

レオナ[®]ハンドブック

LEONA[®]

〈ポリアミド樹脂〉

AsahiKASEI
旭化成ケミカルズ

レオナ®ハンドブック

2003.4

目 次

1. レオナに関する基本的な説明	1
1-1 レオナとは	
1-2 レオナの製造	
1-3 レオナの特長	
1-4 レオナのグレード一覧	
2. レオナの吸水特性	23
2-1 平衡水分率	
2-2 調湿条件(水中)	
2-3 調湿条件(大気中)	
2-4 寸法経時変化	
3. レオナの水分率依存性	47
3-1 応力-歪曲線(引張のS-Sカーブ)	
3-2 機械的性質の水分率依存性	
(1)引張強さ (2)引張伸び (3)曲げ弾性率 (4)アイゾット衝撃値 (5)ウエルド部の強さ	
3-3 電気特性の水分率依存性	
(1)絶縁破壊強さ (2)表面抵抗率 (3)体積抵抗率 (4)誘電率 (5)誘電正接	
(6)耐トラッキング性 (7)耐アーク性	
4. レオナの温度依存性	77
4-1 応力-歪曲線	
4-2 機械的性質の温度依存性	
(1)引張強さ (2)引張伸び (3)曲げ弾性率 (4)アイゾット衝撃値 (5)ウエルド部の強さ	
4-3 電気特性の温度依存性	
(1)絶縁破壊電圧 (2)表面抵抗率 (3)体積抵抗率 (4)誘電率 (5)誘電正接	
5. レオナの評価方法	99
6. 規格と法令	101
6-1 UL規格	
6-2 UL特性ランク	
6-3 CSA規格	
6-4 電気用品取締法	
6-5 取得一覧表	
(1)UL認定 (2)CSA認定 (3)電気用品取締法登録	
7. レオナの長期特性	123
7-1 クリープ特性	
(1)引張クリープ (2)曲げクリープ (3)圧縮クリープ	
7-2 応力緩和	
7-3 振動疲労特性	
(1)曲げ振動疲労S/N (2)荷重制御引張振動疲労S/N	
7-4 摩擦・摩耗特性	
(1)摩擦特性 (2)摩耗特性	
7-5 耐薬品性	
(1)耐薬品性 (優良可の判別) (2)耐薬品性 (物性の定量的変化)	
(3)耐薬品性 (物性の定量的変化)	
a)耐油性 b)耐液性 c)耐酸性 d)その他の耐薬品性 e)耐オゾン性 f)1402Sの長期特性	
7-6 耐熱エージング性(空气中)	
7-7 耐候性	
(1)サンシャインウェザーオメーター促進試験 (2)屋外暴露試験 (3)キセノンランプ照射試験	
7-8 高温高湿下の電気特性	
(1)絶縁破壊強さ (2)絶縁破壊強さ (3)表面抵抗率 (4)誘電率 (5)誘電正接	
(6)耐トラッキング性 (7)耐アーク性	

8. レオナの使うときの注意点(金属との比較)	207
9. レオナの製品設計	209
9-1 射出成形品の設計手順	
9-2 射出成形品の5原則	
9-3 強度を確保する設計	
9-4 寸法精度をよくする設計	
(1)寸法精度の検討 (2)寸法精度をよくする製品形状設計	
9-5 離型性をよくする設計	
(1)アンダーカット (2)抜き勾配	
9-6 外観をよくする設計	
9-7 その他トラブルを少なくする設計	
9-8 二次加工のための設計	
(1)機械加工 1)切削 2)穴あけ 2)バフ加工	
(2)機械的接合加工 1)ボルト・ナット接合 2)セルフタッピング 3)圧入(プレスフィット)	
4)スナップフィット 5)インサート・アウトサート	
(3)物理的接合加工 1)スピンウェルド 2)サーキュラーウェルド 3)超音波溶接(溶着)	
(4)化学的接合加工(接着接合)	
9-9 付表 付表1 金属材料とレオナの性質 付表2 鉄鋼とレオナの許容応力 付表3 安全率	
10. 射出成形用金型	273
10-1 金型作成時の留意点	
10-2 金型の材料	
10-3 金型の設計	
(1)金型設計・製作の流れ(フロー) (2)成形品の取数と配列 (3)金型芯ズレ防止対策例	
(4)エアイベント・ガス抜き (5)コールド・スラグウエル(捨孔・湯溜まり) (6)スブルーブッシュ	
(7)冷却溝(冷却水路) (8)狭いコアの冷却 (9)ランナー (10)ゲート	
11. レオナの射出成形技術	285
11-1 射出成形機の種類	
11-2 スクリューの種類	
11-3 金型の選択	
11-4 レオナ材料の取扱い	
(1)レオナベレットの乾燥 (2)レオナベレットの保管方法	
(3)水分率による流動性の変化 (4)再生による物性変化	
(5)成形収縮率 1)厚さ依存性 2)金型温度依存性 3)射出圧力依存性	
(6)流動性	
11-5 やけ・黒点などの発生防止と射出成形条件	
11-6 レオナ射出成形品の調湿法およびアニーリング法	
(1)レオナ射出成形品の調湿法 (2)吸水による寸法変化 (3)レオナ射出成形品のアニーリング法	
11-7 レオナ射出成形のトラブルシューティング	
(1)成形上のトラブル (2)成形品のトラブル	
12. (参考) 折れ・割れの原因と対策	323
12-1 折れ・割れの原因と対策	
(1)はじめに (2)レオナ成形品の折れ・割れの原因について	
(3)レオナ成形品の折れ・割れ原因の解析結果について (4)レオナ成形品の折れ・割れ防止対策について	

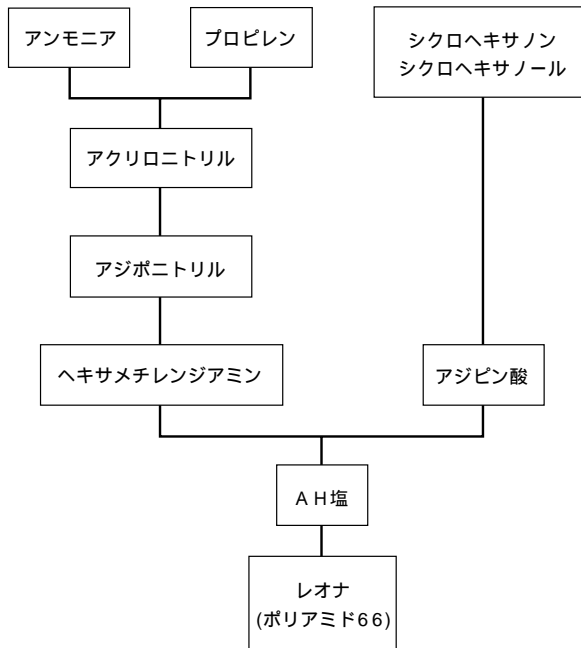
1-1 レオナとは

レオナとは旭化成が製造販売するポリアミド樹脂(ポリアミド樹脂、略号；PA)の総称です。本技術資料では、便宜上、ポリアミド樹脂をポリアミドと表記します。

1-2 レオナの製造

レオナは弊社独自の技術で、原料から製品(樹脂)迄一貫生産されています。その製造工程を图示しますと、図1のようになります。

図-1 レオナの製造フローシート



1-3 レオナの特長

レオナの特長をいくつかの観点から見てみますと次のようになります。

(1)エンジニアリング樹脂(エンブラ)の中でのレオナの特長

非強化レオナの特長

長 所	耐熱性が優れています。 強じん性、耐久性、電気特性等を高度に、かつバランス良く保有しています。 耐油性が優れています。
短 所	吸水性があり、寸法安定性が若干劣ります。 耐酸性がやや劣ります。

ガラス繊維強化レオナの特長

長 所	強度剛性が一段と高いレベルにあります。 耐熱性、強じん性、耐久性、耐油性等を更に高度に、かつバランス良く保有しています。 吸水性が小さくなり、寸法安定性が良くなります。
短 所	異方性、ウェルド部の強さ、成形加工時のスクリー摩耗など、ガラス繊維強化樹脂に共通の欠点があります。

(2)エンジニアリング樹脂の中でのレオナ(ポリアミド66)の特性

表1～2に5大エンブラ(ポリアミド、ポリアセタール、ポリカーボネート、変性ポリフェニレンオキシサイド、ポリブチレンテレフタレート)の特性を一覧表で示します。

表1 5大エンブラ(非強化)の特性

項目	試験方法 ASTM、UL	単位	〔レオナ〕 ポリアミド 66	PBT
融点	-		265	224
ガラス転移点	-		50	22
比重	D 792	-	1.14	1.31
吸水率(24hr)	D 570	%	1.3	0.08
引張強さ	D 638	kgf/cm ²	830	560
引張破断伸び	D 638	%	60	300
曲げ強さ	D 790	kgf/cm ²	1200	870
曲げ弾性率	D 790	kgf/cm ²	29000	25000
アイソット衝撃値、ノッチ付き	D 256	kgf・cm/cm	4.5	4
ロックウェル硬さ	D 785	-	R120 (M80)	R118 (M75)
テーパー摩耗(CS-17)	D1044	mg/10 ³ cycle	6	10
摩擦係数(対鋼)	-	-	-	0.13
熱変形温度(18.6kgf/cm ²)	D 648		70	58
線膨張係数	D 696	×10 ⁻⁵ /	8.1	9.4
UL長期耐熱温度(衝撃あり)	UL746		105	120
燃焼性	UL 94		V-2	HB
体積固有抵抗	D 257	・cm	10 ¹⁵	10 ¹⁴
絶縁耐力(絶縁破壊強さ)	D 149	kv/mm	31	17
誘電率(60~10 ⁶ Hz)	D 150	-	4.1~3.4	3.3~3.1
耐アーク性	D 495	sec	128	190

表2 5大エンブラ(GF強化)の特性

項目	試験方法 ASTM、UL	単位	〔レオナ〕 ポリアミド66 GF33%	PBT GF30%
融点	-		265	224
ガラス転移点	-		50	22
比重	D 792	-	1.39	1.52
吸水率(24hr)	D 570	%	1.0	0.07
引張強さ	D 638	kgf/cm ²	1900	1400
引張破断伸び	D 638	%	6	4
曲げ強さ	D 790	kgf/cm ²	2700	2000
曲げ弾性率	D 790	kgf/cm ²	91000	90000
アイソット衝撃値、ノッチ付き	D 256	kgf・cm/cm	11	7
ロックウェル硬さ	D 785	-	R120 (M96)	R121
テーパー摩耗(CS-17)	D1044	mg/10 ³ cycle	15	25
摩擦係数(対鋼)	-	mg/10 ³ cycle	-	0.15
熱変形温度(18.6kgf/cm ²)	D 648		250	210
線膨張係数	D 696	×10 ⁻⁵ /	3.3	2.0
UL長期耐熱温度(衝撃あり)	UL746		125	140
燃焼性	UL 94		HB	HB
体積固有抵抗	D 257	・cm	10 ¹⁵	10 ¹⁴
絶縁耐力(絶縁破壊強さ)	D 149	kv/mm	33	23
誘電率(60~10 ⁶ Hz)	D 150	-	-	-
耐アーク性	D 495	sec	114	150

S 単位への換算法 圧力: 1kgf/cm² = 0.098MPa エネルギー強度: 1kgf・cm/cm = 9.80J/m

POM	PC	変性 PPO	項目
180	-	-	融点
-56	150	-	ガラス転移点
1.42	1.20	1.09	比重
0.22	0.24	0.07	吸水率(24hr)
610	630	650	引張強さ
60	100	60	引張破断伸び
910	950	800	曲げ強さ
26400	23000	25000	曲げ弾性率
6.5	13	27	アイソット衝撃値、ノッチ付き
M80	M80	R118	ロックウェル硬さ
14	13	20	テーパー摩耗(CS-17)
0.15	-	0.33	摩擦係数(対鋼)
123	135	130	熱変形温度(18.6kgf/cm ²)
10.0	7.0	6.0	線膨張係数
80	110	100	UL長期耐熱温度(衝撃あり)
HB	V-2	V-0	燃焼性
10 ¹⁴	10 ¹⁶	10 ¹⁶	体積固有抵抗
20	90	16	絶縁耐力(絶縁破壊強さ)
3.7~	3.04~2.98	~2.65	誘電率(60~10 ⁶ Hz)
240	120	75	耐アーク性

レオナ以外は「ポリアミド樹脂ハンドブック(福本修編)日刊工業」より抜粋

POM GF25%	PC GF30%	変性PPO GF30%	項目
180	-	-	融点
~56	150	-	ガラス転移点
1.61	1.43	1.27	比重
(0.29)	0.20	0.06	吸水率(24hr)
1280	1250	1200	引張強さ
3	4	5	引張破断伸び
2000	1900	1400	曲げ強さ
77000	78000	77000	曲げ弾性率
8.6	15	12	アイソット衝撃値、ノッチ付き
M79	M90	L108	ロックウェル硬さ
40	33	35	テーパー摩耗(CS-17)
0.15	-	0.30	摩擦係数(対鋼)
163	145	140	熱変形温度(18.6kgf/cm ²)
6.0	2.7	2.5	線膨張係数
100	-	110	UL長期耐熱温度(衝撃あり)
HB	V-2	HB~V-1	燃焼性
10 ¹⁴	10 ¹⁶	10 ¹⁶	体積固有抵抗
23	60~150	22	絶縁耐力(絶縁破壊強さ)
-	-	-	誘電率(60~10 ⁶ Hz)
130	120	100	耐アーク性

レオナ以外は「ポリアミド樹脂ハンドブック(福本修編)日刊工業」より抜粋

(3) ポリアミドファミリーの化学構造と特性

表3 ポリアミドファミリー

		mp: 融点
ポリアミド6	$\left[\begin{array}{c} \text{N}(\text{CH}_2)_6\text{C} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	mp: 220
ポリアミド66	$\left[\begin{array}{c} \text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NC}(\text{CH}_2)_6\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{HO} \quad \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	mp: 265
ポリアミド610	$\left[\begin{array}{c} \text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NC}(\text{CH}_2)_6\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{HO} \quad \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	mp: 215
ポリアミド612	$\left[\begin{array}{c} \text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NC}(\text{CH}_2)_{10}\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{HO} \quad \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	mp: 215
ポリアミド11	$\left[\begin{array}{c} \text{N}(\text{CH}_2)_{10}\text{C} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	mp: 187
ポリアミド12	$\left[\begin{array}{c} \text{N}(\text{CH}_2)_{11}\text{C} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	mp: 176
ポリアミド46	$\left[\begin{array}{c} \text{N}(\text{CH}_2)_4\text{NC}(\text{CH}_2)_6\text{C} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{HO} \quad \quad \text{O} \end{array} \right]_n$	mp: 290
その他	(芳香族系ポリアミド等)	

表4及び5には特性一覧表を示します。又図2にポリアミドファミリーの平衡水分率図を示します。

ポリアミドの吸水性について

ポリアミドは、その化学構造により吸水性があります。ポリアミドファミリーの中では、アミド基濃度の高いポリアミドほど吸水性が大きい。吸水性が大きい、といってもある限界があります。

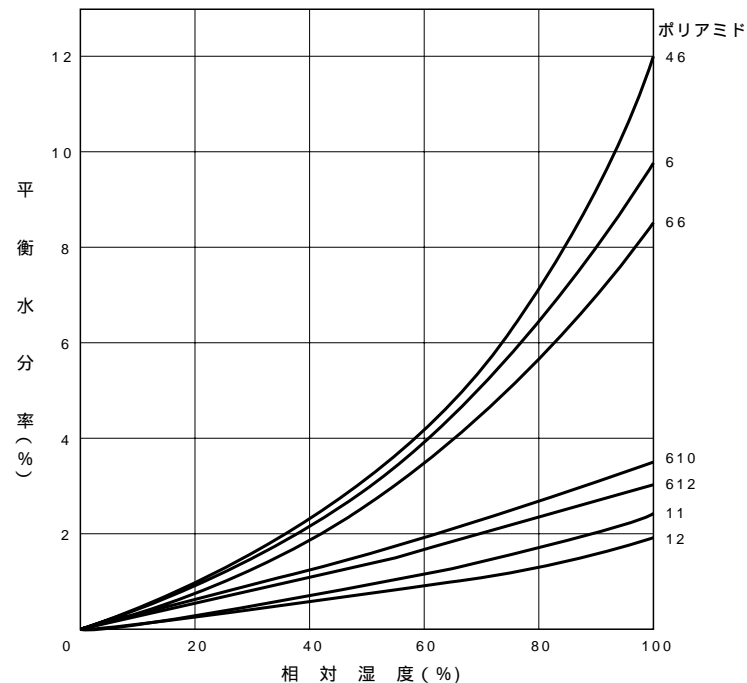
大気中に、ポリアミド樹脂を曝した時、これ以上吸水しない限界を平衡水分率と呼び、それは相対湿度によってかわりますが、ある相対湿度ではある一定値を示します(図2)。

又、水分率(吸水率とも言う)は曝した時間に比例して増え最後は平衡水分率に達して一定となります。

吸水することによってポリアミドの物性上、強じん性、耐衝撃性や柔軟性に優れた面をもちますが、反面、強度や寸法の面で問題となることがあります。

成形する時には吸水していない状態で行うのが好ましく、もし、"レオナ"製品を長時間開封したまま放置し吸水の心配のある時は、80 程度の熱風乾燥をするか真空乾燥をして、水分率を成形可能限度の0.25%以下にする必要があります。

図-2 ポリアミドの平衡水分率(非強化タイプ)



(4) レオナのグレードと一般物性

レオナは、ポリアミド66をベースポリマーとして、その基本的特長を生かしながら、各種の添加剤等の配合により、更に特殊な機能をもったグレードを準備しております。表6はそのグレード一覧表です。

またレオナはグレードによって、各物性が若干異なったものとなっております。表7~10はその物性一覧表です。

表4 代表的なポリアミド樹脂の特性 (非強化タイプ)

項目	試験方法 ASTM, UL	単位	ポリアミド 6	〔レオナ〕 ポリアミド 66
融点	-		220	265
ガラス転移点	-		50	50
比重	D 792	-	1.14	1.14
吸水率 (24hr)	D 570	%	1.8	1.3
引張強さ	D 638	kgf/cm ²	740	830
引張破断伸び	D 638	%	200	60
曲げ強さ	D 790	kgf/cm ²	1250	1200
曲げ弾性率	D 790	kgf/cm ²	26000	29000
アイソット衝撃値、ノッチ付き	D 256	kgf・cm/cm	5.6	4.5
ロックウェル硬さ	D 785	-	R114	R120
テーパー摩耗 (CS-17)	D1044	mg/10 ³ cycle	6	7
熱変形温度 (18.6kgf/cm ²)	D 648		63	70
線膨張係数	D 696	×10 ⁻⁵ /	8.5	8.1
UL長期耐熱温度 (衝撃あり)	UL746		105	105
燃焼性	UL 94	-	V-2	V-2
体積固有抵抗	D 257	・cm	10 ¹⁵	10 ¹⁵
絶縁耐力 (絶縁破壊強さ)	D 149	kv/mm	31	28
誘電率 (60~10 ⁶ Hz)	D 150	-	4.0~3.7	4.1~3.4
耐アーク性	D 495	sec	121	128

ポリアミド 11	ポリアミド 12	ポリアミド 610	ポリアミド 46	項目
187	176	215	290	融点
37	50	50	60	ガラス転移点
1.04	1.02	1.08	1.18	比重
0.23	0.21	0.30	-	吸水率 (24hr)
550	500	580	1000	引張強さ
330	350	>200	50	引張破断伸び
690	740	950	1450	曲げ強さ
10000	11000	20000	32000	曲げ弾性率
4	4~6	5~6	9	アイソット衝撃値、ノッチ付き
R108	R105	R116	R123	ロックウェル硬さ
5	5	4	-	テーパー摩耗 (CS-17)
50~60	50~60	60	150	熱変形温度 (18.6kgf/cm ²)
9.1	12	12	10	線膨張係数
90	-	-	-	UL長期耐熱温度 (衝撃あり)
V-2	V-2	HB-V-2	HB	燃焼性
10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁵	体積固有抵抗
17	17	20	-	絶縁耐力 (絶縁破壊強さ)
3.7(1kHz,Wet)	3	3.1	3.5	誘電率 (60~10 ⁶ Hz)
123	120	120	-	耐アーク性

レオナ以外は「ポリアミド樹脂ハンドブック(福本修編)日刊工業」より抜粋

表5 代表的なポリアミド樹脂の特性 (ガラス繊維強化タイプ)

項目	試験方法 ASTM, UL	単位	ポリアミド6 GF30%	〔レオナ〕 ポリアミド66 GF33%
融点	-		220	265
ガラス転移点	-		50	50
比重	D 792	-	1.36	1.39
吸水率 (24hr)	D 570	%	1.2	1.0
引張強さ	D 638	kgf/cm ²	1600	1900
引張破断伸び	D 638	%	5	6
曲げ強さ	D 790	kgf/cm ²	2400	2700
曲げ弾性率	D 790	kgf/cm ²	75000	91000
アイソット衝撃値、ノッチ付き	D 256	kgf・cm/cm	11	11
ロックウェル硬さ	D 785	-	R120	R120
テーパー摩耗 (CS-17)	D1044	mg/10 ³ cycle	(12)	15
熱変形温度 (18.6kgf/cm ²)	D 648		190	250
線膨張係数	D 696	×10 ⁻⁵ /	2.5	3.3
UL長期耐熱温度 (衝撃あり)	UL746		115	125
燃焼性	UL 94	-	HB	HB
体積固有抵抗	D 257	・cm	10 ¹⁵	10 ¹⁵
絶縁耐力 (絶縁破壊強さ)	D 149	kv/mm	60	33
誘電率 (60~10 ⁶ Hz)	D 150	-	-	4
耐アーク性	D 495	sec	131	114

S 単位への換算法 圧力: 1kgf/cm² = 0.098MPa エネルギー強度: 1kgf・cm/cm = 9.80J/m

ポリアミド11 GF30%	ポリアミド610 GF30%	ポリアミド46 GF30%	項目
187	215	290	融点
37	50	60	ガラス転移点
1.26	1.32	1.41	比重
0.12	0.21	-	吸水率 (24hr)
950	1600	2000	引張強さ
5	5	15	引張破断伸び
1460	2300	3100	曲げ強さ
32000	70000	87000	曲げ弾性率
9.5	13	11	アイソット衝撃値、ノッチ付き
R116	R118	R123	ロックウェル硬さ
-	(10)	-	テーパー摩耗 (CS-17)
173	185	285	熱変形温度 (18.6kgf/cm ²)
3.0	2.5	3	線膨張係数
115	-	-	UL長期耐熱温度 (衝撃あり)
HB	HB	HB	燃焼性
10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁵	体積固有抵抗
20	30	-	絶縁耐力 (絶縁破壊強さ)
-	-	3.9	誘電率 (60~10 ⁶ Hz)
120	120	-	耐アーク性

レオナ以外は「ポリアミド樹脂ハンドブック(福本修編)日刊工業」より抜粋