



切削加工用プラスチック素材

## 技術マニュアル

～プラスチックの選択から加工まで



Ensinger 

このマニュアルは、プラスチックに関する基礎知識をコンパクトにまとめ、系統立てて読者に提供することを目的に編纂されました。

理論的な事実や諸情報などに始まり、実用的なヒントや材料選択の仕方、部品設計のための計算例、切削、接着、保管などの二次加工に関するアドバイスまで、幅広く情報を網羅しています。

- 4 プラスチック一覧
- 6 プラスチックの分類
- 7 エンジンガの事業領域
- 8 プラスチックの加工方法

#### プラスチック素材

- |    |                    |                        |
|----|--------------------|------------------------|
| 12 | ABS樹脂              | TECARAN ABS            |
| 13 | m-PPE (m-PPO)      | TECANYL                |
| 14 | ポリエチレン(PE)         | TECAFINE PE            |
| 15 | ポリメチルペンテン(PMP)     | TECAFINE PMP           |
| 16 | ポリプロピレン(PP)        | TECAPRO MT/TECAFINE PP |
| 18 | ポリアセタール(POM)       | TECAFORM               |
| 20 | ナイロン(ポリアミド: PA)    | TECAMID                |
| 22 | キャストナイロン・RIMナイロン   | TECAST/TECARIM         |
| 24 | PET/PBT樹脂          | TECADUR/TECAPET        |
| 26 | ポリカーボネート(PC)       | TECANAT                |
| 28 | フッ素系樹脂             | TECAFLON               |
| 30 | ポリエーテルイミド(PEI)     | TECAPEI                |
| 32 | ポリサルフォン            | TECASON S, P, E        |
| 34 | ポリフェニレンサルファイド(PPS) | TECATRON               |
| 36 | ポリアリルケトン(PEEK,等)   | TECAPEEK               |
| 38 | ポリアミドイミド(PAI)      | TECATOR                |
| 40 | ポリイミド(PI)          | TECASINT               |

#### プラスチックの諸特性

- 44 強化繊維／フィラー／添加剤
- 46 熱特性
- 50 機械特性
- 54 成形方法が物性試験結果に及ぼす影響
- 55 摺動性
- 57 電気特性
- 60 耐薬品性
- 62 吸湿性
- 63 難燃性
- 64 耐光性・耐放射線性
- 66 認証と承認

#### プラスチック素材の選択とシミュレーション

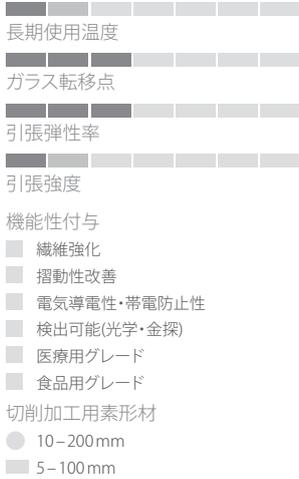
- 70 プラスチックの選択
- 72 シミュレーション

#### 二次加工

- 76 プラスチックの加工
- 77 切削加工ガイドライン
- 78 アニール処理
- 80 溶接・溶着
- 82 接着
- 84 洗浄処理
- 86 製品のお取り扱い注意事項
- 88 特性データ
  
- 98 免責事項

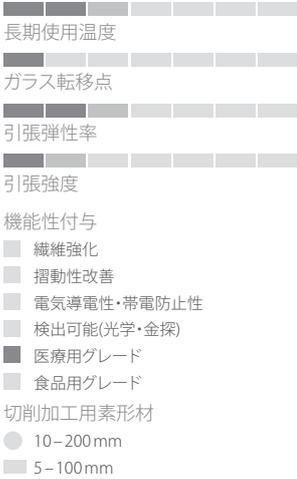
# プラスチック一覧

## TECARAN ABS (ABS)



・ p. 12

## TECAPRO MT (PP)



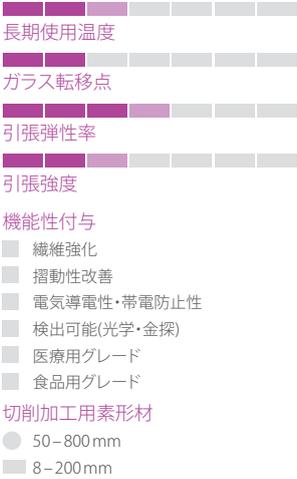
・ p. 16

## TECAMID 11/12 (PA 11/12)



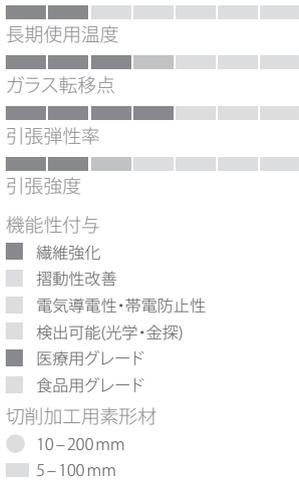
・ p. 20

## TECARIM (PA 6 C)



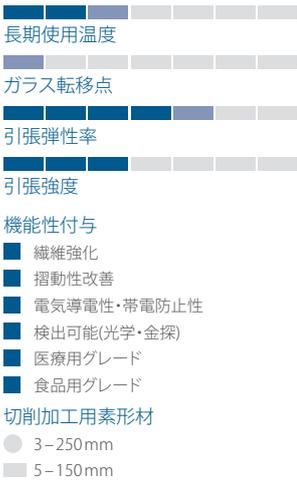
・ p. 22

## TECANYL (m-PPE)



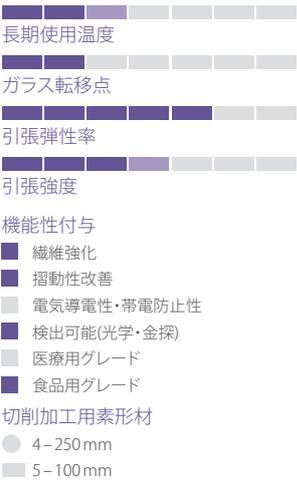
・ p. 13

## TECAFORM AH (POM-C)



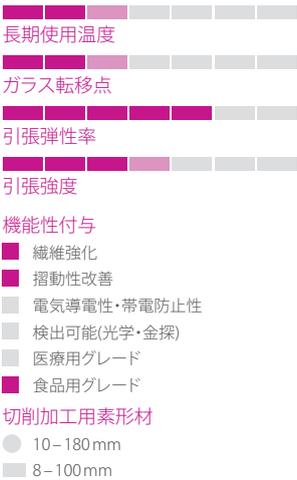
・ p. 18

## TECAMID 6/66 (PA 6/66)



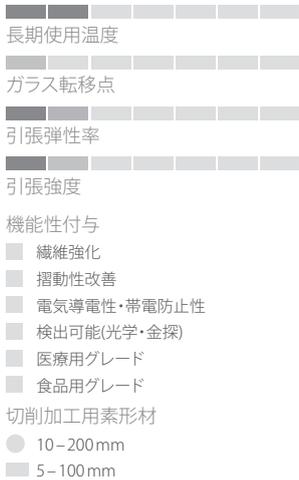
・ p. 20

## TECAPET (PET)



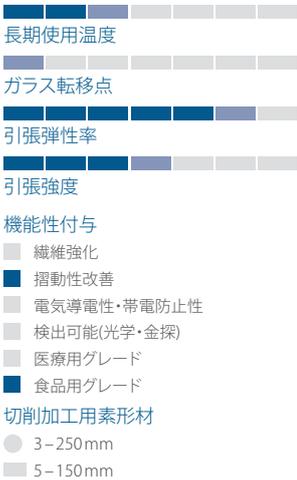
・ p. 24

## TECAFINE PE (PE)



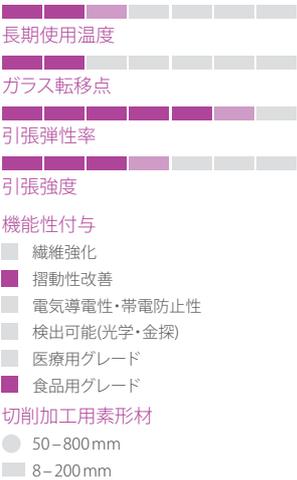
・ p. 14

## TECAFORM AD (POM-H)



・ p. 18

## TECAST (PA 6 C)



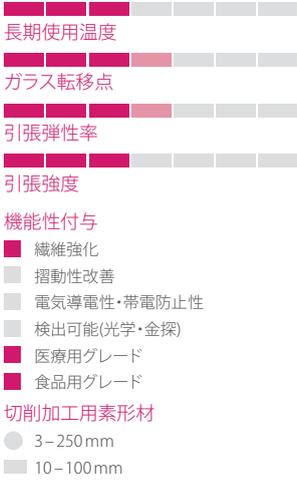
・ p. 22

## TECADUR PET (PET)



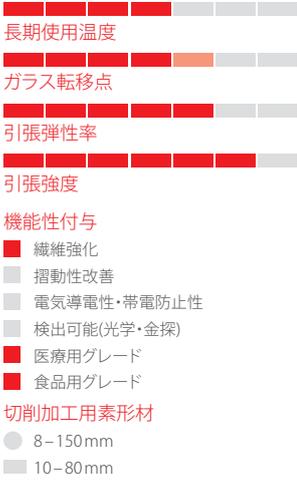
・ p. 24

## TECANAT (PC)



・ p. 26

## TECAPEI (PEI)



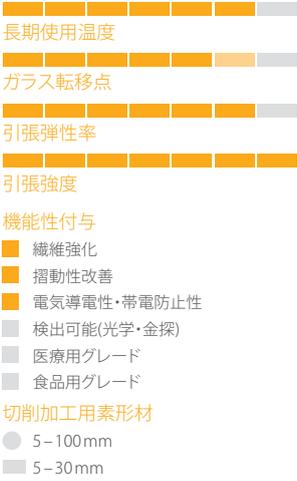
・ p. 30

## TECATRON (PPS)



・ p. 34

## TECATOR (PAI)



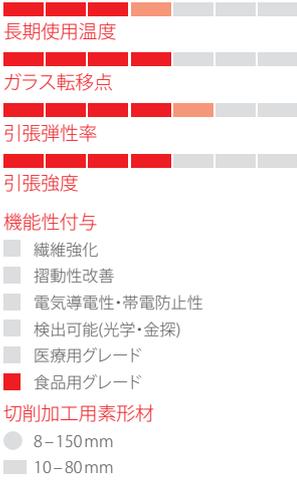
・ p. 38

## TECAFLON PTFE (PTFE)



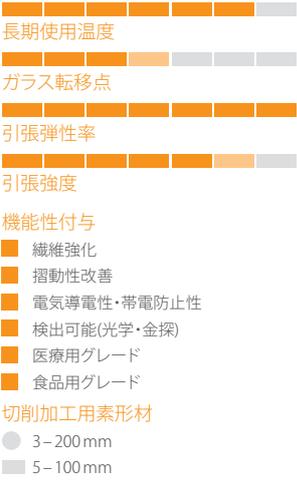
・ p. 28

## TECASON S



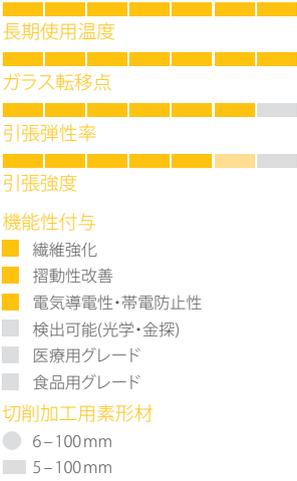
・ p. 32

## TECAPEEK (PEEK)



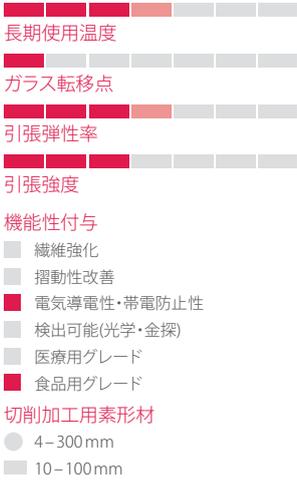
・ p. 36

## TECASINT (PI)



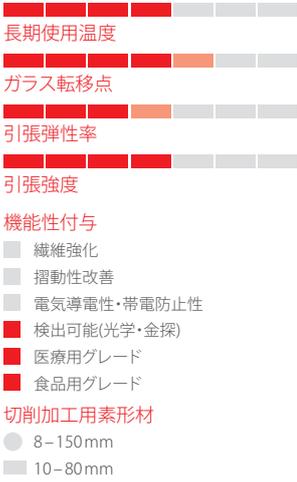
・ p. 40

## TECAFLON PVDF (PVDF)



・ p. 28

## TECASON P (PPSU)



・ p. 32

# プラスチックの分類

新しいプラスチック素材は、技術の進歩に重要な役割を果たします。プラスチックを使用することで様々なメリットが得られますし、たいいてい場合は効果的に金属やセラミックスを置き換えることができます。プラスチックには様々なタイプのポリマーが存在しますが、熱硬化性プラスチック、エラストマー、熱可塑性プラスチックの3種類に大別されます。熱硬化性プラスチックは、加熱により3次元架橋構造(化学変化を伴うもの)を形成して硬化します。一度硬化すると、別の形に変えたり、元の状態に戻すことができなくなります。エラストマーも架橋構造をとりますが、弾性変形能力があるため力をかけて変形させても、力を抜くと元の形状に戻ることができます。熱可塑性プラスチックは、氷と水のように、可逆的に再融解可能であり、熱硬化製プラスチックのような3次元架橋構造を形成しません。熱可塑性プラスチックの分子鎖の間を結びつけようとする力はそれほど大きくありません。熱可塑性プラスチックは、さらに非晶性プラスチックと結晶性プラスチックに分類することができます。プラスチックの2次元・3次元構造に基づいて非晶性と結晶性の区別がなされます。

エンズインガー・グループは、熱可塑性プラスチックを主として取り扱います。熱可塑性プラスチックは、形を壊したり、再形成することをいくらでも繰り返すことができます。そして、非常に多様な改質が可能です。

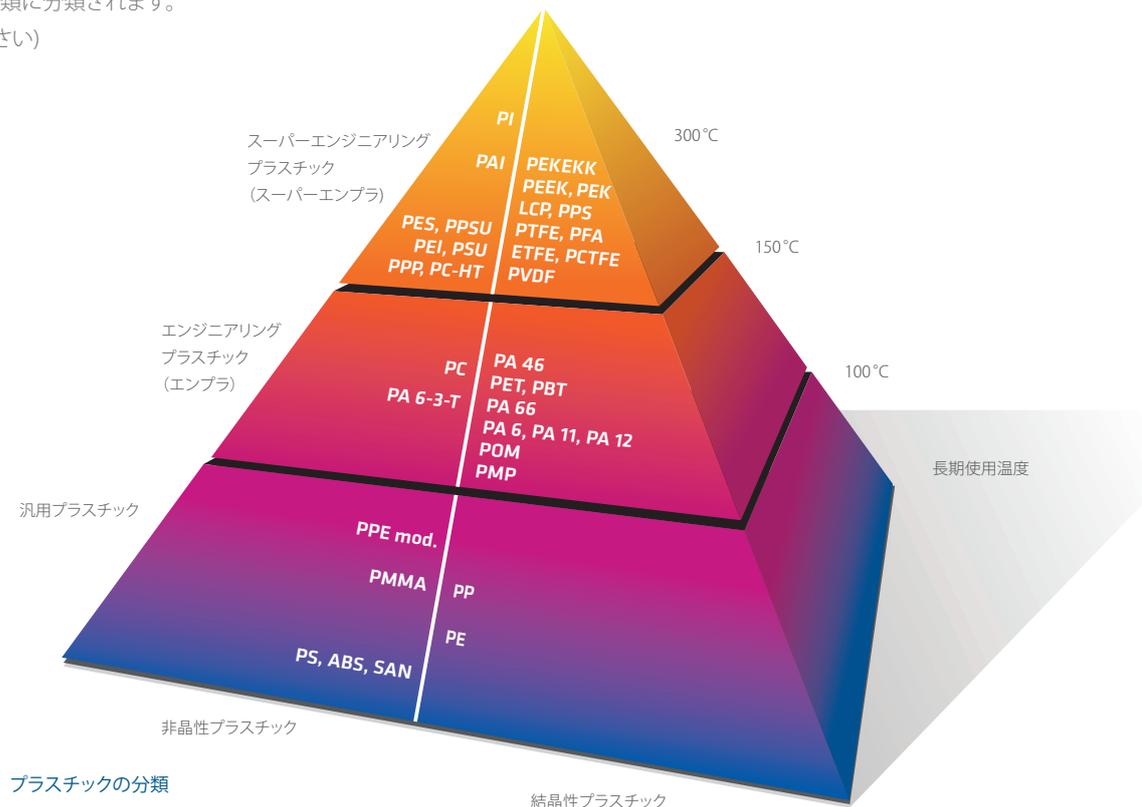
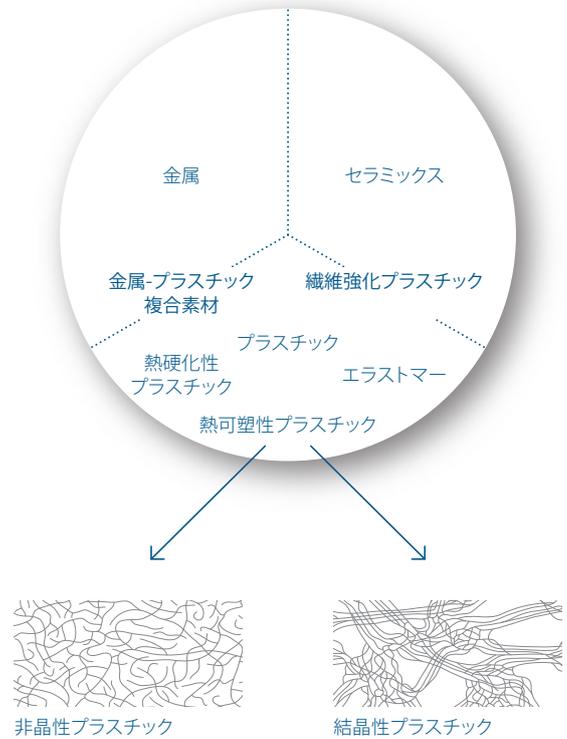
基本的に、熱可塑性プラスチックは、

- 汎用プラスチック
- エンジニアリングプラスチック
- スーパーエンジニアリングプラスチック

のように、耐熱性に基づいて3種類に分類されます。

(右下ピラミッド図をご参照ください)

素材分類とプラスチックの細分類



## エンジンの事業領域

エンジン・グループは、右下のチャートに示したように、熱可塑性プラスチックの広範囲な加工技術を保有しています。キャストナイロン、RIMナイロンによる切削加工用素材の製造からカスタムキャストによる製品の製造、熱可塑性プラスチックに様々な種類の添加剤を加えてペレットを製造するコンパウンド事業、コンパウンドしたペレットを用いて異形押出成形や固化押出成形による切削加工用素材の製造、射出成形による成形品の製造、プラスチックの切削加工、ダイレクト・フォーミングによる成形品の製造まで、様々な加工技術を駆使して熱可塑性樹脂による製品を提供しています。

様々な加工方法のどれを選択するかについては、最終製品と用いるプラスチックの種類に左右されます。例えば、大規模多量生産なのかそれとも少量生産なのか、かさばる大きな部品なのかそれとも精密・繊細な部品なのか、溶かして成形することが容易なプラスチックなのかそれとも成形が困難なプラスチックなのか、という具合です。弊社は、状況に応じて最適な加工方法を選択できる柔軟性を大切にしています。

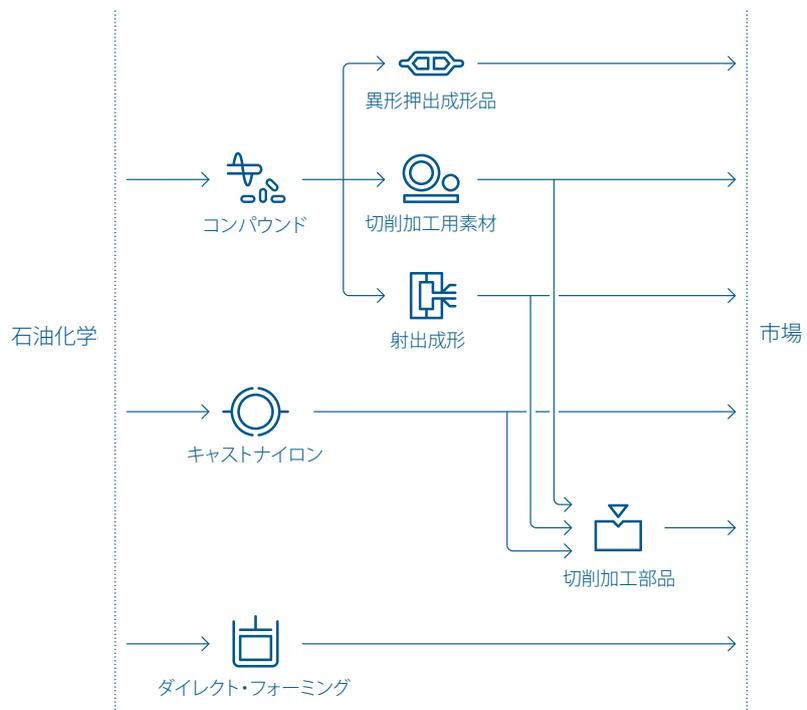
なぜならば、多くの場合にただ一つの加工方法だけではお客様のご要望にお応えできません。市場の変化に応じて、様々な加工プロセスの中から最適なものを選択することが大切なのです。

多くのプラスチックのグレードは、特定業界や個別のお客様を対象に開発を行い、ペレットからエンジン・グループ社内で生産しています。

自家生産したペレットを用い、射出成形、異形押出成形、丸棒・板・チューブなどの切削加工用素材の固化押出成形を行っています。

射出成形、押出成形とキャスト成形品が、次の切削加工プロセスの出発素材として使用され、精密な最終製品が生産されます。エンジン・グループは、お客様が要求する厳しい品質基準に真摯に応えています。

厳格な品質基準・作業基準と熟練した労働者により、原材料から完成品に至るまでの一つひとつのプロセスを確実に守っています。

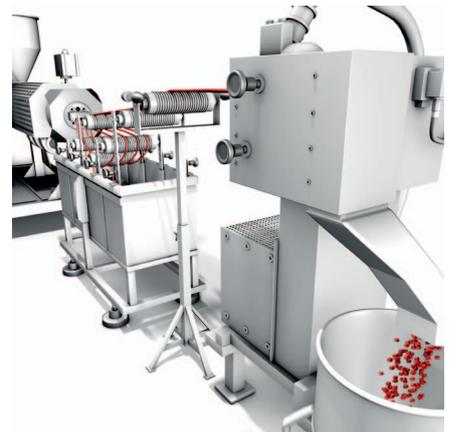


# プラスチックの加工方法

コンパウンド、切削加工用素材、プラスチック製品は、以下の加工技術を用いて製造されます。

## コンパウンド

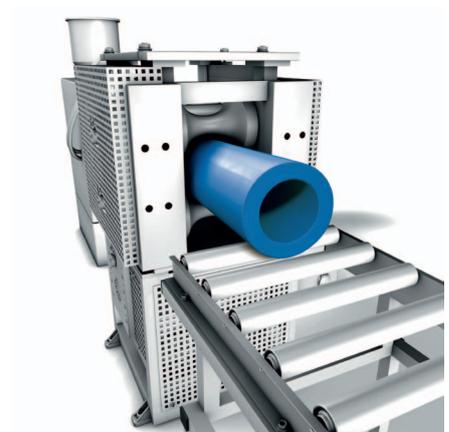
プラスチック原料はシリンダー内部で熔融され、各種添加剤と混練されて、押出機の先端からうどんのような糸状に吐き出され、カッターにより5mm~10mm程度の長さのペレット形状に切断されます。コンパウンド工程によって、摩擦抵抗係数を少なくしたり、電気導電性を改善したりするといった、当別な用途に対応するための特性を付与させることができます。



## 押出成形

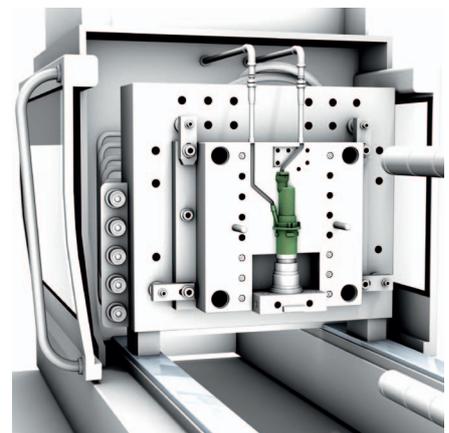
押出成形は、連続生産方式という特徴があります。すなわち、押出機で熔融したプラスチックが、特別な形状をしたダイ(ダイス・口金)から圧力が加わった状態でとろろのように連続して押し出されます。押出成形品の形状は、押出機のダイとその先のサイジング・ダイ(金型)で決められます。

押出成形は、切削加工用のプラスチック素材を製造する方法としては最も効率的です。エンズィンガー・グループの切削加工用プラスチック素材は、板材、丸棒、チューブ材の三種類の形状で様々な厚み、径、色といったバリエーションに富んでいます。



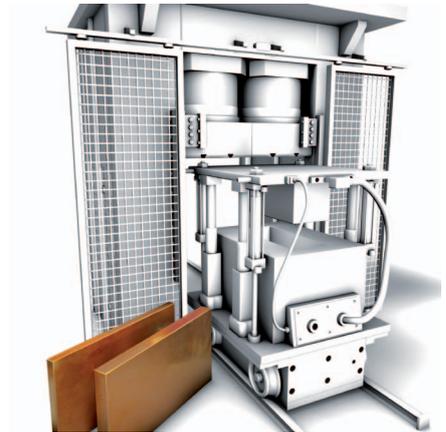
## 射出成形

射出成形は、最終形状あるいはそれに近い形状のプラスチック製品を大量生産する方法の中でも、最も生産性に優れた加工法です。プラスチックは射出成形機のシリンダー内部でスクリーと摩擦などで完全に熔融し、注射器のように高い圧力をかけて金型内部に注入されます。金型の空洞部分(キャビティ)の形状により、プラスチックの形状がつくられ、キャビティの表面がプラスチックの表面に転写されます。射出成形の金型は高価なため、大量の生産方法にのみ適した加工方法といえます。



### 圧縮成形と焼結

圧縮成形と焼結は、残留歪みの少ない素材を成形したり、ガラス繊維や炭素繊維の配向がランダムに近くなることから低ソリの素材を成形する方法として用いられます。粉末状のプラスチックを金型に入れ、高い圧力で固めてから温度をかけて焼結させる方法(コールドプレス)と圧力をかけながら同時に温度をかけて成形する方法(ホットプレス)の二つの種類があります。圧縮成形は、他の加工法と比較して大変時間がかかる成形法であり、特にホットプレスの場合は、1日に1ショットか2ショットぐらいしか成形できません。そのため非常にコストのかかる加工法です。一方で、ポリイミドの成形によく使われるダイレクト・フォーミングという方法は、製品形状の金型に粉末の樹脂を入れ熱を加えずに直接圧縮して形を作り、その後で焼結させるという方法で、コストを大幅に低減することができます。この場合も、金型の償却を考慮して、1000個以上の生産が必要となります。

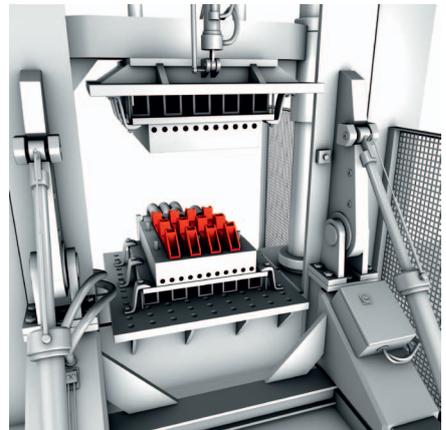


### キャストナイロン

成形時に圧力がかからないキャスト成形は、肉厚で嵩高い、ほぼ最終形状に近い製品を製造するには最適な方法です。同じ技術を用いて、押出成形よりも肉厚の丸棒・板材などの切削加工用プラスチック素材を製造することもできます。

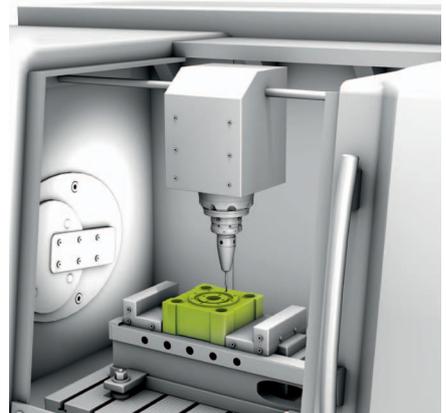
キャスト成形による切削加工用プラスチック素材は、押出成形の素材と比較して残留内部歪みを低くすることができます。さらに結晶化度も高く、押出成形よりもキャスト成形の方が機械強度に優れ、切削加工性も良好です。

キャスト成形法は、0.5～900kgの範囲のプラスチック製品を少量～中量で生産する規模に適した、プラスチック製品の加工法です。



### 切削加工

切削加工は、とりわけ少量規模のプラスチック製品の生産において、最も速く、最も経済的な加工方法です。スーパーエンジニアリングプラスチックやエンジニアリングプラスチックから、機械切削加工により非常に寸法精度の高い最終製品を製造することができます。切削加工をするには、CNCフライス盤、同旋盤とそれらにプラスチック素材をセットする大きさに切断する鋸(スライドソーやバンドソー)を必要とします。





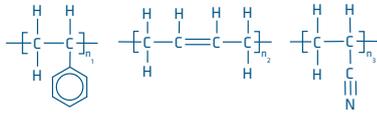


熱可塑性プラスチックを用いた切削加工用プラスチック素材や成形品は、すべての産業分野で使用されています。例えば、自動車産業や機械装置産業以外にも、食品製造産業、製薬産業、建設産業、搬送関連、医療技術、電子技術、そして航空宇宙産業においても、高性能なプラスチックを用いた高機能プラスチック製品・部品が使用されています。

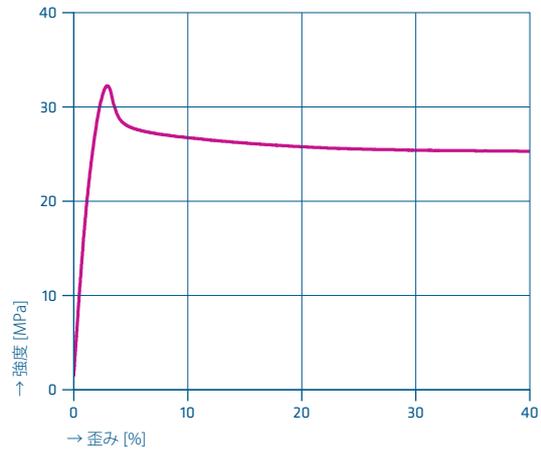
エンズインガー・グループは、多種多様なエンジニアリングプラスチックとスーパーエンジニアリングプラスチックを取り扱っています。これらは、市場で入手可能な原料樹脂と添加剤を購入して製造したものです。

以下のページでは、それぞれの製品群について、典型的な特徴、識別のための特徴、分子構造、などの様々な情報を網羅しています。さらに、特徴的な用途例についてもご紹介します。

## プラスチック素材



ABSの化学構造式



— TECARAN ABS

## TECARAN ABS (ABS樹脂)

### ABS樹脂 (定義)

ABS樹脂は、熱可塑性の、アクリロニトリル(A)、ブタジエン(B)、スチレン(S)の共重合プラスチックです。A、B、Sのそれぞれの成分の比率を変えることで、ABS樹脂の特性を様々に変えることができます。ABS樹脂は、熱可塑性の非晶性樹脂に分類されます。

### 特徴

- 不透明
- 低密度
- 靱性があり割れにくい
- 良好な強度と硬度がある
- 耐薬品性が良好
- 75℃以下の温度環境での耐熱性に優れる
- ガンマ線・X線に耐性がある
- 切削加工性が非常に優れる
- ほとんど吸湿しない
- 耐傷つき性(耐スクラッチ性)が高い

### 物性値

	TECARAN ABS グレー (ABS)
ガラス転移点:T <sub>g</sub>	104℃
密度	1.04 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	1,700 MPa
長期使用温度	75℃
短期使用温度	100℃
使用下限温度	-50℃

### 識別のための特徴

- 非常に燃えやすい
- 黄色い内炎に青い外炎を伴い燃焼する。すすが発生する
- 燃焼時に甘い香りがする
- 密度が1.04 g/cm<sup>3</sup>であるため、塩水に浮く
- アセトンに溶解する

### グレード紹介

#### TECARAN ABS (ABS)

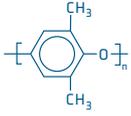
非強化標準グレード  
剛性と靱性があり、非常に優れた電気絶縁性を有する

### 使用例

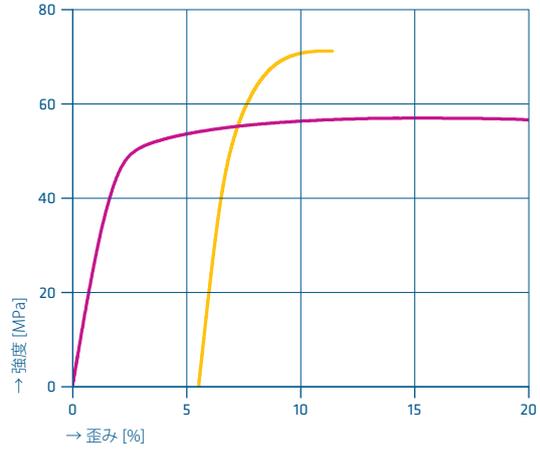
ミラー・ハウジング、インテリア・パネル、スピーカー筐体、ハンドル部品(自動車関連)、などの部品用途。ヘア・ドライヤーなどの家庭用品、電気・電子製品のハウジング、リコーダーやクラリネットなどの楽器。

### まとめ

TECARAN ABSは、PETやPOMよりも硬く、耐傷つき性に優れます。ABS樹脂の特徴は、A、B、Sの比率を変えることで、特性を幅広く変化させることができます。さらに、ABS樹脂とPC樹脂、あるいはPBT樹脂グレード樹脂とブレンド(ポリマーアロイ)することで、特に射出成形用に、靱性、耐衝撃性を様々に変えることができます。



m-PPEの化学構造式



— TECANYL 731 グレー — TECANYL GF30

## TECANYL m-PPE (m-PPO)

### m-PPE樹脂 (定義)

変性ポリフェニレン・エーテル(m-PPE: modified-Polyphenylene ether) は、熱可塑性の非晶性エンジニアリングプラスチックです。PPE樹脂そのものは非常に成形性が悪いため、通常はPSとブレンド(ポリマーアロイ)して使用されます。そのため、変性PPEと呼ばれます。PPE樹脂とPS樹脂は完全に混ざり合い、それぞれの比率を変えることで耐熱性と強度を自在に変えることができます。PS以外にも、ナイロンやPPとブレンドした射出成形用のグレードが存在します。

### 特徴

- 非晶性である
- 低密度、1 g/cm<sup>3</sup>を若干上回る
- 強靱で、強度、剛性、硬度が良好
- 耐クリープ性を有する
- 酸・アルカリなどの耐薬品性に優れる
- 耐溶剤性はあまりよくなく、ストレスクラックが発生しやすい
- 熱に対して安定
- 吸湿性が極めて低い
- 寸法安定性に優れる
- 誘電正接が非常に小さい

### 物性値

	TECANYL 731 グレー (m-PPE)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	145 °C
密度	1.10 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	2,400 MPa
長期使用温度	85 °C
短期使用温度	110 °C
使用下限温度	-50 °C

### 識別のための特徴

- 燃えにくい、すすを発生する
- 黄色い内炎に青い外炎を伴い燃焼する
- 熱を加えると悪臭がする
- 密度が1 g/cm<sup>3</sup>を若干超える程度であるため、食塩水に浮く
- 耐傷つき性に優れ、硬い
- アセトンとベンゼンに溶解する

### グレード紹介

TECANYL 731 グレー (m-PPE)  
非強化標準グレード

TECANYL MT (m-PPE)  
医療用グレード  
様々な着色が可能、生体適合性

TECANYL GF30 (m-PPE GF)  
30%ガラス繊維強化グレード  
強度、剛性、熱変形温度を改善  
熱膨張が小さく、電気絶縁性が良好

### 使用例

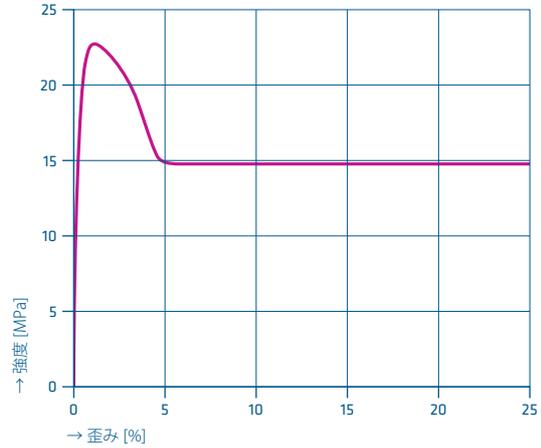
電気絶縁性を要求される部品には難燃タイプが使用される。低ソリ性が求められる構造部品、傷が付きにくく高い光沢が求められる外装部品(家電などのハウジング)、高周波関連のコイルポピン、鉄道のセンサー・ハウジング、石油やガスのパイプラインに敷設される水中ケーブルコネクター。

### まとめ

寸法安定性に優れ、耐衝撃性が良好なことから、m-PPE樹脂はハウジング部品に使用されることの多いプラスチックです。



PEの化学構造式



— TECAFINE PE

## TECAFINE PE ポリエチレン(PE)

### ポリエチレン:PE (定義)

ポリエチレン(PE)は、全てのプラスチックの中で最も生産量が多い、エチレンを重合して合成される熱可塑性プラスチックです。

ポリエチレンは結晶構造を有し、結晶性プラスチックに分類されます。

ポリエチレンは、分子量と直鎖・分鎖構造の違いにより、高密度ポリエチレン(HD-PE:PE)、高分子量ポリエチレン(HMW-PE:PE-5)、超高分子量ポリエチレン(UHMW-PE:PE-10)、低密度ポリエチレン(PE-LD、PE-LLD)と呼ばれるものに分類されます。

### 特徴

- 部分的に結晶構造があるが、密度が低い
- 高い靱性を有するが、柔らかく、強度は弱い
- 耐薬品性が非常に良好
- 分子量の増加に伴い熱安定性が低下する
- ほとんど接着しない
- 熱膨張が極めて大きい
- 誘電正接が低い
- 電気絶縁性が良好

### 物性値

	TECAFINE PE (HD-PE)	TECAFINE PE 10 (UHMW-PE)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	-95℃	-95℃
密度	0.96 g/cm <sup>3</sup>	0.93 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	1,000 MPa	650 MPa
長期使用温度	90℃	90℃
短期使用温度	90℃	120℃
使用下限温度	-50℃	-150℃

### 識別のための特徴

- 不透明乳白色
- 非常に燃えやすい
- 黄色い外炎と青い内炎を伴って燃える
- すすはほとんど発生しない
- ワックスのようなにおいがする
- 密度が1g/cm<sup>3</sup>より小さく、水に浮く
- 比較的柔らかく、爪で傷をつけることができる
- 軽い感じがする

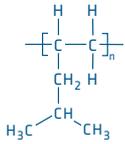
### 使用例

ガイド・ローラー、チェーン・ガイド、サイロやシューターのライナー、抽出と濾過用のプレート、ガスや飲料水用のパイプ、床暖房システム(HMW-PE)、冷凍食品の製造と包装ライン、様々な産業用途で使用されるフィルム

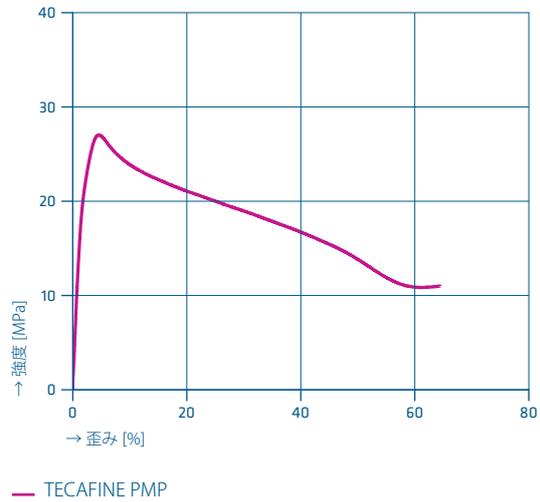
### まとめ

分子量の違いによっていろいろな種類のポリエチレンが存在します。結晶化度、耐薬品性、靱性と耐摩耗性といった特性は、分子量が大きくなるほど改善しますが、分子量が大きくなるほど溶融加工性は低下します。

例えば、超高分子量ポリエチレン(UHMW-PE)は、プレス製法でしか切削加工用の板をつくることができません(通常の押出成形ができません)が、内部残留歪みが小さく低ソリ性の素材を得ることができます。



ポリメチルペンテン:PMPの化学構造式



# TECAFINE PMP ポリメチルペンテン(PMP)

## ポリメチルペンテン:PMP (定義)

ポリメチルペンテンは、ポリオレフィンに属する熱可塑性樹脂です。密度は0.83と熱可塑性プラスチックの中で最も軽いのが特徴です。部分的に結晶化構造を有しているにもかかわらず、PMPはクリアな透明性を有しています。

## 特徴

- 結晶性
- 透明
- 熱可塑性プラスチックの中で最も密度が低い
- 非常に強靱で、強度・硬度ともに優れる
- 耐薬品性が良好
- 他の透明プラスチックよりも耐ストレスクラックが良好
- ほとんど吸水しない。耐スチーム性も良好。
- 熱安定性に優れる
- 優れた電気絶縁性
- フッ素樹脂波の極めて低い誘電正接
- 極めて優れた光学特性

## 物性値

	TECAFINE PMP (PMP)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	20°C
密度	0.83 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	1,000 MPa
長期使用温度	120°C
短期使用温度	170°C
使用下限温度	-20°C

## 識別のための特徴

- 透明
- 非常に燃えやすい
- 黄色い外炎と青い内炎を伴って燃える
- すすはほとんど発生しない
- ワックスのようなにおいがする
- 水に浮く
- 比較的柔らかく、爪で傷をつけることができる

## グレード紹介

### TECAFINE PMP (PMP)

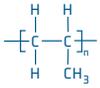
透明。可視光領域だけでなく、紫外線領域でも透明。  
非常に優れた電気絶縁性

## 使用例

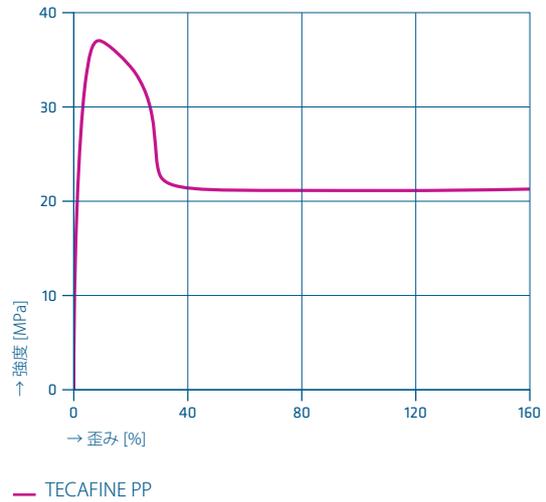
医療技術: 輸液部品、注射器、などの輸液の供給、コック、コネクターなどの射出成形による製品群。電気電子アクセサリ部品、高周波関連部品、コイルボビン、航空関連、超音波レンズなど。

## まとめ

ポリエチレンよりも、機械強度と熱安定性が優れる。結晶の粒径が光の波長よりも小さいため、非常に優れた透明性を有する。アクリル樹脂やPC樹脂よりも、可視光領域での光の透過性に優れる。



ポリプロピレン:PPの化学構造式



# TECAPRO MT TECAFINE PP ポリプロピレン(PP)

## ポリプロピレン:PP (定義)

ポリプロピレン(PP)は、プロピレンの触媒重合により合成される熱可塑性プラスチックで、非常にバランスの取れた特性を有する、極めて標準的なプラスチックです。

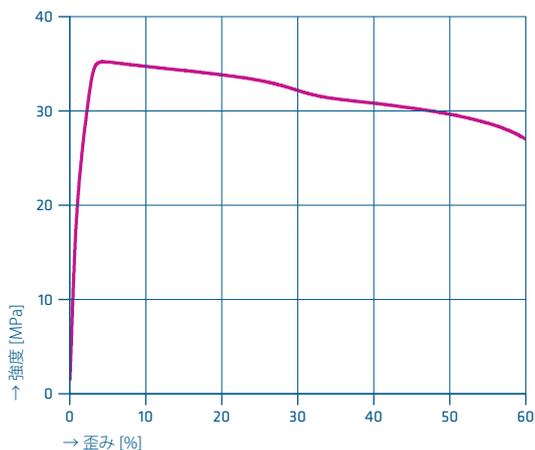
ヨーロッパでは、押出成形による切削加工用素材にはホモポリマーが多く使用されており、日本ではコポリマーが一般的です。エンズィンガー・グループは、二種類のPP樹脂グレードを供給していますが、両方ともホモポリマーです。

## 特性

- 結晶性
- 低密度、1 g/cm<sup>3</sup>未満
- 強靱で割れにくい
- ポリエチレンよりも強度、硬度、剛性に優れる
- 優れた耐薬品性
- 吸湿性がほとんど無い
- ストレスクラックを発生しない
- ポリエチレンよりも耐熱安定性が高い
- 接着しない
- 熱膨張が大きい
- 低温領域では衝撃に弱い(ホモポリマー)

## 物性値

	TECAPRO MT (PP-H)	TECAFINE PP (PP-H)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	-10°C	-18°C
密度	0.92 g/cm <sup>3</sup>	0.91 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	2,000 MPa	1,600 MPa
長期使用温度	100°C	100°C
短期使用温度	140°C	130°C
使用下限温度	-10°C	-10°C



— TECAPRO MT

### 識別のための特徴

- 多くの点でポリエチレンと同様
- PEとの差違点:爪で傷をつけられない
- 乳白色不透明
- 非常に燃えやすい
- 青い内炎に黄色い外炎を伴って燃える
- すずはほとんど発生しない
- ワックスのようなにおいがする
- 密度が1 g/cm<sup>3</sup>未満なので水に浮く

### グレード紹介

#### TECAFINE PP (PP)

非強化標準グレード、ナチュラル

#### TECAFINE PP GF30 (PP GF)

##### 射出成形用グレードのみ

ガラス繊維を添加して、強度、剛性、硬さと熱膨張を少なくし、寸法変化を小さくしました。

#### TECAPRO MT (PP)

医療用に改質した特殊なタイプのPP樹脂グレード。USP Class VI認証素材。

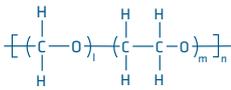
### 使用例

TECAFINE PP: 大型の化学器具、耐酸性建材、酸処理槽、バルブ、メッキ槽、エッチング槽、洗浄槽、低温排ガスパイプ、フィルター・プレス用フィルター・プレート、排水プラント、排水パイプシステム。  
食品用の搬送箱、濾過部品、継ぎ手、コンテナ、食品製造ライン。

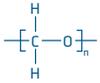
TECAPRO MT: 洗浄・滅菌用トレイ、異なる医療器具を一つの手術用にまとめて搬送するトレイ、医療器具のハンドル、マンモグラフィ用の体に接するプラスチック板など。

### まとめ

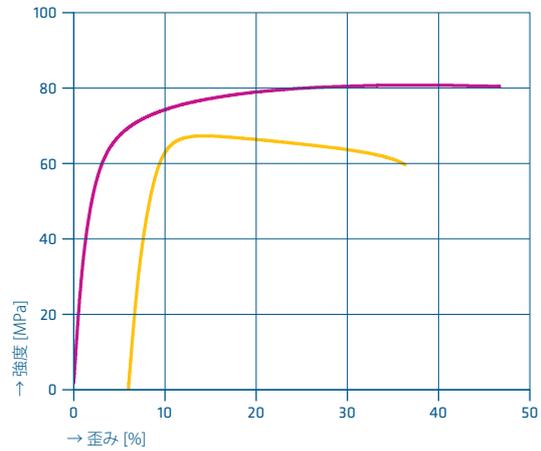
TECAFINE PPとTECAPRO MT との間の主な違いは、TECAPRO MTは医療におけるオートクレーブ滅菌処理(134°C)に耐えうる耐熱処方をしたPPホモポリマーであるという点にあります。単純な耐熱性に加えて、繰り返しオートクレーブ処理を施しても、ソリや変色を生じることがないように、内部歪みを少なくし、変色しにくい処方をしています。PPホモポリマーは、コポリマーよりも切削加工性に優れ、強度も高く、耐薬品性、耐熱性も良好です。PPホモポリマーを使用することで、軽量で、かつ、寸法の安定した製品を、容易に切削加工できます。



ポリアセタール・コポリマー(TECAFORM AH)の化学構造式



ポリアセタール・ホモポリマー(TECAFORM AD)の化学構造式



— TECAFORM AD — TECAFORM AH

## TECAFORM ポリアセタール(POM)

### POM (定義)

POMと略号表記される樹脂は、ポリアセタール、ポリオキシメチレン、ポリホルムアルデヒドと異なる名称がありますが、全く同じプラスチックを異なる名称で表しているに過ぎません。POMは、ホルムアルデヒドを重合してつくられる熱可塑性プラスチックです。POMには大きく二つの種類が存在します。ホモポリマー(POM-H / TECAFORM AD)とコポリマー(POM-C / TECAFORM AH)です。この二つは重合方法が異なり、基本的な特性はよく似ていますが、両者間では特徴的な差が存在します。

### 特徴

- 結晶化度が高い
- 比較的密度が大きい(重い)
- 低温においても優れた靱性を発揮する
- 強度が良好で、剛性を有し、硬い
- 優れた摺動性を有し、耐摩耗性に優れる
- 粘着性が少なく、接着が困難
- 良好な耐薬品性を示す
  - 特にアルカリ、溶媒、燃料に対して良好
- 耐熱安定性が良好
- 吸湿性が低い
- 寸法精度に優れる
- 誘電率が極めて低い

### 物性値

	TECAFORM AD (POM-H)	TECAFORM AH (POM-C)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	-60°C	-60°C
密度	1.43 g/cm <sup>3</sup>	1.41 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	3,600 MPa	2,800 MPa
長期使用温度	110°C	100°C
短期使用温度	150°C	140°C
使用下限温度	-50°C	-50°C

### 識別のための特徴

- 白色でやや不透明
  - 端部に透明なところが見られる
- 非常に燃えやすい (指定可燃物)
- 黄色い炎の先端がかすかに青く、液滴を垂らしながら燃え続ける
- すすの発生はほとんど無いがあってもごく少量
- 熱分解により、特徴的なホルムアルデヒドの刺激臭がする
- 密度が大きく、水に沈む
- 若干口ウのような触感がする
- 無機酸に容易に冒される
- 叩くともったような音がする

## Ensinger POM製品の特徴

産業界で求められる多種多様な特性を満たすPOM製品群から、特定の使用条件に最適なPOM製品をお求めになれます。例えば、食品、飲料水、医薬品及び医療技術産業、そして摺動用途などに利用可能なPOM製品を取り揃えています。

また、安全性および防爆要件に準拠した製品、食品や医薬品の製造における消費者保護のための製品も提供しています。

## グレード紹介

**TECAFORM AD ナチュラル (POM-H)**  
ポリアセタール・ホモポリマーの基本タイプ

**TECAFORM AD black (POM-H)**  
黒色とすることで耐紫外線性が改善

**TECAFORM AD AF (POM-H, PTFE添加)**  
茶色。PTFEを添加することで摩擦係数を小さくし、摺動性を改善

**TECAFORM AH ナチュラル (POM-C)**  
ポリアセタール・コポリマーの基本タイプ

**TECAFORM AH black (POM-C)**  
黒色とすることで耐紫外線性が改善

**TECAFORM AH ELS (POM-C, 導電性カーボン・ブラック)**  
製品やシステムを静電気による損傷から保護するために、静電気を確実に放散する為の電気伝導性に調製

**TECAFORM AH GF25 (POM-C GF)**  
より高い強度と寸法精度を実現するためにガラス繊維で強化

**TECAFORM AH ID (POM-C, 金探対応フィラー)**  
金属探知機で検出が可能  
食品製造用途に好適

**TECAFORM AH ID blue (POM-C, 金探対応フィラー)**  
近年食品用途に多用される青色で、安全性の確保の為に使用される金属探知機で検出が可能なグレード

**TECAFORM AH LA blue (POM-C, 固形潤滑剤)**  
食品用途に適した青色で、摺動性を改善したグレード

**TECAFORM AH MT 着色 (POM-C)**  
医療用途向け着色グレード  
生体適合性試験済み

**TECAFORM AH SAN (POM-C)**  
衛生・ヘルスケア用途に使用される抗菌剤添加グレード

**TECAFORM AH SD (POM-C, 帯電防止)**  
電気・電子産業で求められる帯電防止性を付与したグレード  
炭素系フィラー不使用

## 使用例

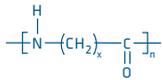
POM製品は、多種多様な業界で幅広く一般的に使用されるエンジニアリングプラスチックであり、金属の代替として使用されることもあります。

スナップ・フィットを利用した優れたデザイン製品、ベアリング・ブッシュ、ローラー、スライドレールなどの摺動部品、電気絶縁部品、水と接する機能要素・部品、スライド機能を持つ様々な治具部品、耐スクラッチ性(表面傷つき性)にすぐれ表面光沢を有する部品、食品製造、医薬品製造、飲料水製造、医療技術の幅広い部品・製品要素など、広範囲にわたる摺動部品での使用事例があります。

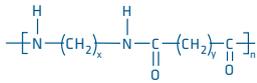
## まとめ

ホモポリマーとコポリマーの二つの基本的なタイプは、以下のポイントに応じて使い分けがなされます：

- POM-H(ホモポリマー)は、高融点及び高い強度を有するが、連続して60°Cを超える熱水と水蒸気に曝されると加水分解しやすい
- POM-C(コポリマー)はPOM-Hよりも若干強度が劣るが、韌性に優れ、耐アルカリ性、熱水と水蒸気による耐加水分解性が良好
- POM-HよりもPOM-Cの方が、より大きく、肉厚の切削加工用素形材を製造できます

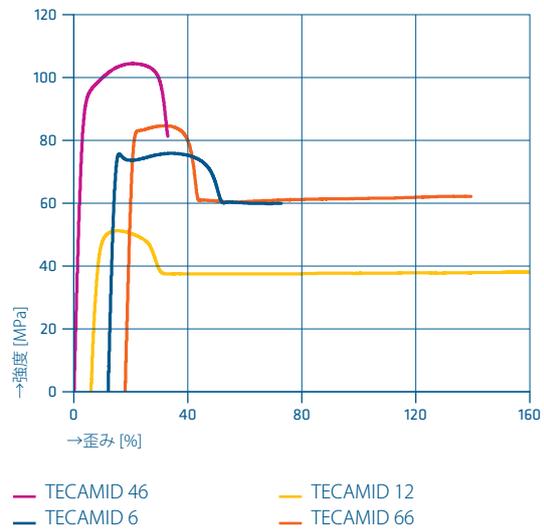


ナイロンの化学構造式:  
 6ナイロン:x=5  
 11ナイロン:x=10  
 12ナイロン:x=11



ナイロンの化学構造式:  
 66ナイロン:x=6、y=4  
 610ナイロン:x=6、y=8  
 612ナイロン:x=6、y=10

非強化グレード



## TECAMID ナイロン(ポリアミド:PA)

### ナイロン:PA (定義)

ナイロン (PA:ポリアミド)は、広範なポリアミドと定義される高分子分類に属します。単一の原料から重縮合することにより、6ナイロン、11ナイロン、12ナイロンなどが得られ、2つ以上の原料から重縮合することにより、66ナイロン、46ナイロン、610ナイロン、612ナイロンを得ることができます。これらのナイロンは、それぞれ異なる性質を有します。ナイロンは、最も重要なエンブラの一つです。

### 6ナイロンと66ナイロンの特徴

- 結晶性を有する
- 低密度で 1 g/cm<sup>3</sup>(水の密度)を僅かに上回る
- 熱に対する高い安定性を有する  
(66ナイロンは6ナイロンよりも融点が高い)
- 良好な強度と硬さを有する
- 空気中の水分を吸湿しやすい。吸湿により多くの特性に影響する  
 靱性、衝撃強度、耐摩耗性:吸湿が良い方向に作用  
 機械強度・剛性、電気絶縁性:吸湿が悪い方向に作用
- 水分率の影響を受けるが非常に良好な靱性を有する
- 主にアルカリ、溶媒、燃料に対する高い耐薬品性を示す
- 非常に乾燥した環境においてのみ、ストレス・クラックが発生する
- 接着しにくい

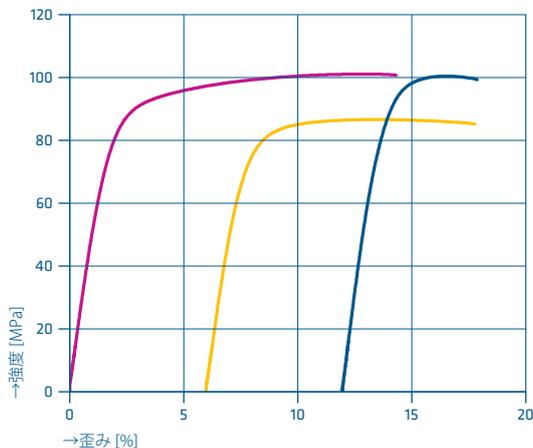
### 46ナイロンの特徴

- 結晶性を有する
- 低密度で 1 g/cm<sup>3</sup>(水の密度)を僅かに上回る
- 熱に対する高い安定性を有する
- 高温環境での寸法安定性に優れる
- 他のナイロンと比較して、非常に吸湿しやすい。そのため、以下の物性への影響は他のナイロンよりも大きくなる  
 靱性、衝撃強度、耐摩耗性:吸湿が良い方向に作用  
 機械強度・剛性、電気絶縁性:吸湿が悪い方向に作用
- 水分率の影響を受けるが非常に良好な靱性を有する
- 主にアルカリ、溶媒、燃料に対する高い耐薬品性を示す
- 非常に乾燥した環境においてのみ、ストレス・クラックが発生する

### 12ナイロンの特徴

- 結晶性を有する
- 低密度で 1 g/cm<sup>3</sup>(水の密度)を僅かに上回る
- 中程度の強度と硬さを有する
- 熱に対する安定性は他のナイロンよりやや劣る
- 他のナイロンと比較して吸湿率が低い
- ノッチ付き・無しの両方の衝撃強度が高い
- 主にアルカリ、溶媒、燃料に対する高い耐薬品性を示す
- ストレス・クラックの耐性に優れる

## 強化グレード



— TECAMID 66 CF20      — TECAMID 66 GF30 black  
— TECAMID 6 GF30 black

## 物性値

	TECAMID 6 (PA 6)	TECAMID 66 (PA 66)	TECAMID 46 (PA 46)	TECAMID 12 (PA 12)
ガラス転移点: T <sub>g</sub> [°C]	45	47	72	37
密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	1.14	1.15	1.19	1.02
引張弾性率 [MPa]	3,300	3,500	3,300	1,800
長期使用温度 [°C]	100	100	130	110
短期使用温度 [°C]	160	170	220	150
使用下限温度 [°C]	-40	-30	-40	-60
吸水率 [%]	9.5	8.5	12	1.5

## 識別のための特徴

- 不透明な乳濁白色
- 燃えやすい
- 黄色い内炎に青い外炎を伴い燃焼する  
すすの発生はほとんど無いがあってもごく少量
- 燃やすと、角や爪を燃やしたようなにおいがする  
燃焼時、糸を曳くような滴下物を生成する
- 飽和食塩水に浮く  
(密度が1 g/cm<sup>3</sup>を僅かに上回るため)
- 薄肉や角部がやや透けて見える

## 使用例

ナイロン類は、高い靱性と耐摩耗性を有しているため、昔から摺動用途に適した素材として機械工学の分野で広く使用されています。ナイロン部品を使用すれば、部分的に無潤滑状態の厳しい摺動条件であっても、スムーズで、作動音と振動の少ない搬送を実現することができます。

ナイロンを使用する場合は、寸法公差を大きく許容できる厳しい過酷な環境での用途に適しています(注:ナイロンは吸湿により寸法が動くので、精密な寸法公差を要求する部品・用途には適さない)。

## グレード紹介

### TECAMID 6 (PA 6)

6ナイロン非強化グレード  
非常に強靱、優れた吸音特性  
吸湿性を有する

### TECAM 6 MO (PA 6 MoS<sub>2</sub>)

二硫化モリブデン添加  
耐候性に優れ、屋外使用可  
耐摩耗性に優れ、摺動用途に好適

### TECAMID 6 GF25

### TECAMID 6 GF30 (PA 6 GF)

ガラス繊維強化グレード  
強度・剛性と靱性を両立

### TECAMID 66 (PA 66)

66ナイロン非強化グレード  
6ナイロンよりも強く、硬い

### TECAMID 66 CF20 (PA 66 CF)

炭素繊維強化グレード  
強度に優れ、耐紫外線性を改善

### TECAMID 66 GF30 (PA 66 GF)

ガラス繊維強化グレード  
強度に優れ、耐紫外線性を改善  
耐候性に優れる

### TECAMID 66 HI

### (PA 66, 熱安定剤)

熱安定剤配合グレード

### TECAMID 66 LA

### (PA 66, 固形潤滑剤)

潤滑剤により摺動特性を改善したグレード

### TECAMID 66 MH (PA 66 MoS<sub>2</sub>)

二硫化モリブデン配合  
耐摩耗性を改善  
耐紫外線性が改善され、屋外使用可

### TECAMID 12 (PA 12)

12ナイロン非強化グレード  
吸水率が低く、湿潤環境下でも特性は安定している  
優れた電気絶縁性、良好な滑り抵抗特性、  
耐摩耗性、寸法安定性を示す

### TECAMID 46 (PA 46)

46ナイロン非強化グレード  
赤褐色の他熱性に優れたナイロン  
射出成形で使用されることが多い

## まとめ

比較的高い可逆的な吸湿性という特徴のため、6ナイロンは非常に高い靱性を有しますが、使用環境により特性が大きく変化します。

66ナイロンは、6ナイロンよりも耐熱性に優れ、強度、剛性、硬度に優れます。

12ナイロンはほとんど吸湿しません。そのため、寸法安定性に優れます。さらに、靱性と耐摩耗性に優れます。

46ナイロンは、最も高い靱性と吸湿性を有し、高温環境での安定性に優れ、耐摩耗性も良好です。



## 物性値

	TECAST T (PA 6 C)	TECARIM (PA 6 C)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	40°C	53°C
密度	1.15 g/cm <sup>3</sup>	1.11 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	3,500 MPa	2,200 MPa
長期使用温度	100°C	95°C
短期使用温度	170°C	160°C
使用下限温度	-40°C	-50°C

## 識別のための特徴

- 不透明で乳白色を呈する
- 燃えやすい
- 黄色い内炎に青い外炎を伴い燃焼する  
すすの発生はほとんど無いがあってもごく少量
- 燃やすと、角や爪を燃やしたようなにおいがする  
燃焼時、糸を曳くような滴下物が生成する
- 飽和食塩水に浮く  
(密度が1 g/cm<sup>3</sup>を僅かに上回るため)
- 薄肉や角部がやや透けて見える

## グレード紹介

### TECAST T (PA 6 C)

キャスト6ナイロン標準グレード  
強靱で硬く、切削加工性に優れる

### TECAGLIDE 緑

(PA 6 C, 固形潤滑剤)  
低摩擦係数のして摺動性を改善したキャスト6ナイロングレード

### TECAST L (PA 6 C, オイル)

オイルを配合して摺動性を改善

### TECAST L 黒色 (PA 6 C, オイル)

オイルを配合して摺動性を改善  
黒色、耐候性改善

### TECAST L 黄色 (PA 6 C, オイル)

オイルを配合して摺動性を改善  
黄色

### TECAST TM (PA 6 C, MoS<sub>2</sub>)

二硫化モリブデン配合  
耐摩耗性を改善  
耐紫外線が改善され、屋外使用可

### TECARIM 1500 黄色

(PA 6 C, エラストマー)

鮮やかな黄色  
非常に強靱で、低温での衝撃強度に大変  
優れる

## 使用例

プーリー、ガイドローラー、チェーンガイド、スライドレール。

TECAST Tの調節可能な靱性特性は、杭打ちのために加わる衝撃や振動を受け止める衝撃吸収盤や、動力よりも動きを伝える大きなギアに使用されます。

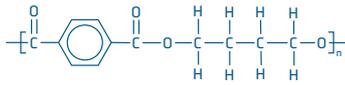
高い靱性を有するので、TECARIMは寒冷地仕様の製品(チェーンサポート、ブルドーザーのためのチェーン・バッファ)に使用され、パンチングのストレス・リリース・ブロック、自動車用途の深絞り製品、白物家電、建設機器などに使用されます。

## まとめ

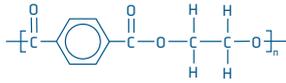
6ナイロンは、比較的高い可逆的な吸湿性という特徴により非常に高い靱性を有します。さらに、TECAST Tは、押出成形による6ナイロンよりも高い結晶化度を有するので、切削加工性が良好です。

TECAST LとTECAGLIDEは、滑り性と耐摩耗性の向上が要求される用途に適した特殊な摺動グレードです。

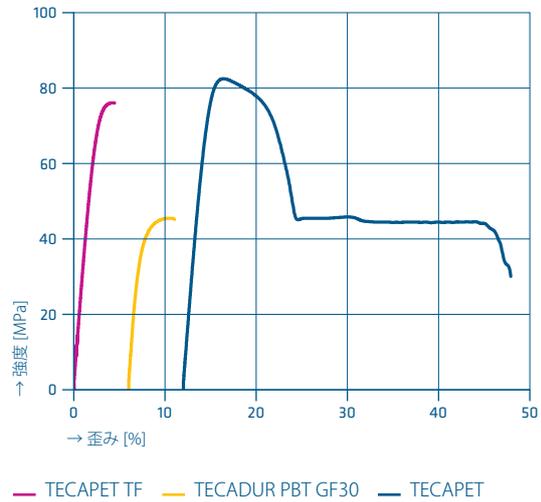
TECARIMは、強度、耐クリープ性、靱性を幅広く調整することが可能です。



PBT(ポリブチレンテレフタレート)の化学構造式



PET(ポリエチレンテレフタレート)の化学構造式



## TECADUR PET, PBT TECAPET, HYDEX PET/PBT樹脂

### PETとPBT (定義)

PET(ポリエチレンテレフタレート)は、テレフタル酸とエチレングリコールとの縮重合により合成され、熱可塑性直鎖型ポリエステルに属します。

PBT(ポリブチレンテレフタレート)は、テレフタル酸と1,4-ブタンジオールとの縮重合により合成され、熱可塑性直鎖型ポリエステルに属します。PETと同様の特性を示し、PETと比較して若干強度が低いが、靱性を有し、耐摩耗性に優れます。

PBTは、PETよりもガラス繊維などによる物性の向上が容易なため、ガラス繊維強化品はTECADUR PBT GF30のみを製造・販売しています。

### 特徴

- 結晶性を有する
- やや密度が大きい
- 高い靱性を有し、バネ剛性に優れる
- 0°C以下の低温で脆性破壊しやすい
- 高い強度を有し、硬く、剛性も高い
- 滑りに優れ、耐摩耗性にも優れる
- 高い耐薬品性を有する
  - 希釈した酸に対する耐性が良好
- 熱安定性に優れる
- 吸湿しにくい
- 熱膨張が小さい
- 寸法安定性に優れる
- 熱水や加熱水蒸気による加水分解の可能性がある
- 非常に優れた電気絶縁性を示す

### 物性値

	TECADUR PET (PET)	TECAPET (PET)	TECADUR PBT GF30 (PBT GF)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	81°C	81°C	60°C
密度	1.39 g/cm <sup>3</sup>	1.36 g/cm <sup>3</sup>	1.46 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	3,300 MPa	3,100 MPa	3,400 MPa
長期使用温度	110°C	110°C	110°C
短期使用温度	170°C	170°C	200°C
使用下限温度 (低温脆化温度)	-20°C	-20°C	-20°C

### 識別のための特徴

- POMよりも鮮やかな白色を呈する
- 燃えやすい
- 明るい黄色の炎を上げて燃える
- 多量のすすを発生する
- 熱分解に伴い、特有の甘く、刺激のあるにおいがする

### グレード紹介

**TECADUR PET (PET)**  
非強化グレード

**HYDEX 4101 (PBT)**  
非強化グレード(ナチュラル・黒)

**TECAPET (PET)**  
非強化グレード、白色  
切削性を改善

**TECADUR PBT GF30 (PBT GF)**  
高強度、高剛性、寸法精度の要求を満たす  
ガラス繊維強化グレード

**TECAPET 黒色 (PET)**  
耐紫外線性を改善

**HYDEX 4101L (PBT + PTFE)**  
PTFEを添加して摺動性を改善  
白色

**TECAPET TF (PET + PTFE)**  
PTFEを添加して摺動性を改善  
グレー色

### 使用例

ベアリング・ブッシュ、ローラー、スライド・レールといった摺動部品、スナップ・フィット性が求められる部品、電気絶縁部品、冷水と接する部品、滑りに優れた様々な治具部品、食品加工プラント用部品

### まとめ

PET樹脂はナイロンよりも吸湿性が低く、POMよりも熱膨張しないので、環境変化の影響を受けにくく、厳密な寸法精度が要求される用途に適しています。

PET樹脂を食品製造に関連する用途で使う場合、POMやナイロンとは異なる耐洗浄剤特性を示し、補完性を期待できます。例えば、PET樹脂はナイロンやPOMにはない耐酸性を有す一方で、アルカリ性洗剤に対しては耐性が劣ります。

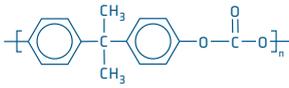
TECAPETグレードは、切削加工性を改善し、さらに樹脂の靱性と滑り抵抗を減ずる処方をしています。これにより、TECADUR PETと比較して強度が若干低くなっています。

黒のTECAPETは、屋外使用における耐紫外線性を高めるために着色しています。

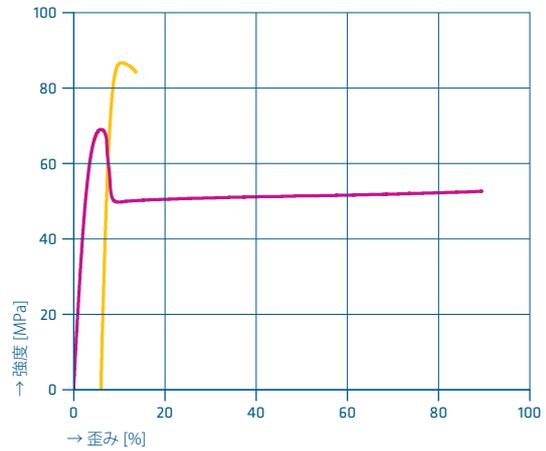
TECAPET TFは、PTFEを添加して滑り摩擦抵抗を改善したグレードです。配合により灰色を呈します。PBT樹脂にPTFEを添加したHYDEX 4101Lは、鮮やかな白色を呈し、TECAPET TFよりも耐摩耗性に優れ、日本食品衛生法に適合した食品用途に好適な素材です。

TECADUR PBT GF30は、PBT樹脂にガラス繊維を30%添加したもので、高い強度、高い剛性、低い熱膨張の要求特性を満たします。このグレードは、高い寸法精度を要求する電気、精密機械、メカトロニクス の各種構造部品に使われます。

PET樹脂は、PBTよりも剛性が高い反面、脆くもあります。そのためガラス繊維を添加すると、切削加工などが困難なくらいに、割れたり、欠けやすくなってしまいます。



PC(ポリカーボネート)の化学構造式



— TECANAT — TECANAT GF30

## TECANAT ポリカーボネート(PC)

### PC (定義)

PCと略号表記されるポリカーボネート(ポリカ)は、ビスフェノールAとホスゲンを反応させて生成する直鎖熱可塑性ポリエステル的一种です。結晶化度が大変低いため、PC樹脂は高いレベルの透明性を有します。

PC樹脂は、良好な強度と剛性、硬さを有し、同時に耐衝撃性にも優れています。耐薬品性には劣りますが、耐候性に優れ、可視光や紫外線に対して安定で、変色の少ないプラスチックです。

### 特徴

- 非晶性樹脂
- 高いレベルの透明性
- 低密度
- 熱安定性が良好
- 非常に優れた靱性
- 低温環境でも優れた耐衝撃性を示す
- 強度が高く、硬い
- 広い温度範囲で剛性を維持する
- 寸法安定性に優れる
- 吸湿度が低い
- 溶媒やアルカリに弱く、耐薬品性は余り良くない
- ストレスクラックが発生しやすい
- ノッチ感度が高い、Rをつけた加工を推奨
- 高い機械負荷のかかる用途には不向き
- 加水分解しやすい(熱水との連続的な接触、超高温スチームに接する場合)
- 誘電正接が低い
- 電気絶縁性に優れる
- 耐候性に非常に優れる

### 物性値

	TECANAT (PC)	TECANAT GF30 (PC GF)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	149°C	147°C
密度	1.19 g/cm <sup>3</sup>	1.42 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	2,200 MPa	4,400 MPa
長期使用温度	120°C	120°C
短期使用温度	140°C	140°C
使用下限温度 (低温脆化温度)	-60°C	-40°C

### 識別のための特徴

- 無色
- 非常に透明
- 燃えやすい
- 黄色い炎を上げて燃え、大量のすすを発生する
- 燃烧時に、ほのかな甘い香りを伴った刺激臭がする
- 食塩水に浮く
- 溶剤の影響を即座に受け、白濁する

---

## グレード紹介

**TECANAT (PC)**  
PC非強化標準グレード

**TECANAT GF30 (PC GF)**  
30%ガラス繊維強化グレード  
強度、剛性と寸法精度に優れる

**TECANAT MT (PC)**  
医療用PCグレード  
生体適合性を有する

---

## 使用例

CDやDVDのディスクをはじめとして、電気電子部品、ハウジングといった、高い透明性と優れた機械強度(耐衝撃強度、強度、寸法安定性等)が重視される用途に使用されます。食品加工分野や鉱油処理分野では、眼鏡レンズ、光学レンズ、ランプカバー、覗き窓の用途に使用されます。また、車のヘッドライト、航空機の窓、安全スクリーン、防犯ガラス、カメラ用水中ハウジング、サンルームと温室ガラス、ソーラーパネル、カバー、包装、スーツケース、保護ヘルメットとバイザー用レンズに使用されます。

また、カメラ、携帯電話、ノートパソコン等のハウジング(筐体)にも適しています。

様々な使い捨て医療製品の原料として用いることがあります。

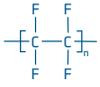
---

## まとめ

他のエンプラと比較して、ポリカーボネートは優れた耐衝撃強度を有し、さらに低温衝撃性に優れ、他のエンプラにはない透明性を有しています。硬度が高くキズがつきにくいので、高いレベルの透明性を持続しやすいプラスチックです。これらの優れた特性による差別化により、ポリカーボネートは、様々な領域で使用され、広い範囲の使用例が存在します。

高い強度と靱性を有するガラス繊維強化のTECANAT GF30は、とりわけ電気絶縁部品や高いレベルの寸法安定性、強度、衝撃強度を求められる構造体やハウジングへの使用に適しています。繊維強化PCは透明ではなく、灰色がかった不透明な色を呈します。

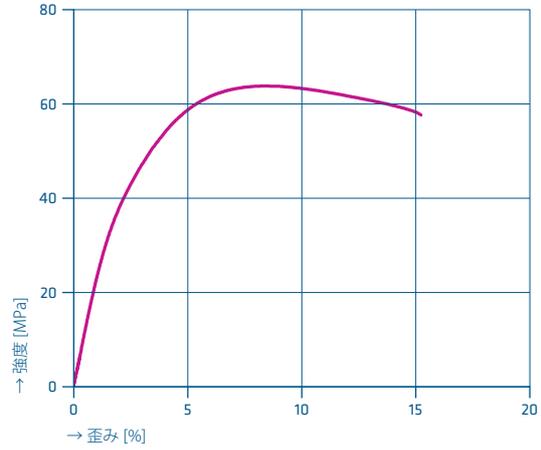
医療グレードのTECANAT MTは、医療分野で使い捨ての用途に適しています。繰り返し使用する用途に不向きなのは、滅菌手法として一般的な加熱蒸気滅菌処理(オートクレーブ)への耐性がほとんど無いからで、殺菌処理や洗浄処理を数回繰り返したただけでも、ストレスクラックが生成したり、黄変したり、脆化するなど、物性劣化が著しいからです。



PTFEの化学構造式



PVDFの化学構造式



— TECAFLON PVDF

## TECAFLON フッ素系樹脂

### PVDF, PTFE (定義)

ポリフッ化ビニリデン (PVDF) とポリテトラフルオロエチレン (PTFE) は、高い化学的耐性を有する熱可塑性フッ素樹脂に属します。非常に耐薬品性に優れたPTFE樹脂は分子量が高いため、射出成形や押出成形のように、熱で溶かして加工することができません。そのため、切削加工用の丸棒・板材を調製するには、圧縮成形を行い、焼結する必要があります。

一方で PVDF樹脂は、押出成形が可能です。

### 特徴: PVDF

- 密度が高い
- 強度と靱性を有する
- 低温での靱性はそれほど高くない
- 優れた耐薬品性を示す
- 耐加水分解性に優れる
- 吸湿率が極めて低い
- 熱膨張が大きい
- 極性があり、誘電正接が高い  
高周波用途には向かない
- 耐紫外線性に優れる
- フッ素系ポリマーの中で、放射線などの高エネルギー線に対する耐性が最も高い
- 難燃性、自己消化性を有する
- 燃焼の際には有毒ガスを放出する

### 特徴: PTFE

- 結晶化度が非常に高い
- すべてのプラスチックの中で最も密度が高い
- 低温でも非常に靱性が高い
- 強度と硬さは最低限レベル
- 耐クリープ性があまりない
- 酸化剤を含むほとんどの薬品に対して高い耐性を有する
- 耐加水分解性に優れる
- ストレス・クラックを発生しない
- 吸湿率が極めて低い
- 熱安定性を有する
- 熱膨張が大きい
- 粘着作用が全くないため、非常に良好な滑り性を有する  
スリップ・スティック現象はほとんど起きない
- 極めて優れた耐紫外線性を有する
- ガンマ線やX線などの高エネルギー線に弱い
- ほとんどの接着剤では接着しない
- 誘電正接が極めて小さい
- 電気絶縁性に極めて優れる
- 難燃性、自己消化性を有する
- 燃焼時に非常に有毒なフッ素ガスを放出する

## 物性値

	TECAFLON PVDF (PVDF)	TECAFLON PTFE (PTFE)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	-40°C	-20°C
密度	1.78 g/cm <sup>3</sup>	2.15 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	2,200 MPa	700 MPa
長期使用温度	150°C	260°C
短期使用温度	150°C	260°C
使用下限温度	-30°C	-200°C (例外的に -270°Cまで可)

## 識別のための特徴: PVDF

- 不透明乳白色
- 極めて燃えにくい
- 黄色い炎を上げて燃える
- 炎を遠ざけるとすぐに消える
- 燃焼時に刺激臭がする
- 密度が高い (非常に明白)
- 爪で傷をつけることは難しい

## 識別のための特徴: PTFE

- 不透明で鮮やかな白色
- 極めて燃えにくい
- 不燃
- 火にかざすと刺激臭がする
- 密度が高い (非常に明白)
- 柔らかい、容易に変形する、爪で傷をつけることができる

## グレード紹介

### TECAFLON PVDF (PVDF)

非強化標準グレード

### TECAFLON PVDF ELS

(導電性カーボン・ブラック配合)

PVDF導電グレード

### TECAFLON PTFE (PTFE)

非強化標準グレード

(日本では取り扱っていません)

## 使用例

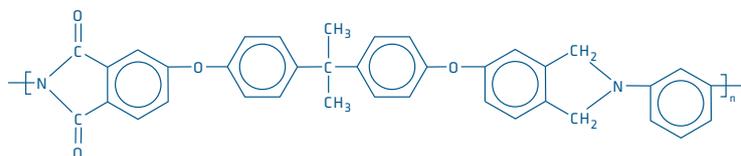
PTFEは、非常に幅広い用途に使用される重要なフッ素系樹脂の一つで、化学プラントエンジニアリング、食品製造や製菓などの用途に使用されています。耐薬品性が要求される環境での摺動用途に好適です。

PVDFは、バルブ、フィルター・プレート、継手、パイプ・ライン、特殊な超純水処理プラントなど、化学プラント設備や高温に曝され、高い圧力負荷のかかる用途に最適です。

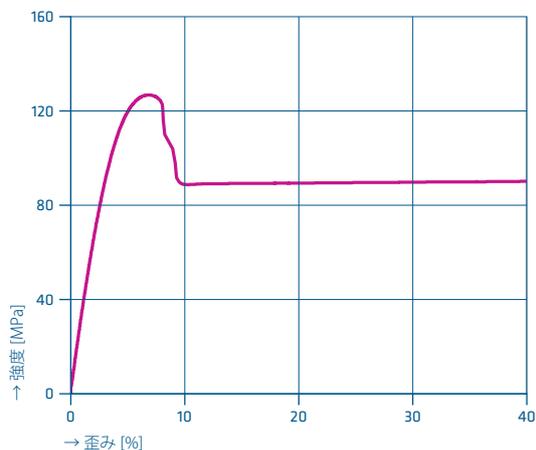
## まとめ

PTFEの部品の寸法を決める際には、プラスチックの微細構造の変化に起因する線膨張係数の極端な増大(18~20°C付近)を考慮する必要があります。したがって、寸法を調整するときは、約23°Cの温度環境で行うようにしてください。

PVDFはPTFEよりも高い強度を有し、150°CにおけるPVDFの強度は、室温におけるPTFEの強度とほぼ同じになります。また、PVDFは、PTFEよりも耐薬品性が低くなります。



PEIの化学構造式



— TECAPEI

## TECAPEI ポリエーテルイミド(PEI)

### PEI (定義)

PEI: ポリエーテルイミドは、非晶性の熱可塑性樹脂で、優れた耐薬品性と高い剛性を有します。PEIは、ポリサルフォン(PSU、PPSU)と極めて似た特性を示しますが、熱可塑性のポリイミドの種類に属します。

幅広い温度範囲で極めて優れた耐クリープ性を示し、長期使用温度も高いプラスチックです。際だった特徴は、優れた耐加水分解性を示し、寸法精度が安定しているところにあります。PEIは非晶性樹脂であり、琥珀色透明の外観を呈します。

### 特徴

- 非晶性樹脂
- 透明性を有し、表面光沢がある
- 低密度
- 強度、剛性、硬度に優れる
- 高い靱性を有するが、ノッチ感度が高い
- Rをつけた加工を推奨
- 耐熱安定性が高い
- 良好な耐薬品性を有するが、作用の強い溶媒には冒され、ストレスクラックが発生する
- ポリイミドの中では吸湿率が低め
- 熱膨張が小さい
- 寸法安定性に優れる
- 高温水蒸気や熱水に対する耐加水分解性に優れる
- 誘電正接が低く、高周波用途に好適
- マイクロ波を透過し、耐性を有する
- 非常に優れた電気絶縁性を示す
- 難燃性を有する、自己消化性
- 限界酸素指数が極めて高い
- 火災時は、燃えにくく、有毒なガスや煙をほとんど出さない
- 切削加工性が良好

## 物性値

	TECAPEI (PEI)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	216 °C
密度	1.28 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	3,200 MPa
長期使用温度	170 °C
短期使用温度	200 °C
使用下限温度 (低温脆化温度)	-50 °C

## 識別のための特徴

- 琥珀色の透明
- 火にかざすと黄色い炎を上げて燃える
- 炎を遠ざけるとゆっくりと消える
- 塩化メチレンに溶ける

## グレード紹介

### TECAPEI (PEI)

非強化標準グレード  
食品との接触用途に好適

### TECAPEI MT (PEI)

医療用グレード  
生体適合性認証

### TECAPEI GF30 (PEI GF)

ガラス繊維強化グレード  
非常に高強度で、金属置換に適する

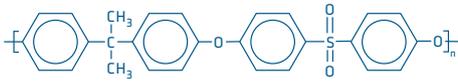
## 使用例

食品および製薬工場、化学および実験装置、プラグ部品、ランプ・ソケット、ハンダ・フレーム、航空宇宙用途の特殊品、電気工学、高周波アンテナ部品、コイル・ボビン、マイクロ波部品、マイクロ・エレクトロニクス、テスト・アダプタ

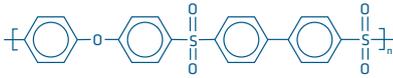
## まとめ

非晶性のスーパーエンブラ：PEI、PPSU、PESおよびPSUは、非常によく似た特性を示しますが、それぞれのガラス転移点、長期・短期使用温度は異なります。さらに、PEIは強度、剛性、硬度に関してポリサルフォンよりも大幅に高い機械的特性を有します。また、PEIは火災時の燃焼速度が遅く、発煙も少ないことから、航空宇宙用途で重要なプラスチックの一つです。

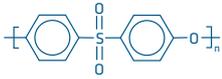
ガラス繊維などを添加しない樹脂の中では、PEIは貴重な高温耐性を有したスーパーエンブラです。



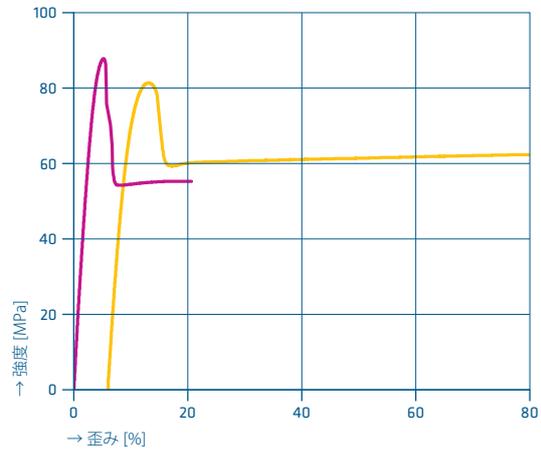
PSU(ポリサルフオン)の化学構造式



PPSU(ポリフェニルサルフオン)の化学構造式



PES(ポリエーテルサルフオン)の化学構造式



— TECASON S (PSU) — TECASON P MT 黒 (PPSU)

## TECASON S, P, E ポリサルフオン

### PSU、PPSU、PES (定義)

ポリアリルサルフオン(PSU、PPSU、PES)は、熱可塑性非晶性プラスチックです。これらは、非晶性の分子構造により、琥珀色、透明で黄色味がかかった茶色を呈します。高温環境であっても、これらは高いレベルの強度と寸法安定性を発揮します。

ポリフェニルサルフオン(PPSU)には、高い熔融温度と非常に低い吸湿性の特徴があります。さらに、PSUやPESといった他のポリアリルサルフオンよりも、優れた耐衝撃強度と耐薬品性を示し、加熱水蒸気滅菌や強力な洗浄剤、殺菌剤に対して、優れた耐性を発揮します。

ポリサルフオン(PSU)の優れた特徴は、長期使用温度の高さだけでなく、幅広い温度範囲での優れた耐クリープ性にあります。さらに、高いレベルの寸法安定性と優れた耐加水分解性を発揮します。

ポリエーテルサルフオン(PES)の特徴は、PSUの特徴に似ています。PESは、ノッチ感度が低く、高いレベルで機械強度と剛性が両立しています。さらに、PESは優れた耐薬品性を示し、耐加水分解性も有します。PSUよりも耐薬品性が良好で、衝撃強度も勝ります。

### 特徴

- 非晶性
- 透明性を有し、表面光沢がある
- 密度が低い
- 強度、剛性、硬度に優れる
- 強靱である
- 熱安定性に優れる
- 耐加水分解性に優れる
- 吸湿率が極めて低い
- 寸法安定性が良好
- 侵襲性の強い溶媒に接するとストレスクラックを発生する
- 加熱水蒸気耐性、耐加水分解性に優れる
- 誘電正接が低い
- 耐マイクロ波性に優れ、高周波用途に好適
- 非常に優れた電気絶縁特性を有する
- 難燃性で、自己消化性を有する
- 切削加工性が良好

特性値	TECASON P (PPSU)	TECASON S (PSU)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	218°C	188°C
密度	1.31 g/cm <sup>3</sup> (着色の種類により異なる)	1.24 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	2,300 MPa	2,700 MPa
長期使用温度	170°C	160°C
短期使用温度	190°C	180°C
使用下限温度	-50°C	-50°C (特殊要件では-100°C)

### 識別のための特徴

- 琥珀色で透明。ガラス転移点が高くなるほど色が濃くなる傾向にある。
- 燃えにくい
- 黄色い炎を上げて燃え、すすが発生する
- 炎を遠ざけるとゆっくり消える
- 燃焼時に刺激臭がする
- 塩化メチレンに溶解する

### グレード紹介

#### TECASON P MT 着色 (PPSU)

生体適合性試験を実施し、医療用途向けに様々な着色品をラインナップしたグレード。  
食品と接する用途にも好適。

#### TECASON P VF (PPSU)

真空成形用カレンダー成形した薄肉グレード。透明タイプと不透明着色タイプがある。

#### TECASON P MT XRO 着色 (PPSU)

生体適合性を有し、X線で造影可能な特殊な医療用グレード。

#### TECASON S (PSU)

非強化標準グレード  
食品と接する用途に好適

### 使用例

PPSUは、医療用途で使用されることが多く、人工関節置換術でサイズを確認するためのトライアルテストピース、医療器具のハンドル、滅菌・搬送コンテナ、食品・医薬品製造ラインに使用されます。

PSUは、化学・実験器具、プラグ部品、ランプ付属品、高周波に関する電子工学部品、旅客航空用搬送トレー、コイル・ボビン、電子レンジ対応容器、テスト・アダプターに使用されます。

### まとめ

PESは、PPSUの進歩により置き換えられたので、現在は特殊な用途でしか使用されていません。PSU、PPSU、PESといった三つの非晶性ポリサルフォン樹脂の特徴は極めて似通っていて、ガラス転移点と長期・短期使用温度が異なるぐらいです。

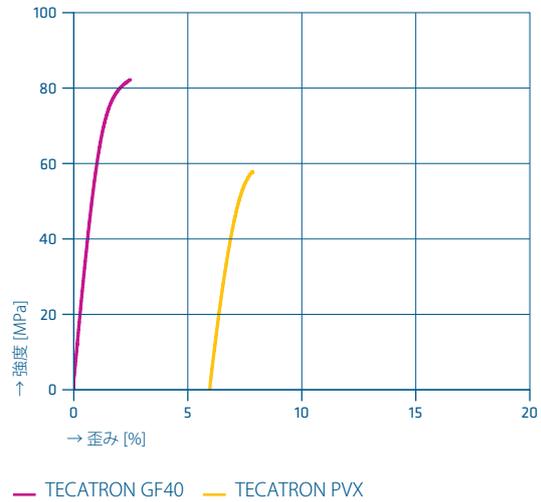
つぶさに見れば、機械強度、靱性、耐薬品性は、3つのプラスチックで異なりますが、さらにPEIを加えると、これら4つのプラスチックの特徴は、ほぼ重なり合ってしまう。これらの4種のプラスチックは、強度、剛性、硬度といった機械強度に極めて優れ、航空機産業などの安全性が要求される用途に大変適しています。

PESは比較的吸湿率が高いため、加熱水蒸気滅菌処理の過程で真空状態にするときにクラックが発生することがあります。

PEEK樹脂と同様に、PPSUは、医療用途において非常に重要なプラスチック素材です。例えば、CTなどのイメージング診断、OP機器や人工関節置換術用の整形外科技術で使用する機器などの分野に使用されています。



PPS(ポリフェニレンサルファイド)の化学構造式



## TECATRON ポリフェニレンサルファイド(PPS)

### PPS (定義)

ポリフェニレンサルファイド(PPS)は、耐熱性に優れた結晶性の熱可塑性プラスチックです。非常に対称性のよい分子構造であるため、高い温度環境でも強度と硬さに優れ、耐熱性が良好な樹脂です。吸水率が低く、寸法安定性が良好で、非常に優れた電気特性を示します。PPSは高温環境でも化学的に非常に安定なプラスチックです。一般的にPPSの成形品には、ガラス繊維などによる強化グレードの割合が多いのが特徴です。

### 特徴

- 結晶化度が高い
- 密度が高い
- 強度、剛性、硬度に優れる
- 良好な耐熱安定性
- 低温でも優れた耐薬品性を示す
- 溶媒に対して安定
- 耐加水分解性に優れ、ストレスクラックを起こしにくい
- 極めて低い吸湿率
- 低い熱膨張率(線膨張係数)
- 寸法安定性に優れる
- ガンマ線、X線に対する耐性が高い
- 非常に優れた電気絶縁性
- イオンコンタミを低減した特殊グレードが存在する
- 難燃性、自己消化性を有する

### 物性値

	TECATRON (PPS)	TECATRON GF40 (PPS GF)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	97 °C	93 °C
密度	1.36 g/cm <sup>3</sup>	1.63 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	4,100 MPa	6,500 MPa
長期使用温度	230 °C	230 °C
短期使用温度	260 °C	260 °C
使用下限温度 (低温脆化温度)	-20 °C	-20 °C

---

### 識別のための特徴

- ナチュラルはベージュ色、紫外線を浴びるとすぐに茶色く変色する
  - 燃えにくい
  - 燃やすと腐った卵のような硫黄臭がする
  - 炎を遠ざけると消える
  - 叩くと硬質の高い音がする
- 

### グレード紹介

#### TECATRON (PPS)

非強化標準グレード  
半導体用途などで使用される

#### TECATRON PVX (PPS CS CF TF)

摺動性を改善した特殊グレード  
炭素繊維、グラファイト、PTFEを配合

#### TECATRON GF40 (PPS GF)

ガラス繊維40%添加グレード  
高強度・高剛性

#### TECATRON GF40 黒 (PPS GF)

ガラス繊維40%添加グレード  
黒色。  
耐候性に優れる

---

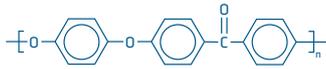
### 使用例

化学プラントなどに使用される、バルブ、フィルター・ハウジング、ポンプ、勘合させる部品、ポンプ・インペラー。  
高温環境や熱水、薬品などに曝される摺動部品、連続乾燥機のベアリング、電子部品、プラグ、ハウジング。  
非強化でイオンコンタミが低いものは、半導体の製造用途に使用されます。

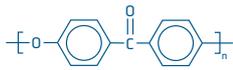
---

### まとめ

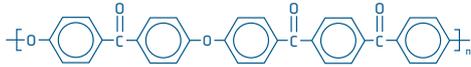
30%ガラス繊維強化66ナイロンでは性能が不足する場合、または、PEEK材を使用した場合には予算の制限を超えてしまう場合に、PPS材は最適な妥協点を提供します。自動車産業では、例えば、PPSはエンジンルーム内の様々な用途に使用されています。かつては一般的だった30%ガラス繊維強化66ナイロンや同PBT樹脂などでは、もはや十分な特性を提供することができなくなったからです。PPS素材は、優れた強度と剛性以外に、寸法安定性という利点もっています。



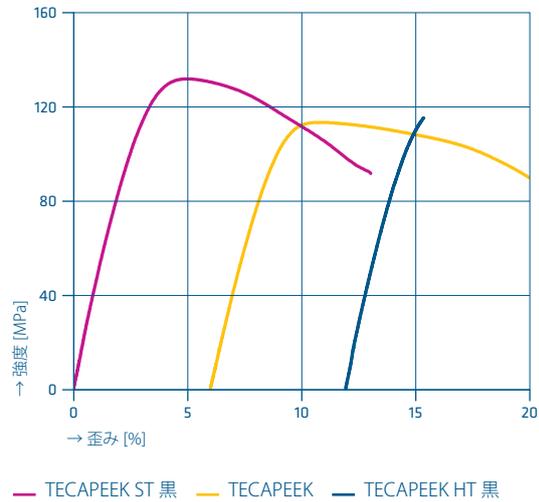
PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)の化学構造式



PEK(ポリエーテルケトン)の化学構造式



PEKEKK(ポリエーテルケトンエーテルケトンケトン)の化学構造式



## TECAPEEK ポリアリルケトン(PEEK, 等)

### ポリアリルケトン:PAEK (定義)

ポリアリルケトン(PAEK)類には、商業ベースになっているものに PEEK、PEK、PEKEKKとPEKKがあります。

エステル構造(E)とケトン構造(K)の比率の違いにより分子構造が異なり、ケトン構造の割合が多くなるとガラス転移点と融点が高くなる傾向にあります。

ポリアリルケトンの中で最も重要で、広く使われているプラスチックが、PEEK樹脂です。

ポリアリルケトンは、非常に優れた特性をもちつつ、特性間のバランスに優れています。

### 特徴

- 結晶性
- 低密度
- 非常に優れた強靭性
- 優れた強度、剛性、硬度
- 耐クリープ性に優れる
- 優れた滑り性・耐摩耗性
- ほとんどの溶媒・化学薬品に対する優れた耐薬品性
- ストレスクラックが発生しにくい
- 優れた耐加水分解性
- 高い耐熱安定性
- ガンマ線やX線に対する極めて優れた耐性がある
- 極めて低い吸湿性
- 熱膨張率が小さい
- 優れた寸法安定性
- 難燃性、自己消火性
- イオン・コンタミネーションが少ない
- 高真空下での揮発ガスが極めて少ない
- 燃焼時の発煙が少なく、かつ、毒性も低い

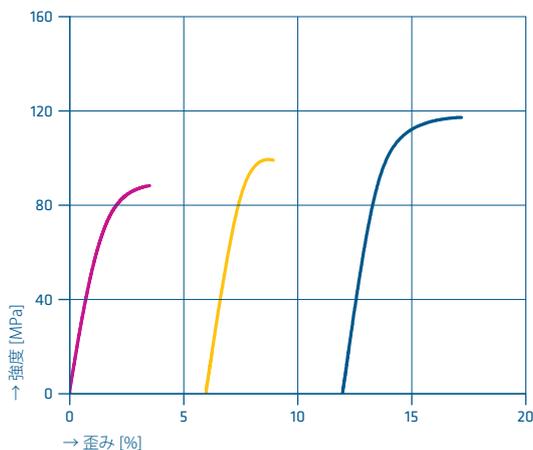
### 物性値

	TECAPEEK (PEEK)	TECAPEEK HT (PEK)	TECAPEEK ST (PEKEKK)
ガラス転移点: $T_g$	150°C	160°C	165°C
密度	1.31 g/cm <sup>3</sup>	1.31 g/cm <sup>3</sup>	1.32 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	4,200 MPa	4,600 MPa	4,600 MPa
長期使用温度	260°C	260°C	260°C
短期使用温度	300°C	300°C	300°C
使用下限温度	-40°C	-40°C	-40°C

(-100°Cを下回ると極めて脆くなる)

### PEEKナチュラルの識別のための特徴

- 特徴的なベージュ色
- 難燃性
- 炎を遠ざけると消える
- すすはほとんど出ない
- 非常に硬く、剛性が高い
- 密度は1 g/cm<sup>3</sup>より確実に大きく、水に沈む



— TECAPEEK PVX — TECAPEEK GF30 — TECAPEEK CF30

## グレード紹介

### TECAPEEK (PEEK)

非強化標準グレード

### TECAPEEK 黒 (PEEK)

耐紫外線性を改善

### TECAPEEK 朱 (PEEK)

警告色として、使用されている

### TECAPEEK CF30 (PEEK CF)

30%炭素繊維強化グレード

高い強度と剛性を有する

### TECAPEEK ELS nano (PEEK CNT)

カーボンナノチューブ(CNT)を添加した導電グレード

ナチュラル材並の切削加工性

### TECAPEEK GF30 (PEEK GF)

30%ガラス繊維強化グレード

強度と剛性が高い

### TECAPEEK PVX (PEEK CS, CF, TF)

高い負荷の発生する摺動用途に最適な摺動グレード

PTFE、グラファイト、炭素繊維を配合

### TECAPEEK CMF (PEEK セラミックス)

吸湿率が極めて低く、寸法精度を高めたグレード

### TECAPEEK HT 黒 (PEK)

PEEKよりも耐熱性に優れたPEK樹脂を用いた標準グレード

黒に着色

### TECAPEEK ST 黒 (PEKEKK)

PEEKより、PEKよりも耐熱性に優れたPEKEKK樹脂を用いた標準グレード

黒に着色

### TECAPEEK CF30 MT (PEEK CF)

30%炭素繊維強化医療用グレード

ターゲット・デバイスなどの優れた剛性と生体適合性を要求される用途に使用特殊グレード

### TECAPEEK CLASSIX 白 (PEEK)

医療用特殊グレード

30日間の生体組織と接触する用途に使用可能

生体適合性を有する

### TECAPEEK MT (PEEK)

生体適合性を有する、医療用特殊グレードのナチュラル材

### TECAPEEK MT 着色 (PEEK)

生体適合性を有する、医療用の特殊グレード(着色品)

生体適合性を有する

### TECAPEEK ID 青 (PEEK, 金探対応ファイラー)

食品・製薬製造ラインに設置される金属検出機による検出が可能な特殊グレード

FDA、ヨーロッパ食品規制対応

### TECAPEEK TF10 青 (PEEK TF)

10%PTFEを配合した摺動グレード

食品と接する用途に向く

FDA、ヨーロッパ、食品衛生法適合

### TECAPEEK TS (PEEK, 鋳物)

鋳物繊維の添加により、強度、剛性、靱性、硬さを改善し、さらに熱膨張率を抑えたグレード

### TECATEC PEEK CW50 (PEEK CF)

炭素繊維織布50%にPEEK樹脂を含浸させ圧縮成形した複合素材

生体適合性を有し、軽金属並みの強度を有する

### TECATEC PEKK CW60 (PEKK CF)

炭素繊維織布60%にPEKK樹脂を含浸させ圧縮成形した複合素材

生体適合性を有し、軽金属並みの強度を有する

## 使用例

摺動部品、ガイドローラー、オープン内部のチェーン・ガイド、タンクのライニング、食品製造ライン・飲料水製造ライン・医薬品製造ラインにおける製造・搬送関連部品、医療用途および生物工学用途、包装工程で使用される各種パーツ、半導体製造プロセスや電子部品製造プロセスに使用される部品・治具・搬送部品、耐放射線及び耐X線が要求される部品、天然ガス・石油探査・採掘で耐油性・高い圧縮強度・摺動性が要求される部品、航空宇宙用途、各種ギア、エンジン製造治具など。

## まとめ

ポリアリルケトン類は、様々な要求特性に対してまんべんなく高い性能を発揮する優れた樹脂であり、現代のハイテク産業において重要な位置を占めています。その中でも特に、PEEK樹脂(TECAPEEK)が広く使われています。

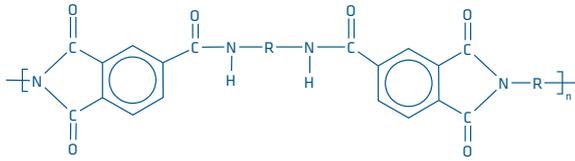
TECAPEEK ST (PEKEKK) は、TECAPEEK (PEEK)と比べてガラス転移点: Tg並びに融点が高く、機械強度も高くなっています。

ポリアリルケトン類は、耐薬品性が良好です。

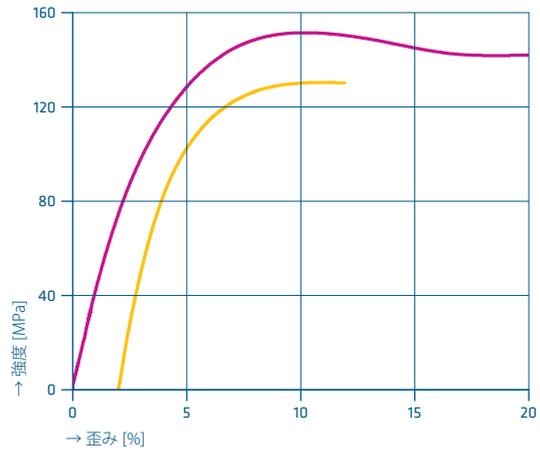
耐熱性に優れるスーパーエンブラのポリイミド(PI)やポリアミドイミド(PAI)と比較すると、超加熱水蒸気に対する耐加水分解性が非常に優れています。

ポリエーテルイミド(PEI; ウルテム®)と比較すると、高温環境での耐アルカリ性が大幅に優れています。

特別な炭素繊維織布複合材のTECATECシリーズは、比重あたりの強度が金属を上回り優れた機械的強度と熱寸法安定性を発揮します。ポリアリルケトンは加熱・加圧水蒸気や様々な薬品に対する耐性が良好であり、X線を透過するため、TECATECシリーズは医療用途に特に最適な素材として注目を集めています。



ポリアミドイミド(PAI)の化学構造式



— TECATOR 5013 — TECATOR 5031 PVX

## TECATOR ポリアミドイミド(PAI)

### ポリアミドイミド:PAI (定義)

ポリアミドイミド(PAI)は、高い耐熱安定性を特徴とする非晶性のスーパーエンブラです。分子量が大きくなると溶融しにくくなり、加熱により徐々に熱分解してしまいます。

PAIは、熱可塑性ポリイミドのグループに属します。これら熱可塑性ポリイミドは、際だって優れたマルチな特徴をもっています。非常に高いレベルの強靱性、剛性を有し、耐クリープ性が良好であり、なおかつ低い熱膨張率を兼ね備えています。これらの特徴により、機械負荷に対する耐性が高く、寸法精度が安定している部品を製造することができます。

グラファイトやテフロン(PTFE)を添加することにより、無潤滑状態(ドライ環境)であっても、滑り抵抗が低く、かつ、高いレベルで耐摩耗性に優れたベアリング素材が得られます。

### 特徴

- 非晶性
- 密度が高い
- 滑り抵抗性に優れる
- 優れた耐摩耗性
- 非常に高いレベルの強靱性
- 非常に強度が高く、硬度も高い
- 耐薬品性に優れる
- 100℃以上で継続的に熱水と接する用途では加水分解する加熱加圧水蒸気、アルカリに対しても加水分解を引き起こす
- 吸湿度が高いため、吸湿による寸法変化が大きい
- 熱安定性が極めて優れる
- ガンマ線、X線などの耐放射線性に優れる
- 難燃性、自己消化性を有する

## 物性値

	TECATOR 5013 (PAI)	TECATOR 5031 PVX (PAI)
ガラス転移点: T <sub>g</sub>	280 °C	280 °C
密度	1.40 g/cm <sup>3</sup>	1.46 g/cm <sup>3</sup>
引張弾性率	3,800 MPa	5,900 MPa
長期使用温度	250 °C	250 °C
短期使用温度	270 °C	270 °C
使用下限温度	-150 °C	-150 °C

## 識別のための特徴

- 特徴的な色: 外側: 茶色 内側: 黄土色
- 燃えにくい
- 黄色い外炎に青内炎をあげて燃える
- すずはほとんど発生しないか、発生してもごく僅か

## グレード紹介 \*日本では販売していません

### TECATOR (PAI)

標準タイプ、強靱  
電気絶縁性が良好

### TECATOR GF30 (PAI GF)

高強度、ガラス繊維強化タイプ  
射出成形用

### TECATOR 5031 PVX (PAI CS TF)

グラファイトとテフロン(PTFE)を添加して  
摺動性を改善したグレード

## 使用例

摺動部品、ガイド・ローラー、チェーン・ガイド、スライド・ベアリング、ギア、スラスト・ワッシャ、油圧コントロールのボール。

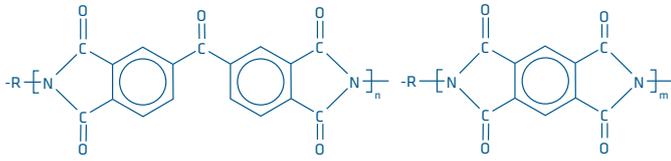
ガラス繊維強化グレードは、強度が高く寸法安定性に優れ、航空宇宙産業、ランナー、ディフレクション(偏向)・ローラー、プリンタ・コピー機、オフィス機器の印刷紙ガイドなどに使用されます。

プラグ部品や半導体チップの検査ソケット、ランプホルダーなどに使われます。

## まとめ

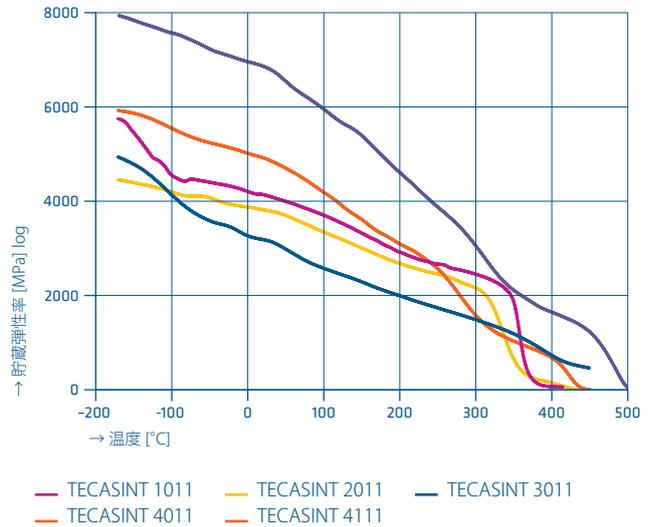
アミド基により、吸湿しやすくなると同時に、非常に優れた強靱性が付与されます。PAIを使用する場合は、吸湿により寸法が変化することと加水分解を考慮に入れる必要があります。したがって高温環境で使用する場合は、加水分解による劣化を防ぐために、PAIを予め乾燥しておくことを推奨します。

PAIを切削加工するときは、重合反応の最終段階で熱処理(ポスト・キュア)をした切削加工用素材を用います。熱処理を行うことで、耐摩耗性が大幅に改善するだけでなく、表面が酸化されるのを抑える効果を発揮します。



ポリイミド:PIの化学構造式

DMA 三点曲げ試験, 1Hz, 2K/min



## TECASINT ポリイミド(PI)

### ポリイミド:PI (定義)

ポリイミド(PI)は、重縮合反応により合成されます。ポリイミドは、上記の化学構造式に見られるように芳香族性を有した環状に繋がった分子構造をもち、分子量も大きいため、熔融しにくいプラスチックです。したがって、他のプラスチックのような射出成形や、押出成形はできません。焼結技術を適用して、圧縮成形により切削加工用の素材を調製するか、ダイレクト・フォーミング法により成形する方法をとります。ポリイミドは、類い稀な特性を有するプラスチックであり、様々な項目で優れた特性を発揮します。

### 特徴

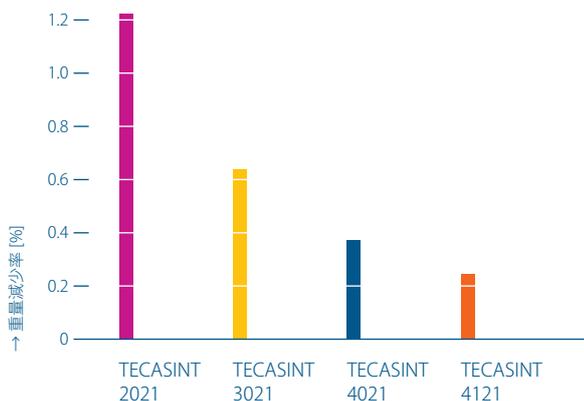
- 溶けない、耐熱性に優れる
- 幅広い温度範囲で、高強度、高弾性、高硬度な素材
- 圧縮強度に優れ、耐クリープ性にも優れる
- 非常に純度が高く、真空下での揮発ガスが少ない
- 耐薬品性に優れる
- 断熱性、電気絶縁性に優れる
- 優れた耐放射線性を有する
- 難燃性
- 高密度
- 100℃以上の熱湯や加熱水蒸気に接すると、加水分解しやすい

### 物性値

	TECASINT 2011 (PI)	TECASINT 4011 (PI)	TECASINT 4111 (PI)
ガラス転移点: T <sub>g</sub> [°C]	370	260	n.a.
密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	1.38	1.41	1.46
引張弾性率 [MPa]	3,700	4,000	7,000
長期使用温度 [°C]	300	300	300
短期使用温度 [°C]	> 350	> 350	> 400
使用下限温度 [°C]	-270	-270	-270

### 識別のための特徴

- ほとんど燃えない
- 密度が 1 g/cm<sup>3</sup> よりも大きく、水に沈む
- 非常に硬いものから韌性に富み柔らかいものまで存在する  
(ポリイミドのタイプによる)
- 叩くと硬く、こもった音がする



## グレード紹介

### TECASINT 1000

弾性率が高いポリイミド  
硬く、剛性に優れる

### TECASINT 2000

非常に弾性が高く、硬い  
TECASINT 1000と比較して、  
吸湿性が大きく低下  
靱性が高く、切削加工性が改善  
ダイレクト・フォーミング法の原料として好適

### TECASINT 4000

他のTECASINTシリーズと比較して、TECASINT 4000は、以下の特性に優れている

- 最も低い吸湿率
- 耐酸化劣化性
- 低摩擦係数
- 耐薬品性
- 荷重撓み温度: 470℃.
- 二つのタイプが存在
- 強靱で破損しにくいタイプ
- 高い曲げ弾性を有するタイプ

### TECASINT 5000

非溶融ポリアミドイミド(PAI).  
非常に優れた寸法安定性と、300℃  
までの優れた耐熱性を示す

### TECASINT 8000

PTFE樹脂マトリックスをポリイミド  
粉末で強化したグレード  
クリープ変形を低減  
滑り性と回転抵抗性に優れる  
ステンレス、アルミ、真鍮、青銅などの  
柔らかいマット面を有した相手材  
との相性に優れる  
耐薬品性に極めて優れ、切削加工性  
も上々。

### 無添加

強度、弾性率、伸びが最も良い  
熱と電気の伝導性が最も低い  
純度が高い  
揮発ガスが少ない(ESA: 欧州宇宙機  
関の規格ECSS-Q-70-20)

### 30%ガラス繊維添加

熱膨張が小さくなる  
高温環境での機械特性が向上する  
優れた電気絶縁性

### 15%グラファイト添加

耐摩耗性の向上  
熱劣化の改善  
自己潤滑性がある

### 40%グラファイト添加

熱膨張が抑えられる  
耐クリープ性と耐熱劣化特性が最大  
自己潤滑性が向上  
強度は低下する

### 15% グラファイト

+10% PTFE添加  
PFTEの添加により、極めて小さい静  
自己潤滑性により、無潤滑条件(ドラ  
イコンディション)でも良好な摺動性  
を発揮する  
中程度の温度(< 200℃)と負荷がか  
かった条件でも低い摩擦係数と耐摩  
耗性が得られる

### 15%二硫化モリブデン: MoS<sub>2</sub>添加

真空下では最も摩擦・摩耗が少ない  
揮発ガスが少ない(ESA: 欧州宇宙機  
関の規格ECSS-Q-70-20)

### SD

導電性/永久帯電防止  
表面電気抵抗: 10<sup>9-11</sup>・10<sup>7-9</sup> Ω.  
防爆装置や半導体用途  
(テストソケット).

## 使用例

ガイド・ローラー、製造ライン上のオープンに使用されるチェーン・ガイド、熱ガラス・グリッパー、半導体産業でイオン・コンタミが少ないことを要求される特殊な用途、エンジン・ギア・航空機タービンなどの高熱と高い負荷のかかる摺動部品、微粒子加速器における熱と電気の絶縁体。多くの場合は軽量化を目的として、金属の代替として使用されることが多い。PEEKなどでは耐熱性が不足するような用途や耐久性・安全性・信頼性などの非常に厳しいよう九項目が求められる用途といった、幅広い部品に使用されています。

航空宇宙産業、ガラス業界、極低温と真空技術、一般的な研究開発、高低温物理学、素粒子の基礎研究、基礎的な核技術に関する研究に不可欠な素材です。

## まとめ

ポリイミドを使用する場合、ポリイミドでしか対応できない用途であるか、金属やセラミック、あるいは他のプラスチックに対する経済的合理性に基づく代替方法となることが多くなります。ポリイミドは、以下の異なる特性を付与することが可能で、お客様の要求特性を満たすことができます:

- 摺動のタイプ: ハードメソフト
- 導電性・帯電防止性
- 電気絶縁性
- ガラス繊維を添加した高強度タイプ
- 非強化の高強度タイプ





用途別に最適なプラスチックを選択するためには、その用途に要求される特性を把握し、プラスチックの種類により特性が異なる理解する必要があります。

使用時の要求特性項目が明確になればなるほど、最適なプラスチックを選択しやすくなります。以下の章では、主要な要求特性の説明とその試験について説明します。さらに、それぞれのプラスチックの特性値を比較しやすいように整理しました。



## プラスチックの諸特性

# 強化繊維/フィラー/添加剤

熱可塑性プラスチックは、各種フィラーや添加剤を添加することでいろいろな特性を付与し、それぞれの用途に適した特徴ある素材を開発できます。ここでは、エンプラ、スーパーエンプラで用いられるフィラー/添加剤について解説します。

## 強化繊維

### ガラス繊維

ガラス繊維を添加することにより強度を高めることができます。

- 引張強度、圧縮強度、剛性が増す
- クリープ強度が向上する
- 熱変形温度が高くなる
- 温度変化に伴う膨張/収縮が少なくなる
- 靱性が減少する。硬い反面、脆くなり、耐衝撃強度が低下する

### 注意事項：

ガラス繊維には相手材をすり減らす作用があるため、以下の点に留意されたい

- 摺動部品には不向き(相手材を多めに摩耗させやすい)
- 切削加工の刃物の摩耗を早める

### 炭素繊維

炭素繊維は、ガラス繊維と同等の効果を発揮するが、以下の点でガラス繊維とは異なります。

- ガラス繊維よりも単位重量あたりの強度が良好である
- 相手材をすり減らす作用がないので、摺動部品に好適である
- プラスチックの絶縁性は期待できない
- ガラス繊維よりも炭素繊維のほうが高価である

### その他の強化繊維の例

- アラミド繊維
- 鈹物繊維(ミネラルファイバー)

## 摩擦抵抗を減らす

### PTFE(ポリテトラフルオロエチレン、通称テフロン)

圧縮のストレスが加わると、PTFEを添加したプラスチックからの摩耗粉が摩擦面で膜を形成し、良好な滑り性が得られます。

- 典型的なさらさらタイプ(粘着性が全くない)の挙動を示す
- スティック・スリップ効果(摩擦振動現象)を効果的に避けることができます

### UHMW-PE(超高分子量ポリエチレン)

PTFEと同様の効果を発揮するが、やや効果が弱い

### シリコンオイル

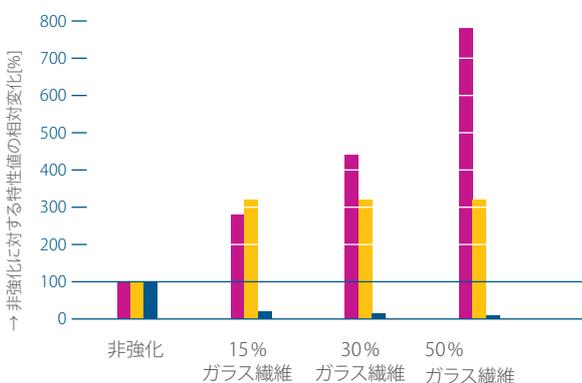
プラスチックの表面から滲み出て、摩擦表面に薄い潤滑性の膜を形成する

### グラファイト

黒鉛は純粋な炭素であり、微粉末のものをを用いることで著しい潤滑効果を発揮します。添加するだけで摩擦係数を低減することができ、特に湿潤な環境で優れた潤滑効果を発揮します。

### 二硫化モリブデン (MoS<sub>2</sub>)

二硫化モリブデンは、基本的には結晶核剤として使用され、少量の添加でも非常に良好な結晶構造を形成することができます。そのため、耐摩耗性を高めることができ、同時に摩擦抵抗を低減することができます。



- 引張弾性率
- 荷重撓み温度(熱変形温度)
- 引張破断伸度

\* 物性試験は、射出成形による試験片を用いている

## フィラー(充填剤)

フィラーは樹脂の特性が全く損なわれないか最小限のレベルの範囲内で、樹脂の量を減らしてkgあたりのコストを低減することを目的として使用されます。具体的には、チョーク、タルク、セラミック、中空ガラスビーズなどが使用されます。

## その他の添加剤

### 硫酸バリウム

プラスチックはX線を透過するため、レントゲンには映らない。医療における、X線造影(レントゲン撮影)の目的で使用される。

### 難燃剤

プラスチックのもつ可燃性を抑えるために使用される。自己消化性を有するプラスチック素材は、航空や鉄道の用途では必須特性とされている。

### 耐衝撃改良材

硬いが脆いプラスチックに耐衝撃性を付与し、靱性を向上させる目的で添加する。

## 導電性付与剤

基本的に、熱可塑性プラスチックは電気絶縁性の素材です。しかし、帯電防止剤、導電性カーボン・ブラック、炭素繊維、カーボン・ナノチューブを添加することで、導電性や帯電防止性を得ることができます。

## 着色剤

顔料と染料を上手に組み合わせることで、プラスチックの着色効果を高めることができます。しかし、スーパーエンブラは加工温度が高いため、使用できる着色剤は限られます。

## 一般事項

添加剤を加えることによって、副次的な効果・影響が生じることに留意する必要があります。特定の性質にプラスとなる効果が得られる反面、別の性質にマイナスの影響が出ることがあります。

当社の製品群には添加剤により機能を付与した製品を多数取りそろえています。既存品に限らず、お客様の個別の要求に基づく製品も対応可能です。

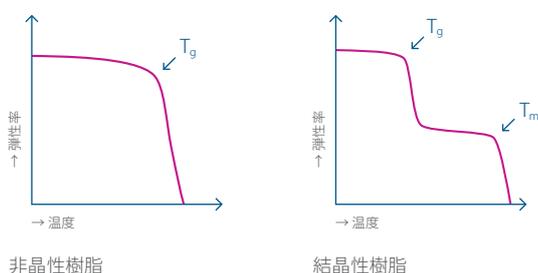
添加剤	強度	伸び	摺動性	靱性	寸法安定性	難燃性
繊維強化	↑↑	↓	↓↑	↓	↓↑	↑
摺動性改質材	↓	↓	↑↑	↓	↓	-
耐衝撃改質材	↓	↑	↓	↑↑	↓	↓
難燃剤	↓	↓	↓	↓	↑	↑↑

# 熱特性

## プラスチックの特性温度

### ガラス転移点

ガラス転移点( $T_g$ )は、プラスチックを構成する高分子が、「ガラス」のように硬いが脆さのある状態から「水あめ」のように柔軟性がありゴム様の粘性を有する状態へと変化する温度のことをいいます。横軸に温度、縦軸にプラスチックの弾性率をとって、プラスチックの温度特性をプロットしたのが、次の二つのグラフです。左側が非晶性樹脂、右側が結晶性樹脂の典型例になります。



非晶性樹脂は、左側のグラフに見られるように、ガラス転移点( $T_g$ )を超えると機械的な強度が急激に低下する現象を示すプラスチックとして定義されます。対照的に右側の結晶性樹脂は、ガラス転移点( $T_g$ )を超えても、一定レベルの機械強度を維持します。結晶性樹脂の内部では、結晶化している部分と結晶化していない部分(非晶部分)が混在していて、ガラス転移点( $T_g$ )を超えると結晶化していない部分は非晶性樹脂と同じように急激に機械的な強度が低下しますが、結晶化している部分はそのままの構造を保っているため、一定レベルの機械強度が維持されます。

### 融点

融点( $T_m$ )は、氷が溶けて水になるように、物質が溶融する温度です。プラスチックの温度が融点を超えると、結晶構造が壊れ、硬い固体の状態から液体の状態へと変化します。そのため、機械特性は一気に低下します。

## 使用温度

### 長期使用温度

長期使用温度とは、その温度で2万時間曝したときに、最初にもっていた機械特性が半分になってしまう温度です。別の表現に直すと、機械強度の半減期が2万時間となる温度のことです。(IEC216の定義に基づく)

### 短期使用温度

短期使用温度における「短期」とは、通常数分から時によっては数時間の範囲を意味します。このような短時間、ある温度環境に曝されたときに、形状の変化や特性の変化といった、後遺症を伴うダメージを受けない温度を、短期使用温度として定義しています。

この短期使用温度は、以下の要素に左右されます。

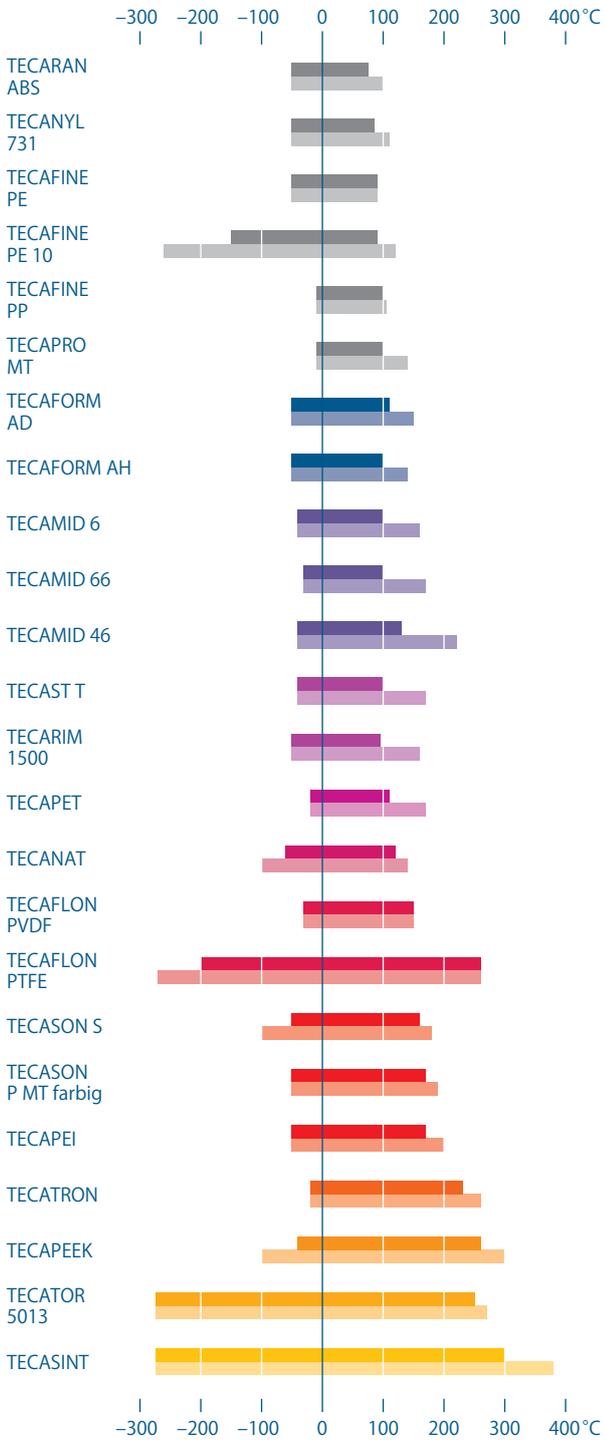
- その温度に曝される時間
- 熱による変形の許容範囲
- 酸素濃度(熱酸化劣化による)
- 酸素以外の環境要因(水、薬品、光など)の影響

### 使用不可温度範囲

使用不可温度範囲を正確に定義することは難しく、プラスチックごとの特性の違いや環境要因に左右されます。:

- プラスチックの靱性/脆さ
- 添加剤:強化繊維を添加したプラスチックは硬いが脆いという挙動を示しやすい
- ストレスのかかる時間
- ストレスの種類(衝撃、振動など)

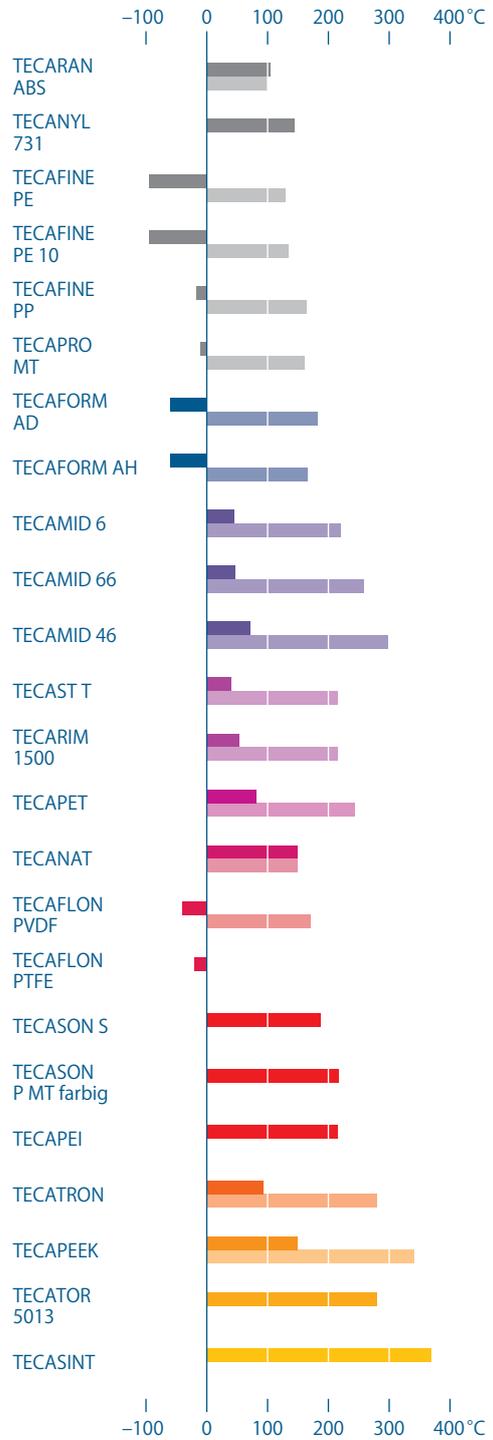
長期・短期使用温度 [°C]



使用不可温度 ← → 使用可能温度  
 長期 長期  
 短期 短期

Tg: ガラス転移点 [°C]

Tm: 融点 [°C]



■ ガラス転移点  
 ■ 融点

## その他の熱特性値

### 熱変形温度(荷重撓み温度)

熱変形温度(HDT)とは、温度変化に伴うプラスチックの対応能力を示すもので、荷重撓み温度(DTUL)ともいいます。熱変形温度とは、一定の曲げストレスを与えた状態で温度を上昇させたときに変形量が一定レベルを超える温度のことです。熱変形温度は、プラスチック素材そのものを特徴づけるものではありませんが、プラスチック素材間の比較のために用いられることの多い指標です。

熱変形温度を考慮する際には、プラスチック製品・部品の加工方法に留意する必要があります。なぜならば、射出成形で試験片を作成して得られた値と、切削加工用の押出成形品から切削加工した試験片の間で値が異なるからです。

一般的に以下の理由によるものとして、説明されています。

- 異なる製造技術が適用されているから(射出成形と押出成形など)
- ポリマー単体、あるいはポリマー同士の高次構造が異なるから(結晶化度、結晶構造など)
- 試験片を調製する加工法の影響が存在するから(射出成形と切削加工など)

### 線膨張係数

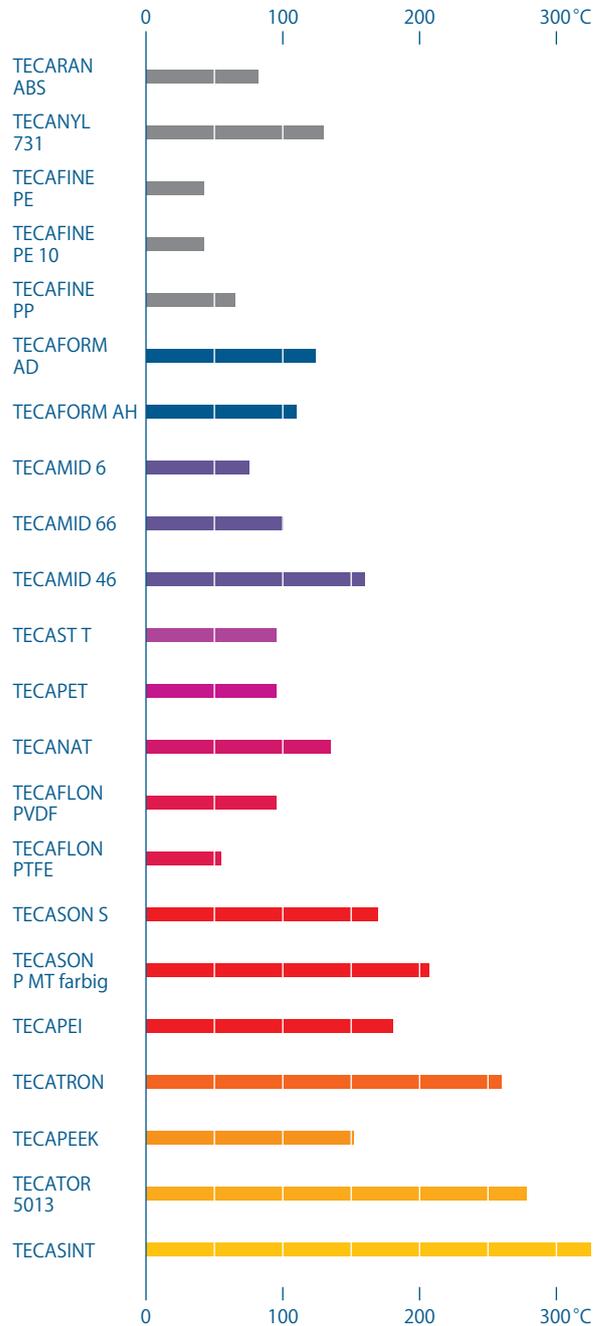
線膨張係数とは、温度の上昇あるいは下降といった温度変化に伴う物質の膨張・収縮を、試験片の長さの変化を測定することで求める値です。

プラスチックは、その化学構造に起因して、金属よりもはるかに大きな線膨張係数を有します。線膨張係数は、以下の場合に考慮する必要があります。

- 厳格な寸法精度が要求される製品・部品
- 大きな温度変動幅
- 金属との複合部品

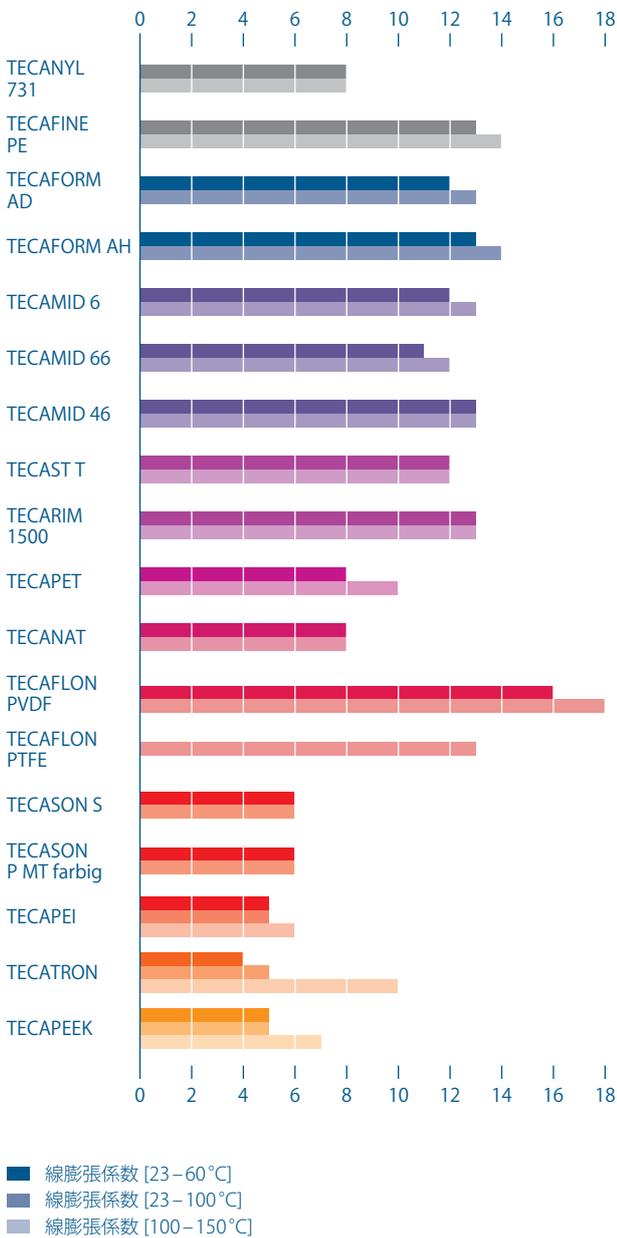
プラスチックの線膨張係数は、ガラス繊維や炭素繊維の繊維状強化剤を添加することで大きく低下させることができます。この方法を選択することで、アルミニウム程度の線膨張係数に近づけることができます。

熱変形温度 荷重: 1.8MPa [°C]

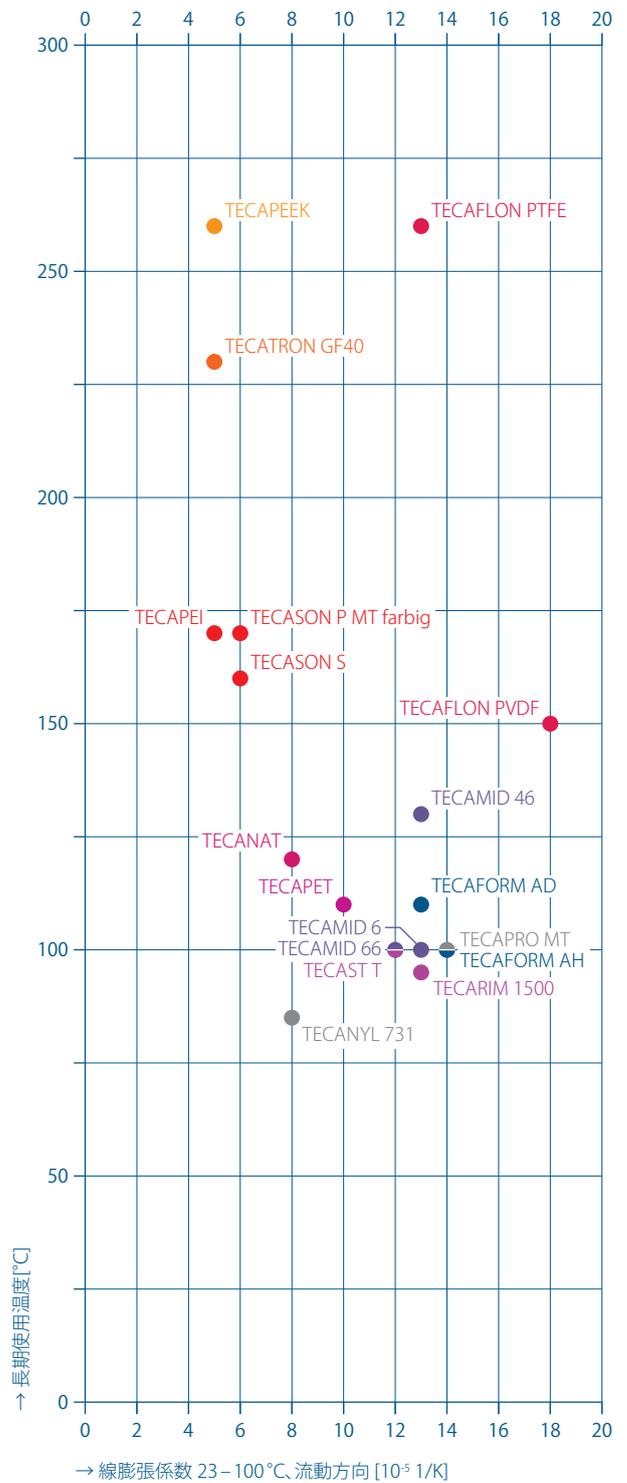


\*射出成形試験片による値

線膨張係数(流動方向)  
CLTE [10<sup>-5</sup> 1/K]



線膨張係数と長期使用温度の相関図

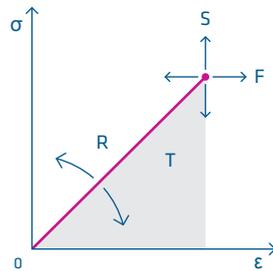


# 機械特性

物理的な負荷に耐えうるプラスチック部品を設計する際には、プラスチックの機械強度特性を評価することが極めて重要です。基本的な機械特性には以下の項目があります。

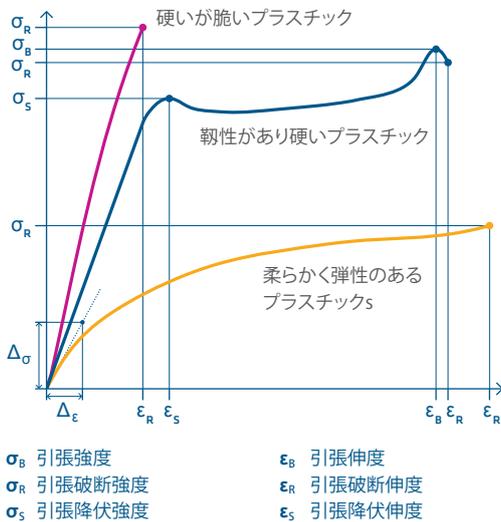
- 強度: 材料に応力が加えられたときの抵抗挙動を表す指標
- 降伏強度: 応力を除去したときに元の形状に戻ることでできる限界の強度
- 剛性: 応力と歪みが比例関係にあるときの比例係数(傾き)
- 靱性: 応力により材料に蓄えられる総エネルギー

- S 強度(Strength)
- F 賦形性(Formability)
- R 剛性(Rigidity)
- T 靱性(Toughness)



Source: J. Kunz, FHNW

以下の3種類のプラスチックの波形は、引張試験(DIN EN ISO 527、日本はJIS K 7113)で、縦軸に強度(Strength)、横軸に歪み(Strain)をとったときの典型的な曲線(S-Sカーブ)を図示したものです。



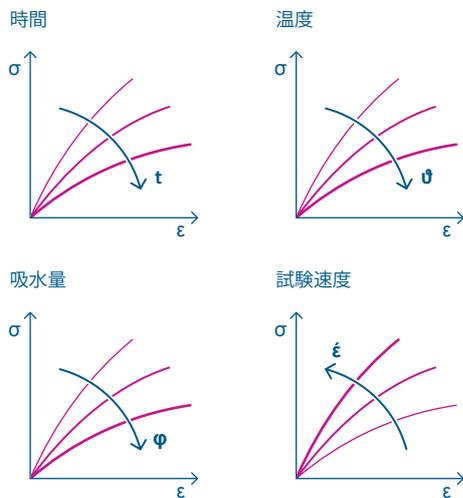
- 引張応力 $\sigma$ とは、任意の時点において試験片に加えられた引張荷重を、試験片の最小断面積(試験前の形状)で割った、単位面積あたりの引張力として定義される
- 引張強度 $\sigma_B$ とは、引張応力の最大値である
- 引張破断強度 $\sigma_R$ とは、試験片が破壊された瞬間における引張応力値である

- 引張降伏強度 $\sigma_S$ とは、S-Sカーブ上で、加重の増加なしに伸びの増加が認められる最初の点における引張応力値である(図参照)。
- 伸び $\epsilon$ とは、試験片上の2点間距離(例えば標線間距離): $L_0$ の変化した距離 $\Delta L$ の変化率:  $\epsilon = (L_0 + \Delta L) / L_0$ です。引張強度に対応する伸びを引張最大荷重伸び $\epsilon_B$ 、引張破断強度に対応する伸びを引張破断伸び $\epsilon_R$ 、引張降伏強度に対応する伸びを引張降伏伸び $\epsilon_S$ と定義されます。
- 引張弾性率E: S-Sカーブにおける比例関係(直線部分)は、荷重が小さい領域のみに観察される。直線性が見られる領域では、フックの法則が適用できる。フックの法則とは、強度と変形(伸び)の比、すなわち弾性率が一定であるというものである。  
 $E = \sigma / \epsilon$   
 なお、JISの定義では、S-Sカーブに直線部がない場合には、変形開始点における接線の傾斜を求めることとしている。

引張試験以外の曲げ試験、圧縮強度試験、衝撃強度試験などは、プラスチック素材の特徴の確認や異なる応力形態に対する評価として利用されます。

プラスチックの機械特性は、温度、使用期間、応力のタイプ、負荷のかかる速度、プラスチックの水分含有率など、環境条件に深く依存します。したがって、プラスチック部品・製品を設計する際には、使用条件を考慮に入れ、適切な試験条件で評価する必要があります。

## 試験方法・環境が及ぼす影響

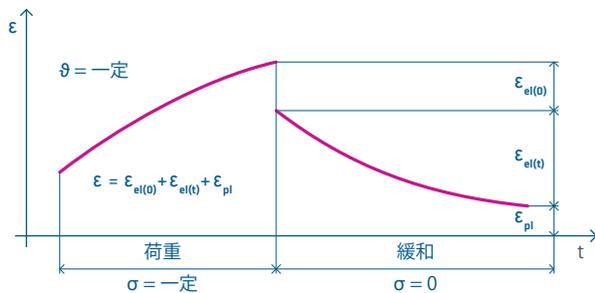


### 機械特性に及ぼす「時間」の影響

先述したように、プラスチックの機械的挙動は応力の経時変化に依存します。従って、プラスチックの特性をすべてを理解するには、短期試験(準静的特性)と一緒に長期試験(静的特性)を実行すべきですし、同様に、動的疲労試験(定期的に応力のかかる用途)及び衝撃試験(突然の応力が加わる用途)も実施すべきです。

変形という観点で考察する場合は、次の三つのタイプの変形パターンとその複合系を考慮します。

- 弾性変形(完全に初期状態に戻る変形)
- 粘弾性変形(遅れて初期状態に戻る変形)
- 塑性変形(元に戻ることはない変形)



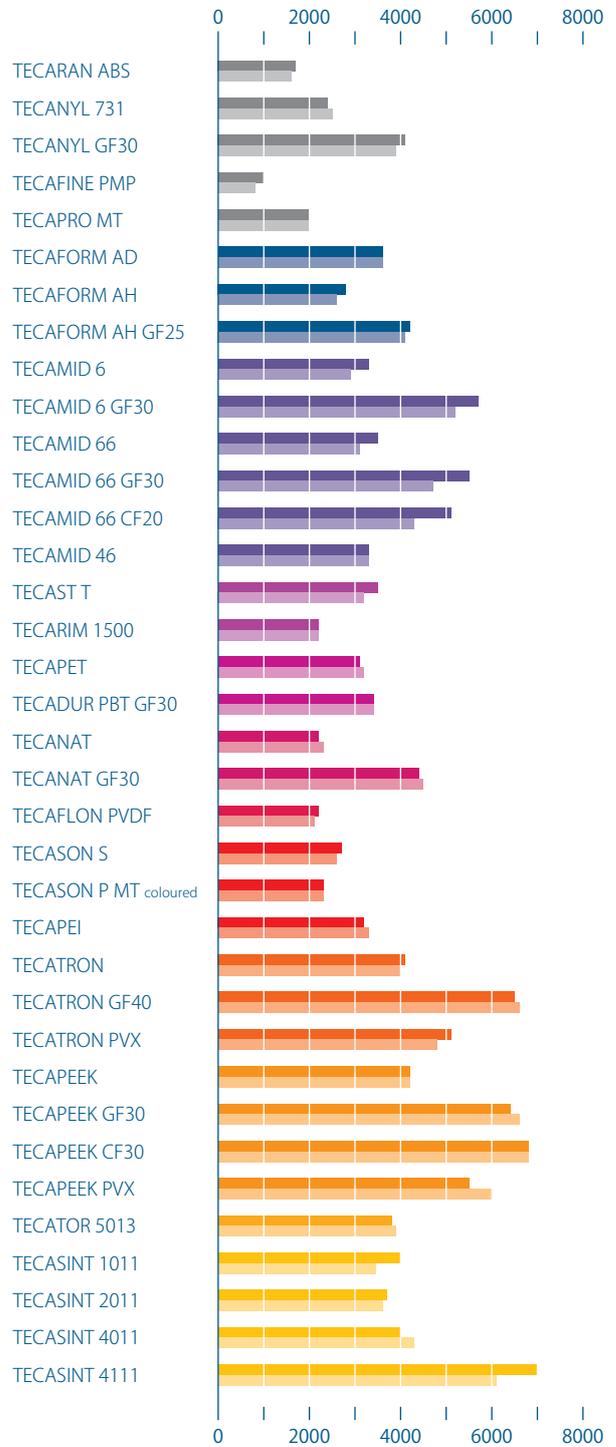
一定荷重をかけて、荷重を除去した(緩和)ときのプラスチックの変形挙動

これらの中で、粘弾性変形の利点について注意を払いたい。粘弾性変形では、プラスチックを構成する高分子の高次構造が変化します。この構造変化は、応力とはタイムラグをおいて発生し、温度との高い相関があります。粘弾性変形は、使用時の応力変化に伴って、以下のステップを経過するのが特徴です。

- 遅延:
  - 一定の荷重をかけた状態で時間経過に伴い変形が増大する
- 応力緩和:
  - 一定の荷重をかけた状態で、応力が時間と共に減少する
- 復元:
  - 荷重を取り除いた際に変形量が減少する

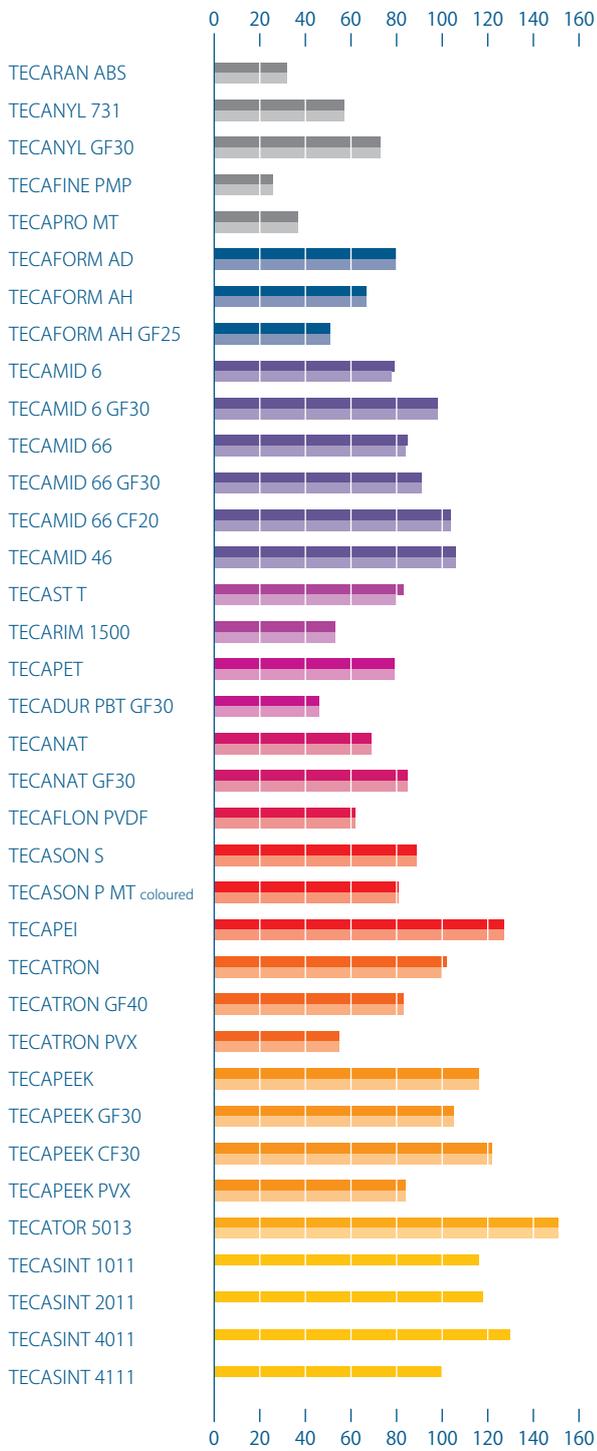
この時間に依存した変形挙動は、時間-破断図、クリープ図、等時応力-歪み曲線、クリープ弾性率図に示されます。このことを踏まえると、プラスチック部品・製品を設計する際には、特定の短期間の試験の物性値だけを考慮するだけでは不足します。設計不良を回避するためにも、すべての使用条件を考慮した構造計算をすることが大切です。

### 引張弾性率・曲げ弾性率[MPa]



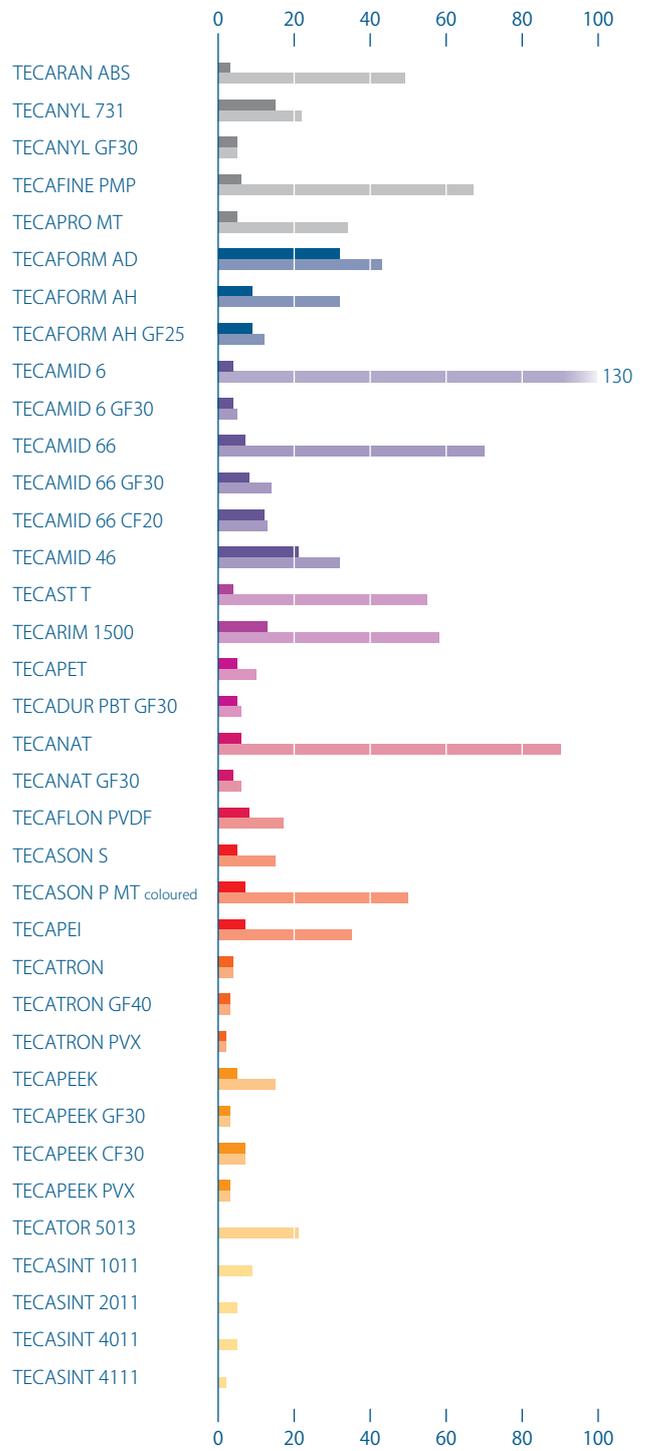
■ 引張弾性率  
■ 曲げ弾性率

引張強度 [MPa]



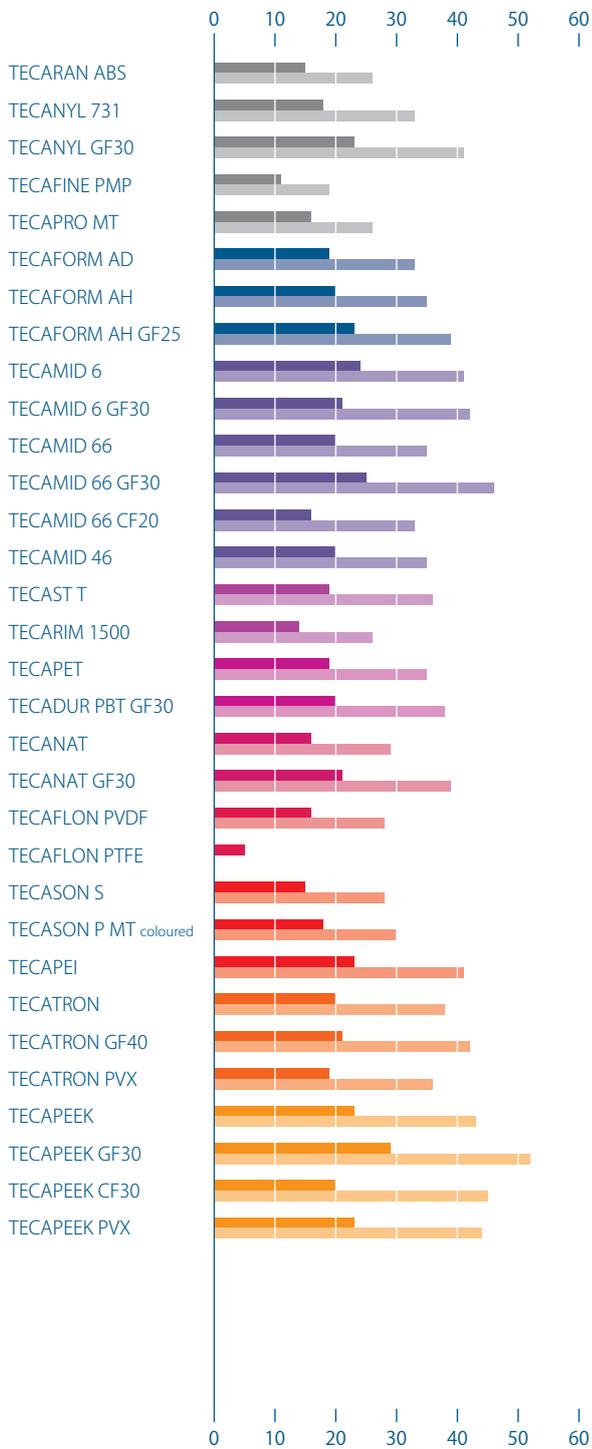
■ 引張強度  
■ 引張降伏強度

引張伸び [%]



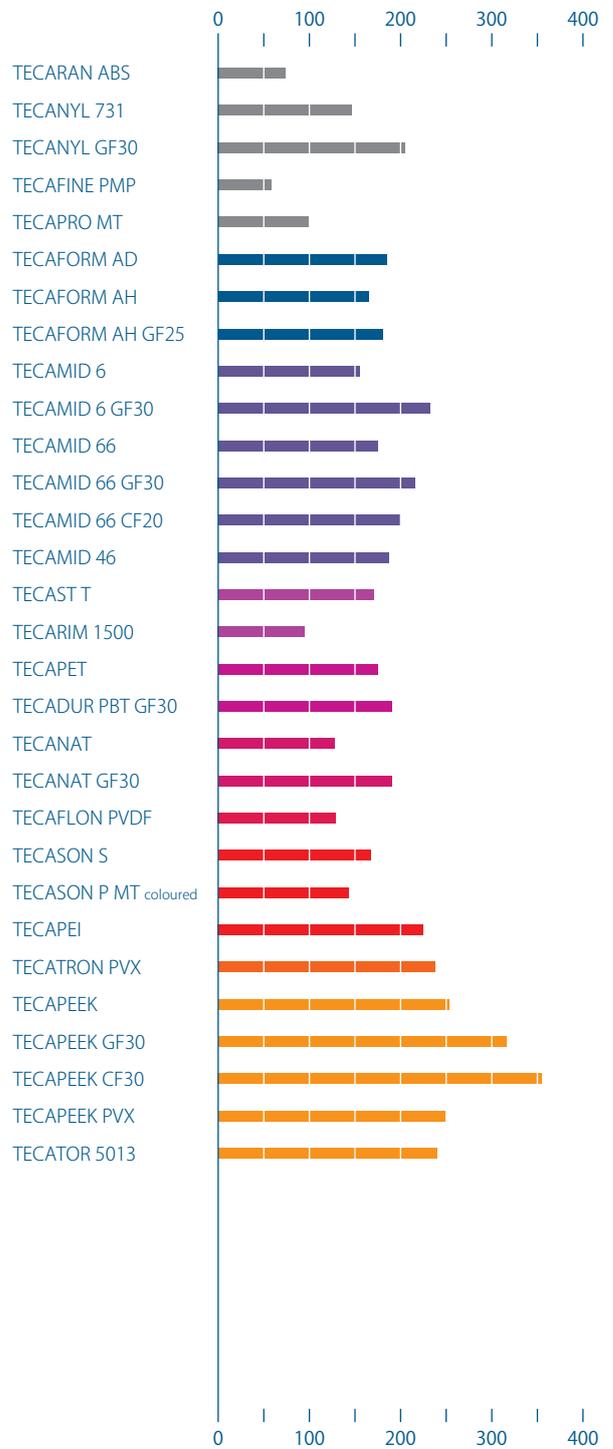
■ 引張降伏伸び  
■ 引張破断伸び

圧縮強度 [MPa]



■ 1%変形時の圧縮強度  
■ 2%変形時の圧縮強度

ボール圧入硬度 [MPa]



## 成形方法が物性試験結果に及ぼす影響

プラスチック(特に熱可塑性プラスチック)の物質としての巨視的な性質は、加工法に大きく左右される。射出成形で製造した製品・部品は、金型内で樹脂が高速で流動する際に非常に高いシア(せん断力)がかかるので、プラスチックを構成する巨大分子や添加剤が特に配向しやすい。一方で、押出成形による切削加工用のプラスチックでは、射出成形よりも遥かにシア(せん断力)が小さいのでそれほど配向しない。アスペクト比(長さを幅で割った比率)の大きい添加剤(ガラス繊維や炭素繊維など)は、高いシア(せん断力)がかかると流れの方向に沿って配向しやすい。

射出成形による引張試験片は、引張方向と樹脂の流動方向が同一方向になっています。このように試験片に異方性(方向性)が生じているために、引張強度が高めに得られる傾向にあります。

成形時の冷却速度も同じようにプラスチックの諸特性に影響を及ぼします。射出成形による成形品の冷却速度は、押出成形による切削加工用のプラスチック素材よりもかなり速くなります。その結果、(結晶性プラスチックでは)結晶化度が大きく異なり、押出成形による素材の方が結晶化度が高くなります。

成形方法と同様に、形状や肉厚の違いにより特性と物性値が異なります。丸棒、板材、チューブ材では、体積あたりの表面積が異なるため冷却速度が異なります。肉厚(丸棒では直径、板では厚さ)が大きくなるほど、中心部が冷却される時間は長くなります。

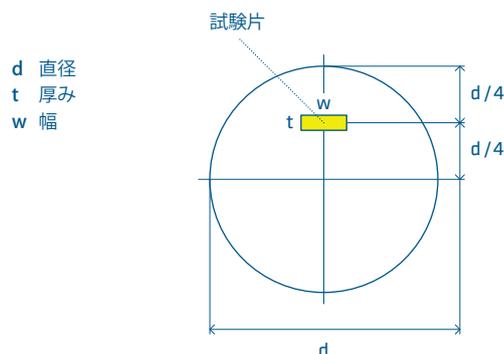
異なる素材間での物性値を比較できるように、ヨーロッパ規格DIN EN 15 860「Thermoplastic semi-finished products」が定められています。同規格では、以下の図に示すように直径40から60mmの丸棒を用いて試験片を作成することを定めています。



押出成形品をカットして切削加工して調製した試験片  
繊維やポリマーの配向はランダムになっている。



射出成形により調製した試験片  
樹脂の流動方向に繊維とポリマーが配向し、同じ向きで試験が行われる。



### 成形方法が物性試験結果に及ぼす影響

	非強化 熱可塑性プラスチック		繊維強化 熱可塑性プラスチック	
	射出成形	押出成形	射出成形	押出成形
引張強度	↓	↑	↑	↓
引張弾性率	↓	↑	↑	↓
引張破断伸度	↑	↓	↓	↑

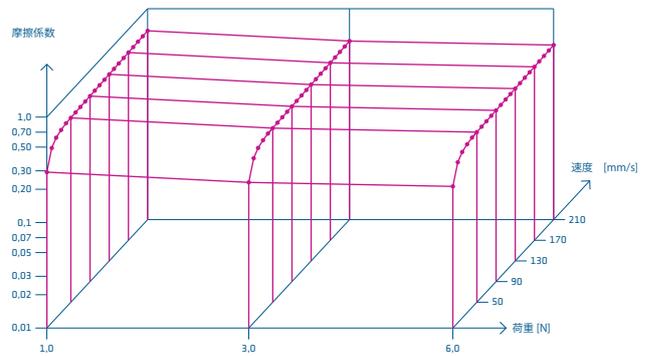
# 摺動特性

一般的に、プラスチックは、摩擦係数が小さく、非常によく滑る素材です。にもかかわらず、プラスチックは高速で潤滑剤がない条件であっても摩耗しにくい素材です。機械特性と同様に、摺動特性も使用環境、別な言葉で摺動系の影響を強く受けます。荷重、滑り速度、動作タイプ(往復振動、回転運動など)は特に重要な要因です。さらに相手材やその表面状態も摺動特性に影響を与えます。

一例として、表面が粗く、硬い相手材(鋼鉄)の場合は、柔らかい材質のプラスチックは摩耗しやすくなります。滑り速度が速く、かつ、荷重が大きい場合は、摺動面に大きなストレスがかかります。

このような状況から、トライボロジーの諸データ(摩擦係数や摩耗量など)は、常に、お客様が検討されている使用環境と照らしあわせて考慮する必要があります。典型的なトライボロジーの諸データを得る試験方法には、ISO 7148で定められている、ボール・プリズム法やピン・オン・ディスク法があります。ただし、製品寿命を見積るなどの検討をする場合は、必ず実際の使用環境でテストするようにしてください。

以下のグラフは、ポリアセタール・ホモポリマーのTECAFORM ADを試験対象材料として、様々な摺動条件で、摩擦係数の荷重と滑り速度に対する依存性を測定したものです：



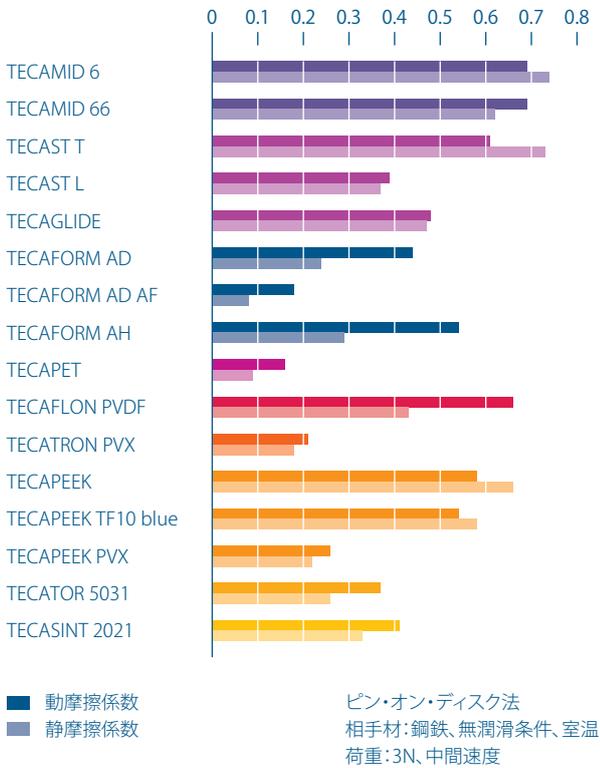
異なる荷重と摺動速度によるボール・プリズム試験  
～TECAFORM AD (POM-H: ポリアセタール・ホモポリマー)

## H. Czichosによる摺動メカニズム

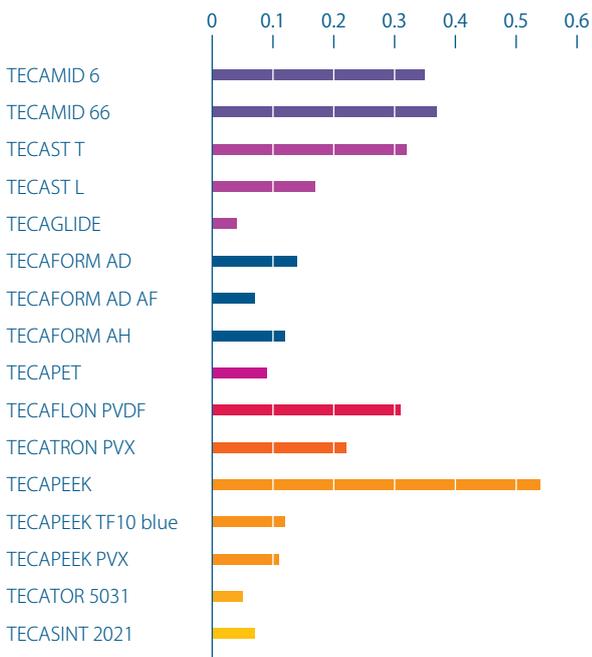
トライボロジーの各要素 →	トライボロジー・モデル →	トライボロジー測定変数
動作タイプ	a 摺動部材	摩擦力: $F_R$
動作パターン	b 相手材	摩擦係数: $\mu = F_R / F_S$
荷重: $F_S$	c 中間膜	摩耗速度: S
速度: v	d 環境媒質	摩擦温度: $T_R$
温度: T		接触電気抵抗: $R_0$
摺動期間: t		ノイズの発生
	表面変数: - 表面粗さ - 表面組成	

Source: Czichos, H. - The principles of system analysis and their application to tribology ASLE Trans. 17 (1974), p. 300/306

摩擦係数

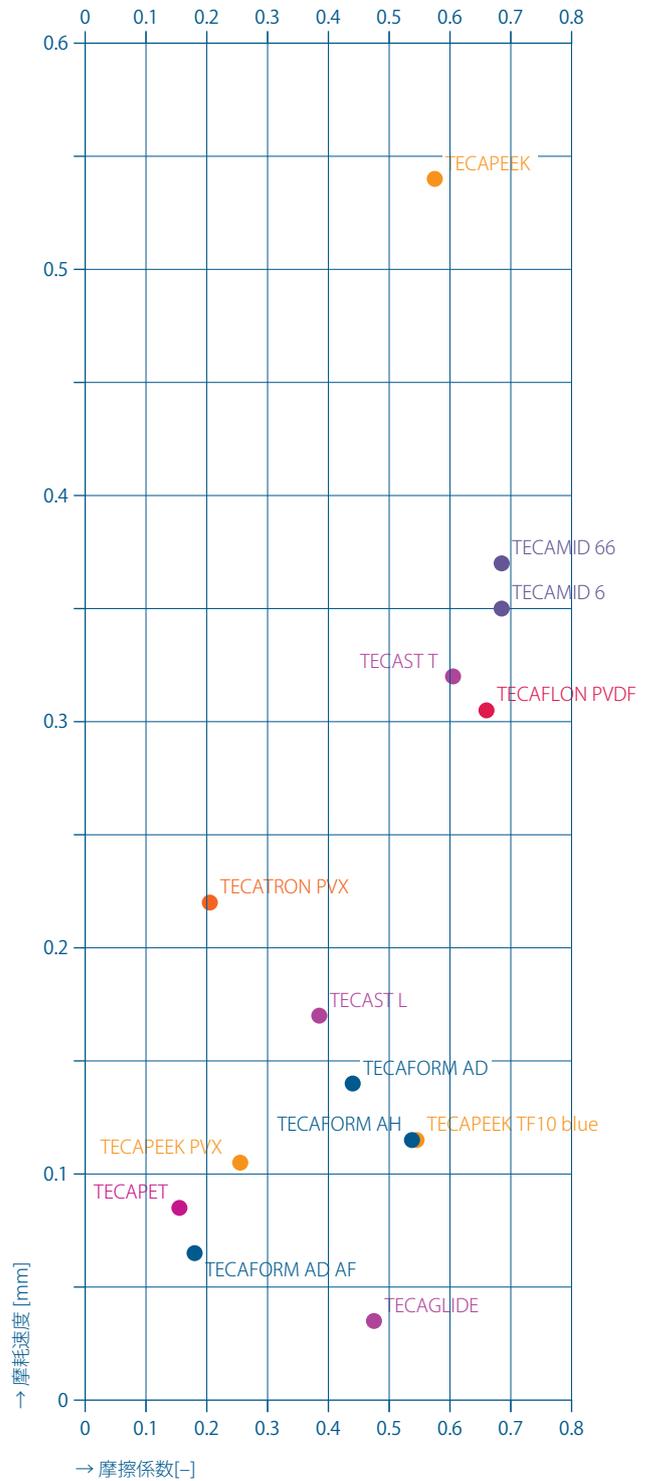


摩擦速度



ボール・プリズム試験法  
 相手材: 鋼鉄、無潤滑条件、室温荷重: 3N、中間速度で  
 100時間後の摩擦量を測定

摩擦係数と摩擦速度の相関



## 電気特性

### 表面電気抵抗

表面電気抵抗とは、プラスチック表面を流れる電流の流れにくさのことです。試験片に電圧をかけて(印加して)、生起する電流を測定することでオームの法則による抵抗値を求めることができます。表面電気抵抗値は、単位を $\Omega$ として表記します。

測定の際には、標準化された試験条件を適用する必要があります。なぜならば、表面電気抵抗は、以下の要因に大きく依存するからです。

- プラスチックの材質
- 湿度
- 表面の汚染
- 測定方法(電極の形状・材質など)

測定された表面電気抵抗から、計算により体積抵抗を求めることはできません。

### 体積固有抵抗

体積固有抵抗(体積抵抗率)とは、均一なプラスチック素材の断面を通過する電流の流れにくさを表したものです。ほとんどの素材の電気抵抗は、印加電圧には関係なく、オームの法則に従い、断面積に反比例し、長さに比例します。プラスチックも同様です。したがって、体積固有抵抗の単位は、 $\Omega \cdot \text{cm}$ になります。

### 絶縁破壊強度

絶縁破壊強度とは、絶縁材であるプラスチックの厚み方向に高電圧を印加したときの耐性を試験するものです。特性値は、印加した電圧を試験片の厚みで割った値となります。単位は、 $\text{kV/mm}$ になります。この絶縁破壊強度は、薄肉の部品・製品において特に重要な物性項目です。

注：黒色材料の場合、添加しているカーボンブラックの種類・添加量によっては、絶縁破壊強度の低下がみられる場合があります。

### 誘電正接

誘電正接とは、高周波交流電圧をかけたときのプラスチック(誘電体)の構成分子の双極移動によるエネルギー損失の度合いを表すものです。

この誘電正接の値が大きいと、誘電体として機能するプラスチック部品が発熱しやすくなります。レーダー装置、アンテナ関連部品、マイクロ波部品などの高周波用途に使用するプラスチック絶縁体の誘電正接は、可能な限り低い素材を選択すべきです。

誘電正接は以下の要因に依存します。

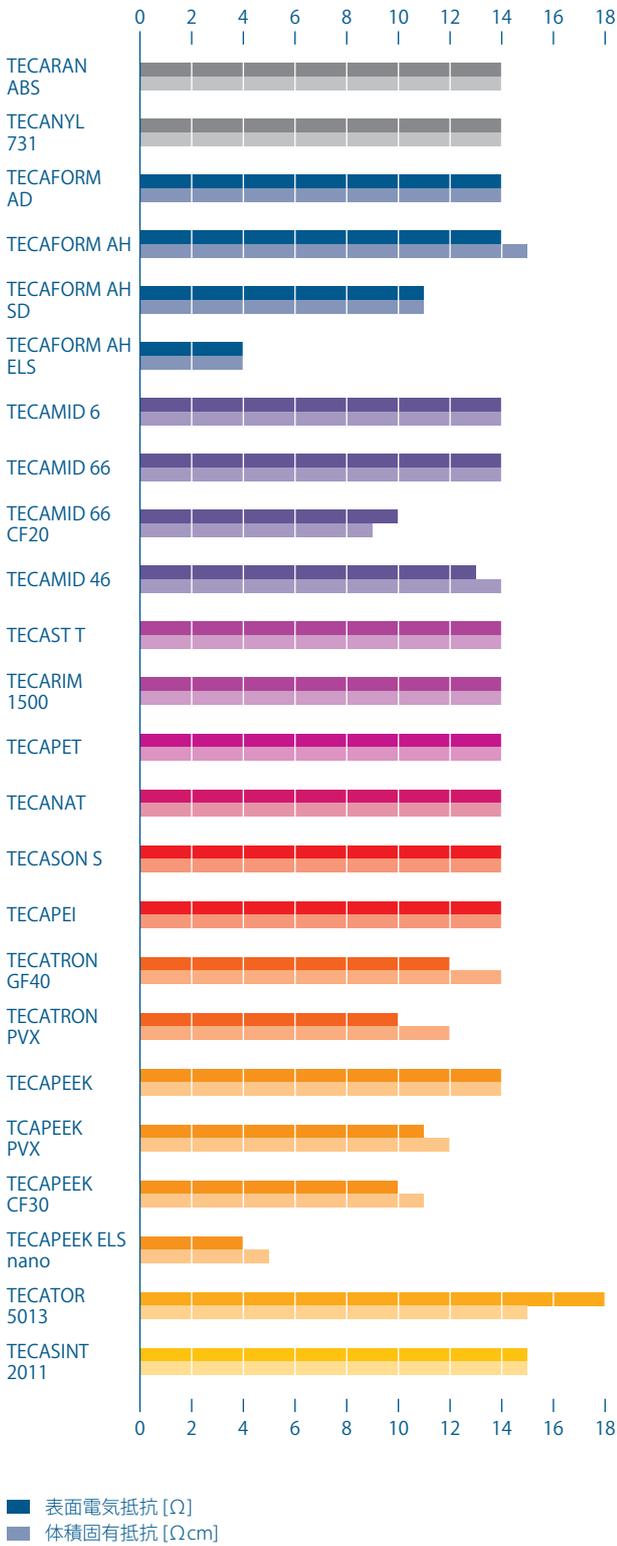
- 水分含有量
- 温度
- 周波数
- 電圧

### CTI(比較トラッキング指数:Comparative tracking index)

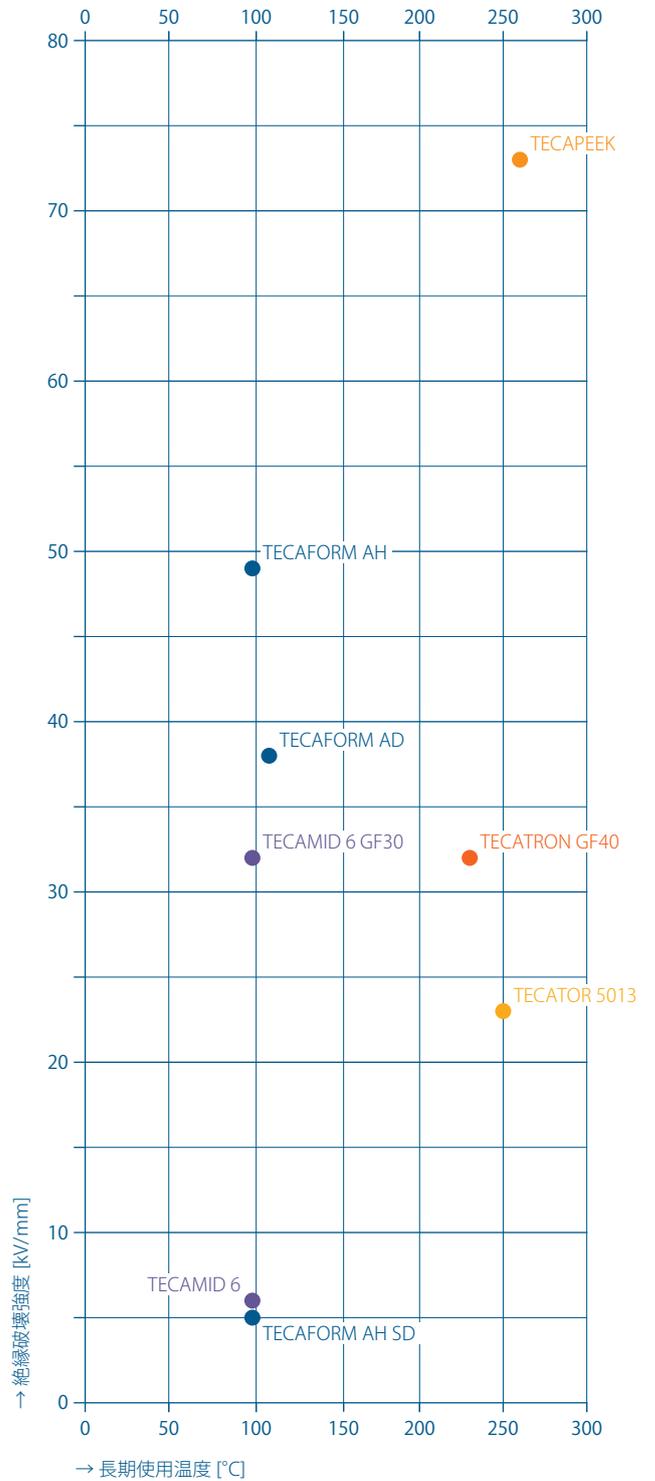
プラスチックの絶縁能力の評価には、CTI(比較トラッキング指数)が頻繁に利用されます。非常に優れた絶縁性のプラスチックであっても、湿度や表面の汚染により、製品特性を損ねる可能性があります。ほとんどの場合、リーク電流が発生するときは、絶縁部分をまたぐ小さな光の弧(アーク)を伴います。このアークにより、プラスチックの表面が熱的ダメージを受けます。アーク放電が繰り返されると、プラスチックの劣化が断続的に生じ、劣化部分がつながりをもって分布するようになります。やがてこの劣化部分は炭化し炭化導電路を形成し、ショートするところまで導電性が上がり、絶縁破壊に至ってしまいます。

CTIは、プラスチックの添加剤、特に着色剤の配合の組み合わせの影響を強く受けます。

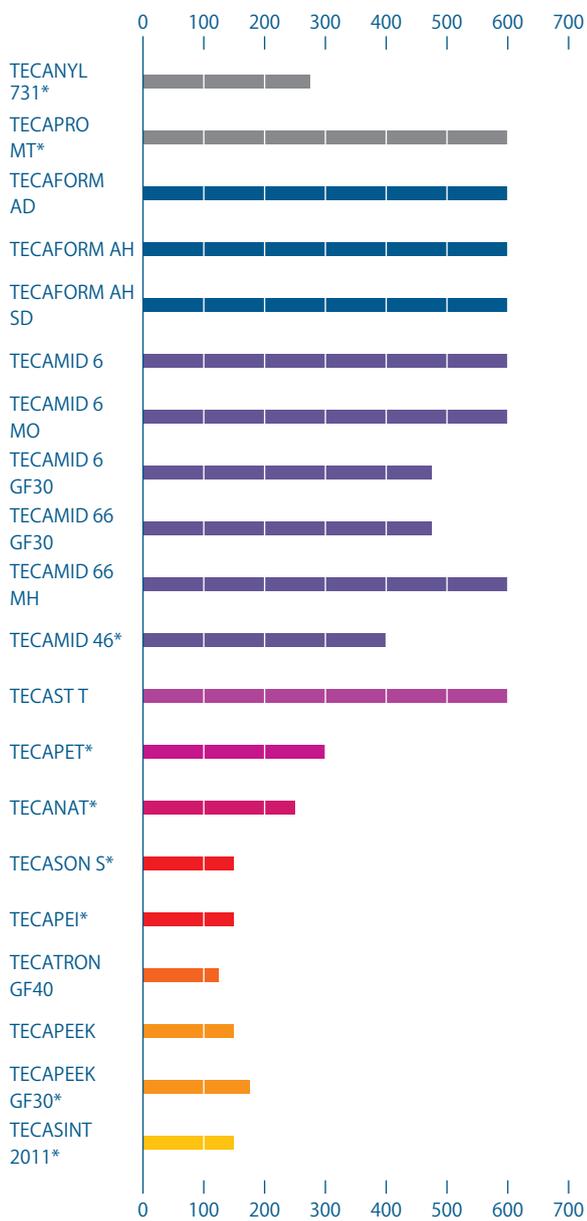
電気抵抗 [ $\Omega$ ]



絶縁破壊強度 [kV/mm]



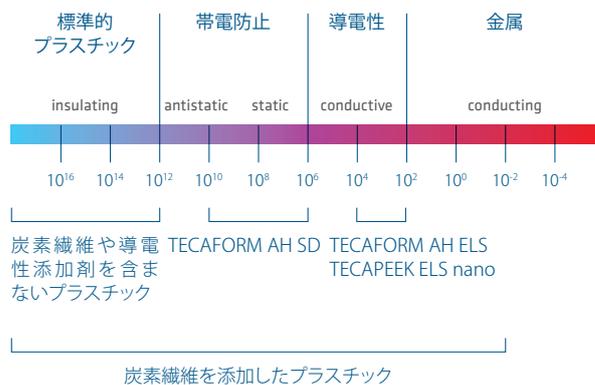
CTI:比較トラッキング指数 [V]



\* 文献値

電気導電性の区分

表面電気抵抗 [Ω]



# 耐薬品性

耐薬品性を評価する際には、環境温度、薬品の濃度、薬品に接する時間、そして機械的な負荷を考慮する必要があります。以下の表は、様々な薬品に対する耐性をまとめたものです。これらの情報は現在、Ensingerグループが知りうる限りの情報をまとめたものであり、弊社製品とその用途の為に編集した資料です。従って、法的な保証を提供するものではありませんし、製品の耐薬品性を法的に保証したり、特定の用途における適合性を法的に保証するものでもありません。

既存の工業所有権を考慮する必要があるため、具体的な用途事例については、お客様ご自身で検討なさることをお勧めします。標準テストは、DIN50014に準拠して、気温23℃、相対湿度50%の環境下で実行されます。

	TECASINT (PI)	TECAPEEK HT, ST (PEK, PEKEKK)	TECAPEEK (PEEK)	TECATRON (PPS)	TECAPEI (PEI)	TECASON E (PES)	TECASON P (PPSU)	TECASON S (PSU)	TECAFLON PTFE (PTFE)	TECAFLON PVDF (PVDF)	TECAMID 6 (PA 6)	TECAMID 46, 66 (PA 46, 66)	TECAMID 11, 12 (PA 11, 12)	TECARIM (PA 6 C + Elastomer)	TECANAT (PC)	TECAPET (PET), TECADUR PBT (PBT)	TECAFORM AH (POM-C)	TECAFORM AD (POM-H)	TECAFINE PP (PP)	TECAFINE PE (PE)	TECARAN ABS (ABS)	TECANYL (PPE)	
50%アセトアミド			●						●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	
アセトン	●	●	●	●	×	×	×	×	●	▲	●	●	▲	●	×	▲	●	●	●	●	●	×	×
10%硝酸水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×	▲	×	×	●	●	●	●	●
10%アンモニア水	×	●	●	●	×	▲		▲	●	●	▲	▲	▲	▲	×	×	●	▲	●	▲	▲	▲	×
ベンゼン	●	●	●	▲	×	●	×	×	●	▲	●	●	●	●	×	▲	●	●	▲	×	×	×	×
アスファルト(ピチューメン)	●		●						●		●	●	▲		×		●	●	▲	▲	▲	▲	
10%ホウ酸水溶液		●	▲			●		▲	●	●	×	×	×	×	●	×	×	×	●	●	●	●	
ブチル・アセテート(酢酸ブチル)	●	●	●	●	×	×	×	×	×	●	●	●	●	●	×	×	●	●	▲	▲	×	×	
10%塩化カルシウム水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●
クロロベンゼン	●	●	▲	▲	×	×	×	×	●	▲	●	●	●	●	×	×	●	●	▲	×	×	×	
クロロフォルム	●	●	●	●	×	×	×	×	●	●	×	×	×	×	×	×	×	×	▲	×	×	×	×
シクロヘキサン	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●	●	●	●	●	●
シクロヘキサノン	●	●	●	●	×	×	×	×	●	▲	●	●	●	●	×	×	●	●	●	●	×	×	●
軽油	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	▲	●	●	●	●
N,N-ジメチルホルムアミド	▲		●	●	×	×	×	×	●	×	●	●	▲		×	●	●	▲	●	●	×	●	
フタル酸ジブチル		●	●	▲	●	●	▲	●	●	▲	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	●
ジオキサン	●	●	●	●	▲	×	×	×	●	●	●	●	●	●	×	▲	▲	▲	●	●	●	▲	▲
水酢酸	▲	▲	●	×	●	●	×	●	▲	×	×	×	×	×	×	×	×	×	▲	▲	×	●	●
10%酢酸水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	▲	×	●	▲	●	▲	●	●	●	●	●
5%酢酸水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●
96%エタノール	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	●	●	●	●	●	●	●	●
酢酸エチル	●	●	●	▲	×	▲	×	×	●	▲	●	●	●	●	×	▲	●	●	●	●	●	●	●
ジエチルエーテル	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●	●	●	●	●	●
塩化エチレン	●				●				●		●	▲	●	●	×	×	×	×	●	▲	×	●	●
40%フッ酸			×	▲	×	×	×	×	▲	●	×	×	×		×	×	×	×	●	●	▲	●	●
30%ホルムアルデヒド水溶液(ホルマリン)		●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	●		●	●	●	●	●	●	●
ホルムアミド		●	●						●		●	●	▲	●		●	●	▲	●	▲	▲	●	●
フレオン	●	×	×	●		●		●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●	×	▲	▲	●	●
フルーツ・ジュース	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	▲	●	●	●	●	●
エチレングリコール	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	●	●	●	●	●
40%グリサチン®水溶液(BASF製エンジンクーラント)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
グリセリン	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●	●	●	●	●	●
尿素水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
燃料油	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	▲	●	●	●	●
ヘプタン、ヘキサン	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●
イソオクタン	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
イソプロパノール(2-プロパノール)	●		●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	▲	●	×	▲	●	●	●	●	▲	●	●
ヨウ素水溶液・アルコール溶液	●		▲					▲	●	●	×	×	×	×	×			▲	●	●	▲	●	●
50%水酸化カリウム水溶液	×	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	●	×	●	●	●	●	●
10%水酸化カリウム水溶液	▲		●	●	▲	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	×	×	●	×	●	●	●	●	●
10%ニクロム酸カリウム水溶液	×								●	●	●	●	▲		●	●	●	▲	●	●	●	●	●

● 耐性有り ▲ 条件付きで耐性有り × 耐性無し 但し、濃度・接触時間・温度などの条件に依存する

	TECASINT (PI)	TECAPEEK HT-ST (PEK, PEKEKK)	TECAPEEK (PEEK)	TECATRON (PPS)	TECAPEI (PEI)	TECASON E (PES)	TECASON P (PPSU)	TECASON S (PSU)	TECAFLON PTFE (PTFE)	TECAFLON PVDF (PVDF)	TECAMID 6 (PA 6)	TECAMID 46, 66 (PA 46, 66)	TECAMID 11, 12 (PA 11, 12)	TECARIM (PA 6 C + Elastomer)	TECANAT (PC)	TECAPET (PET), TECADUR PBT (PBT)	TECAFORM AH (POM-C)	TECAFORM AD (POM-H)	TECAFINE PP (PP)	TECAFINE PE (PE)	TECARAN ABS (ABS)	TECANYL (PPE)
10%過マンガン酸カルシウム水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	●	●	●	●	●	●	●	●
10%硫酸銅(II)水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●	●	●
アマニ油	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
メタノール	●	●	●	●	▲	●	▲	▲	●	▲	●	●	▲	●	×	●	●	●	●	●	▲	●
メチルエチルケトン	●	●	●	●	×	×	▲	×	●	▲	●	●	●	●	×	▲	▲	▲	▲	▲	×	×
塩化メチレン	●	●	●	▲	●	×	×	×	●	●	▲	▲	×	▲	×	×	▲	▲	×	▲	×	●
牛乳	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
90%乳酸水溶液	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	×	×	▲	×	●	●	●	×	●	●	×	×
10%乳酸水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●
10%炭酸ナトリウム水溶液	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●
10%食塩水	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10%亜硫酸水素ナトリウム水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	●	●	●	●
10%硝酸ナトリウム水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●
10%チオ硫酸ナトリウム水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5%水酸化ナトリウム水溶液	▲	●	●	▲	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	×	▲	●	×	●	●	●	●
50%水酸化ナトリウム水溶液	×	●	●	×	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	●	×	●	●	●	●
ニトロベンゼン	●	●	▲	▲	×	●	●	●	●	×	×	×	×	×	×	▲	▲	▲	▲	●	×	●
10%シュウ酸水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	●	●	×	●	●	●	●	●
オゾン	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×	●	▲	×	×	●	▲	●	●
パラフィン・オイル	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●	●	●	●	●
パークロロエチレン	●	●	●	●	×	▲	×	●	●	▲	▲	×	▲	×	×	▲	▲	▲	×	×	▲	●
石油	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●
フェノール水溶液	●	●	▲	●	×	×	×	●	●	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●	▲	●	●
飽和リン酸水溶液	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×	●	●	●	●	●	●	●	●
10%リン酸水溶液	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×	●	●	▲	×	●	●	●	●
プロパノール(プロピルアルコール)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ビリジン	×	●	▲	×	×	●	●	●	▲	●	●	▲	●	×	●	▲	▲	▲	▲	▲	×	●
サリチル酸	●	●	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	×	●	●	●	●
2%硝酸水溶液(希硝酸)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×	▲	●	×	×	●	●	●	×
2%塩酸水溶液(希塩酸)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	▲	×	×	●	●	×	×	●	●	●	●
36%塩酸水溶液(濃塩酸)	×	●	●	▲	●	●	▲	●	●	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●	●	●	●
硫化水素	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	●	●	▲	▲	×	●
98%濃硫酸	×	×	×	●	×	×	×	●	▲	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●	▲	×	×
2%硫酸水溶液(希硫酸)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×	●	●	●	×	●	●	●	●
硫化水素水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●
石けん水	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
シリコンオイル	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10%炭酸水	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
食用脂、食用油	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
スチレン	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	×	▲	●	●	▲	▲	●	×
タール	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	●	●	●	●	●	●	●	●	●
四塩化炭素	●	●	●	●	●	▲	×	●	●	●	●	×	●	×	●	▲	▲	×	×	×	×	×
テトラヒドロフラン(THF)	●	●	●	●	×	×	●	●	▲	●	●	●	●	●	×	▲	▲	▲	▲	▲	×	×
テトラリン	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	●	▲	●	●	▲	×	●
トルエン	●	●	●	▲	×	×	▲	×	●	●	●	●	●	●	×	▲	●	▲	●	▲	×	●
トランス脂肪酸	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●
トリエタノールアミン	×	●	▲	▲	●	●	●	●	●	▲	●	●	●	●	×	●	●	×	●	●	●	●
トリクロロエチレン	●	●	●	▲	×	×	×	×	●	●	●	▲	▲	▲	×	×	×	×	▲	▲	×	×
ワセリン	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●
固形ワックス	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	●
冷水	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
熱水	×	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	×	▲	×	▲	▲	▲	●	●
30%過酸化水素水	×	▲	●	▲	●	●	●	●	▲	×	×	×	×	×	●	●	×	×	●	●	●	●
0.5%過酸化水素水	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×	×	×	×	×	●	●	▲	●	●	●	●	●
ワイン・洋酒	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	●	●	●	●	●	●	●	●
酒石酸	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	●	●	●	●
キシレン	●	●	●	●	×	▲	▲	×	●	●	●	●	▲	▲	×	▲	●	●	×	×	×	×
10%塩化亜鉛水溶液	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	●	●	●	×	●	●	●	●
10%クエン酸水溶液	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●	▲	▲	▲	▲	●	●	▲	×	●	●	●	●

● 耐性有り ▲ 条件付きで耐性有り × 耐性無し 但し、濃度・接触時間・温度などの条件に依存する

## 吸水・吸湿

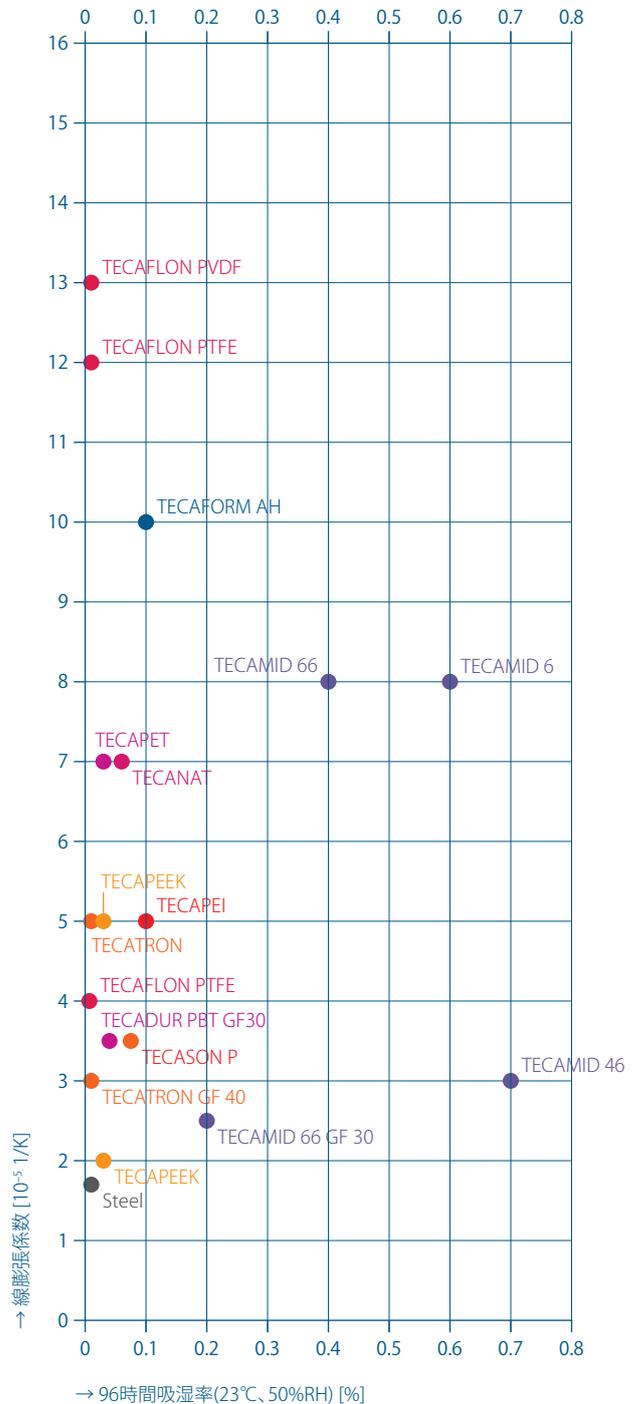
吸湿あるいは吸水とは、プラスチックが大気中の湿気を吸収する能力、あるいは水中の水分を吸収する能力ことをいいます。吸湿率は、主としてプラスチックの種類により異なりますが、温度、湿度と吸湿時間といった環境要因にも支配されます。吸湿の大小により、寸法精度、機械強度、導電性や誘電正接といった電気特性に影響を及ぼします。

熱可塑性プラスチックの中で、ポリアミド(ナイロン)は、特に多くの量の吸水を示す傾向にあります。

この特性は、最終製品の寸法安定性と機械特性の低下に大きな影響を与えます。さらに、電気絶縁性にも大きな影響を与えます。従って、特に厳密な寸法公差を要求する製品の場合は、ナイロンを使用することの妥当性を前もって検証する必要があります。

ナイロン以外にも、ほとんどのポリイミド、ポリアミドイミド、PBIも比較的高い吸湿率を有します。これらの素材を使用するときは、高温、高湿度の環境で使用すると加水分解しやすいことに注意する必要があります。

4日間(96時間)吸湿率 [%]と線膨張係数の相関



## 難燃性の分類

プラスチックの燃焼は、プラスチックが酸素と反応して放射エネルギーを放出する化学反応として定義され、可燃性のプラスチックは燃えてしまいます。

難燃性は、プラスチックに要求されるもう一つの重要な特性です。ほとんどの有機化合物は、熱などのエネルギーが直接作用すると燃えてしまいます。しかしながら、スーパーエンブラなど一部のプラスチックには、それ自身が自己消化性を有していて難燃性があり、防火性能を必要とする用途に最適なものがあります。

プラスチックの燃焼性を分類する規格は、いろいろありますが、一般的にUL94で定められた燃焼性試験が国際的に用いられています。UL94による燃焼性の分類は、以下の基準で行われます。

(水平燃焼試験)

→ UL94-HB:

試験片を片端で固定して水平に保持し、端部に炎を接炎する。燃焼速度で評価する。

(垂直燃焼試験)

→ UL94-V2:

方端で固定して垂直に保持し、端部に炎を接炎する。  
1回目の接炎の後30秒以内に消えれば、もう一度接炎するそれぞれの継続燃焼時間が、すべて30秒以内であること  
5個の試験片による10回の接炎後の合計継続燃焼時間が250秒未満であること

→ UL94-V1:

V-2の条件をクリアした上で  
燃焼を広げる滴下物がないこと  
2回目の接炎の後で60秒以上赤く炭のように発熱が続く(グローイング)検体がないこと

→ UL94-V0:

V-1の条件をクリアした上で  
それぞれの接炎の後の継続燃焼時間が、すべて10秒以内であること  
5個の試験片による10回の接炎後の合計継続燃焼時間が50秒未満であること  
2回目の接炎の後で30秒以上グローイングがみられる検体がないこと

一般的に、UL94燃焼試験は、原料ペレットに対して行われます。

UL94による燃焼性の認証は、ULが定める仕様に従って燃焼試験を行うか、ULの認定試験所を用いて試験を行うことで、イエローカードに「記載されているプラスチックのグレード」と「記載されていないULの分類に相当する燃焼性を有しているプラスチックのグレード」とは、明確に区別する必要があります。

UL94に準じた燃焼生の分類以外にも、他の業界に特有の試験が存在します。特定の業界においては、燃焼挙動のみならず、ある特殊な環境下での発煙試験、燃焼時の滴下物とヒューム(煙)の毒性についてを評価する試験が存在します。

### 特定業界における難燃性の分類テスト

鉄道検査基準

→ DIN ISO 5510-2

→ CEN TS 45545-2

→ NFF 16101

航空宇宙産業

→ FAR25-853

自動車産業

→ FMVSS 302

## 耐光性・耐放射線性

産業分野によって、プラスチックは様々なタイプの電磁波(光波、放射線を含む)の照射を受けることが有り、ある条件下においては、プラスチックの構造に永久的な影響を及ぼすことがあります。電磁波は、その波長により長波長側から電波、赤外線、可視光線、紫外線、X線、ガンマ線のように、波長ごとに異なる呼び方をされることがあります。波長が短くなればなるほど、電磁波のエネルギーは大きくなり、プラスチックへのダメージも大きくなります。

### 電磁波

プラスチックに電磁波が照射されるときには、プラスチックの誘電正接を考慮する必要があります。誘電正接の値から、プラスチックに吸収される電磁波のエネルギーの比率を求めることができます。高い誘電正接の値をもつプラスチックは、電磁波の照射により顕著に発熱するので、高周波電磁線やマイクロ波を遮断する用途への使用に適しません。例えば、ナイロンは、マイクロ波の発生する用途に使用すると、破損したり爆発したりすることがあります。ナイロンは吸湿率が高い樹脂であり、ナイロン内部の水分が急激に膨張するからです。

### 紫外線

遮光のない屋外で使用される用途では、日光に含まれる紫外線の照射を避けることはできません。PTFEやPVDFなどのフッ素系ポリマーは、耐紫外線性が大変良好です。その他の樹脂は、紫外線から保護する処方しないと、紫外線の照射強度に応じて、黄変し、脆くなってしまいます。紫外線から保護する処方には、添加剤(紫外線吸収剤、カーボンブラックにより黒く着色する)を加える方法かプラスチックの表面を塗料や金属などでコーティングする方法があります。中でも、カーボンブラックを添加する処方は、最もコストパフォーマンスに優れた対処方法です。

プラスチックの耐候性や耐光性については、保存方法においても特に留意すべき環境特性です。86ページの製品の取り扱い方と管理方法もご参照ください。

(→ p. 86).

### 電離放射線

ガンマ線やX線といった、電離放射線は、医療診断、放射線治療、ディスプレイの注射器などの滅菌処理といった医療用途、物質の試験用途、試験計測装置用途でよく使用されます。

高エネルギーのガンマ線やX線の照射により、プラスチックの伸びの特性が低下し、脆化が進行します。

プラスチック部品・製品の製品寿命は、吸収した放射線の量に依存します。例えば、PEK、PEEK、ポリイミド樹脂とウルテム、PPSU、PSU、PESなどの樹脂は、ガンマ線やX線に対して良好な耐性を有しています。一方で、PTFEやPOMは、電離放射線の影響を受けやすいため、このような用途での使用には向きません。

高エネルギーのガンマ線やX線がプラスチックに照射されると、ラジカルを発生し、分解による劣化を引き起こしたり、ラジカル同士が結合して架橋構造を構築してしまうため、伸びや靱性を失い、脆くなってしまいます。さらに大気中の酸素分子が存在していると、ラジカルは直ちに酸素と結合して、パーオキシド結合を生成し、ジパーオキシドが主に生成します。これらは、強力な酸化剤としてプラスチックを酸化させます。このような反応を、放射線酸化といいます。

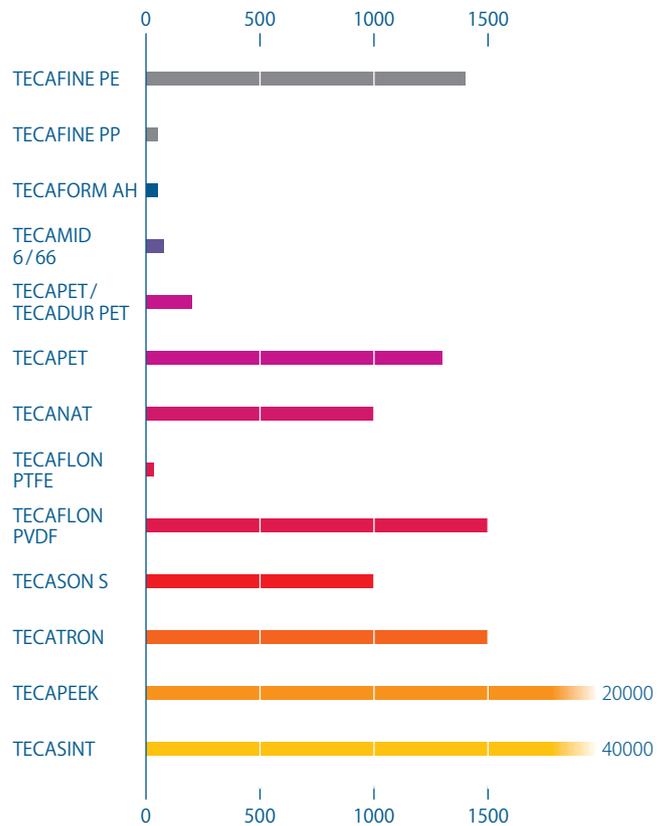
放射線の被曝の影響は、強度、剛性、硬度、脆性といった機械強度に必ず悪い影響を及ぼし、影響の大きさは被曝量に比例します。さらに、これらの変化は不可逆で、元に戻ることはありません。

耐放射線性に対するデータは、参照データにとどめておく必要があります。様々な要素が耐放射線性に影響を及ぼすため、部品の3次元構造、被曝率、応力の有無、温度、酸素濃度などの要素を考慮する必要があります。そのため、それぞれの樹脂についての限界被曝量といったデータを開示することはできません。

耐候性

製品	耐候性
TECAFORM AH ナチュラル	×
TECAFORM AH 黒	▲
TECAFORM AH ELS	▲
TECAPET	×
TECAPET 黒	▲
TECAMID 6	×
TECAM 6 MO	▲
TECAMID 6 GF30 黒	▲
TECAST T	×
TECAST TM	▲
TECAFLON PVDF	●
TECAFLON PTFE	●
TECASON S	×
TECAPEI	×
TECATRON GF40	×
TECATRON PVX	▲
TECAPEEK	×
TECAPEEK 黒	×

耐放射線性 [kGy]



引張伸度が25%以下になるまでの放射線量: キログレイ [kGy]

## 認証と承認

エンズィンガー・グループの製品が、最新の有効な基準や規制に確実に準拠しているために、徹底した実用的な知識、関連規則や規制の継続的な確認をしています。これらの規則を遵守し、関連する認証書類の発行とその保証は、ドイツ本社の製品コンプライアンス管理部門で対応しています。

エンズィンガー・グループは、広範囲にわたる様々なプラスチック素材とプラスチック加工製品を供給しています。ある特定の用途では、関連する規制機関による承認が必要になります。エンズィンガー・グループが提供する製品群には、以下の用途に必要な承認を取得したプラスチック素材があります。

→ 食品と直に接する用途

(FDA, BfR, 10/2011/EC, 1935/2004/EC, 2002/72/EC, 3A SSI, 日本食品衛生法、その他)

→ 生体適合性

(ISO 10993, USP Class VI, その他)

→ 飲料水用途

(KTW, WRAS, NSF61)

→ 難燃性

(UL94, BAM)

→ 環境負荷物質規制

(RoHS, その他)

→ その他の承認が必要な用途

原料ポリマー供給業者、添加剤供給業者、規制当局や研究機関との緊密な連携を通じて、定期的に製品試験を行うなどの手段を講じ、できるだけ広い範囲で製品が関連規制・承認事項を満たしていることを確認しています。

お客様が必要となさる場合、使用している原料に関連する認証事項を証明する文書を発行することがあります。このようなことが可能なのも、エンズィンガー・グループは、継ぎ目のない一貫したトレーサビリティを確保しているからであり、お客様に出荷した製品に実際に使われた原材料を特定することができるため、原材料に関する認証書類を発行することができるのです。従って、エンズィンガー・グループが発行する証明書は、実際のご注文に対応して発行しています。

なぜならば、ウェブサイトからいつでもダウンロード可能な証明書の場合、実際に使われた原材料をロット単位まで特定できるものではなく、認証を必要とする特殊用途の製品の不適合のリスクが増大してしまいます。

一方で、弊社の仕組みであれば、リスクを最小限に抑えられます。

現在、このような特別な注意を払う必要のある用途は、食品や医療技術の分野です。これらの領域に適用される厳格な規制を満たすために、特別な仕組みを構築しています。

### 食品関連の証明書

食品に直に接するプラスチックは、第一に適正な製造基準を満たした製品である必要があります。適正な製造基準を満たしていれば、通常あるいは予測可能な条件下で食品と接したとき、プラスチックから人体の健康を脅かす成分が食品に移行しないと判断できます。

適正な製造基準は、各国と地域の食品規制基準で定義されていて、安全性試験、品質保証体制と各種規定により効力を発揮しています。

この分野で重要な機関は、

→ 米国: FDA (食品医薬品局)

→ ドイツ: BfR (ドイツ連邦リスク評価研究所)

EUのためのEFSA (欧州食品安全機関)

→ 日本: 厚生労働省  
です。

対象となる規制は、

EU規制: 1935/2004/EC, 10/2011/EC

日本の規制: 合成樹脂器具又和容器包装の規格基準  
があります。

エンズィンガー・グループは、BfRは、FDA、EUの規制及び日本の食品衛生法で定められた、食品に直接接触するための要件に準拠した切削加工用プラスチック素材を常時在庫し、幅広い製品ポートフォリオをお客様に提供しています。

---

## 医療関連の証明書

プラスチックの生体適合性は、短期インプラント、医療機器又は医薬として直接生体組織に接する医療用途に使用するための前提条件になります。ここでいう生体適合性とは、人体で毒性またはアレルギー反応を起こさない物質、複合体のことです。

弊社の医療用グレード(MTグレード)は、24時間までの時間にわたって人体組織と直に接触することが可能です。24時間を超える長い期間の使用が可能な特殊なグレードもあります。エンズインガー・グループは、医療用の生体適合性高性能プラスチックを多種多様な色で提供しています。

厳密に言えば、切削加工用プラスチック素材は医療製品や医薬品ではなく、医療用製品や医薬品の製造に用いられる素材です。切削加工用プラスチック素材の生体適合性について標準化された規定は存在していません。そこで弊社は、ISO10993およびUSPで規定されている様々な生体適合性試験項目から、切削加工用プラスチック素材に求められるであろう試験項目をピックアップしています。試験項目を選択する際には、お客様の医療用製品や医薬品製造の承認プロセスにおいて、有効かつ最大のサポートが提供できることを考慮しています。

こうした理由から、弊社では、24時間までの時間にわたって人体と直に接触することが可能な医療用グレードについて、定期的に以下の試験を実施しています。

→ 細胞毒性/成長阻害 (ISO10993-5)

→ 溶血 (ISO10993-4)

→ 化学分析/フィンガープリント (ISO10993から18)

これらのテストは、生物学的および毒物学的 (ISO10993-1) に実施・分析がなされます。以上のように弊社では、ステップ・バイ・ステップの生物学的評価プロセスを実施して、ISO10993-1の要求基準を満たしています。

以上のように、弊社で行うことができるのはあくまで切削加工用プラスチック素材における、生体適合性の確認作業に過ぎません。従いまして、完成品の生体適合性については、改めてお客様にて確認を行い、申請する必要があります。

---

## Works certificates (作業検定)

エンズインガー・グループは、DIN ISO10204に準拠した作業証明書 (work certificate)を発行しています。

### 2.1項に準拠した証明書

出荷した製品が、発注者の要求事項を満たすことを製造業者が証明する書類。テスト結果の表示なし。

### 2.2項に準拠した証明書

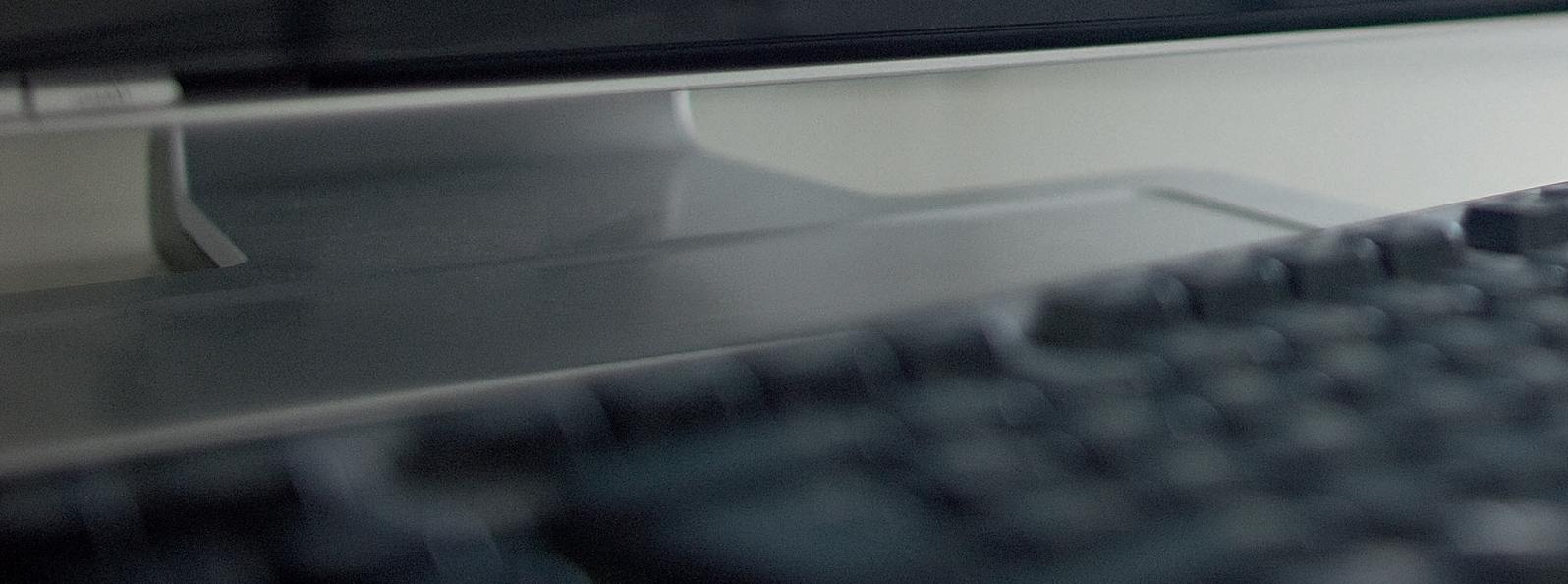
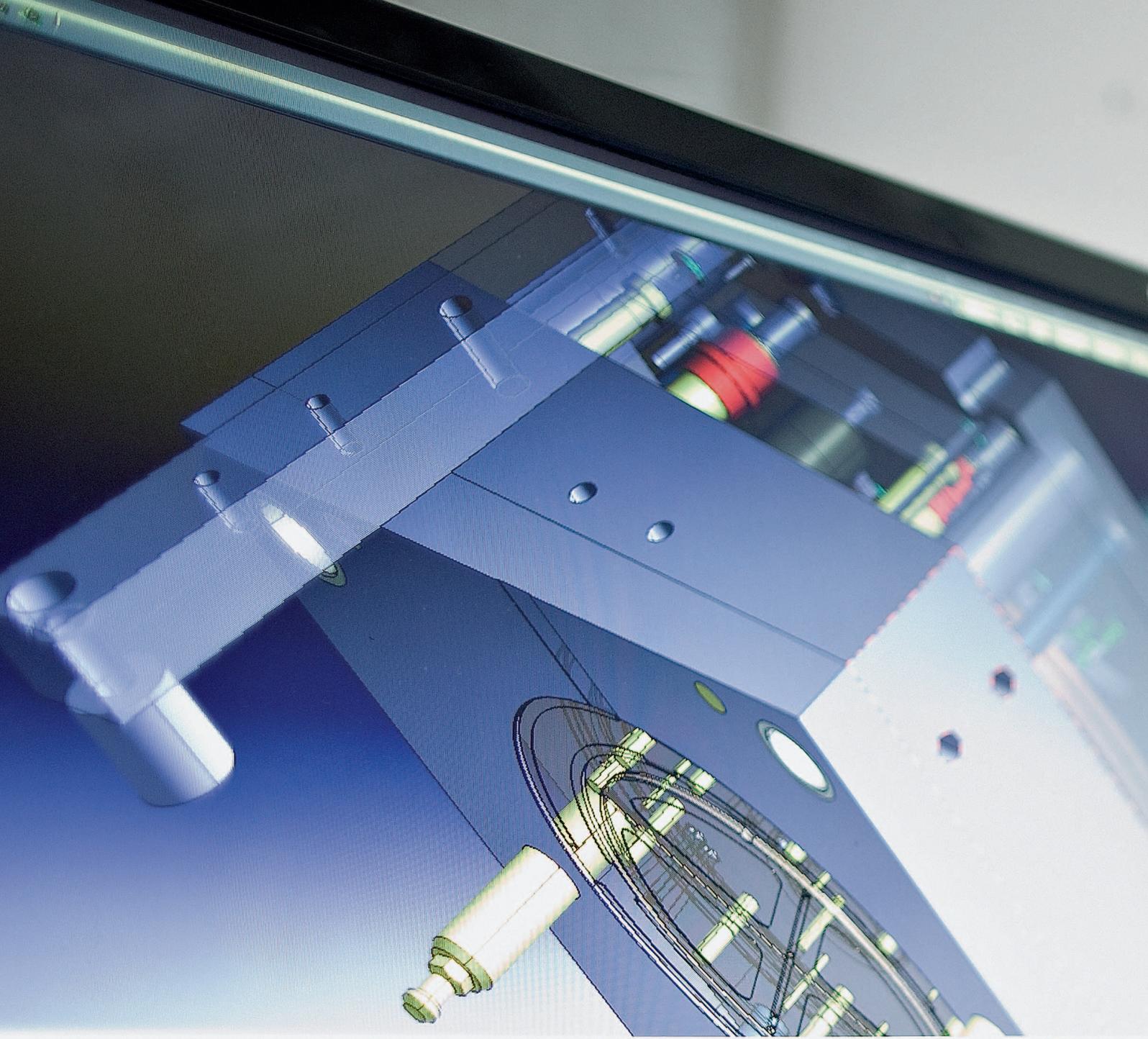
出荷した製品が、発注者の要求事項を満たすことを製造業者が証明します。

製品仕様を満たし、同じ製造方法を用いていることを確認する検査結果が記載され、原材料または切削加工用素材を用いてなされた検査なのかを判別できる追加の報告書が要求されます。なお、試験対象となった製品は、出荷した製品そのものである必要はないが、同じ原料を使用していて、同等の製品であると見なされます。

### 3.1項に準拠した受入検査証明書

出荷した製品が、発注者の要求事項を満たすことを製造業者が証明します。製造ロットと一致した検査結果が添付されていなくてはなりません。

3.1項に従い、受入検査証明書には、製造業者はそのロットの生産に用いた原材料および切削加工用プラスチック素材の個別の生産ロットの検査結果を採用できます。製品のロットと原材料のロットの間にトレーサビリティが確保されていることが、本証明における条件となっています。





正しいプラスチック素材を選択することによって、設計した必要な機能、安全性と製品寿命を実現することができます。製品の使用条件を明確にすることは、正しいプラスチック素材選択のために大切なことです。適切なプラスチック素材を選択する際には、主たる使用条件以外のその他の詳細な要件も考慮します。

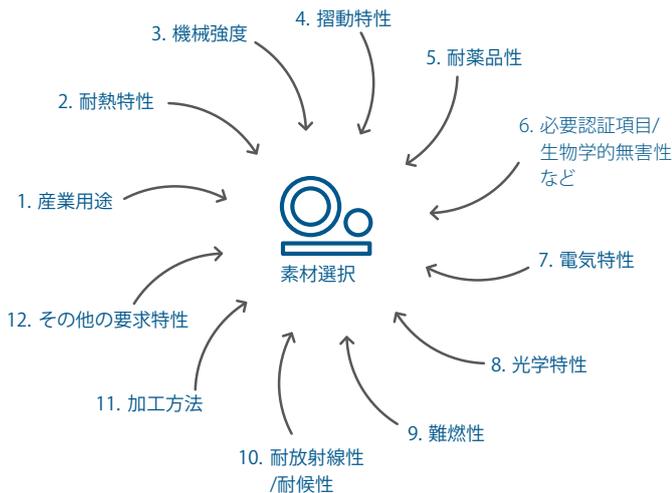
プラスチック素材選択時には、既存の情報と技術データ・業界固有の経験とを照らし合わせます。製品・部品の設計段階で、適したプラスチック素材を見出したときは、シミュレーションを実施して、技術データを用いた検証により候補材を絞り込んでから、実際の環境で試験を行い実力を確認します。

## プラスチック素材の選択とシミュレーション

# プラスチックの選択

## 最適なプラスチックを選択するために

適切なプラスチックを決めるには、使用条件・環境を正しく選択条件に反映させてください。正しい選択をするには、要求される特性項目が明確でなくてはなりません。例えば、その製品・部品の目的・産業区分、および要求特性と使用環境の詳細について、正しく把握していることが必要です。これらの情報を活用して、経験を積んだ専門家は要求特性とそれぞれのプラスチックの材料特性とを比較し、どのプラスチックが妥当なのか目星をつけることができます。技術要件を一つひとつ積み上げていくことで、選択肢を狭めていきます。ただし、技術要件からプラスチックを選択することはあくまで推奨レベルにとどまります。実際に試験して確認することを省略しないでください。



## プラスチックを選択するための基本的なチェック項目

プラスチックを選択するには、類似の用途で使用されているプラスチックの種類を参考にします。

類似の事例が無い場合は、以下のチェック項目を考慮します。:

- その用途にプラスチックを使用することは一般的に可能なのか?
- なぜプラスチックなのか? 軽量化? それとも他の使用特性を改善する目的なのか?
- 以前に使われていた素材は何か?
- 想定と異なる素材が以前に使われていた場合、変える理由は?
- なぜ、以前使用されていた素材ではうまくいかないのか?
- どんな問題が起きたのか?

## 使用用途と産業分野

使用用途と産業分野によっては、プラスチックの選択に大きな制約が生じることがあります。特定の使用用途・産業分野では、専用のプラスチックでなければなりません。例えば、特定の認証を有したプラスチックという具合です。

医療や食品技術部門が典型的です。一般的に医療技術部門では、直接身体と接触することに対する認証を受けている素材、すなわち生体適合性を有した素材のみ、使用することができます。

食品技術の分野では、FDA(米国)、あるいは欧州規格(例えば10/2011/EC、1935/2004/EC)に準拠した承認が必要です。日本国内では、食品衛生法に基づく「合成樹脂器具又は容器包装の規格基準」を満たすプラスチックである必要があります。

このように、それぞれの産業における認証要件を満たしているプラスチックのみ検討できます。

## 熱特性

正しいプラスチックの種類を選択する際に、熱特性も重要な判断項目です。製品・部品の使用環境からプラスチックに熱が伝わることによる影響を考慮します。また、摩擦熱のようにプラスチック製品・部品を実際に使用する際に発生する熱も併せて考慮しましょう。

プラスチックを選択するには、以下の熱特性値を参考にします。

- 長期使用温度
- 短期使用温度
- 使用下限温度
- ガラス転移点:Tg
- 熱変形温度
- 線膨張係数

## 機械特性

応力負荷に耐えうる最適なプラスチックの種類を選択するには、できる限り詳細な見込み応力の情報を得ることが必要です。大抵の場合は、部品にかかる機械負荷の概算があるとうまくいきます。特に決定的な要素は以下の項目です。:

- 応力のタイプ(静的か、動的か)
- 発生する応力はどのくらいか
- 力のかかる、作用点と力の方向
- 応力負荷と同時に熱負荷は発生するか?
- 応力負荷の時間スパン(短期、長期、断続的?)
- どのくらいの早さで力が加わるのか?
- 圧縮? 伸び? 曲げ? 応力のモードは?

---

## 耐薬品性

プラスチック部品が化学物質と接触する可能性があるとき、プラスチックが化学的侵襲に耐えうるかを考慮する必要があります。

重要な項目は以下の三つです。

→ 化学物質に接する時の環境温度

→ 接する時間・期間

→ 化学物質の濃度

耐薬品性を考慮するときに注意すべきことは、プラスチック部品・製品を実際に使用する環境だけでなく、製造や組み立ての過程(洗浄や冷却液、潤滑剤など)を考慮する必要があるということです。さらに、接触する可能性のある化学物質が混合物であるとき、一つひとつの成分単独の場合とは異なり、予期せぬ相乗効果が現れることがありますので注意が必要です。

---

## 摺動性

摺動用途に使用するときには、良好な滑り性と耐摩耗性が要求されます。しかしながら、カタログや文献に記載されている摩擦抵抗値や摩耗量などの特性値は、ある特定条件での値であり、検討中の条件とは異なる場合がほとんどです。まずは、摺動条件を十分に見極めることが大切になります。

→ 環境温度

→ 摺動速度(滑り速度、回転速度)

→ 接地圧力

→ 摺動相手材の材質

→ 双方の表面状態(すべすべか、ざらざらか)

各々のプラスチック素材がもつ滑り性や耐摩耗性の傾向から、最適なプラスチックを検討することはなかなか困難です。上記のすべての項目を検証するには、実際のテスト以外に方法がありません。

---

## 認証要求/生物学的無害性など

使用用途によっては、認証を必要とするものがあります。認証要件を満たすか否かは、使用する原材料に依存する場合があります。したがって、事前に必要な認証を明らかにしなければなりません。

用途によって求められる認証の例

→ 食品: FDA, 10/2011/EC, NSF 51 …

→ 医療: ISO 10993, USP class VI, …

→ 飲料水: KTW, NSF 61, …

→ 宇宙航空産業: ABS, ABD, FAR 25-853, MIL-P-46183…

---

## 電気特性

電気的な要求特性には、帯電防止性あるいは導電性を要求するものと、電気絶縁性を必要とするものとの二つに大別されます。

電子部品を製造する際には、静電気による部品の破損を防ぐために、耐電防止性や導電性を必要とします。ATEX用途(防爆用途)も静電気による着火を防ぐために、耐電防止性や導電性を必要とします。その他に、誘電正接が小さいプラスチック、絶縁破壊強度が高いプラスチックなどが要求されます。

---

## 光学的特性

光学的な要求項目は、単なる着色の要求(企業カラーに着色されたプラスチックが欲しい)であったり、透明性(覗き窓として)であったり、識別のため(食品用途では青色)であったりします。

---

## 難燃性・燃焼挙動

宇宙航空産業、鉄道などの様々な分野で、安全を確保するための防火に関する厳格な要求事項があります。このような用途では、自己消化性のあるプラスチックが使われることが多々あります。ULによる燃焼性試験が一般的ですが、用途ごとに異なる燃焼性の規格が存在します。

---

## 耐放射線性・耐光性・耐候性

屋外で使用される用途、放射線医学用途(レントゲンなど)や発電所などの高エネルギー線に曝される用途などの場合、プラスチックには耐候性・耐光性・耐放射線性が必要になります。

---

## 加工方法は?

プラスチックを選択する際に、予定している加工方法も考慮する必要があります。

射出成形なのか、機械切削加工を伴うのか、ダイレクトフォーミングによる成形をするのかなどを考慮します。

---

## その他のスペック

本項で取り上げた要求事項以外に、プラスチックを特定の用途に使用する際に満たすべき、使用条件、スペック、承認などが存在するかもしれません。そのような場合は、個別に試験を行い、有効性を確認してプラスチックを選択する必要があります。

# シミュレーション

機械特性の章で論じたそれぞれの特性が、どのように関連するのかを明らかにするために、簡単な例を使用して詳しく見ていきます。

検討対象：

非常に単純な、四角形の機械の下敷きを例にとりて検討してみましよう。

下敷きは、床面に水平に設置されていて、全面で1トンの荷重を受けているとします。

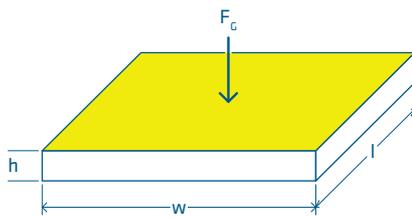
下敷きの形状：

$h = 10\text{ mm}$

$w = 50\text{ mm}$

$l = 50\text{ mm}$

$m = 1,000\text{ kg}$



## 1. 前提条件

下敷きにかかる圧縮応力を計算するために、重力計算をします：

$$F_c = m \times g = 1,000\text{ kg} \times 10\text{ m/s}^2 = 10,000\text{ N}$$

(重力加速度:  $g$ を10として単純化)

圧縮応力は、接地面全体に及んでいて、しかも、一様に分散していると仮定します。このとき圧縮応力が及ぶ面積は

$$A = w \times l = 50\text{ mm} \times 50\text{ mm} = 2,500\text{ mm}^2$$

となるので、次のように圧縮圧力を計算すると

$$p = F/A = 10,000\text{ N}/2,500\text{ mm}^2 = 4.0\text{ MPa}$$

となります。このように、非常に簡略化して計算をした場合、機械下敷きにかかる圧縮圧力は、4.0MPaと求められます。

次に、最適なプラスチックを選択するには、以下の判定基準を考慮する必要があります。

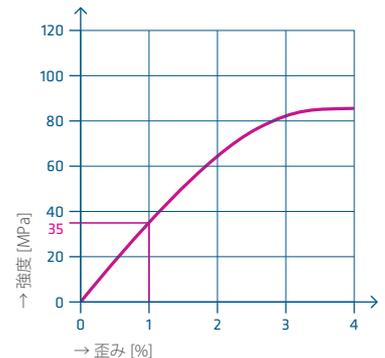
- 破壊点(材料破断にいたる負荷)
- 座屈(材料が座屈にいたる負荷)
- 伸び(材料が伸びて元に戻らなくなる負荷)
- クラック発生(材料にクラックが発生する応力)
- 用途における最大変形許容量

この例の用途では、最大許容変形量を1%とします。

最大許容変形量から、機械下敷きの表面にかかる圧縮圧力の最大値をS-Sカーブを利用して見積もることができます。この例では圧縮圧力ですが、近似的に引張応力と同等と見なすこともできます(引張強度は圧縮強度よりも小さいので、S-Sカーブの上部の部分では流用できないことが多いのでご注意ください)。

グラフ. 1  
S-Sカーブ  
66ナイロン (乾燥状態)

— TECAMID 66



先の推定から、4.0MPaの圧縮圧力が加わったときの変形量が1%未満になることが、機械下敷きに求められる強度特性になります。

グラフ1から、TECAMID 66が1%の変形をするときの応力は35MPaとなりますので、TECAMID 66を機械下敷きに使用する場合、35MPaの圧縮応力まで対応可能です。

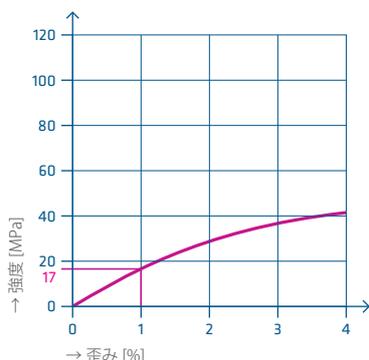
## 2. 湿度の影響

前項で用いたデータは、射出成形で作成した試験片を用いたもので、乾燥状態の66ナイロンの物性データです。しかし、機械下敷きは、通常の気象状況で使用されるため、ナイロン特有の吸湿現象について考慮する必要があります。

調湿した状態の66ナイロンの試験片を用いたときの、S-Sカーブは次のグラフ2のようになります。

グラフ.2  
S-Sカーブ  
66ナイロン(調湿状態)

— TECAMID 66



吸湿の結果、66ナイロンの強度は劇的に低下します。4.0MPaの表面圧縮圧力に対して1%未満の変形量であることは可能ですが、乾燥状態の35MPaから多に低下して、17MPaまでしか支えることができなくなってしまいます。

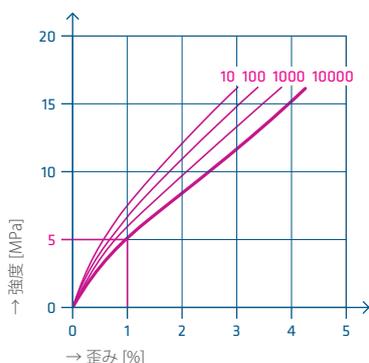
### 3. 時間の影響

下敷きの上ののせる機械は、長期にわたって安定して接地できている必要があります。したがって、長期間にわたり最大変形量を1%未満で維持し続けなくてはなりません。

ここで、機械を設置する期間を1万時間と推定します。1万時間とは、おおよそ1年間に相当します。1万時間後の応力に対する歪み量を見積もるには、等時S-Sカーブが使用されます。これは同一のグラフで異なる時間の応力とひずみの進行を示したものです。

Fig.3  
等時S-Sカーブ  
66ナイロン(23℃、調湿状態)

— TECAMID 66



上のグラフによると、1万時間後に機械下敷きの変形量が1%になる表面圧力は、約5MPaであると求められます。この条件でも、まだ66ナイロンは要求特性を満たしています(特性として4MPa以上)。しかし、湿度の影響、時間の影響などの付随条件により、66ナイロンの許容幅がどんどん減少していきます(35→5MPa)。

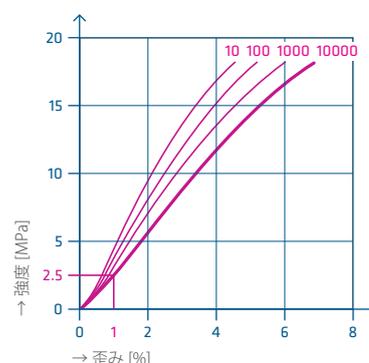
### 4. 温度の影響

次に、機械の使用時に、機械下敷きの温度は約60℃にまで暖められると推定します。一般的に、プラスチックは加熱を受けると強度と剛性は低下し、靱性が向上します。この温度の影響を機械下敷きとして検討している、66ナイロンの特性に適用してみましょう。

その際には、該当する温度(本ケースでは60℃)における等時S-Sカーブを使用します。

Fig.4  
等時S-Sカーブ  
66ナイロン(60℃)

— TECAMID 66

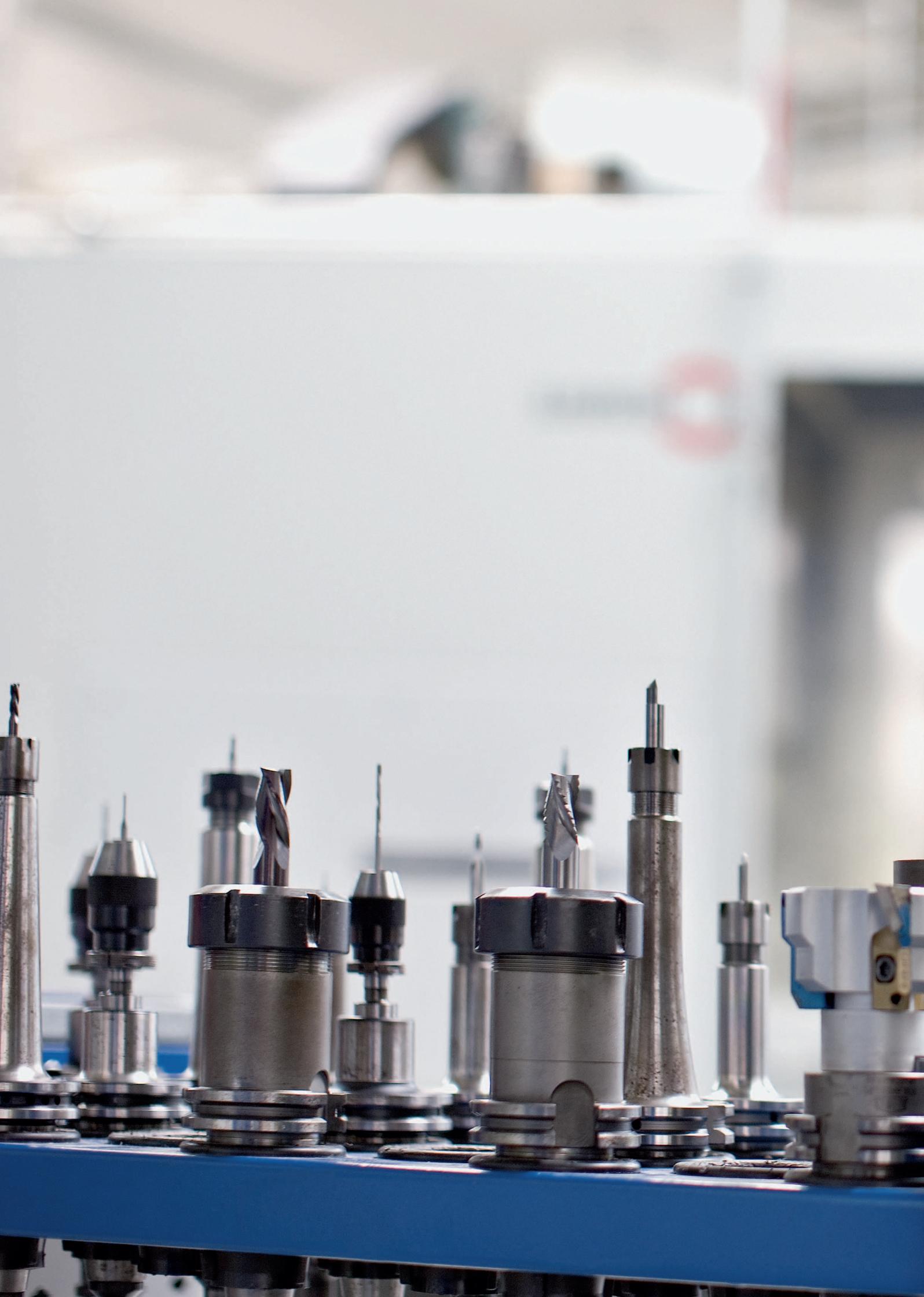


同様にグラフより、60℃の環境で、1万時間で1%の変形が発生するときの表面圧力は、2.5MPaと求められます。これは、実際に受ける表面圧力の4MPaよりも小さいので、1%以上の変形をしてしまうことになります。

このような場合、取り得る対策としては、機械の設置面積を最適化して、下敷きにかかる表面圧力を小さくする。あるいは、66ナイロンにガラス繊維を添加して強度を高めるか、より強度の高い別なプラスチックを選択するなどの方法があります。

ここで検証した計算は、いくつかの点で単純化したもので、プラスチックが環境要因によってどのような影響を受けるのかを例示したものです。より詳細なデータが利用できれば、正しいプラスチックの選択がもっと効率的になります。

多くの場合、広範なプラスチックの特性データは利用できません。しかし、既存のデータを用いて、科学的に補間または外挿することで推定値を求めることができます。



丸棒・板材の押出成形品の主要な二次加工方法は、切削加工です。高品質で、高い寸法精度のプラスチック部品・製品を製造するには、プラスチックの特性に合わせて最適な加工刃を選択し、加工条件が適切である必要があります。

熱可塑性プラスチックは互いに(あるいは異種材と)溶着(溶接)したり、接着させることが一般的にできます。しかし、表面に汚れがあると良好な接着は期待できません。したがって、切削加工後の洗浄プロセスも重要になります。

以下のページでは、切削加工、溶着(溶接)、接着を含む、様々なプラスチックの二次加工について、種類ごとのポイントと対処法について解説いたします。



二次加工

# プラスチックの加工

## 一般的留意事項\*

非強化熱可塑性プラスチックは、ハイス鋼で切削可能です。ガラス繊維や炭素繊維で強化されたプラスチックの切削加工には、超硬バイトをご使用ください。どちらの場合でも、常に刃先が鋭い状態の工具を使うようにしてください。プラスチックは熱伝導性が低いので、切削加工による発熱を放散させる必要があります。特に切りくずをしっかりと排出して放熱することが肝要です。

## 寸法精度

厳格な寸法精度が要求される製品・部品を切削加工するときは、内部応力が緩和された切削加工用素材のみを使用してください。さもなくば、切削加工による発熱で、素材の内部応力が緩和され、加工部品の変形を来してしまいます。特に切削加工による樹脂の除去量が多い形状の場合、粗加工から仕上げ加工の間に中間アニール処理を施すことを推奨します。中間アニール処理の条件(温度・時間)は、プラスチックの種類ごとに異なります(該当項目をご参照ください)。ナイロンのように、吸湿性の高いプラスチックは、予め吸水させてから加工するようにしてください。プラスチックは、金属と比較してより大きな寸法公差を必要とします。さらに、熱膨張が金属と比較して大きいことも十分考慮に入れておく必要があります。

## 切削加工法

### 1. 旋削加工(Turning)

旋削加工の主要諸元は次ページの表をご参照ください。

きれいな旋削面を得るには、図1に示したような幅広のバイトを用いてください。

丸棒を切断する場合、図2に示したような形状に加工したバイトを用いることで、バリを発生を防ぐことができます。

細い丸棒あるいは曲がりやすい(柔らかい)素材の場合は、図3に示したように、ナイフ状の形状に加工したバイトの使用を推奨します。

図1.  
幅広のバイト

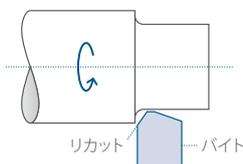


図2.  
バリの発生を防ぐ

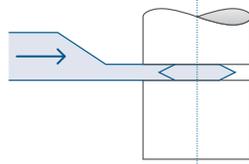
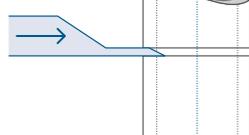
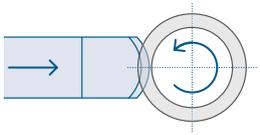


図3.  
柔らかい丸棒の切断



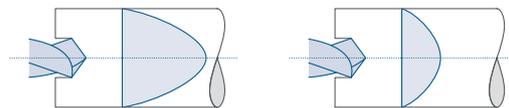
\*弊社は、口頭あるいは文書で加工に関するアドバイスを提供しています。このアドバイスは、拘束力のない推奨情報として提供するものであり、お客様の工業所有権を侵害することはありません。加工に際して発生する損害等についても一切の責任を負いません。

### 2. フライス加工(Milling)

平面を削る場合は、エンドミル加工よりも正面フライス加工の方が経済的です。外周切削と違い切削では、エンドミルの刃数を二つ以下にすることを推奨します。その理由は、刃数が増えることで振動が発生し、刃の間のギャップを大きくとる必要があるからです。最適な切削性能を求める場合や表面仕上げを施す際は、単刃の使用を推奨します。

### 3. 穴あけ(Drilling)

一般的にツイスト・ドリルが使用されます。その場合、切りくずの排出性を考慮して、12°~16°のツイスト角で、非常になめらかな螺旋刃のドリルの使用を推奨します。比較的大きな穴を空ける場合は、ホールソーの使用を推奨します。穴あけをする際は、常に先端が鋭利な状態のドリルを使用してください。なまぐらな刃を使用すると、加工面における圧縮歪みが増大し、素材割れを引き起こす原因となります(下図)。



なまぐらな刃を使用したときの歪みの状況 鋭利な刃を使用したときの歪みの状況

ガラス繊維、炭素繊維で強化された素材は、残留歪みが非強化グレードよりも大きく、加えて耐衝撃強度も低下するため、クラックが伝播しやすくなります。可能な限り、穴あけの前に120℃に予熱(10mmの厚み当たり約1時間)することを推奨します。同様に、ナイロンとPET・PBTについても予熱してから、穴あけをしてください。

### 4. 切断(Sawing)

鋸刃とプラスチックとの摩擦による発熱を抑えるようにしてください。例えば、肉厚のプラスチックを切断する際は、薄い鋸刃を使用してください。一般的に大歯で、鋭く研がれた鋸刃の使用を推奨します。

### 5. ねじ切り加工

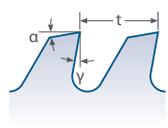
雄ネジ切り加工をする場合は、チユース加工が最適です。バリが発生しないようにするには、二本歯のチユースの使用を推奨します。ダイスを使用すると、後退するときにねじ山がもう一度切られて破損する恐れがあるため、ダイスの使用はお勧めできません。タップドリルを使用する場合は、公差を十分にとるようにしてください(プラスチックの種類と径による、目安:0.1mm)。

### 6. 安全上の注意

加工による局所的な加熱でプラスチックが分解することを避けるようにしてください。また、加工により発生した切削くずは、汙別装置などで分別して回収するようにしてください。特に、テフロンを含有した切削くずは必ず回収し、たばこの汚染に伴う、フッ素ポリマー熱の発生を避けるように管理してください。

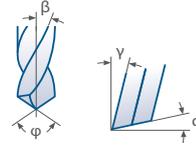
# 切削加工ガイドライン

## 鋸による切断(Sawing)



$\alpha$  逃げ角 [°]  
 $\gamma$  すくい角 [°]  
 $t$  ピッチ [mm]

## 穴あけ(Drilling)



$\alpha$  逃げ角 [°]  
 $\beta$  ねじり角 [°]  
 $\gamma$  すくい角 [°]  
 $\phi$  ドリル先端角 [°]

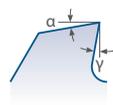
	逃げ角	すくい角	切削速度	ピッチ		刃数	ねじり角	すくい角	切削速度	送り速度
TECAFINE PE, PP	20-30	2-5	500	3-8		Z2	25	90	50-150	0.1-0.3
TECAFINE PMP	20-30	2-5	500	3-8		Z2	25	90	50-150	0.1-0.3
TECARAN ABS	15-30	0-5	300	2-8		Z2	25	90	50-200	0.2-0.3
TECANYL	15-30	5-8	300	3-8	●	Z2	25	90	50-100	0.2-0.3
TECAFORM AD, AH	20-30	0-5	500-800	2-5		Z2	25	90	50-150	0.1-0.3
TECAMID, TECARIM, TECAST	20-30	2-5	500	3-8	●	Z2	25	90	50-150	0.1-0.3
TECADUR/TECAPET	15-30	5-8	300	3-8	●	Z2	25	90	50-100	0.2-0.3
TECANAT	15-30	5-8	300	3-8	●	Z2	25	90	50-100	0.2-0.3
TECAFLON PTFE, PVDF	20-30	5-8	300	2-5		Z2	25	90	150-200	0.1-0.3
TECAPEI	15-30	0-4	500	2-5	●	Z2	25	90	20-80	0.1-0.3
TECASON S, P, E	15-30	0-4	500	2-5	●	Z2	25	90	20-80	0.1-0.3
TECATRON	15-30	0-5	500-800	3-5		Z2	25	90	50-200	0.1-0.3
TECAPEEK	15-30	0-5	500-800	3-5		Z2	25	90	50-200	0.1-0.3
TECATOR	15-30	0-3	800-900	10-14		Z2	25	90	80-100	0.02-0.1
TECASINT	5-10	0-3	800-900	3-4		Z2	25	120	80-100	0.02-0.1
繊維強化・フィラー配合グレード*	15-30	10-15	200-300	3-5	●	Z2	25	100	80-100	0.1-0.3

\* 配合繊維・フィラー:  
 ガラス繊維、ガラス・ビーズ、炭素繊維、  
 繊維、グラファイト、マイカ、タルクなど。

切断前の予熱を必要とするサイズ:  
 60mm 以上 TECAPEEK GF/PVX, TECATRON GF/PVX  
 80mm 以上 TECAMID 66 GF, TECAPEI, TECADUR PBT GF  
 100mm 以上 TECAMID 6 GF, 66, 66 MH

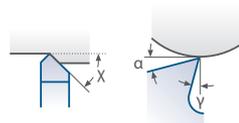
穴あけ前の予熱を必要とするサイズ:  
 60mm 以上 TECAPEEK GF/PVX, TECATRON GF/PVX  
 80mm 以上 TECAMID 66 MH, 66 GF, TECAPEI, TECADUR PBT GF  
 100mm 以上 TECAMID 6 GF, 66, TECAM 6 MO, TECANYL GF

## フライス加工(Milling)



$\alpha$  逃げ角 [°]  
 $\gamma$  すくい角 [°]  
 上向き削り  
 送りは歯ごとに0.5mm以内

## 旋削(Turning)



$\alpha$  逃げ角 [°]  
 $\gamma$  すくい角 [°]  
 $\chi$  切込み角 [°]  
 先端半径rは0.5mm以上

	刃数	切削速度	送り		逃げ角	すくい角	切込み角	切削速度	送り
TECAFINE PE, PP	Z1-Z2	250-500	0.1-0.45		6-10	0-5	45-60	250-500	0.1-0.5
TECAFINE PMP	Z1-Z2	250-500	0.1-0.45		6-10	0-5	45-60	250-500	0.1-0.5
TECARAN ABS	Z1-Z2	300-500	0.1-0.45		5-15	25-30	15	200-500	0.2-0.5
TECANYL	Z1-Z2	300	0.15-0.5	●	5-10	6-8	45-60	300	0.1-0.5
TECAFORM AD, AH	Z1-Z2	300	0.15-0.5		6-8	0-5	45-60	300-600	0.1-0.4
TECAMID, TECARIM, TECAST	Z1-Z2	250-500	0.1-0.45		6-10	0-5	45-60	250-500	0.1-0.5
TECADUR/TECAPET	Z1-Z2	300	0.15-0.5		5-10	0-5	45-60	300-400	0.2-0.4
TECANAT	Z1-Z2	300	0.15-0.4	●	5-10	6-8	45-60	300	0.1-0.5
TECAFLON PTFE, PVDF	Z1-Z2	150-500	0.1-0.45		5-10	5-8	10	150-500	0.1-0.3
TECAPEI	Z1-Z2	250-500	0.1-0.45	●	10	0	45-60	350-400	0.1-0.3
TECASON S, P, E	Z1-Z2	250-500	0.1-0.45	●	6	0	45-60	350-400	0.1-0.3
TECATRON	Z1-Z2	250-500	0.1-0.45		6	0-5	45-60	250-500	0.1-0.5
TECAPEEK	Z1-Z2	250-500	0.1-0.45		6-8	0-5	45-60	250-500	0.1-0.5
TECATOR	Z1-Z2	60-100	0.05-0.35		6-8	0-5	7-10	100-120	0.05-0.08
TECASINT	Z1-Z2	90-100	0.05-0.35		2-5	0-5	7-10	100-120	0.05-0.08
繊維強化・フィラー配合グレード*	Z1-Z2	80-450	0.05-0.4		6-8	2-8	45-60	150-200	0.1-0.5

\* 配合繊維・フィラー:  
 ガラス繊維、ガラス・ビーズ、炭素繊維、  
 繊維、グラファイト、マイカ、タルクなど。

- 加工母材を120°Cに予熱
- 切削油(クーラント)の選択に注意:  
 ストレスクラック(応力亀裂)が入りやすい。

さらに詳細な情報が必要な場合は  
 「機械加工ガイドライン」のブックレット  
 をエンズインガー日本のホームページ  
 より、ご請求ください。  
<http://www.ensinger.jp/download/registration.html>

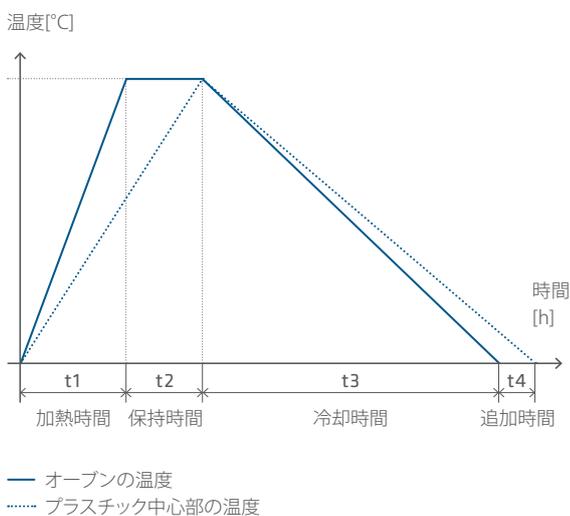
# アニール処理

## アニール処理とは

アニール処理とは、プラスチック素材、成形品または切削加工品の残留応力を緩和するために熱処理する工程のことです。

材料別に最適な温度にゆっくり均等に加熱して、素材・部品の最も肉厚な部分の厚みに応じて、一定時間その温度を保ち、すみずみまで熱を行き渡らせます。そして、ゆっくりと均等に、室温あるいは40℃にまで冷却します。

## 典型的なアニール処理サイクル



上のグラフに見られるように、プラスチックは熱伝導率の低い素材であるため、中心部にまで熱が到達するまでの時間差が存在します。したがって、肉厚に応じた保持時間の選定が大切になります。

## 残留応力を緩和するためのアニール処理

弊社の切削加工用プラスチック素材は、押出成形の後には必ずアニール処理を行っています。このアニール処理により、押出成形時の内部応力を緩和しています。弊社では、特別な循環式エアオープンを用いてアニール処理を施しています。空気中の酸素による劣化を受けやすい一部の製品については、窒素気流下やオイルバスによるアニール処理を行います。

アニール処理により、結晶化度が上昇します。さらに、強度や耐薬品性が向上します。また、上記のように残留応力が緩和されることで、幅広い温度環境における寸法安定性が向上します。お客様に納品している製品は、アニール処理済みの製品です。弊社の製品は、切削加工の途中と切削加工後とで寸法が出しやすく、寸法変化が少なく、安定しています。また、切削加工性も良好です。

## アニール処理の利点:

- 押出成形あるいは加工工程で生じた残留応力は、アニール処理によってかなりの部分を減少させることができます。
- プラスチックの結晶化度が向上し、機械特性値が向上します。
- プラスチック素材内に結晶構造を均等に形成します
- 耐薬品性が向上することがあります
- 加工の途中や前後でのソリや寸法の変動が小さくなります
- 加工後の永続的な寸法安定性が向上します

製品名	プラスチック 略称	昇温条件①	保持時間①	昇温条件②	保持時間②	冷却条件
TECASINT	PI	室温→160°C/2h	2h	160→280°C/6h	10 h	280→40°C、-20°C/h
TECAPEEK	PEEK	室温→120°C/3h	1.5h/cm	120→220°C/4h	1.5 h/cm	220→40°C、-20°C/h
TECATRON	PPS	室温→120°C/3h	1.5h/cm	120→220°C/4h	1.5 h/cm	220→40°C、-20°C/h
TECASON E	PES	室温→100°C/3h	1h/cm	100→200°C/4h	1 h/cm	200→40°C、-20°C/h
TECASON P	PPSU	室温→100°C/3h	1h/cm	100→200°C/4h	1 h/cm	200→40°C、-20°C/h
TECASON S	PSU	室温→100°C/3h	1h/cm	100→165°C/3h	1 h/cm	165→40°C、-20°C/h
TECAFLON PVDF	PVDF	室温→90°C/3h	1h/cm	90→150°C/3h	1 h/cm	150→40°C、-20°C/h
TECANAT	PC	室温→80°C/3h	1h/cm	80→130°C/3h	1 h/cm	130→40°C、-20°C/h
TECAPET	PET	室温→100°C/3h	1h/cm	100→180°C/4h	1 h/cm	180→40°C、-20°C/h
TECADUR PBT GF30	PBT	室温→100°C/3h	1h/cm	100→180°C/4h	1 h/cm	180→40°C、-20°C/h
TECAMID 6	PA 6	室温→90°C/3h	1h/cm	90→160°C/3h	1 h/cm	160→40°C、-20°C/h
TECAMID 66	PA 66	室温→100°C/3h	1h/cm	100→180°C/3h	1 h/cm	180→40°C、-20°C/h
TECAFORM AH	POM-C	室温→90°C/3h	1h/cm	90→155°C/3h	1 h/cm	155→40°C、-20°C/h
TECAFORM AD	POM-H	室温→90°C/3h	1h/cm	90→160°C/3h	1 h/cm	160→40°C、-20°C/h

---

## 中間アニール処理

寸法要件の厳しいプラスチック部品・製品は、加工中に中間アニール処理を行うと良好な加工結果が得られやすくなります。特に以下のケースでは、中間アニール処理を推奨します。

- 精密な寸法公差が求められるとき
- ソリやすい形状(非対称、断面のくびれ、ポケットまたは切り込み溝)に仕上げる必要があるとき
- ガラス繊維・炭素繊維、充填剤が添加されたプラスチックを加工するとき(繊維や添加剤の配向によりソリやすくなります)
  - ↳ 切削加工により、添加剤の配向に起因する残留応力が解放される可能性がある
- 十分に研磨していない後部または不適切な工具の使用
  - ↳ 内部応力が増大する要因
- 加工品への過剰な加熱 – 原因は不適切な切削速度と送り量
- 厚み方向や左右方向に対して比均等な加工や、片面加工のように切削量が多くなる場合

中間アニール処理は、残留応力を減らし、ソリのリスクを低減します。中間アニール処理を実行する場合には、次の措置により、必要な寸法と許容誤差を守ることが大切です。

- アニールに伴う結晶化などで収縮することを見積り、「仕上げしろ」を残して、粗加工と中間アニール処理を行うこと
- 最終的な寸法の追い込みは、アニール処理後に行うこと
- 中間アニール処理中は、加工品を十分に固定(保持)して行うこと
  - ↳ 自由に動く状態だとアニール中に動いてソリが発生してしまう

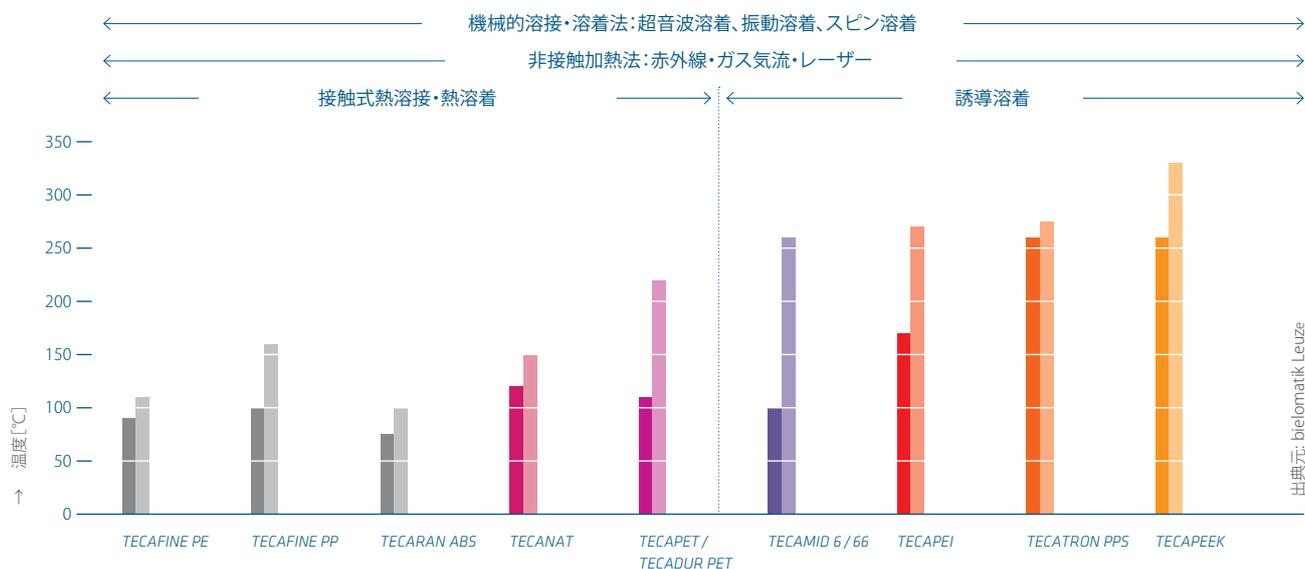
さらに詳細な情報が必要な場合は  
「機械加工ガイドライン」のブックレット  
をエンズインガー・ジャパンのホームページ  
より、ご請求ください。  
<http://www.ensinger.jp/download/registration.html>

## 溶接・溶着

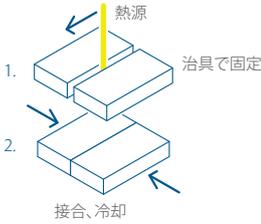
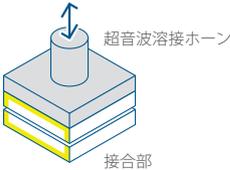
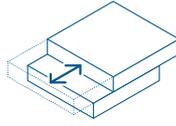
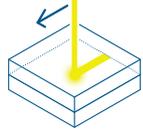
二つの熱可塑性プラスチック同士を接合するプラスチック溶接・溶着は一般的な方法ですが、高度に発達した接合技術です。溶接・溶着方法は非接触タイプと接触タイプの二つに大別でき、非接触タイプとしては加熱素子、超音波、レーザー、赤外線、ガス対流溶接の方法があり、接触タイプでは摩擦、振動溶着による方法があります。接合強度は選択する溶接・溶着方法で決まります。したがって設計段階から溶接・溶着方法を考慮し、最適な接合強度を見積もる必要があります。スーパーエンプラなどの耐熱性の高いプラスチックの場合、溶接・溶着のためにプラスチックを溶融させるエネルギーを多く必要とすることに留意してください。なお、製品形状、大きさ、プラスチックの種類により、プラスチックの溶接・溶着の条件が異なります。一般的なプラスチックの溶接・溶着方法を以下に挙げます。

- 熱溶接/熱溶着
- 赤外線溶接/溶着
- ガス気流溶接/溶着
- 振動溶着
- レーザー溶接/溶着
- 超音波溶着
- 誘導溶着
- 高周波溶接/溶着
- スピン溶着

### プラスチックの種類と最適な溶接・溶着方法



各種溶接・溶着法

方法	熱溶接/溶着 ガス気流溶接/溶着	超音波溶着	振動溶着	レーザー溶接/溶着
	 <p>1. 熱源 治具で固定 2. 接合、冷却</p>	 <p>超音波溶接ホーン 接合部</p>		
原理	熱源、あるいは加熱ガスを当てて接合表面のプラスチックを溶融させてから、圧力をかけて二つを接合させる。	超音波を照射して接合部で生じる振動による摩擦熱で加熱し、接合させる。	接合部に圧力を加えながら、振幅の大きい横振動を加えて、摩擦熱で加熱して接合させる。	レーザービームを照射して、接合部を加熱して接合させる。
処理時間	20～40秒	0.1～2秒	0.2～10秒	
利点	高い接合強度 低コスト	短時間で接合 プロセスの自動化が容易	大きい部分の接合に適する 酸化劣化しやすいプラスチックに好適	高い接合強度 高い精度 継ぎ目の少ない溶接

熱伝導	照射		気流		摩擦	
熱溶着	熱溶着	レーザー溶接	ガス気流溶接	Extrusion welding	内部摩擦	外部摩擦
金属発熱体を挿入した誘電溶接	赤外線溶接/溶着		高温ガスリベット		高周波溶接	スピン溶着
金属発熱体を挿入した溶接					超音波溶着	振動溶着

# 接着

接着は、プラスチックが永久的に同材同士、あるいは他の素材と結合させるのに非常に効率的な接合方法です。接着による化学的な結合は、他の接合方法と比較して以下の特徴があります。

- 接合応力が均等に分布している
- 素材の損傷がほとんど無い
- 接合によるソリが発生しない
- 異なる素材間の接合が可能
- 同時にシール材としての機能が期待できる
- 部品点数の削減につなげることが出来る

接着を左右する要因には、

- 被接着材の特性
- 接着剤の特性
- 接着剤層の厚み
- 接着表面(前処理を含む)
- 接着接合部の3次元形状
- 用途と接合部にかかる負荷の条件を挙げることができます。

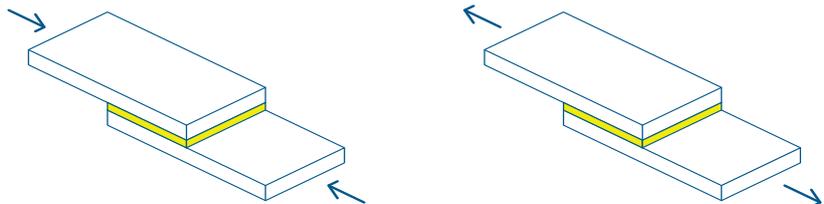
接着強度を高めるには、被接着面のプラスチックの表面活性を高める前処理をします。

- 被接着材の表面を洗浄したり、脱脂したりする
- アンカー効果を最大化するために、接着表面をサンドペーパーやサンド・ブラスト処理により荒らす
- 炎、プラズマ、コロナ放電処理により、プラスチックの表面を化学修飾して活性度を高める
- エッチング処理により接着面を化学的に活性化させる
- プライマーを使用する

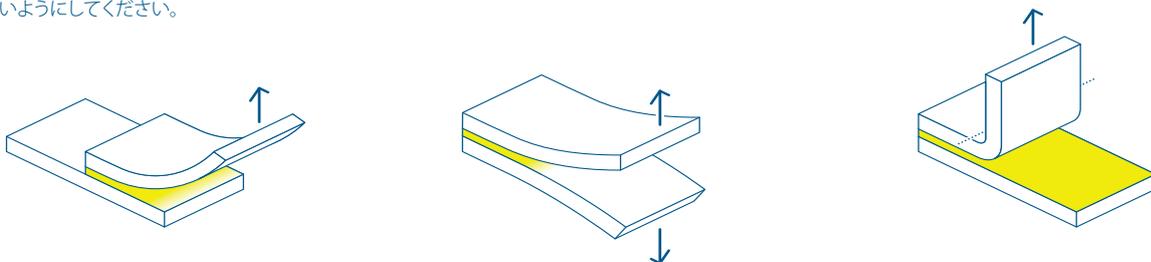
プラスチックの接着部位には、継続的に応力がかかるとか、応力が集中することがないようにしてください。接着部位に圧縮・引張・せん断の応力がかかることは許容できますが、曲げ・引き裂き・剥離の応力がかかることは避ける様にしてください。

可能な限り設計の段階で、接着部位にかかる応力が接着強度の範囲内であるように調整するようにしてください。

プラスチックの接着部位には、継続的な応力負荷がかからないようにしてください。圧縮・引張・せん断の応力には比較的に対応可能です。



一方で、曲げ、引き裂き、剥離の応力がかからないようにしてください。



PEEK樹脂の接着

素材/前処理	DeLo基準5 に基づく 圧縮強度	接着強度	Summary
<b>PEEK/PEEK</b> Delothen EPで洗浄	10 MPa	○	PEEK/PEEK接着 接着剤DELOMONOPOXと良好な強度で 接着する。
<b>PEEK/PEEK</b> 大気圧下プラズマ処理	23 MPa	◎	プラズマ処理をしたり、サンド・ブラスト 処理をしたりすることで接着強度が増強 される。
<b>PEEK/PEEK</b> サンド・ブラスト処理	25 MPa	◎	
<b>PEEK/アルミニウム</b> Delothen EPで洗浄	4 MPa	▼	PEEK樹脂とアルミニウムの接着 前処理をしないと、DELOMONOPOX接着 剤との接着強度は低くなる。
<b>PEEK/アルミニウム</b> PEEK材を大気圧下プラズマ処理	21 MPa	◎	しかし、プラズマ処理やサンドブラスト処 理をPEEK材に対して行うと良好な接着強 度を得ることができる。
<b>PEEK/アルミニウム</b> PEEK材をサンド・ブラスト処理	22 MPa	◎	
<b>PEEK/スチール</b> PEEK材をDelothen EPで洗浄	3.5 MPa	▼	PEEK樹脂とスチールの接着 前処理をしないと、DELOMONOPOX接着 剤との接着強度は低くなる。
<b>PEEK/スチール</b> PEEK材をサンド・ブラスト処理	21 MPa	◎	サンドブラスト処理をPEEK材に対して行 うと良好な接着強度を得ることができる。

◎ 優れた接着強度 ○ 良好な強度 ▼ 低い強度

原典: DELO Industrielebstoffe

各種プラスチックにおける一般的な推奨接着剤

エンジンガー 製品名	ポリマー 略号	溶剤 接着	エポキシ系	ポリウレタン系	シアノアクリレート系
TECAFINE PE	PE		○	○	
TECAFINE PP	PP		○	○	
TECAFORM AD	POM-H	○		○	
TECAFORM AH	POM-C	○		○	
TECAMID 66	PA 66	○	○	○	○
TECAMID 6	PA 6	○	○	○	○
TECADUR PBT	PBT		○	○	○
TECAPET	PET		○	○	○
TECANAT	PC	○	○	○	○
TECAFLON PVDF	PVDF	○	○		○
TECASON S	PSU	○	○	○	○
TECASON P	PPSU	○	○	○	○
TECASON E	PES		○	○	○
TECATRON	PPS		○	○	○
TECAPEEK	PEEK		○	○	○
TECASINT	PI		○	○	○

○ 好適な接着剤

接着剤による接着が困難な樹脂

PTFE(TECAFLON PTFE)、PVDF(TECAFLON PVDF)、ポリアセタール樹脂(TECAFORM AH/AD)

ポリエチレン(TECAFINE PE)、ポリプロピレン(TECAFINE PP/TECAPRO MT)

# 洗浄処理

DIN 8592の定義によれば、洗浄処理とは化学処理プロセスであり、切削油などの残留物を除去する目的で製造プロセスに組み込まれるものです。

## 洗浄処理の4要素

### 化学的要素

- ・洗浄方法
- ・洗浄剤のタイプ
- ・洗浄剤の濃度

### 物理的・機械的要素

- ・超音波
- ・液体を吹き付ける・流す方法
- ・スプレー
- ・ブラスト処理
- ・幾何学調節

### 温度要素

- ・洗浄温度
- ・リンス(すすぎ)処理温度
- ・乾燥温度

### 時間要素

- ・洗浄処理時間
- ・リンス(すすぎ)処理時間
- ・乾燥時間

汚れの種類に応じて、洗浄を必要とする領域が十分な清浄度を達成できるように、洗浄方法・条件を設定する必要があります。すべての洗浄に関連するプロセスは、特に処理条件(材料、形状、除去対象物質)と品質条件(要求される清浄度)について、マニュアルとして明文化しておくことをおすすめします。

洗浄プロセスは以下の影響を受けます。

- 不純物の混入  
(フィルム、粉塵、コーティング、細菌類)
- 製品形状  
(粗原料、単一部品、へこみやくぼみ、機能性表面)
- プラスチックの種類
- 要求レベル  
(粗洗浄、洗浄、精密洗浄、超精密洗浄)

プラスチックの洗浄に特に有効な洗浄方法を以下に説明します。

## 湿式 化学的洗浄法

- プラスチックのみならず、複数の素材からなる製品や複雑形状の製品にも有効
- 大半のプラスチックに適用可能
- こすり傷や摩耗などの心配が要らない
- ナイロンのように吸湿する素材は、寸法変化を生じる可能性があるため、注意が必要
- ポリカーボネート(PC)、ポリサルフォン類(PSU、PPSU)など非晶性樹脂はストレスクラックが発生することがあるため注意が必要。

## 機械的洗浄法

- 基本的に粗洗浄のための方法(ブラシをかける、拭き取る、など)
- 柔らかいプラスチックの場合は表面にひっかき傷(スクラッチ)が生じる可能性がある

## ドライアイス洗浄法

- 非常に有効。プラスチックへのダメージや影響が少ない
- この洗浄法は乾式であり、摩耗を生じないうえ、プラスチック自体が過度に冷却されない
- 柔らかいプラスチックやナイロンのように吸湿するプラスチックには特に優れた方法

## プラズマ洗浄法

- 複数の素材からなる製品や複雑形状の製品に有効
- 洗浄と同時にプラスチックの表面を化学的に活性化させる効果が得られる
- 製品表面が摩耗しない
- 乾式であり、吸湿の心配が要らない

---

## 医療や食品分野での洗浄について

### 課題・問題点

- 製品表面の残留汚れの上限について明確な定義が存在しないことがあります
- 清浄度のレベルが定義されていないことがあります
- 個々の生産者は、許容できる汚れの上限を独自に決める必要があります
- FDA、ヨーロッパでの規制、日本の食品衛生法などは、製品から食品への化学物質の移行について定義をしているが、汚れの程度については触れていません

### 解決策

- 許容できる汚れの上限値をマニュアルで定義する
- 洗浄処理のブランク値(対象値)をもとめる
- エンジンガー製の切削加工用プラスチック素材は
  - ↳ 医療用グレードについては、生体適合性試験を実施しています。さらに、生体組織と接触する用途に用いる場合の適合性を示す品質証明書を発行します。
  - ↳ 食品に接触する用途に用いるグレードは、ヨーロッパの規制に基づく物質の移行試験を行っています(要:事前相談)。
  - ↳ 研削する際は、食品の規制に準拠した切削油を用います。
  - ↳ エンジンガーは、食品分野のGMP規制に準拠して生産しています。

---

## まとめ

- お客様は、技術的な清浄度の定義を定める必要があります
- 技術的な洗浄度のみ測定が可能であり、すべての加工と洗浄プロセスが完了した後の検査に用いることが出来ます
- エンジンガー製の切削加工用プラスチック素材は、代表的な清浄度をクリアしています
  - ↳ 清浄度条件に準拠して生産
  - ↳ 特別な冷却潤滑剤を使用
  - ↳ 医療用グレードには細胞毒性試験を実施
  - ↳ 食品用途では、化学物質の移行テストを実施

ほかに質問はございませんか？

お客様の問題解決に全力でサポートします。  
お気軽に以下まで、ご連絡ください。  
marketing@ensinger.jp  
電話：03-5878-1903

## 製品のお取り扱い注意事項

エンジン製プラスチックは、食品業界や医療技術、並びに機械及び自動車、半導体製造技術、また航空宇宙産業の領域といった、広い範囲で高品質な部品や最終製品の原料としてご使用いただいています。このような用途に使用いただく際に、弊社の切削加工用プラスチック素材の品質と機能性を高いレベルに保つためには、プラスチック素材の保管環境について十分な配慮をする必要があります。また、保管期間が長くなれば、さらなる配慮が必要となります。

以下にご紹介する予防措置をとることで、外部環境による大幅な材料特性の低下を防ぐことができます。完成部品の場合は、保管条件と期間により製品の状態が顕著に異なることを把握するためにも、それぞれの加工会社とエンドユーザーは、個々の保管履歴確認書を取り交わすことを推奨します。

1. 貯蔵及び取扱いは、材料名称および製品番号(バッチ番号)が素材の表面などで明確に識別でき、維持できる方法で行うようにして下さい。材料名称と製品番号が識別できない場合、トレーサビリティを確保することが出来ません。トレーサビリティを確保することにより、品質異常の際の根本的な原因の究明が可能となります。
2. 光・熱・雨水・風などの天候は、プラスチックの特性に影響を及ぼします。日光(紫外線)、大気中の酸素そして水分(降水量、湿度)の影響により、プラスチック材料特性が確実に低下します。具体的には、色が変化したり、表面が酸化したり、腫れや反りを生じたり、脆化あるいは機械特性の低下をもたらします。よって、プラスチック素材を長期間にわたって直射日光や風雨に曝さないでください。可能な限り、プラスチック素材は通常の気候環境(23℃、湿度50%)の密閉された暗所に保管するようにして下さい。

以下のプラスチック素材は、耐候性が劣ります。保管に関しては、日光・湿気に曝さないようにして下さい。

- TECAPEEK (PEEK)\*
- TECATRON (PPS)\*
- TECASON P (PPSU)\*
- TECASON S (PSU)\*
- TECASON E (PE)\*
- TECAFORM AH, AD (POM-C, POM-H)\*\*
- TECAPET (PET)\*\*
- TECAMID 6, 66, 11, 12, 46 (PA 6, 66, 11, 12, 46)\*\*
- TECAST (PA 6 C)\*\*
- TECAFINE (PE, PP)\*\*
- TECARAN ABS (ABS)\*

\* すべての色の製品について、注意が必要です

\*\* 黒い着色品以外について、注意が必要です。

3. プラスチック素材を長期間、低温に曝すことのないようにして下さい。特に急激な温度変化を避けて下さい。急激な温度変化により、ソリを生じたり、脆化するなどの問題を引き起こします。特に結晶性のプラスチックは注意が必要です。激しく叩いたり、プラスチック製品を投げたり、落下させたりすることも、避けるようにして下さい。クラックや破損の原因となります。低温環境で保管されたプラスチック素材は、加工する前に長い時間をかけてゆっくりと室温に戻して下さい。プラスチックは熱伝導性が低いので、中心まで室温に戻るのに時間がかかります。冷えたままの状態加工をすると、急激な温度変化によるクラックの発生原因となります。さらに、プラスチックは熱膨張率が高いので、熱膨張による寸法変化を補正するためにも、確実に室温に戻すようにして下さい。高い寸法精度が要求される製品や仕掛品を保管するには、室温23℃、湿度50%の一定の環境下で保管することを推奨しています。外部からの影響を最小化することにより、寸法安定性を長い期間にわたって維持できます。保管期限などの最長保管期間を定めることは出来ません。プラスチックの種類、保管条件、そして外部からの影響に大きく依存するためです。

4. 切削加工用のプラスチック素材(丸棒・板材・チューブ)は、なるべく常に平らな状態で保管してください。棒状の支持体の上に並べて保管する場合は、プラスチック素材の自重や夏の暑さによる変形を避けるため、できる限り大きな接触面を確保するようにしてください。
5. 適切な倉庫設備を使用して、切削加工用のプラスチック素材を保管してください。例えば、貯蔵棚などの施設、フォークリフトなどの昇降設備の動作が安定していて、安全であることも確認してください。プラスチック素材が滑り落ちるなどの危険を排除するために、積み重ねた上で束ねるなどの安全策を講じてください。基本的に、プラスチックは、摩擦係数が比較的低いため、少しの力で滑ることがあります。とくに、保管棚から積み下ろす際に、滑り落ちて周囲の作業者がけがをすることがないように、安全に留意してください。
6. ガンマ線やX線などの高エネルギー放射線の影響を受けない場所に保管するようにしてください。これらの影響により、プラスチックのポリマー分子が損傷し、特性の低下を引き起こしてしまいます。
7. 化学薬品による影響と吸湿を避けるために、プラスチック素材は、すべての化学薬品や水から隔離して保管するようにしてください。化学薬品または水と接触すると膨潤したり、化学的な分解反応を生じたり、またはストレス・クラックの原因となることがあります。
8. プラスチックは有機化合物であるため、熱がかかると燃えてしまいます。プラスチックの種類によっては、燃焼ガスや分解生成物に毒性や腐食性を有するものがあります。プラスチック自体に発火性はないので、正しく保存する限り、プラスチック自体が火災の危険をもたらすことはありません。ただし、他の可燃物と一緒に保管することは避けるようにしてください。  
燃焼性や燃焼時の危険性については、個別のMSDSをご参照ください。
9. 通常、プラスチック素材または製品の表面から有害成分が放出されることはなく、表面に危険を及ぼすものは存在しません。  
プラスチック素材の取り扱いや加工の際には、フッ素樹脂を含むプラスチックがタバコなどに付着しないように特に注意してください。フッ素樹脂がタバコに付着し、加熱されると、強力な有毒ガスを放出することがあり、フッ素ポリマー熱の原因となります。MSDSを確認ください。
10. 上記の推奨条件を守りプラスチック素材・製品を保管すれば、貯蔵期間中にプラスチックの特性に及ぼす有意な変化が生じることはほとんどありません。  
それでも、プラスチック表面に若干の変色をきたすことがあります。変色の原因は、環境の影響によるものですが、深さ数ミクロンの表面層が変色しているだけで、材料特性に影響ありません。
11. 切削断片や削りくず等の廃プラスチックは、リサイクル専門業者でリサイクルや廃棄処理をすることができます。また、切削油にまみれた廃プラスチックのように、汚染されている場合は、環境負荷に配慮した専門の焼却処理プラントに依頼することも可能です。

これらの推奨事項は、個々の要件や状況に応じて調整する必要があります。

なお、上記の推奨事項は、プラスチック素材・製品に適用される法的規制(例えば消防法など)を置き換えるものではなく、お客様が弊社製品をご使用いただく上での責任や注意義務を免除するものではありません。これらの推奨事項は現在の知識に基づいて策定したものであり、一般的に適用可能な保証をするものではありません。

# 特性データ

製品		TECARAN ABS グレー	TECANYL MT 着色	TECANYL GF30	TECANYL 731 グレー	TECAFINE PMP	TECAPRO MT	TECAFORM AH ナチュラルル	TECAFORM AH 黒色	TECAFORM AH GF25	TECAFORM AH ELS 黒色
ポリマー略号		ABS	PPE	PPE	PPE	PMP	PP	POM-C	POM-C	POM-C	POM-C
添加剤				ガラス繊維			熱安定剤			ガラス繊維	導電性カーボンブラック
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.04	1.04 - 1.10	1.3	1.1	0.83	0.93	1.41	1.41	1.59	1.41
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	1,700	2,400	4,100	2,400	1,000	2,000	2,800	2,800	4,200	1,800
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	32	65	73	57	26	34	67	67	51	42
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	32	67	73	57	26	34	67	67	51	42
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	3	4	5	15	6	5	9	9	9	11
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	49	8	5	22	67	67	32	32	12	11
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	1,600	2,400	3,900	2,500	800	1,800	2,600	2,600	4,100	1,500
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	49	95	116	85	31	54	91	91	88	56
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	1,400	2,100	3,300	2,100	1,000	1,600	2,300	2,300	3,600	1,500
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	15/26	17/30	23/41	18/33	11/19	16/26	20/35	20/35	23/39	16/25
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	n.b.	70	37	69	17	140	n.b.	150	36	74
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	34						8	6		
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]	74	140	205	146	58	100	165	165	180	96
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	104	174	150	145		-10	-60	-60	-60	-60
融点 (DIN 53765)	[°C]		n.a.	n.a.	n.a.		165	166	166	170	169
短期使用温度	[°C]	100	110	110	110	170	140	140	140	140	140
長期使用温度	[°C]	75	95	85	85	120	100	100	100	100	100
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]		8	4	8		13	13	13	8	13
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]		8	4	8		14	14	14	8	14
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]		1.3	1.2	1.3			1.4	1.4	1.2	1.3
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]		0.21	0.28	0.21			0.39	0.39	0.47	0.46
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]		10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>		10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>4</sup>
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0.07/0.2	0.02/0.04	0.01/0.02	0.02/0.04	<0.01/<0.01	0.01/0.02	0.05/0.1	0.05/0.1	0.07/0.2	0.05/0.2
耐熱水性 / 耐アルカリ性		-	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
耐候性		-	-	-	-	-	-	-	(+)	-	(+)
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB

押出成形素材から切削加工した試験片で測定しています。吸湿による影響を避けるために、加工後すぐに測定しています(環境はドイツの標準的な気候条件)。特に、ナイロン製hnは吸湿による影響を強く受けます。



DIN EN ISO 527-2に準拠した試験片に加工しています。

+ 良好な耐性を示す  
 (+) 条件によっては耐性を示す(注意)  
 - 耐性不十分(濃度、時間、温度に依存する)  
 n.b. not broken 破壊せず  
 n.a. not applicable 融点は存在しない

(a) ガラス転移点はDIN EN ISO 11357に準拠して測定  
 (b) ISO 8302に準拠して熱伝導率を測定  
 (c) ASTM E1530に準拠して熱伝導率を測定  
 (d) ASTM D 257に準拠して表面電気抵抗を測定

製品		TECAFORM AH SD	TECAFORM AH ID グレー	TECAFORM AH LA 青色	TECAFORM AH SAN	TECAFORM AH MT 着色	TECAFORM AD	TECAFORM AD 黒色	TECAFORM AD AF	TECAST T	TECAST TM
ポリマー略号		POM-C	POM-C	POM-C	POM-C	POM-C	POM-H	POM-H	POM-H	PA 6 C	PA 6 C
添加剤		帯電防止剤	金探検出可能ファイバー	固形潤滑剤	抗菌剤				PTFE		二硫化モリブデン
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.35	1.49	1.36	1.41	1.41	1.43	1.43	1.49	1.15	1.15
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	1,300	3,200	2,100	2,900	2,800	3,400	3,600	3,000	3,500	3,200
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	39	68	48	67	69	79	80	53	83	82
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	39	68	48	69	70	79	80	53	80	80
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	23	8	9	7	15	37	32	8	4	4
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	23	10	9	18	30	45	43	8	55	55
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	1,200	3,100	2,000	2,800	2,800	3,600	3,600	3,000	3,200	3,000
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	46	100	70	93	94	106	106	85	109	102
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	1,100	2,400	1,800	2,200	2,200	2,700	2,800	2,400	2,900	2,800
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	12/19	17/31	16/27	18/31	18/32	19/33	22/38	19/33	19/36	22/38
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	n.b.	59	27	102	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	9	11			9	15	14	25	4	4
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]	74	174	120	163	158	185	185	166	170	170
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	-60	40	43
融点 (DIN 53765)	[°C]	165	169	166	166	169	182	182	179	215	217
短期使用温度	[°C]	140	140	140	140	140	150	150	150	170	170
長期使用温度	[°C]	100	100	100	100	100	110	110	110	100	100
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	16	13	13	13	13	12	11	12	12	11
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	17	14	14	14	14	13	11	13	12	11
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]	1.6	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.7	1.6
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]	0.30	0.39	0.39	0.39	0.39	0.43	0.43	0.46	0.38	0.33
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 <sup>11</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>		10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0.9/1.8	0.05/0.1	0.05/0.1	0.05/0.1	0.05/0.1	0.05/0.1	0.05/0.1	0.05/0.1	0.2/0.4	0.2/0.5
耐熱水性 / 耐アルカリ性		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-	-	-	(+)	(+)
耐候性		-	-	-	-	-	-	-	-	-	(+)
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB

上表のそれぞれの値は、最小値あるいは最大値を示すものではなく、あくまで素材を選択する際のグレード間の特性を比較する目的のためのものです。これらの特性値は、統計的な広がり範囲内のものであり、保証値ではありません。したがって、これらの値を品質規格とすることはできません。特に断りのない限り、上記の値は押出成形・キャスト成形・圧縮成形のいずれかの方法により成形された成形品を切削加工することにより作成した試験片を用いて、測定した値です(ヨーロッパ規格のDIN EN 15860に定められている。直

径40~60mmの丸棒からサンプリングすることを標準にしています)。

機械特性値は、切削加工用プラスチックの形状(形と厚み)、添加剤の配向方向(特にガラス繊維や炭素繊維による強化グレード)の影響を強く受けます。押出成形による成形品から切削加工した試験片の特性値と射出成形による試験片の特性値(射出成形による配向の影響を強く受ける)とを直接比較することはできません。

上記の理由から、実際にお客様がご使用になる条件で角特性値の測定・確認を実施することを推奨いたします。

上記データシートの値は、定期的に更新しています。最新の値は、エンズィンガー本社ホームページ [www.ensinger-online.com](http://www.ensinger-online.com) にて公開しています。

# 特性データ

製品		TECAST L 黒色		TECAGLIDE 緑色		TECAMID 6		TECAMID 6 GF25 黒色		TECAMID 66	
ポリマー略号		PA 6 C	PA 6 C	PA 6 C	PA 6 C	PA 6 C	PA 6	PA 6	PA 6	PA 66	
添加剤			潤滑剤		固形潤滑剤				ガラス繊維		
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.13	1.14	1.14	1.13	1.11	1.14	1.14	1.33	1.36	1.15
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	2,900	3,100	3,100	3,200	2,200	3,300	3,300	5,100	5,700	3,500
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	69	70	70	76	53	79	84	96	98	85
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	66	68	68	76	53	78	82	96	98	84
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	8	4	4	14	13	4	5	9	4	7
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	50	50	50	18	58	130	37	11	5	70
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	2,900	2,900	2,900	3,100	2,200	2,900	3,100	4,900	5,200	3,100
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	95	95	95	103	73	100	110	143	140	110
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	2,700	2,700	2,700	2,500	2,100	2,700	2,900	3,900	4,200	2,700
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	19/35	21/37	21/37	18/34	14/26	24/41	17/32	21/42	21/42	20/35
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	78	60	n.b.
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	5	5	6	4	16	7	5			5
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]	150	150	150	159	95	155	160	230	232	175
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	48	42	42	45	53	45	51	49	49	47
融点 (DIN 53765)	[°C]	218	216	216	218	216	221	220	217	218	258
短期使用温度	[°C]	170	170	170	130	160	160	160	180	180	170
長期使用温度	[°C]	100	100	100	100	95	100	100	100	100	100
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	13	13	13	11	13	12	8	7	6	11
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	13	13	13	12	13	13	8	8	6	12
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.4	1.3	1.5
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]	0.37	0.37	0.37	0.38	0.32	0.37	0.37	0.40	0.41	0.36
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup>
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0.2/0.4	0.2/0.4	0.2/0.4	0.2/0.3	0.6/1.2	0.3/0.6	0.3/0.6	0.2/0.3	0.2/0.3	0.2/0.4
耐熱水性 / 耐アルカリ性		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
耐候性		-	(+)	-	-	-	-	(+)	(+)	(+)	-
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB

押出成形素材から切削加工した試験片で測定しています。吸湿による影響を避けるために、加工後すぐに測定しています(環境はドイツの標準的な気候条件)。特に、ナイロン製hnは吸湿による影響を強く受けます。



DIN EN ISO 527-2に準拠した試験片に加工しています。

+ 良好な耐性を示す  
 (+) 条件によっては耐性を示す(注意)  
 - 耐性不十分(濃度、時間、温度に依存する)  
 n.b. not broken 破壊せず  
 n.a. not applicable 融点は存在しない

(a) ガラス転移点はDIN EN ISO 11357に準拠して測定  
 (b) ISO 8302に準拠して熱伝導率を測定  
 (c) ASTM E1530に準拠して熱伝導率を測定  
 (d) ASTM D 257に準拠して表面電気抵抗を測定

製品		TECAMID 66 GF30 黒色		TECAMID 66 HI		TECAMID 66/X GF50 黒色		TECAMID 12		TECAPET 黒色k	
ポリマー略号		PA 66	PA 66	PA 66	PA 66	PA 66	PA 66	PA 46	PA 12	PET	PET
添加剤		ガラス繊維		熱安定剤		炭素繊維					
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.15	1.34	1.23	1.15	1.11	1.61	1.19	1.02	1.36	1.39
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	3,200	5,500	5,100	3,400	3,100	8,700	3,300	1,800	3,100	3,400
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	84	91	104	89	76	115	106	53	79	91
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	83	91	104	72	76	115	106	54	79	91
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	10	8	12	7	11	2	21	9	5	4
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	40	14	13	25	14	2	32	200	10	15
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	3,100	4,700	4,300	3,300	2,800	9,000	3,300	1,700	3,200	3,400
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	114	135	135	112	102	200	132	68	121	134
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	2,700	4,100	3,800	2,900	2,400	6,200	2,800	1,600	2,700	2,800
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	20/38	25/46	16/33	14/29	20/35	28/56	20/35	13/24	19/35	19/36
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	n.b.	97	116	n.b.	37		n.b.	n.b.	81	27
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	5			5			9	7	4	
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]	168	216	200	191	145		187	105	175	195
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	52	48	48	57	54	78	72	37	81	81
融点 (DIN 53765)	[°C]	253	254	251	263	261	256	299	180	244	244
短期使用温度	[°C]	170	170	170	180	120	200	220	150	170	170
長期使用温度	[°C]	100	110	100	115	90	130	130	110	110	110
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	10	5	9	12	11		13	15	8	8
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	10	5	10	12	12		13	16	10	10
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]	1.5	1.2	1.4	1.5	1.6		1.7	1.8		
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]	0.36	0.39	0.72	0.36	0.36		0.37	0.30		
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0.2/0.4	0.1/0.2	0.1/0.3	0.2/0.3	0.2/0.4	0.1/0.2	0.4/0.7	0.04/0.07	0.02/0.03	0.02/0.03
耐熱水性 / 耐アルカリ性		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-	(+)	+	-	-
耐候性		(+)	(+)	(+)	-	-	(+)	-	-	-	(+)
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		HB	HB	HB	HB	HB	HB	V2	HB	HB	HB

上表のそれぞれの値は、最小値あるいは最大値を示すものではなく、あくまで素材を選択する際のグレード間の特性を比較する目的のためのものです。これらの特性値は、統計的な広がり範囲内のものであり、保証値ではありません。したがって、これらの値を品質規格とすることはできません。特に断りのない限り、上記の値は押出成形・キャスト成形・圧縮成形のいずれかの方法により成形された成形品を切削加工することにより作成した試験片を用いて、測定した値です(ヨーロッパ規格のDIN EN 15860に定められている。直

径40~60mmの丸棒からサンプリングすることを標準にしています)。

機械特性値は、切削加工用プラスチックの形状(形と厚み)、添加剤の配向方向(特にガラス繊維や炭素繊維による強化グレード)の影響を強く受けます。押出成形による成形品から切削加工した試験片の特性値と射出成形による試験片の特性値(射出成形による配向の影響を強く受ける)とを直接比較することはできません。

上記の理由から、実際にお客様がご使用になる条件で角特性値の測定・確認を実施することを推奨いたします。

上記データシートの値は、定期的に更新しています。最新の値は、エンズィンガー本社ホームページ [www.ensinger-online.com](http://www.ensinger-online.com) にて公開しています。

# 特性データ

製品		TECAPET TF	TECADUR PET	TECADUR PBT GF30	TECANAT PC	TECANAT GF30	TECAFLON PVDF	TECASON S	TECAPEI PEI	TECASON P 白色	TECASON P MT 着色
ポリマー略号		PET	PET	PBT	PC	PC	PVDF	PSU	PEI	PPSU	PPSU
添加剤		固形潤滑剤		ガラス繊維		ガラス繊維					
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.43	1.39	1.46	1.19	1.42	1.78	1.24	1.28	1.31	1.31
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	3,200	3,300	3,400	2,200	4,400	2,200	2,700	3,200	2,300	2,300
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	78	91	46	69	85	62	89	127	81	81
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	78	91	46	69	87	62	89	127	81	81
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	4	4	5	6	4	8	5	7	7	7
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	6	14	6	90	6	17	15	35	50	50
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	3,300	3,400	3,400	2,300	4,500	2,100	2,600	3,300	2,300	2,300
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	119	134	78	97	138	77	122	164	107	107
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	2,700	2,800	2,800	2,000	3,300	1,900	2,300	2,800	2,000	2,000
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	21/38	21/38	20/38	16/29	21/39	16/28	15/28	23/41	18/30	18/30
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	42	150	37	n.b.	71	150	175	113	n.b.	n.b.
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]				14			4		13	13
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]	183	194	190	128	190	129	167	225	143	143
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	82	81		149	147	-40	188	216	218	218
融点 (DIN 53765)	[°C]	249	244	224	n.a.	n.a.	171	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
短期使用温度	[°C]	170	170	200	140	140	150	180	200	190	190
長期使用温度	[°C]	110	110	110	120	120	150	160	170	170	170
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	8	8	8	8	5	16	6	5	6	6
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	10	10	10	8	5	18	6	5	6	6
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]			1.2	1.3	1.1	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]			0.33	0.25	0.32	0.25	0.21	0.21	0.25	0.25
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>								
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.04	0.03/0.06	0.03/0.05	<0.01/<0.01	0.06/0.1	0.05/0.1	0.1/0.2	0.1/0.2
耐熱水性 / 耐アルカリ性		-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
耐候性		-	-	-	(+)	-	+	-	-	-	-
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		HB	HB	HB	HB	HB	V0	V0	V0	V0	V0

押出成形素材から切削加工した試験片で測定しています。吸湿による影響を避けるために、加工後すぐに測定しています(環境はドイツの標準的な気候条件)。特に、ナイロン製hnは吸湿による影響を強く受けます。



DIN EN ISO 527-2に準拠した試験片に加工しています。

+ 良好な耐性を示す  
 (+) 条件によっては耐性を示す(注意)  
 - 耐性不十分(濃度、時間、温度に依存する)  
 n.b. not broken 破壊せず  
 n.a. not applicable 融点は存在しない

(a) ガラス転移点はDIN EN ISO 11357に準拠して測定  
 (b) ISO 8302に準拠して熱伝導率を測定  
 (c) ASTM E1530に準拠して熱伝導率を測定  
 (d) ASTM D 257に準拠して表面電気抵抗を測定

製品		TECATRON	TECATRON GF40	TECATRON GF40 黒色	TECATRON PVX 黒色	TECAPEEK	TECAPEEK 黒色	TECAPEEK 赤色	TECAPEEK GF30	TECAPEEK CF30 黒色	TECAPEEK PVX 黒色
ポリマー略号		PPS	PPS	PPS	PPS	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK
添加剤			ガラス繊維	ガラス繊維	PTFE、グラフ アイト、炭素 繊維				ガラス繊維	炭素繊維	PTFE、グラフ アイト、炭素 繊維
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.36	1.63	1.63	1.5	1.31	1.31	1.36	1.53	1.38	1.44
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	4,100	6,500	6,500	4,600	4,200	4,100	4,200	6,400	6,800	5,500
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	102	83	83	53	116	100	108	105	122	84
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	100	83	83	53	116	100	108	105	122	84
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	4	3	3	2	5	3	4	3	7	3
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	4	3	3	2	15	3	6	3	7	3
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	4,000	6,600	6,600	4,800	4,200	4,100	4,500	6,600	6,800	6,000
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	151	145	145	91	175	171	177	164	193	142
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	3,300	4,600	4,600	3,300	3,400	3,300	3,500	4,800	5,000	4,000
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	20 / 38	21 / 41	21 / 41	19 / 36	23 / 43	22 / 41	22 / 40	29 / 52	25 / 47	23 / 44
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	29	24	24	14	n.b.	75	50	33	62	28
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]					4					
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]				238	253	253	244	316	355	250
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	97	93	93	94	150	151	151	147	147	146
融点 (DIN 53765)	[°C]	281	280	280	281	341	341	341	341	341	341
短期使用温度	[°C]	260	260	260	260	300	300	300	300	300	300
長期使用温度	[°C]	230	230	230	230	260	260	260	260	260	260
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	6	4	4	5	5	5	5	4	4	3
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	7	5	5	6	5	5	5	4	4	3
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]	1.0	1.0	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2	1.1
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]	0.25	0.35	0.33	0.58	0.27	0.30	0.27	0.35	0.66	0.82
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	<0.01/0.01	<0.01/0.01	<0.01/0.01	<0.01/0.01	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03
耐熱水性 / 耐アルカリ性		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
耐候性		-	-	(+)	(+)	-	-	-	-	-	-
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0

上表のそれぞれの値は、最小値あるいは最大値を示すものではなく、あくまで素材を選択する際のグレード間の特性を比較する目的のためのものです。これらの特性値は、統計的な広がり範囲内のものであり、保証値ではありません。したがって、これらの値を品質規格とすることはできません。特に断りのない限り、上記の値は押出成形・キャスト成形・圧縮成形のいずれかの方法により成形された成形品を切削加工することにより作成した試験片を用いて、測定した値です(ヨーロッパ規格のDIN EN 15860に定められている。直

径40~60mmの丸棒からサンプリングすることを標準にしています)。

機械特性値は、切削加工用プラスチックの形状(形と厚み)、添加剤の配向方向(特にガラス繊維や炭素繊維による強化グレード)の影響を強く受けます。押出成形による成形品から切削加工した試験片の特性値と射出成形による試験片の特性値(射出成形による配向の影響を強く受ける)とを直接比較することはできません。

上記の理由から、実際にお客様がご使用になる条件で角特性値の測定・確認を実施することを推奨いたします。

上記データシートの値は、定期的に更新しています。最新の値は、エンズィンガー本社ホームページ [www.ensinger-online.com](http://www.ensinger-online.com) にて公開しています。

# 特性データ

製品		TECAPEEK ELS nano 黒色	TECAPEEK TF10 青色	TECAPEEK ID 青灰色	TECAPEEK MT	TECAPEEK MT 黒色	TECAPEEK MT 青色	TECAPEEK MT 緑色	TECAPEEK MT 黄色	TECAPEEK MT 赤色	TECAPEEK MT アイボリー
ポリマー略号		PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK
添加剤		カーボン・ナ ノチューブ	PTFE								
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.36	1.38	1.49	1.31	1.31	1.34	1.32	1.38	1.36	1.42
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	4,800	3,400	4,600	4,200	4,200	4,300	4,100	4,400	4,200	4,400
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	106	95	111	116	114	113	116	113	108	114
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	106	95	111	116	114	113	116	113	108	114
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	4	8	6	15	13	11	17	10	6	12
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	4,700	3,900	3,700	4,200	4,100	4,300	4,200	4,300	4,500	4,400
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	178	149	166	175	171	173	172	169	177	171
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	3,600	3,000	4,800	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,500	3,400
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	27/47	22/39	25/46	23/43	23/44	17/35	17/35	17/35	22/40	24/44
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	58	48	72	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	50	n.b.
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]				4	5	7	4	5		4
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]	253	220	260	253	243	248	250	257	244	250
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	147	157	150	150	151	151	151	151	151	150
融点 (DIN 53765)	[°C]	341	340	341	342	341	341	341	341	341	340
短期使用温度	[°C]	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
長期使用温度	[°C]	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]	1.1		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]	0.46		0.27	0.27	0.3	0.28	0.28	0.28	0.27	
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 <sup>4</sup>		10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup>				
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03
耐熱水性 / 耐アルカリ性		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
耐候性		(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0

押出成形素材から切削加工した試験片で測定しています。吸湿による影響を避けるために、加工後すぐに測定しています(環境はドイツの標準的な気候条件)。特に、ナイロン製hnは吸湿による影響を強く受けます。



DIN EN ISO 527-2に準拠した試験片に加工しています。

+ 良好な耐性を示す  
 (+) 条件によっては耐性を示す(注意)  
 - 耐性不十分(濃度、時間、温度に依存する)  
 n.b. not broken 破壊せず  
 n.a. not applicable 融点は存在しない

(a) ガラス転移点はDIN EN ISO 11357に準拠して測定  
 (b) ISO 8302に準拠して熱伝導率を測定  
 (c) ASTM E1530に準拠して熱伝導率を測定  
 (d) ASTM D 257に準拠して表面電気抵抗を測定

製品		TECAPEEK CF30 MT 黒色	TECAPEEK CLASSIX 白色	TECAPEEK TS	TECAPEEK CMF 白色	TECAPEEK CMF グレー	TECAPEEK HT 黒色	TECAPEEK ST 黒色	TECATEC PEEK CW50	TECATEC PEKK CW60	TECATOR 5013
ポリマー略号		PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEEK	PEK	PEKEKK	PEEK	PEKK	PAI
添加剤		炭素繊維		鉱物繊維	セラミックス	セラミックス					
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.42	1.4	1.49	1.65	1.65	1.31	1.32	1.49	1.61	1.4
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	6,000	4,700	5,700	5,500	5,500	4,600	4,600	53,200	54,300	3,800
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	115	117	110	105	105	120	134	491	585	151
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	115	117	110	102	102	120	134			151
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	5	5	4	3	4	4	5			
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	5	11	4	4	5	5	13			21
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	6,000	4,400	5,900	5,500	5,500	4,600	4,600	48,900	50,900	3,900
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	188	177	175	170	170	192	193	813	960	
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	4,500	3,500	4,300	4,300	4,300	3,500	3,500	4,050	5,100	
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	23/44	25/45	17/34	25/46	25/46	25/45	24/42		51/509	
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	58	n.b.	n.b.	65	35	n.b.	n.b.			
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]		5	7			4	4			13.2
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]	318	263	290	286	286	282	275			240
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	146	150	151	151	151	160	165	143	165	280
融点 (DIN 53765)	[°C]	341	341	339	339	339	375	384	343	380	n.a.
短期使用温度	[°C]	300	300	300	300	300	300	300			270
長期使用温度	[°C]	260	260	260	260	260	260	260	260	260	250
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	5	5	4	5	5	5	5			
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> ]	5	5	4	5	5	5	5			
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]	1.7	1.0		1.0	1.0					
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]	0.59	0.30		0.38	0.38					0.29 (c)
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 <sup>9</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>			10 <sup>18</sup> (d)
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.03	0.02/0.04	0.02/0.03			
耐熱水性 / 耐アルカリ性		+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
耐候性		-	-	-	-	-	(+)	(+)	-	-	
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0

上表のそれぞれの値は、最小値あるいは最大値を示すものではなく、あくまで素材を選択する際のグレード間の特性を比較する目的のためのものです。これらの特性値は、統計的な広がり範囲内のものであり、保証値ではありません。したがって、これらの値を品質規格とすることはできません。特に断りのない限り、上記の値は押出成形・キャスト成形・圧縮成形のいずれかの方法により成形された成形品を切削加工することにより作成した試験片を用いて、測定した値です(ヨーロッパ規格のDIN EN 15860に定められている。直

径40~60mmの丸棒からサンプリングすることを標準にしています)。

機械特性値は、切削加工用プラスチックの形状(形と厚み)、添加剤の配向方向(特にガラス繊維や炭素繊維による強化グレード)の影響を強く受けます。押出成形による成形品から切削加工した試験片の特性値と射出成形による試験片の特性値(射出成形による配向の影響を強く受ける)とを直接比較することはできません。

上記の理由から、実際にお客様がご使用になる条件で角特性値の測定・確認を実施することを推奨いたします。

上記データシートの値は、定期的に更新しています。最新の値は、エンズィンガー本社ホームページ [www.ensinger-online.com](http://www.ensinger-online.com) にて公開しています。

# 特性データ

製品		TECATOR 5031 PVX	TECASINT 1011	TECASINT 1021	TECASINT 1031	TECASINT 1041	TECASINT 1061	TECASINT 1101	TECASINT 1611	TECASINT 2011	TECASINT 2021
ポリマー略号		PAI	PI	PI	PI	PI	PI	PI	PI	PI	PI
添加剤		グラファイト、PTFE		15% グラファイト	40% グラファイト	30% 二硫化モリブデン	15% グラファイト 10% PTFE		30% PTFE		15% グラファイト
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.46	1.34	1.42	1.57	1.67	1.48	1.34	1.51	1.38	1.45
<b>機械特性</b>											
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	5,900	4,000	4,000		4,340		4,000		3,700	4,400
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	135	116	97	65	82	77	153	82	118	101
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	135									
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]										
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	7	9.0	2.8	2.2	2.8	2.9	7.4	4.1	4.5	3.7
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	6,200	3,448	4,000		4,330		4,000		3,600	4,300
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]		210	150	88	126	120	209	122	177	145
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]		4,000	1,880				4,000		1,713	1,900
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]		556	210	180	204	227	400	211	486	300
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	87	75.8	35.1	16.5	29.6	25.8	67.6	-	87.9	20.6
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	5.6	3.3	4.8	3.6	2.8	3.9	-	-	9.3	1.6
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]	228									
<b>熱特性</b>											
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	280	368 (a)	330 (a)	330 (a)	330 (a)	330 (a)	330 (a)	330 (a)	370 (a)	370 (a)
融点 (DIN 53765)	[°C]	n.a.									
短期使用温度	[°C]	270									
長期使用温度	[°C]	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1:2)	[10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]										
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1:2)	[10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]										
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]		1.04	1.13				1.04		0.925	
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]	0.60 (c)	0.22 (b)	0.53 (b)				0.22 (b)		0.22 (b)	
<b>電気特性</b>											
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]	10 <sup>17</sup> (d)	10 <sup>16</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>3</sup>			10 <sup>15</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>15</sup>	
<b>その他特性</b>											
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]										
耐熱水性 / 耐アルカリ性		-									
<b>耐候性</b>											
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0

押出成形素材から切削加工した試験片で測定しています。吸湿による影響を避けるために、加工後すぐに測定しています(環境はドイツの標準的な気候条件)。特に、ナイロン製hnは吸湿による影響を強く受けます。



DIN EN ISO 527-2に準拠した試験片に加工しています。

+ 良好な耐性を示す  
 (+) 条件によっては耐性を示す(注意)  
 - 耐性不十分(濃度、時間、温度に依存する)  
 n.b. not broken 破壊せず  
 n.a. not applicable 融点は存在しない

(a) ガラス転移点はDIN EN ISO 11357に準拠して測定  
 (b) ISO 8302に準拠して熱伝導率を測定  
 (c) ASTM E1530に準拠して熱伝導率を測定  
 (d) ASTM D 257に準拠して表面電気抵抗を測定

製品		TECASINT 2031	TECASINT 2391	TECASINT 4011	TECASINT 4021	TECASINT 4111	TECASINT 4121	TECASINT 5051	TECASINT 5201 SD	TECASINT 8001
ポリマー略号		PI	PI	PI	PI	PI	PI	PAI	PAI	PTFE
添加剤		40% グラフ アイト	15% 二硫化 モリブデン		15% グラフ アイト		15% グラフ アイト	30% ガラス 繊維	炭素繊維、 ガラス繊維	20% ポリイ ミド
密度 (DIN EN ISO 1183)	[g/cm <sup>3</sup> ]	1.59	1.54	1.41	1.49	1.46	1.53	1.57	1.54	1.88
<b>機械特性</b>										
引張弾性率 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	6,300	4,400	4,000	4,943	7,000	6,600	5,800	4,500	
引張強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]	65	95	130	93	100	34	94	85	15
引張降伏強度 (DIN EN ISO 527-2)	[MPa]									
引張降伏伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]									
引張破断伸び (DIN EN ISO 527-2)	[%]	2.1	2.9	4.5	3	1.7	0.5	3.4	4.0	200
曲げ弾性率 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	5,200	4,136	4,300	4,930	6,100	6,100	6,625	4,200	
曲げ強度 (DIN EN ISO 178)	[MPa]	87.5	137	180	131	160	113	163	135	
圧縮弾性率 (EN ISO 604)	[MPa]	2,027	2,200	2,100	2,067	2,500	2,200	2,590		
圧縮強度 (1% / 2%) (EN ISO 604)	[MPa]	131	253	40	208	250	200	260	240	
シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eU)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	14.2		87	24.4	24	11	27.3	17.8	
ノッチ付・シャルピー衝撃強度 (DIN EN ISO 179-1eA)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	3.3		9.6	4.8	1.1	1.4	5.1	2.8	
ボール圧入硬度 (ISO 2039-1)	[MPa]									
<b>熱特性</b>										
ガラス転移点 (DIN 53765)	[°C]	370 (a)	370 (a)	260 (a)	260 (a)	n.a. (a)	n.a. (a)	340 (a)	340 (a)	20 (a)
融点 (DIN 53765)	[°C]									
短期使用温度	[°C]									
長期使用温度	[°C]	-	-					300	300	250
線膨張係数 23-60 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]									
線膨張係数 23-100 °C (DIN EN ISO 11359-1;2)	[10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]									
比熱 (ISO 22007-4:2008)	[J/(g*K)]			1.04						1
熱伝導率 (ISO 22007-4:2008)	[W/(m*K)]			0.4 (b)		0.35 (b)				0.25 (b)
<b>電気特性</b>										
表面電気抵抗 (DIN IEC 60093)	[Ω]			10 <sup>16</sup> (d)		10 <sup>16</sup> (d)		10 <sup>14</sup>	10 <sup>11</sup>	
<b>その他特性</b>										
吸水率 24h / 96h (23 °C) (DIN EN ISO 62)	[%]									
耐熱水性 / 耐アルカリ性										
耐候性										
UL94難燃性 (DIN IEC 60695-11-10)		V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0

上表のそれぞれの値は、最小値あるいは最大値を示すものではなく、あくまで素材を選択する際のグレード間の特性を比較する目的のためのものです。これらの特性値は、統計的な広がり範囲内のものであり、保証値ではありません。したがって、これらの値を品質規格とすることはできません。特に断りのない限り、上記の値は押出成形・キャスト成形・圧縮成形のいずれかの方法により成形された成形品を切削加工することにより作成した試験片を用いて、測定した値です(ヨーロッパ規格のDIN EN 15860に定められている。直

径40~60mmの丸棒からサンプリングすることを標準にしています)。

機械特性値は、切削加工用プラスチックの形状(形と厚み)、添加剤の配向方向(特にガラス繊維や炭素繊維による強化グレード)の影響を強く受けます。押出成形による成形品から切削加工した試験片の特性値と射出成形による試験片の特性値(射出成形による配向の影響を強く受ける)とを直接比較することはできません。

上記の理由から、実際にお客様がご使用になる条件で角特性値の測定・確認を実施することを推奨いたします。

上記データシートの値は、定期的に更新しています。最新の値は、エンズィンガー本社ホームページ [www.ensinger-online.com](http://www.ensinger-online.com) にて公開しています。

## 免責事項

当社により公開された情報は、その内容を約束したり、保証するものではありません。それらの情報は、現時点で明らかとなっている経験や知識を最大限に活用したものであり、当社の製品とその加工製品に関するデータを提供しています。従って、任意の法的拘束力を有する保証、耐薬品性の保証、製品特性または商品性の保証を意図していません。

製品の最終用途への適合性は、材料、材料への追加、成形部品およびツールの設計、および処理または環境条件の選択など、さまざまな要因の影響を受けます。特に断らない限り、測定値は標準化された条件下で測定された実験値であり、あくまで指針となる値に過ぎません。弊社が提供する情報は、単純化した条件におけるものであり、組み合わせの部品または部品設計のために必要十分な根拠とすることは出来ません。特定の材料について、あるいは加工法について、またはある目的を達成するための部品・機構部品の設計など、このような事項に関する妥当性の判断は、お客様にて独自に行う必要がございます。弊社は、基本的に特定の使用目的あるいは特定の使用方法への適合性について、法的拘束力を有する保証をいたしません。ただし、特定の使用目的と使用条件について書面による情報の提供を受け、かつ、弊社の製品が特定の用途に特に適していること、あるいは書面に定義された想定使用方法に特に適していることについて、書面にて双方の合意が得られた場合は、この限りではありません。

弊社製品の特性は、ドイツで有効な法的規定が該当製品の特性に関する規制を含んでいる限り、リスクの移転に際してドイツの法的規定に準拠しています。お客様が弊社製品を輸出することを明確に書面で要求なされた場合、あるいは、弊社が輸出のための製品の適合性を確認した場合に限り、欧州連合(EU)の定める輸出規定に準拠します。また、EUの輸出規定と合意を結んでいる、欧州経済地域(ノルウェー、アイスランド、リヒテンシュタイン)、スイスとアメリカ合衆国への輸出についても同様です。弊社は、上記以外の他の国の法的規制を遵守するためのいかなる任意の措置を講じることは義務付けされていません。

弊社は、弊社の製品が商用またはその他の知的財産権(特許、特許取得済みの設計、登録意匠、著者の権利及びその他の権利)に基づく第三者によるいかなる権利または特許請求の範囲から自由であることを保証する責任があります。この義務はドイツ国内で適用されますが、さらにお客様が弊社製品を輸出することを書面で要求され、弊社も当該製品が輸出されることを書面で認めた場合に限り、欧州連合および欧州経済地域、スイスとアメリカ合衆国との間での合意に基いて、適用されます。弊社は、上記以外の国々においては、同責任を負いません。

設計や形状の変更、着色のばらつき、出荷やサービス範囲の変更が、お客様においても、弊社においても、お互いの利益が得られる限りにおいて、これらの変更をする権利を留保します。

当社の製品は、医療や歯科におけるインプラントでの使用を意図していません。

PEEK-CLASSIX™とInvibio®は、インビビオ社(Invibio Ltd.)の登録商標です。

VICTREX® PEEK は、ビクトレックス社(Victrex plc.)の登録商標です。

Ensinger®, TECA®, TECADUR®, TECAFLON®, TECAFORM®, TECAM®, TECAMID®, TECANAT®, TECANYL®, TECAPEEK®, TECAPEP®, TECAPRO®, TECASINT®, TECASON®, TECAST®, TECATRON®は、Ensinger GmbH(エンズインガー本社)の登録商標です。

TECATOR®は、Ensinger Inc.(エンズインガー・アメリカ支社)の登録商標です。

エンズインガー・グループ会社概要

本社

ドイツ ニュフリンゲン

従業員

約2000人

創立

1966年

ドイツ国内の製造拠点数

3拠点

世界中の支社・拠点数

27拠点

社長

クラウス・エンズインガー  
ローランド・レバー

製品

- ・ プラスチックコンパウンド
- ・ 切削加工用素形材  
(押出成形、キャスト、圧縮成形)
- ・ 異形押出
- ・ プラスチック部品・製品  
(切削加工、射出成形)
- ・ 特殊成形品  
(ダイレクト・フォーミング、ナイロン・  
キャスト成形)

ご利用いただいている産業分野

- ・ プラント・エンジニアリング
- ・ 建設・建築業
- ・ 自動車産業
- ・ 医療産業
- ・ 航空・宇宙産業
- ・ 石油・天然ガス産業
- ・ 半導体産業
- ・ 電機・電子産業
- ・ 食品製造業
- など、その他各種産業分野

**Ensinger Germany**

Ensinger GmbH  
Rudolf-Diesel-Straße 8  
71154 Nufringen  
Tel. +49 7032 819 0  
Fax +49 7032 819 100  
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH  
Mercedesstraße 21  
72108 Rottenburg a. N.  
Tel. +49 7457 9467 100  
Fax +49 7457 9467 122  
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH  
Wilfried-Ensinger-Straße 1  
93413 Cham  
Tel. +49 9971 396 0  
Fax +49 9971 396 570  
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH  
Borsigstraße 7  
59609 Anröchte  
Tel. +49 2947 9722 0  
Fax +49 2947 9722 77  
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH  
Mooswiesen 13  
88214 Ravensburg  
Tel. +49 751 35452 0  
Fax +49 751 35452 22  
www.thermix.de

**Ensinger worldwide**

**Austria**  
Ensinger Sintimid GmbH  
Werkstraße 3  
4860 Lenzing  
Tel. +43 7672 7012800  
Fax +43 7672 96865  
www.ensinger-sintimid.at

**Brazil**  
Ensinger Indústria de  
Plásticos Técnicos Ltda.  
Av. São Borja 3185  
93.032-000 São Leopoldo-RS  
Tel. +55 51 35798800  
Fax +55 51 35882804  
www.ensinger.com.br

**China**  
Ensinger (China) Co., Ltd.  
1F, Building A3  
No. 1528 Gumei Road  
Shanghai 200233  
P.R.China  
Tel. +86 21 52285111  
Fax +86 21 52285222  
www.ensinger-china.com

**Czech Republic**  
Ensinger s.r.o.  
Průmyslová 991  
P.O. Box 15  
33441 Dobřany  
Tel. +420 37 7972056  
Fax +420 37 7972059  
www.ensinger.cz

**Denmark**  
Ensinger Danmark A/S  
Rugvænget 6B  
4100 Ringsted  
Tel. +45 7810 4410  
Fax +45 7810 4420  
www.ensinger.dk

**France**  
Ensinger France S.A.R.L.  
ZAC les Batterses  
ZI Nord  
01700 Beynost  
Tel. +33 4 78554574  
Fax +33 4 78556841  
www.ensinger.fr

**India**  
Ensinger India Engineering  
Plastics Private Ltd.  
P.K Plaza, Survvey No. 206/3  
Plot No. 17, Lohgaon,  
Viman Nagar  
411 014 Pune  
Tel. +91 20 2674 1033  
Fax +91 20 2674 1001  
www.ensinger.it

**Italy**  
Ensinger Italia S.r.l.  
Via Franco Tosi 1/3  
20020 Olcella di Busto  
Garolfo  
Tel. +39 0331 568348  
Fax +39 0331 567822  
www.ensinger.it

日本  
エンズインガー・ジャパン(株)  
〒134-0086  
東京都江戸川区臨海町3-5-1  
Tel. 03 5878 1903  
Fax 03 5878 1904  
www.ensinger.jp

**Poland**  
Ensinger Polska Sp. z o.o.  
ul. Geodetów 2  
64-100 Leszno  
Tel. +48 65 5295810  
Fax +48 65 5295811  
www.ensinger.pl

**Singapur**  
Ensinger International GmbH  
(Singapore Branch)  
63 Hillview Avenue # 04-07  
Lam Soon Industrial Building  
Singapore 669569  
Tel. +65 65524177  
Fax +65 65525177  
info@ensinger.com.sg

**Spain**  
Ensinger S.A.  
Girona, 21-27  
08120 La Llagosta  
Barcelona  
Tel. +34 93 5745726  
Fax +34 93 5742730  
www.ensinger.es

**Sweden**  
Ensinger Sweden AB  
Stenvretsgatan 5  
SE-749 40 Enköping  
Tel. +46 171 477 050  
Fax +46 171 440 418  
www.ensinger.se

**United Kingdom**  
Ensinger Limited  
Wilfried Way  
Tonyrefail  
Mid Glamorgan CF39 8JQ  
Tel. +44 1443 678400  
Fax +44 1443 675777  
www.ensinger.co.uk

**USA**  
Ensinger Inc.  
365 Meadowlands Boulevard  
Washington, PA 15301  
Tel. +1 724 746 6050  
Fax +1 724 746 9209  
www.ensinger-inc.com

エンズインガー・グループが提供するエンジニアリングプラスチック・スーパーエンジニアリングプラスチック素材は、今日、各産業界の重要領域でご活用いただいています。

諸特性と経済性に優れた素材への変更をご検討ください。