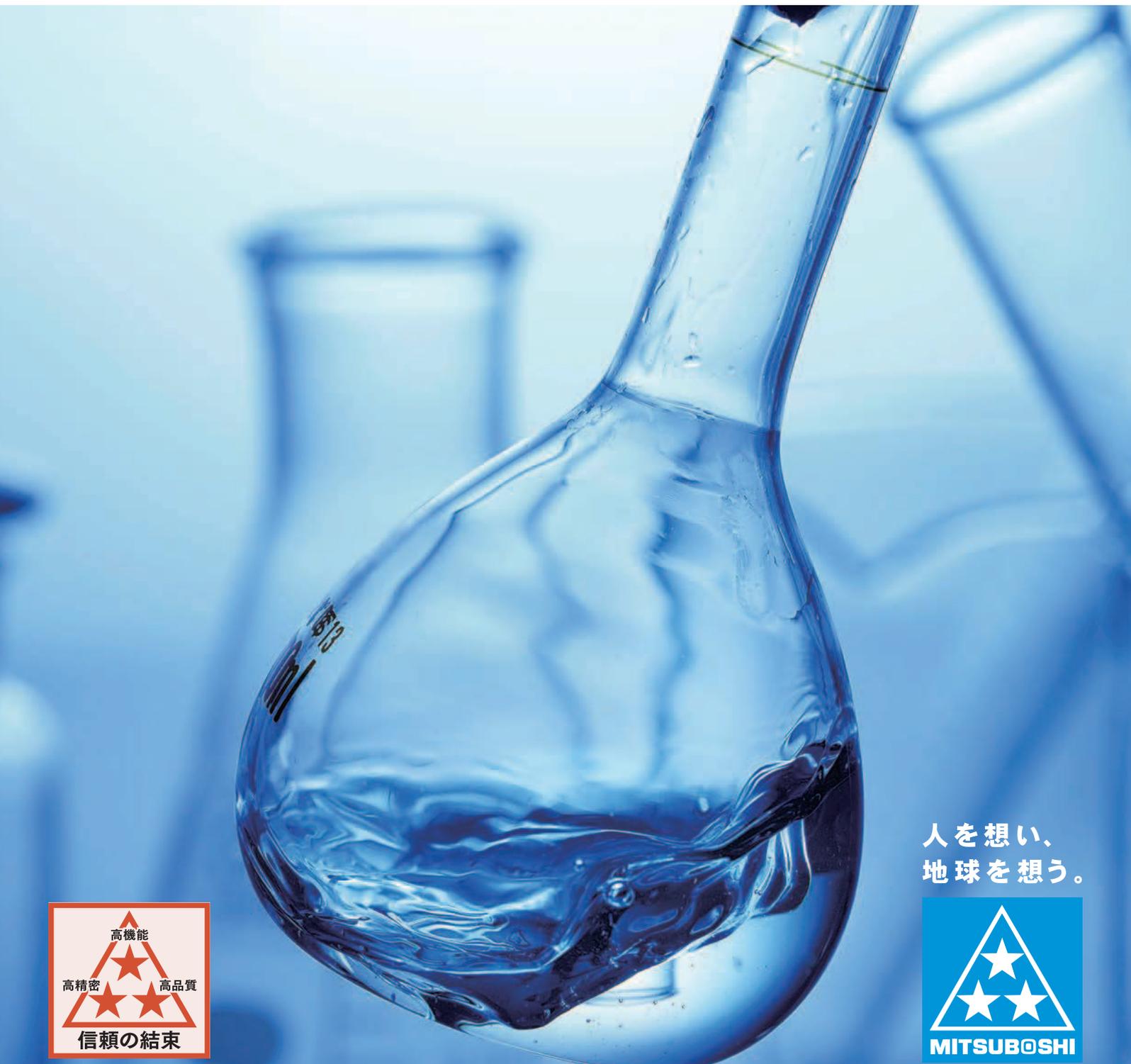


三ツ星ベルト エンジニアリングプラスチック

MEP[®]

キャストナイロン技術資料

MITSUBOSHI ENGINEERING PLASTIC



人を想い、
地球を想う。



2017年7月改訂

CONTENTS

はじめに	2	5. ローラー強度設計	
1. 特長		5-1 ローラーの強度計算 (ヘルツの式)	18
1-1 MEP® キャストナイロンの特長	2	5-2 ローラーの強度計算式 (キャストナイロンへの適用)	18~19
2. 種類	2	5-3 ローラー使用についての検討	19
3. 物性		6. 歯車強度設計	
3-1 MEP® キャストナイロンおよび その他エンジニアリングプラスチックの 物性比較表	3	6-1 歯車強度について	20~22
3-2 機械的強度	4	6-2 歯車の使用について (歯車強度以外)	22
3-3 耐熱性	5	7. 機械加工	
3-4 クリープ特性	6~7	7-1 機械加工に際しての注意事項	23
3-5 摩擦・摩耗特性	8~9	7-2 寸法精度についての注意事項	23~25
3-6 電気的特性	10	7-3 旋盤加工	25
3-7 耐薬品性	11	7-4 フライス加工	25
3-8 吸水性	12~14	7-5 穴あけ加工	25~26
3-9 耐疲労性	15	7-6 切断	26
4. 軸受設計		7-7 研削	26
4-1 負荷条件 (PV 値について)	16	7-8 ネジ切り	26
4-2 MEP® キャストナイロン 軸受の設計方法	16~17	8. 素材の保管について	27
		9. 試験機	27~28
		10. MEP® 用途例	29~30

製品を安全にお使いいただくために ~ご使用前に必ずお読みください。~

製品のご使用に際しては、カタログ、設計資料などをよくお読みいただくと共に、以下の項目について十分注意を払い、正しい取り扱いをしてください。

内容の基準

シンボルマークと区分
シグナルワード



危険 取り扱いを誤ったときに、使用者が死亡または重傷を負う損害・危険が生じることが想定され、かつ損害・危険の発生の可能性が高い場合。



警告 取り扱いを誤ったときに、使用者が死亡または重傷を負う損害・危険が生じることが想定される場合。



注意 取り扱いを誤ったときに、使用者が傷害を負う危険が想定される場合および物的損害のみの発生が想定される場合。

用途・使用目的



生体への移植や体液、体内組織と接触するような医療用途には絶対使用しないでください。使用者が死亡又は重傷を負う恐れがあります。

保管・輸送



重量のある製品は、倒れたり、転がらないよう適切な治具やストッパを用いて保管してください。重量のある製品が倒れたり、転がると、使用者が挟まれて死亡又は重傷を負う恐れがあります。



水平な場所で荷重によるたわみの少ない棚やパレットに保管してください。水平でない所に積み上げると、自重により、スリップを起こし、崩れたり、倒れたりして、使用者が挟まれて死亡又は重傷を負う恐れがあります。



紙や布、樹脂などの絶縁体と擦り合わないようしてください。擦り合わせるにより、静電気によるスパークが発生し、火災や誤動作により、使用者が死亡又は重傷を負う恐れがあります。



開放された空間であっても、製品を燃やさないでください。有害なガスが発生し、中毒を起し傷害を負う恐れがあります。

切削加工



エアークリーパーや切削油を使用し、良く切れる刃物で送りを調節し、極力発熱を抑えて加工してください。無理な加工をすると、局所的な発熱で製品が割れて飛散し、使用者が怪我をする可能性があります。特にドリルでの内径加工は発熱しやすく、注意が必要です。



材料が変形しない程度で十分に固定してください。金属に比べると弾性率が低いので、加工機械への取付が不十分な場合、材料が変形してチャックが外れ、材料が飛び、使用者が怪我をする可能性があります。

はじめに

当社キャストナイロンを設計、運搬、保管、加工、使用される際には必ず前もって巻頭の注意書きをお読みください。

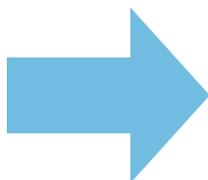
1. 特 長

1-1 MEP®キャストナイロンの特長

当社が独自に開発したキャストナイロン（CN）は、注型により金型中で直接重合したナイロン樹脂（モノマーキャストナイロン）です。一般のナイロン樹脂より高い重合度と結晶化度を有しており、機械的強度、耐熱性、クリープ特性などにすぐれた代表的なエンジニアリングプラスチックの一つです。（UDE、NBEグレードは押出成形で製造したナイロン樹脂です。一般のナイロン6押出品に比べ、機械的強度、耐熱性を高めるべく当社独自で改質を施したエンジニアリングプラスチックになります。）

- (1) 小型から大型までの広い範囲で機械部品の樹脂化が可能です。
- (2) 用途、使用条件に応じたグレードの選定が可能です。
- (3) キャストナイロンで機械部品の樹脂化した場合、次の効果が期待できます。

- ①軽量（比重 1.15）
- ②耐摩耗性、自己潤滑性
- ③衝撃吸収性



- ・省エネルギー
- ・無給油または、給油低減
- ・部品寿命の向上
- ・相手材の損傷低減
- ・騒音軽減
- ・加工製品の品質向上

- (4) 切削加工性にすぐれており、部品の製作が容易です。

2. 種 類

CN-UD アイボリー 標準グレード	CN-NB ブルー 標準グレード
キャストナイロンの特長である機械的強度を飛躍的に向上させ、高温における物性の低下を抑えたことにより、金属製が多かった高荷重下での機械部品にもご使用いただいております。	
CN-MD ブラック 軽・中負荷摺動グレード	CN-CL グリーン 摺動グレード
キャストナイロン標準グレードに当社独自ブレンドを加え、標準グレード品に比べ優れた摺動性能をもっています。	当社独自の滑剤を混合し、キャストナイロンの優れた特性を保持しながら、非常に高い摩擦・摩耗特性をもっています。また、長時間の使用に耐える潤滑性能を備えています。
CN-CDH ブラック 導電グレード	CN-HM ブラウン 高剛性・耐熱グレード
体積抵抗率 $10^3 \sim 10^4 \Omega \cdot m$ と、導電～帯電防止性能を有しております。抵抗値も安定しており、摩耗や経時による抵抗値の変化もありません。	剛性が高く、寸法安定性に優れた特性を有しております。また熱安定性に優れ、標準グレードに比べ高温環境下でご使用いただけます。
CN-UDE アイボリー 押出グレード	CN-NBE ブルー 押出グレード
一般のナイロン6押出品より機械的強度・耐熱性を高めるべく当社独自で改質をほどこしたエンジニアリングプラスチックです。キャストナイロンUD/NBグレードに近い物性を有しており、小型のギア、軸受け、ローラなどの機械部品にお使いいただける経済的なグレードとなっております。	

3. 物 性

3-1 MEP® キャストナイロン

およびその他エンジニアリングプラスチックの物性比較表

表-1 キャストナイロンの物性

特 性	ASTM 試験法	単 位	キャストナイロン					
			NB,UD	CL	MD	CDH	HM	UDE,NBE
比重	D-792	—	1.15~1.16	1.12~1.13	1.16~1.17	1.25~1.27	1.22	1.15
ロックウェル硬度	D-785	Rスケール	115~120	100~112	113~117	115~120	115	120
引張強さ	D-638	MPa	78~93	59~74	74~93	70~80	85	76
伸び	D-638	%	20~50	10~30	18~40	5~8	14	48
引張弾性率	D-638	10 ³ MPa	3.0~3.5	2.0~2.5	2.8~3.3	—	3.8	2.9
曲げ強さ	D-790	MPa	103~123	78~93	98~118	120	119	110
曲げ弾性率	D-790	10 ³ MPa	3.0~4.0	2.0~3.0	3.0~3.8	—	3.9	3.0
圧縮強さ	D-695	MPa	93~108	74~83	88~98	75	—	91
圧縮弾性率	D-695	10 ³ MPa	3.0~3.7	2.5~2.9	3.1~3.4	—	—	—
剪断強さ	D-732	MPa	74~78	58~64	69~74	—	—	74
アイソット衝撃強さ(ノッチ付)	D-256	J/m	34~54	37~65	30~50	30~50	51	33
燃焼速度(燃焼性)	D-635	—	自己消火性	自己消火性	自己消火性	自己消火性	自己消火性	自己消火性
線膨張係数	D-696	10 ⁻⁵ /°C	8.0	8.6	9.0	12.7	6.0	9.0
熱変形温度	0.451MPa D-648	°C	210~215	170~180	205~210	—	—	193
	1.813MPa D-648	°C	185~200	105~115	170~195	—	—	94
融点	D-789	°C	220	220	220	220	220	215
吸水率	24hr浸漬 D-570	%	0.5~0.9	0.6~0.8	0.9~1.2	0.6~0.7	0.5	1.3
	飽和値 D-570	%	4~6	3~6	4~6	3~6	—	7
許容PV値	社内法	kPa·m/sec	820	2,290	980	750	750	820

注：上記特性数値は、各テスト方法による代表的な値となります。数値は状態調節（23°C、50%RH、88時間）後の値です。参考値としてご利用ください。（最低保証値を示すものではありません）

表-2 エンジニアリングプラスチックの物性

特 性	ASTM 試験法	単 位	そ の 他			
			ナイロン6	ナイロン66	ポリアセタール コポリマー	UHMW-PE (NA)
比重	D-792	—	1.12~1.14	1.13~1.15	1.41	0.94
ロックウェル硬度	D-785	Rスケール	110	118	115	—
引張り強さ	D-638	MPa	62	87	62	37
伸び	D-638	%	290	90	50	365
引張弾性率	D-638	10 ³ MPa	2.7	2.8	2.8	0.5
曲げ強さ	D-790	MPa	102	95	89	26
曲げ弾性率	D-790	10 ³ MPa	—	—	—	—
圧縮強さ	D-695	MPa	89	103	108	19
圧縮弾性率	D-695	10 ³ MPa	—	—	—	—
剪断強さ	D-732	MPa	—	—	—	—
アイソット衝撃強さ(ノッチ付)	D-256	J/m	46~53	27~30	100	破壊せず
燃焼速度(燃焼性)	D-635	—	自己消火性	自己消火性	遅い	—
線膨張係数	D-696	10 ⁻⁵ /°C	9.0	10.0	10.0	20.0
熱変形温度	0.451MPa D-648	°C	127~170	180	158	96
	1.813MPa D-648	°C	55~58	58~61	110	—
融点	D-789	°C	215	255	165	135
吸水率	24hr浸漬 D-570	%	2.9	1.5	0.22	<0.01
	飽和値 D-570	%	10	8	—	—
許容PV値	社内法	kPa·m/sec	490	820	490	490

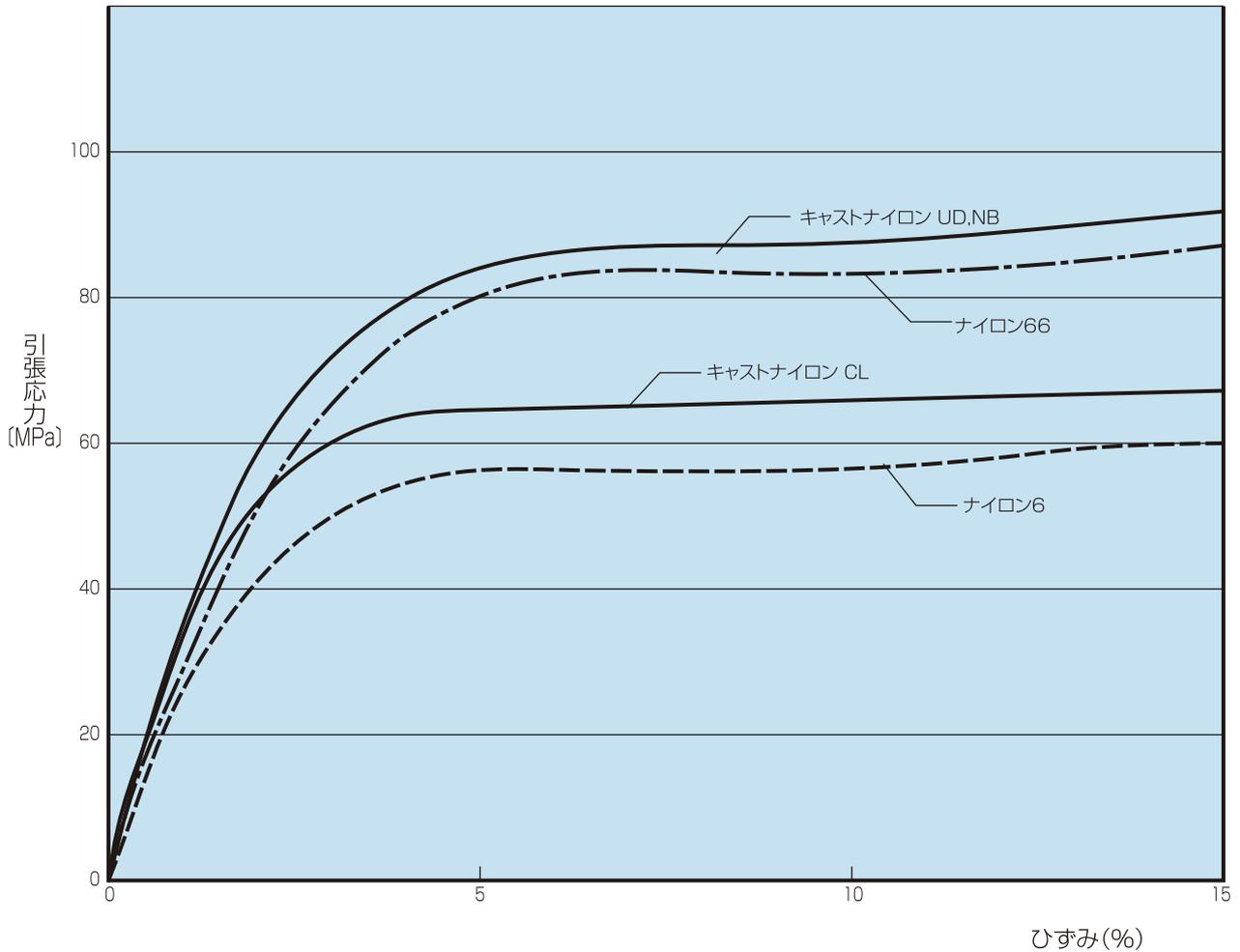
注：上記特性数値は、各テスト方法による代表的な値となります。数値は状態調節（23°C、50%RH、88時間）後の値です。参考値としてご利用ください。（最低保証値を示すものではありません）

3-2 機械的強度

(1) 合成樹脂の機械的特性は、一般に応力-ひずみ曲線によって代表されます。

MEP[®]キャストナイロンは図-1に示すように、非常にすぐれた特性を備えています。

■図-1 引張応力-ひずみ曲線 (絶乾23℃)



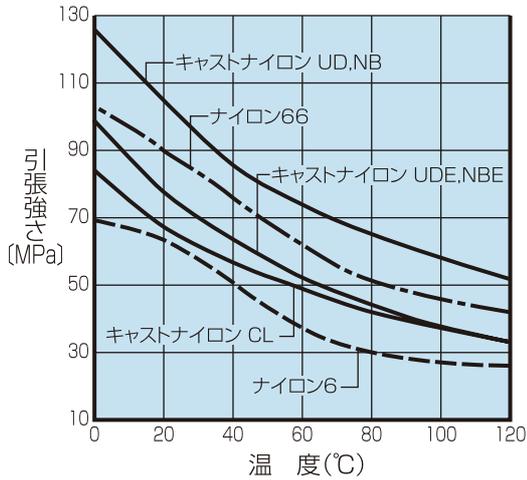
3-3 耐熱性

(2) 合成樹脂は温度依存性が高く、雰囲気温度により、その特性が変化します。

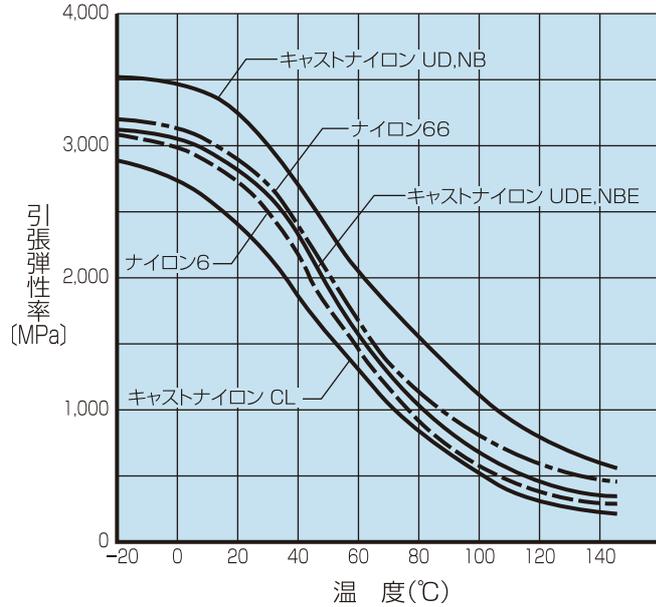
MEP®キャストナイロンは耐熱性にすぐれ、高温での連続使用も可能です。

MEP®キャストナイロンの機械的強度と温度の関係は図-2、図-3、図-4、図-5を参照ください。

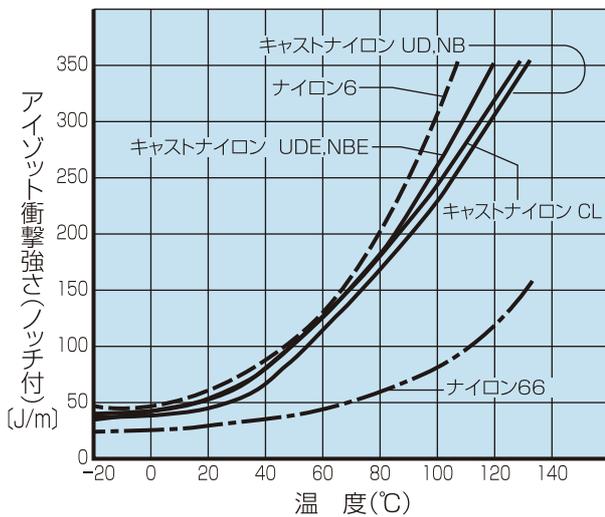
■図-2 引張強さと温度の関係(絶乾)



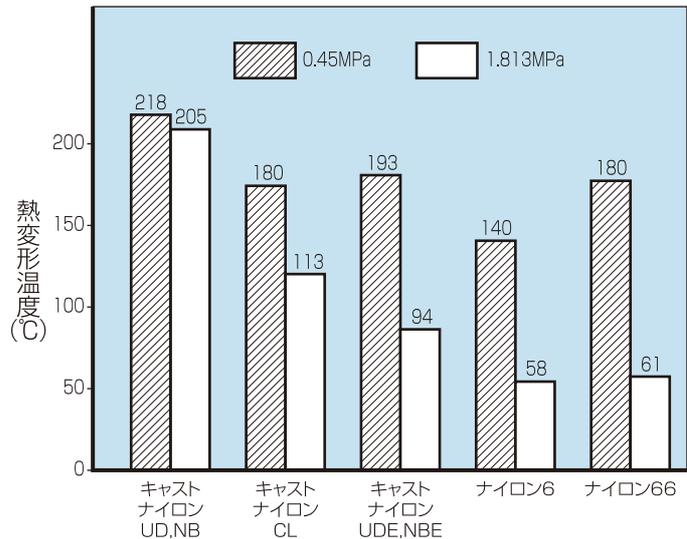
■図-3 引張弾性率と温度の関係(絶乾)



■図-4 アイゾット衝撃強さと温度の関係(絶乾)



■図-5 熱変形温度(絶乾)

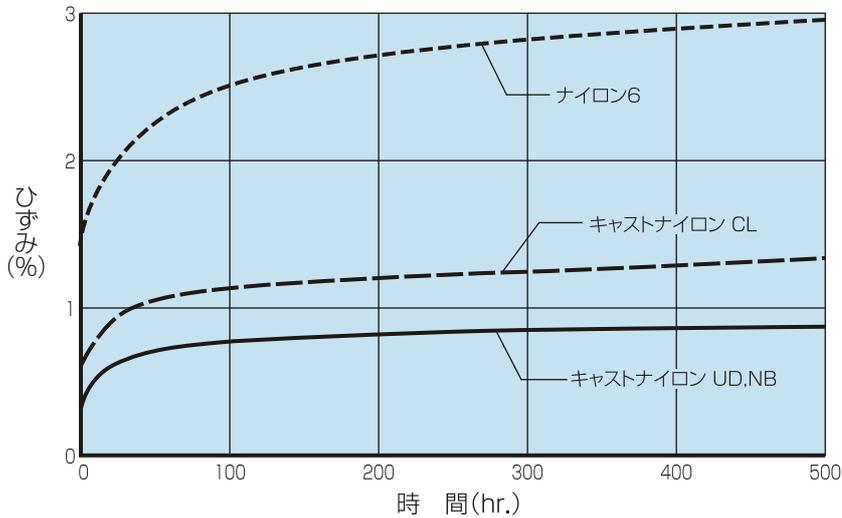


3-4 クリープ特性

(1) 耐クリープ性

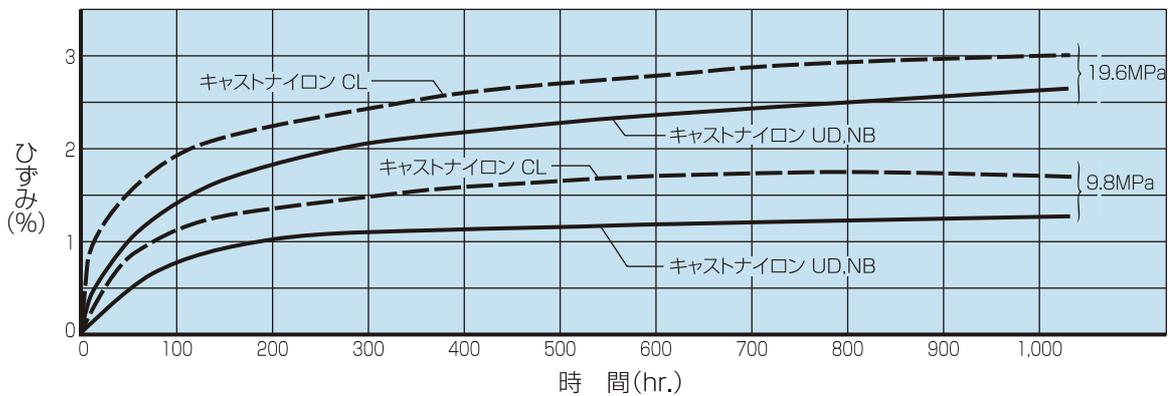
クリープ現象とは、一定荷重を連続して加えると、時間と共にひずみが増加する現象をいいます。

■図-6 引張クリープ(絶乾、40°C、応力9.8MPa)

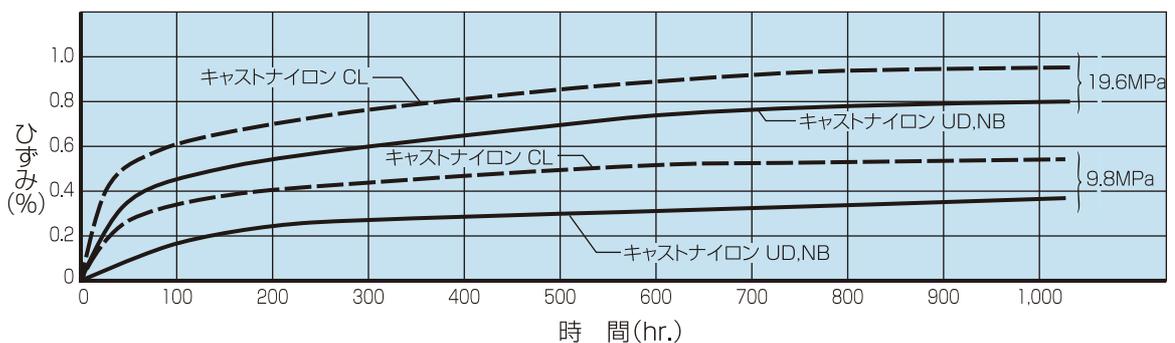


- ① MEP®キャストナイロンは、ひずみのほとんどが短時間に起こり、その後は非常にゆるやかな変化になります。
- ② ナイロン6などと比較しても、その値は非常に小さいといえます。
(図-6、図-7、図-8)

■図-7 引張クリープ(絶乾23°C)



■図-8 圧縮クリープ(絶乾23°C)



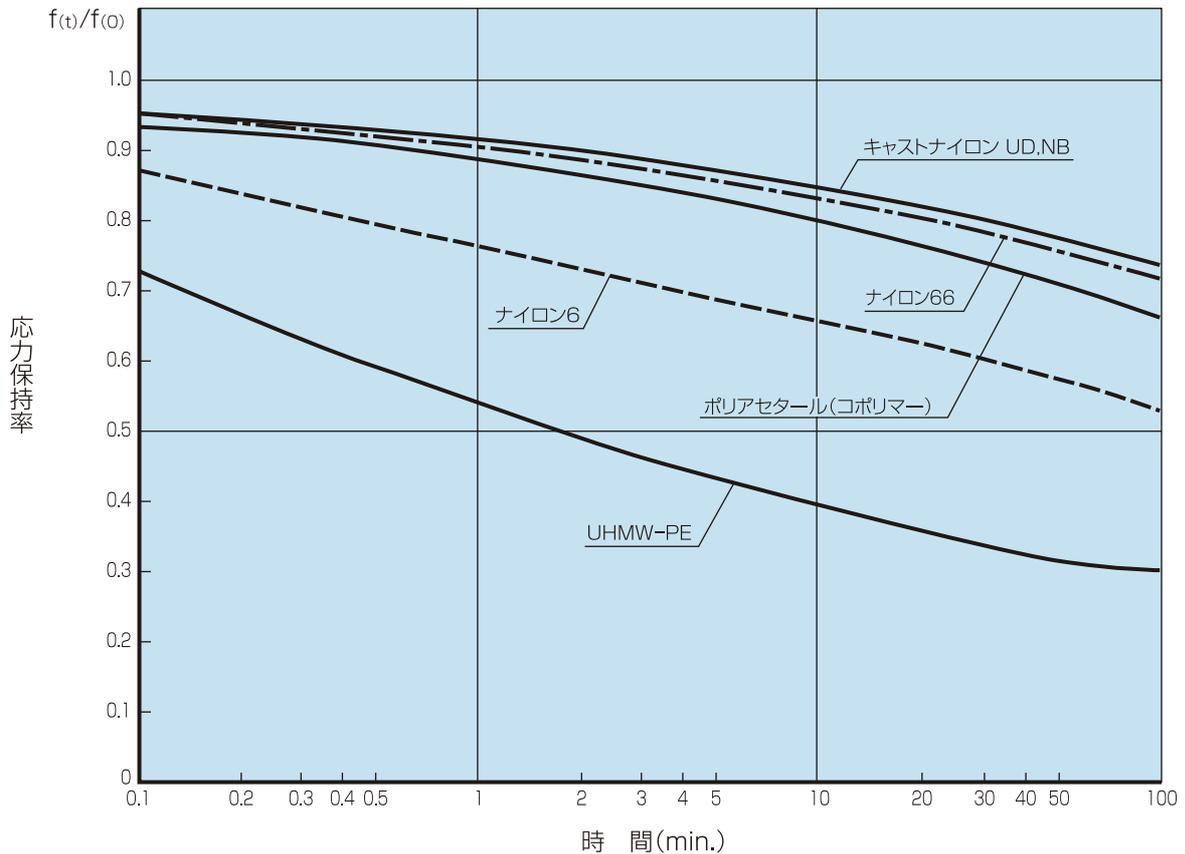
(2) 応力緩和

物体に一定の変形（ひずみ）を与えて固定しておく、物体は当初そのひずみに対応する応力を示しますが、時間の経過とともに応力が減少する傾向になります。これは物体中に「ずれ」が生じているため、このように長時間一定のひずみを受けているうちに物体内の応力が減少していく現象を応力緩和といいます。長時間、応力を受ける用途では耐クリープ性とともに重要な特性です。

① **MEP**® キャストナイロンは応力緩和の小さいすぐれた材料です。

② サンプルに初期荷重 $f(0) = 9.8\text{MPa}$ をかけ、その時点でのひずみを保持し、一定時間後の応力 $f(t)$ を読み取り、 $f(t)/f(0)$ の経時変化をプロットしたのが図-9です。
ポリアセタール、ナイロン66よりさらに小さい応力緩和を示します。

■ 図-9 40℃雰囲気下での応力緩和(初期荷重 $f(0)=9.8\text{MPa}$)

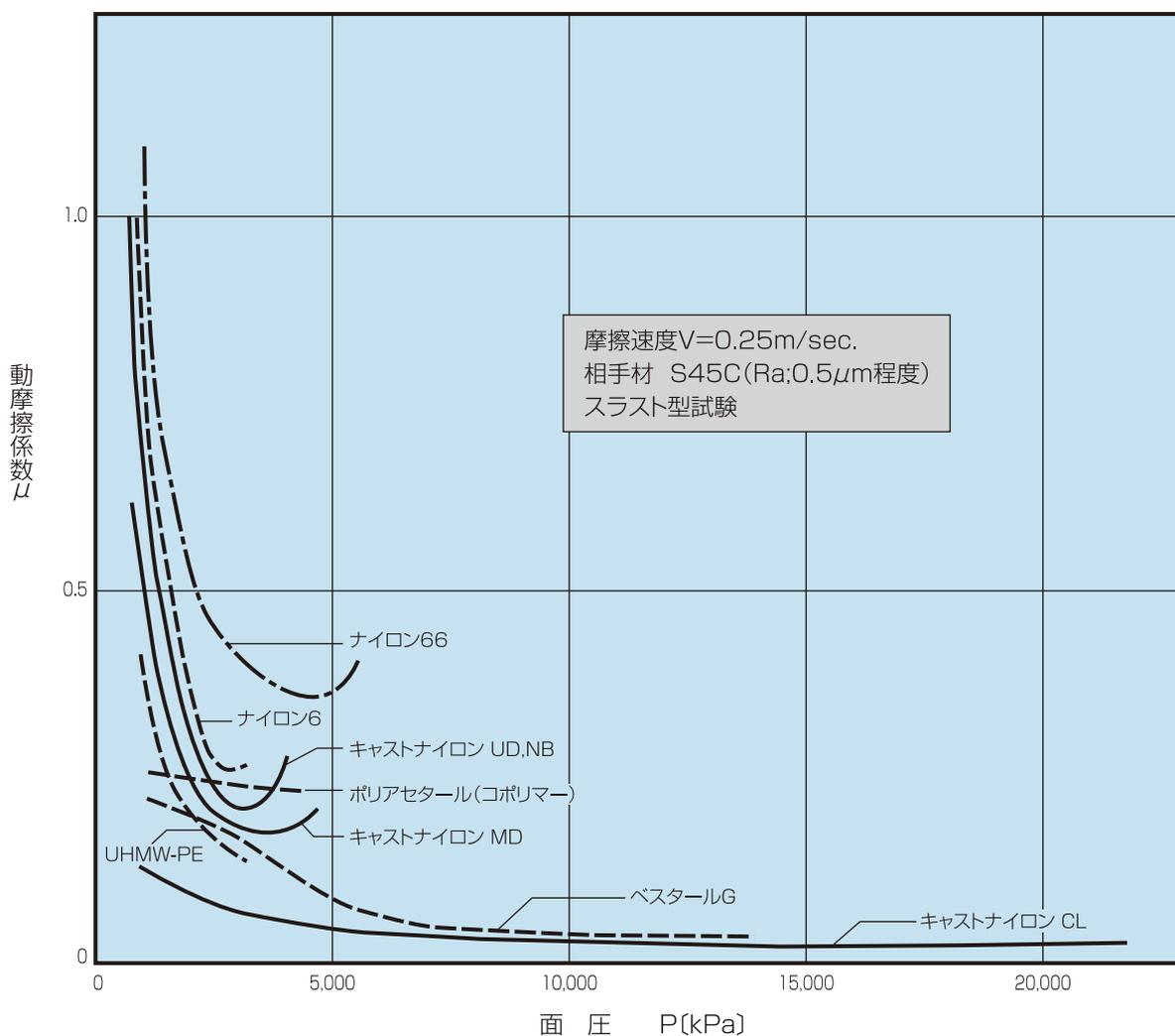


3-5 摩擦・摩耗特性

摩擦・摩耗特性は相手材の種類、表面粗度、摺動の種類、摺動の条件（温度、速度、面圧、潤滑有無・頻度など）などの影響を受けるため、単純に試験室データで判断することは困難です。実機評価または実機に近い条件下でのデータで、最終的な使用可否の判断をされることをおすすめします。

- (1) **MEP**® キャストナイロンCLは金属面との摺動において、特にすぐれた滑り易さと耐摩耗性を示します。当社独自の配合処方により、キャストナイロンのすぐれた自己潤滑性をさらに向上させており、より高速・高負荷摺動条件下の使用にも適しています。（図-10、表-3、表-4、表-5）

■図-10 無潤滑における動摩擦係数の圧力依存性



(2) **MEP**®キャストナイロンは、自己潤滑性にすぐれていますので、通常の使用では潤滑剤を必要としません。(表-3)

■表-3 スラスト試験による摩擦係数

材 質	動摩擦係数	静摩擦係数
キャストナイロンUD,NB	0.27(0.05)	0.30
キャストナイロンCL	0.10(0.05)	0.26
キャストナイロンMD	0.26	0.28
キャストナイロンUDE,NBE	0.26	0.28
ナイロン6	0.35	0.38
ナイロン66	0.40	0.43
UHMW-PE	0.18	0.19
ポリアセタール	0.23	0.26
ベスタールG	0.20	0.22
砲 金	0.51	0.54

(注)動摩擦係数()内の数値は、潤滑有りのときの数値

測定条件

■相手材：S45C(Ra:0.5μm程度)

■潤滑：無(有)

■面圧：1,960kPa

■速度：動摩擦係数

測定時0.25m/sec.

(3) ただし、潤滑剤を使用することで、より摺動特性が向上します。(表-4)
 厳しい条件下でご使用の場合には初期潤滑または、定期潤滑をおすすめします。

■表-4 キャストナイロン CL における潤滑剤使用効果例

摺 動 特 性	単 位	潤 滑 *	無 潤 滑
限界PV値	kPa·m/sec.	6,500	3,500
動摩擦係数 (PV=2,500の時)	—	0.050	0.078
動摩擦係数 (最 小)	—	0.003	0.028
摩 耗 量 (限界PVの時)	無潤滑=1.0	0.3	1.0

*ダフニーグリースM NLGI No.1を塗布し12hr後にペーパータオルで軽く拭き取った後、測定。

測定条件

■スラスト試験機

■相手材：S45C(Ra:0.5μm程度)

■速 度：0.83m/sec.

■面 圧：10minごとに
980kPa上昇

(4) 摩擦・摩耗耐久性を示す特性の例を表-5に示します。相手材、条件により優劣は変化しますのでご留意ください。

■表-5 摩擦・摩耗耐久性の例

使用環境 耐久性指標 材 質	ざらつき摩耗※			すべり摩耗	
	A テーパー摩耗 (ホイール CS-17)	B テーパー摩耗 (ホイール H-22)	C サンドスラリー摩耗	D スラスト摩耗 (10°cm ² /(kPa)·(m/sec)·h)	E 許容PV値(kPa·m/sec.)
キャストナイロンUD,NB	13	8	57	1.2	820
キャストナイロンCL	14	9	46	0.3	2,290
キャストナイロンMD	14	9	63	1.2	980
キャストナイロンUDE,NBE	15	9	80	2.8	820
ナイロン6	17	9	90	2.4	490
ナイロン66	19	10	78	2.1	820
UHMW-PE	5	6	15	4.6	490
ポリアセタール	63	36	230	1.7	490
ベスタールG	74	31	100	0.9	1,300
鋼(SS400)	100	100	100	—	—

※ざらつき摩耗の値は、鋼(SS400)を100とした場合の体積摩耗量を相対値で表した値です。

測定条件 A, B : テーパー摩耗試験機、荷重=9.8N、摩擦回数=1,000回

C : サンドスラリー摩耗試験機、サンドスラリー=5号珪砂50wt.%+水50wt.%、1,200r.p.m.×7.5hr.

D : スラスト試験機、無潤滑、相手材=S45C(Ra:0.5μm程度)、P=1,960kPa、V=0.25m/sec.20hr.

E : スラスト試験機、無潤滑、相手材=S45C(Ra:0.5μm程度)、P=10min.毎に漸増、V=0.25m/sec.

3-6 電気的特性

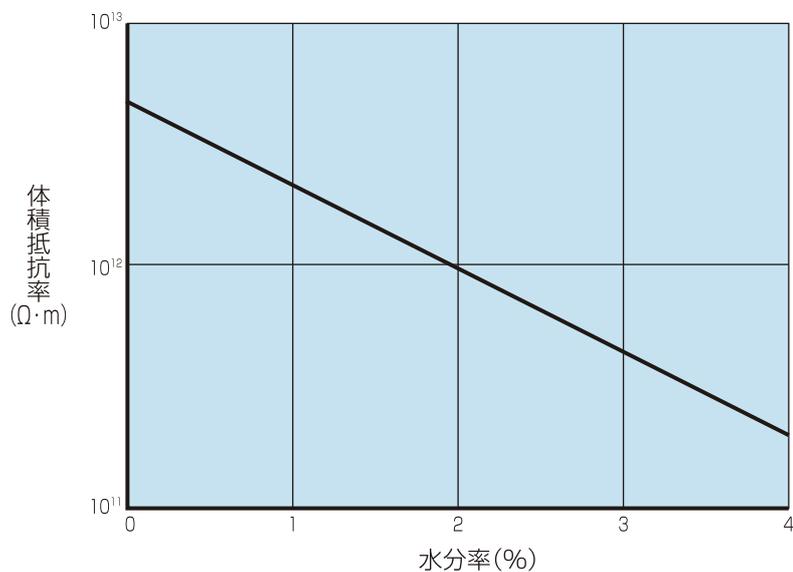
(1) 一般にナイロン樹脂の電気的性質は、その吸水性のため、他のエンジニアリングプラスチックに比べて、特にすぐれているとはいえませんが、**MEP**[®]キャストナイロンは吸水率が通常のナイロン6より小さいので、比較的良好な電気的特性を示します。(表-6)

■表-6 電気的特性(絶乾)

特 性		ASTM 試験法	単 位	キャストナイロン UD,NB	ポリアセタール
体 積 抵 抗 率		D-257	$\Omega \cdot m$	$10^{12} \sim 10^{13}$	6×10^{12}
誘 電 率	60Hz	D-150	-	3.7	3.7
	10^3 Hz			3.7	3.7
	10^6 Hz			3.7	3.1
誘 電 正 接	60Hz	D-150	-	0.02	0.001
	10^3 Hz			0.02	0.002
	10^6 Hz			0.02	0.007
絶縁破壊強さ	短時間法	D-149	kV/mm	18~22	20

(2) **MEP**[®]キャストナイロンの体積抵抗率と水分率の関係を図-11に示します。

■図-11 体積抵抗率の水分率依存性 (キャストナイロンUD,NB)



3-7 耐薬品性

- (1) **MEP**®キャストナイロンは化学組成がナイロン6と同等であるため、ナイロン6とほとんど同じ良好な耐薬品性を有します。
- (2) 耐薬品性は、薬品の種類・濃度・温度および材料にかかる応力により影響を受けますので使用条件にご留意ください。キャストナイロンの耐薬品性の目安を表-7に示します。
- (3) 常温（23℃）での耐薬品性の概要は次の通りです。

①使用に耐えるもの

アルカリ、アルコール、エーテル、
ケトン、炭化水素、ハロゲン化炭化水素、
油類、洗剤など

②使用に耐えないもの

無機酸（濃硫酸、濃塩酸、濃硝酸、
濃フッ化水素酸）、フェノール、ギ酸など

(注) 上記枠内及び表-7の結果は限られた物性の変化をもとに判定されたものであり、またこれらの結果を保証するものではありません。

実際の使用には実機評価または実機に近い条件下でのデータで最終的な使用可否の判断をされる事をおすすめします。また水溶液については、キャストナイロンの吸水性にも考慮が必要です。

■表-7 キャストナイロンの耐薬品性（表示以外は温度=23℃）

☆無機酸			☆アルデヒド、ケトン			☆炭化水素		
塩酸 (10%) (2%)	×	△	アセトン	○		ベンゼン	○	
硫酸 (10%) (2%)	×	△	メチルエチルケトン	○		トルエン	○	
硝酸 (10%) (5%・40℃)	×	×	ホルマリン	○		キシレン	○	
クロム酸 (10%)	×	×	アセトアルデヒド	○		パラフィン類	○	
☆無機塩基			☆アルコール			シクロヘキサン		
水酸化ナトリウム (50%)	○		メタノール	○		ナフタリン	○	
〃 (30%・70℃)	×		エタノール	○		☆ハロゲン化物		
水酸化カリウム (10%)	○		プロパノール	○		四塩化炭素	○	
アンモニア水 (10%)	○		ブタノール	○		クロロホルム	△	
☆無機塩			グリセリン	○		トリクロロエチレン	○	
炭酸ナトリウム	○		エチレングリコール	○		パークロロエチレン	○	
塩化ナトリウム	○		☆有機酸			☆その他		
硫酸ナトリウム	○		ギ酸 (10%)	×		フェノール	×	
塩化アンモニウム	○		酢酸 (10%) (50%)	△ △		酢酸エチル	○	
塩化カリウム	○		〃 (50%・70℃) (100%)	△ ×		ガソリン	○	
塩化カルシウム	○		クエン酸 (10%)	△		エーテル	○	
塩化亜鉛	×		乳酸	○		食用油	○	
塩化バリウム	○		安息香酸	△		鉱物油	○	
次亜塩素酸ナトリウム (5%)	○							

○ 使用できる：長期使用では若干膨潤する場合があります。

△ 使用注意：条件により使用可。

× 使用不可：溶解、もしくは劣化、膨潤します。

(注)：()内%は濃度、℃は温度

3-8 吸水性

(1) 一般にナイロン樹脂は、分子内に親水基であるアミド結合 ($-NHCO-$) を持っているため、ある程度の吸水は避けられません。吸水により機械的特性の変化や寸法変化 (増加) が発生しますが、**MEP**[®] キャストナイロンは、一般のナイロン樹脂と比べ重合度と結晶化度が高いため、吸水性が著しく改良されています。(表-8、図-12)

■表-8 各種ナイロン樹脂の吸水性(水中浸漬)

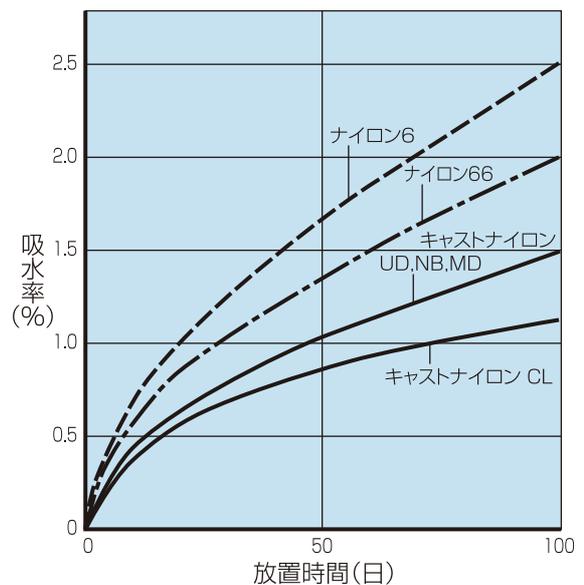
種 類	吸水率% (24hr. 浸漬時)	飽和吸水率%
キャストナイロンUD,NB	0.5~0.9	4~6
キャストナイロンCL	0.6~0.8	3~6
ナイロン6	2.9	10
ナイロン66	1.5	8

(2) 吸水は、大気または水と接触する製品の表面層から内部へ徐々に進みます。このため吸水速度は、製品の肉厚により異なります。(図-13、図-14)

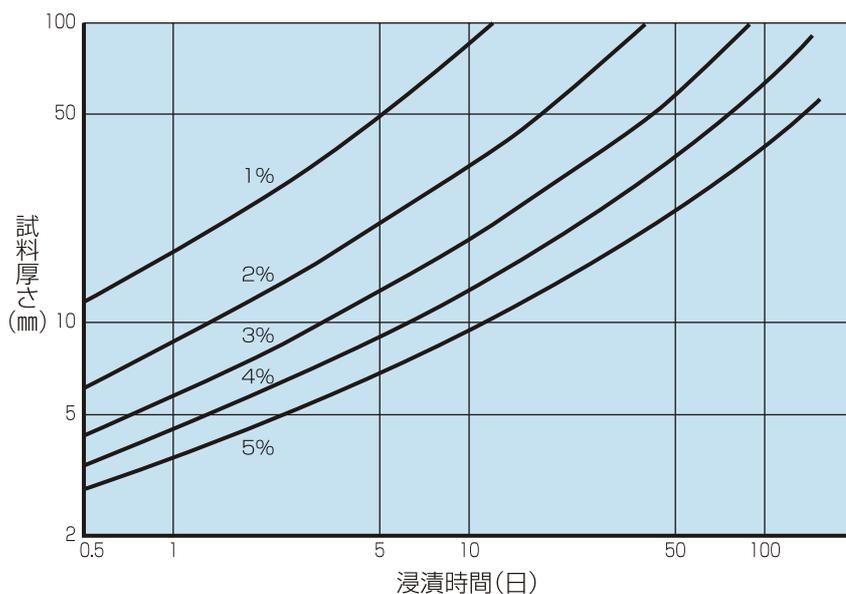
(3) 製品を長期間使用するときの飽和吸水率は、大気中で2.5%~3%、水中または水がかかるときは大気中の飽和吸水率の約2倍となります。

■図-12 各種ナイロンの吸水速度

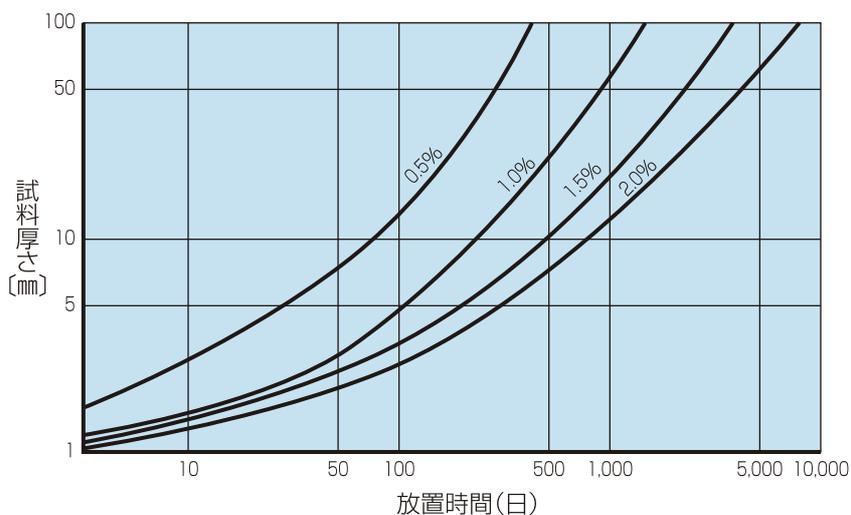
(20°C, 60%RH
試料寸法50mm×50mm×3mm厚)



■図-13 キャストナイロンUD,NB,MDの80°C熱水中での吸水速度



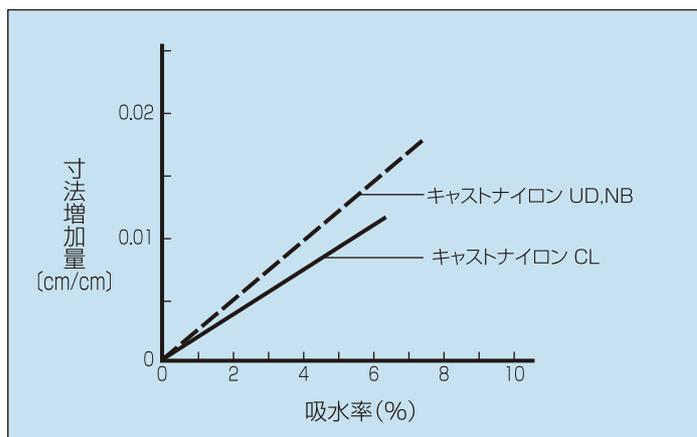
■図-14 キャストナイロンUD,NB,MDの大気中(60%RH)での吸水速度



(4) 図-15はキャストナイロンの吸水による寸法変化を示します。

①水中、水のかかる条件下、高湿度下または大気中で長期に使用する場合で寸法変化が問題となる用途には、事前の吸水処理（調湿）が寸法変化量を少なくするのに有効です。

■図-15 キャストナイロンの吸水率と寸法増加量

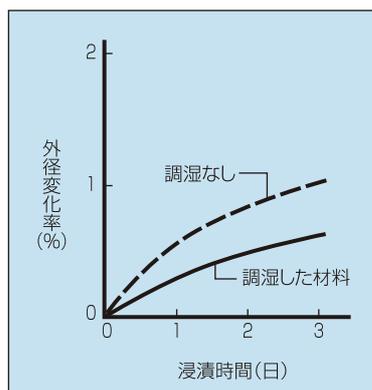


②事前調湿の効果例を図-16、図-17、図-18に示します。

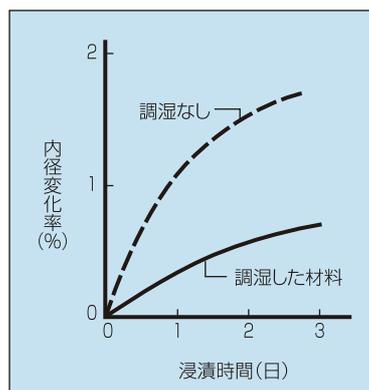
試料寸法：φ120×φ60×6tのキャストナイロンCL

※調湿条件：80℃熱水中で24hr. 寸法変化促進条件：70℃の熱水中に浸漬

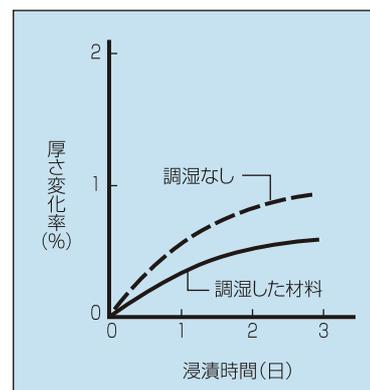
■図-16



■図-17



■図-18



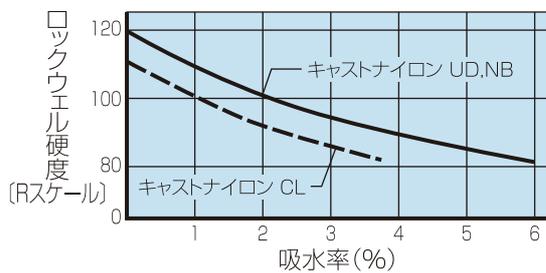
(5) 吸水により機械的特性も変化(低下または上昇)します。

- ①特に吸水しやすい条件下(水中、水がかかる状況下など直接水分が製品に接触する用途および高湿度下)の使用には、事前の配慮が必要です。
- ②吸水率(水分率)の増加により柔軟性が増加し機械的特性は次のように変化します。

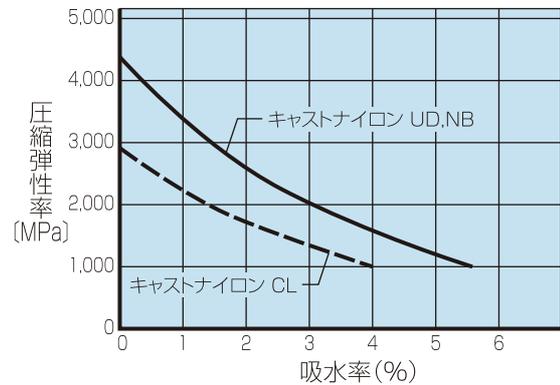
- 硬度低下、引張・圧縮・曲げ強さと弾性率低下、耐クリープ性低下など。
- 伸び上昇、衝撃強さ上昇など
- 相手材、使用条件により耐摩耗性上昇または低下

● 機械的特性が変化する例を示します。(図-19、図-20、図-21、図-22、図-23)

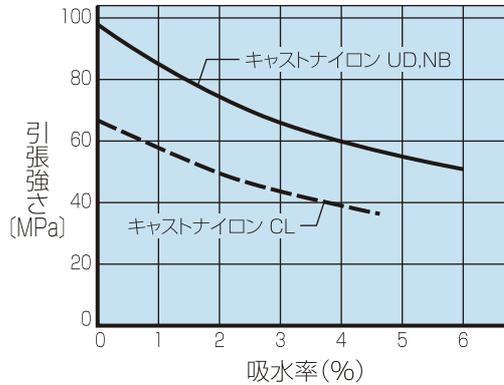
■ 図-19 吸水率とロックウェル硬度の関係(23℃)



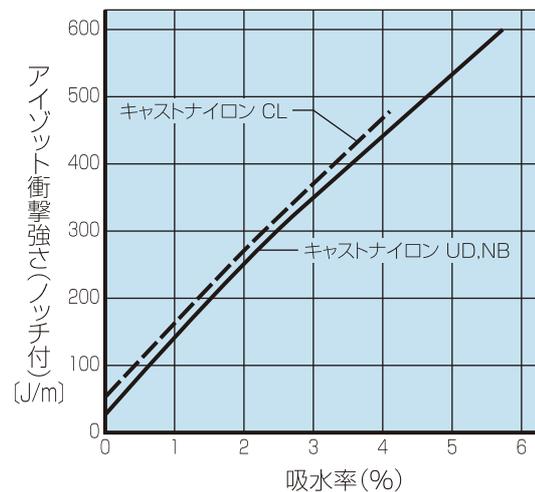
■ 図-22 吸水率と圧縮弾性率の関係(23℃)



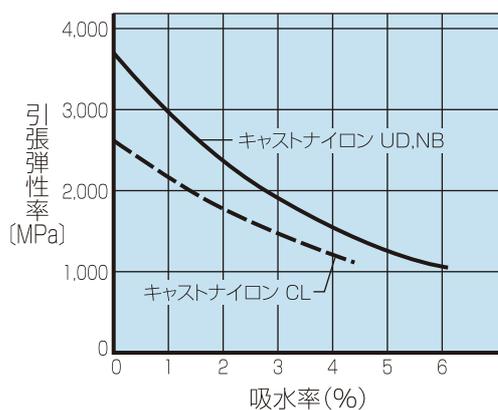
■ 図-20 吸水率と引張強さの関係(23℃)



■ 図-23 吸水率とアイゾット衝撃強度の関係(23℃)



■ 図-21 吸水率と引張弾性率の関係(23℃)



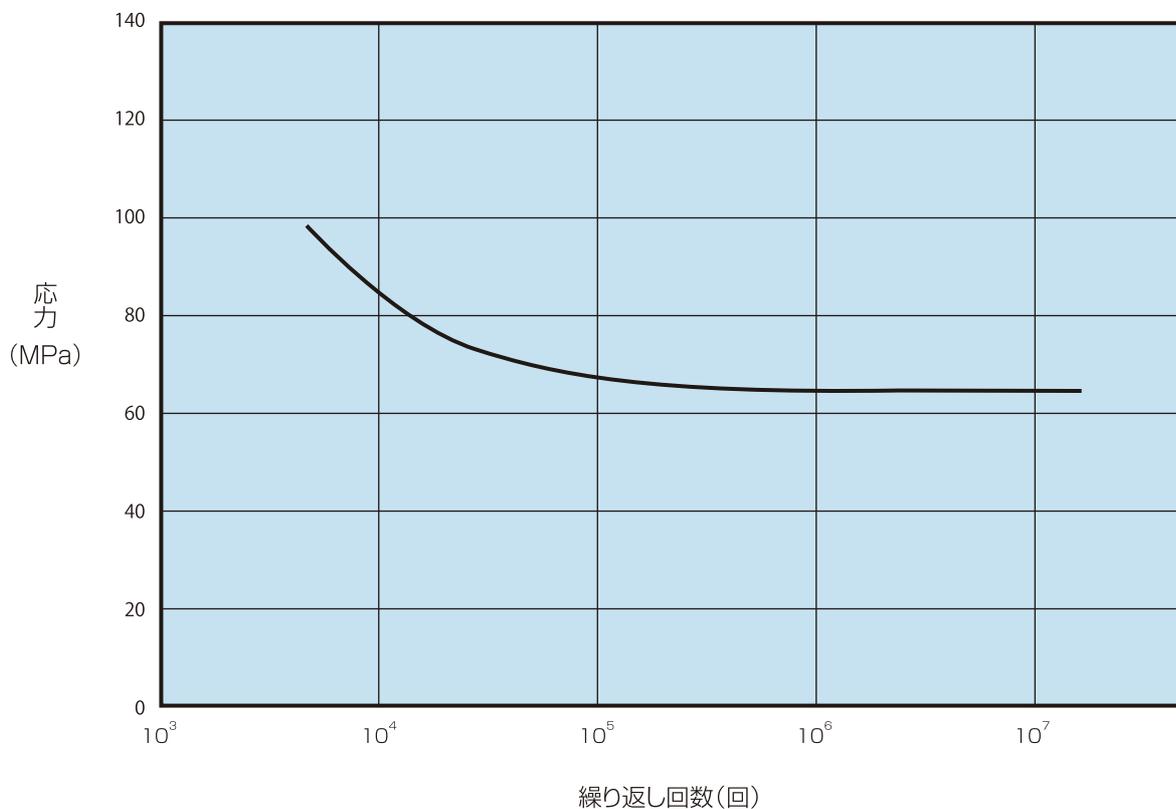
3-9 耐疲労性

キャストナイロンは耐疲労特性に優れた材料です。耐疲労特性は使用条件（温度、湿度、頻度など）の影響を受けます。

特に、キャストナイロン吸水による機械的強度への影響を考慮する必要があります。最終的な使用可否判断については、実機評価または実機に近い条件下でのデータで判断されることをおすすめします。

試験片形状 : ASTM D671 TYPE-A
試験速度 : 15Hz
試験温度 : 23°C
最大繰り返し回数 : 10^7 回
備考 : 荷重一定（曲げ疲労（両振り））

■図-24 キャストナイロンUD,NB 曲げ疲労特性



4. 軸受設計

プラスチックを軸受として使用する場合、次の項目を検討する必要があります。

- 負荷条件 (PV値)
 - 荷重、すべり速度、運動の形態
- 潤滑条件
 - 乾燥、摩擦、給油
- 環境条件
 - 温度、雰囲気 (湿度)

4-1 負荷条件(PV値)について

PV値は、軸受に負荷される単位面積当りの荷重 P (kgf/cm²) と、すべり速度 V (m/min.) の積で与えられます。

$$P = \frac{W}{DL} \quad V = \frac{\pi Dn}{100}$$

- P : 単位面積当りの荷重 (kgf/cm²)
- W : 軸受にかかる総荷重 (kgf)
- D : 軸径 (cm)
- L : 軸受の長さ (cm)
- V : 軸受表面すべり速度 (m/min.)
- n : 回転数 (r.p.m.)

4-2 キャストナイロン軸受の設計方法

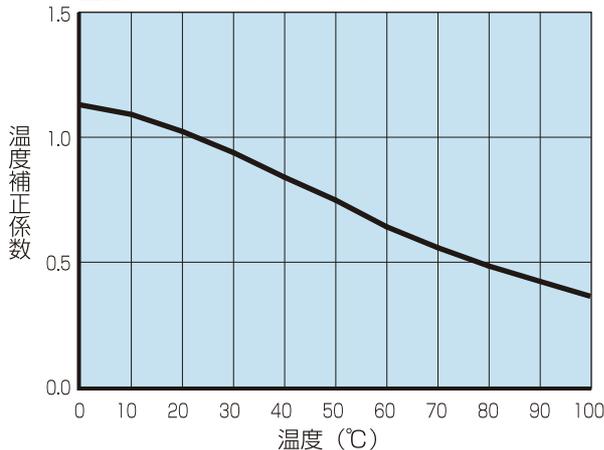
(1) キャストナイロンの許容PV値

キャストナイロンの軸受を設計する場合、次の許容PV値内で使用するよう設計します。

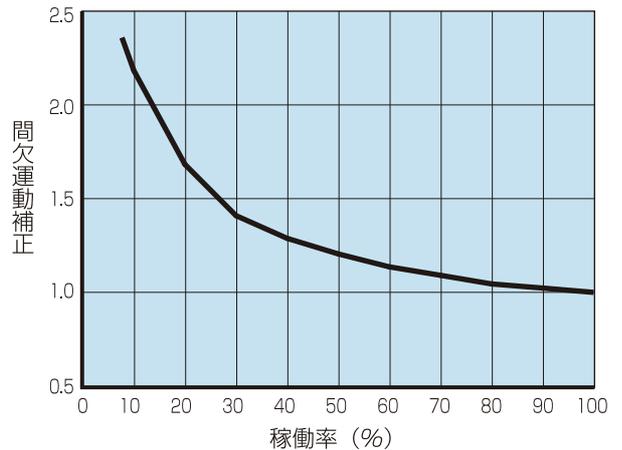
$$(PV) = C_f C_c P_v$$

- (PV) : 許容PV値
- C_f : 温度補正係数 (図-25)
- C_c : 間欠運動補正係数 (図-26)
- P_v : 25℃における許容PV値
 - 無潤滑 65~85kgf/cm² · m/min.
 - 油潤滑 345~400kgf/cm² · m/min.

■図-25 温度補正係数(C_f)



■図-26 間欠運動補正係数(C_c)



(2) 許容面圧、許容速度、温度

許容PV値の他に以下の面圧、速度、温度内で使用するよう設計します。

■表-9

	許容面圧	許容速度	温度
無潤滑	30kgf/cm ²	30 m/min.	80℃以下
油潤滑	100kgf/cm ²	170 m/min.	100℃以下

(3) 軸受隙間とはめ合い

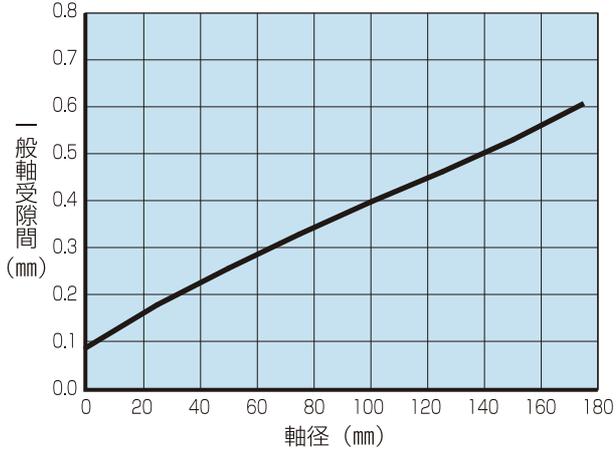
一般に樹脂軸受のクリアランスは、金属と比較して大きな値を取りますが、弾性があるため、かじりを生じることなく使用できます。軸受クリアランスは次の式で計算します。

$$a = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$$

- a : 軸受クリアランス (mm)
- a₁ : 一般軸受隙間 (mm)
- a₂ : 肉厚補正 (mm)
- a₃ : 圧入代 (しめ代) (mm)
- a₄ : 吸水による変化 (mm)

* a_1 図-27

■図-27 一般軸受隙間 (a_1)

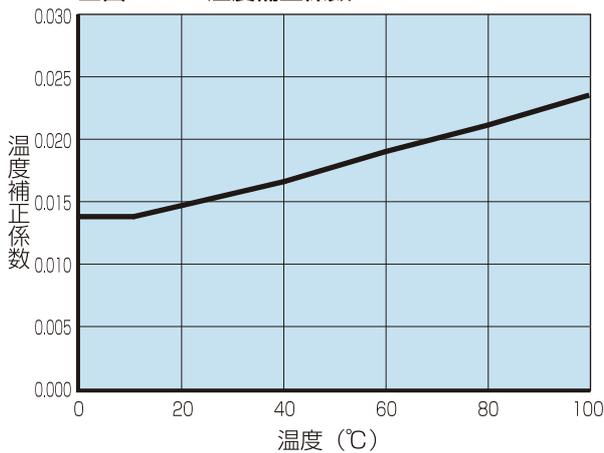


* a_2 $a_2 = K_1 \cdot t$

K_1 : 温度補正係数 (図-28)

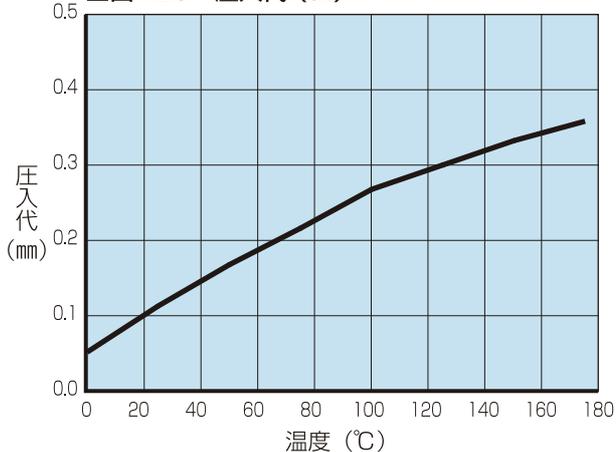
t : 軸受の肉圧

■図-28 温度補正係数 K_1



* a_3 図-29

■図-29 圧入代 (a_3)



ただし圧入代 a_3 は、軸受内径と外径の比によって以下のように変化します。

■表-10

内径寸法/外径寸法	a_3
0.9	圧入代そのまま
0.8	圧入代そのまま
0.7	圧入代の90%
0.6	圧入代の80%
0.5	圧入代の70%

* a_4 ■表-11

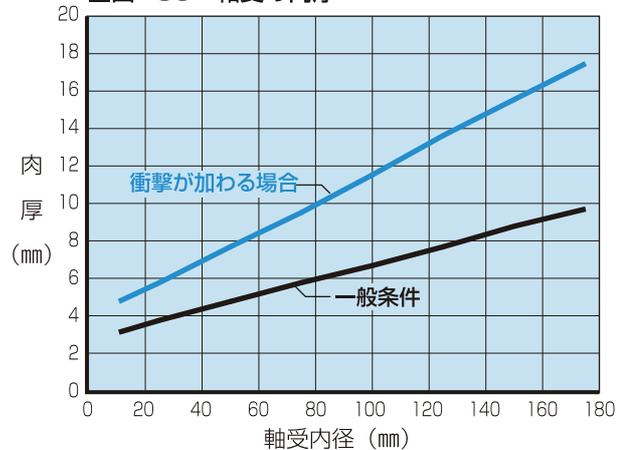
	CL以外	CL
一般室内	0.0075×軸受外径	0.005×軸受外径
水中	0.018×軸受外径	0.015×軸受外径

(4) 肉厚

プラスチック軸受は、金属に比べて熱を蓄熱しやすい為、出来るだけ肉厚を薄くしてください。

図-30に一般的な軸受肉厚みを示します。

■図-30 軸受の肉厚



(5) 軸受長さ

軸受長さ/軸径が表-12の適用範囲内になるように、軸受長さを設計してください。

■表-12

	軸受長さ/軸径
適用範囲	0.5 ~ 2.0
最適値	1.0

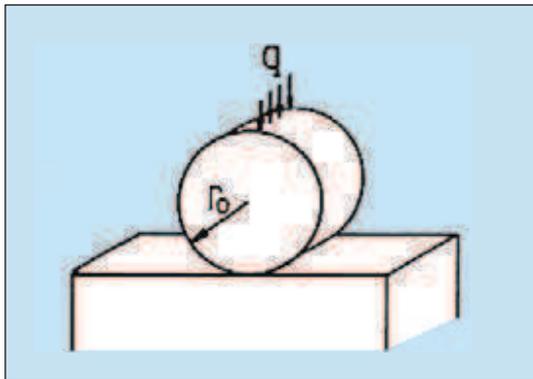
5. ローラー強度設計

5-1 ローラーの強度計算(ヘルツの式)

ローラーの強度計算には、ヘルツの式を用います。円柱と平面の接触を例に、説明します。

$$\textcircled{1} P_0^2 = \frac{1}{\pi} \frac{q}{\gamma_0} \frac{1}{\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}}$$

■図-31



P_0 : 接触面に生じる最大圧縮応力 (kgf/cm²)
 q : 単位長さ当りの線荷重 (kgf/cm)
 γ_0 : 円柱の半径 (cm)
 E_1 : 円柱の縦弾性率 (kgf/cm²)
 E_2 : 平面の縦弾性率 (kgf/cm²)
 ν_1 : 円柱のポアソン比
 ν_2 : 平面のポアソン比

- ② 上記式で円柱を樹脂、平面を金属と考えた場合
 E_1 (樹脂の縦弾性率) $\ll E_2$ (金属の縦弾性率) で
 $1/E_1 \gg 1/E_2 \approx 0$ と近似します。

∴ 上記①式を樹脂に適用した場合

$$P_0^2 = \frac{1}{\pi} \frac{q}{\gamma_0} \frac{E_1}{1-\nu_1^2} \text{ と近似できます。}$$

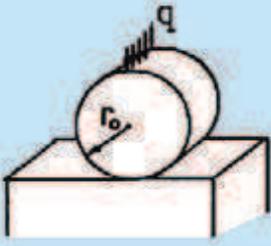
5-2 ローラーの強度計算式(キャストナイロンへの適用)

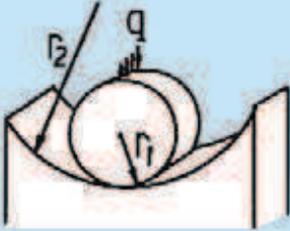
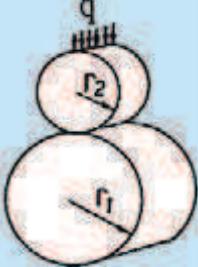
各種形状でのローラー強度計算式を表-13に示します。

表-13の計算式からローラーの圧縮応力を計算することができます。

接触面に生じる圧縮応力がキャストナイロンの許容値 (500kgf/cm²) 以下となる様に設計してください。

■表-13

形 状	計 算 式	
円柱と平面 	$P_0^2 = \frac{1}{\pi} \frac{q}{\gamma_0} \frac{E_1}{1-\nu_1^2}$	P_0 : 接触面に生じる最大圧縮応力(kgf/cm ²) q : 単位長さの線荷重(kgf/cm) γ_0 : キャストナイロンの半径(cm) E_1 : キャストナイロンの縦弾性率(kgf/cm ²) ν_1 : キャストナイロンのポアソン比 ※ { <ul style="list-style-type: none"> キャストナイロンの縦弾性率は 20×10³kgf/cm² キャストナイロンのポアソン比は 0.35 }

形 状	計 算 式	
円柱と凹円面 	$P_0 = \frac{1}{\pi} \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{\gamma_1 \gamma_2} \frac{E_1}{1 - \nu_1^2} q$	P_0 : 接触面に生じる最大圧縮応力(kgf/cm ²) q : 単位長さの線荷重(kgf/cm) γ_1 : キャストナイロンの半径(cm) γ_2 : 凹円面の半径(cm) E_1 : キャストナイロンの縦弾性率(kgf/cm ²) ν_1 : キャストナイロンのポアソン比
円柱と円柱 (平行) 	$P_0 = \frac{1}{\pi} \frac{\gamma_2 + \gamma_1}{\gamma_1 \gamma_2} \frac{E_1}{1 - \nu_1^2} q$	P_0 : 接触面に生じる最大圧縮応力(kgf/cm ²) q : 単位長さの線荷重(kgf/cm) γ_1 : 円柱の半径(cm) γ_2 : キャストナイロンの半径(cm) E_1 : キャストナイロンの縦弾性率(kgf/cm ²) ν_1 : キャストナイロンのポアソン比

5-3 ローラー使用についての検討

5-1、5-2でキャストナイロンをローラーとして使用する場合の強度計算方法を記しましたが、実際使用するに当たって、さらに次の事項を考慮願います。

①ローラーに生じる最大圧縮応力（接触面）の許容値は、500kgf/cm²ですが、温度とローラー速度によってその許容値は補正されます。したがって、図-32に示す、補正係数を乗じた数値を許容値としてください。

②ローラー肉厚は、十分大きく取る必要があります。肉厚は次式により求めます。

$$T > t q \quad T : \text{最少肉厚 (cm)}$$

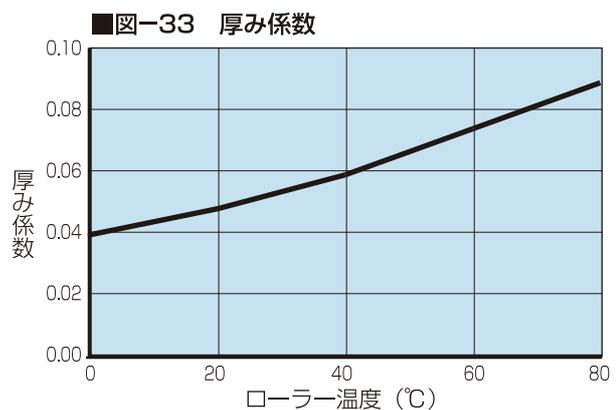
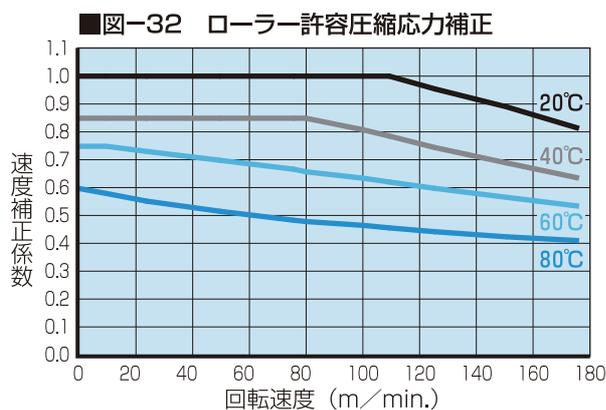
$$t : \text{厚み係数 (図-33)}$$

$$q : \text{単位長さ当りの荷重 (kgf/cm)}$$

※ただし肉厚Tは、上記式で求める前にロール直径の10%は必要とし、衝撃が加わる時はさらに2~3倍の肉厚を取ります。

③ローラー内径は、普通ベアリングを挿入して使用しますが、次の点に注意願います。

- ・ベアリング孔に生じる面圧が200kgf/cm²以下となる様に設計してください。
- ・面圧が200kgf/cm²以上となる場合は、ローラー内径に金属ハブを挿入する必要があります。



6. 歯車強度設計

6-1 歯車強度計算について

(1) 強度計算式

強度計算には、一般にルイスの式を用います。
(面圧強度は (2) に記載)

● 平歯車

ルイスの式から、歯車のピッチ円周方向に生じる荷重、伝達トルク、伝達馬力は次の計算式で計算します。

計算式

$$P = \sigma_b b m y$$

$$T = \frac{\sigma_b b m y d}{20}$$

$$H = \frac{\sigma_b b m y d n}{1.432 \times 10^6}$$

- P : ピッチ円周方向の許容接線荷重 (kgf)
- σ_b : 歯車機の曲げに対する許容応力 (kgf/mm)
- b : 歯幅 (mm)
- m : モジュール
- y : 歯形係数 (表-15)
- d : ピッチ円直径 (mm)
- n : 回転数 (r.p.m.)
- T : 伝達トルク (kgf・cm)
- H : 伝達馬力 (HP)

・許容応力 (σ_b)

許容曲げ応力 (σ_b) は、負荷、温度、湿度、潤滑によって、その時の値を決めます。

$$\sigma_b = \sigma_0 \cdot t_c \cdot L_c \cdot W_c$$

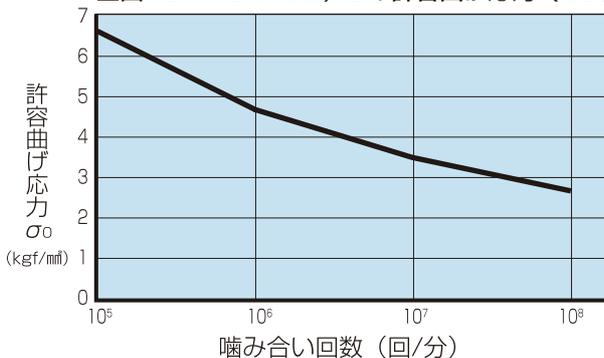
σ_0 : 標準状態での許容曲げ応力 (図-34)

t_c : 温度条件補正 (図-35)

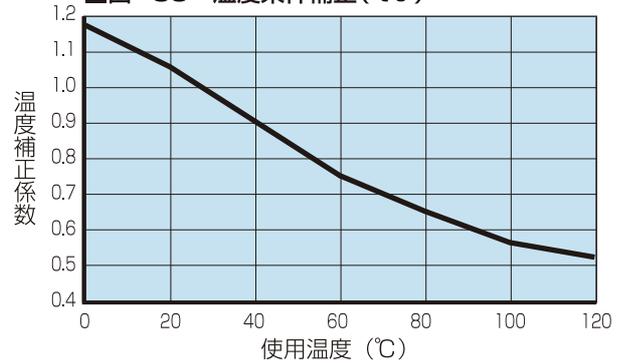
L_c : 潤滑条件 (表-14)

W_c : 荷重条件 (表-15)

■図-34 CN-UD,NBの許容曲げ応力 (σ_0)



■図-35 温度条件補正 (t_c)



■表-14

潤滑条件	回転速度 (m/min.)	係数
潤滑	700以上	0.85
	700未満	1.0
無潤滑	300以上	0.5
	300未満	0.75

■表-15

荷重条件	係数
静荷重	1.0
動荷重	0.85
衝撃荷重	0.75

・歯形係数

■表-16

歯車 Z (歯数)	14 1/2°	20°標準	20°低歯
12	0.355	0.415	0.496
13	0.377	0.443	0.515
14	0.399	0.468	0.540
15	0.415	0.490	0.556
16	0.430	0.503	0.578
17	0.446	0.512	0.587
18	0.459	0.522	0.603
19	0.471	0.534	0.616
20	0.481	0.543	0.628
21	0.490	0.553	0.638
22	0.496	0.559	0.647
24	0.509	0.572	0.663
26	0.522	0.587	0.679
28	0.534	0.597	0.688
30	0.540	0.606	0.697
34	0.553	0.628	0.713
38	0.565	0.650	0.729
43	0.575	0.672	0.738
50	0.587	0.694	0.757
60	0.603	0.713	0.773
75	0.613	0.735	0.792
100	0.622	0.757	0.807
150	0.635	0.779	0.829
300	0.650	0.801	0.855
ラック	0.660	0.823	0.880

● ヘリカル歯車

平歯車と同じ計算方法で計算します。但し設計は歯直角断面で行い、モジュール、歯形係数を補正します。

・モジュールは次式の歯直角モジュール（補正モジュール）を用います。

$$m_c = m \cos \beta$$

m_c : 歯直角モジュール（補正モジュール）

m : 軸直角モジュール

β : ねじれ角(°)

・歯形係数は次式の補正歯数を用いて表-16より求めます。

$$N_c = \frac{N}{\cos^3 \beta}$$

N_c : 補正歯数

N : 実際の歯数

β : ねじれ角(°)

・尚ピッチ円直径は、次式で求めてください。

$$d = Nm$$

d : ピッチ円直径(mm)

N : 実際の歯数

m : 軸直角モジュール

● かさ歯車

かさ歯車の伝達トルクと伝達馬力は、平歯車の計算式に $[L_p - b / L_p]$ をかけて算出します。

L_p : ピッチ円錐半径

b : 歯幅(mm)

ただし、ピッチ円直径、モジュールは、歯の外端の値を取る。また歯形係数は以下の補正歯数を用いて表-16により求めます。

$$N_c = \frac{N}{\cos \sigma}$$

N_c : 補正歯数

N : 実際の歯数

σ : ピッチ円錐角(°)

(2) ヘルツの面圧強度式

キャストナイロン歯車を使用する場合、自己潤滑性がある為、普通面圧による設計を余り考慮する必要はありません。

しかし、油潤滑を行わない場合、もしくは、キャストナイロン同士の噛み合わせの場合、歯が折損する前に歯面の異常摩耗、ピッチング現象を生じる事がまれに有ります。

その場合、次の面圧計算を行う必要があります。

① 計算式

$$\sigma_d^2 = \frac{W}{bd} \frac{1.4}{\sin 2\alpha} \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} \frac{1}{1/E_1 + 1/E_2}$$

また許容伝達馬力は

$$H = \frac{1}{75} \times \frac{\pi}{60} \times 10^{-3} \times NZmW$$

σ_d : 歯面に生じる最大圧縮応力 (kgf/mm²)

W : ピッチ円接線方向荷重 (kgf)

b : 歯幅 (mm)

d : ピッチ円直径 (mm)

α : 圧力角 (°)

Z_1 : 小歯車（ピニオン）側の歯数

Z_2 : 大歯車の歯数

E_1 : 小歯車材の縦弾性率 (kgf/mm²)

E_2 : 大歯車材の縦弾性率 (kgf/mm²)

H : 許容伝達馬力 (HP)

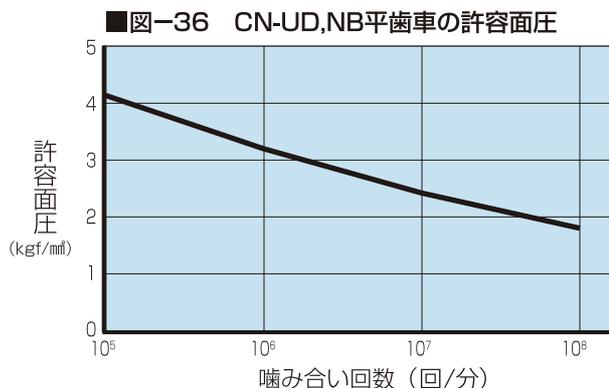
N : 回転数 (r.p.m.)

Z : 歯数

m : モジュール

② 許容面圧

①の計算式より求めた、歯面に生じる最大圧縮応力が図-36の曲線より下側にある場合は問題は有りません。



● ウォーム歯車

ウォーム歯車の強度は、一般にウォームホイールの方が弱いので、ウォームホイールについて強度計算を行えば良い。強度計算は、ほぼ歯車と同じ式で行います。歯車のネジレ角 β をウォームホイールの進み角 γ におきかえます。

尚、ウォーム歯車は、すべりが大きい為、発熱しやすく、強度の低下、異常摩耗を起こす場合があります。したがってウォーム歯車として使用する場合、以下のすべり速度内で設計します。

■表-17

ウォームの材質	ウォームホイールの材質	潤滑条件	すべり速度
キャストナイロン UD,NB	キャストナイロン UD,NB	無潤滑	6,0m/min.
鋼	キャストナイロン UD,NB	無潤滑	70m/min.
鋼	キャストナイロン UD,NB	初期潤滑	90m/min.
鋼	キャストナイロン UD,NB	初期潤滑	150m/min.

ただしすべり速度は

$$V = \frac{\pi dn}{1000 \times \cos \gamma}$$

- V : すべり速度 (m/min.)
- d : ウォームのピッチ直径 (mm)
- n : ウォームの回転数 (r.p.m.)
- γ : 進み角度(°)

6-2 歯車の使用について(歯車強度以外)

(1) バックラッシについて

一般にキャストナイロンのバックラッシは、0.06~0.1mと考えると下さい。(mはモジュール)
ただし、歯数が多い場合、又は使用温度が高い場合は、次の式よりバックラッシを求めて下さい。
目安は、歯数は40以上
温度が40℃以上

$$\text{バックラッシ} = 0.06m + \text{PCD}/2 (0.007 + \Delta t \cdot 10^{-4}) \sin \alpha$$

- m : モジュール
- PCD : ピッチ円直径 (mm)
- Δt : 使用温度と常温との温度差(℃)
(常温 : 23℃)
- α : 圧力角(°)

(2) 歯車の固定

- ① 小型で軽負荷の場合、キー溝で固定します。
ただしキー溝での許容応力は200kgf/cm²と計算し、キー溝コーナー部は必ずRを取ります。

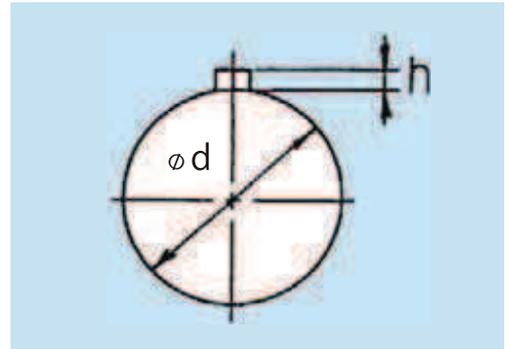
キー溝伝達力と伝達馬力は

$$P_k = h \cdot L \cdot \sigma_p$$

$$T_k = P_k d / 2$$

$$H_k = T_k n / 7 \cdot 16 \times 10^4$$

■図-37



- P_k : 許容伝達力 (kgf)
- h : キー溝深さ (cm)
- L : キー溝長さ (cm)
- σ_p : キー溝許容応力 (200kgf/cm²)
- T_k : 許容伝達トルク (kgf · cm)
- d : 軸径 (cm)
- H_k : 許容伝達馬力 (HP)
- n : 回転数 (r.p.m.)

* キー溝固定の場合のボス厚み
歯タケの2倍以上を必ず取ります。

- ② 高温、負荷が大きい時、歯車径が大きい場合
金属製ハブにキャストナイロンを取り付け、軸に固定します。

7. 機械加工

キャストナイロンは機械加工性にすぐれ、設備的にも技術的にも普通の金属加工の場合と同様に、旋盤加工、フライス加工、鋸引き、ねじ切り、タップ立て、その他の機械加工ができます。しかし、キャストナイロンは熱可塑性で粘弾性挙動を示し、さらに金属と比較して熱伝導率が小さいため、加工時の摩擦熱が蓄積しやすく、線膨張係数も大きいので、無理な加工などにより局部的な発熱を起こすと材料が割れることがあります。機械加工に際しては次の点に注意してください。

7-1 機械加工に際しての注意事項

- (1) キャストナイロンの温度上昇を防ぐため、エアージェットによる冷却では不十分な場合、必要に応じて切削油などを使用してください。
キャストナイロンは耐油性、耐薬品性にすぐれていますので、切削油などによるクラック発生などの心配はありません。
- (2) 切れ味良好な鋭利な刃物を使用してください。切れ味が悪いと切削圧力が大きくなり、そのため摩擦熱が発生し、寸法精度が悪く、表面も荒れてきます。
- (3) 切り屑が逃げやすい形状の工具を用いてください。
- (4) 金属に比べて弾性率が低いので、被切削物の保持方法を工夫しなければならない場合があります。
- (5) 一般的に高速回転で、送り速度をゆっくりすることが、表面をきれいに仕上げる大きな要素になります。その他、切り込み深さも重要な条件になります。
- (6) 寸法精度を良くし、素材のひずみなどを取り去る方法として、何回にも分けて切削することや、一方向からの切削でなく、逆方向から交互に切削することが非常に有効です。
- (7) カケや割れの防止のため、刃物が材料を貫通する時には特に注意が必要で、切り込み速度を落とすなど工夫が必要です。

7-2 寸法精度についての注意事項

- (1) 一般に樹脂を加工する際、金属に比べると公差が出にくいと言われていています。その理由としては、
 - 線膨張係数が金属の7~10倍あり、加工時と使用時に温度差があれば、それだけで寸法が変わり、また加工途中に発熱をおこせば、その時点で寸法が出ていても冷えれば収縮し寸法が変わる。
 - 加工しようとする刃物（金属）に比べると、樹脂は硬度が低く柔らかいため、加工上狙い通りの寸法が出ない。
 - ・刃物から逃げてしまう。
 - ・刃物におさえつけられて削られてしまい、あとで戻ってしまう。

金属であれば、一般に $\pm 0.01\text{mm}$ の公差は苦勞せずに出せますが、樹脂ではその公差を出すのは極めて難しく、 $\pm 0.05\text{mm}$ が限界であると言えます。

ここで例として、よく使用される軸と軸受の公差範囲（h7、H7）—はめ合い公差—を示します。

■表-18 はめ合い公差（h7、H7）一覧

基準寸法 (mm)	軸の公差 (mm) h7	軸穴の公差 (mm) H7
~ 3以下	0 -0.010	+0.010 0
3を超え~ 6以下	0 -0.012	+0.012 0
6 // ~ 10 //	0 -0.015	+0.015 0
10 // ~ 18 //	0 -0.018	+0.018 0
18 // ~ 30 //	0 -0.021	+0.021 0
30 // ~ 50 //	0 -0.025	+0.025 0
50 // ~ 80 //	0 -0.030	+0.030 0
80 // ~120 //	0 -0.035	+0.035 0

金属は硬く柔軟性がないため、上記のような公差にしないと上手くはまりませんが、樹脂の場合は高分子材料であり相手になじむ性質がありますので、金属よりも公差を広くしても十分使用できます。

(2) 一般的な加工の場合、樹脂の加工精度には限界があります。目安となる加工精度はJISに規定されている削り公差 (JIS B 0405) の中級程度です。(表-19)

■表-19 削り加工寸法の普通許容差JIS B0405 (単位:mm)

等級	精 級	中 級	粗 級
寸法の区分			
0.5 ⁽¹⁾ 以上3以下	±0.05	±0.1	±0.2
3を超え6以下	±0.05	±0.1	±0.3
6を超え30以下	±0.1	±0.2	±0.5
30を超え120以下	±0.15	±0.3	±0.8
120を超え400以下	±0.2	±0.5	±1.2
400を超え1,000以下	±0.3	±0.8	±2
1,000を超え2,000以下	±0.5	±1.2	±3

注 ⁽¹⁾0.5mm未満の基準寸法に対しては、その基準寸法に続けて許容差を個々に指示する。

(3) 精度を金属に近づける方法としては

- ・微量切削を何度もくり返す
- ・念入りなアニールを施す
- ・切削治具の完備
- ・バフ仕上げ (表面精度)

等が考えられますが、コストの点からもあまりおすすめはできません。

(4) 実際の加工機械での寸法精度は以下の公差を目安としてください。

- ・板の加工：表 20~24
- ・丸棒の加工：表 25~26

(あくまで目安であり限界値や保証値ではありません。雰囲気温度は 23℃)

■表-20 外周寸法公差 (単位:mm)

加工方法	製材カット	フライス加工
幅 ~ 50	±0.3	±0.15
~ 150	±0.4	±0.20
~ 500	±0.4	±0.25
~ 1,000	±0.6	±0.40

■表-21 厚さ公差 (単位:mm)

加工方法	プレーナー加工	フライス加工
幅 ~ 50以下	±0.15	±0.05
~ 100	±0.20	±0.07
~ 200	±0.30	±0.10
~ 300	±0.35	-
~ 600	±0.40	-
~ 1,000	±0.50	-

■表-22 穴径公差 (単位:mm)

加工方法	ドリル加工	リーマ加工	フライス加工 (エンドミル)	フライス加工
穴径 ~φ10	±0.10	±0.05	±0.07	—
~φ15	±0.10	±0.07	±0.10	—
~φ25	±0.15	±0.10	±0.15	—
~φ40	±0.20	—	—	±0.15
~φ80	—	—	—	±0.20

■表-23 穴間ピッチ公差 (単位:mm)

加工機械	ボール盤加工	デジタルスケール付フライス盤	マシニングセンタ NCフライス盤
穴ピッチ ~ 50	±0.3	±0.07	±0.05
~100	±0.4	±0.10	±0.07
~250	±0.6	±0.15	±0.10
~500	±1.0	±0.20	±0.15

■表-24 溝加工公差 (単位:mm)

加工機械	デジタルスケール付フライス盤	NCフライス盤
溝の幅・深さ ~ 5	±0.05	±0.05
~10	±0.07	±0.05
~25	±0.10	±0.05
~50	±0.15	±0.07

■表-25 真円度 (単位:mm)

長さ	~100	~250	~500
外径・内径 ~φ 50	0.1	0.2	0.3
~φ100	0.2	0.25	0.4
~φ200	0.25	0.3	0.4
~φ400	0.3	0.4	0.5

■表-26 外・内径、長さ公差 (単位:mm)

外径・内径	外 径	内 径	長 さ
~φ 50	±0.07	±0.1	±0.1
~φ100	±0.1	±0.1	±0.1
~φ200	±0.1	±0.15	±0.15
~φ400	±0.15	±0.2	±0.2

最後に表面精度について触れておきます。
表面精度＝表面粗さとは一般に $\sqrt{\quad}$ マークで表される、加工で生じた面上のでこぼこの高さの事で、その高さは〔 μm ＝ミクロン〕で表され、その表示方法や範囲は表-27の通りです。

■表-27 粗さの表示、記号(1 μm =0.001mm)

Ra 標準整列	0.4a	0.8a	1.6a	3.2a	6.3a	12.5a	25a
仕上げ記号	$\sqrt{\text{Ra}0.4}$	$\sqrt{\text{Ra}0.8}$	$\sqrt{\text{Ra}1.6}$	$\sqrt{\text{Ra}3.2}$	$\sqrt{\text{Ra}6.3}$	$\sqrt{\text{Ra}12.5}$	$\sqrt{\text{Ra}25}$
三角記号	▽▽▽		▽▽	▽			

表-27のうちRa1.6(▽▽▽)以上の精度は旋盤、フライス加工共に、金属の場合は加工可能ですが、樹脂の場合、Ra1.6(▽▽▽)の精度は、一般には困難です。それは加工精度で述べました内容と同じく樹脂は柔らかいため、研磨する事が出来ず(しようとしても逆に毛羽立ってしまう)精度が上がリません。通常の旋盤、フライス加工ならRa3.2(▽▽)程度と考えて下さい。
(一部アクリルは固いためRa1.6▽▽▽も可能)

以下、当社の経験に基づく加工方法別の推奨加工条件をご紹介しますが、実際に加工をされる場合は仕上がり状態を確認しながら、加工条件を調整される事をおすすめいたします。

7-3 旋盤加工

キャストナイロンは、金属と同様の切削加工が容易にできます。精度の高いものは、金属に比較して弾性率が小さく、徐々に塑性変形が回復しますので、切削条件、切削工具の選定に十分注意してください。

(1)円周切削

普通の剣バイトを使用します。

■表-28 切削条件

	荒削り	仕上げ
周速度	70~120m/min.	70~120m/min.
送り量	0.1~0.3mm/rev.	0.1~0.15mm/rev.
切り込み深さ	3~5mm	0.1~0.2mm

(注) 送り量を小さくするのがコツです。切り込み深さは、その都度深くできます。

(2)突切り

横逃角を取るにより、樹脂とバイトの摩擦を防ぎ、発熱を少なくします。
さらに切削油を使用することにより、発熱を防止することをおすすめします。

■表-29 切削条件

周速度	70~120m/min.
送り量	0.1~0.3mm/rev.

(3)平削り

■表-30 切削条件

	荒削り	仕上げ
バイト速度	20~35m/min.	20~35m/min.
送り量	0.4~0.5mm/ストローク	0.2~0.3mm/ストローク
切り込み深さ	2~3mm	0.1mm

バイトは横剣バイト、剣バイトいずれも使用できます。

前逃げ角.....10°~20°
すくい角.....5°以下
ノーズ半径.....0.5~1R

7-4 フライス加工

(1)フライス盤およびカッター

立型、横型フライス盤で、金属と同じように切削できます。

(2)エンドミルでの切削

■表-31 切削条件

	荒削り	仕上げ
送り速度	200~300mm/min.	200~300mm/min.
切り込み深さ	2~3mm	0.2~0.3mm

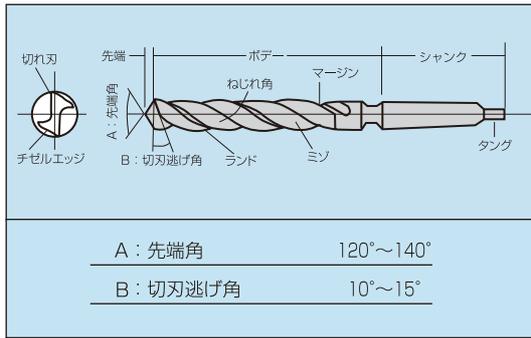
ひずみを少なくするために切削油を使用することをおすすめします。

7-5 穴あけ加工

(1)ドリルによる方法

キャストナイロンは金属材料用の標準ドリルで穴あけ加工が可能ですが、スパイラルリードが大きく、溝部の磨きがいドリルを用いる方が、切屑の排出が良好です。
貫通時の割れ防止のためにドリル先端角が、図-38のように鈍角なものを使用ください。特に径の大きなドリル(直径20mm以上)は、切刃逃げ角(2番角)をころして、ドリルの食い込み過ぎを防止してください。

■図-38 推奨ドリル



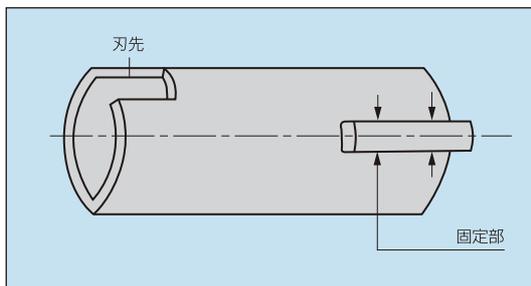
■表-32 穴あけ条件

ドリル径(mm)	回転数(r.p.m.)	送り速度(mm/rev.)
φ 15 ~ 25	150 ~ 300	0.15 ~ 0.25
φ 30 ~ 35	100 ~ 200	0.10 ~ 0.20

- (注) a) ドリルの送りが手動の場合は、送り量の変動、食い込みに十分注意してください。
- b) 穴あけ加工時の発熱防止のため、ドリルを適宜戻し切削油を十分供給し、切屑の排出を適時行なってください。
- c) 穴径がφ35mm以上の穴あけ加工は、下穴をあけた後、バイトによる加工をおすすめします。
- d) 冬期、素材の温度が下がりすぎている場合、穴あけ加工による温度差による素材の割れ防止のため、急激な発熱がないよう注意して加工してください。
- e) もしドリルが食い込み過ぎても、素材が振り回されないように、素材をしっかり固定してください。

(2) トレパンきりによる方法

■図-39 トレパンきり



工作物に貫通した大きな穴をあけるときは、穴の外周だけを削り取ると動力が少なくすみ、経済的です。

このような作業をトレパニングといい、それに用いられるきりがトレパンきり（芯残しきり）です。

■表-33 穴あけ条件

回 転 数	140~222r.p.m.
送 り	0.1~0.15mm/rev.

7-6 切 断

(1) 帯鋸による方法

帯鋸は刃の部分長く、熱の放散が早いいため、最も良い方法といえます。

■表-34 切断条件

歯 数	4 ~ 6 山/inch (素材の厚みにもよりますが、なるべく歯数が少ない方が良好です。)
歯 の 形 状	金属用の鋸刃で十分です。(アサリのついているものが発熱が少なく良好です。)
速 度	最高100m/min. (素材が厚くなるに従い鋸刃がたわみ、まっすぐに切断しにくくなりますので速度を遅くしてください。)

(注) 帯鋸の場合、必ず冷却用の水または切削油の併用が必要です。

(2) 丸鋸による方法

薄物を切るときに好都合です。

■表-35 切断条件

歯 数	2 ~ 3 山/inch
周 速	450~550m/min.
送 り	切断面の状態、切れ具合により決めてください。

(注) 丸鋸は刃の温度が上がりやすいので、十分に冷却することをおすすめします。

7-7 研 削

通常使用される研削盤を使用し、砥石の粒度の細かいものを選定すれば金属と同等の仕上げができます。

■表-36 切断条件

周 速	2,000m/min.
切り込み深さ	砥石の粒度： 100メッシュ前後→0.01mm程度 50 " →0.07 "

7-8 ネジ切り

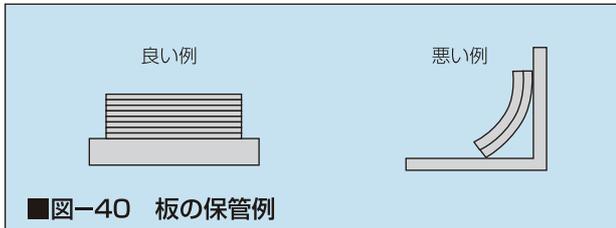
旋盤による場合、金属より容易です。

切り込み深さも0.3mm前後が良く、回転数は操作可能範囲で設定してください。

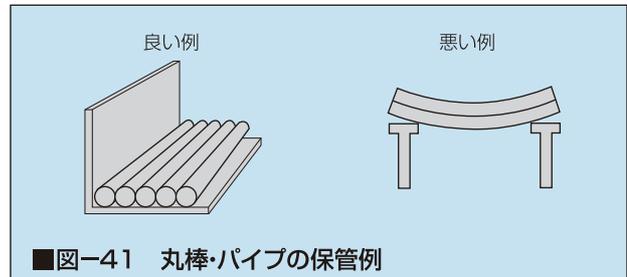
8. 素材の保管について

できるだけ直射日光の当たらない低温、低湿度の所に保管してください。また保管の方法は図-40、図-41の良い例に合わせてください。特に薄板、細丸棒の場合はそりや変形をおこしやすいため注意が必要です。

8-1 板



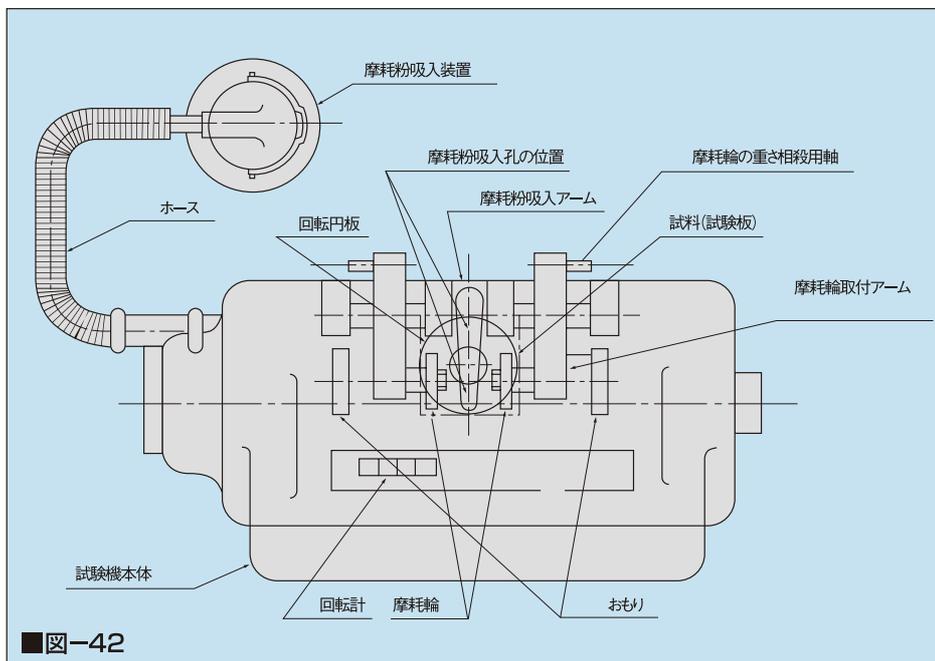
8-2 丸棒・パイプ



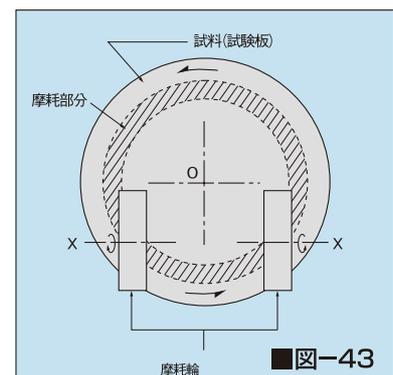
9. 試験機

9-1 テーバー摩耗試験機

相手材の表面粗さが粗い場合の耐摩耗性の測定方法として、テーバー摩耗試験があります。このテストは、テーバー式標準試験機で行い、摩耗輪を用いて板状の試料（樹脂）を摩耗させる試験方法です。この時の摩耗減量を量り、その材料の摩耗特性を調べます。

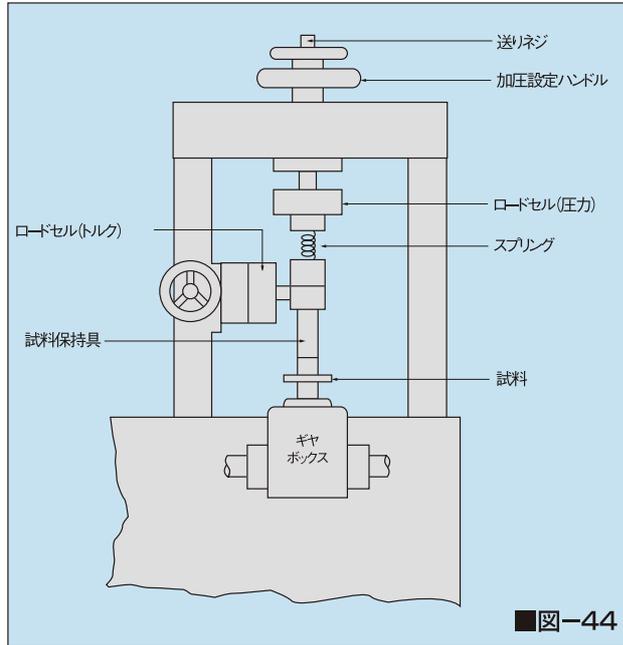


- 試験条件
- ▶ 荷 重 / 1kgf
 - ▶ 摩 耗 輪 / CS-17,H-22
 - ▶ 摩擦回数 / 1000回転

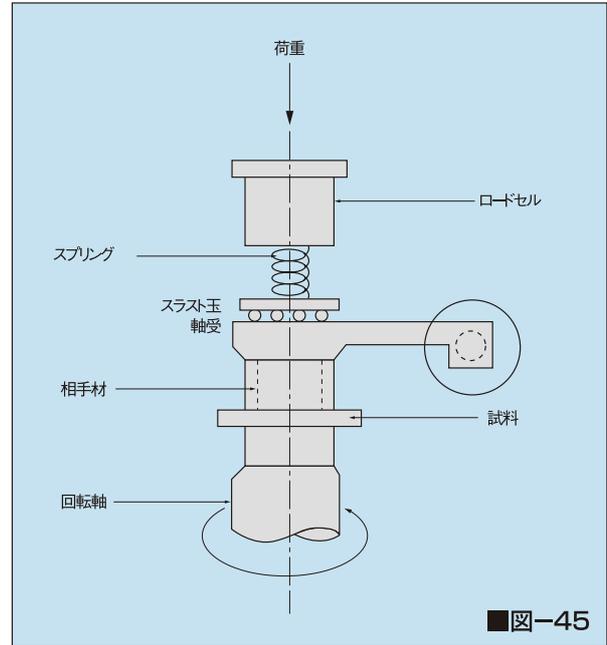


9-2 スラスト摩擦試験機

摩擦摩耗特性の測定方法として、スラスト摩擦試験があります。このテストは、回転する平面状の試料に、リング形状の相手材を押し付け摩擦させます。このときの摩擦係数、摩耗量を測定し、その材料（試料）の摺動特性を調べます。



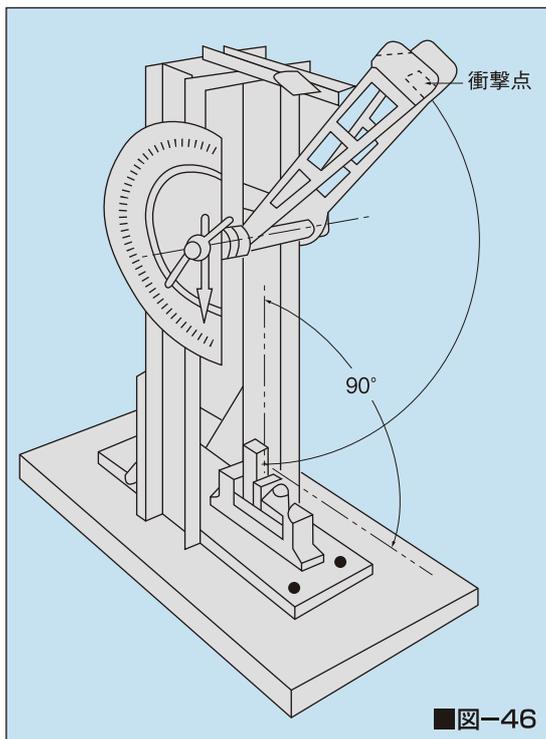
■図-44



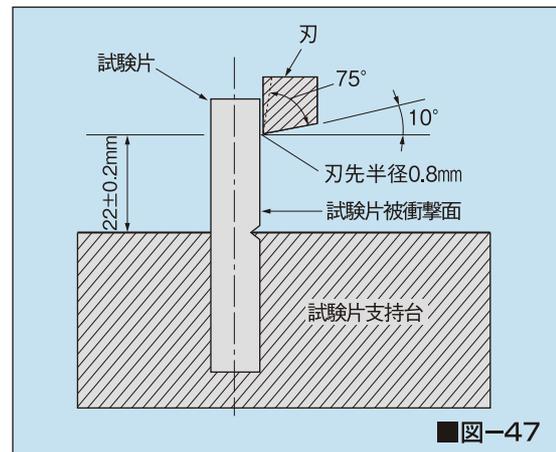
■図-45

9-3 アイゾット衝撃試験機

衝撃強さを測定する方法にアイゾット衝撃試験があります。試験機は振り子式衝撃試験機で、ハンマーの持上げ角度と打撃した後の振上がり角度から破壊エネルギーを求め、試験片の幅で割ってアイゾット衝撃値を算出します。



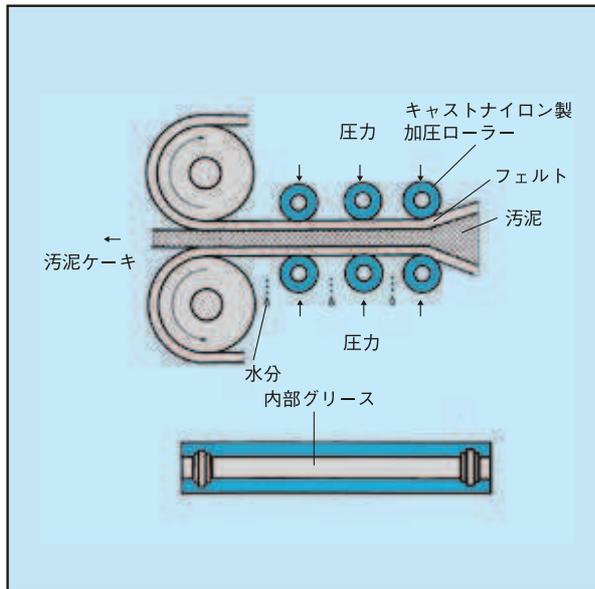
■図-46



■図-47

10. MEP® 用途例

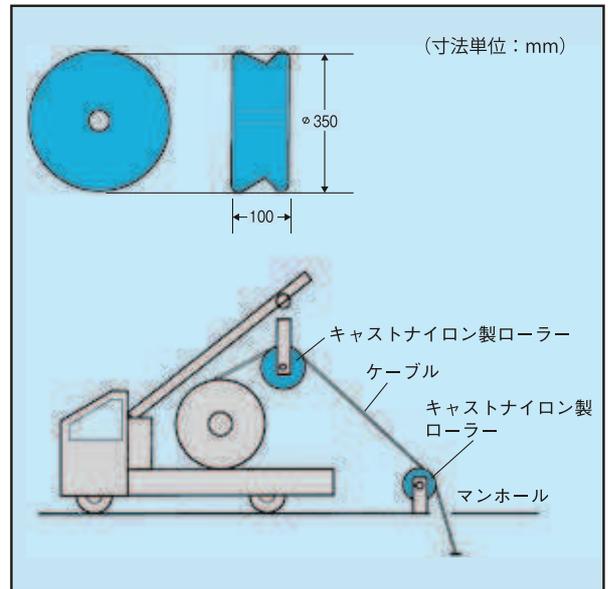
10-1 汚泥脱水装置加圧ローラー



■採用理由

- ・サビない。汚さない。
- ・トータルコストの低減

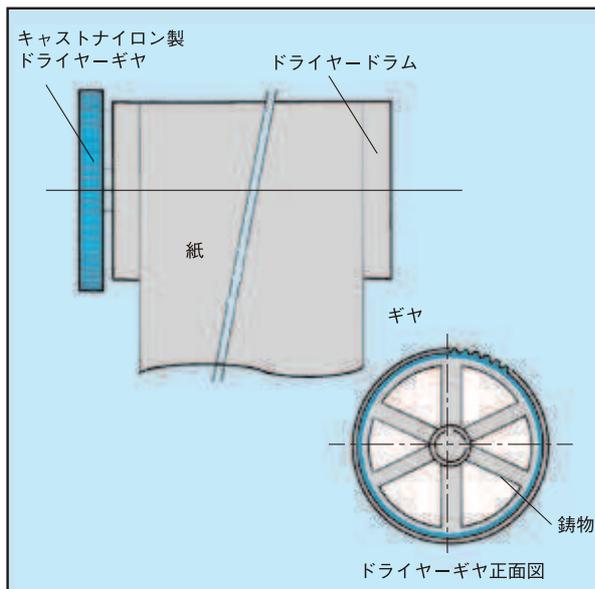
10-2 ケーブル用ガイドローラー



■採用理由

- ・ケーブルを傷めない
- ・無給油で使用できる
- ・軽くて取扱いが容易
- ・耐摩耗性

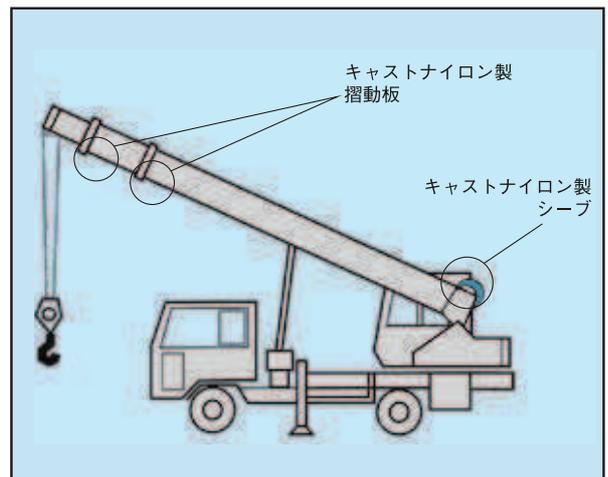
10-3 製紙ライン用ドライヤーギヤ



■採用理由

- ・運転音が静かである
- ・長寿命
- ・軽くて取扱いが容易
- ・サビない

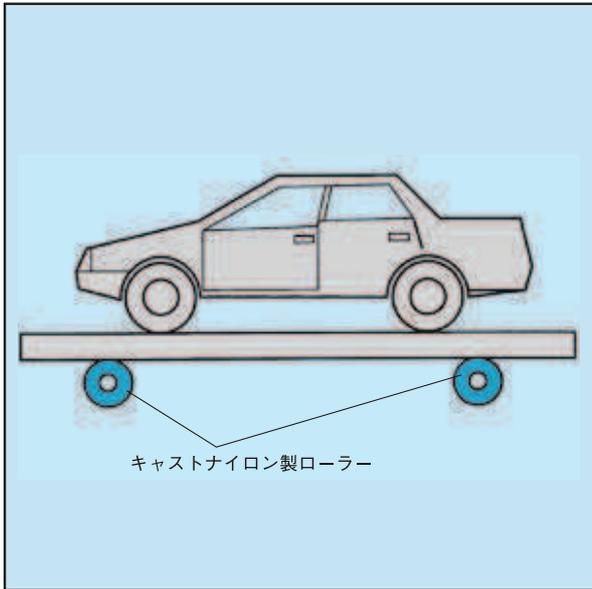
10-4 クレーン車摺動板



■採用理由

- 摺動板
 - ・耐摩耗性
 - ・無給油で使用できる
 - ・運転音が静かである
 - ・サビない
- シーブ
 - ・耐摩耗性
 - ・軽い（金属の約1/7）
 - ・ベアリング不要
 - ・ワイヤーを傷めない
 - ・無給油で使用できる

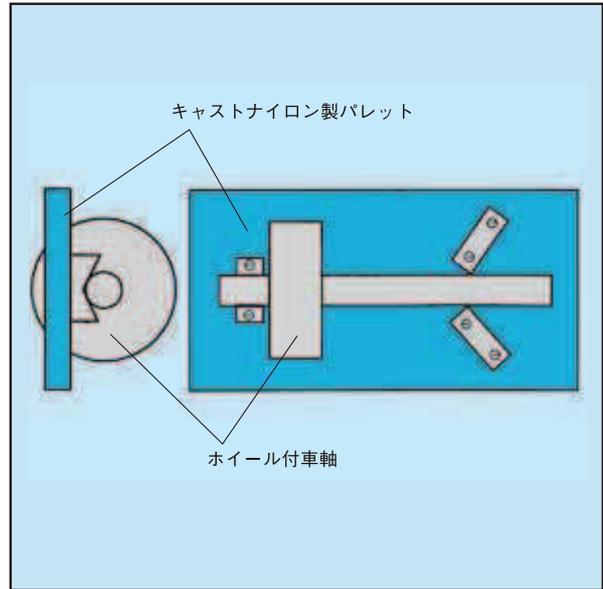
10-5 立体駐車場用ローラー



■採用理由

- ・耐摩耗性
- ・運転音が静かである

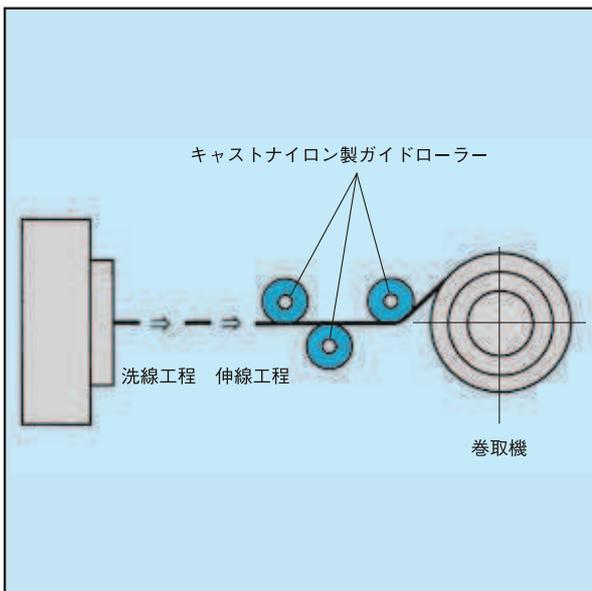
10-6 車軸搬送パレット



■採用理由

- ・耐摩耗性
- ・耐衝撃性

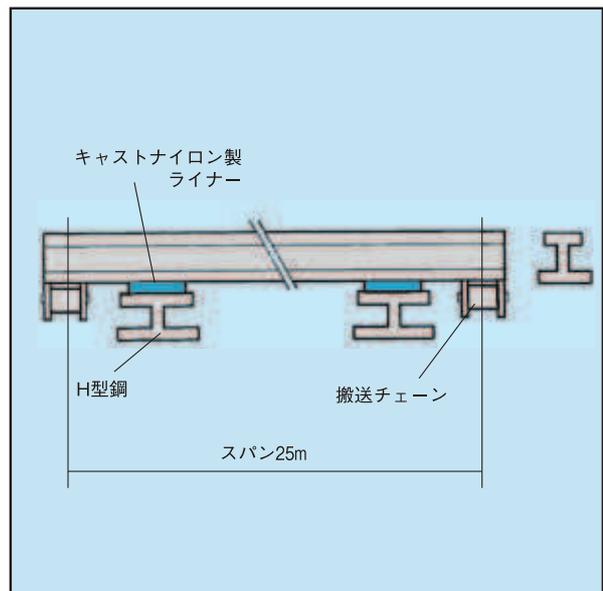
10-7 金属ワイヤー製造用ガイドローラー



■採用理由

- ・ワイヤーを傷つけない
- ・耐摩耗性
- ・無給油で使用できる
- ・軽くて取扱いが容易

10-8 レール搬送受けライナー



■採用理由

- ・製品に傷を付けない
- ・耐摩耗性
- ・摩擦係数が低い
- ・無給油で使用できる



三ツ星ベルト株式会社 産業資材樹脂製品部

〔神戸本社〕〒653-0024 神戸市長田区浜添通4丁目1番21号 TEL(078)685-5863 FAX(078)685-5672
〔東京本社〕〒103-0027 東京都中央区日本橋2丁目3番4号 TEL(03)5202-2504 FAX(03)5202-2521



この印刷物は環境に優しい
大豆油インキを使用しています。



- ① お断りなく、記載内容を変更する場合があります。
- ② 最新のカatalogかどうか、お確かめください。
- ③ ご不明な点がありましたら、左記までお問い合わせください。