

# イラックス®の特性

## CHARACTERISTICS OF IRRAX™

### イラックス®とは何か

イラックス®とは住友電工が製造する電子線架橋耐熱プラスチックの総称である。

塩化ビニルやポリエチレンは電気的な破壊が生じにくく、酸やアルカリなどの化学薬品に侵され難く、機械的性質も優秀であり、低温でも容易に破壊せず押出や成型加工も非常にやり易い。

しかしながら、塩化ビニルやポリエチレン製品の唯一の欠点とも言えるのは高温になると溶けて流動を起こす点である。

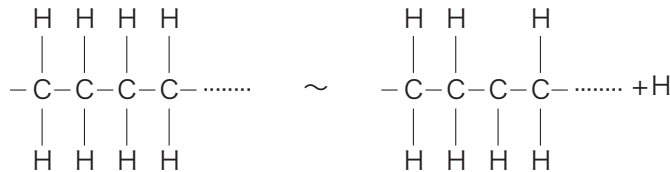
これは、塩化ビニルやポリエチレンが加工し易いと言う長所が逆に欠点ともなっている訳である。

これに対してゴムはかならず硫黄等の触媒を加えて、架橋して使われるので、もはや加工して製品になったものは溶けることはないのである。塩化ビニルやポリエチレンをその秀れた電気性能、化学的性能を生かして電線その他の電気絶縁材料、防食材料として用いた場合、実際に使用されるに当たり例えば電線の端末処理の時の半田の熱、部品のリードに用いた時の部品のワニス処理時の熱、何かの事故で一時的に200℃位に温度上昇を生じるなど熱履歴を受ける機会意外に多いものである。

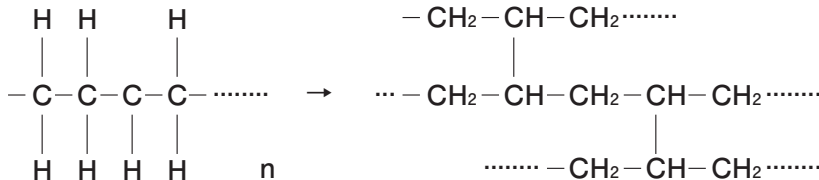
こんな時に絶縁体の塩化ビニルやポリエチレンが溶けて流れたりせず、ゴムの様な性質を持っていれば便利なのは明らかであろう。

ポリエチレンが放射線で架橋する機構はおおよその様なものと考えられている。

ポリエチレンの直鎖状の高分子に放射線が照射されると次の様なラジカルが発生する。



この様にして発生したラジカルを有する直鎖高分子が反応し網目状の三次元構造を形成する。



即ち当初バラバラだったポリエチレンの高分子が相互に三次元的に結合し、ちょうどゴムの架橋と同じ網状構造を形成する。

この様な三次元の構造が形成されると各高分子は互いに拘束されもはや自由に動くことができなくなる。従って、当初ポリエチレンはその融点以上の温度即ち例えば120℃附近では分子運動が盛んになり勝手にバラバラに動いてしまい即ち巨視的に見ると溶けて流動するが、この様な三次元構造を形成すると互いに拘束されて自力で形状を変えることがなくなることを意味する。そして、融点以上の温度ではゴムの様な弾性を示し、外力を加えると変形するが外力を取去れば直ちに復元する性質を持つようになる。

塩化ビニルの場合もほぼ同様である。

以上述べたイラックス®は塩化ビニルやポリエチレンに放射線を照射すればよいのであるが、実際に工業的な規模で効率よく、処理するには、放射線のうちの電子線を利用するのが最適である。

さて、イラックス®は三次元網状構造を有するため塩化ビニルやポリエチレンの融点以上で溶けなくなり耐熱性を示すようになるが、この様な構造に起因し更に有機溶剤に溶けにくくなる性質を示すようになる。又、応力の掛った状態に置かれると塩化ビニルやポリエチレンはしばしば亀裂を発生することがあるが架橋ポリエチレンは非常に亀裂を生じにくくなる。

### What is IRRAX™?

IRRAX™ is the trade name of electron beam cross-linked heat resistant plastics manufactured by Sumitomo Electric Industries, Ltd. PVC and polyethylene are difficult to occur the electrical breakdown and to be affected by chemicals such as acid, alkali, etc., excellent in the mechanical property, not broken easily even at low temperature and very easy to conduct the extrusion and molding workings.

However, only one defect of PVC and polyethylene products is that they melt and flow at high temperature.

This is that the merit of the PVC and polyethylene to be easy to work becomes conversely the defect.

On the other hand, since rubber is used after being added the vulcanizer of sulfur, etc., and being cross-linked at any case the worked product does not melt any more.

In case PVC and polyethylene are used as electrical insulation material and anticorrosion material making good use of their excellent electrical performance and chemical performance, when using them practically there may be many unexpected opportunities to receive the heat histories such as, heat of the solder at electronic wire terminal treatment, heat at varnish treatment of parts in being used to the lead of parts and the temporary temperature rise to approximately 200℃ by any accident.

It is clear that it is convenient for PVC and polyethylene as insulation to have the same property as rubber without being melted and flown. The mechanism that polyethylene bridges with radiant ray is considered roughly as follows.

When being irradiated with the radiant ray the straight chain of high molecular polyethylene, the following radicals are produced.

The straight chain of high molecular polyethylene having radicals produced in such a way is reacted, and the three dimensional mesh-shaped structure is formed.

That is to say, high molecules of polyethylene free scattered are mutually combined in a three dimensional way, and the mesh-shaped structure is formed just similarly to that of cross-linked rubber. When forming such a three dimensional structure, all high molecules are mutually restricted and cannot be freely moved any more. Polyethylene is initially active in molecular movement at higher temperature than its melting point, for example, approximately 120℃ (LDPE) and moves freely and so melts and flows in broad perspective, but after forming such a three dimensional structure, all high molecules are mutually restricted, and the structure is not changed any more by their own force. And, it indicates the elasticity such as rubber at higher temperature than the melting point.

It is deformed when applying the external force, and it is immediately restored after taking out the external force. PVC has almost similar property.

As mentioned above, IRRAX™ is produced by irradiating the radiant ray to PVC and polyethylene. Moreover, to be efficient treatment practically in an industrial scale, we use the electron beam as the radiant ray.

As IRRAX™ has the three dimensional mesh-shaped structure, it does not melt at higher temperature than both the melting point of polyethylene and the softening point of PVC, and consequently indicates heat resistance.

Furthermore, it indicates the property difficult to dissolve in organic solvent, due to the three dimensional structure. When placed in the condition charged with stress, non cross-linked PVC and polyethylene may produce cracks sometimes, but cross-linked PVC and polyethylene are very difficult to produce cracks.

※本カタログの仕様・構成等は性能改善の為、お断り無く変更する場合がございます。

※This specification is subject to change without a prior announcement.

架橋塩化ビニルやポリエチレンの大きな特長として架橋反応を生ずる前に有した電気的機械的性質を殆んど失うことなく維持していることがあげられる。  
 即ちイラックス®は大ざっぱに言って〔塩化ビニルやポリエチレンに耐熱性を付与したもの〕と表現することもできよう。

Another merit of cross-linked PVC and polyethylene is to maintain the electrical and mechanical properties which they have before producing cross-linkage.  
 Generally speaking, IRRAX™ can be expressed as [that added heat resistance to PVC and polyethylene, excellent PVC and Polyethylene having higher heat resistance].

## イラックス®の種類 KINDS OF IRRAX™

イラックス® 材料の種類 KIND OF IRRAX™ MATERIAL	用途 USE		特長 CHARACTERISTICS
	電線 ELECTRONIC WIRE	テープフィルム TAPE FILM	
イラックス®A IRRAX™ A	○	○	ポリエチレンと同じ電気的性質 Same electrical properties as polyethylene
B	○	○	難燃性 Flame retardant polyethylene
V1	○	—	半硬質、難燃、(UL品も有り) Semi-rigid and flame retardant PVC (There may be also the UL product.)
V2	○	○	軟質、難燃、(UL品も有り) Soft and flame retardant PVC (There may be also the UL product.)

※本カタログの仕様・構成等は性能改善の為、お断り無く変更する場合がございます。  
 ※This specification is subject to change without a prior announcement.

## イラックス® の性能

■耐熱性……塩化ビニルやポリエチレンは温度上昇に伴いヤング率が減少し、融点より高温で軟化流動する。ところが、イラックス®は前述のように直鎖状高分子間に架橋結合を起こしているため、分子全体としては、流体ではなくゴム弾性体の性質を示す。従って電線の絶縁体に用いた場合、半田接続作業時に 300℃ 附近の温度の半田や半田ごてが触れても単にゴム弾性を示すのみで変形が残ることなく非常に有利である。又、塩化ビニルやポリエチレン電線の場合、曲げられた状態で配線されていて、一時的に例えば 200℃ の温度に露された場合導体が外部に露出する場合がある。これに反してイラックス®の場合絶縁体が流れることはなく何の変化も生じない。この様な電線を配線素材として使えば信頼性の向上という大きな利点が得られることを示すものである。

■耐亀裂性……ポリエチレンには環境応力亀裂の問題がある。これは材料の加工時の加工歪がそのまま内部に残存する場合とか、材料の実用時に外部より力を加えることにより内部に応力を発生させた条件で使用する場合に特に問題になる。この特性の尺度として ASTM D 1693 - 60T による試験方法がある。これは界面活性剤の液に板状の材料を曲げた形で入れ湾曲面が何時間後に割れるかを求めるものである。一般的に言えば鎖状の高分子物質に比較し三次元網状構造を示すものが優れている。ポリエチレンの場合も全く同様であり、電子線照射ポリエチレンすなわちイラックス®A は非常に優れた性質を示す。結果を第 2 表に示した。

## PERFORMANCE OF IRRAX™

■ Heat resistance … PVC and polyethylene reduce the Young's modulus accompanied with the temperature rise, and they soften and flow at higher temperature than the melting points.

On the other hand, on account of the fact that IRRAX™ have the three dimensional cross-linked structure as described above, it indicates the elastic property like rubber.

Therefore, when using it as the insulation of electronic wire, it is very advantageous. Because if a solder or soldering iron of approximately 300℃ of temperature comes in contact during solder connecting work, it indicates the elastic property as rubber without causing deformation.

Furthermore, in the case of PVC and polyethylene insulated electronic wires which are done wiring in the bent condition, it occurs that the conductor is exposed to the outside when it is exposed to temporarily, for example, at 200℃ of temperature. On the contrary, in the case of IRRAX™ the insulation does not flow, and no change is occurs. When using our IRRAX™ as insulating material, it is indicated that a large merit such as reliability improvement is obtained.

■ Stress crack resistance ………

In polyethylene there is a problem of environmental stress crack. This is caused in case the working strain at working remains inside as it is, or in case it is used in the condition that the stress is produced inside by applying the force from the outside at practical use.

As criterion of this property there is the test method in accordance with the ASTM D 1693-60T. This is to observe how may hours later the curvature surface is broken after entering a plateshaped material in a bent way into the liquid of the surface-active agent.

Generally speaking, materials having the three dimensional mesh-shaped structure are excellent, compared with those having no cross-linking. The case of polyethylene is completely similar, and electron beam irradiated polyethylene, namely, IRRAX™ A indicates excellent stress crack resistance.

The result is shown in Table 2.

第 2 表 試験結果

Table 2 Test Result

試料 SPECI- MEN	溶 液 SOLUTION	Igepal CO 630(50 %)	
	評価条件 EVALUATION CONDITIONS	試料 10 個中 5 個割れるまでの時間 Time until 5 out of 10 specimens are broken (Hours)	試料 10 個全部が割れるまでの時間 Time until the total 10 specimens are broken (Hours)
ポリエチレン POLYETHYLENE		1.75	2.00
電子線照射ポリエチレン ELECTRON BEAM IRRADIATED POLYETHYLENE		> 1,000	> 1,000

■耐油・耐溶剤性 ……塩化ビニルやポリエチレンは溶剤中に入れると溶解する。これに対して、イラックス®は溶剤を吸って膨潤するが不溶性のゲルを有し、原形が崩れない。この様に有機溶剤に溶けにくいと言うイラックス®の性質はワニス処理や溶剤で洗浄することのある電子機器の回路部品のリード用の絶縁体として使うのに有利である。

■ Oil Resistance and Solvent Resistance …… When entering PVC and polyethylene in the organic solvent, they are dissolved. On the other hand, IRRAX™ is swollen by absorbing the solvent, but it shows the insoluble gel state and does not demolish the original form.

In such a way, the property of IRRAX™ that is difficult to dissolve in the organic solvent is advantageous in being used as insulation for lead wire of circuit parts of electronic equipment which are washed with solvent or performed with varnish treatment.

※本カタログの仕様・構成等は性能改善の為、お断り無く変更する場合がございます。  
※This specification is subject to change without a prior announcement.

第3表 耐油・耐溶剤

Table 3 Oil Resistance and Solvent Resistance

試験溶剤	SOLVENT	膨 潤 ※ SWELLING *	備 考 REMARKS	
無機酸 INORGANIC ACID	硫 酸 SULFURIC ACID	—	25% 20℃ : 3 カ月以内品質不変	25% 20℃ : Property unchanged within 3 months
			25% 60℃ : 1 カ月以内品質不変	25% 60℃ : Property unchanged within 1 months
			98% 20℃ : 3 カ月以内品質不変	98% 20℃ : Property unchanged within 3 months
	硝 酸 NITRIC ACID	—	25% 60℃ : 1 カ月以内品質不変	25% 60℃ : Property unchanged within 1 month
			50% 20℃ : 1 カ月以内品質不変	50% 20℃ : Property unchanged within 1 month
			50% 60℃ : 使用不可	50% 60℃ : Not used
アルカリ ALKALI		—	強アルカリ、弱アルカリともにきわめて安定である	It is extremely stable both in strong alkali and weak alkali.
炭化水素系 HYDRO-CARBON	キシレン XYLENE	軸方向伸び Elongation in the axial direction 105℃ : 1 分 (minute) 120% 10 分 (minutes) 135%	自己径巻きにて亀裂なし	No crack in the self-diameter winding.
	ガソリン GASOLINE	重量変化 Weight change 25℃ : 120% 50℃ : 135% 70℃ : 203%	50℃以上では膨潤に注意のこと	Take care of the swelling at higher than 50℃ .
パラフィン PARAFFIN	流動パラフィン FLUID PARAFFIN	軸方向伸び Elongation in the axial direction 120℃ : 5 分 (minutes) 120% 60 分 (minutes) 134%	自己径巻きにて亀裂なし。半田付けた固定端よりチューブの突質、破れが起こる	No crack in the self diameter winding. The projection and tear of tube are produced from the fixed end soldered.
	ワックス WAX	重量変化 Weight change 130℃ : 30 分 (minutes) 300%	膨潤がいちじるしい半田付けた固定端からチューブの突出、破れが生じる 破壊電圧はオリジナルより 30%低下	The swelling is remarkable. The projection and tear of tube are produced from the fixed end soldered. The rupture voltage lowers 30% than the original one.
トリクロロエチレン TRICHLOROETHYLENE		軸方向伸び Elongation in the axial direction 87℃ : 1 分 (minute) 140% 5 分 (minutes) 180% 15 分 (minutes) 190%	自己径巻き亀裂発生、導体両端半田付けでは絶縁体の破れが生じる 蒸気中では 10 分以内	The self-diameter winding crack is produced, and the tear of insulation is produced in the soldering of both ends of conductor, and within 10 minutes in the steam.
ワニス VARNISH	ワニス VARNISH (# 1270 シンナー THINNER 1:1)	重量変化 Weight change 130℃ : 30 分 (minutes) 133%	自己径巻き亀裂発生 自己径 10 回、亀裂生ぜず 破壊電圧はオリジナルより 60%低下	The self-diameter winding crack is produced. If the 10 times and crack are not produced. The rupture voltage lowers 60% than the original one.
	ワニスコンパウンド VARNISH COMPOUND (JIS C2683 K.43D)	重量変化 Weight change 260℃より徐冷 : 132% Annialing from 260℃	破壊電圧はオリジナルより 80%低下 絶縁抵抗はオリジナルの 10%に低下	The rupture voltage lowers 80% than the original one. The insulation resistance lowers to 10% of the original one.
絶縁油 INSULATING OIL	OF ケーブル油 OF CABLE OIL	重量変化 Weight change 130℃ : 30 分 (minutes) 190%	自己径巻き亀裂発生 電氣的性質の劣化は起こらない	The self-diameter winding crack is produced. The deterioration of electrical property does not occur.
	JIS C 2320	軸方向伸び Elongation in the axial direction 110℃ : 1 分 (minute) 170%	膨潤ひどく使用不可 電氣的性質の劣化は起こらない	The swelling is severe, and the use is impossible. The deterioration of electrical property does not occur.
炭化水素のハロゲン誘導体 HALOGEN	メタン系 METHANE SERIES	—	Nos.-114, -112, -111 のフレオンについては、いちじるしい機械的变化認められず Nos.-21, -22 は使用可能	Concerning freon Nos. 114, 112 and 111 the considerable mechanical change is not observed. The Nos. 21 and 22 are not used.
	エタン系 ETHANE SERIES	—	安定で問題なし	Stable and without problem.

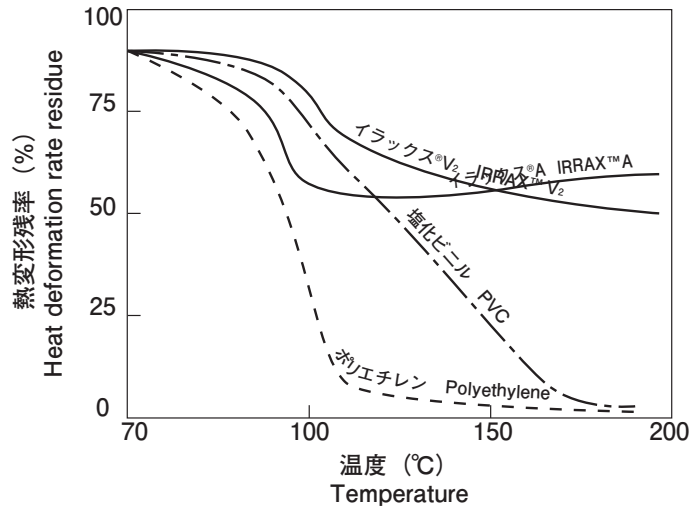
※オリジナルを 100%とした  
The original should as 100%.

※本カタログの仕様・構成等は性能改善の為、お断り無く変更する場合がございます。  
※This specification is subject to change without a prior announcement.

## イラックス®の性能

■熱変形性……イラックス®は前に述べたように三次元網状結合を形成しているので高温で溶けないようになるが、言い換えるとこれは熱変形性が向上したことを意味する。  
 ポリエチレンの融点以上の温度例えば120℃で外圧が加えられた場合ポリエチレンは完全につぶれ変形率は100%に近くなる。  
 イラックス®Aは50%程度にとどまっている。  
 第1図参照

第1図 イラックス®と通常ポリエチレン・塩化ビニルの熱変形比較



## PERFORMANCE OF IRRAX™

■ Heat deformation Since IRRAX™ forms the three dimensional mesh-shaped linkage described above, it is insoluble at high temperature, in other words, this means that the heat deformation is improved.  
 When applying the external pressure at temperature of more than the melting point of polyethylene, for example, 120°C, polyethylene is completely crushed, and the deformation rate becomes near 100%. IRRAX™A remains approximately 50%.

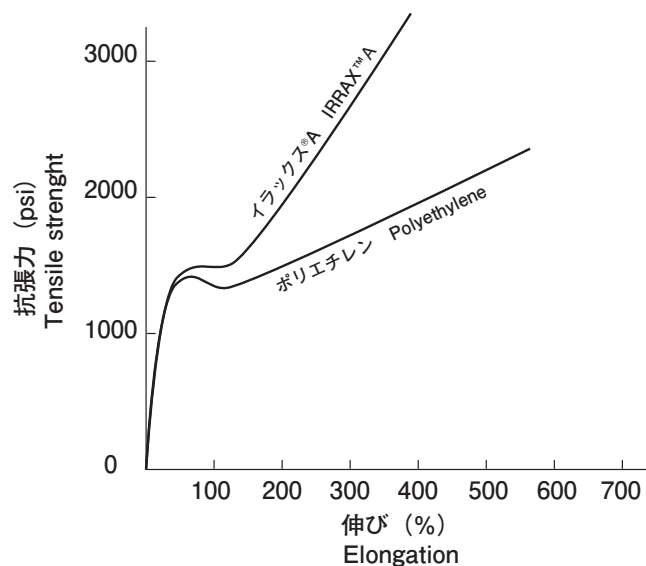
Fig. 1 Heat Deformation Comparison Between IRRAX™ and Normal Polyethylene and PVC

■機械的性質…塩化ビニルやポリエチレンに電子照射した場合常温での伸び、抗張力がどのように変わるかを第2図に示した。  
 これから判る様にイラックス®Aは若干の抗張力の増大、伸びの低下が生じる。  
 併し、この様な変化は電線の絶縁体に用いた場合実用上の効果に変化をもたらす程のものとは言えないだろう。

■ Mechanical properties When irradiating the electron beam to PVC and polyethylene, how the elongation and tensile strength at normal temperature are changed is shown in Fig. 2.  
 As seen from this figure, IRRAX™A causes a little increase of tensile strength and a little lowering of elongation.  
 However, in case IRRAX™A is used as the insulation of electronic wire, the change is not such extent as it brings the change to the practical performance.

第2図 イラックス®Aの機械的性質

Fig. 2 Mechanical Properties of IRRAX™A



※本カタログの仕様・構成等は性能改善の為、お断り無く変更する場合がございます。  
 ※This specification is subject to change without a prior announcement.

## イラックス®の性能

■電気的性質…ポリエチレンとイラックス®Aの間に電気的性質の差は殆んどない。誘電正接がわずかに増大するが、実用上殆んど問題にならない。(第4表参照)  
破壊電圧については、例えばインパルス破壊試験で行なった場合を第3図に示したが、100℃以上で両者間に著しい差がでている。

## PERFORMANCE OF IRRAX™

■ Electrical properties There is hardly the difference of electrical properties between polyethylene and IRRAX™A. The dielectric tangent increases slightly, but it becomes hardly a problem on practical use. Concerning the rupture voltage, the case that it is conducted by the impulse breakdown test is shown in Fig.3, and there comes a distinguished difference between both at higher than 100℃.

第4表 電気性能

試料 SPECIMEN	項目 ITEM		
	誘電率 DIELECTRIC CONSTANT (1 MHz)	誘電正接 DIELECTRIC TANGENT (1 MHz)	体積固有抵抗 VOLUME INHERENT RESISTANCE (Ω・cm) at 50℃
ポリエチレン POLYETHYLENE	2.26	$2.2 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{16}$
電子線照射ポリエチレン ELECTRON BEAM IRRADIATED POLYETHYLENE	2.27	$3.0 \times 10^{-4}$	$2.3 \times 10^{16}$

Table 4 Electrical Properties

第3図 イラックス®Aの破壊電圧

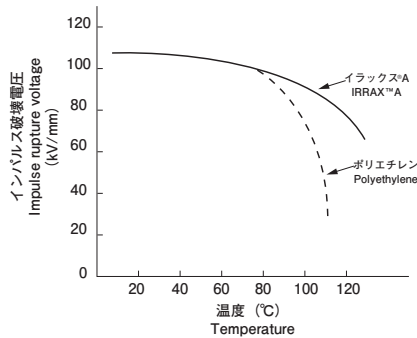


Fig. 3 Rupture Voltage of IRRAX™A

## 応用 APPLICATION

第5表

Table 5

イラックス®材料の種類 KIND OF IRRAX™ MATERIAL	代表的な電線種類 KIND OF ELECTRIC WIRE	使用される理由 REASON TO BE USED
イラックス®A, B IRRAX™A, B	(1) Hook up wire(例 Hair dryer) Hook up wire (For example, hair dryer)	耐熱性、耐半田付性 Heat resistance and soldering resistance
	(2) 自動車用電線 (JASO〔自動車用〕規格) Electronic wire for automobile (JASO standard (for automobile))	過電流特性および耐熱性 Overcurrent characteristic and heat resistance
	(3) 同軸ケーブルおよび遮蔽付電線 Coaxial cable and shielded electronic wire	耐半田付性 Soldering resistance
	(4) テレビ用高圧線 High voltage wire for television	高耐電圧性、耐熱性 High voltage resistance and heat resistance
発泡イラックス®A※1 FOAMED IRRAX™A※1 ELECTRONIC	同軸ケーブルおよび遮蔽付電線 (電子機器、コンピューター、テレビ、ステレオ) Coaxial cable and shielded electronic wire (Electronic equipment, computers, television sets and stereo sets)	耐半田付性 Soldering resistance
イラックス®V IRRAX™V	(1) Hook up wire(UL規格) Hook up wire (UL standard)	耐熱性、耐半田付性 Heat resistance and soldering resistance
	(2) 自動車用電線 (JASO〔自動車用〕規格) Electronic wire for automobile (JASO standard [for automobile])	耐熱性 Heat resistance
	(3) 小型モーター口出線 Small motor lead wire	耐熱性 Heat resistance

※1 発泡イラックス®Aとはポリエチレンの誘電特性を改良した発泡ポリエチレンに電子線照射し架橋させたものである。これはポリエチレンより熱容量が小さいため熱に極めて弱い。架橋させることにより著しく耐熱性が向上し、使用しやすい材料となる。

※2 イラックス®V2とは塩化ビニルの機械的、電気的、化学的性質を維持しつつ更に耐熱性を付与した材料である。

※1 Foamed IRRAX™A is foamed polyethylene improving the dielectric characteristics by the electron beam irradiation, because the heat capacity of foamed polyethylene is smaller than that of polyethylene and is extremely weak in heat, but the heat resistance of foamed IRRAX™A is remarkably improved by cross-linkage and it becomes the material easy to use.

※2 IRRAX™V2 is a material to maintain the mechanical, electrical and chemical properties of PVC, in addition to having the heat resistance.

※本カタログの仕様・構成等は性能改善の為、お断り無く変更する場合がございます。  
※This specification is subject to change without a prior announcement.