

## 1. 機械的性質

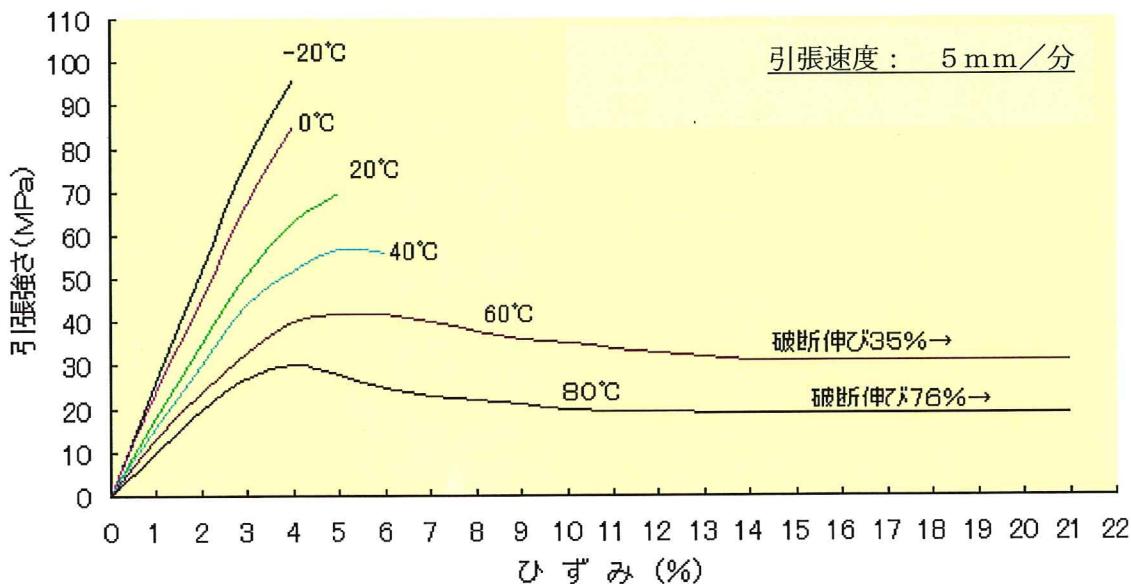
一般にメタクリル樹脂の機械的性質は、引張特性、曲げ特性、および衝撃強さなどの評価にて示されるが、それらは他の熱可塑性樹脂と同様、温度の影響を受ける。以下、デルペット™の機械的性質について、温度影響の観点から解説する。

### 1-1 引張応力-歪曲線 (S-S曲線)

一般グレード 80N の各温度における S-S 曲線を、図 1-1 に示す。この図から、以下が読み取れる。

- 1) -20°C から 40°C の温度領域では、降伏点を示さない。  
(40°C では、降伏点において破断する)
- 2) 60°C 以上の温度領域では、降伏点を示し、塑性変形する。

このように温度が変化すると、強さだけでなく変形挙動も変わってくる点についても、十分留意しておく必要がある。



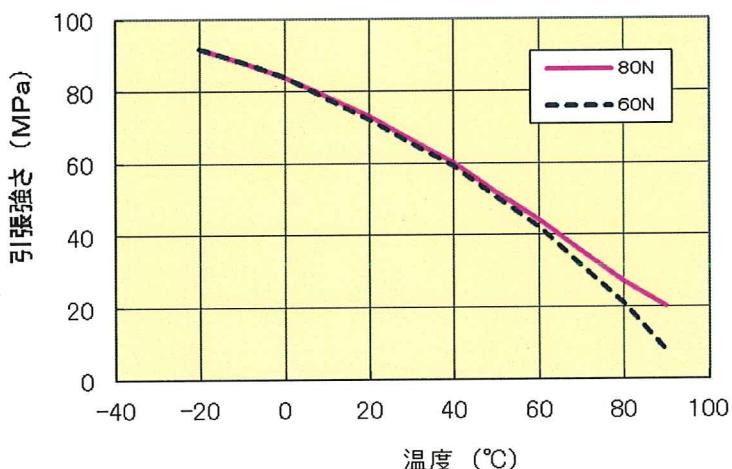
【図 1-1】 デルペット™ 80N の各温度における引張応力-歪曲線 (S-S 曲線)

## 1-2 引張強さおよび曲げ強さの変化

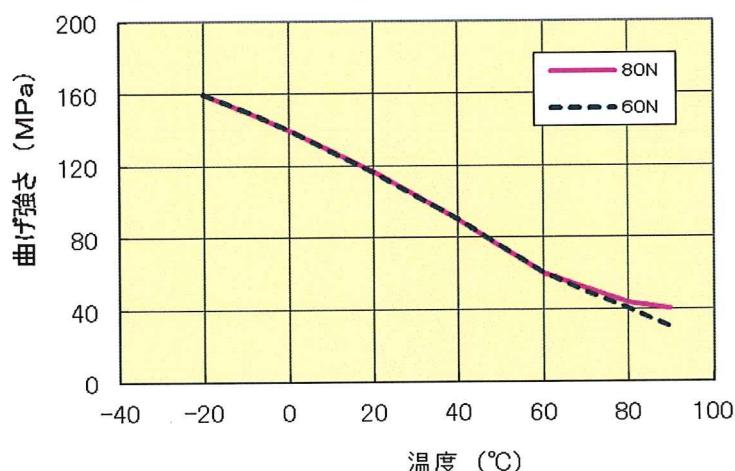
S-S曲線の変化と同様に、温度によって引張強さおよび曲げ強さも影響を受ける。図1-2および図1-3に、デルペット<sup>TM</sup>の一般グレード60Nおよび80Nの引張強さおよび曲げ強さの温度依存性データを示す。

低温から60°C付近ではほぼ同等の挙動を示しているが、50°Cを超えた付近より徐々に差が出てくる。これは60Nと80Nの耐熱性の差によるものである。

デルペット<sup>TM</sup>の耐熱性の指標は、荷重たわみ温度またはビカット軟化点であるが(物性一覧表参照)、これらの値が高いグレード程、一般的に高温時の引張強さおよび曲げ強さは高くなる。



【図1-2】 引張強さの温度依存性 (デルペット<sup>TM</sup> 80N、60N)



【図1-3】 曲げ強さの温度依存性 (デルペット<sup>TM</sup> 80N、60N)

## 2. 水分率の影響

メタクリル樹脂に限らず、一般の樹脂は多少なりとも吸水性を有しており、ISO 62 method 1 (23°Cの水中に24時間浸漬した後の重量増加率を測定する方法) によって測定した水分率の大小で各種樹脂を分類すると、次のようになる。

### (1) 水分率5%以上

ポリビニルアルコール、セロハン

### (2) 水分率1~5%

セルロース系樹脂、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルホルマール、  
ポリビニルブチラール、ナイロン

### (3) 水分率0.1~1%

ポリ塩化ビニル、スチレンコポリマー、メタクリル樹脂、ポリカーボネート、  
ポリエチレンテレフタレート、ユリア樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、  
ポリアセタール

### (4) 水分率0.1%以下

ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ四フッ化エチレン、  
ポリ二フッ化エチレン、ポリ塩化ビニリデン、ポリスチレン

この分類より、メタクリル樹脂は比較的吸水しやすい樹脂の一つであるといえる。

この分類を更に細かく調べてみると、水分率が0.1%以下の樹脂は、炭素(C)、  
水素(H)、フッ素(F)、塩素(Cl)等の元素のみから成り、酸素(O)を含んでいない  
ことがわかり、水分率が0.1~1%の樹脂には、ポリカーボネート、ポリエチレン  
テレフタレート、メタクリル樹脂のようにエステル結合をもつものと、ポリアセタール、  
ユリア樹脂、フェノール樹脂のようにエーテル結合をもつものとがあり、酸素を  
エステル結合またはエーテル結合としてもっていることがわかる。また、酸素を水酸基  
(OH)の形でもっていると、水分率は1%以上を示すようになることもわかる。

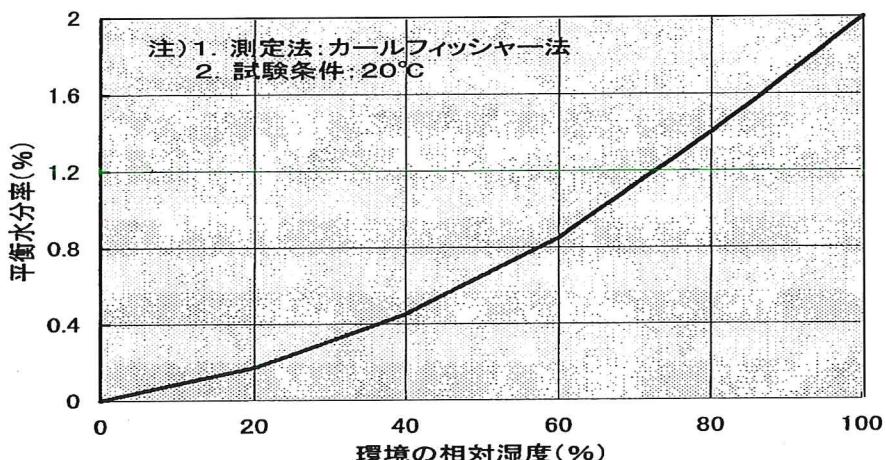
このほか、結晶性樹脂では結晶化度も水分率に関係があり、一般に結晶化度の高い  
ものほど吸水しにくい傾向にあり、これは高分子鎖がきちんと配列されていると、結晶  
構造の中に水の分子が入って行きにくいからであるといわれている。このように、  
メタクリル樹脂は分子構造の点からみてエステル結合をもち、しかも非結晶性樹脂で  
あることから、比較的吸水しやすいうなづける。一般に樹脂が吸水すると、  
ガラス転移点が下がることが認められている。

この理由は、樹脂中に浸透した水分が高分子間の水素結合を弱めるため、分子が動きやすくなることによると考えられている。また、PMMA分子鎖間に入り込んだ水の分子は、一種の可塑剤として作用し、機械的強度を若干低下させる。従ってメタクリル樹脂成形品の機械的強度を論じるには、水分率の影響を無視することはできない。

以下に、デルペット<sup>TM</sup>の水分率と機械的強度との関係について詳述する。

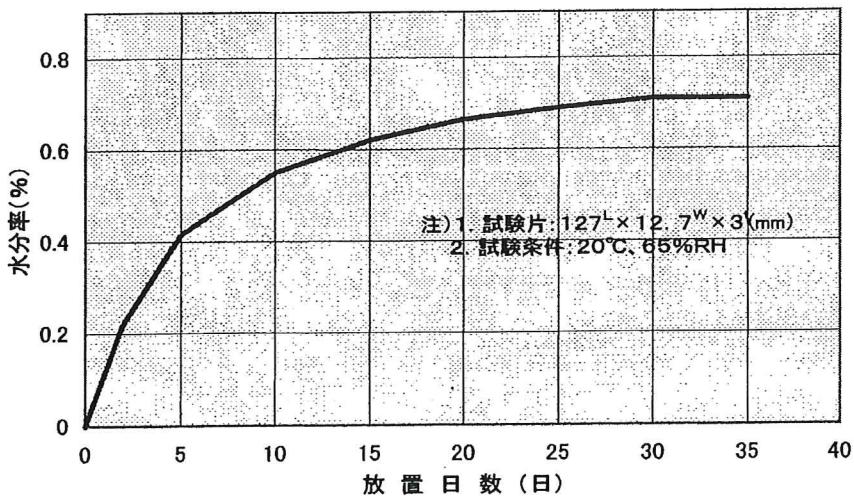
## 2-1 環境湿度と平衡水分率

デルペット<sup>TM</sup>成形品が吸水する程度は、その成形品のおかれている環境の温度および湿度に依存し、最終的には図2-1に示したような平衡水分率に達する。



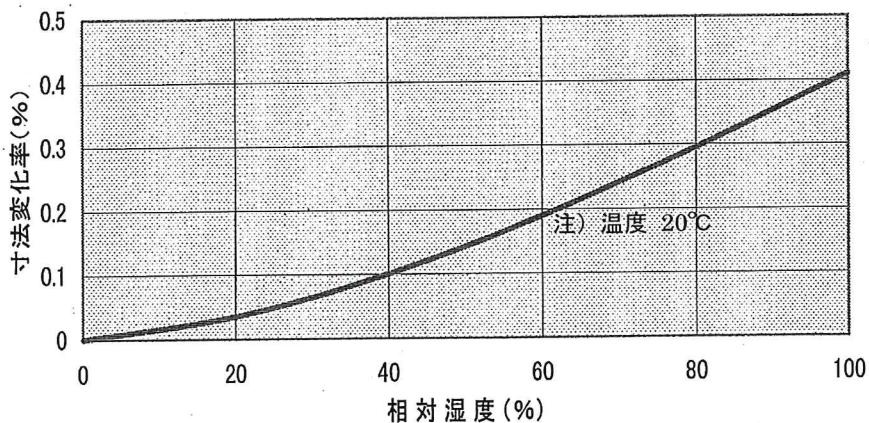
【図2-1】 デルペット<sup>TM</sup>成形品の平衡水分率

しかし、大気中に放置しておいただけで直ちに吸水する訳ではない。成形品の肉厚にもよるが、通常、長時間かかるて平衡（=水分の蒸散速度と吸水速度とがつり合い、水分率がある値で落ち着き一定となった状態）に達する。その様子を表す一例として、図2-2にデルペット<sup>TM</sup>の短冊状射出成形試験片を大気中に放置した時の吸水曲線を示す。



【図2-2】 デルペット™成形品の吸水曲線

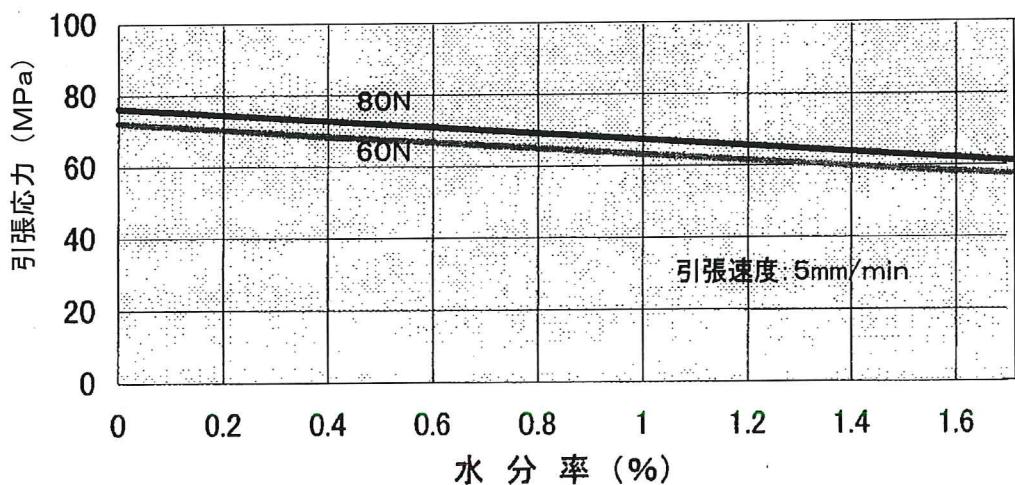
この様にデルペット™は吸湿性のある樹脂であるため、他の吸湿性樹脂と同様、吸湿することによって寸法変化を起こす。デルペット™成形品が吸湿して平衡吸水率に達したときの寸法変化率と、そのときの相対湿度との関係を図2-3に示す。本図により、相対湿度が0%から100%に変化するところで使用される成形品については、1mあたり約4mmの寸法変化があることがわかる。特に長尺の成形品の設計にあたっては、この点を配慮する必要がある。



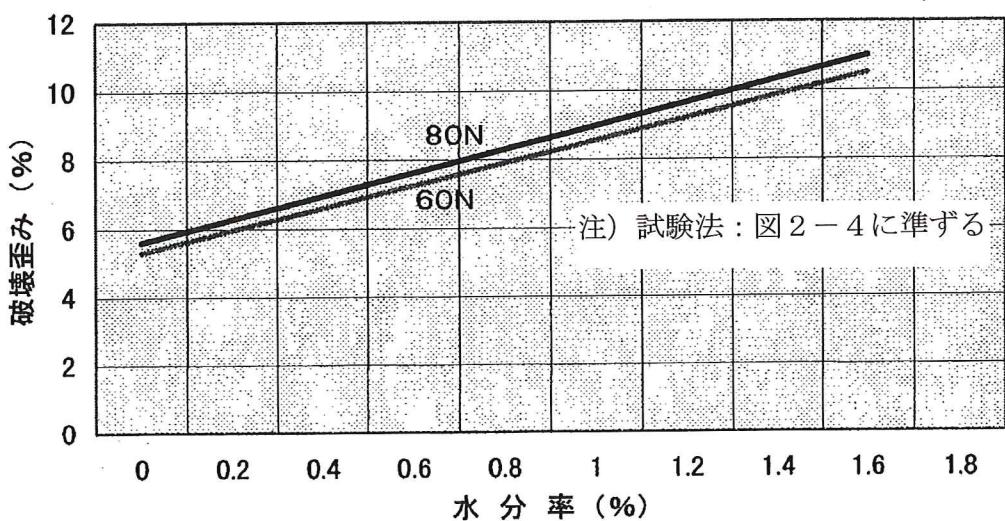
【図2-3】 デルペット™成形品の 相対湿度と成形品の寸法変化率

## 2-2 引張特性

引張特性は水分率により影響を受ける。すなわち、水分率の高い成形品は水分による可塑化作用により変形しやすくなつており、このため引張強さは小さく、伸びは大きくなる傾向を示す。図2-4および図2-5に、デルペット<sup>TM</sup>の引張強さおよび伸びと水分率との関係を示す。しかし、吸水による引張強さの低下の度合は、さほど大きいものではないことが本図からうかがえる。



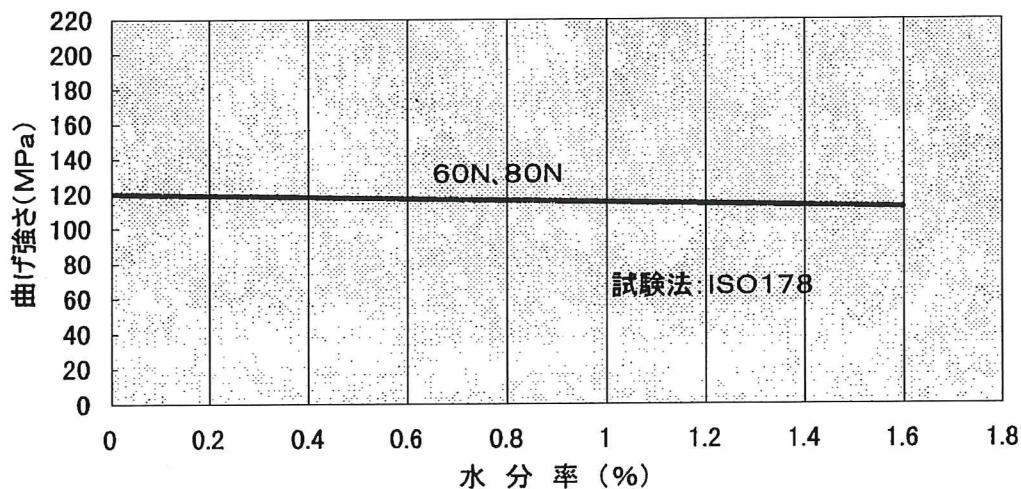
【図2-4】 デルペット<sup>TM</sup>の引張応力に及ぼす水分率の影響



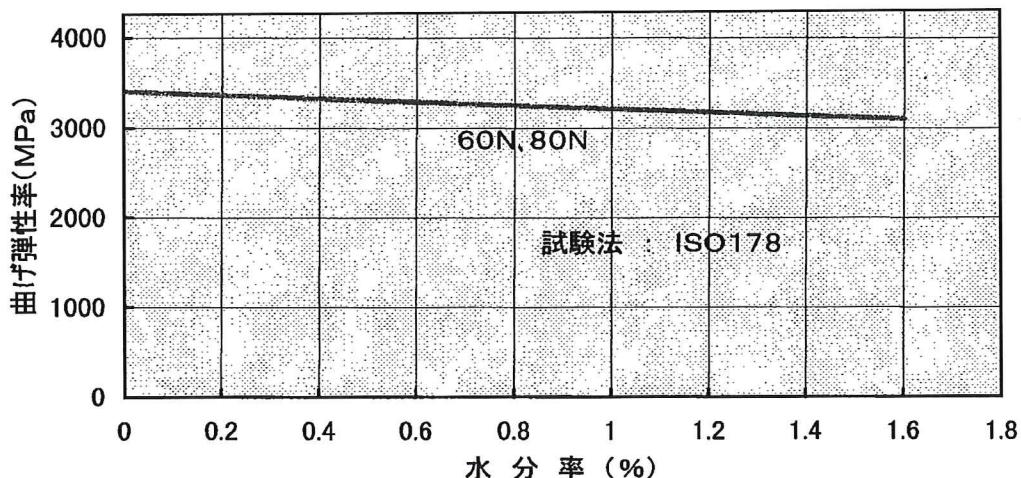
【図2-5】 デルペット<sup>TM</sup>の破壊ひずみに及ぼす水分率の影響

### 2-3 曲げ特性

曲げ特性も水分率により影響を受ける。図2-6に曲げ強さに及ぼす水分率の影響を、また、図2-7に曲げ弾性率に及ぼす水分率の影響をそれぞれ示す。



【図2-6】 デルペット™の曲げ強さに及ぼす水分率の影響



【図2-7】 デルペット™の曲げ弾性率に及ぼす水分率の影響

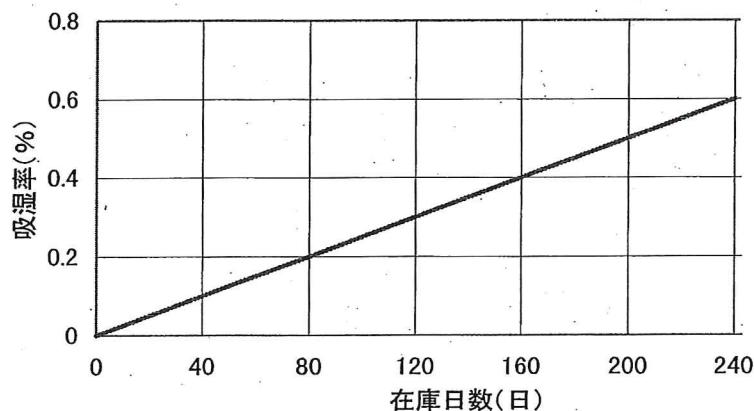
## 2-4 ペレットにおける水分率

前出の通り、デルペット<sup>TM</sup>を含むメタクリル樹脂は一般に吸湿する性質をもっている。もし吸湿して水分率が高くなつたメタクリル樹脂ペレットをそのまま成形に用いてしまうと、水分がシリンダー内で加熱され気体となり、成形品にシルバーストリークスや気泡を発生させてしまう。これらの不良現象を防ぐためには成形前にペレットを予備乾燥する事が必要であり、水分率を0.2%以下に抑えておくことが好ましい。

⇒ 具体的なペレット乾燥条件は、技術資料「乾燥・成形・アニール条件」参照。

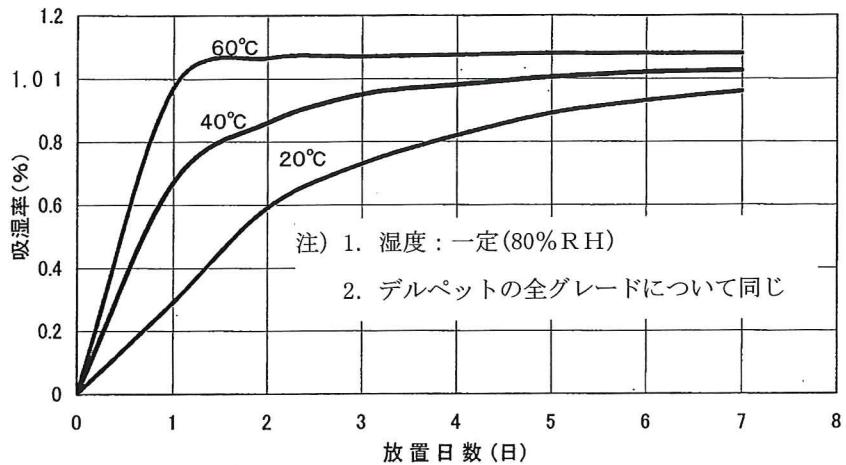
### 2-4-1 ペレットの吸湿特性

デルペット<sup>TM</sup>ペレットは、倉庫などに長期間在庫しておくと包装された状態であっても徐々に吸湿してゆく。ただし、その吸湿速度はおそく、図2-8に示すように0.1%/40日程度のオーダーである。厳密には、吸湿速度は環境の温度と湿度によって変わらるが、本図では平均的な数値で示してある。なお、図2-8に示す関係はデルペット<sup>TM</sup>の各グレードについてほとんど変わらないものである。

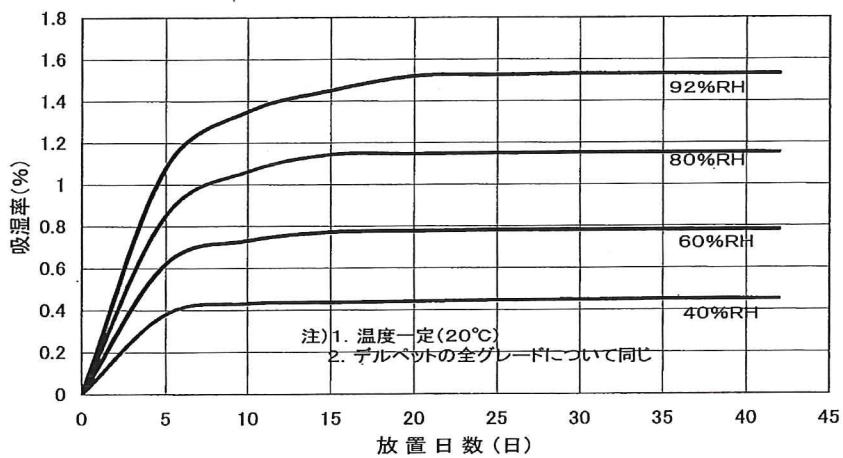


【図2-8】 デルペット<sup>TM</sup>ペレット（倉庫貯蔵、包装状態）の吸湿特性

次にデルペット<sup>TM</sup>を未包装の状態で放置したときの吸湿曲線を図2-9及び図2-10に示す。図2-9は相対湿度を一定とし、温度を変化させた場合の結果であり、図2-10は温度を一定とし、相対湿度を変化させた場合の結果である。



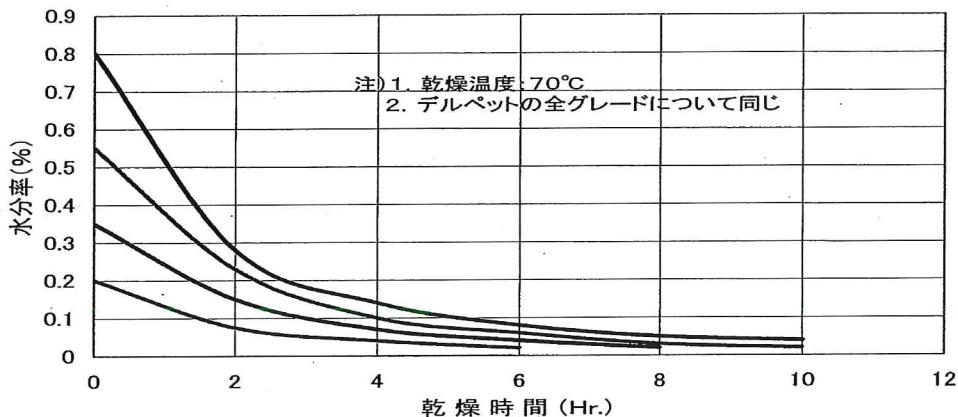
【図2-9】 デルペット<sup>TM</sup>ペレット（未包装）の吸湿特性（湿度一定条件）



【図2-10】 デルペット<sup>TM</sup>ペレット（未包装）の吸湿特性（温度一定条件）

## 2-4-2 ペレットの乾燥

包装されたデルペット<sup>TM</sup>ペレットであっても、実際に需要家で使用される段階では、先にも述べたように相当の吸湿をしていることがある。このようなときには、成形に先立って予備乾燥をしなければならない。吸湿したデルペット<sup>TM</sup>は、予備乾燥によって含有水分を容易にとり除くことができる。一例として、図2-11に水分率0.2%、0.35%、0.55%および0.8%のデルペット<sup>TM</sup>を70°Cの空気循環式熱風乾燥機で乾燥したときの乾燥特性を示す。



【図2-11】 デルペット<sup>TM</sup>ペレットの乾燥特性

乾燥には、熱風乾燥機やホッパードライヤーまたは加温真空乾燥機などを用いることができる。熱風乾燥機で乾燥する場合の乾燥条件は、各グレードそれぞれ技術資料「乾燥・成形・アニール条件」に示されている条件が適当である。乾燥温度をこれ以上に上げると、ペレットの表面が軟化してブロッキングをおこす恐れがあるので避けなければならない。また、トレイ（バット）に入れるペレットの深さは3~4cm程度が好ましい。ホッパードライヤーの場合も、熱風乾燥機と同じ乾燥条件でよい。加温真空乾燥機の場合は、50~70°Cで2~3時間乾燥すれば充分である。より外観のすぐれた成形品を得ようとするならば、デルペット<sup>TM</sup>の水分率は少なくとも0.1%以下に抑えて成形するのが望ましい。

### 3. 光学的性質

#### 3-1 全光線透過率

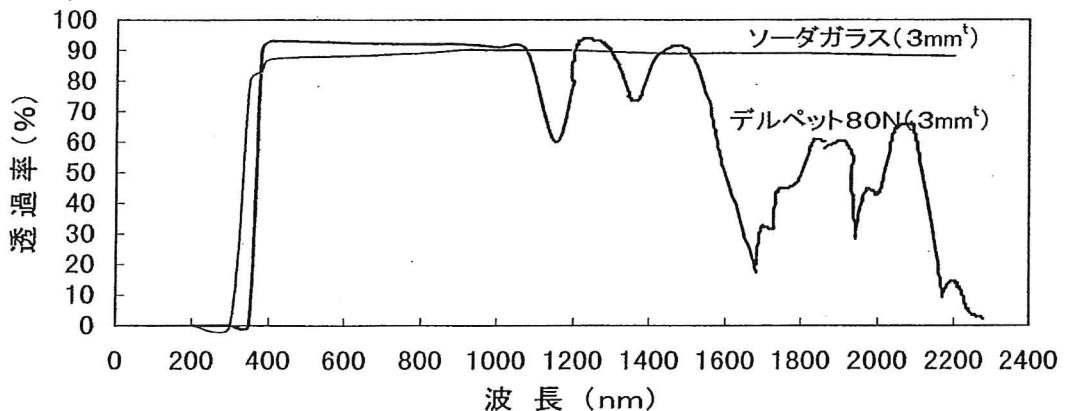
無色透明なメタクリル樹脂であるデルペット<sup>TM</sup>成形品は、可視光線を92%透過させ、残りの約8%も入射面と透過面での反射であり、ほとんど内部吸収がない。

表3-1に示すように、デルペット<sup>TM</sup>は他のあらゆるプラスチックの中でも最も全光線透過率が高く、ガラスをもしのぐものである。

【表3-1】 各種材料の全光線透過率 [測定法: ISO 13468-1]

材 料	光線透過率 (%)
デルペット <sup>TM</sup>	92
ポリスチレン	89
AS樹脂	87
ポリカーボネート	87
硬質塩化ビニル樹脂	84
ガラス	90

図3-1には、デルペット<sup>TM</sup> 80Nの光線透過率特性曲線をガラスと対比して示す。この図からガラスは近赤外部ではほとんど吸収がないのに対して、デルペット<sup>TM</sup>は特有の吸収を示すことがわかる。また、デルペット<sup>TM</sup> 80Nは300nm以下の紫外外部の光をほとんど透過しないこともわかる。成形品の用途によっては、紫外外部の吸収の有無が重要な意義をもつ場合もあり、このようなときには、デルペット<sup>TM</sup>の紫外外部吸収性能について若干の調整は可能である。



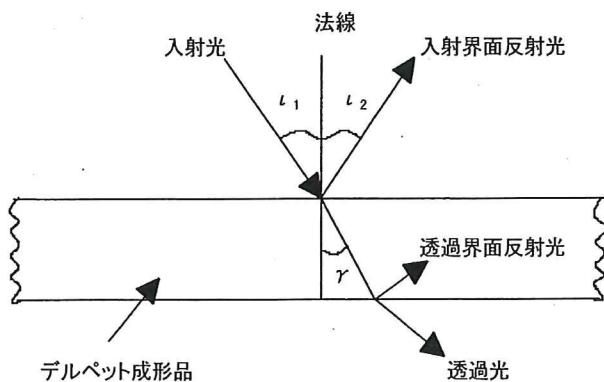
【図 3-1】 デルペット™ 80N の光線透過率特性曲線

### 3-2 屈折率と反射率

デルペット™ 成形品の表面に光線が入射すると、その光の大部分は透過し一部は反射する。図 3-2 に示すように入射角を  $i_1$ 、屈折角を  $r$  とすると、屈折率  $n$  は以下で表される。

$$n = \frac{\sin i_1}{\sin r}$$

プラスチックの屈折率の測定を行う時には、光源としてナトリウムのD線 (589.3 nm) を用いるので、その屈折率は  $n_D$  で一般的に表される。デルペット™ では、 $n_D = 1.492$  である。



【図 3-2】 光の反射と透過

一方、入射角の一部は、入射界面において  $i_2$  の角度で反射する。この時、入射角と反射角は原則的には等しく、 $i_1 = i_2$  となる。

また入射光線の強さに対する反射光線の強さの割合を反射率という。デルペット™では、平行光線を界面に垂直に入射させたとき、入射界面および透過界面の両界面における光線反射率の合計は、冒頭の 3-1 の項で述べたように約 8 % になる。光線透過率が 92 % であるので、樹脂内での光の吸収はほとんどないことがわかる。また成形品中に入射した光は、成形品の透過界面でも反射するが、メタクリル樹脂の場合、この透過界面への入射角が  $42^\circ 10'$  以上のとき光は全反射する。この角度 ( $42^\circ 10'$ ) を臨界角といい、臨界角  $\theta$  と屈折率  $n$  との間には  $\sin \theta = \frac{1}{n}$  の関係がある。

シャンデリア、各種リフレクターおよびエッジライティングなどは、この全反射を利用した製品である。表 3-3 に主な透明樹脂の屈折率を示す。

【表 3-3】 各種透明樹脂の屈折率

樹 脂	屈 折 率
デルペット™	1.49
ポリスチレン	1.60
A S 樹脂	1.57
ポリカーボネート	1.59
硬質塩化ビニル	1.54

#### 4. 热的性质

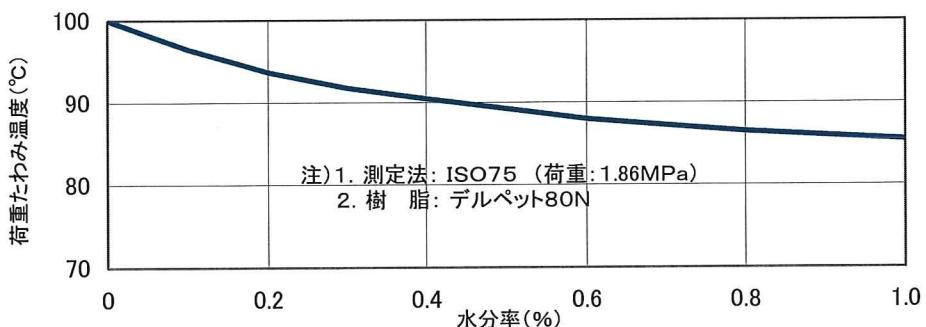
一般に、メタクリル樹脂の热的性质は、荷重たわみ温度、比熱、線膨張率および熱伝導率などで代表される。デルペット™の荷重たわみ温度はグレードにより異なるが、これ以外の比熱、線膨張率および熱伝導率は、グレードによる差がなくほぼ一定である。

##### 4-1 荷重たわみ温度

デルペット™の荷重たわみ温度は、図4-1に示すように樹脂の水分率によってかなり異なる。したがってその使用にあたっては、その成形品が使用される雰囲気の湿度についても考慮することが厳密には必要である。

このように荷重たわみ温度が水分率によって異なるのは、樹脂中にとり込まれた水分によって分子相互間の水素結合が弱められ、分子同士が動きやすくなるため（すなわち、水分が可塑化作用をするため）であろうと考えられている。

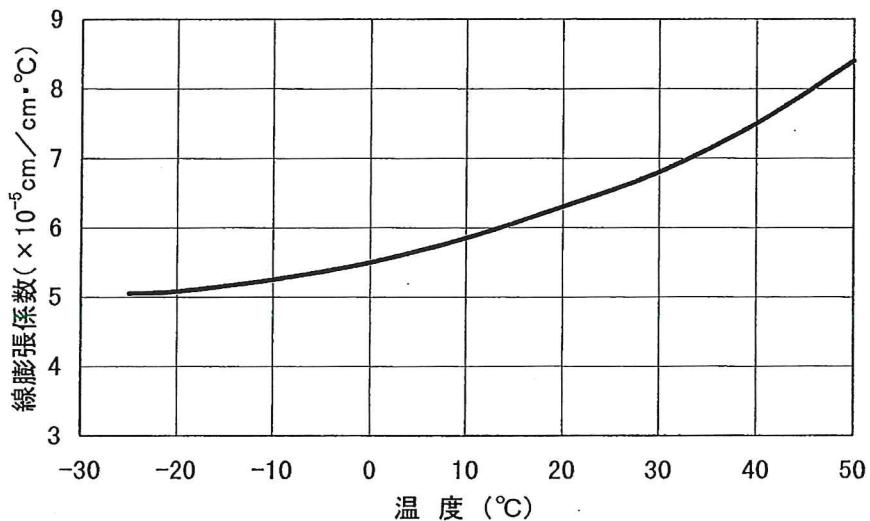
（なおビカット軟化点も荷重たわみ温度と同様に水分率の影響を受けるが、その理由は荷重たわみ温度の場合と同じである。）



【図4-1】 水分率と荷重たわみ温度の関係

#### 4-2 溫度による寸法変化（線膨張係数）

成形品は、使用される雰囲気温度が変化すると、材料固有の線膨張係数に基づく寸法変化を起こす。線膨張係数は温度によって若干異なる。デルペット<sup>TM</sup>の線膨張係数の温度依存性を図4-2に示すが、通常は $6 \times 10^{-5} \text{ cm/cm}\cdot\text{°C}$ とみておけばよい。しかし、例えばランプカバーや看板などのように成形品の内部に光源が存在したり、直射日光を受けたりすると、成形品自体の温度が70～80°Cに上昇することもあるので、成形品によっては $6 \times 10^{-5} \text{ cm/cm}\cdot\text{°C}$ より大きめの線膨張係数を見込み、製品設計をしなければならない場合もある。



【図4-2】 デルペット<sup>TM</sup>成形品の線膨張係数の温度依存性

## 5. 耐化学薬品性

### 5-1 デルペット<sup>TM</sup>の耐化学薬品性

デルペット<sup>TM</sup>は常温において無機塩類の水溶液、脂肪族炭化水素、水添芳香族化合物、脂肪および油に対しては、すぐれた抵抗性を示すが、塩素化脂肪族炭化水素、ケトン、アルコール、エステル、エーテルおよび芳香族炭化水素に対しては、膨潤、失透、溶解などの作用を受ける。

下記表5-1に、デルペット<sup>TM</sup>成形品の耐薬品性の評価結果を示す。

【表5-1】 各種化学薬品に対するデルペット<sup>TM</sup>成形品の耐薬品性

薬 品 名		適用性	
酸	濃塩酸	△	○ 侵されない △ 膨潤したり、クラックやクラーリングが発生したりする ×
	塩酸(10%)	○	
	濃硫酸	×	
	硫酸(30%)	○	
	濃硝酸	×	
	硝酸(30%)	○	
	氷酢酸	×	
	酢酸(10%)	○	
アルカリ	ギ酸	×	
	フェノール	×	
	カセイソーダ(50%)	○	
	アンモニア水(10%)	○	
	n-ヘキサン	○	
	n-ヘプタン	○	
	n-オクタン	○	
	医薬用パラフィン	○	
アルコール系	メチルアルコール	△	
	エチルアルコール	△	
	イソプロピルアルコール	△	
	ブタノール	△	
	変性アルコール	△	
	ベンジルアルコール	×	
	ホルムアルdehyド(40%)	○	
	アセトアルdehyド	×	
アヒドリ系	ベンズアルdehyド	△	
	メチルエーテル	△	
	ジエチルエーテル	△	
	イソプロピルエーテル	△	
	プロピレンオキサイド	×	
	ジオキサン	×	
	セロソルブ	△	
	アセトン	×	
ケトン系	メチルエチルケトン	×	
	メチルイソブチルケトン	×	
	シクロヘキサン	△	
	ギ酸エチル	×	
エーテル系	酢酸メチル	×	
	酢酸エチル	×	
	過酸化水素水(10%)	○	
薬 品 名		適用性	
エステル系	酢酸プロピル	×	
	酢酸ブチル	×	
	酢酸アミル	×	
	ジブチルフタレート	△	
	ジオクチルフタレート	△	
	メタクリル酸メチル	×	
	アクリル酸メチル	×	
芳香族系	ベンゼン	×	
	トルエン	×	
	キシレン	×	
	シクロヘキサン	△	
ハロゲン系炭化水素	二塩化メチレン	×	
	二塩化エチレン	×	
	三塩化エチレン	×	
	クロロホルム	×	
	四塩化炭素	△	
石油類	クロルベンゼン	×	
	ガソリン	○	
	灯油	○	
	テレピン油	○	
フラン系	ソルベントナフサ	○	
	フラン	×	
	フルフラール	×	
	フルブリルアルコール	×	
ニトロ系	テトラヒドロフラン	×	
	ニトロメタン	×	
	ニトロエタン	×	
ニルリ系	ニトロベンゼン	×	
	アセトニトリル	×	
	アクリロニトリル	×	
アミン系	エチレンジアミン	○	
	ジエチルアミン	○	
	ジメチルホルムアミド	×	
	アニリン	×	
その他	食塩水(10%)	○	
	海水	○	
	石鹼水(1%)	○	
	過酸化水素水(10%)	○	

【注意】デルペットの耐薬品性は、一般に上表の通りです(規法)。各薬品のご使用に当たっては、その適否を考慮の上ご使用下さい。尚、詳細はお問い合わせ下さい。

## 6. 耐候性

### 6-1 デルペット™の耐候性

メタクリル樹脂は、プラスチック材料の中では最も耐候性にすぐれた樹脂である。長時間屋外で使用しても、紫外線や風雨による劣化が少なく初期物性をよく保持する。したがって、屋外で継続して使用する用途分野に適しており、その代表的用途が自動車のテールランプカバーである。テールランプカバーに用いられる材料としては、屋外暴露による色度劣化の少ないことが一番重要なポイントであり、特に米国に輸出する自動車に装着されるテールランプカバーは、SAE (Society of Automotive Engineers) 規格に合格し、AMECA (Automatic Manufacturers Equipment Compliance Agency) の使用承認を得ることが必須条件となっている。

自動車用テールランプカバーに使用される色調には、無色透明、橙、赤の三色があり、SAE規格では、それぞれの色について表6-1に示すような色度範囲を規定するとともに、高温多湿地のフロリダと、高温乾燥地のアリゾナにおいて3年間屋外暴露を行い、この色度範囲を越えないこと、および光線透過率の変化が25%以上ないことを定めている。

【表6-1】 自動車用テールランプカバーの色度範囲に関するSAE規格

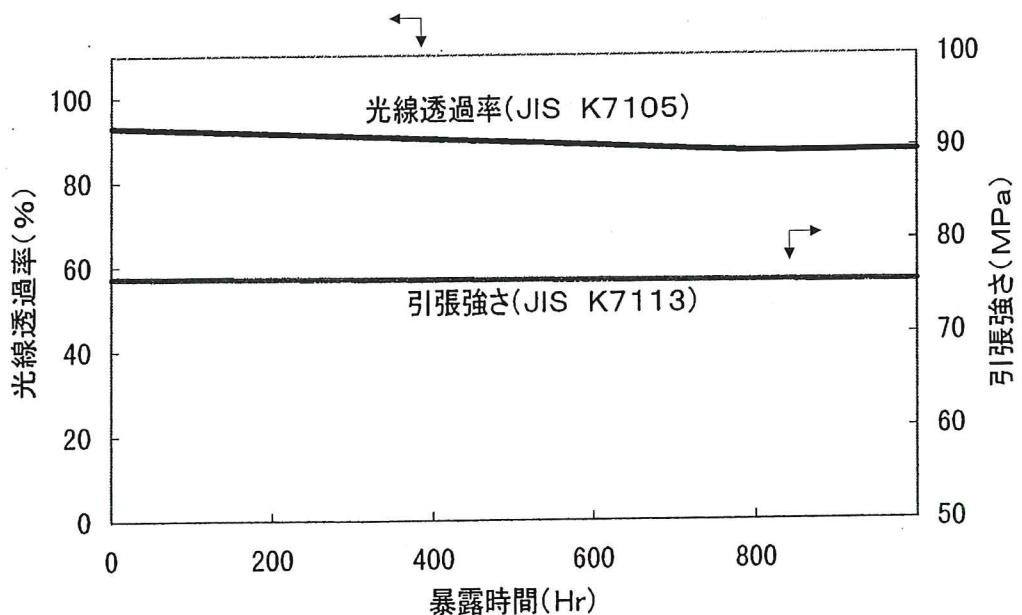
色調	色度範囲			
無色透明	$x = 0.310$	$x = 0.500$	$y = 0.150 + 0.640x$	$y = 0.440$
			$y = 0.050 + 0.750x$	$y = 0.380$
橙	$y = 0.390$		$y = 0.790 - 0.670x$	$y = x - 0.120$
赤	$y = 0.335$		$y = 0.980 - x$	

表6-2にAMECAの認可を得ているデルペット™ 80Nの色番号を示す。

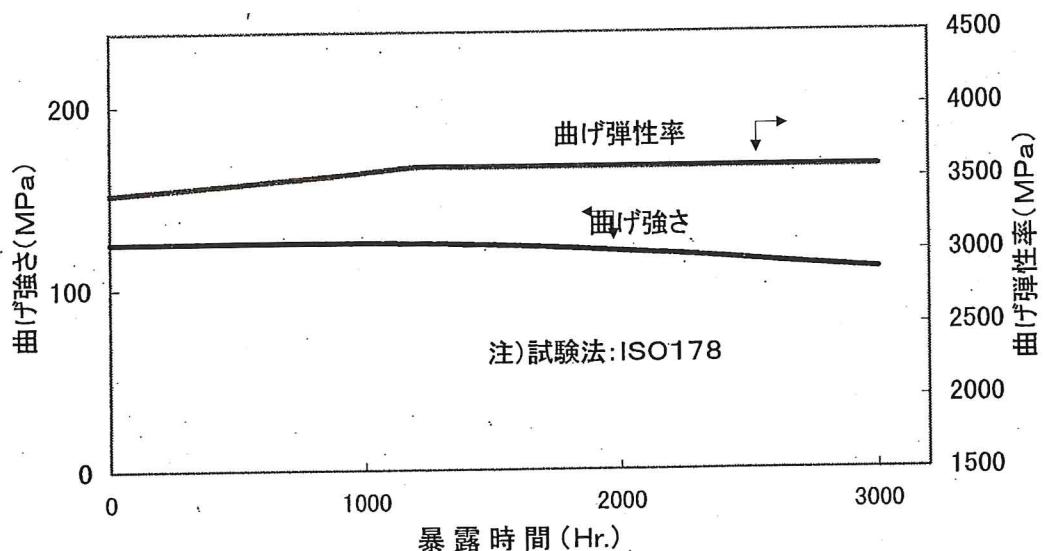
【表6-2】 デルペット™ 80Nの代表的なAMECA認可色番号

橙	赤	透明
23084 23100	33140 33151	99141
23501	33232	

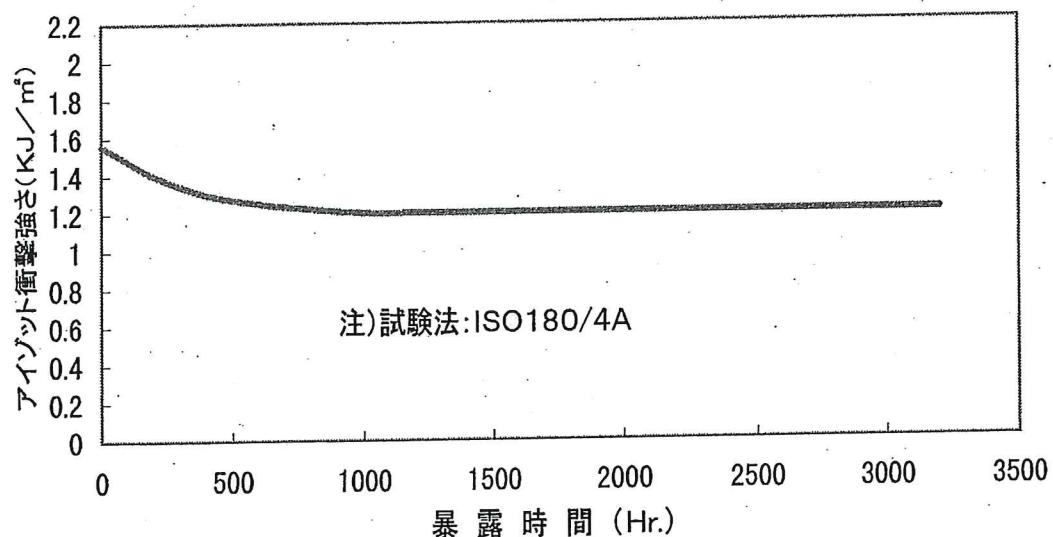
図6-1は、サンシャインウェザーメータを用いて、デルペット<sup>TM</sup> 80Nを促進暴露した結果である。この結果からわかるように、デルペットは光線透過率および引張強さの低下がほとんど見られない。また、図6-2および図6-3には、サンシャインウェザーメータ促進暴露によるデルペット<sup>TM</sup> 60Nの曲げ特性およびアイゾット衝撃強さの変化を示す。



【図6-1】サンシャインウェザーメータによるデルペット<sup>TM</sup> 80Nの  
促進暴露試験結果



【図6-2】デルペット<sup>TM</sup> 60Nの促進暴露による曲げ特性の変化



【図6-3】 デルペット<sup>TM</sup> 60Nの促進暴露によるアイゾット衝撃強さの変化