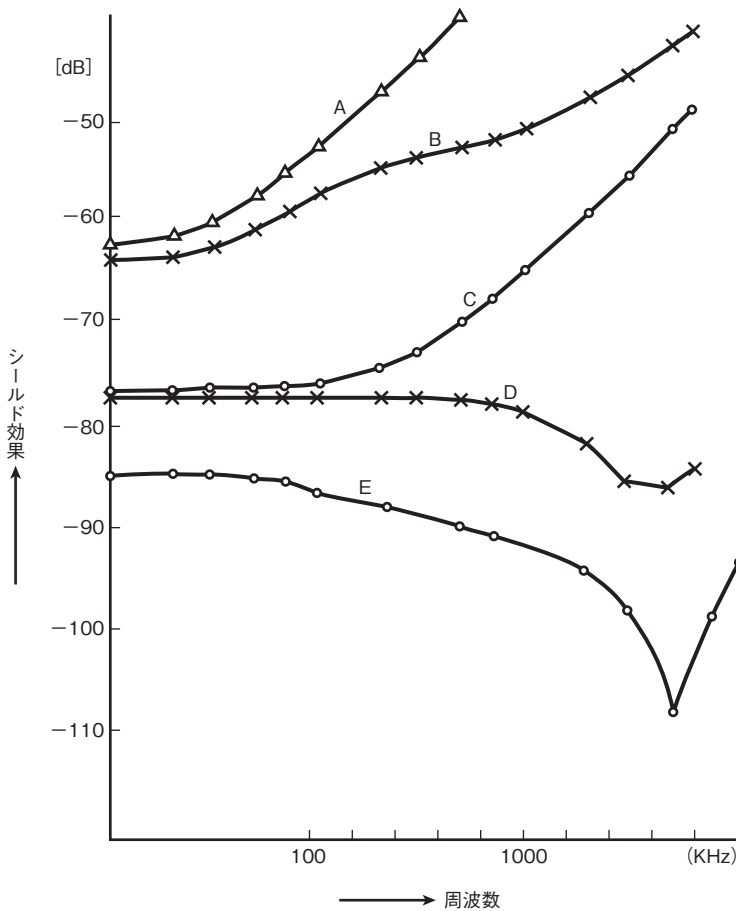
2. シールド効果測定ケーブル概要



1. シールド効果の評価方法



3. 各種シールド電線のシールド効果特性例



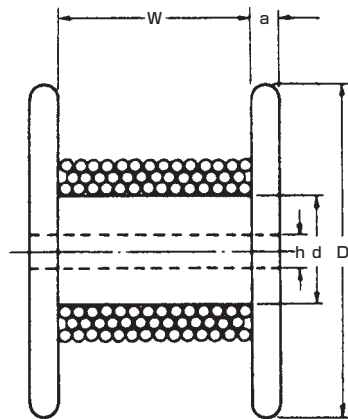
A	導電性 PVC
B	アルミ箔シールド
C	横巻シールド
D	編組シールド
E	編組シールド (二重)

出荷ボビンサイズ一覧表（古河標準）

単位：mm

ボビン名称	罫径 (D)	胴径 (d)	内幅 (W)	外幅	罫厚 (a)	穴径 (h)	質量 (g)	容積 (cm ³)
P-1	100	50	70	90	10	15.5	96	412
P-3	130	60	90	110	10	20	153	940
P-5	160	70	90	114	12	20	255	1460
P-7	180	90	100	124	12	25	335	1910
P-10	200	90	110	134	12	25	435	2750
P-15	250	110	110	140	15	30	727	4350
P-25	300	130	130	160	15	30	1120	7460
P-35	350	150	130	164	17	32	1960	10210

Pはプラスチック製巻枠を示す。



電気特性計算式

1. 直流導体抵抗

$$R = \rho \frac{\ell}{S} = \rho \frac{4\ell}{\pi d^2} (\Omega)$$

$$R_t = R \{1 + \alpha (t - 20)\} (\Omega)$$

ρ : 導体の体積固有抵抗 [$\Omega \cdot \text{cm}$]

R : 20°Cにおける直流導体抵抗 [Ω]

R_t : t°Cにおける直流導体抵抗 [Ω]

ℓ : 導体長 [cm]

d : 導体の直径 [cm]

S : 導体の断面積 [cm^2]

α : 温度係数

σ : 導電率 [%]

標準軟銅線の断面積 1 mm^2 、長さ 1m での抵抗は、

$$R = \frac{1}{58} = 0.017241 (\Omega) \text{ である。}$$

1) 軟銅単線の直流抵抗は

$$R = \frac{1}{58} \cdot \frac{4}{\pi \sigma d^2} \cdot 1000 = \frac{4 \times 10^3}{58 \pi \sigma d^2} (\Omega / \text{km})$$

2) 軟銅撚線の直流抵抗は

$$R = \frac{4 \times 10^3}{58 \cdot \pi \sigma d^2 \cdot n} (1 + S)$$

n : 素線数 S : 撚込率 $\begin{cases} 60 \text{ 本以下} & 2\% \\ 60 \text{ 本以上} & 3\% \end{cases}$

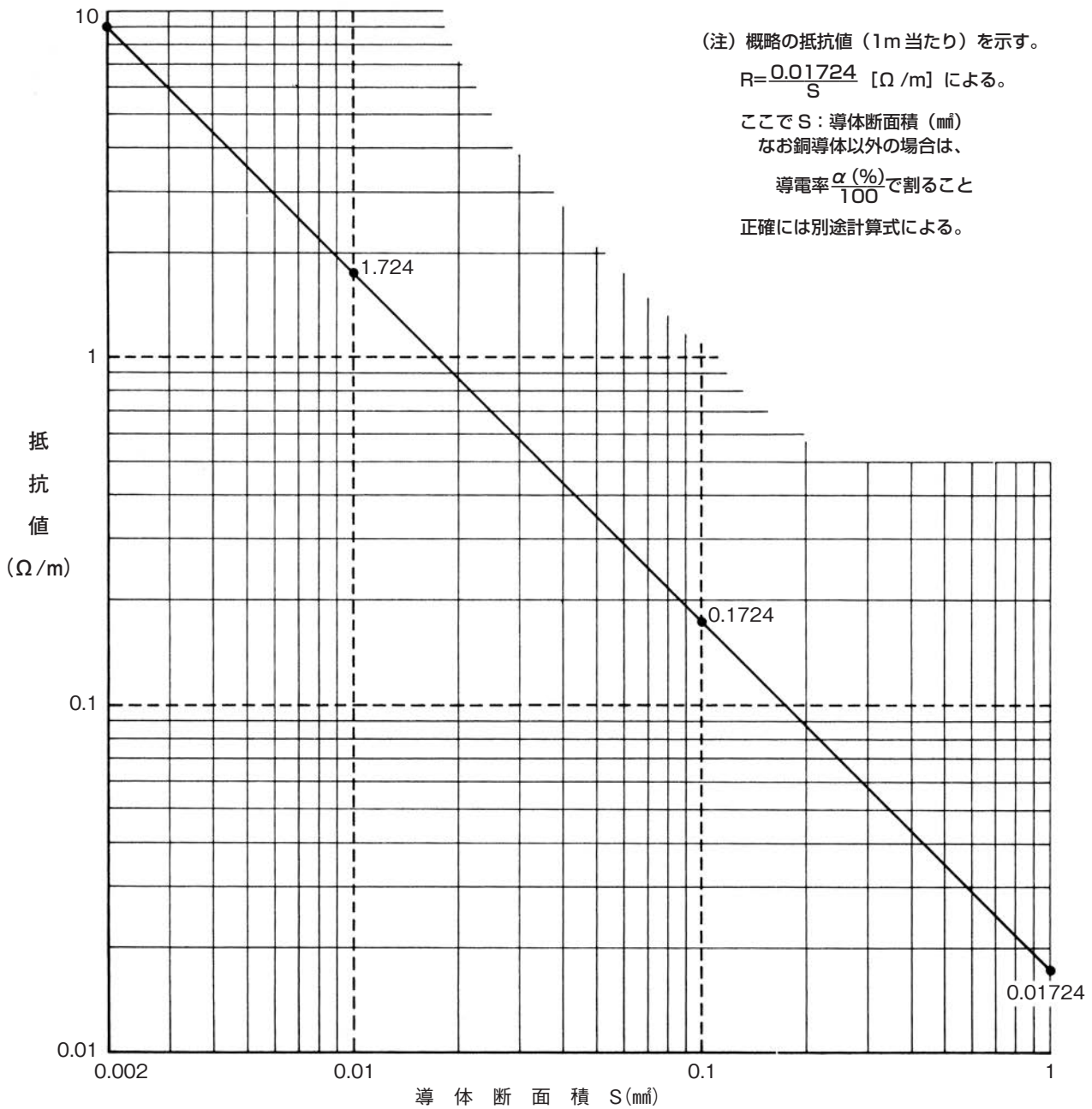
各種導体材料の基本特性比較表

	比重 (g/cm ³)	導電率 (% IACS)	固有抵抗 (20°C $\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	抵抗温度係数 (°C ⁻¹)	線膨張係数 (°C ⁻¹)
軟銅	8.89	100	1.7241	0.00393	17.0×10^{-6}
硬銅	8.89	97.0	1.7774	0.00381	17.0×10^{-6}
耐熱銅	8.89	96.0	1.7959	0.00381	17.0×10^{-6}
珪銅	8.89	45.0	3.8313	0.00177	17.0×10^{-6}
カドミウム銅	8.89	85.0	2.0284	0.00334	17.0×10^{-6}
40% EF	8.20	39.21	4.3971	0.00381	13.0×10^{-6}
30% EF	8.15	29.41	5.8623	0.0038	13.0×10^{-6}
硬アルミ	2.70	61.0	2.8264	0.0040	23.0×10^{-6}
イ号アルミ	2.70	52.0	3.3156	0.0036	23.0×10^{-6}
耐熱アルミ	2.70	58.0	2.9726	0.0039	23.0×10^{-6}
アルモウエルド	6.59	20.3	8.4931	0.0036	13.0×10^{-6}
アルミナイズド銅	7.55	—	—	—	11.5×10^{-6}
亜鉛メッキ銅	7.80	—	—	—	11.5×10^{-6}
高導電率耐熱アルミ	2.70	60.0	2.8735	0.0040	23.0×10^{-6}
無酸素銅	8.94	101	1.710	0.0044	16.5×10^{-6}
鉄	7.86	17.24	10.0	0.006206	11.7×10^{-6}
銀	10.53	105	1.642	0.004074	19.7×10^{-6}
金	19.32	70.7	2.440	0.003968	14.2×10^{-6}
錫	7.29	15.0	11.50	0.00447	23×10^{-6}
ニッケル	8.75	22.1	7.800	0.004873	13.3×10^{-6}

軟銅線の導電率 σ

サイズ	軟銅線	錫メッキ軟銅線
0.08 ~ 0.29 未満	0.98	0.93
0.291 ~ 0.45 未満	0.993	0.94
0.50 ~ 2.40 未満	1.00	0.96

導体抵抗 (銅導体)



2. 絶縁抵抗

$$R = \frac{3.665}{\ell} \cdot \rho \cdot \log_{10} \frac{D}{d} \times 10^{-7} \text{ (M}\Omega\text{)}$$

R : 絶縁体の絶縁抵抗 [MΩ]

ρ : 絶縁体の体積固有抵抗 [$\Omega \cdot \text{cm}$]

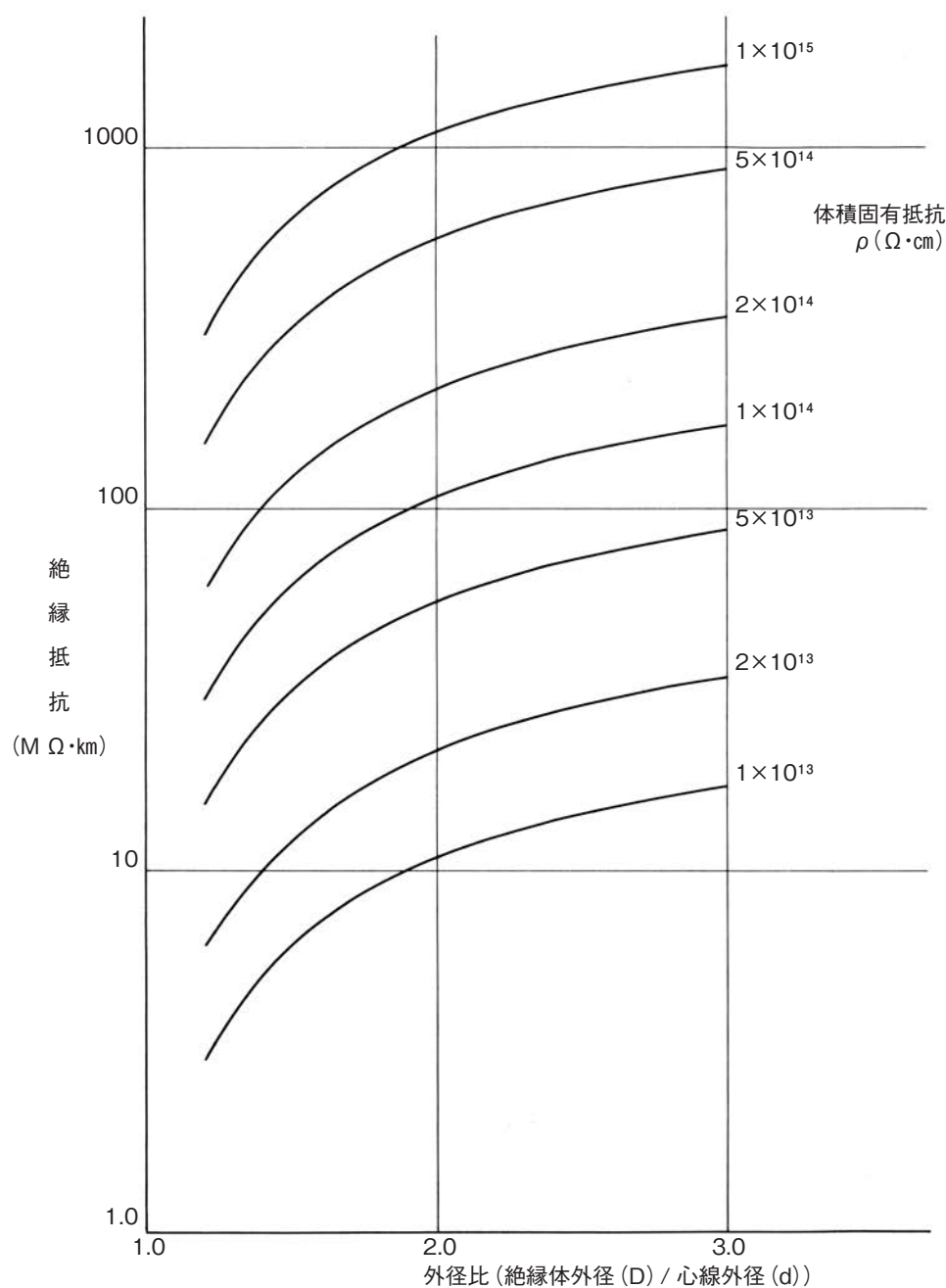
d : 導体外径 [mm]

D : 絶縁体外径 [mm]

ℓ : 電線の条長 [cm]

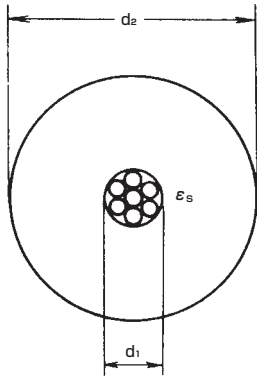
絶縁体材料	体積固有抵抗 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
ビニル (軟質)	$10^{11} \sim 10^{14}$
ビニル (硬質)	$> 10^{15}$
ポリエチレン	$> 10^{16}$
架橋ポリエチレン ビーメックス-S	$> 10^{16}$
架橋ポリエチレン ビーメックス-ER	$> 10^{15}$
ポリアミド樹脂	$4 \times 10^{13} \sim 7 \times 10^{14}$
ETFE	$> 10^{16}$
FEP	$> 10^{17}$
PFA	$> 10^{16}$
PVF ₂	$> 10^{14}$
ポリウレタン	$10^{11} \sim 10^{13}$
ポリエステル	$10^{14} \sim 10^{15}$
ポリイミド	10^{18}
シリコンゴム	$10^{12} \sim 10^{15}$

絶縁抵抗と外径比の関係



3. 静電容量

1) 同軸ケーブル

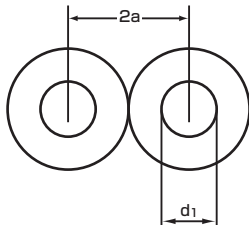


- C : 静電容量 (pF/m)
- d₀ : 内部導体素線径 (mm)
- d₁ : 内部導体外径 (mm) = d₀ × K
- d₂ : 外部導体内径 (mm)
- K : 撚線の外径倍数
- dw : 編組素線径 (mm)
- ε₀ : 真空の誘電率
- ε_s : 絶縁体の比誘電率
- ε : 絶縁体の実効誘電率 (=ε_sε₀)
- k : 内部導体実効外径係数

撚導体本数	k	K
1	1.0	1.0
7	0.94	3.0
12	0.96	4.15
19	0.97	5.0

$$C = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{d_2 + 1.5dw}{kd_1}} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_s}{\ln \frac{d_2 + 1.5dw}{kd_1}} = \frac{24.13\epsilon_s}{\log_{10} \frac{d_2 + 1.5dw}{kd_1}} \text{ (pF/m)}$$

2) 対撚り線



- 2a : 導体中心間距離 (mm)
- ε_s : 絶縁体の比誘電率

$$C = \frac{\pi\epsilon}{\ln \frac{2a + \sqrt{(2a)^2 - (kd_1)^2}}{kd_1}} = \frac{12.08\epsilon_s}{\log_{10} \frac{2a + \sqrt{(2a)^2 - (kd_1)^2}}{kd_1}} \text{ (pF/m)}$$

4. ケーブル諸定数の計算式（正弦波交流）

記号

$$\left. \begin{array}{l} R : \text{往復抵抗 } (\Omega / \text{loop. km}) \\ L : \text{インダクタンス } (\text{H} / \text{km}) \\ C : \text{静電容量 } (\text{F} / \text{km}) \\ G : \text{漏洩量 } (\text{U} / \text{km}) \end{array} \right\} \text{一次定数}$$

f : 周波数 (Hz)

ω : 角周波数 ($= 2\pi f$)

α : 減衰量 (Np/km) (1Np = 8.686dB)

β : 位相量 (rad/km)

γ : 伝播定数 $\gamma = \alpha + j\beta$

Z_0 : 特性インピーダンス (Ω)

$$\begin{aligned} Z_0 &= |Z_0| e^{j\theta} \quad (\theta : \text{rad/km}) \\ &= Z_Y + jZ_j \quad (Z_Y, Z_j : \Omega) \end{aligned}$$

1) 二次定数の基本式

$$\text{伝播定数} \quad \gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$$

$$\text{減衰定数} \quad \alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \{ \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} + (RG - \omega^2 LC) \}}$$

$$\text{位相定数} \quad \beta = \sqrt{\frac{1}{2} \{ \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} - (RG - \omega^2 LC) \}}$$

$$\text{特性インピーダンス } Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = |Z| e^{j\theta} = Z_Y + jZ_j$$

$$\left\{ \begin{array}{l} |Z_0| = \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} \\ \theta = \frac{1}{2} \left\{ \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} - \tan^{-1} \frac{\omega C}{G} \right\} \\ Z_Y = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} + \frac{RG + \omega^2 LC}{G^2 + \omega^2 C^2} \right\}} \\ Z_j = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} - \frac{RG + \omega^2 LC}{G^2 + \omega^2 C^2} \right\}} \end{array} \right.$$

2) 二次定数の近似式

●直流に対しては

$$\omega = 0$$

であるから

$$\alpha = \sqrt{RG} = \gamma \quad \beta = 0$$

$$|Z| = \sqrt{\frac{R}{G}} = Z_Y = Z_0, \quad \theta = Z_j = 0$$

●非常に低い周波数（たかだか商用周波位迄）に対しては

$$\omega^2 \doteq 0 \quad \omega L \ll R \quad \omega C \ll G$$

と見做せるから

(i) 伝播定数

$$\alpha \doteq \sqrt{RG} \left\{ 1 + \frac{1}{8} \left(\frac{\omega L}{R} + \frac{\omega C}{G} \right)^2 \right\} \doteq \sqrt{RG}$$

$$\beta \doteq \omega \left(\frac{L}{2} \sqrt{\frac{G}{R}} + \frac{C}{2} \sqrt{\frac{R}{G}} \right)$$

(ii) 特性インピーダンス

$$|Z_0| \doteq \sqrt{\frac{R}{G}} \left\{ 1 + \frac{1}{4} \left(\frac{\omega^2 L^2}{R^2} - \frac{\omega^2 C^2}{G^2} \right) \right\} \doteq \sqrt{\frac{R}{G}}$$

$$\theta \doteq \frac{1}{2} \left(\frac{\omega L}{R} - \frac{\omega C}{G} \right)$$

●低周波（音声周波程度）に対しては

$$\omega L \ll R, \quad \omega C \gg G \text{ かつ } LG \ll RC$$

が成り立つから

(i) 伝幅定数

$$\alpha \doteq \sqrt{\frac{\omega CR}{2}} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\omega L}{R} - \frac{G}{\omega C} \right) \right\}$$

$$\beta \doteq \sqrt{\frac{\omega CR}{2}} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\omega L}{R} - \frac{G}{\omega C} \right) \right\}$$

(ii) 特性インピーダンス

$$|Z_0| \doteq \sqrt{\frac{R}{\omega C}} \left\{ 1 + \frac{1}{4} \left(\frac{\omega^2 L^2}{R^2} - \frac{G^2}{\omega^2 C^2} \right) \right\}$$

$$\theta \doteq \frac{1}{2} \left(\frac{\omega L}{R} + \frac{G}{\omega C} \right) - \frac{\pi}{4}$$

●高周波（数10kHz程度以上）に対しては

$$\omega L \gg R, \quad \omega C \gg G$$

が成り立つから

(i) 伝幅定数

$$\alpha \doteq \left(\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \right) \left\{ 1 - \frac{1}{8} \left(\frac{R}{\omega L} + \frac{G}{\omega C} \right)^2 \right\}$$

$$\beta \doteq \omega \sqrt{LC} \left\{ 1 + \frac{1}{8} \left(\frac{R}{\omega L} + \frac{G}{\omega C} \right) \right\}$$

(ii) 特性インピーダンス

$$|Z_0| \doteq \sqrt{\frac{L}{C}} \left\{ 1 + \frac{1}{4} \left(\frac{R^2}{\omega^2 L^2} - \frac{G^2}{\omega^2 C^2} \right) \right\}$$

$$\theta \doteq \frac{1}{2} \left(\frac{G}{\omega C} - \frac{R}{\omega L} \right) \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{G^2}{\omega^2 C^2} + \frac{G}{\omega C} - \frac{R}{\omega L} + \frac{R^2}{\omega^2 L^2} \right) \right\}$$

5. 同軸ケーブル諸定数の計算式

記号

- d_1 : 内部導体の外径 (m)
- d_2 : 外部導体の内径 (m)
- t_1 : 内部導体の肉厚 (m)
- t_2 : 外部導体の肉厚 (m)
- ϵ : 絶縁体の実効誘電率 ($\epsilon_s \epsilon_0$)
- ϵ_s : 絶縁体の実効比誘電率
- ϵ_0 : 真空の誘電率 ($= \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{F/m}$)
- μ : 絶縁体の実効透磁率
- μ_0 : 真空の透磁率 ($= 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$)
- μ_1 : 内部導体の透磁率
- μ_2 : 外部導体の透磁率
- ρ_0 : 標準軟銅の固有抵抗 ($= 1.724 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$, 20°C)
- ρ_1 : 内部導体の固有抵抗 ($\Omega \text{ m}$)
- ρ_2 : 外部導体の固有抵抗 ($\Omega \text{ m}$)
- $\tan \delta$: 絶縁体の実効誘電体力率
- R : 実効導体抵抗 (Ω / m)
- R_1 : 内部導体の実効抵抗 (外側表面抵抗) (Ω / m)
- R_2 : 外部導体の実効抵抗 (内側表面抵抗) (Ω / m)
- L : インダクタンス (H/m)
- L_1 : 内部導体の自己インダクタンス (外側表面インダクタンス) (H/m)
- L_2 : 外部導体の自己インダクタンス (内側表面インダクタンス) (H/m)
- L_e : 外部インダクタンス (H/m)
- C : 静電容量 (F/m)
- G : 漏洩量 (V/m)
- f : 周波数 (Hz)
- ω : 角周波数 ($= 2\pi f$)
- α : 減衰量 (Np/m)
($1 \text{ Np} = 8.686 \text{ dB}$)
- α_r : 抵抗減衰量 (Np/m または dB/m)
- α_g : 漏洩減衰量 (Np/m または dB/m)
- β : 位相量 (rad/m)
- γ : 伝播定数 ($= \alpha + j\beta$)
- Z_0 : 特性インピーダンス (Ω)

1) 同軸ケーブルの一次定数 (正弦波交流について)

●基本式

R; 実効抵抗 Ω/m

$$R = R_1 + R_2$$

$$R_1 = \frac{1}{d_1} \sqrt{\frac{\mu_1 \rho_1 f}{\pi}} \cdot F_R(u_1) + \frac{(d_1' + 3d_1)}{4\pi d_1^2 d_1'} \cdot \rho_1$$

$$R_2 = \frac{1}{d_2} \sqrt{\frac{\mu_2 \rho_2 f}{\pi}} \cdot F_R(u_2) - \frac{(d_2' + 3d_2)}{4\pi d_2^2 d_2'} \cdot \rho_2$$

ここで $d_1' = d_1 - 2t_1$, $d_2' = d_2 + 2t_2$ であるが

一般に $t_i \ll d_i$ であるから $d_1' \doteq d_1$, $d_2' \doteq d_2$ とすると

$$R = \sqrt{\frac{\mu_1 \rho_1 f}{\pi}} \cdot \frac{F_R(u_1)}{d_1} + \sqrt{\frac{\mu_2 \rho_2 f}{\pi}} \cdot \frac{F_R(u_2)}{d_2} + \left(\frac{\rho_1}{\pi d_1^2} - \frac{\rho_2}{\pi d_2^2} \right)$$

L; インダクタンス H/m

$$L = L_0 + L_1 + L_2$$

$$L_0 = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1} = 0.4605 \log_{10} \frac{d_2}{d_1}$$

$$L_1 = \frac{1}{2\pi d_1} \sqrt{\frac{\mu_1 \rho_1}{\pi f}} F_L(u_1)$$

$$L_2 = \frac{1}{2\pi d_2} \sqrt{\frac{\mu_2 \rho_2}{\pi f}} F_L(u_2)$$

G; 漏洩量 U/m

$$G = \omega C \tan \delta = 2\pi f C \tan \delta$$

C; 静電容量 F/m

$$C = \frac{2\pi \varepsilon}{\ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{24.13 \cdot \varepsilon_s}{\log_{10} \frac{d_2}{d_1}} \times 10^{-12}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_s \cdot \varepsilon_0$$

ここに $F_R(u_i) = \frac{\sinh u_i + \sin u_i}{\cosh u_i - \cos u_i}$

$$F_L(u_i) = \frac{\sinh u_i - \sin u_i}{\cosh u_i - \cos u_i}$$

$$u_i = t_i \sqrt{\frac{2\omega \mu_i}{\rho_i}} = 2t_i \sqrt{\frac{\pi f \mu_i}{\rho_i}} = 2t_i \sqrt{\pi \rho_i f \mu_i} = \frac{2t_i}{\delta_i}$$

ρ_i : 導体の導電率 (Siemens/m)

δ_i : 導体の表皮厚さ (m)

$i = 1, 2$ (内, 外導体)

●近似式

○ 周波数が比較的高い場合は

 $F_R(u), F_L(u) \doteq 1$ となり

$$R = \frac{1}{d_1} \sqrt{\frac{\mu_1 \rho_1 f}{\pi}} + \frac{1}{d_2} \sqrt{\frac{\mu_2 \rho_2 f}{\pi}} + \left(\frac{\rho_1}{\pi d_1^2} - \frac{\rho_2}{\pi d_2^2} \right)$$

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\pi d_1} \sqrt{\frac{\mu_1 \rho_1}{\pi f}} + \frac{1}{2\pi d_2} \sqrt{\frac{\mu_2 \rho_2}{\pi f}}$$

さらに周波数が高い場合

$$R = \frac{1}{d_1} \sqrt{\frac{\mu_1 \rho_1 f}{\pi}} + \frac{1}{d_2} \sqrt{\frac{\mu_2 \rho_2 f}{\pi}} \quad (\text{ただし, } d_1, d_2 \text{ は } l \text{ に比しあまり小でない場合})$$

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

○ 内、外両導体が標準軟銅（非磁性体）かつ内部導体が充実導体であり絶縁体に磁性体を使用していない場合は

$$R = 83.04 \sqrt{f} \left\{ \frac{k_1}{d_1} + \frac{k_2}{d_2} F_R(u_2) \right\} \times 10^{-9} + 5.487 \left(\frac{k_1^2}{d_1^2} - \frac{k_2^2}{d_2^2} \right) \times 10^{-9}$$

$$L = 0.4605 \log_{10} \frac{d_2}{d_1} \times 10^{-6} + \frac{13.21}{\sqrt{f}} \left\{ \frac{k_1}{d_1} + \frac{k_2}{d_2} F_L(u_2) \right\} \times 10^{-9}$$

ここに $\mu_1 = \mu_2 = \mu = \mu_0$ (非磁性体) $F_R(u_1) = F_L(u_1) \equiv 1$ (充実内部導体) $u_2 = 30.3 t_2 \sqrt{f}$ (標準軟銅の場合)また $\rho_1 = k_1^2 \rho_0, \rho_2 = k_2^2 \rho_0$ とする この k_i の値は次のとおり

$$\left\{ \begin{array}{ll} k = 1 & (\text{銅単線, 銅円管}) \\ k = 1.2 & (\text{撚線}) \\ k = 1.3 & (\text{アルミニウム円管}) \\ k = 3.6 & (\text{鉛管}) \\ k = 2 \sim 3 & (\text{銅線編組}) \end{array} \right.$$

比較的周波数が高い場合は

 $F_R(u_2), F_L(u_2) \doteq 1$ となるから

$$R = 83.04 \sqrt{f} \left\{ \frac{k_1}{d_1} + \frac{k_2}{d_2} \right\} \times 10^{-9} + 5.487 \left(\frac{k_1^2}{d_1^2} - \frac{k_2^2}{d_2^2} \right) \times 10^{-9}$$

$$L = 0.4605 \log_{10} \frac{d_2}{d_1} \times 10^{-6} + \frac{13.21}{\sqrt{f}} \left\{ \frac{k_1}{d_1} + \frac{k_2}{d_2} \right\} \times 10^{-9}$$

さらに周波数が高い場合は

$$R = 83.04 \sqrt{f} \left\{ \frac{k_1}{d_1} + \frac{k_2}{d_2} \right\} \times 10^{-9} \quad (\text{ただし, } d_1, d_2 \text{ は } l \text{ に比しあまり小でない場合})$$

$$L = 0.4605 \log_{10} \frac{d_2}{d_1} \times 10^{-6}$$

2) 同軸ケーブルの二次定数 (正弦波交流について)

○同軸ケーブルは比較的高い周波数で用いられるので、通常 $\omega L \doteq \omega L_e \gg R, \omega C \gg G$ となる。

したがって

 Z_0 : 特性インピーダンス Ω

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C} - j \frac{R}{2\beta}}$$

 α : 減衰量 Np/m

$$\alpha = \alpha_\gamma + \alpha_g$$

$$\alpha_\gamma = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \quad \alpha_g = \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

β : 位相量 rad/m

$$\beta = \omega \sqrt{LC} \left\{ 1 + \frac{1}{8} \left(\frac{R}{\omega L} + \frac{G}{\omega C} \right) \right\}$$

○さらに数 10kHz 以上では下記となる

$$Z_0 = Z_\infty + \Delta Z_0 (1 - j)$$

$$\begin{cases} Z_\infty = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_s}} \ln \frac{d_2}{d_1} = \frac{138.2}{\sqrt{\epsilon_s}} \log_{10} \frac{d_2}{d_1} \\ \Delta Z_0 = \frac{1.98}{\sqrt{f}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_s}} \left(\frac{k_1}{d_1} + \frac{k_2}{d_2} \right) \end{cases}$$

周波数 f が数 100kHz 以上では ΔZ_0 の項を無視して差支えない

$$\begin{aligned} \alpha_Y &= \frac{\sqrt{10} \sqrt{\epsilon_s} \sqrt{f}}{60 \ln \frac{d_2}{d_1}} \left(\frac{\sqrt{\rho_1}}{d_1} + \frac{\sqrt{\rho_2}}{d_2} \right) \times 10^{-4} \text{ (Np/m)} \\ &= \frac{2.612 \sqrt{\epsilon_s} \sqrt{f}}{\log_{10} \frac{d_2}{d_1}} \left(\frac{k_1}{d_1} + \frac{k_2}{d_2} \right) \times 10^{-9} \text{ (dB/m)} \end{aligned}$$

$$\alpha_g = \frac{\pi}{3} \cdot f \cdot \sqrt{\epsilon_s} \cdot \tan \delta \times 10^{-8} \text{ (Np/m)} = 9.10 \cdot f \cdot \sqrt{\epsilon_s} \cdot \tan \delta \times 10^{-8} \text{ (dB/m)}$$

$$\beta = 20.94 \cdot f \cdot \sqrt{\epsilon_s} \times 10^{-9} + \frac{0.301 \sqrt{\epsilon_s}}{\sqrt{f} \cdot \log_{10} \frac{d_2}{d_1}} \left(\frac{k_1}{d_1} + \frac{k_2}{d_2} \right) \times 10^{-9}$$

●波長短縮率 $K = \frac{100}{\sqrt{\epsilon_s}}$ (%)

●限界周波数 (TE₁₁波の発生周波数)

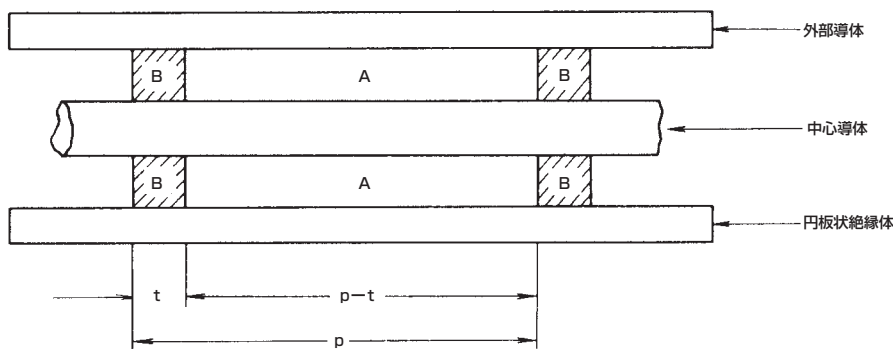
$$f_c = \frac{191}{(d_1 + d_2) \cdot \sqrt{\epsilon_s}} \text{ (MHz)} \dots\dots\dots \text{連続的な均一絶縁形式の場合}$$

$$f_c = \frac{300}{2p \cdot \sqrt{\epsilon_s}} \text{ (GHz)} \dots\dots\dots \text{ディスク絶縁等の均一間隔に配置された絶縁形式の場合}$$

ここに p : ディスク等の配置ピッチ (mm)

3) 同軸ケーブルの合成比誘電率および合成誘電体力率の計算式

円板状絶縁体の場合

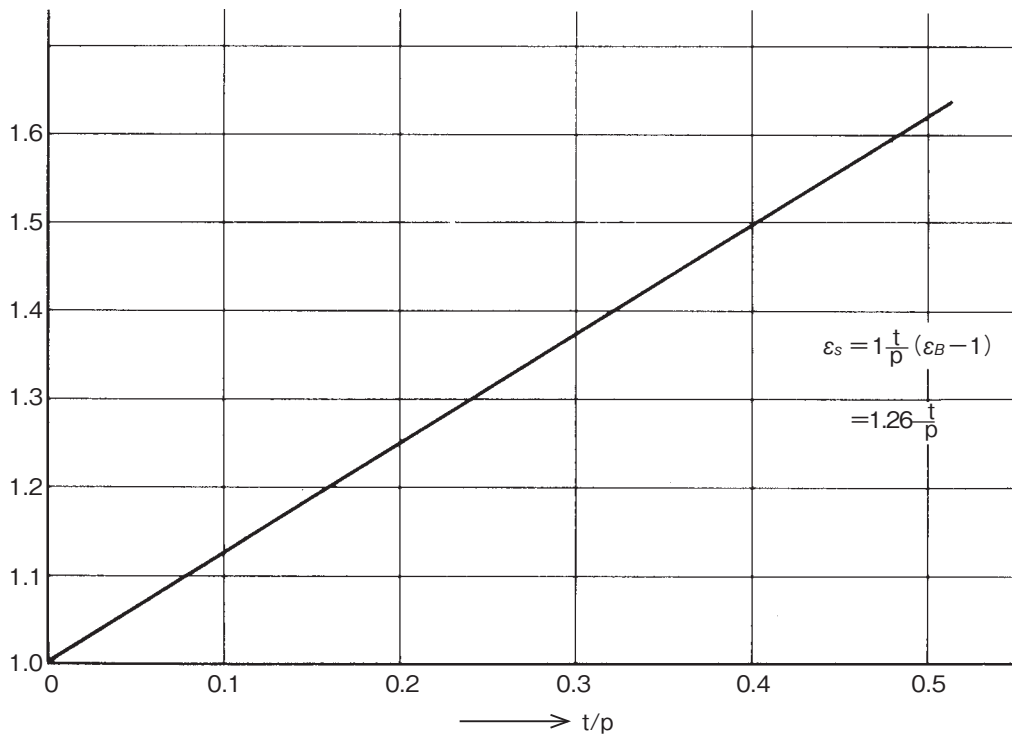


$$\epsilon_s = \epsilon_A \left(1 - \frac{t}{p} \right) + \epsilon_B \cdot \frac{t}{p}, \quad \tan \delta = \frac{\epsilon_A \cdot (p-t) \cdot \tan \delta_A + \epsilon_B \cdot t \cdot \tan \delta_B}{\epsilon_s \cdot p}$$

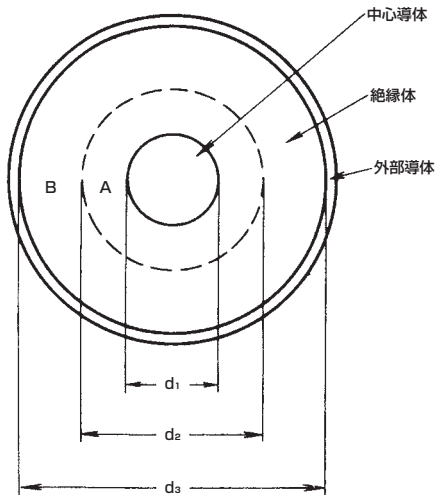
A を空気とすれば $\epsilon_A = 1, \tan \delta_A = 0$ となり

$$\epsilon_s = 1 + \frac{t}{p} (\epsilon_B - 1), \quad \tan \delta = \frac{\epsilon_B \cdot t \cdot \tan \delta_B}{\epsilon_s \cdot p}$$

○特に円板状絶縁体 B としてポリエチレン ($\epsilon_B = 2.26$) を使用した時の実効比誘電率 ϵ_s と p/t の関係は次図のとおりとなる。(ただし絶縁体 A は空気とする)



同軸絶縁の場合



$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_A \epsilon_B P}{\epsilon_A R + \epsilon_B Q}$$

$$\tan \delta = \frac{\epsilon_A R \tan \delta_B + \epsilon_B Q \tan \delta_A}{\epsilon_A R + \epsilon_B Q}$$

A を空気とすれば $\epsilon_A = 1$,
 $\tan \delta_A = 0$ となり

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_B P}{R + \epsilon_B Q}$$

$$\tan \delta = \frac{R \tan \delta_B}{R + \epsilon_B Q}$$

ここに
 $P = \ln \frac{d_3}{d_1}$, $Q = \ln \frac{d_2}{d_1}$, $R = \ln \frac{d_3}{d_2}$

コルデル螺旋絶縁

○円形コルデルの場合

内部導体の外径： d_1

外部導体の内径： d_2

コルデル絶縁体の外径： $d_3 = \frac{d_2 - d_1}{2}$

コルデル絶縁体の比誘電率： ϵ_c

コルデル絶縁体の誘電体力率： $\tan \delta_c$

コルデル絶縁体の巻きつけピッチ： p

とすれば

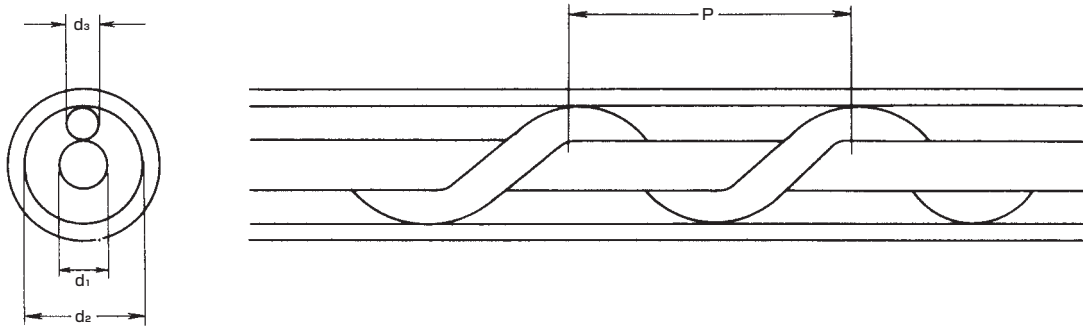
$$\text{コルデルの占有率 } k = \frac{d_3}{4d_4} \sqrt{1 + \left(\frac{\pi d_4}{p}\right)^2} = \frac{1}{4} \frac{d_2 - d_1}{d_2 + d_1} \sqrt{1 + \left(\frac{\pi d_4}{p}\right)^2}$$

ただし $d_4 = \frac{d_1 + d_2}{2}$

とおくと

$$\text{実効比誘電率 } \epsilon_s = 1 + (\epsilon_c - 1) k,$$

$$\text{実効誘電体力率 } \tan \delta = \frac{\epsilon_c \cdot k \cdot \tan \delta_c}{\epsilon_s}$$



6. 発泡絶縁体の発泡率と等価比誘電率

発泡体の実効比誘電率: ϵ_c

絶縁物の比誘電率: ϵ_i

発泡 (空気) の比誘電率: ϵ_a ($\epsilon_a = 1$)

発泡率の容積比: F (%)

とすると次の関係が成立する

$$\frac{\epsilon_i - \epsilon_c}{\epsilon_i - \epsilon_a} = \frac{F}{100} \cdot \frac{3\epsilon_c}{2\epsilon_c + \epsilon_a} \dots \dots \dots \text{A.S.Windeler の式}$$

発泡ポリエチレンの実効誘電比率

絶縁物として比誘電率 $\epsilon_i = 2.26$ のポリエチレンを用いた場合の ϵ_c と F との関係は次のとおり

