

3 絶縁体ジャケット材料

Insulation and jacket materials

9

プラスチック材料の一般特性	General properties of insulation/jacket materials	215～216
照射架橋プラスチックについて	Irradiated cross linked plastic materials	217～218

プラスチック材料の一般特性 General properties of insulation/jacket materials

Table 1 ビニル・ポリオレフィン PVC, Polyolefin

項目 Item	PVC	H-PVC	IR-PVC	PE	XLPE	PP
絶縁耐力 Voltage withstand (kV/mm)	20-35	20-35	25-40	35-50	35-50	35-50
体積抵抗率 Volume resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)	10^{12} - 10^{15}	10^{12} - 10^{15}	10^{12} - 10^{15}	10^{18}	10^{18}	10^{18}
誘電率 Dielectric constant	6-8	6-8	3.5-5	2.3	2.3	2.3
誘電正接 Dissipation factor (%)	4-12	4-12	3.4-5	0.02-0.05	0.02-0.05	0.02-0.05
引張り強さ Tensile strength (MPa)	15-25	15-25	15-29	12-15	14-18	25-34
伸び Elongation (%)	100-400	100-400	100-300	500-700	200-500	500-700
比重 Specific gravity	1.25-1.40	1.25-1.40	1.25-1.40	0.92-0.95	0.92-0.95	0.89-0.90
軟化温度 Softening temperature ($^{\circ}\text{C}$)	120	150	—	105-115	—	160
定格温度 Rating temperature ($^{\circ}\text{C}$)	60	75-105	105	75	105-125	105
難燃性 Flammability	◇	◇	◇	×	×	×
耐熱老化性 Heat resistance (Aging)	△	○	◇	○	◇	◇
耐熱変形性 Heat deformation resistance	△	△	◎	△	◎	○
耐寒性 Cold resistance	△	△	△	◇	◇	△
耐候性 Weather resistance (*3)	◎	◎	◎	× (◎)	× (◎)	× (◎)
耐オゾン性 Ozone resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐油性 Oil resistance	◇	◇	◇	◇	◎	◎
耐酸性 Acid resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◇
耐アルカリ性 Alkaline resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◎

Note ; 1 ◎優 Excellent, ◇極良 Very good, ○良 Good, △可 Fair, ×不可 Poor

2 塩化ビニル混和物は配合により特性が変わるので、代表例を示す。

For PVC compound, above table shows as a typical value since individual properties depend on formulation.

3 ポリエチレン、架橋ポリエチレン、ポリプロピレンの耐候性は黒色の場合のみ優れている。

In case of PE/XLPE/PP, excellent for black color only.

材料の正式名称と化学式 Description and chemical formula of materials

材料略号 Code	名称	Description	化学式 Chemical formula
PVC	ビニル	Polyvinyle chloride	$(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$
H-PVC	耐熱ビニル	Heat resistant PVC	
IR-PVC	照射架橋ビニル	Irradiated cross linked PVC	
PE	ポリエチレン	Polyethylene	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$
XLPE	架橋ポリエチレン	Cross linked polyethylene	
PP	ポリプロピレン	Polypropylene	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$

プラスチック材料の一般特性 General properties of insulation/jacket materials

Table 2 フッ素樹脂 Fluorocarbon polymers

項目 Item	PVdF	ETFE	FEP	PTFE	PFA	フロンレックス® (Fluonlex)
絶縁耐力 Voltage withstand (kV/mm)	20-35	20-35	15-30	20-30	20-35	20-30
体積抵抗率 Volume resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)	$>10^{14}$	$>10^{16}$	$>10^{18}$	$>10^{18}$	$>10^{18}$	10^{16}
誘電率 Dielectric constant	3.5-8	2.6	2.1	2.1	2.1	3.8
誘電正接 Dissipation factor (%)	5-25	0.2	0.03	0.02	0.02	—
引張り強さ Tensile strength (MPa)	39-59	59-69	20-25	15-32	17-29	8-18
伸び Elongation (%)	350-450	200-300	100-300	100-300	100-300	350
比重 Specific gravity	1.77	1.7	2.2	2.2	2.2	1.7
軟化温度 Softening temperature (°C)	149	270	285	327	305	—
定格温度 Rating temperature (°C)	105	150	200	250	250	200
難燃性 Flammability	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐熱老化性 Heat resistance (Aging)	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐熱変形性 Heat deformation resistance	◎	◎	◎	◎	◎	○
耐寒性 Cold resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐候性 Weather resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐オゾン性 Ozone resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐油性 Oil resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐酸性 Acid resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐アルカリ性 Alkaline resistance	◎	◎	◎	◎	◎	◎

Note ; 1 ◎優 Excellent, ◇極良 Very good, ○良 Good, △可 Fair, ×不可 Poor

2 フロンレックスは日立電線株式会社の登録商標です。

Fluonlex is a registered trademark of Hitachi-Cable, Ltd. in Japan.

材料の正式名称と化学式 Description and chemical formula of materials

材料略号 Code	名称	Description	化学式 Chemical formula
PVdF	ふっ化ビニリデン	Polyvinylidene fluoride	$(-\text{CF}_2-\text{CH}_2-)_n$
ETFE	エチレン四ふっ化エチレン	Copolymer of ethylene and tetrafluoro ethylene	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n-(\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_m$
FEP	四ふっ化エチレン六ふっ化プロピレン	Polyfluoro ethylene propylene	$(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n-(\text{CF}_2-\underset{\text{CF}_3}{\text{C}}-\text{CF}_2-)_m$
PTFE	四ふっ化エチレン	Tetrafluoro ethylene	$(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$
PFA	パーフロロアルコキシ	Perfluoroalkoxy	$(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n-(\text{CF}_2-\underset{\text{ORf}}{\text{C}}-\text{CF}_2-)_m$

照射架橋プラスチックについて Irradiated cross linked plastic materials

照射ワイヤとは、照射架橋PVCや照射架橋PEを絶縁体とした電線の総称です。

PVCやPEは、電気的特性、機械的特性、耐化学薬品性に優れており、しかも比較的廉価であることから広範囲に用いられています。ただし短所は高温になると軟化、熔融し、変形してしまう点です。しかしPVCやPEを架橋させると、分子構造が三次元的結合構造となり、融点以上に温度を上げて溶融、流動がなくなり、著しく耐熱性の向上が図れるほか、機械的強度、耐溶剤性、耐熱応力亀裂性なども向上します。

照射ワイヤにはつぎのような種類があります。

1. 照射架橋プラスチックの種類と照射ワイヤ
Typical wire and material

材料種類 Material	材料記号 Code	代表的 UL AWM 製品 Typical UL Style wire
照射架橋PVC	IR-PVC	3443, 1430, 1431
照射架橋PE	IR-PE	1553
照射架橋難燃PE	M-IR-PE	3265, 3266, 3271
照射架橋発泡PE	IR-PEF	1631, 2623
照射架橋難燃発泡PE	M-IR-PEF	1691, 2791

2. 照射ワイヤの特性 Properties of wire

項目	PVC	耐熱PVC	IR-PVC	PE	IR-PE	M-IR-PE
耐電圧特性	○	○	○	◎	◎	○
体積抵抗率 (Ω・cm)	10 ¹² ~10 ¹⁵	10 ¹² ~10 ¹⁵	10 ¹² ~10 ¹⁵	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹² ~10 ¹⁶
誘電率	3~7	3~7	3~5	2.3	2.3	2.5~4
引張り強さ	○	○	◎	△	○	○
耐摩耗性	○	○	◎	○	○	○
定格温度 (°C)	60	80~105	80~105	60~75	80~105	80~125
難燃性	自己消火性	自己消火性	自己消火性	可燃性	可燃性	自己消火性
はんだ耐熱性	×	×	◎	×	◎	◎
耐寒性 ⁽²⁾	-30°C	-20°C	-20°C	-60°C	-60°C	-30°C
端末剥離性	◎	◎	◎	○	○	○
可とう性	◎	○	○	○	○	○
シャープエッジに対する強度	○	○	◎	○	◎	◎

(備考) 1. ◎○△×の順で優劣を示す。

2. 耐寒性は巻付試験での結果を示していますが、0°C以下の温度で作業する時は、事前にご確認ください。

3. 材料の名称 Description of materials

IR-PVC 照射架橋PVC Irradiated cross linked PVC

IR-PE 照射架橋PE Irradiated cross linked PE

M-IR-PE 照射架橋難燃PE Irradiated cross linked flame retardant PE

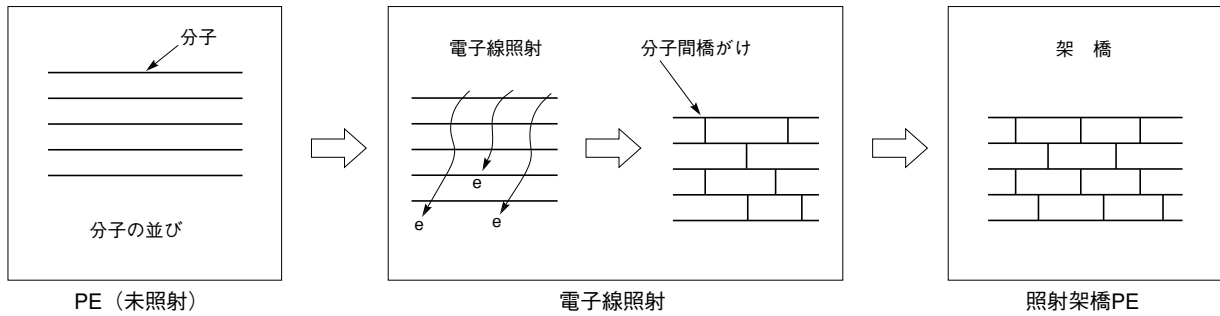
IR-PEF 照射架橋発泡PE Irradiated cross linked foamed PE

M-IR-PEF 照射架橋難燃発泡PE Irradiated cross linked flame retardant foamed PE

照射架橋プラスチックについて Irradiated cross linked plastic materials

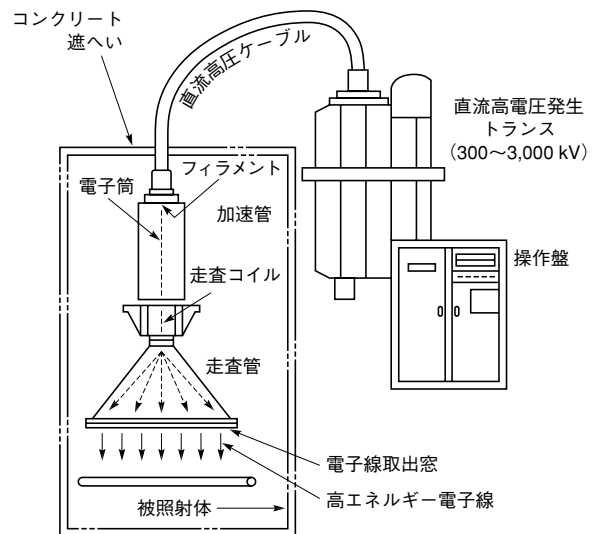
3. 照射架橋のメカニズム Molecular model of cross linking

3.1. 架橋機構 (PEの例)

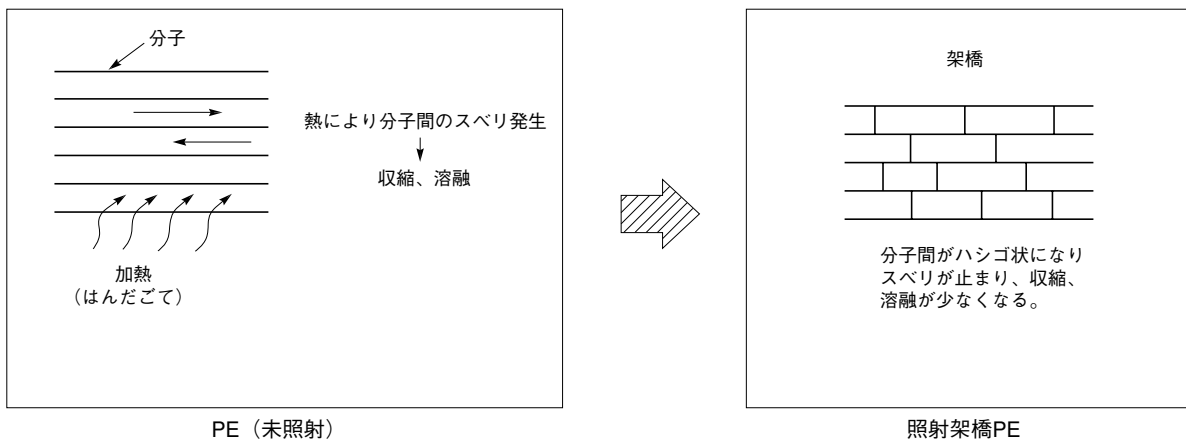


3.2. 電子線照射装置概要 Facility

- ① トランスにて高電圧を発生 (300~3,000kV)
- ② 直流高圧ケーブルを経て、加速管部に高電圧が印加される。
- ③ フィラメントから放出された電子群は、加速管部で加速され高エネルギーを得る。
- ④ スポット状の高速電子は、走査コイルで、帯状に走査(スキャン)され、薄いチタニウム製の取出窓を介し、大気に取り出される。
- ⑤ 取出窓の直下を通過する被照射体にエネルギーを与え架橋反応が起こる。



4. 照射架橋の効果のメカニズム Molecular model showing improved heat suitability



この様に分子間に架橋することによる三次元的結合を持った高分子材料は、架橋前のプラスチックに比較して、熱安定性が大幅に向上します。350℃/5秒以内では、はんだごてが触れても熔融、収縮、変形を起こすことがなくなります。→耐はんだ性の向上が図れます。なお、電気的特性、基本的な物性の変化はありません。