

# エンプラの本

(第4版)



エンプラ技術連合会



# 自動車・輸送機器



エンジンカバー (MD強化PA)



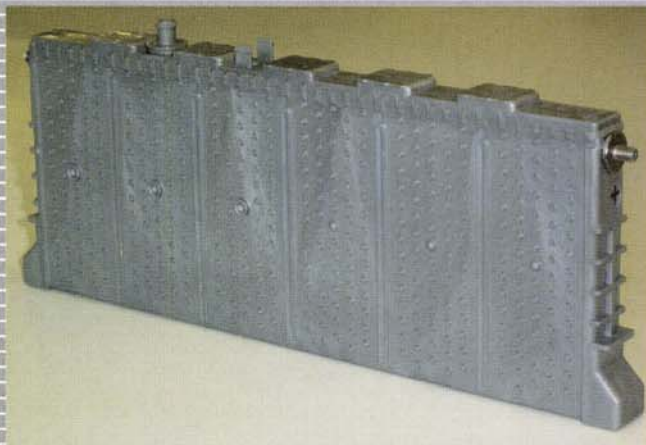
エアークマニホールド (GF強化PA6)



フューエルセンサーモジュール (POM)



フューエルライン用多層チューブ (PA12)

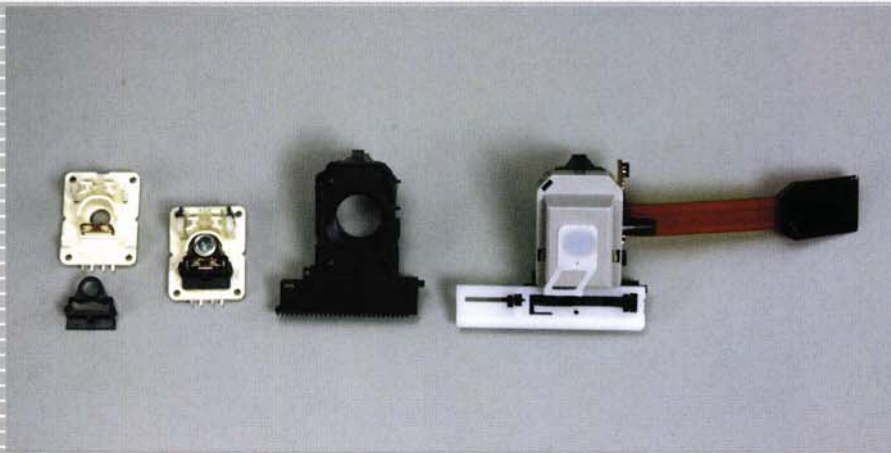


ニッケル水素電池ケース (PPE/PPアロイ)

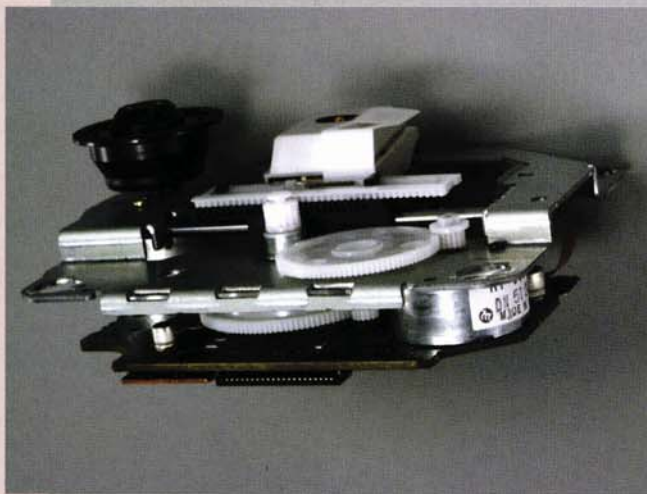
# 家電製品



電子レンジ (PET)



CDプレーヤー/ピックアップ部品  
2軸ベース (LCP)、レンズベース (LCP)  
スライドベース (PPS)

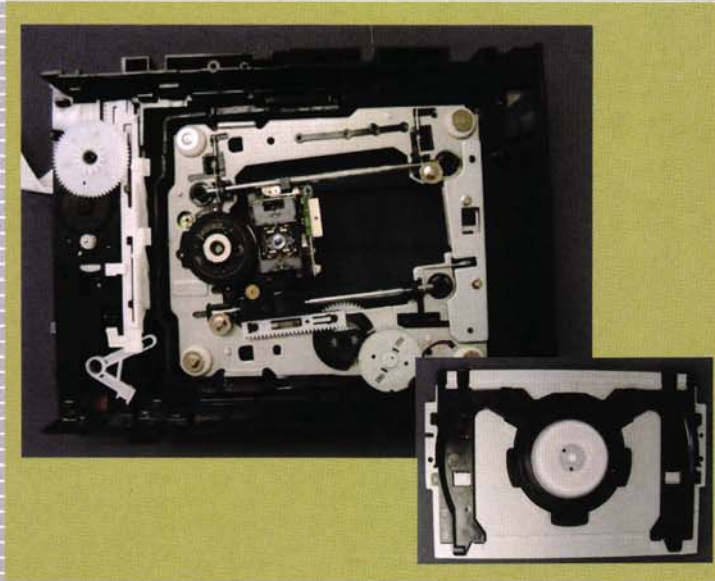


CDプレーヤー/ピックアップ駆動機構部品、  
スライドベースクラック (PPS)、シャッター  
ラック (POM)、ギア (POM)



DVDディスク (PC)

# 電子機器



DVDプレーヤー/DVD-ROMドライブ (POM)



DVDプレーヤー/ターンテーブル (GF強化PAR)

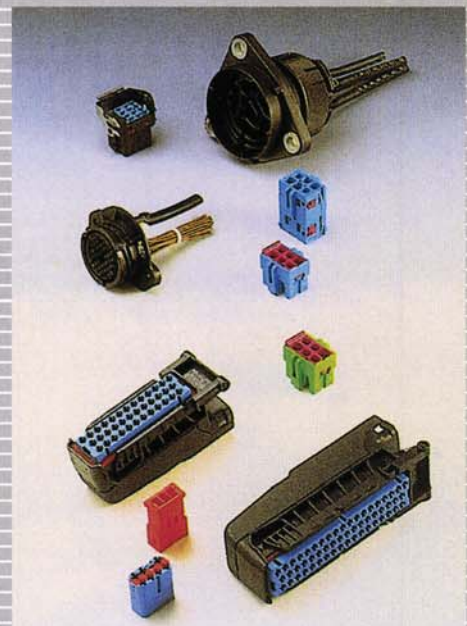


携帯電話/ハウジング (PC)

# 電子部品及び 情報機器



デジタルカメラ (PC)

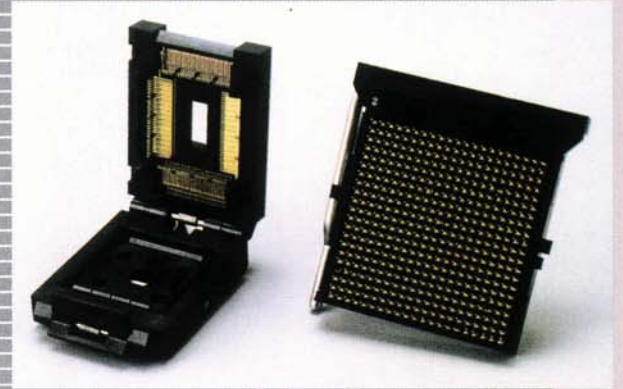


コネクタ (PBT)

# 電子部品



ICウェハーキャリア (PEEK)



ICテストソケット (PES)

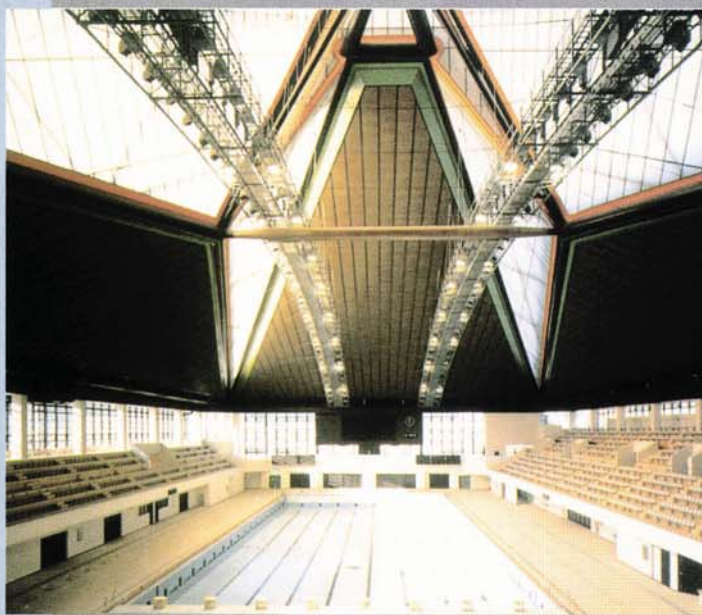


PCカード用コネクタ (LCP)

## その他



椅子トラバース (GF強化PBT)



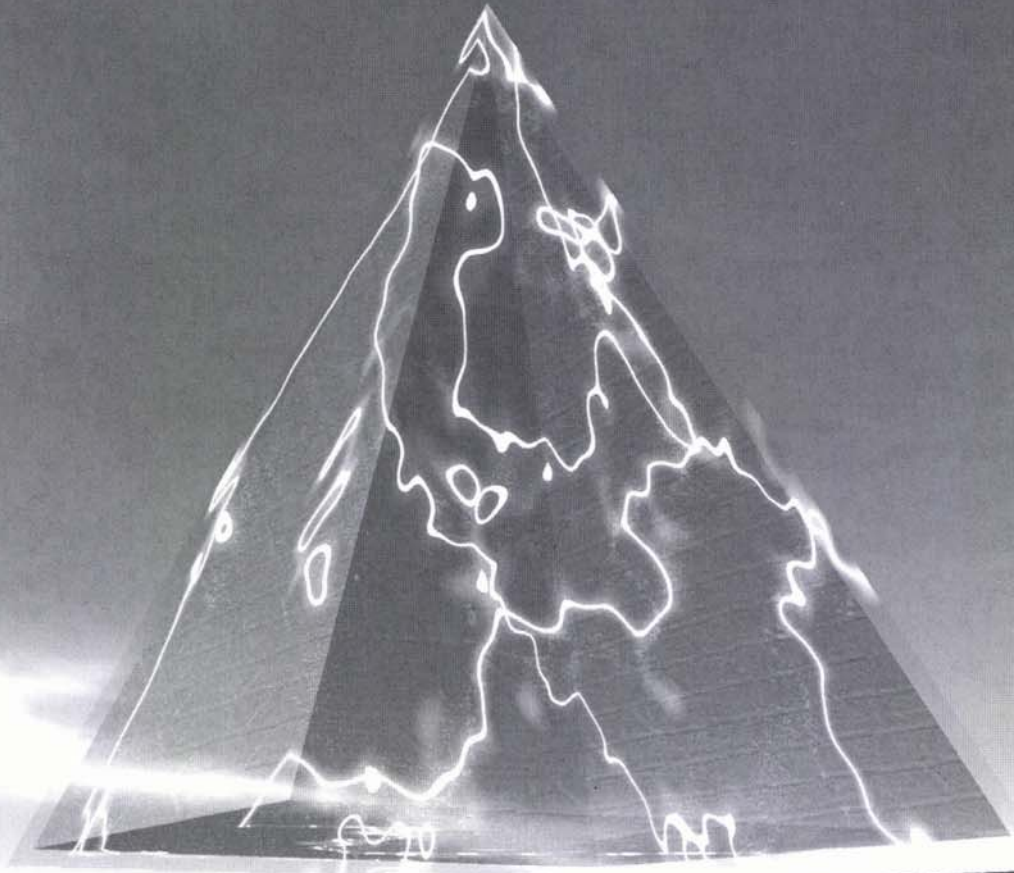
室内プールの屋根 (PC)



人工腎臓 (PC)

# エンプラの本

第4版



エンプラ技術連合会

## 「エンプラの本・第4版」発行に当たって

1989年に発行した「エンプラの本」も1993年の「新・エンプラの本」、1998年の「エンプラの本・第3版」を経て、今回「エンプラの本・第4版」として改訂されることとなりました。

第3版から第4版が発行されるまでの間、われわれの周りを取り巻く環境も大きく変化しました。

- 環境問題が大きくクローズアップされ、平成13年4月からはPRTR制度、家電リサイクル法といった制度がスタートしました。
- ユーザーにグリーン調達が広まり、材料に含まれる環境負荷物質の禁止・削減・管理に向け取り組むことになり、われわれ材料メーカーに対する化学物質含有調査要請も日常化してきました。
- WTO/TBT協定に端を発したJISの国際整合化(ISO化)も、プラスチックの物性の評価方法を新しい試験方法に変えるという大きな変化を伴いましたが、各メーカーでの対応も進み、平成15年度春には一部樹脂を除いてISO規格対応の「エンプラ DATA BOOK」発刊に至りました。
- インターネットの普及も目覚ましいものがあり、エンプラ技連においても平成14年秋にホームページを開設しました。

こうした中、「エンプラの本・第4版」はどのようにあるべきかについて意見を交換し、以下について留意し、編集作業に当たりました。

- 「エンプラの本・第4版」は、エンプラに関する入門書であり、教科書的存在とするよう努めました。
- 専門的な内容は別途発行している書籍を参照して頂くこととし、本書の中ではもれなく、分かりやすく解説することを心掛けました。
- 時代の変化に伴うグリーン調達、試験方法のISO化などについて、記述を加えました。
- 応用例・掲載写真を見直しました。

最後に、本書が旧版同様にエンプラユーザーをはじめエンプラに関心のある方々に、幅広く活用されるならば、編集員一同望外の幸せに思います。

2004年5月  
エンプラ技術連合会  
広報委員長



# エンプラの本

## CONTENTS

「エンプラの本・第4版」発行に当たって	2	10-1 プラスチック関係の材料規格	35
<b>1 概論</b>	4	10-2 電気関係の規格と認証	38
1-1 はじめに	4	<b>11 安全と環境</b>	42
1-2 エンプラの位置付け	4	11-1 製品安全	42
1-3 エンプラの定義	5	11-2 リサイクル	45
1-4 各種エンプラの紹介と概括的物性比較	5	11-3 環境関連規格と認証	48
1-5 汎用エンプラの市場動向	5	<b>12 成形法</b>	51
1-6 特殊エンプラ	6	12-1 エンプラの一次加工法	51
1-7 汎用エンプラの生産動向（日本）	8	12-2 おもな成形加工法	52
<b>2 結晶性と非晶性</b>	9	12-3 射出成形	52
2-1 温度変化に伴うプラスチックの状態変化	9	12-4 押出成形	54
2-2 結晶性プラスチックと非晶性プラスチックの特徴	11	12-5 プロー成形	55
<b>3 耐熱性</b>	12	12-6 その他の加工法	55
3-1 プラスチックの耐熱性と構造	12	12-7 プラスチック射出成形とコンピュータ(CAE)	55
3-2 プラスチックの実用的な耐熱性	12	<b>13 二次加工法</b>	57
<b>4 機械的性質</b>	16	13-1 接合法	57
4-1 粘弾性	16	13-2 機械加工	59
4-2 温度依存性	16	13-3 表面加飾	60
4-3 クリープ現象	17	<b>14 エンプラの応用</b>	61
4-4 引張り試験	18	(1)自動車・その他輸送機器	62
4-5 曲げ特性	19	自動車	62
4-6 耐疲労性	19	航空機・宇宙機器	80
4-7 衝撃特性	20	鉄道関係	82
4-8 摺動特性	21	(2)家電製品、電子機器、電子部品および情報機器	84
4-9 硬さ	24	概要	84
<b>5 耐薬品性</b>	25	AV機器	84
5-1 耐酸・耐アルカリ性	25	家電製品	89
5-2 耐有機溶剤性	25	電子部品	94
5-3 耐スチーム性	25	事務機・情報機器	99
5-4 耐熱水性	25	(3)精密機器	104
5-5 環境応力劣化	26	(4)産業機械	107
5-6 溶解度パラメーター	26	(5)土木・建築	112
5-7 その他	26	(6)医療機器	115
<b>6 電氣的性質</b>	28	(7)保安部品	117
6-1 電気絶縁性（絶縁抵抗）	28	(8)容器包装・器具	119
6-2 絶縁破壊強さ（耐電圧）	28	(9)日用品	122
6-3 誘電特性（比誘電率、誘電正接）	29	(10)スポーツ・レジャー用品	127
<b>7 燃焼性</b>	31	<b>(付録)</b>	
7-1 はじめに	31	1.エンプラ関連の熱可塑性プラスチックの名称と記号	130
7-2 臭素系難燃剤の使用規制動向について	31	2.充てん材及び強化材の記号	131
<b>8 耐候性</b>	33	3.エンプラ技術連合会・会員会社別商品名一覧	132
<b>9 光学的特性</b>	34	4.エンプラ技術連合会・会員紹介先	134
<b>10 規格と認証</b>	35		

# 1 概論 めざましく発達 するエンブラ

## 1-1 はじめに

人類は、主として使用する材料に応じて、石器時代、青銅器時代、鉄器時代と文明を開花させてきた。プラスチックがこの世に現れたのは、20世紀初めのペークライトに端を発している。その後の発展は目覚ましく、日本の生産量はついに1500万トンに迫り、容積換算で鉄のそれに拮抗するまでとなり、我々の生活に無くてはならないものになっている。

現代は、まさにプラスチックの時代ともいえるであろう。

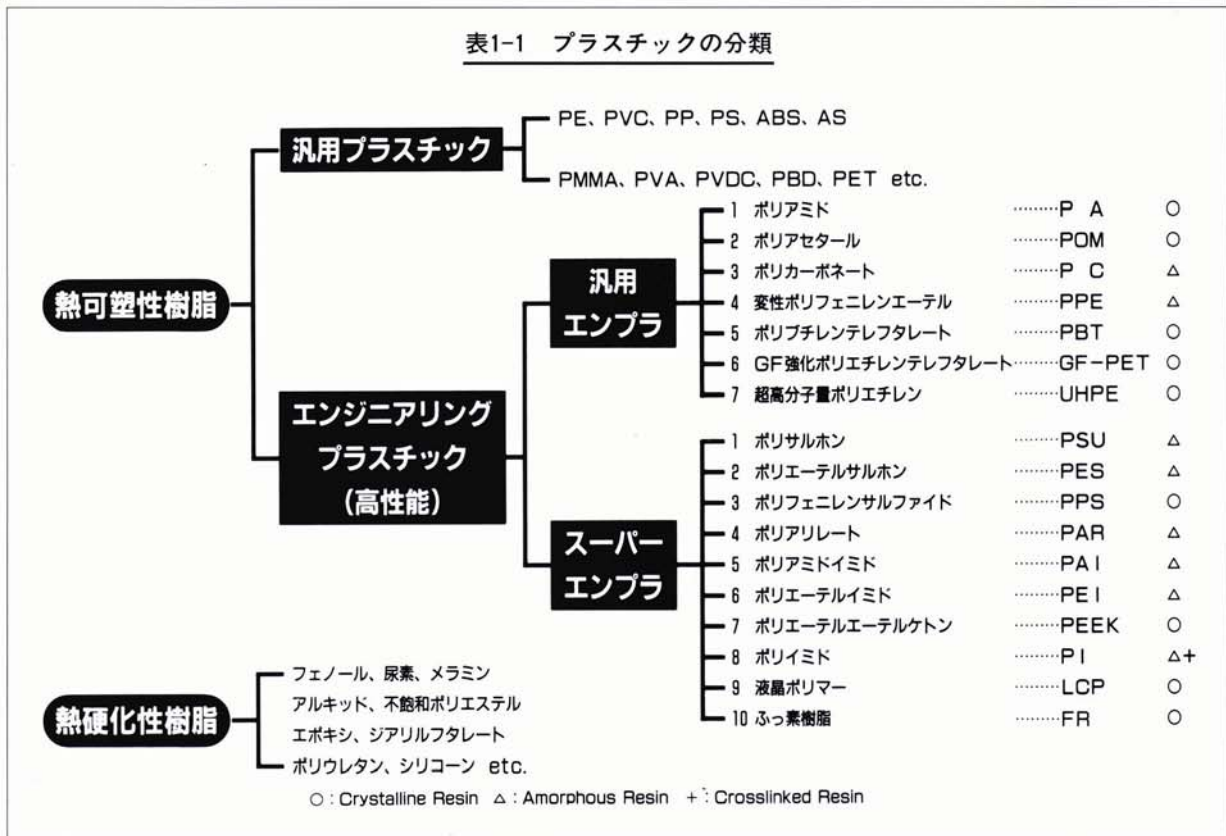
## 1-2 エンブラの位置付け

各種プラスチックの分類表を表1-1に示す。プラスチックは、大別して2種類に分類される。すなわち、熱を加えると流動し、成形が可能となる熱可塑性樹脂も、汎用プラスチックとエンジニアリングプラスチック（以降エンブラと表す）に分類される。

耐熱性が100℃以上あり、強度が50MPa以上、曲げ弾性率が2.4GPa以上あるプラスチックをエンブラとして、より耐熱性の低い汎用プラスチックと区別している。

耐熱性がさらに高く、150℃以上の高温でも長期間使用できるものを特殊エンブラまたはスーパーエンブラとする。

表1-1 プラスチックの分類



また、各樹脂の持つ結晶構造の有無により結晶性樹脂と非晶性樹脂に分けられる。広義の意味では、耐熱性熱硬化性樹脂もエンブラと呼ばれるが、ここでは、上記の耐熱性熱可塑性樹脂を中心に述べる。なお、超耐熱性エンブラの一部に熱硬化タイプのものも存在する。

### 1-3 エンブラの定義

エンブラの定義として、ここでは「構造用及び機械部材に適合している高性能プラスチックで、主に工業用途に使用されるもので、耐熱性が100℃以上のもの」とする。

### 1-4 各種エンブラの紹介と 概括的物性比較

エンジニアリングプラスチックという言葉が初めて登場したのは、1960年にアメリカのデュボン社が「金属に代わるプラスチック」と銘打ってポリアセタールホモポリマー (POM) を商品化した時である。そして、従来繊維用途が主体だったポリアミドがエンブラ用途にも使用され始めた。その後、ポリアセタールコポリマー、ポリカーボネート (PC)、変性ポリフェニレンエーテル (変性PPE)、そして1970年にポリブチレンテレフタレート (PBT) が開発された。この5種類の樹脂は、特殊なものを除き、比較的安価であることも幸いして順調に需要が伸び、全プラスチック生産量の6%以上に達した。

### 1-5 汎用エンブラの市場動向

以下に、汎用エンブラの特徴・市場動向を紹介する。

#### ポリアミド (PA)

ポリアミドは、その化学構造の違いで各種あるが、ここでは全般的なことを述べる。

ポリアミドは、機械的性質、特に耐衝撃性に優れた結晶性樹脂である。また、耐摩擦・摩耗性、耐薬品性 (強酸、フェノールを除く)、耐油性、ガスバリアー性等に優れている。融点が高く、構造によって吸水性が高いことも特徴である。吸水により寸法変化が大きく、機械的強度は低下するが、柔軟性、耐衝撃性は増加する。

前述のように一部のポリアミドは、吸水性が高いので、成形時および製品設計の際は、注意を要する。

主な用途は、自動車・車輻分野、電気・電子分野、機械分野等の射出成形分野およびフィルム、モノフィラメント等の押出し成形分野、その他である。

#### ポリカーボネート (PC)

PC は、非晶性樹脂で、汎用エンブラ中唯一の透明樹脂である。成形収縮率が小さく、寸法精度が良好であり、吸水率が小さいので寸法安定性が良好である。強度、特に耐衝撃性が非常に高く、クリープが小さい。また、電気特性も非常に良好である。しかし、耐薬品性は良好でなく、ストレスクラックを起こしやすい。

PC はエステル結合を有しているため、一定量以上の水分を残したままで加熱成形すると、加水分解を起こし、物性低下等を引き起こすので、使用に先立って予備乾燥が必要である。主な用途では、電気・電子分野が最大で、ついで一般機械 (カメラ部品等) が続いている。最近では、光学特性を生かして CD、MD 等のディスクが大きなマーケットとなっている。また、自動車・車輻分野でも使用量が増加し、これに続いている。さらに、シート分野もかなりの比率を占めている。

#### ポリアセタール (POM)

バランスの取れた機械的性質を持つ結晶性樹脂で、特に耐疲労性に極めて優れる。耐摩擦・摩耗性、耐薬品性、耐クリープ性、寸法安定性に優れ、吸水性も少ない。しかし、分子中に酸素を多く含んでいるので、難燃性の付与は至難であり、耐候性は良くない。POM の主力用途は、日本が得意とする電気・電子分野および自動車分野である。特に前者では、DVD を中心とした家電製品、複写機等の生産増にともないエンブラの伸びが顕著であり、POM がその主力を占め、最近の需要増を支えている。

#### ポリブチレンテレフタレート (PBT)

PBT は、汎用エンブラ中最も新しい樹脂である。強靱で、剛性も高く、耐熱性、耐熱老化性 (高温でも良好な機械的性質を保持) の優れた結晶性樹脂である。また、電気特性も広い温度範囲で良好で、吸水性も小さく、耐候性、耐薬品性も優れたバランスの取れた樹脂である。難燃化も容易で電子用途に向いている。

PC と同様に分子内にエステル結合を持つので、使用

前の子備乾燥が必要である。

主な用途は、電気・電子分野が半分以上を占め、更に自動車分野を含めると80%を越す。

## ふっ素樹脂 (FR)

分子中にふっ素を含有する樹脂で、PTFE、PFA、FEP、ETFE、PVDF 等10数種類あり特異な性質を持っている。

その特長は、一言で多機能、高機能といえる。耐熱性、耐寒性、耐薬品性、耐候性が極めて優れている上、非粘着性、低摩擦・高周波特性等ユニークな性質を持つ。一般に、ふっ素の含有率が高い程性質が優れる。

主な用途は、電気・電子分野、耐薬品性分野、非粘着分野、摺動材分野等であり、広い分野に用途が拡大している。

## 変性ポリフェニレンエーテル (変性 PPE)

変性 PPE は、非晶性樹脂で、PPE とスチレン系樹脂のポリマーアロイが中心である。変性 PPE の特徴は、広い温度範囲で機械的性質（剛性、耐衝撃性、耐疲労性）が安定していることである。電気特性も優れている。比重、吸水率が汎用エンブラ中最小であり、耐熱水性にも優れる。成形収縮率が小さいので、寸法安定性、寸法精度に優れている。耐熱性材料としても種々のグレードがある。耐薬品性では、酸、アルカリには侵されないが、芳香族炭化水素、ハロゲン化炭化水素には侵される。

主な用途は、電気・電子分野、OA 機器分野が多く、自動車分野と続く。最近の変性 PPE の需要を支えたのは、OA 機器、例えば複写機、ワープロ、ファックス、およびパソコン等のハウジングへの大幅採用があげられる。

## ガラス繊維強化ポリエチレンテレフタレート (GF-PET)

PET は、従来、合成繊維、フィルム用途が主体であったが、二軸延伸ブローボトルおよびエンブラとしての GF-PET の射出成形用途の応用が盛んである。

GF-PET は、結晶化速度が遅く成形性に問題があったため、その優れた物性の割には需要が小さかった。しかし、結晶化速度改良グレードが開発されてからは、成形

性が著しく改良され、樹脂そのものが持つ非常に優れた耐熱性、耐薬品性、電気特性、耐候性を生かした用途開発が急速に進んだ。なお、PC と同様に分子内にエステル結合を持つので、使用前の子備乾燥が必要である。

主な用途は、電気・電子分野および自動車・車輻分野である。

## 1-6 特殊エンブラ

特殊エンブラは、エンブラの中でもコストは高く、汎用エンブラ程市場規模は大きくないが、汎用エンブラより耐熱性が高く、その他ユニークな特徴を持つ物である。以下に順次これを紹介する。

### ポリフェニレンサルファイド (PPS)

PPS は、結晶性樹脂で非常に耐熱性が高く（連続使用温度240℃程度）、機械的強度、剛性、難燃性、耐薬品性、電気特性および寸法安定性等が優れている樹脂である。

近年、その優れた特徴を生かし急速に市場を拡大しており、次の汎用エンブラといわれている。

主な用途は、電気・電子部品、家電部品、自動車部品、機械部品（ケミカルポンプ等）である。

### ポリエステルエラストマー (TPEE)

TPEE は、加硫ゴムと同様なゴム弾性を有し、加熱することによって熔融・流動するので一般の熱可塑性プラスチックと同様の成形加工が可能である。TPEE は、熱可塑性エラストマー (TPE) の中で最も融点が高く、また機械的性質も優れている。また、低温特性に優れ、温度変化による弾性率変化が少ないことから、高機能材料として独自の市場を形成している。

主な用途として、自動車、機械、電線及び電気・電子分野等多岐にわたっている。

### ポリアリレート (PAR)

PAR は、基本的には透明性の非晶性樹脂で、耐熱性 (Tg195℃)、耐紫外線性 (SAE 規格はノンコートで合格・紫外線バリアー性がある)、耐衝撃性に特徴がある。他に回復曲げ弾性に優れるなどユニークな性質も合わせて持っている。

現在は、純粋なものよりアロイやコンポジット系が主

力となっており、耐熱ハイフロータイプの自動車灯具部品、高寸法精度フィラータイプの精密機械部品、耐薬品性アミドアロイの電子部品など幅広い用途に適性を持っている。

## 液晶ポリマー (LCP)

LCPは溶融時に液晶性を示す樹脂で、その優れた高剛性、高強度、成形寸法精度、寸法安定性に注目され各社が上市している。耐熱レベルにより、タイプI、II、III、に分類されている。また、分子構造により、全芳香族系と半芳香族系に分類でき、全芳香族系は特に耐熱性に優れ、半芳香族系は薄肉流動性に優れている。

主な用途は、電気・電子部品、摺動部品である。

## ポリスルホン (PSU)

PSUは、琥珀色透明の非晶性樹脂である。耐熱性(連続使用温度160℃程度)、耐加水分解性に優れ、高温でも酸、アルカリ、熱水に対して安定である。また、耐クリープ性、低温特性、電気特性に優れている。

主な用途は、電気・電子分野、医療用機器分野、精密機器分野、食品工業用機器分野、自動車分野等である。

## ポリエーテルスルホン (PES)

PESは、琥珀色透明の非晶性樹脂である。耐熱性(連続使用温度180℃程度)、耐加水分解性、難燃性に優れ、寸法安定性が良好である。また、高温での耐性に優れ、特に180℃までの耐クリープ性は、熱可塑性樹脂中最高である。耐薬品性も良好で、耐ストレスクラック性は、非晶性樹脂中最も優れている。

主な用途は、電気・電子分野、熱水分野、医療工業用機器分野、自動車分野等である。

## ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)

PEEKは、従来にはない特性を備えた結晶性樹脂である。特長としては、熱可塑性樹脂中最高レベルの耐熱性(連続使用温度240℃)、耐熱変形性(GF30%強化グレードの荷重撓み温度が300℃)を有し、高い難燃性と同時に燃焼時の発煙や腐食性ガスの発生が極めて少ない。耐熱水性(200℃のスチーム中で連続使用可能)、耐放射線性、耐薬品性も非常に良好である。

主な用途としては、電線被覆、射出成形品、その他がある。

## ポリエーテルイミド (PEI)

PEIは、琥珀色透明な非晶性樹脂であり、優れた耐熱性と機械的強度を持つイミド結合と良好な加工性を示すエーテル結合が組み合わされたものである。その特徴は、優れた耐熱性(連続使用温度170℃)、機械特性、難燃性、電気特性、環境特性を持ち、燃焼時の発煙量も少ない。

主な用途は、電気・電子部品、自動車部品、機械部品、航空機部品、その他である。

## ポリアミドイミド (PAI)

PAIは、非晶性樹脂であり、優れた耐熱性と機械的強度を持つイミド結合と良好な加工性、強靱性を示すアミド結合が組み合わされたものである。その特徴は、耐熱性(特に耐衝撃性)、耐疲労性、難燃性、摩擦・摩耗特性、耐薬品性、耐ストレスクラック性に優れていることである。また、電気特性も良好である。

PAIの主な用途は、電気・電子部品、産業機械、事務機、自動車部品、その他である。

## ポリイミド (PI)

PIは、熱硬化性の耐熱性樹脂で、市販されている有機高分子中最高の耐熱性を有するため、着実に用途開発が進んでいる。PIは、数多くの会社で種々の化学構造のものが開発されている。その特徴は、耐熱性(連続使用温度250℃以上)、難燃性、強度特性、寸法安定性に卓越した性能を有することである。

主な用途は、電気・電子部品、機械部品、自動車部品等である。

## 1-7 汎用エンブラの生産動向 (日本)

次に経済産業省化学工業統計によるプラスチック生産推移（1993～2002年）のうち、汎用エンブラの合計推移を図1-1に示す。また図1-2には、1993～2002年の樹脂別の生産量推移を示す。



図1-1 日本各種エンブラの生産量推移（積上）

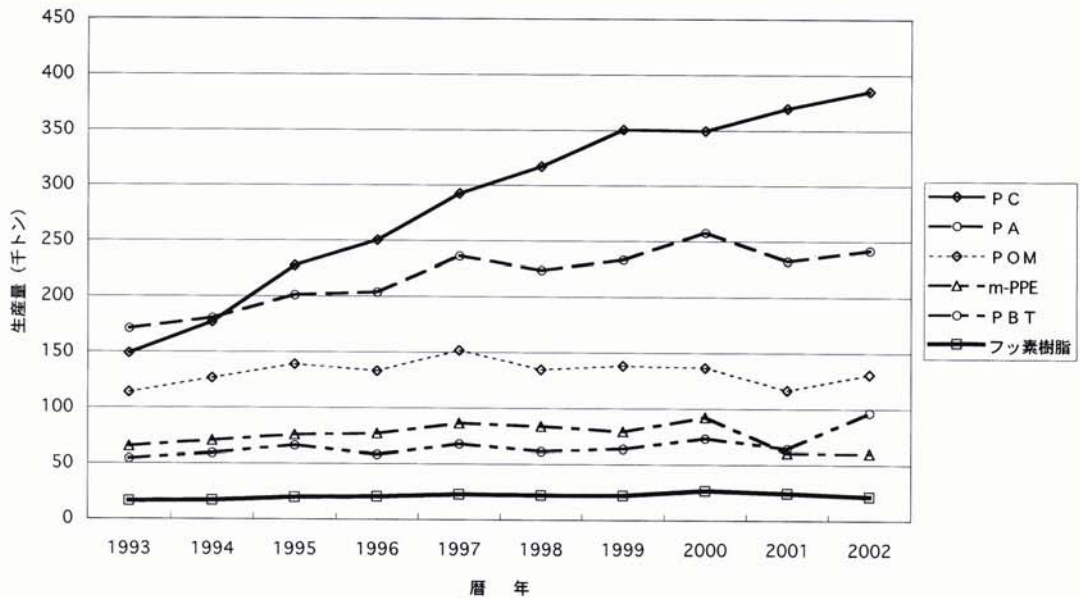


図1-2 日本各種エンブラの生産量推移（個別）

# 2 結晶性と非晶性

高分子は、最低100以上の構成単位の単分子が結合してできる。この高分子の集まりがプラスチックである。エンジニアリングプラスチック、いわゆるエンプラには、過激な雰囲気や用途でも、高い、強度・耐熱性・耐薬品性等の特性が保てることが要請されている。個々の高分子及び集合体としてのプラスチックが、受けた過激なストレスに耐え得ることができることがエンプラには必要となる。

一般的には、以下等の性能を持つプラスチックは、各種ストレス（力・熱・化学物質等）に強く、高強度・高耐熱・高耐薬品性能等、エンプラとして、優れた性能を持つ。逆に、当然の事ながら、このようなエンプラの成形加工は難しくなる。

---

## 耐強度・耐熱・耐薬品性能が高いプラスチック

### \* 構成高分子の特性

- ・分子鎖が長い
  - ・分子鎖を構成する単分子を繋ぐ“フック”（結合力）が強い
  - ・部分的に弱い結合がない
  - ・ストレスがよく分散でき局所的にストレスが集中しない
- 等

### \* 高分子の集合状態

- ・近くの高分子と密接に嵌合、分子間力・親和力が強く働く
  - ・分子の数
  - ・密度が高い
  - ・結晶部分が多く構造が均一、欠陥の原因となる異物がない
- 等

---

プラスチックは、高分子が規則正しく配列する状態と、

高分子が糸玉状になったり絡まったりして存在する状態との2つの状態に大別することができる。前者は結晶状態と呼ばれ、又後者は無定形または非晶状態と呼ばれる。このように、プラスチックは、高分子の配列状態の違いにより、結晶性プラスチックと非晶性プラスチックとに分けられる。現実に存在するプラスチックは、すべての部分が結晶状態であるというわけではなく、結晶性プラスチックといっても、結晶部分と非晶部分とが混在している。プラスチック中の結晶部分の割合を結晶化度（注1）と呼ばれる値で表現する。結晶化度が高いのは、エンプラとして要請される特性が出てくるための必要条件である。

注1：結晶化度の定義（結晶化度）＝（結晶領域部分）÷（結晶領域部分と非晶領域部分との和）

又、液相ではあるが、ある温度範囲で一定の方向に分子が配列し、物性に異方性示すことがある。この状態を液晶状態と呼び、このような状態をとりうる高分子を液晶性ポリマーと呼んでいる。

図2-1に、結晶性プラスチック、非晶性プラスチック、及び液晶性ポリマーの配向構造モデルを載せた。

比較的結合力の小さい分子間力や水素結合も、高分子では原子や分子の数が多いので結合力が大きく累積される。結晶化度が増すと、単位体積当たりの結合の数が増加し、エンプラとして必要な、強靱さ、耐熱性、耐薬品性等が増加することになる。

## 2-1 温度変化に伴うプラスチックの状態変化

高分子の分子間力の強さや高分子立体構造等の違いで、高分子の集合（プラスチック）状態は異なり、結晶状態や非結晶状態となる。プラスチックは、加熱・冷却されると、結晶状態及び非結晶状態が変化する。

温度が変化することでプラスチックの状態が変化する

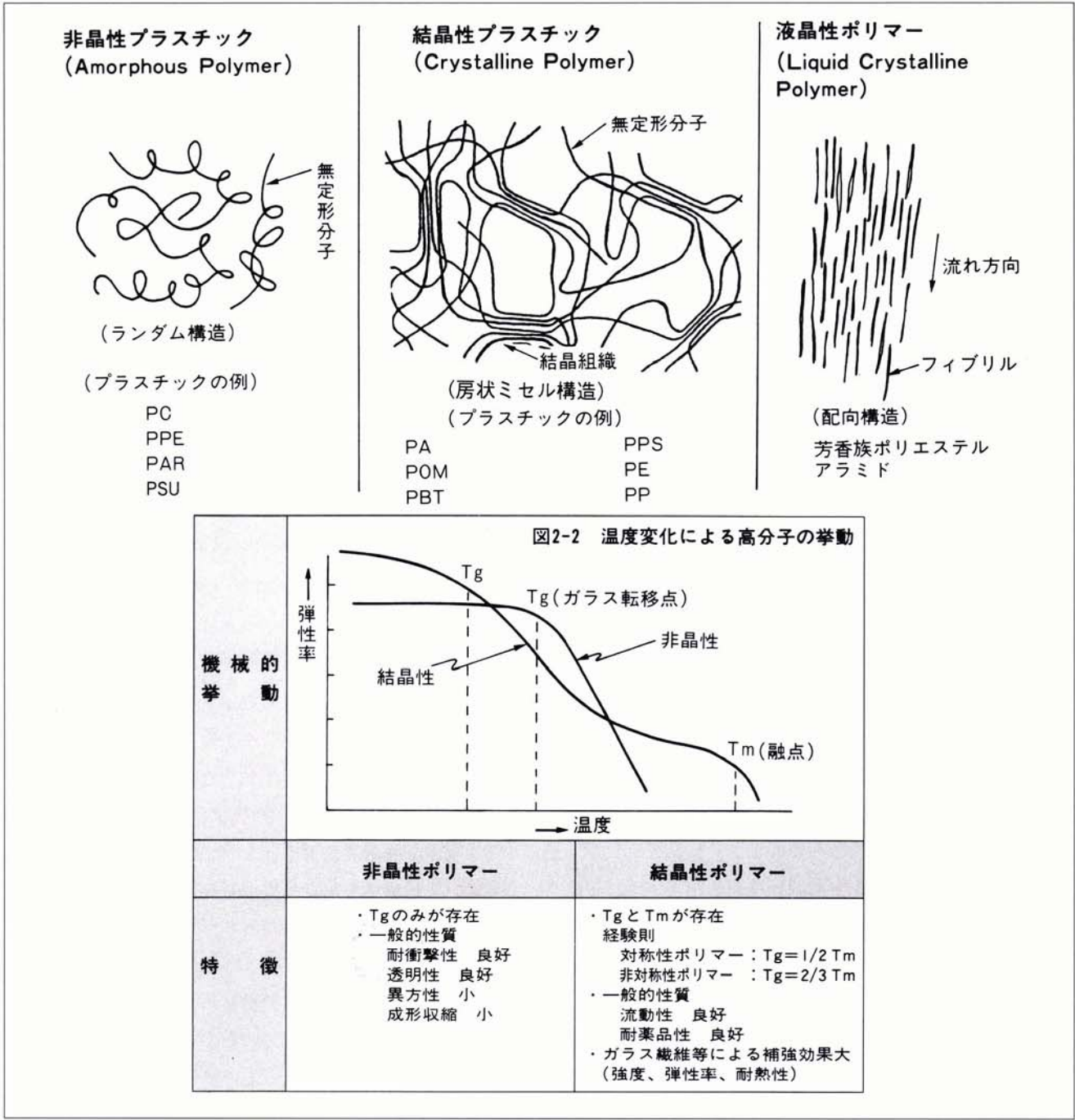


図2-1 熱可塑性プラスチックの分類

様子を、図2-2に示した。

熱エネルギーを受けると、プラスチックではその非晶部分の高分子鎖の動きが活発化し、又、結晶部は溶解する。結晶性プラスチック、非晶性プラスチック共に、ガラス転移点と呼ばれる温度以上の温度では、非晶部分の分子運動が活発になり、又結晶部が溶解していくのに伴って剛性が低下していく。プラスチックの融点を越える

温度まで加温されると、無論、結晶も消失して、材料は液体と同じような流動状態となる。

一方、熔融したプラスチックを冷却すると、分子鎖の動きは少なくなり、又結晶化が始まる。ところで、冷却の方法によって結晶の状態は異なる。冷却されて球晶と呼ばれる形に成長する場合、急冷したときは、球晶サイズは小さくなり、又徐冷した場合には、球晶サイズは大



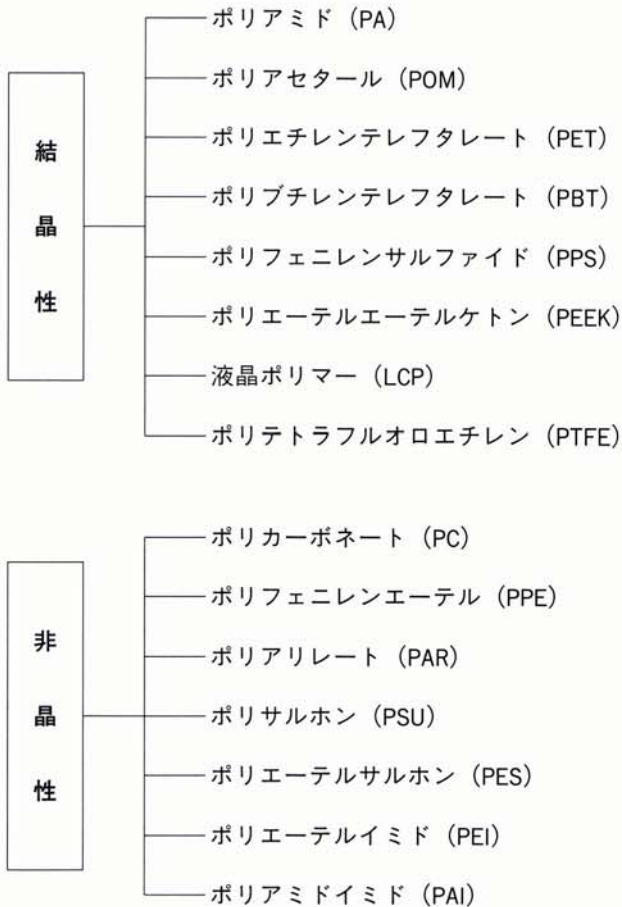
きくなる。

エンブラ材料の特徴の一つに、耐熱性が大きいことがある。非晶性エンブラでは、ガラス転移点が高く材料がゴム状態へ移る温度が高いことが、耐熱性を発現するための要件となっている。又結晶性エンブラでは、融点が高く、高温でも結晶状態を維持できることが、高い耐熱性を発現するための要件となっている。

一般には結晶性プラスチックは、硬く、剛性があり、又非晶性プラスチックは耐衝撃性に優れることが顕著な特徴といえる。又、エンブラにガラス繊維、炭素繊維、又は種々のフィラー（粒子等の充填剤・添加剤）等を加えることで、材料強度、剛性を上げたグレードが広く使われている。フィラー等による補強効果が顕著であることも結晶性プラスチックの特徴となっている。

## 2-2 結晶性プラスチックと非晶性プラスチックの特徴

代表的なエンブラを結晶性、非晶性の面から分類すると次のようになる。



# 3 耐熱性


耐熱性を目安にして、エンプラと汎用プラスチックとを区別する見方があり、一般に、耐熱性が100℃以上のものをエンプラと呼んでいるようである。確かに耐熱性はプラスチックに固有な特性の一つなので、耐熱性は、目的とする用途に適合するプラスチックを選択する場合に、しばしば、基準の一つとされている。

## 3-1 プラスチックの耐熱性と構造

かつて、プラスチックの耐熱性は150℃が上限とされていた。しかし、プラスチックが自動車のエンジン周りの部品に適用されたり、電気・電子部品のチップ化と高密度化に伴って、プラスチックの耐熱性を、更に高くしたいという要請が高まり、耐熱性の優れたプラスチックが次々と新しく生まれてきた。

プラスチックが高い耐熱性を持つには、高分子鎖での結合エネルギーが大きいこと、隣り合う高分子が高密度にパッキングできること、分子量が大きいこと、重合度が揃っていること、又異物が少ないこと等が条件となる。

フェニレン基を主鎖に持つ、高い結晶化度のプラスチックは、高い耐熱性を持っている一つである。具体的には、以下等で共通している。

- ・重縮合系が主流。
- ・主鎖の骨格として、p-フェニレン骨格  を持っている。

### 〔融点 (Tm) とガラス転移点 (Tg)〕

結晶性プラスチックの場合には、融点 (Tm) が、又、非晶性のプラスチックの場合には、ガラス転移点 (Tg) が耐熱性の目安となる。

高分子同士の立体的な勘合がよいことは、結晶化度が高く、急峻な融解ピークを持つことを特徴とする結晶性プラスチックになる要件の一つである。分子間の結合が強く、結晶部が多いとプラスチックの融点は高くなる

(注1)。

注1： $T_m = \Delta H / \Delta S$

高分子鎖が伸びきった状態で結晶化した結晶(完全結晶)の平衡融点 (Tm) と、融解エンタルピー ( $\Delta H$ )、及び融解エントロピー ( $\Delta S$ ) との間にある関係。

ここで、 $[\Delta H]$ : 融解エンタルピーは、高分子の鎖間に働く分子間力が増加すれば、大きくなる。フェニル基等極性基がある分子、隣接原子の数が多分子、分散力の一種ファン・デル・ワールス力が強く働く場合、水素結合(ポリアミド等の水素原子と酸素原子等に働く)があると大きくなる。

$[\Delta S]$ : エントロピーは、「でたらめさのパロメータ」とも呼ばれ、主鎖の対称性がよい場合、架橋している場合、高分子の枝分かれが少ない場合、結晶性がよい場合等には小さくなる。

一方、主鎖のフェニレン基が捻じれているような高分子は、非晶性のプラスチックとなり、ガラス転移温度 (Tg) が重要となる。Tg 以下の温度では、分子運動が凍結されているので、温度変化があっても、物性はほとんど変化しない。しかし、一般に、温度が Tg を越えると、活発な分子運動が起こり、弾性率低下や体積膨張が顕著になる。

## 3-2 プラスチックの実用的な耐熱性

### 〔短期耐熱性〕

物質が相変化を起こす要因として、融点やガラス転移温度があることを説明したが、プラスチックに負荷される圧力、クリープ、及び/又は伝熱に要する時間等も重要な要因である。プラスチックが実用に供される現実の場には、温度だけではなく、圧力、時間、光、溶媒等も

ある。どの要因が、実用の場において主要なものとなるかを考慮して、適切なプラスチックを選ぶのが実際的である。

荷重たわみ温度 (DTUL、旧称 HDT) は、一般にプラスチックの耐熱性の尺度として用いられている。

この測定では、試験するプラスチックのバーに、1.8又は0.45MPaの荷重を掛けた状態で、加熱していき、バーが変形し始める温度を、荷重たわみ温度としている。つまり、プラスチック自身は、この温度で変形するので、実際に使用できる温度は、当然この温度より低くなる。通常、短期間の使用に限定するのであれば、この温度より更に10℃程度低い温度を使用可能の上限温度としているようである。

### 〔長期耐熱性〕

荷重たわみ温度では、もはやプラスチックは変形してしまうので、この温度は実用的温度とはいえず、特に、プラスチックを高温で長時間使用するような場合には、プラスチック自身が持っている耐熱性を知る必要がある。繊維強化されたプラスチック、とりわけ、結晶性プラスチックはガラス転移温度での分子運動が抑えられて、見かけ上荷重に耐えたような挙動を示す。そのため、荷重たわみ温度とは別に、長期連続使用温度が求められている。

長期連続使用温度は、一応の目安として、UL(アンダーラボラトリーズ)規格で測定法が定められており、数万時間の高温暴露により、物性が半減する温度とされている。

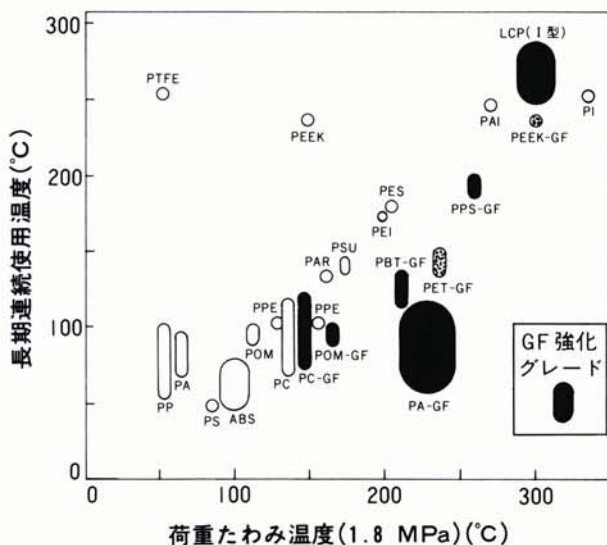


図3-1 荷重たわみ温度と連続使用温度

図3-1に、これまでの使用実績をもとにして、様々なプラスチック長期連続使用温度を求め、荷重たわみ温度との相関関係を示した。この図で注意すべきことに、結晶性プラスチックの場合には、ガラス繊維によって強化することにより荷重たわみ温度は大幅に上昇しているが、長期連続使用温度でみると、その使用可能温度は、無充填グレードの耐熱性に近いということがある。とりわけ、PA(ポリアミド)、PBT(ポリブチレンテレフタレート)等のプラスチックには注意が必要である。一方、PTFE(ポリテトラフルオロエチレン)、PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)といったプラスチックは、無充填でも、250~260℃の耐熱性を持っている。

長期連続使用の温度は、荷重のかかり方、使用する状態、雰囲気、放熱条件によって変わってくるので、要求のレベルを充分吟味して、適用するプラスチックを選ぶべきである。

なお、付け加えていうと、非晶性プラスチックの場合には、ガラス繊維による荷重たわみ温度の上昇はごくわずかである。

### 〔ハンダ耐熱〕

かつては、電気・電子部品のプリント基板への装着は、溶融したハンダ浴へ直接浸す方法が主流だったが、今日では部品の小型化、薄形化に伴い、リフローハンダへと移ってきている。

前者のハンダ方法の場合、ハンダ浴の温度は約260℃だが、10秒以下の処理時間であることから、220℃~230℃の荷重たわみ温度の材料でも使用されていた。しかしながら、最近では、処理時間の短縮化、溶けたハンダがプリント基板に余分に残らないようにするため、さらに高い温度でハンダをする傾向にある。このため、材料は260℃以上の荷重たわみ温度がないと耐えられなくなってきている。

一方、リフローハンダは、電気・電子部品の小型化、量産化に伴って生まれてきたハンダ方法で、より小さい、チップ化した部品に使用されることが多い。この方法では、まず約1分半、150℃の子備加熱の後、220~230℃以上で約30秒加熱される。このため、処理温度はハンダ浴の方法よりも低いが、チップ化した部品が非常に小さく、薄い。更に処理時間が長いので、プラスチックの耐熱レベルはむしろ厳しくなる。こうしたことから、現在リフ

ローハンドの耐熱性を有するプラスチックはごく一部のものに限られており、ほとんどが荷重たわみ温260℃以上のプラスチックとなっている。

### 〔使用条件と温度レベル〕

エンブラが使用される範囲はきわめて広く、かつ、種々の条件で使用されるので、ただ単に耐熱性のレベルだけでプラスチックを使い分ければよいというものではない。適用する部品の使用条件をよく検討し、要請される耐熱レベルを明確にしてプラスチックを選択すべきである。

一般に、使用する目的から要求される部品としての耐熱性をみると、電気・電子部品、その他通常の使用において人の手に触れるような部品の場合には、100℃前後の耐熱性があれば充分である。

機構部品でオイルやグリースと併用して使用する場合には、オイルの劣化温度が180℃近辺であるので、これ以上の耐熱性は不要である。180℃以上の条件で使用する部品であるとオイルは使用することができないので、例えば、摺動部品の場合には、オイルフリーの状態、耐摩擦・耐摩耗特性がないと機能を果たさない。260℃がハンド工程に耐えるプラスチックの耐熱レベルであることは既に述べた。

このようにプラスチックの耐熱レベルをみていくと、いくつかのグループに区分されるが、この耐熱レベルとプラスチックの価格とはかなりよい相関をしていることがわかる。最近ではプラスチックの価格が流動的であったり、又、アロイ化技術の進歩によりやや複雑であるが、一般的には、耐熱レベルが高くなるとプラスチック価格も高くなる。

### 〔線膨張係数〕

プラスチックの適用温度範囲を考える上で、しばしば問題とされるのがプラスチックの持つ線膨張係数である。とりわけ金属の代替とか、金属部品との組合せで使用する場合、特に高温では、線膨張係数の差で寸法の狂いを生じ、製品の機能を阻害することがあるので注意が必要である。

一般に、

- ① プラスチックの線膨張係数は、金属のそれより大きい。
- ② 結晶性プラスチックの線膨張係数には、異方性がある。

③ 繊維強化プラスチックの場合には、金属の線膨張係数に近くなる。

④ しかし、繊維の配向と直角方向では、プラスチックの線膨張係数に近い。

⑤ LCP（液晶ポリマー）の線膨張係数は小さい。

### 〔比熱〕

プラスチックの比熱は0.8~2kJ/kg・Kである。常温でのガラス繊維の比熱は0.8kJ/kg・K、炭素繊維の比熱は0.7kJ/kg・Kなので、同一体積当たりではプラスチックとあまり変わらない。

### 〔熱伝導率〕

プラスチックは断熱材として用いられるように、熱伝導率は金属と比べて小さい。表3-1にいろいろなエンブラの熱的性質を示した。

### 〔その他〕

ケース、ハウジング、断熱板等エンブラが静的用途に使用される場合には、耐熱性ととも材料の剛性と強度が選択の基準となる。

ここで注意したいのは、結晶性プラスチックの場合には、結晶化温度を越えると強度が急激に低下することである。エンブラの場合、高温で使用する人が多いので実際に使用する温度でのプラスチックの強度を知っておくことが大切である。図3-2に引張り強さの温度依存性を、又、図3-3に特殊エンブラの曲げ弾性率の温度依存性を示した。

表3-1 エンジニアリングプラスチックの熱的性質

	比重	比熱 kJ/kg·K	熱伝導率 W/m·°K	線膨張係数		ガラス 転移点°C	融点°C
				非強化 10 <sup>-5</sup> /K	GF30%強化 10 <sup>-5</sup> /K		
PA6	1.14	2	0.2~0.3	8~15	2.2~3.0	30~50	219~226
PA66	1.14	2	0.2~0.3	8~10	2.5~3.0	50~65	259~265
POM	1.42	1.5	0.05~0.2	8~12	2~4(GF25%)	-50~-60	163~180
PC	1.20	1.3	0.2~0.3	6~7	2~3	150~156	-
PPE	1.06		0.2	6~7	2.5~3.5	140~150	-
PBT	1.31	1.2	0.1~0.2	8~10	2~3	20~25	224~228
PET	1.35		0.3	-	3~5	67~71	254~260
PAR	1.21			5~6	3~6	181~195	-
PSU	1.24	1.1	0.1~0.2	5.5	2~4	181~190	-
PES	1.37	1.1	0.2	5.5	2.3	222~225	-
PEI	1.27		0.2	5.6	2.0	210~217	-
PPS	1.34	1.0	0.3	2~4	2~3	85~88	278~285
PEEK	1.30	1.3	0.3	4~5	1~3	143~145	334
LCP(I)	1.3~1.4		0.3	-0.5~1.1	1.5~2.0		400~450
Fe	7.4		80	1.2			-
Al	2.7		237	2.4			-

●参考文献

- 「エンジニアリングプラスチック」 監修/平井 利昌 発行/プラスチックスエージ (p.20~p.21) エンプラの特性
- 「全調査/エンジニアリングプラスチック」 編集/日経ニューマテリアル 各エンブラ代表グレードの特性
- 「エンブラ90」 発行/化学工業日報社 物性データ一覧
- 「エンジニアリング プラスチック」 編者/牧 廣 小林 力夫 主要銘柄性能表

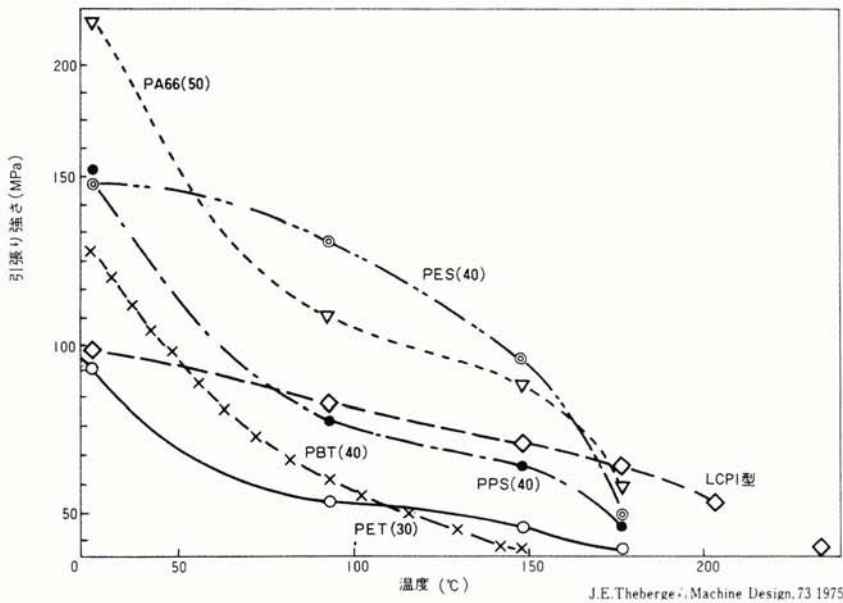


図3-2 高温における引張り強さ (GF強化質量%)

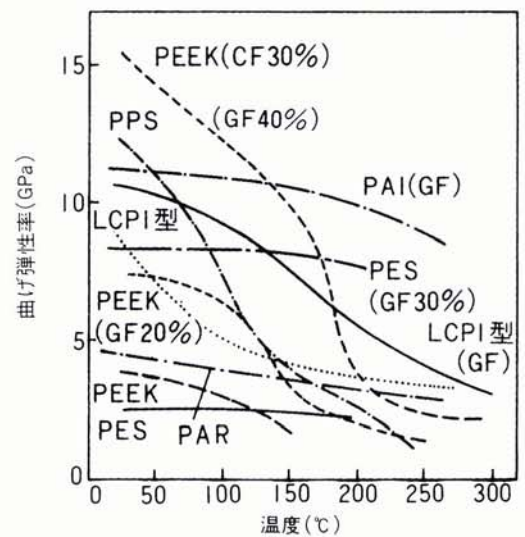


図3-3 特殊エンブラの曲げ弾性率の温度依存性

# 4 機械的性質

エンプラは金属材料と異なり、プラスチック特有の粘弾性とガラス転移点 ( $T_g$ ) を持っているため、機械的性質を考えるとときには環境温度に著しく左右される点と、長時間負荷によるクリープ現象の発生に注意する必要がある。

## 4-1 粘弾性

プラスチックは、常温では弾性のある固い固体だが、分子運動の盛んな高温では、小さな力で容易に変形する。また、長時間重い荷重を支えていると変形する（クリープ）。

それらのことからプラスチックを、単純に固体（弾性体）とだけ考えるより、粘性の大きな液体（粘性体）として考えた方がわかりやすくなる。

固体は外力に比例して弾性変形する。一方、液体は内部の分子の抵抗性で粘性変形する。プラスチックは固体としての弾性、液体としての粘性の両面性を持った材質と見做すことから粘弾性体（Visco-elasticity）を持つ物質と定義される。

ばねとダッシュポット（ピストン作動の緩衝器）の組

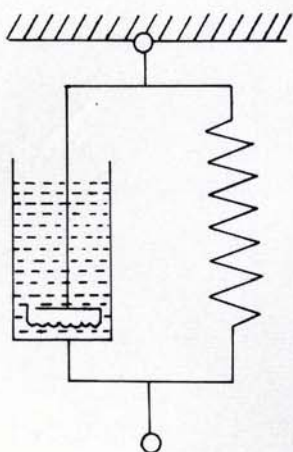


図4-1 V 模型

合せの力学モデルを使って、プラスチックの性質を説明しよう。

ばねは弾性体としての性質、ダッシュポットは粘性体としての性質を示す。図4-1は、V模型といわれるもので、右側のばねと左側のダッシュポットが並列に組合せてあり、応力の要素を別々に受け持つようにしたものである。下方に引張るとばねとダッシュポットのピストンがつり合いの上で伸びていく。

変形が大きくなるとばねの復元力が大きくなり下げていく。一方ダッシュポットは、わずかでも一定の応力が加わっている限り、永久に降下し続ける。つまりピストンの働きは粘度のために瞬間的に起こるべきある変形を後へ後へとずらし、遅らせる。

また、かなり変形させた後に、応力を除いてやると、ばねは強い力で戻ろうとし、ピストンもある程度戻る。しかし、変形が小さくなるにつれてばねの復元力も弱まり、ピストンも動きにくくなるため変形が戻りにくくなる。

## 4-2 温度依存性

まず温度と弾性率の関係を図4-2にしめす。非晶性プラスチックの場合は、力学的にみてガラス転移点 ( $T_g$ ) が使用可能な温度上限であり、結晶性プラスチックの場合

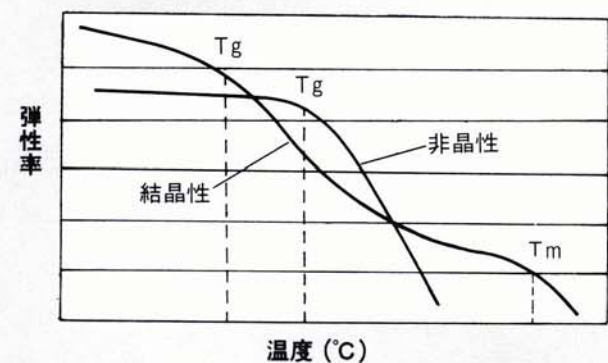


図4-2 温度と弾性率の関係

は、融点が使用可能な温度上限である。実用上、使用可能な温度は、使用時の負荷、使用環境、時間、及び要求品質レベル等によりこれらの温度より低いことが多い。

同様にプラスチックの機械的性質の温度依存性を力学モデルで説明しよう。

プラスチック（この例では非晶性プラスチック）では、ガラス状態とゴム状態、さらに高温下での液相とに大きく分けられる。

① ガラス転移点 ( $T_g$ ) 以下の温度では、プラスチックは硬くて、応力に比例して変形し、応力を取り去ると、直ちに回復する。

②  $T_g$  を超える次の段階では、弾性率が温度とともに急激に小さくなる。これは、プラスチックの分子類の一部が可逆的にすべることができるからである。これは、ばねの上下運動で表される。

このゴム状領域では、分子鎖は、さらに伸びやすく、すべり運動をしながら、まっすぐになろうとする。従って、ダッシュポットの粘性も、次第に低くなる。

③ 流動状態から液相では、分子の永久すべりが優先する。粘度がさらに低下し、弾性率も0に近づく。

プラスチックの強度は荷重のかかる速度により変化する。衝撃域は、高速試験になる。クリープ等は、低速度の部類、引張、曲げ、圧縮およびせん断試験等は中間速度である。

### 4-3 クリープ現象

いま、ローラーの作成材料にプラスチックを使ったとする。その場合、材料の選定を誤ると、負荷状態が長い

接触点で次第に平坦になり、復元しなくなってしまう。つまり、滑らかな回転運動をしなくなる。

このような時間とともに起こる寸法変化、特に一定荷重下での変形を“クリープ現象”という。金属材料でもクリープを生じる。プラスチックでは常温でも起きる場合がある。

一般的な引張クリープを図4-3に示す。これをひずみ-時間のグラフにしたのが図4-4である。このクリープ曲線から分かるように、試験片は負荷した直後に、弾性率に逆比例（フックの法則）して、瞬間的なひずみ  $\Delta L_0$  をしめし、その後少しずつ変形して行く、このクリープ速度は小さいのが特徴である。

一定荷重を加え続けて鎖が伸びきってしまうと、しばらくの間は、変形は一定に保たれる（2次クリープ）。やがて、鎖状分子のすべりを生じ、大きなひずみとなって破断する。

この現象は、熱硬化性樹脂のように3次元網状構造や、分子鎖の中に剛性の大きいフェニレン基が存在したり、ガラス繊維や無機鉱物粒子等で補強したりすると起こりにくくなる。また、分子運動が盛んになる高温下では、分子鎖がすべりやすくなるので、低い応力でも大きなクリープが起こる。

応力を除去すると（図の除荷の点）、変形は瞬間的に回復する。その後の回復は、ゆっくりしたものになる。しかし、時間がたっても回復しない変形（永久ひずみ）が残る。

クリープひずみにしても、ひずみの回復にしても、どちらも瞬間的でなく、遅れて行動を起こすところから、

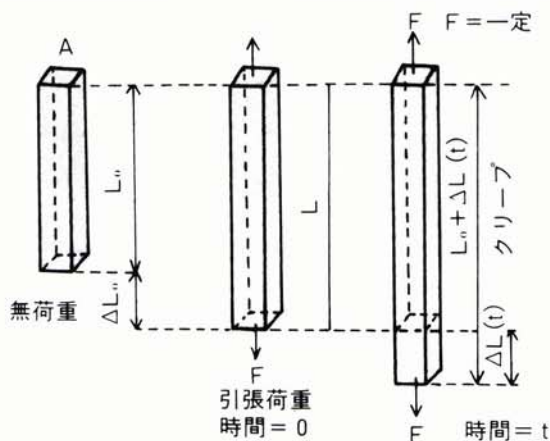


図4-3 引張クリープ

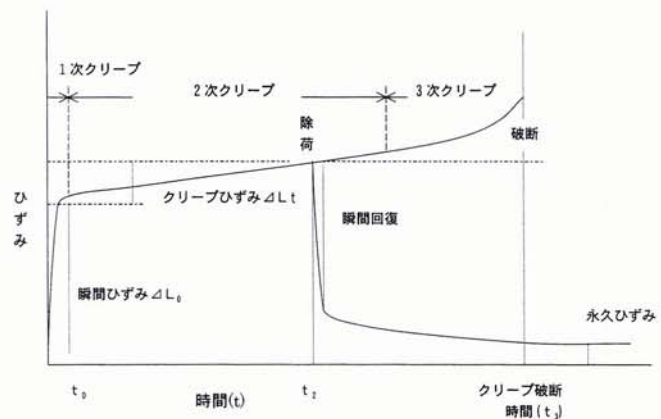


図4-4 クリープ曲線

“遅れ弾性変形”という。

## 4-4 引張り試験

最も重要な基礎試験であり、速度分類からは中間速度に属する。引張り荷重により破断する時の最大応力、降伏点応力、破断時の伸び及び引張り弾性率がわかる。プラスチックの応力-歪み曲線を調べてみると3種類に大別される。(図4-5参照)

- ① 比較的伸びの小さなプラスチックで数%以下で破断する (aの曲線)。例：ガラス繊維強化プラスチック
- ② 硬くて延性をしめすもので大半のエンプラがこの分類に属する。図中のbの曲線は、塑性変形を生じながら伸びを示し破断に至る。例：非強化エンプラ上の曲線は、降伏点を持ち、一度応力が下がった後歪み硬化を起こして破断する。
- ③ 可逆的な変形を起こすゴム弾性を示すポリマーである (cの曲線)。例：エラストマー。

応力-歪み曲線の初期勾配が引張り弾性率である。大多数の一般非強化のエンプラは、②のタイプで厳密な意味では直線部分がないが、製品設計にあたっては、歪初期の直線に近い部分の勾配をヤング率に代用したり、あるいは使用状況により、曲げ弾性率を用いて計算する。

引張り応力-歪み曲線に及ぼす荷重時間、材料の影響、温度の影響を下図にまとめてみた (図4-6)。

時間が長くなる程(引張り速度が遅くなる程)、材料の

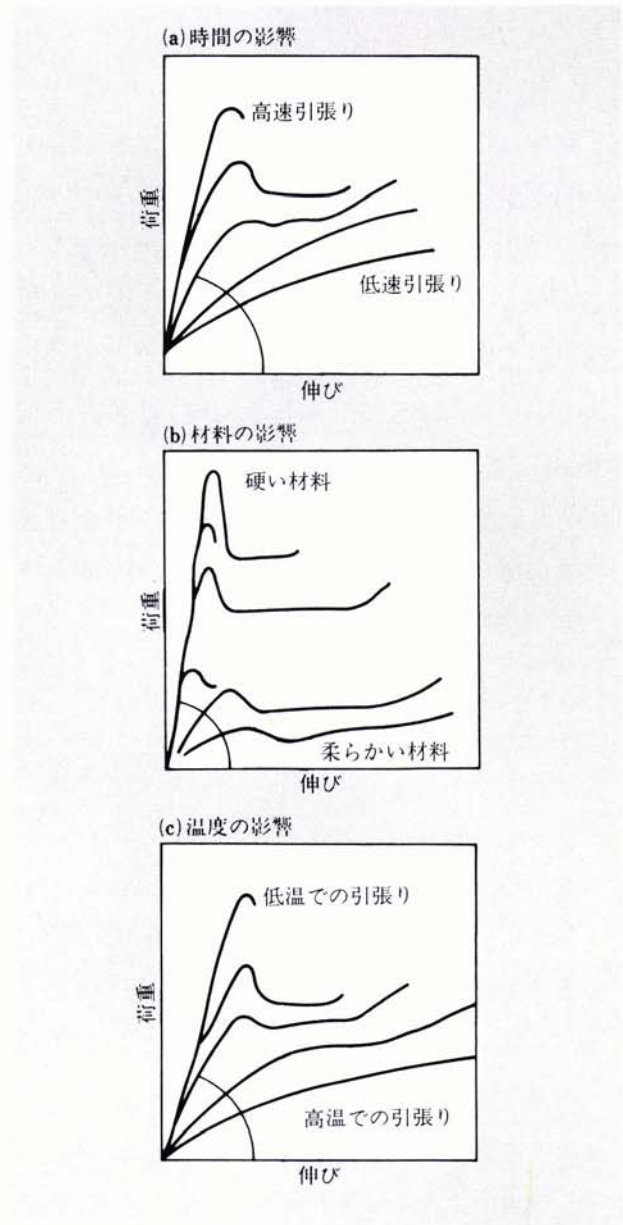


図4-6 引張り応力-歪み曲線

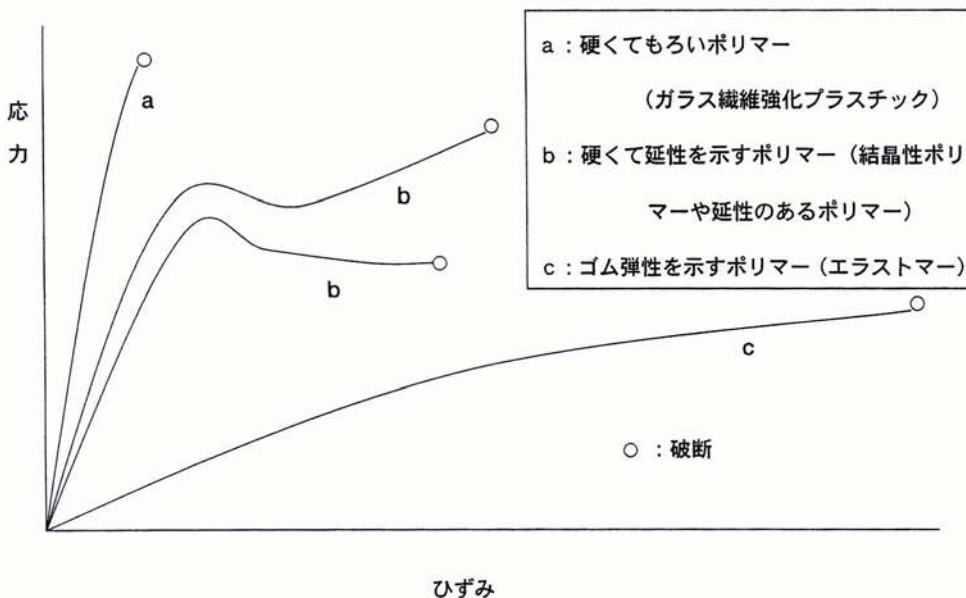


図4-5 引張り試験の応力-ひずみ曲線



韌性が増す程、試験温度が高くなる程、応力-歪み曲線は①のタイプから②のタイプに移行する。

## 4-5 曲げ特性

プラスチック部品のような比較的小さな品物においても外力がかかっている場合には、なんらかの形で曲げ荷重がかかっているケースが極めて沢山ある。曲げ特性は、このような曲げ荷重に対して生じる応力（曲げ応力）とその変形量（たわみ量）との関係によって示される機械的性質の一つである。

曲げ応力-歪み（たわみ量）曲線は基本的には図4-6の引張り応力-歪み曲線と同様の速度・温度・材料の影響を示す。曲げ特性の測定法としては図4-7に示す三点曲げ試験が一般的である。

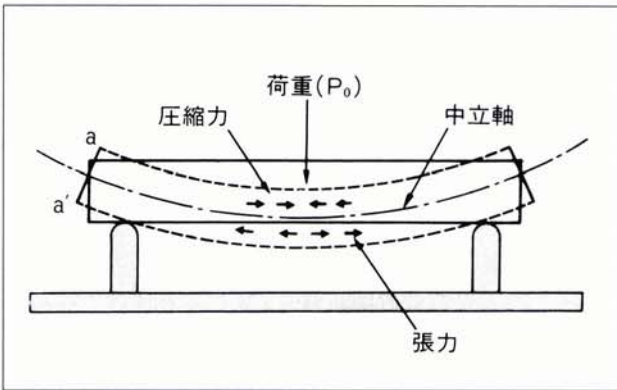


図4-7 曲げ応力測定法

## 4-6 耐疲労性

材料に何回も繰り返して負荷をかけると、その材料を一回で破壊させるのに必要な荷重よりかなり小さい荷重で破壊する。このように、材料の静的強さ（引張りや曲げ強さ）より小さな応力でも繰り返し負荷を加えることにより破壊する現象を疲労あるいは疲労破壊と呼んでいる。このような現象は樹脂特有のものではなくほとんど全ての材料の性質として見られる。

エンブラは、歯車やばねのように繰り返し負荷が加わる部品によく使用されているが、これらを設計するにあたっては耐疲労性を考慮することが不可欠である。

材料の疲労特性を調べるには、試験片に繰り返し応力を負荷して破壊させ、応力振幅  $S$  を縦軸に、破壊までのクリーブ現象数  $N$  を対数で横軸にとりプロットする。こうしてえられた曲線を  $S-N$  曲線という。

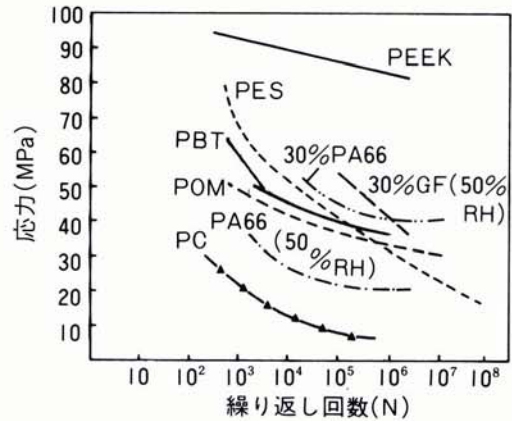


図4-8 各種エンブラの疲労曲線（S-N 曲線）

図4-8は各樹脂に関するテスト結果についての  $S-N$  曲線をしめす。汎用エンブラでは、結晶性エンブラ、特に POM、スーパーエンブラでは PEEK がすぐれた耐疲労性を示す。

例えば、100万回転以上の寿命を必要とする POM 製歯車の場合、歯元の応力は図4-8よ 34MPa 以下にしなければならない。つまり、POM の曲げ強さ 96MPa の約 1/3 の応力におさえる必要がある。また、プラスチックの疲労特性は繰り返し速度や雰囲気温度等の環境条件によっても大きく影響を受けるので注意が必要である。

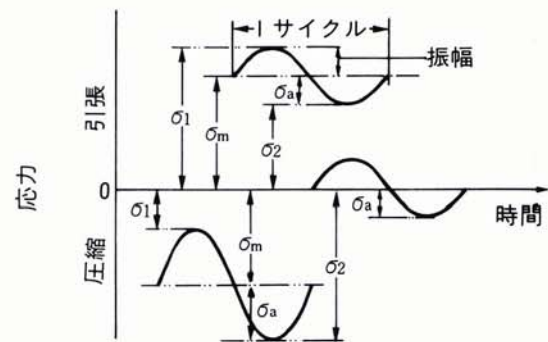


図4-9 平均応力、応力振幅説明図

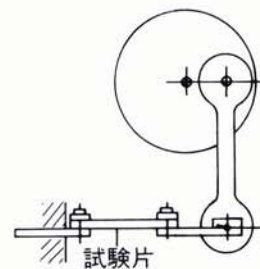


図4-10 ASTM 一定ひずみ平面曲げ疲れ試験機の説明

疲労試験機には、荷重(応力)振幅一定型と、変形(歪)一定型とがある。振幅の正弦波の例を図4-9に示す。

図4-10に平面曲げ疲労試験機の原理を示す。

偏心クランクにより一定変形を繰り返し与える偏心クランク駆動型と不平衡質量を回転させることにより、一定荷重を繰り返し与える不平衡質量型とがある。

疲労試験機には、この他にも小野式回転曲げ疲労試験機や、油圧サーボ式の試験機等がある。

(参考文献)

- 1) プラスチック材料の寿命：成沢 郁夫、大石 不二夫
- 2) プラスチック試験ハンドブック：プラスチック標準試験方法研究会

## 4-7 衝撃特性

衝撃試験は機械的試験の中でも最も高速域の応力をかける試験であり、静的試験で強い材料も瞬間的な荷重に対しては、遙かに低い抵抗性しかしめさないことが多く、注意しなければならない。

アルミ等のダイキャスト金属と比較すれば、汎用エンプラのPA、POM、PC等の耐衝撃性は優れている。

衝撃試験の衝撃荷重は、瞬間的なものである。この違いは、材料によって大きな試験結果の違いになって表れてくる。

この耐衝撃性を調べるのが衝撃試験であるが、一口に衝撃といっても、その速度、方向、傷つき(切欠き)の有無から多くの種類があり実際に近い試験法を選ぶ必要がある。

衝撃試験にアイゾット(図4-11)やシャルピー(図4-12)、引張り衝撃、ハイレート衝撃等の試験方法がある。このうち、プラスチックでは、アイゾット衝撃試験法が多く使われてきた。しかし、この試験法だけに頼る判断は、やや危険がある。

アイゾット衝撃試験では、切欠き感受性やシャープコーナーの存在による耐衝撃性をしめし、その材料の実際の強靭性(タフネス)は示していないからである。

切欠きとは図4-13のように入れるが、これがある時とない時では衝撃は大きく変わってくる。表4-1のPOMの例を見ればわかるように、衝撃強さは切欠きによって大幅に低くなっている。これはPAやPC等の場合にも同

表4-1 POMの衝撃強さ (J/m)

材料 \ 切欠きの有無	A 有	B 無	B/A
ホモポリマー	75	1270	17.1
コポリマー	64	1120	17.5

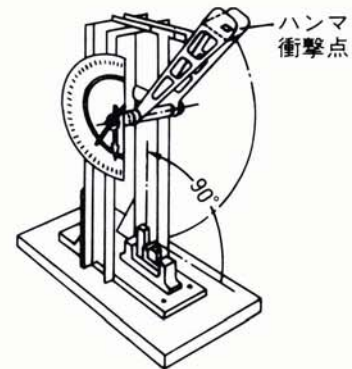


図4-11 アイゾット衝撃試験機

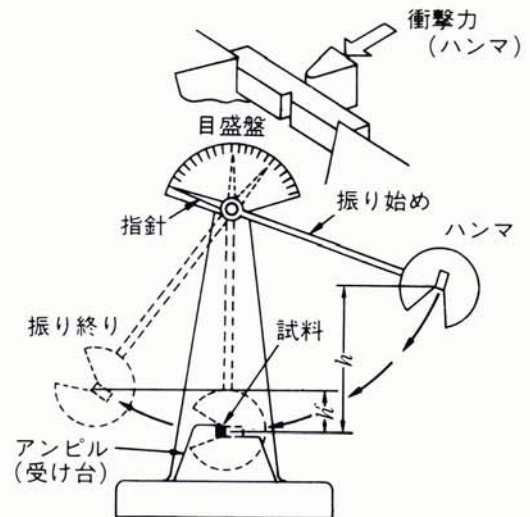


図4-12 シャルピー式衝撃試験法

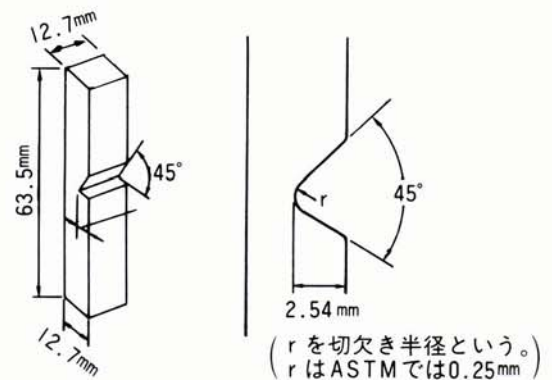


図4-13 切欠き

様なことがいえる。また、切欠きの先端の切欠き半径によっても衝撃強さは大きく異なるので注意しなければならない。ISO ではシングルポイントデータの衝撃試験方法として、シャルピー式衝撃試験法 (図4-12) が採用されている。

表4-2 異なる試験法による各種材料の衝撃値

材料	衝撃値 アイソット強度 (J/m)	引張り衝撃 (kJ/m <sup>2</sup> )	くり返し 衝撃回数
PC	500	840	37
ABS (耐衝撃性)	160~320	157	50
PA66	107	126	250
耐衝撃PA66	133	1261	250以上
POM (ホモポリマー)	75	207	
POM (コポリマー)	64	147	63
亜鉛ダイカスト	—	168	7
アルミダイカスト	—	83	5

## 4-8 摺動特性

車両、車軸、滑車、てこ、くさび、ねじといった典型的機械要素は、機械文明を築き上げる基礎となってきた。これらの機械要素にはすべて摩擦・摩耗が大きく関係しており機械装置の寿命を考える上からも摩擦に関する研究は古くから行われ、現代においてもトライボロジー(摩擦・摩耗学)といった分野が形成されている。

自動車、電子・電気機器あるいは一般産業機械等はすべての部品と部品が結合した集合からなるシステムであり、したがってそれらの部品間には必然的に摩擦が存在しそれに伴う摩耗現象が存在する。

通常、摩擦・摩耗に関する性質を摺動特性とよぶが、特にエンプラ材料は面と面との接触運動をともなう部品に使用される例が多く、そのような場合に、材料の摺動特性は正確に評価しておかなければならない重要な項目である。

一般には、結晶性エンプラ摺動部品の特徴は次の通りである。

- ① 自己潤滑性がある

- ② 振動吸収性があり、変動荷重の大きい処に使用できる
- ③ 軽量
- ④ 化学的に安定

### (1) 静摩擦と動摩擦

摩擦抵抗には、静止の状態から運動状態に移る時の静摩擦抵抗と運動中の動摩擦抵抗との2種類がある。静摩擦抵抗は、図4-14のように、傾斜面上に物体をおいて、その傾斜角度  $\theta$  を次第に増していった場合に、物体がすべり出しはじめるときの摩擦抵抗である。この際傾斜面に垂直に働く力  $P$  と摩擦抵抗  $F$  との比  $\mu$  は摩擦係数とよばれ、傾斜角度  $\theta$  (摩擦角とよぶ) とは次の関係となる。

$$\mu = F/P = \tan \theta$$

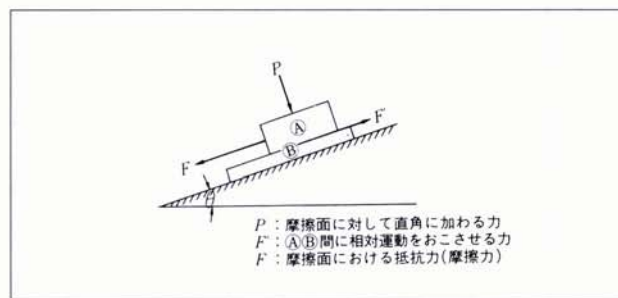


図4-14 静摩擦抵抗

図4-15は、工学院大学山口らの実験結果によるものであって、各種プラスチック材料の静摩擦係数をその大きさの順に配列したものである。同じプラスチック材料であっても、その材料同志の摩擦係数やこれと鋼材とを組合せた場合の摩擦係数がいずれも異なった値を示していることは、特に注目すべきことである。

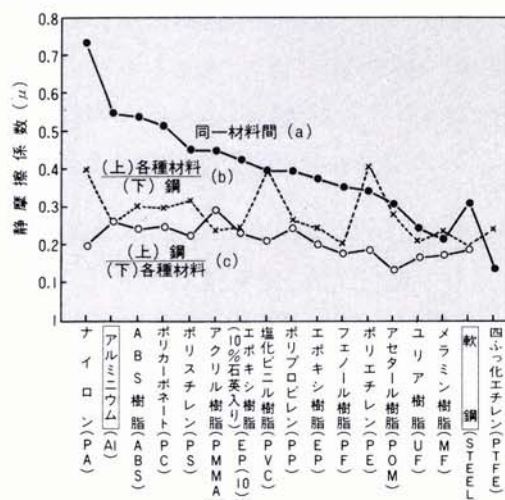


図4-15 各種プラスチックの静摩擦係数

動摩擦抵抗は摺動あるいは回転運動中に起こる摩擦抵抗であって、相手材の硬度・表面のあらさ、摩擦面間の圧力、摩擦速度、摩擦面の潤滑剤の有無やその種類、温度、湿度等によって著しく異なる。図4-16に鋼に対する各種プラスチック材料の動摩擦係数の一例を示す。

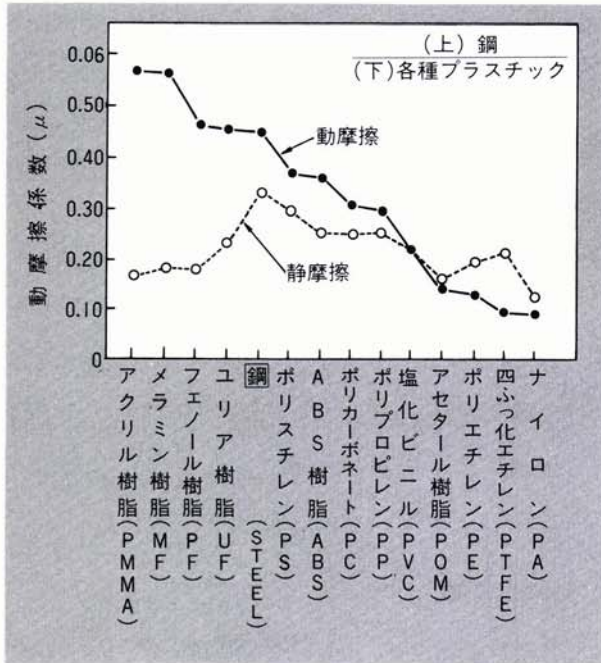


図4-16 各種プラスチックの動摩擦係数

## (2) エンプラの摩擦係数

### ① 各種材料の摩擦係数

一般に、プラスチックやエラストマーは、弾性変形量が大きいため弾性接触が起ることが多い。摩擦係数は接触物体の形状や、荷重に著しく依存する。また潤滑状態や、表面の汚染度にも左右される。

PTFEは、固体の中では最も摩擦係数が小さく、また溶融後も流動しないで液状潤滑剤の働きをする。結晶性プラスチックは非晶性プラスチックより低い摩擦係数をしめす。代表的な結晶性汎用エンブラの摩擦係数を表4-3に示す。

表4-3 結晶性汎用エンブラの摩擦係数

条件：無潤滑、23°C、圧力：2.1MPa、速度：3m/分  
 POM、PAはスラストワッシャー法  
 GF-PETはASTM D1894による

	静摩擦	動摩擦
POM/鋼	0.20	0.35
POM/POM	0.30	0.40
POM/PA66		
最大	0.46	0.19
最小	0.31	0.11
PA66/鋼		
最大	0.074	0.43
最小	0.31	0.17
GF-PET/GF-PET		
最大	—	0.27
最小	—	0.17
GF-PET/鋼		
最大	—	0.20
最小	—	0.17

### ② 潤滑剤の影響

金属の場合には潤滑剤なしの運転は考えられない。結晶性エンブラでは、無潤滑の摺動（乾燥摩擦）が良く行われる。しかし、組み立て時に少量の潤滑を施すことにより、摩擦・摩耗特性は、飛躍的に改善される。潤滑剤と摩擦との関係を図4-17に示す。

金属用の潤滑剤の中には、過度のアルカリ物質やプラスチックに有害な極圧添加剤等が混入されている場合が多いのでプラスチックに適した潤滑剤を選定する必要がある。

### ③ 添加剤の種類

非晶性、結晶性エンブラのいずれにも、摩擦特性を改良するために、二硫化モリブデン、グラファイト、ふっ素樹脂、シリコン等が添加剤として使用される。

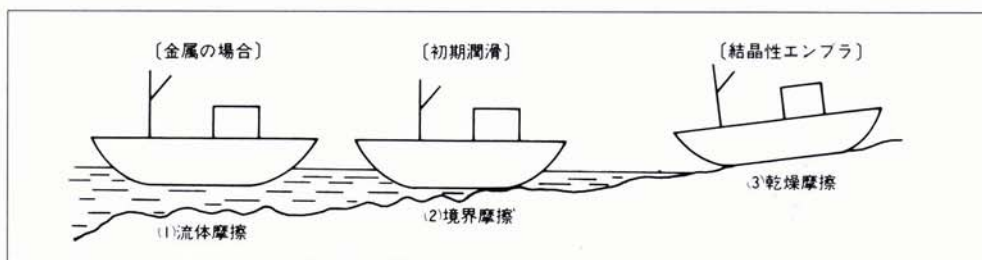


図4-17 潤滑剤と摩擦の関係

### (3) PV値（負荷限界）

摩擦する二物体の面圧及びすべり速度を増していくと、ついには、摩擦熱による材料の溶融を起し、著しい摩擦を引き起こす。この時の面圧  $P$  (MPa) とすべり速度  $V$  (cm/s) の積を限界 PV 値とよび、摺動部品の使用限界を決める特性値として設計上よく用いられる。(図4-18)

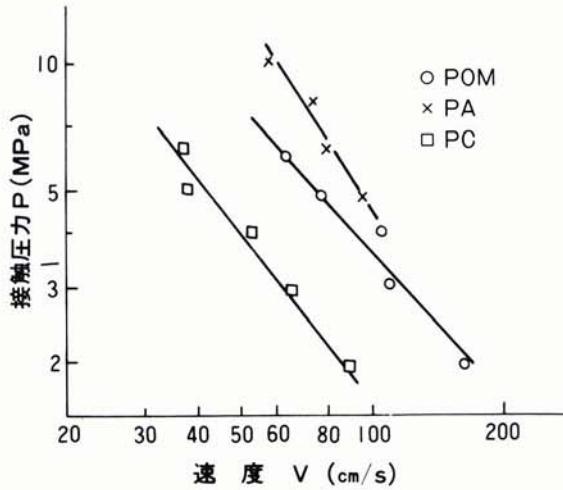


図4-18 熱可塑性樹脂の使用限界条件（常温）

実際の部品に要求される  $P$  と  $V$  から求められる PV 値とプラスチックの限界 PV 値を比較して、適切な材料の選定に利用する。

限界 PV 値は、摩擦係数により影響を受けるため、摩擦係数と同様の各種因子により影響を受ける。

また、各種因子による限界 PV 値の影響を示す例として、POM 及びその複合強化グレードの限界 PV 値を図4-19に示す。

この場合ガラス繊維は、使用限界の向上には寄与しないが、カーボン繊維は、大きな効果を持つことがしめさ

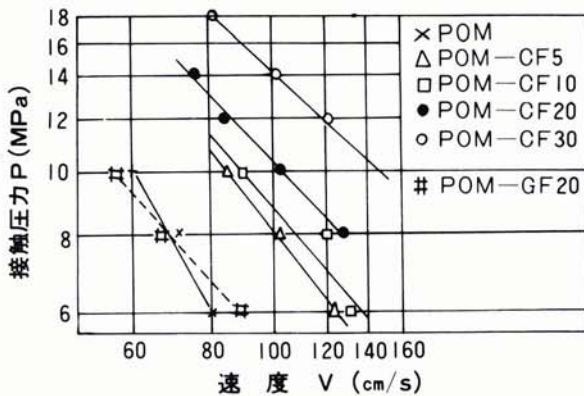


図4-19 炭素繊維強化 POM（コポリマー）の使用限界条件（常温）

れている。

### (4) 摩耗の種類

摩耗は、最も複雑な現象である。図4-20に示すように、物体の表面は、顕微鏡的に見れば凹凸がある。接触し合う凸部において相手を引き合う力が作用している（凝着という）。凝着部分が物体のすべり作用により、引き千切

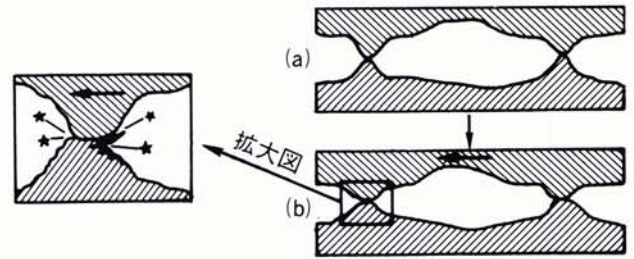


図4-20 凝着摩耗

れるようになる。これを凝着摩耗または「すべり摩耗」ともいう。

一方二つの摺動面に、硬度の高い微粒子がはさまって、研削材のように相手表面を掘り起こす。「ざらつき摩耗」がある。「ざらつき摩耗」は塵や、疲労現象を起して剥離する疲れ摩耗粉、相手金属に見られる酸化・腐蝕摩耗粉等がざらつき摩耗の原因となる。

プラスチックのざらつき摩耗が、金属の表面のあらしに依存する例を図4-21に示す。

プラスチック軸受けの活用には、次のことに留意すべきである。

- ① 摩耗粉を早く除去する。
- ② 摩擦熱の発生を最小にする（摩擦係数の低い物質を

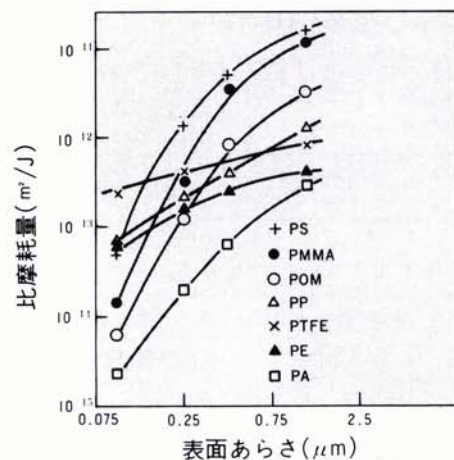


図4-21 種々のあらしの鏡面に摩擦したときの各種のプラスチックの比摩耗量

選ぶ、放熱作用をもたらすよう肉薄設計にする。隙間を取る、穴の精度を上げる、潤滑を行う)。

- ③ 金属表面の硬度を高くし、表面あらしさを低くする。

## 4-9 硬さ

物質に外部から局部的な力（集中応力）を短時間に加えて、その時に示される物質の変形度合から変形に対する抵抗の大きさを判断してこれを一般に“硬さ”としている。

熱可塑性プラスチックの硬度は、金属の硬度と比較できないが、ビッカース硬度で40程度と推定される。

硬さの試験法としては、ひっかき硬さ、反発硬さ及び押し込み硬さの3種類に大別されるが、ここでは、プラスチックでよく使用されている方法について述べる。

### (1) ロックウェル硬さ

ロックウェル硬さ (Rockwell hardness、略号 HR) は、プラスチックの種類に応じて表4-4に示すような圧子（鋼球）の寸法、荷重の大きさを使い分けるようになっている。試験方法は、まず基準荷重を試験片に加えて深さ  $h_0$  のくぼみをつくり、次に荷重量の更に大きい試験荷重を所定時間加え、再びもとの基準荷重に戻したときのくぼみ深さと、最初のくぼみ深さ  $h_0$  との差  $h$  (mm) とから硬さの値が得られる。(ISO 2039、JIS K 7202)

この試験法では、試験に使用した圧子の種類や荷重条件の組合せにより、硬さの表示は数種類のスケール

(scale)に分かれ、試験に使用したスケールの符号を必ず添記して、例えば、ロックウェル硬さ M115、R90等のように表示する。

この試験法の特徴は、試験機の日盛り（インディケータ）によって硬さが表示されて直読することができ、計算を必要とせず、また測定が簡単で時間も速い点にある。この他柔らかい軟質ポリエチレンから硬いメラミン樹脂にいたるまで広範囲の材料に応用できる等の利点がある。

### (2) デュロメータ硬さ

デュロメータ硬さ (Durometer hardness 略号 HAD あるいは HDD) は、ショアデュロメータ硬さともよばれ、ISO 868、JIS K 7215に規定された硬さの表示方法である。

針入度硬さ試験の一種であって、荷重負荷時のくぼみ深さから求められる。押し込み用圧子には硬質の針状圧子が使用される。圧子となる針の形状によって A 形及び D 形の2種類があり、エンブラでは、比較的軟らかい材料 (PTFE や PA12) に D 型が適用されている。

試験方法は、針状圧子（針）を測定すべき材料面に押付けると、ばねの力によって圧子（針）の先端が材料面に食い込むので、その分量を圧子に直結した目盛板によって読みとるのである。もちろんこの場合、圧子の食い込みが小さいほど硬さは大きいことをしめすわけである。この方法は測定器が小型で取扱いが簡単である反面、誤差が多い。

表4-4 プラスチック材料に対するロックウェル硬さ試験のスケール ISO2039-2 (JIS K 7202-2)

スケール	圧子 (鋼球直径) (mm)	荷重条件		おもな対象物
		基準荷重 (N)	試験荷重 (N)	
R	12.7±0.015	98.07	588.4	PE, PA, PBT
M	6.35±0.015	98.07	980.7	熱硬化性樹脂, POM, PC, PBT, PET, PPS 等

# 5 耐薬品性

金属にとって大きな弱点であるのが腐蝕、錆の問題である。長い年月の間に空気中の酸素によって錆が生じるが、酸、アルカリによる腐蝕はそれより急激に起こる。プラスチックの場合には錆の問題はないが、耐薬品性という点では様々な注意すべき点を持っている。

耐薬品性の要素としては、

- 耐酸・耐アルカリ性
- 耐有機溶剤性
- 炭化水素化合物
- 極性溶剤……アルコール、ケトン類
- 洗浄剤……トリクレン等、塩素系溶剤
- ガソリン、グリース、オイル
- 耐スチーム性
- 耐温水性

等がある。

## 5-1 耐酸・耐アルカリ性

一般に、ポリマーの耐酸性は良好といえる。しかしながら、濃度の高い酸の場合にはほとんどのポリマーが溶解または、分解を起こす。ふっ素樹脂 PTFE、PFA、FEP は殆どすべての化学薬品に不活性である。PEEK は高温の濃硫酸以外には侵されることがない。

ポリエステルの場合は、酸に対しては優れた耐食性を示すが、アルカリに対しては、加水分解を起こすので注意を要する。ポリアミドは酸・アルカリに対してやや弱い。非晶性のポリマーは、酸・アルカリに対して比較的強い。また、ガラスはアルカリに対して弱いので、ガラス繊維強化樹脂は使用することができない。ふっ酸に対しても同様のことがいえる。ガラス繊維で強化した結晶性樹脂の場合には注意したい。

## 5-2 耐有機溶剤性

耐有機溶剤性は、主鎖の結合基に依存するところが大

である。耐熱性ポリマーはほとんど縮合系であり、有機溶剤中でも無極性の炭化水素に対して比較的強い。ただし、非晶性のポリマーで、PC や変性 PPE のように立体的にバルキーな部分を有するポリマーは炭化水素に侵されやすい。

一般に、結晶性ポリマーは、非晶性ポリマーよりもポリマー内に溶剤分子が浸透しにくく、耐薬品性は良好である。溶剤が極性のものである場合には非晶性ポリマーは侵されやすい。ポリアリレート、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルイミド等はよく注意して使わなければならない。

自動車部品への応用の場合には、ガソリンやエンジンオイルに対する耐性が必須である。また、半導体洗浄装置、その他洗浄工程を通るような部品の場合には、洗浄溶剤に対する耐性も確認しておく必要がある。

## 5-3 耐スチーム性

ポリエステル系のポリマーである PBT、PET、ポリアリレート、LCP 等は、スチームによって加水分解を起こすので使用はさけたい。分解の程度はかなりおさえられるが、温水に対しても同様な理由で使用を控えたほうが好ましい。こうしたことから、スチーム殺菌を必要とするような医療器具での使用には注意を要する。非晶性ポリマーは、スチームによく耐えるが、ポリカーボネート、ポリアリレートは、エステル基を有しているので注意を要する。

## 5-4 耐熱水性

風呂のシャワー口とか、給湯器まわりの部品（タンク、ポンプ類）あるいは厨房器具等は高温の湯に接することが多い。したがって、これらの部品を従来の金属材料からプラスチック材料に切り換える場合には当然長時間高温の湯にさらされても機械的性質や重量が変化しにくい

材料、すなわち耐熱水性にすぐれた材料を選択する必要がある。

耐熱水性にすぐれた材料とは、先ず基本的に水と親和性を持たないこと、100℃以上の荷重たわみ温度を有することが必須条件となる。水との親和性の度合を見る場合、単にその材料の吸水率の大小のみに着目していただければ不十分かつ不正確であり、その材料の持つ分子構造から判断する必要がある。

一般に親水基といわれている水酸基、エステル基、アミド基、イミド基等を分子構造内に含んでいる材料は耐熱水性に劣る場合が多いと考えられている。これらの材料は熱水中に長時間浸しておくと徐々に加水分解（プラスチックと水の反応）を起し、分子量の低下、機械的特性の劣化を起こすようになる。分子構造内にこのような親水基を含んでいない材料は耐熱水性にすぐれた挙動を示す。

耐加水分解性を評価する代表的な方法としては、長期熱水浸漬テストの他、電子デバイスにおける耐湿試験方法としてPCT（プレッシャークッカーテスト）が用いられる。

次に耐熱水性にすぐれたエンブラ材料の一例を示す。

ふっ素樹脂、ポリフェニレンエーテル、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリエーテルエーテルケトン

## 5-5 環境応力劣化

材料に対して無荷重（無応力・無ストレス）では、ほとんど影響を及ぼさない薬品でも、応力が内部または外部に存在した場合、その応力との相互作用により材料の成形品表面に亀裂（クラック）を生じさせることがある。一般的によく知られている例としては、ポリエチレンの各種界面活性剤による割れがあげられる。またポリアミドの金属塩水溶液（塩化亜鉛水溶液等）によるものなどもある。

このように、この種の割れは、薬品と応力との相互作用により生じる成形歪に基づく内部応力と外部から加わる力により発生する応力があげられる。内部歪または外力が加わって応力が発生している成形品に薬品が触れたり、またその成形品を薬液に浸漬した際に、その促進作用によりクラックが発生し、エンブラ成形品としての機

能に重大な支障をきたすことがある。したがって、このストレスクラック現象の材料への影響度を実用的に評価することはエンブラの応用使用面で重要な項目になっている。

評価の方法として種々の方法が採用されているが、代表的なものとして下記の方法がある。

### (1) ベルゲン1/4楕円治具を用いる方法

各部で曲率の異なるベルゲン1/4楕円体治具（図5-1）に試験片を取り付けて、溶液中に浸漬し、亀裂発生終点の引張り歪を求める。

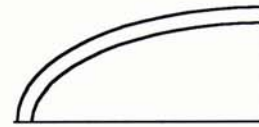


図5-1 ベルゲン1/4楕円治具

### (2) 定荷重負荷引張クリープ法

一定荷重を加えた試験片を溶液中に浸漬し、亀裂発生までの経過時間を調べる。

ストレスクラックに対する材料物性の要因としては、材料各々により異なるが、一般的に言われている要因としては、分子量、結晶化度、熱履歴等があげられている。

表5-1に各種薬品類の代表的なエンブラに対するストレスクラックの発生作用の程度についてその目安をしめす。

## 5-6 溶解度パラメーター

薬品に対するプラスチックの溶解性やプラスチック同士の相溶性を検討する際の目安として溶解度パラメーターがある。両者の溶解度パラメーターを比較し、その差が小さい程お互いが溶解あるいは相溶しやすい。

代表的な樹脂の溶解度パラメーターを表5-2に示す。

## 5-7 その他

耐薬品性は、耐熱性ポリマーの場合、結合基の構造によるところが大きい。縮合基が分極している場合には極性溶剤と溶媒和を起しやすしいし、バルキーな基であれば溶剤が浸入しやすく、膨潤を起こす。

窒素分子を含んだポリアミド、ポリイミドの場合には、



吸水が大きい。使用する目的によっては、ある種の無機塩に対する耐薬品性が問題となることがある。例えば、自動車部品の場合、凍結防止剤に由来する塩化亜鉛、塩化カルシウムがそれである。

耐薬品性の評価は、使用条件によって大きく変わってくる。どのような樹脂が目的とする用途に適合したもの

であるかを、耐薬品性だけから判断するのは極めて難しい。化学薬品の蒸気の吸収から起因するプリスターやモノマーの吸収から発生する炭化 (searing) がその良い例である。また、部品にかかる荷重や形状・成形の状態、繊維による強化の程度、成形歪、アニーリング等による結晶化度の問題等同時に考慮すべき点が多い。

表5-1 エンプラのストレスクラック

○：クラックが極めておこりにくい。  
 △：条件によりクラックがおこる。  
 ×：クラックが極めておこりやすい。

薬品名 / エンプラの種類	PC	変性PPE	PA66	PBT	POM
無機酸	△～○	○	×～△	△	×
無機アルカリ	×～△	○	△	×	△～○
無機塩類	○	○	△	○	○
アルコール	×～△	×～△	○	△	○
ケトン	×	×	○	○	○
エステル	×	×	○	○	○
塩素化溶剤	×	×	○	○	○
芳香族系溶剤	×	×	○	○	○
ガソリン	×	×	○	○	○
灯油	×～△	×	○	○	○
一般潤滑油	△～○	○	○	○	○
グリース	○	×～○	○	○	○

引用資料：材料メーカー各社のカタログや技術資料に基づく。

表5-2 各種プラスチックの溶解度パラメーター

樹脂	溶解度パラメーター(計算値)
PE	16.41
PP	15.68
PS	19.61
PC	19.65
PET	21.15
PBT	20.20
PA	21.57
POM	11.10

# 6 電気的性質

## はじめに

電気・電子製品の部品としてプラスチックを使用する場合には電気的性質が重要な役目を担っている。プラスチックの代表的な電気的性質として、電気絶縁性（体積抵抗率、表面抵抗率）、絶縁破壊強さ（耐電圧）及び誘電特性（比誘電率、誘電正接）の3つがあり、これらはISO 10350-1（JIS K 7140-1）のシングルポイントデータの項目にある（表6-1参照）。以下、これらの測定法の概要を紹介する。なお、各種エンプラのこれらの代表的な特性値を表6-2に示す。

## 6-1 電気絶縁性（絶縁抵抗）

ほとんどのプラスチックは高い電気絶縁性を持っている。電気絶縁性とは文字通り電気を通さない度合いを表す性質であるが、一般には体積固有抵抗、表面固有抵抗の2通りの表現法が用いられている。体積固有抵抗とは材料の厚さ方向の、また表面固有抵抗とは材料の表面方向の絶縁性をそれぞれ示す。図6-1に電気抵抗率試験の電極配置図を示す。

一般のプラスチックは $10^{12}\Omega\cdot\text{m}$ 以上の体積固有抵抗を

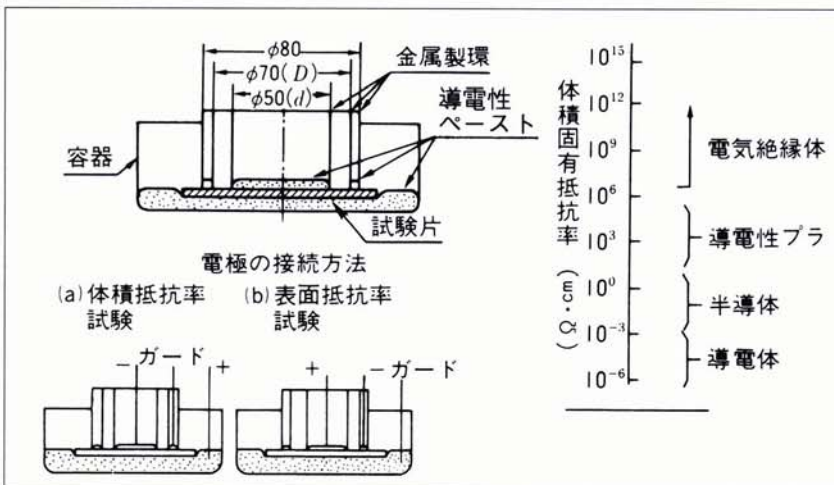


図6-1 抵抗率試験の電極配置

持っているが、吸水性の大きな材料では吸水量の増加と共に電気絶縁性は低下する。またプラスチックに添加される補強材、安定剤等の種類によっても電気絶縁性は変化する。

## 6-2 絶縁破壊強さ（耐電圧）

絶縁体であるプラスチックも負荷電圧が非常に高くなるとその絶縁性が失われる。どの位の電圧まで耐え得るを示すのがこの絶縁破壊強さである。一般にこの値は材料の単に厚さに対する破壊電圧で示され、MV/mの単位で表示されている。

エンプラの絶縁破壊強さは通常10~50MV/mの範囲内にあるが、一般に分子構造内に極性基を持たない材料の方が高い絶縁破壊強さをもっている。また、材料吸水量が増加すると絶縁破壊強さは低下する。

図6-2に、プラスチックの板やシートの絶縁破壊強さを測定するのに広く用いられている電極と測定環境を示す。

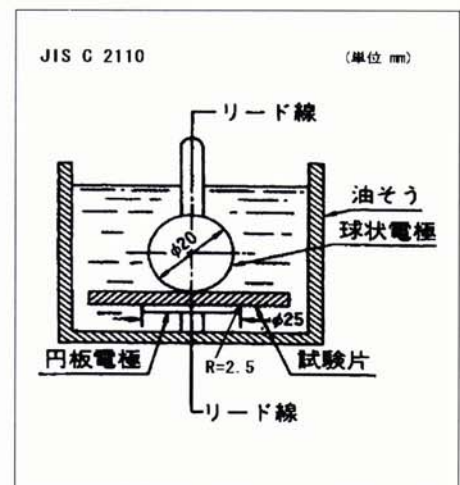


図6-2 成形材料の絶縁破壊強さ試験法

### 6-3 誘電特性 (比誘電率、誘電正接)

絶縁体に電圧をかけると絶縁体内に電荷が発生するが(誘電現象)、その度合いを示すのに誘電率( $\epsilon$ )が用いられている。プラスチックの場合、通常、真空中での測定値との比である比誘電率を用いるが、真空中の値は1なので誘電率と比誘電率の値は同じになる。また、絶縁体に特に高周波領域において交流電圧をかけると材料内部に熱エネルギーが発生する(電力損失が熱エネルギーに変換されるため)。この熱エネルギーの発生量の大小は上記 $\epsilon$ と各材料固有の誘電正接( $\tan\delta$ )の積に比例する。したがって、高電圧や1MHz以上の高周波機器等の絶縁材料を選定する場合には、 $\epsilon$ および $\tan\delta$ の小さい材料を選ぶことが必要である。

各プラスチックの比誘電特性、特に $\tan\delta$ はその材料の分子構造と密接に関連している。概していえば、双極モーメント(あるいは極性の)の小さな材料ほどその $\tan\delta$ は小さな値になる。 $\tan\delta$ の小さい材料の代表例としては、ポリ四フッ化エチレン、ポリフェニレンエーテル、ポリフェニレンサルファイドがあげられる。

図6-3に、プラスチックの板やシートの誘電率及び誘電正接を測定するのに広く用いられている電極と測定回路を示す。

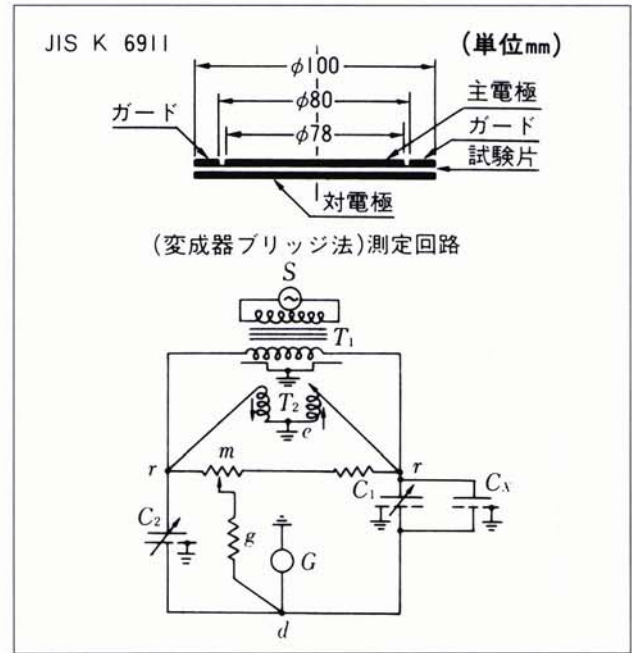


図6-3 誘電率試験及び誘電率正接試験の電極と測定回路

表6-1 電気的性質の試験規格

項目	記号	国際規格	整合 JIS	ASTM 規格
絶縁破壊強さ (耐電圧)	$E_B$	IEC 60243-1	JIS C 2110	D149
電気絶縁性	体積抵抗率 $\rho_e$	IEC 60093		D257
	表面抵抗率 $\sigma_e$			
比誘電率	$\epsilon_r$ 100	IEC60250		D150
	$\epsilon_r$ 1M			
誘電正接	$\tan\delta$ 100	IEC 60250		D150
	$\tan\delta$ 1M			
耐トラッキング性	CTI	IEC 60112	JIS C 2134	D3638

注1) 記号は、ISO 10350-1 (JIS K 7140-1) による。

注2) UL746A の各試験方法は、ASTM を引用している。

表6-2 各種エンプラの電気的特性

プラスチック		耐電圧	体積抵抗率	比誘電率	誘電正接	プラスチック		耐電圧	体積抵抗率	比誘電率	誘電正接
		MV/m	$\Omega \cdot m$	60Hz	60Hz			MV/m	$\Omega \cdot m$	60Hz	60Hz
PA6	N	19	$10^{12}$	3.6	0.01	PSU	N	17	$10^{14}$	3.1	0.0008
	GF	20	$10^{12}$	4.3	0.01		GF	19	$10^{15}$	3.6	0.0019
POM (ホモ)	N	20	$10^{13}$	3.7	0.005	PES	N	16	$10^{15 \sim 16}$	3.5	0.001
	GF	20	$10^{12}$	3.8	0.005		GF	16	$10^{14}$	4.0	0.003
POM (コ)	N	20	$10^{12}$	3.7	0.001	PEI	N	33	$10^{17}$	3.2	0.0013
	GF	23	$10^{12}$	3.9	0.003		GF	30	$10^{15}$		
PBT	N	17	$10^{13 \sim 14}$	3.3	0.002	PPS	N	23	$10^{14}$	3.2	0.0004
	GF	21	$10^{14}$	3.2~3.8	0.002		GF	18	$10^{14}$	3.8	0.0004
PC	N	16~18	$10^{14}$	3~3.2	0.006~0.009	LCP	N	17	$10^{14}$	3.2	0.01
	GF	21	$10^{12 \sim 14}$	3.2~3.9	0.001~0.003		GF	17	$10^{13}$	4.8	0.009
PPE	N	22	$10^{15}$	2.6	0.0004	PEEK	N	17	$10^{14}$	3.2~3.3	0.003
	GF	22	$10^{15}$	2.9	0.0009		GF	15	$10^{14}$		0.001
PAR	N	16	$10^{14}$	2.7	0.0008	PAI	N	24	$10^{16}$	3.5	0.001
	GF	23	$10^{14}$	3.5	0.002		GF	33	$10^{16}$		
PTFE	N	20	$10^{16}$	2.1	0.0002						

注) N：非強化タイプ、GF：ガラス繊維強化タイプ

# 7 燃焼性

## 7-1 はじめに

プラスチックは優れた物理的性質及び化学的性質を有しているため、家電製品、電子・電気製品、自動車部品、建材、電線等の各方面に使用され、その消費を増大させているが、その大部分は炭素、水素、酸素から成る有機物であり、可燃性の材料である。就いては、各種の用途に応じて、火災の発生や延焼を防いで財産や人命を守ると言う見地からプラスチックの難燃化が要求されている。

なお、ふっ素樹脂 (PTFE など)、ポリフェニレンサルファイド (PPS)、液晶ポリマー (LCP)、ポリエーテルイミド (PEI)、ポリアミドイミド (PAI)、などのスーパーエンブラのようにそれ自体難燃性を示す材料もある。

プラスチックを難燃化する方法は、ポリマー自体を難燃性にする方法と難燃剤を添加する方法があり、難燃剤としてハロゲン系化合物やリン系化合物、金属水酸化物を加え、場合によっては難燃助剤 (三酸化アンチモンなど) を加えることもあるが、現在は臭素系難燃剤と三酸化アンチモンの併用が難燃化の方法として幅広く行われている。

プラスチックの難燃化の法規制は、電子・電気製品などの製品や部品ごとに燃焼性の規格・基準が設けられ、数多くの試験方法がある。プラスチックの燃焼性に関する主な試験方法を表7-1に示す。

燃焼性の試験方法は実際の火災と相関することが好ましいが、実際の火災は多くの因子が絡まっているため、1つの試験法で行うことは非常に困難である。従って、燃焼試験はいずれかの要因を想定して設定され、対象とする材料はポリマーから、部品、製品と広範囲にわたる。燃焼性に関する規格・規制は極めて多数に上り、また、試験方法も多岐にわたる。

その中でエンブラに関するものとしては、国内では電気用品安全法 (電安法) や危険物取締法、米国では UL

(Underwriters Laboratories) や FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standard)、カナダでは CSA (Canadian Standard Association) 等があり、国際的な規格としては IEC (国際電気標準会) や ISO (国際標準化機構) がある。

現在、燃焼試験方法を世界的に統一する動きがあり、ISO では標準の燃焼試験法を ISO 規格にまとめている。また、電気製品関係については、別途 IEC で検討が行われ、各国は規格を IEC 規格に整合化させる動きがある。

## 7-2 臭素系難燃剤の使用規制動向について

次に臭素系難燃剤の使用規制動向について触れる。

臭素系難燃剤は、性能のバランスやリサイクル性などに優れており、難燃剤として広く使用されているが、これら難燃剤を使用した電気・電子部品などの廃棄物を焼却処理する際に有害物質が発生する懸念から、臭素系難燃剤の使用を制限する動きが欧州で進んでいる。これらの規制には、WEEE 指令 (電気・電子機器類の廃棄物に関する欧州指令) や RoHS 指令 (電気・電子機器類の有害物質の規制に関する指令)、76/769/EEC 指令 (危険物使用制限指令) などがある。

WEEE 指令では、製造メーカーは臭素系難燃剤を含む自社製品の収集から処理、リサイクル等の義務が2005年8月より発生する。RoHS 指令では、電気・電子機器から鉛、水銀、カドミウム、六価クロム及び特定の臭素系難燃剤の使用禁止が明記された。RoHS 指令は2006年7月より EU 全域で施行される。また、76/769/EEC 指令でも特定の臭素系難燃剤の使用禁止が明記されている。

なお、上記の特定臭素系難燃剤はエンブラにはほとんど使用されておらず、エンブラに使用されている上記以外の臭素系難燃剤については規制の対象にはなっていない。しかしながら、現在、上記臭素系難燃剤以外の他の

臭素系難燃剤とともに、リン系難燃剤などについてもリ  
スクアセスメントが進められており、その結果によって  
は規制される難燃剤の種類が今後増える恐れがある。

表7-1 プラスチックの燃焼性に関する試験方法

試験法	規格番号			試験方法の一般的な説明
	JIS	IEC or ISO	UL	
バーナ着火燃 焼性試験	JIS Z 2391 JIS K 7247	IEC 60695-11-10 IEC 60695-11-20	UL94	短冊形試験片を水平又は垂直に保持し、ガスバーナ の炎を当て着火させ、燃焼速度又は有炎燃焼時間 を測定して判定する方法。試験片を水平に保持する 場合がHB、垂直に保持する場合がV-2、V-1及びV- 0のランク付けとなる。より火力の大きい500Wバー ナーを使用して試験を行う場合は5Vのランク付け となる。
注射針バーナ 試験（ニード ルフレーム）	JIS C 60695-2-2	IEC 60695-2-2	UL746C	細い口径（普通0.5mm）のニードルバーナの炎を材 料に接炎し、その材料の燃焼の有無によって炎に対 する抵抗性（耐燃性）を判定する。
耐アーク性			UL746A	試験片に、水平に対し45°の角度にて一对の電極を4 mm間隔に固定し、電極間に高電圧・低電流のアーク を断続的に繰り返し、試験片が発火又はトラッキング が生ずるまでの時間（秒）を求める。
耐トラッキン グ性	JIS C 2134	IEC 60112	UL746A	試験片に、水平に対し60°の角度にて一对の電極を4 mm間隔に固定し、その電極間に1回/30秒の間隔で 電解液を滴下し、試験片が発火又はトラッキングが 生ずるまでの滴下数を測定する。滴下数-電圧曲線 を描き、50滴での電圧を求める。
グローワイヤ 試験	JIS C 60695-2-12 JIS C 60695-2-13	IEC 60695-2-12 IEC 60695-2-13	UL746A	試験片に、赤熱したニクロム線ワイヤを一定の圧着 荷重で試験片と垂直になるように30秒間接触させ、 試験片の着火・燃焼や試験片の下に置いた包装用薄 葉紙の着火、ストローマツの焦げ状態から発火性 （GWIT）と燃焼性（GWFI）を、赤熱したニクロム線ワ イヤの先端温度から求め、温度（℃）で表す。
ホットワイヤ	JIS C 60695-2-20	IEC 60695-2-20	UL746A	発熱線（例 消費電力65W、0.5mmφ、250mm、Ni-Cr） を材料に5回巻き付けて通電し、着火時間によって材 料の耐着火性を判定する。
大電流アーク 耐着火試験			UL746A	試験片上1.6mmの位置で大電流（例33A、力率0.5） で一定の速さでアークを発生させて着火（発火）の 程度によって材料の耐着火性を判定する。
高電圧アーク 耐着火試験			UL746A	直径3.2mmで先端が60°の角度（先端Rは0.1mm以 下）の電極を、試験片上で4mmの間隔を置いて取り 付け、両極間に高電圧（5,200V）を5分間通電さる。 着火時間によって材料の耐着火性を判定する。
コーンカロリ メータ		ISO 5660-1 ISO 5660-2 ISO 5660-3		試験片を、上部に設置したコーン型のヒーターにて 一定の速度で加熱し、口火着火させる。燃焼ガスは 熱電対を組み込んだ煙突に誘導し、煙の量も同時に 測定する。これらにより、着火までの時間（秒）、最 大発熱速度（kW/m <sup>3</sup> ）、試験材料1kgあたりに発生する 煙量（m <sup>3</sup> /kg）などを評価する。
限界酸素指数	JIS K 7201-2	ISO 4589-2		酸素と窒素の混合気体で試験片をバーナーで加熱し、 試験片の着火と継続燃焼が生じる酸素濃度を示し、 LOIが高いものほど燃え難いことを表す。
FMVSS-302 自動車内装材 料燃焼試験				FMVSS-302は自動車の内装材料に対して実施される 米国の試験規格の一つで、燃焼性能（燃焼速度）を 試験する規格である。
鉄道車両用材 料燃焼試験		（国土交通省技術 基準、省令）		B5版の試験片を45°に傾けた状態で保持し、所定の位 置にセットした容器内にエチルアルコールを0.5cc 入れて着火させ、燃焼中と燃焼後にわけ調査し判定 する。

# 8 耐候性

屋外で太陽、雨、風、雪等の気候の変化にさらされる状態において樹脂の持つ各種の特性値の耐劣化性を耐候性または屋外曝露耐久性と言っている。特にエンブラは厳しい条件下で使用される事が多く、重要な特性である。

劣化特性として、機械的強さ、光沢、色、寸法変化、重量変化、外観（ひび割れ等）等を言う事が多い。劣化の原因は紫外線、温度、湿度、外力または応力、オゾン、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、等のガス等の影響と推定される。そのうち、最も大きな影響を与える原因は紫外線である。

プラスチックは有機化合物であり多くのものは紫外線を吸収する。また、その原子集団間の結合エネルギーが比較的小さいものが多いが、その樹脂の分子構造により耐候性の差が生じる事になる。その結合エネルギーの小さい分子構造を持つものは波長が短くてエネルギーの大きい紫外線の影響により性能の劣化を生じる事になる。このため、それぞれの樹脂に関してこの耐候性を改良する各種方法が提案され、実施されている。代表的なものは紫外線吸収剤、着色剤、充填剤、酸化防止剤及び可塑剤等の添加により改善する方法である。

耐候性の評価は時間がかかり、また条件を合わせるのが難しい屋外曝露試験やこの屋外曝露試験に定量性を持たせた耐候促進試験があり、ISO、JIS や ASTM でその測定法が規定されている。

次に簡単に測定法について説明する。

## (1) 実験室光源による曝露試験法

屋外曝露試験法は実際の天然劣化を見るのには適しているものの評価に時間がかかると言う欠点がある。この欠点を改良したものが実験室光源による曝露試験法である。

出来るだけ天然に類似した状態を人工的につくり、そこにサンプルを曝露しその劣化状態を観察する方法である。光と温度と湿度を変化させるもの（フェードメータ

ー）と光と温度と降水とを変化させるもの（ウエザオメーター）がある。

この中で光源の種類が重要で、キセノンアーク光源（ISO 4892-2、JIS K 7350-2）、紫外線蛍光ランプ（ISO 4892-3、JIS K 7350-3）、オープンフレームカーボンアークランプ（ISO 4892-4、JIS K 7350-4）等がある。

## (2) 屋外曝露試験法

通常は南向きに決められて角度と高さを持った架台上に固定し、日光曝露を行う方法である。試験によってはガラスの覆いをする事もある。また1日24時間中屋外に置くデイライト法と日中のみ屋外に置くサンライト法とがある。屋外曝露は地域差、季節差が大きい為、複数の場所、長期間の試験が必要となる。このためデータの比較が難しいため、比較試料をいれることが重要である。（ISO 877、JIS K 7219）

# 9 光学特性

プラスチックの光学特性は、透明性のある材料について測定する。いわゆる透明であるためには、プラスチックの内部で光線が直進することが必要である。すなわち、できるだけ光の吸収、屈折及び乱反射がないことが望ましい。従って、結晶性であったり、モルフォロジックに不均一なアロイであったり、充填剤で強化されているプラスチックは透明性がそこなわれている。

ガラスのように本質的に透明性をもつ非結晶性のエンブラとしては、PC、PAR、PSU、PES、PEI、透明PAなどがある。結晶性のエンブラでは、フィルム等の形で測定することが多い。

プラスチックの中で、透明性に優れた光学材料としてPMMA（ポリメチルメタクリレート）とPCが工業的に展開されてきた。また、さらなる光学特性の向上としてPMMAでは耐熱性の向上と吸水性の低下、PCでは複屈折率の低下が図られている。

最近では、光学特性を生かした製品の開発が進められており、コンパクトディスク、光磁気ディスクを中心にますますエンブラのマーケットが拡大され、重要な要求特性となってきている。

プラスチックの光学特性を具体的に表す方法として、次のような特性項目がある。

- 1 光線透過率（吸光度）  
；ISO 13468-1（JIS K 7361-1と一致）
- 2 曇化（ヘイズ）  
；ISO 14782（JIS K 7136と一致）
- 3 屈折率  
；ISO 489（JIS K 7142と同等）
- 4 光弾性（複屈折）

これらの特性は、波長領域、雰囲気温度などの影響も受ける。



# 10 規格と認証

## 10-1 プラスチック関係の材料規格

### (1) ISO 規格

ISO (International Organization for Standards : 国際標準化機構)は、「物資及びサービスの国際交換を容易にし、知的、科学的、技術的及び経済的活動分野における国際間の協力を助長するために世界的な標準化及びその関連活動の発展促進を図ること」を目的として1947年に発足した非政府間機構である。日本は1952年に通産省工業技術院標準部に設置された日本工業標準調査会 (JISC) が加入した。2002年現在の加盟国は143カ国である。

また、貿易の円滑化を目的として設立された世界貿易機構 (WTO) の「貿易の技術的障害に関する協定 (TBT 協定)」が1995年1月に発効したことにより、ISO の重要性が増している。WTO の精神を尊重して技術的な問題が障害にならないようにするためには ISO 規格を各国の国家規格に導入して整合化させることが必要になってきている。

ISO は電気 (IEC が担当) を除く分野の標準化を担当し、分野別の専門委員会 TC (Technical Committee) は現在187を数えている。その下には、分科会 SC (Sub Committee) が、更にその下に専門家グループの作業部会 WG (Working Group) が設置されている。プラスチック分野は TC61で、SC として10、WG として62を有している (表10-1参照)。規格制定の手順は ISO 業務指針に規定されている。各段階毎に投票が行われ、コンセンサスを重視したシステムになっている。ISO 規格は5年毎に見直しが行われる。この際、国家規格への採用有無が問われ、利用度の低いものは廃止されることになっている。なお、詳細については、エンブラ技術連合会発行の

「プラスチックと関連規格ガイドブック」- I. 規格編- (第1分冊) を参照のこと。

0. 予備段階 (PWI : Preliminary work item)
1. 提案段階 (NP : New work item proposal)
2. 作成段階 (WD : Working draft)
3. 委員会段階 (CD : Committee draft)
4. 照会段階 (DIS : Draft International Standards)
5. 承認段階 (FDIS : Final Draft International Standards)
6. 発行段階 (IS : International Standards)
7. 定期見直し (Periodical review)

### (2) JIS

JIS (Japan Industrial Standards : 日本工業規格) は、「工業標準化法」(1949年制定) に基づいて制定され、戦後の経済発展に大いに役立ってきた。JIS は日本工業標準調査会 (JISC) で調査・審議され、政府によって制定される国家規格である。

近年、諸外国、特に欧米諸国から貿易上の障壁に対して風当たりが厳しくなり規制緩和を求められてきた。規制緩和の動きとしては、ISO 規格の JIS 規格への整合化推進3ヶ年計画(1995~1997)が打ち出されたこと、1995年1月 WTO/TBT 協定に加盟したこと及び1997年3月に国際規格を基礎とした JIS 規格体系の構築 (JIS のゼロベース見直し) と国際ルールを基礎とした適合性評価制度 (認証制度) への移行を骨子とした工業標準化法の改正が行われたことなどである。整合化推進3ヶ年計画によって ISO 規格の翻訳 JIS が多数起案され、順次、JIS 化された。2003年には、JISC の「新時代における規格・認証制度のあり方検討特別委員会報告」の答申を受けて、JIS を制定するまでの時間の短縮化が図られることになった。

日本においては、従来、JIS よりも ASTM が一般に受

表10-1 ISO/TC61（プラスチック）の組織（2003年1月現在）

SC	WG	タイトル	SC	WG	タイトル
	WG1	シガレットライター	SC6	老化、耐薬品性及び耐環境特性	
	WG2	環境ガイド		WG1	生物的攻撃に対する抵抗
SC1	用語			WG2	光暴露
	WG1	用語と定義		WG3	諸暴露
	WG3	記号と略語		WG7	基本的規格
SC2	機械的性質			SC9	熱可塑性プラスチック
	WG1	静的特性	WG6		ポリオレフィン
	WG2	硬さ及び表面特性	WG7		スチレン系ポリマー
	WG3	衝撃特性	WG8		ポリアミド
	WG4	動的特性	WG14		ポリマーディスパージョン
	WG5	温度依存性	WG15		ポリカーボネート
	WG6	試験片の寸法	WG17		熱可塑性ポリエステル
	WG7	破壊と疲労特性	WG18		試験片の調製
	WG8	データ表示の書式	WG19		ポリメチルメタクリレート
SC4	燃焼挙動		WG20		ポリ塩化ビニル
	WG1	着火及び火炎伝播	WG21		ポリオキシメチレン（POM）
	WG2	煙の隠蔽性及腐食性	WG22		PTFE 原材料と製品
	WG3	放熱性	WG23		ポリビニルアルコール系 ポリマーとコポリマー
	WG4	火炎試験のガイダンス	WG24		ポリフェニレンエーテル
	WG5	中間規模火炎試験	WG25		ポリケトン
SC5	物理・化学的性質		WG26	熱可塑性エラストマー	
	WG1	光学的性質	SC10	発泡プラスチック	
	WG5	粘度	SC11	製品	
	WG8	熱分析	SC12	熱硬化性プラスチック	
	WG9	レオロジー	SC13	複合材料及び強化用繊維	
	WG11	分析方法			
	WG12	灰分			
	WG17	密度			
	WG18	特別プロジェクト			
	WG21	統計的手法			
	WG22	生物分解性			

け入れられて来た傾向があるが、国の方針により整合化 JIS への切り替えが進められている。

### ③ その他の規格

#### ① ASTM 規格

ASTM (The American Society for Testing and Materials : 米国試験協会) は、1898年に創立された米国の民間規格を作成する団体で、およそ7,200の規格を持っている。ASTM は、規格制定とその使用に共通の関心を持つ生産者、ユーザー、消費者及び一般的な関心を持つ団体のフォーラムで、非営利団体である。

ASTM のプラスチックの規格は、ASTM の D20委員会 で制定されている。D20委員会の活動は、SPI (The Society of Plastics Industries : 米国プラスチック工業会) のもとで行われている。

現在の ASTM 規格と ISO 規格は、殆どの規格において技術的に非同等規格である。過去、1996年に ASTM も国際化のポリシーのもとにプラスチックの基本になる11規格を、ASTM 規格として取り込んだが、現在は廃止されている。

#### ② EN (欧州規格)

欧州では、1961年に CEN (Comite Europeen de Normalisation : 欧州標準化委員会) が設立され、域内の貿易上の技術的障壁を取り除くために EN (European Standards : 欧州規格) が制定されてきた。CEN は、欧州を中心に発展してきた ISO と密接な関係を保ちながら活動してきた。CEN は、当初から ISO との整合化を意識しており、1991年の ISO とのウィーン協定により新規の規格制定では、ISO との併行投票制度を設けている。また、CEN/249 (プラスチック) は、ISO/TC61 (プラスチック) と相互にリエゾン委員を派遣している。

また、各国にも次のような国家規格があるが、最近では ISO 規格への整合を急速に進めている。

DIN : ドイツ規格協会 (Deutsches Institut für Normung) が発行する国家規格。

BS : 英国規格協会 (British Standards Institution) が発行する国家規格。

その他 : フランスの国家規格は NF、スウェーデンの国家規格は SIS である。

なお、EN 及び DIN 規格 (ドイツ規格) についての詳

細は、エンブラ技術連合会発行の「プラスチックと関連規格ガイドブック」- I、規格編 - (第1分冊) を参照のこと。

#### ③ MIL

MIL (Military Specification and Standard) は、アメリカ軍用規格の略である。米国政府が軍用政策に必要な必需品を購買、調達する際の購買仕様書に該当する SPEC (Specification)、STD (Standard) 等が発行されている。エンブラに関係のある試験規格として、電子部品信頼性試験である PCT (プレッシャークッカー試験) が、MIL-STD-810C にある。

#### ④ SAE 規格

SAE (Society of Automotive Engineers : 米国自動車技術会) の発行する自動車規格 (J 規格) にはプラスチック材料の規格があり ISO に整合化されつつある。プラスチック全般に関する重要な規格としては、J 1344:1994 (プラスチック部品の表示) がある。

#### ⑤ FMVSS

FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards : アメリカ連邦自動車安全基準) は、1966年に制定された自動車及び関連設備・機器に関する規制で、全州で適用されている。プラスチックに関係のある規格としては、FMVSS 302 (内装材料の燃焼性) がある。

#### ⑥ JASO

JASO (Japan Automotive Standards Organization) は、(社)日本自動車技術会 (JASE) が発行する団体規格である。プラスチックに関係する規格として、以下の2つが知られている。

・ JASO M 801 (プラスチック製品の材質識別表示方法)

・ JASO M 356 (ポリプロピレン樹脂製バンパー回収リサイクル材料)

### (4) CAMPUS

CAMPUS (Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards) はユーザーが樹脂の第一次選択をするときに使用するコンピュータデータベースのことである。材料メーカーでは、ISO 規格に基づいて取得した材料の物性データを CAMPUS ソフトに入力し、電子媒体例えばフロッピーディスクの形でユーザーに無償

で提供する。ユーザーでは、自社のパソコンにインストールして材料選択のツールとして利用する。

CAMPUSはISO規格を基本とする。ISO規格には、材料から出発して試験データをまとめるまでの一連の設備、機器、作業手順、作業条件などが詳細に規定されているために、データの再現性、信頼性が増し、グレード間、樹脂間、メーカー間などでのデータの比較が可能になる。

CAMPUSプログラムの権利はドイツの非営利会社CWFG (Chemie Wirtschaftsförderungs Gesellschaft mbH)が所有し、材料メーカーがCAMPUSを導入するためにはCWFGと契約を結ぶことになる。1997年には欧州26社、米国13社、豪州1社、日本数社が参加している。日本への導入はJCC (Japan CAMPUS Committee: 日本キャンパス委員会)が中心になって進めてきた。JCCはCAMPUSの開発に携わってきた欧米企業6社からなるArbeitskreis Meeting (AK Meeting)と密接な関係を築き、日本語の導入を果たした。

## 10-2 電気関係の規格と認証

### (1) 電気用品安全法

1961年に電気用品取締法(電取法)が制定されて以来、材料・生産技術の飛躍的な発展等により、電気用品の設計・製作が原因による事故が減少したが、規制による事業者のコスト負担や、国際的に整合していない規制による貿易摩擦等の指摘があった。そのため、自己確認・第三者認証への移行、国際相互認証を導入すること等を基本として、1998年8月に電取法が電気用品安全法(電安法)に改正公布され、2001年4月1日から施行されている。

電安法の対象となる電気用品は、特定電気用品(電取法の甲種電気用品に相当)と特定電気用品以外の電気用品(電取法の乙種電気用品に相当)に分けられ、452品目(特定112品目+特定以外340品目)となっている。

電安法では、電取法の甲種電気用品の製造事業者に関して行われていた事業開始前の「製造事業者登録(又は外国製造事業者登録)」が廃止され、対象電気用品を製造又は輸入する事業者は、事業開始の日から30日以内に「事業の開始に係る届出」を行うこととなった。また、電取

法の甲種電気用品に関して行われていた製造開始前の「型式認可試験」、「型式認可」は廃止され、特定電気用品については、届出事業者は『事業者による自己確認に加えて、別途経済産業大臣が認める複数の「認定検査機関」又は承認する複数の「承認機関」の中から届出事業者の責任で検査・承認機関を選定し、その検査・承認機関の「基準適合性検査を受検」し「基準適合性検査証明書の交付を受け、保存する』ことが必要となった。

特定電気用品以外の電気用品については、電取法の乙種電気用品の製造事業者に課せられていた「技術基準に適合させる義務」の他に、特定電気用品と同様に「検査実施義務」「検査記録作成義務」及び「検査記録保存義務」が課せられた。

また、技術基準については、電取法はわが国独自の安全基準を定めた省令第1項とIEC規格をベースとした国際整合規格の省令第2項より成り、いずれを選択しても良いことになっていたが、電安法でもこの取扱いが踏襲されている。しかし、今後、技術基準の内容が技術革新に対して柔軟に対応できるようにするため、現在、仕様規定となっている技術基準を、基本的要求事項の記述のみとする性能規定化が進められている。そのため、技術基準を満たす具体的な例示規格を示す必要から、電安法の例示規格をIEC規格を基本としたJISに一本化する方向で、IEC規格のJIS化が積極的に進められている。

### (2) 電気用品部品・材料任意登録制度

電気用品部品・材料任意登録制度は、電気用品に使用されている部品や材料が、電気用品取締法の技術基準別表第一～第八に記載されているプラスチックや部品に対する要求事項の特定の項目に適合していることをあらかじめ第三者試験機関(JET、JQA)の確認を受け、登録しておくもので、部品・材料認証協議会(CMJ)の運用のもと、1990年に発足した。

注) JET: (財)電気安全環境研究所

JQA: (財)日本品質保証機構

電気用品取締法は、1999年に電気用品安全法に改正されたが、電気用品部品・材料任意登録制度は、継続して運用されている。

電気用品安全法では、電気用品は特定電気用品(認定検査機関での安全性確認が必要)と特定電気用品以外の

電気用品（自己又は第三者試験機関での安全性確認が必要）に分類され、適用される技術基準は、日本独自の第一項（前述の技術基準別表第一～第八）と IEC 規格に基づく第二項となった。

電気用品部品・材料任意登録制度に登録された部品や材料を使用した電気用品は、電気用品の安全性の確認を第三者試験機関や自社で行なう際、登録データを使用することにより、技術基準の第一項や第二項にある部品や材料の要求項目に対する安全性の確認に適用し、実際の試験を省略できることになっている。

現在、部品や材料の登録項目には下記のものがある。

#### <プラスチック材料>

- ・絶縁物の使用温度の上限値
- ・熱可塑性プラスチックのボールプレッシャー温度
- ・外郭用合成樹脂材料の水平燃焼試験
- ・印刷回路用積層板の垂直燃焼試験
- ・機器内被覆電線の試験
- ・合成樹脂材料の垂直燃焼試験

#### <部品>

- ・サーモスタットの試験
- ・ブラウン管の試験

部品・材料任意登録制度に登録された部品・材料は、登録項目毎に登録番号が与えられ、「部品・材料登録一覧表」に記載される。

なお、登録された部品や材料は、翌年度から毎年定期的に工場調査が行われ、①製品の管理体制、②出荷された製品の規格適合性の確認、③抜き取り試験による登録品の規格適合性の確認が行われる。

電気用品部品・材料認証制度のほか、CMJ では顧客のニーズにより迅速に対応するため、各認証機関の責任のもと、電気用品の技術基準第一項、第二項又は国際規格をベースに申込者と合意の上で、規格適合性を確認し、各々の認証機関が独自に登録を行う「機関内登録」も実施されている。

現在、電気用品安全法の施行により、多くの電気用品は認定検査機関による型式認定の取得が必須でなくなり、電気用品の安全性の確認は自己確認や自己認証でもよくなった。従って、電気用品部品・材料任意登録制度が効果的に活用されていると認識できるのは、1995年から導入されたすべての電気製品を対象とする電気製品任

意認証制度（S マーク制度）における登録データの活用である。

S マーク制度は JET と JQA で実施されている。S マーク制度の対称となる規格案には、電気用品安全法の技術基準の第一項と第二項のほか、安全試験の依頼者と合意した国際規格がある。部品・材料任意登録制度は、これらの規格の要求事項に、該当する項目があれば、登録データが活用されて当該部品や材料の試験が省略できるので、試験期間の短縮や試験費用の削減に寄与することになる。

### (3) IEC

IEC (International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議) は、スイスに本部を置き、ISO (国際標準化機構) と同様の非政府系機関で、1906年に発足した。

IEC の目的は、電気及び電子の技術分野における標準化のすべての問題及び関連事項に関する国際協力を促し、これにより国際的意志疎通を図ることである。

我が国の電気用品安全規格との関連では、昭和58年、電取法（現電安法）・技術基準省令第2項として、IEC 規格を認めた（デビエーションを含む）ほか、現在、IEC 規格を全面的に取り入れ、JIS 規格や技術基準の IEC 整合化（デビエーションを含む）がなされている。

プラスチック材料に関連の深い TC（専門委員会）は、TC15（絶縁材料）と TC89（耐火性試験）があり、長期・短期の絶縁材料の試験方法や燃焼性試験方法が審議されている。

プラスチック材料に関係のある材料試験法と製品規格を表10-2及び表10-3に示す。

ヨーロッパの各国は、国際規格である IEC 規格を取り入れており、ほとんどが IEC 規格に整合している。ヨーロッパの試験機関は、プラスチックの材料試験による登録はせず、製品での試験により安全を確認している。

なお、IEC 規格による試験は、JET、JQA 等で受けることができる。

IEC の認証制度の一つに、IECEE/CB 制度がある。この制度は、IEC 内の組織である IECEE (IEC 電気機器安全規格適合性試験制度) が中心となり、IEC 規格に基づいて、CB 試験所が家庭用電気機器の安全試験を行い、そ

表10-2 主な IEC 材料試験規格

IEC60695-11-4	50W 炎の装置と確認試験法
IEC60695-11-3	500W 炎の装置と確認試験法
IEC60695-11-10	50W 燃焼性試験
IEC60695-11-20	500W 燃焼性試験
IEC60695-2-2	ニードルフレイム燃焼性試験
IEC60695-2-10~13	グローワイヤ試験
IEC60112	CTI 及び PTI 試験法
IEC60216-1~5	熱耐久性

表10-3 主な IEC 製品規格

IEC60065	民生用電子機器
IEC60335-1	家庭電気製品
IEC60950	事務機；情報処理装置

の結果をもとに国内認証機関が適合証明書（CB 証明書）を発行するというものである。この証明書を各国の認証機関が相互認証することによって、各国の電気安全認証手続きを簡略化しようとするものである。但し、この証明書は製品が対象となり、CMJ（日本）や UL（アメリカ）や CSA（カナダ）で行なわれている部品・材料の登録・認証制度とは違っている。日本では、JET、JQA 等が国内認証機関及び CB 試験所として承認されている。

#### (4) UL 規格

UL (Underwriters Laboratories Inc.) は、米国民間・非営利機関として、主に電気製品、部品及び材料の安全規格の制定や認証試験を行っている。

UL 規格は「自主規格」であり、法的な拘束力はない。しかし、米国では、連邦政府が「電気安全規則」を制定しておらず、州政府にその権限を委譲しているため、多くの州や地方自治体は電気製品の安全を確保する手段として、UL 規格への適合を義務付けているため、UL 規格は強制規格に近い役割を演じている。

UL は、最終製品、部品、材料それぞれに対応した試験方法、要求事項を定めている。

プラスチック材料に関する代表的な UL 規格として、UL94、UL746A、UL746B、UL746C があり、試験項目ごとに、材料の試験結果を登録することができる。UL で電気製品の安全認証試験を受ける時、プラスチック材料

の登録データがあれば、製品の安全試験の一部省略が可能になる。

プラスチック材料の UL 規格の概要は、以下の通りである。

##### ① UL94

バーナーを用いたプラスチック材料の燃焼性を評価するための試験規格で、各材料が燃焼性により分類され、ランク付けされる。燃焼試験方法には、もっともポピュラーな垂直燃焼試験、水平燃焼試験のほか、フィルムを用いる VTM 試験や発泡材料の燃焼試験、又垂直燃焼性をさらに厳しくした 5 V 試験等がある。

なお、最もポピュラーな垂直燃焼試験の燃焼性分類とその判定基準を表10-4に示す。

##### ② UL746A

短時間でプラスチック材料を評価することが出来る性能評価項目、評価方法、推奨値等が示されている。

主な評価項目は以下の通りである。

- ・ホットワイヤーイグニッション (HWI)
- ・耐トラッキング性試験 (CTI)
- ・耐アーク性試験 (D495)
- ・大電流アーク着火試験 (HAI)
- ・高電圧アークトラッキング速度 (HVTR)
- ・グローワイヤー着火試験 (GWIT)
- ・グローワイヤー燃焼試験 (GWFI)
- ・絶縁破壊電圧
- ・機械的特性試験
- ・荷重たわみ温度 (DTUL)
- ・ID 試験 (DSC、TGA、IR)

##### ③ UL746B

プラスチック材料の熱による長期間の劣化挙動を評価するための試験方法が示されている。熱劣化挙動は、機械的強度と電気絶縁性の経時変化を長期間測定する。その結果、各特性の半減期を求めることによって、その材料の最高使用温度を決定しようというものである。IEC 規格にも同様の規格 (IEC 60216 シリーズ) があるが、UL 規格ではコントロール材料 (既に、UL により最高使用温度が定められている) との比較が行われている。

##### ④ UL746C

本規格は、個別の製品規格に具体的な要求特性を定めていない場合に適用される。

プラスチック材料に関わる登録事項として、メタライズドパーツ試験、耐候性・水浸漬試験がある。

⑤ UL746D

通称「モールドプログラム」と呼ばれ、電気製品の部品がULの認可通りに成形加工段階でも行われていることをチェックするための方法を定めている。

本規格により、成形段階で発生するスプルーやランナーを再生材として、バージン樹脂に25%まで添加することが認められている。しかし、25%を超えた再生材の混入を行いたい場合は、ULの確認試験を受けることが必要になる。

表10-4 垂直燃焼性の分類

判定基準	燃焼性分類 ※		
	V-0	V-1	V-2
各試験片それぞれの残炎時間 ( $t_1$ 及び $t_2$ )	≤ 10s	≤ 30s	≤ 30s
各状態調節ごとの一組の試験片の合計残炎時間 $t_r$	≤ 50s	≤ 250s	≤ 250s
各試験片それぞれの第2回目の接炎後の残炎時間及び残じん時間の合計 ( $t_2 + t_3$ )	≤ 30s	≤ 60s	≤ 60s
支持クランプまで達する残炎及び／又は残じん	なし	なし	なし
脱脂綿を着火させる有炎落下物	なし	なし	あり

※ 試験結果が規程の判定基準に該当しない場合は、水平燃焼性試験方法により分類する。

# 11 安全と環境

## 11-1 製品安全

### (1) PL 法（製造物責任法）

#### ① PL 法の概要

製造物責任法を略してPL法（Law of Product Liability）と称する。

平成6年7月1日公布の法律第85号で平成7年7月1日施行となった。日本は世界で26番目にPL法導入国の仲間に入った。米国では60年代から活発に判例が重ねられてきており、最近では行き過ぎとの反省も出ている。日本のメーカーが関係した事例も発生している。欧州でも85年にEC閣僚理事会指令が発せられ、加盟各国の国内法に取り入れられたが、裁判事例は多くはない。

工業立国である日本では、20年来の要望、提言、議論の末、ようやく日の目を見た。内容はEC圏のそれに近く穏当なものである。それまでは明治時代からの（製造物に限定していない）民法によって対応されてきたが、原告は債務不履行法、瑕疵担保責任法、不法行為法等に照らして被告の過失を証明する必要があった。今後は事故の原因として、製品の欠陥との関係を明示すればよい。もちろん製造者は、製品の欠陥が強制法規（例えば電気用品取締法、建築基準法、道路運送車両法、食品衛生法、薬事法等）に抵触すれば、まずその面からも刑事罰を受ける。

#### ② PL 法の要点

逐条的にポイントを挙げると次の通りである。

##### 一法の目的（第一条）

製造物の欠陥により人の生命、身体又は財産に被害が生じた場合に被害者の保護をはかること。従来は製造物に限った法律はなかった。

##### 一用語の定義（第二条）

製造物製造又は加工された動産。血液製剤は含まれ

るが、農水産物はどこまで入るか。

##### 一欠陥

製造物が通常有すべき安全性を欠いていること。（立証責任は原告にある。）具体的に明示されていないので、裁判所の判断に委ねられている。今後、判例を注目する必要がある。

##### 一製造者等

業として製造物を製造、加工、輸入した者、又は製造業者と誤認させるような表示をした者。ライセンスを受けた側がそのことを製品に表示した場合はどうなるのであろうか。

##### 一製造物責任とは（第三条）

製造物の欠陥によって他人の生命、身体又は財産を侵害したときは、生じた損害を賠償する責めに任ずる。（製造物そのものの損害は含まない。）

##### 一免責事由（第四条）

- ・製造物を引き渡した時の科学又は技術的知見では欠陥の認識ができなかった場合。（いわゆる開発危険の抗弁）
- ・製品製造業者の設計・指示によって部品又は原材料に欠陥が生じた場合。（下請け業者の保護）

##### 一期間の制限（第五条）

- ・被害者が、判明した賠償義務者に3年間請求しない時。
- ・製造業者等が製造物を引き渡した時から10年を経過した場合。（但し、身体に蓄積した場合は損害が生じた時から起算する。）

##### 一損害賠償（第六条）

本法律の規定によるほか、民法（明治29年法律第89号）の規定による。

##### 一企業の対応

製造物の欠陥による人の生命、身体又は財産の被害の未然防止と被害が発生した場合の製造者の弁償によ



表11-1 日本の新しいPL法の特徴

	日本の新しいPL法	米国	EC
法体系	民法第85号 (H6-7-1公布) 1年後から施行 製造物の欠陥による被害者の保護 (第1条)	連邦民法、州法 ケネディー特別教書 英米法、判例主義 (不法行為法リステイトメント)	EC閣僚理事会指令 ('85-7-30) 3年以内に各国内法化義務付け 各国が国内法を改正している EFTA諸国も追随 (厳しい)
対象商品	製造又は加工された動産 (第2条1項)	化学品、医薬品、自動車、家電、機械、工具、食品、家庭用品、レジャー、航空機	工業的に生産された動産、農畜水産物は除く (各国option追加可①)
責任の主体	製造、加工、輸入業者又はそのように認められる者 (第2条3項)	メーカー (部品、素材、ブランドメーカーを含む)、卸、小売り、輸出入、リース業者 連帯責任	メーカー (原材料、部品、ブランド)、インポーター 供給業者 (メーカー不明の時) 連帯責任
責任の範囲	無過失責任 / 生命、身体、財産 (第3条) 開発危険、受注者の抗弁を認める (第4条1、2項)	厳格 (Strict) 責任 推理 (レジブラ) の法理はあるが厳しい制約条件あり 最近、開発危険抗弁認める傾向	無過失責任 (緩い) 開発危険の抗弁を認める (各国option追加可②)
立証責任	原告 推定規定なし	原告側は簡単な証明でよく、被告側に情報公開させ、反論・証明を求める	原告 (推定を排す)
欠陥の範囲	通常有すべき安全性の欠如 (裁判所判断への依存度大) (第2条2項)	設計上 製造上 警告・表示	消費者期待基準 抗弁事由6項目認める 出荷後、非営業、法規、指示
損害賠償	懲罰賠償は認めない (第6条) ●免責額なし ●責任限度額なし ●慰謝料あり	人的、物的、精神的 拡大原因による損害も補填賠償 懲罰賠償 (悪意ある時) 上限なし	人的、物損 (除外、免責あり) 慰謝料、経済損失、懲罰賠償 上限設定 (7千万ECU以上) は各国option③ (物損は500 ECU)
責任期間	賠償義務者を知った日から3年、流通後10年 (但し、蓄積物、潜伏による損害は発生時から起算) (第5条)	3年 (製造者を知った時から) 流通開始後10年	3年 (製造者を知った時から) 流通後10年
背景	20年来の各方面からの意見・提言・要望と海外の状況からようやく結実	訴訟好き、公的保証制度不備 弁護士70万人 / 成功報酬 (1/3) 出訴費用少、陪審制、公選裁判官 情報公開 (双方)	ECとして1本化を目指す 従来、各国バラバラであった (仏は無過失、独・英は中間、伊は過失責任法)
現状	政省令が整えられH7-7-1より施行 (附則) 施行前からPL法を先取りした判例が出ていた	'90年約19,500件 (連邦裁) 平均賠償額約100~150万\$ アスベスト、医薬品、自動車等でmass tort case多い 連邦政府は厳しすぎる点の緩和を目論んでいる	新法での訴訟は少ない 大陸法

り被害者の保護がより明確になった。

製造者はまず社内体制を構築し、被害の未然防止につとめることから始めるべきである。

それには設計、製造、製品の使用上の注意説明等について、この際基本に立ち返り徹底した見直しを行う必要がある。万一被害が発生した場合は被害者救済と再発防止の原点に立った迅速な対応が取れるよう日頃からの準備が必要である。公的機関、業界団体、保険会社からの情報も役立てていただきたい。

### ③ 裁判外紛争解決 (ADR: Alternative Dispute Resolution) 機関

- ・(財)家電製品 PL センター (☎0120-551110)
- ・(財)自動車製造物責任相談センター (☎0120-028222)
- ・住宅部品 PL センター
- ・インテリア PL センター
- ・医薬品 PL センター (☎0120-876532)
- ・(財)生活用品振興センター・生活用品 PL センター (☎03-3639-8881)
- ・(財)製品安全協会・消費生活用製品 PL センター (☎03-5255-3671)

### ④ 相談機関

- ・(社)日本化学工業協会・化学製品 PL 相談センター (☎0120-886931)
- ・(財)日本消防設備安全センター
- ・ガス石油機器 PL センター
- ・(社)日本舟艇工業会・プレジャーボート製品相談室 (☎0120-356441)
- ・(社)自動車公正取引協議会消費者相談室 (☎03-3556-9177)

なお、③及び④の詳細については、<http://www.adr.gr.jp/>を参照のこと。

## (2) グリーン調達について

### ① グリーン調達調査共通化協議会 (JGPSSI)

2003年1月に成立した RoHS 指令 (Restrictions on Hazardous Substances: 特定危険物質の使用制限指令) などへの対応のために、電子・電気業界では有害化学物質含有調査の共通化を目指してグリーン調達調査共通化協議会 (JGPSSI) を発足させ、活動している。同会

は、2003年8月には調査対象を29化学物質群 (内、含有使用制限のあるもの [リストA] は15物質群) に決め、グリーン調達調査共通化ツールと共にホームページ上で公開した。

(<http://home.jeita.or.jp/eps/>)

JGPSSI は、米国 (EIA: 米国電子工業会) 及び欧州 (EICTA: 欧州情報通信技術製造者協会) と定期的な会合を持ち、グローバルスタンダード (IEC 規格) 化を目指している。

### ② 化学業界の対応

(社)日本化学工業協会は2003年9月に「特定の化学物質含有情報シート」を発表した。これは、化学物質の製造メーカーの立場として JGPSSI による受身の調査に甘んずるのではなく積極的に化学物質情報を自己宣言しようというものである。

この調査対象物質群は JGPSSI のリスト A (15物質群) と全く同じもので、国内及び海外の法規制上で規制のあるものである。(社)日本化学工業協会はこのシートを MSDS を補完する目的で使うことを推奨している。

### ③ 自動車業界の対応

欧州の廃自動車指令 (ELV 指令、2000/53/EC) は、2003年7月1日から施行された。ELV 指令では4つの金属 (鉛、カドミウム、水銀及び六価クロム) の使用が禁止された。欧州の自動車メーカーを中心に、ELV 指令に端を発して自動車に使用される部品毎に素材を全て開示・登録する IMDS (国際素材データシステム: International Material Data System) を採用する動きが出てきている。又、ドイツの自動車工業会では、VDA-LIST を作成して使用禁止物質及び含有宣言物質を規定している。現在、日本ではまだメーカー毎に化学物質の含有調査を行っており、自動車メーカー共通の調査様式はないが、IMDS を含めて動向を注目する必要がある。

## (3) MSDS (製品安全データシート)

### ① MSDS の歴史的背景

化学物質を供給する際、供給者の有する危険有害性情報 (MSDS: 製品安全データシート) を供給し、化学物質に起因する事故災害などの未然防止に役立てることを目的としている。

欧米においては、1970年代から行われ1980年代には商

習慣として定着し、特に米、英国に見られるように法律で義務づける国も出てきた。1990年に設立された ICCA (国際化学工業協議会) は、MSDS の国際統一を検討し、16の記載項目とその記載順序を決定した。また、ISO において前述の記載項目の具体的記載内容などの標準化が検討され、1994年に規格として公表された。日本でも2000年に整合 JIS が発行されている。

#### ISO 11014-1 (JIS Z 7250)

また、1990年に ILO (国際労働機関) は、化学物質の危険有害性情報の周知を主な内容とする「職場における化学物質の使用の安全性に関する条約 (第170号条約)」を採択した。

### ② 日本の歴史

一方国内においては、欧米の動きに対応して1985年に日化協がモデルを作成、上記海外の動きに合わせ1991年に改訂版が出されている。1990年頃から顧客の要請に対応して国内でも MSDS の提供が始まった。

1993年4月より労働省告示第60号「化学物質などの危険有害性等の表示に関する指針」(平成4年7月1日)及び厚生省・通商産業省告示第1号「化学物質等の安全性に係る情報提供に関する指針」(平成5年3月26日)に基づき、行政指導が実施されている。また、三省による統一的な行政指導を実施するために、三省共同監修による「製品安全データシートの作成指針」が作成され、1992年に日化協より発刊されている。その後、化学物質管理促進法(PRTR法)、労働安全衛生法及び毒物劇物取締法でMSDSが法規制されたので、2001年に改定された。その際、内容と項目の順序はJIS Z 7250に整合したものになった。

### ③ MSDS の義務化

MSDS の対象となる危険物質に関する国際的統一基準はまだないが、日本では近年次の法律でMSDSの対象となる化学物質が規定された。

- ・労働安全衛生法改正 (2000年4月1日施行) ; 638物質が指定された。
- ・化学物質管理促進法(PRTR法) (2001年1月施行) ; 第1種指定化学物質及び第2種指定化学物質合計で435物質が指定された。
- ・毒物劇物取締法改正 (2001年1月施行) ; 約360種の毒物及び劇物が指定された。

多くの樹脂は、MSDS の対象外ではあるが、顧客の要請があれば作成・提出が必要である。その作成に当たっては、「製品安全データシート (MSDS) 作成のガイドライン」(1993.12エンブラ連絡会 環境委員会)及び追補 (1994.4.19エンブラ連絡会FR部会)を参照されたい。

また、英語版の作成に当たっては通産省監修による「製品安全データシート (英文版) 作成ガイドブック」が (日化協より発刊されている)。

## 11-2 リサイクル

(社)プラスチック処理促進協会の推定による2001年の日本におけるプラスチックの生産量と、リサイクル及び廃棄量は表11-2のようになっている。

表11-2 2001年プラスチックの生産・廃棄・再資源化  
(社)プラスチック処理促進協会) (万トン)

全プラスチックの生産量	1,388
廃棄プラスチック総量	1,017
廃棄プラスチック内訳	
産業廃棄物	528
一般廃棄物	489
廃棄プラスチック処理内訳	
マテリアルリサイクル	147 (14%)
ケミカルリサイクル	21 (2%)
サーマルリサイクル	368 (36%)
単純焼却	192 (19%)
埋立	289 (28%)

プラスチック廃棄物の処理については、全プラスチックを対象にして図11-1に示すように再使用を除けば大きく4つの方法に大別される。

2000年6月に循環型社会形成推進基本法が施行されたが、この法律が基本枠組みとなり図11-2に示すような個別のリサイクル法が次々と制定、改正された。この循環型社会形成推進基本法で、次の処理の優先順位が初めて法定化された。

- 1.発生抑制 (Reduce)、2.再使用 (Reuse)、3.再生使用 (Recycle)、4.熱回収、5.適正処分

現在エンブラについては、一部の複写機のトナーカートリッジの再生再使用を除いてはリサイクルがされてい

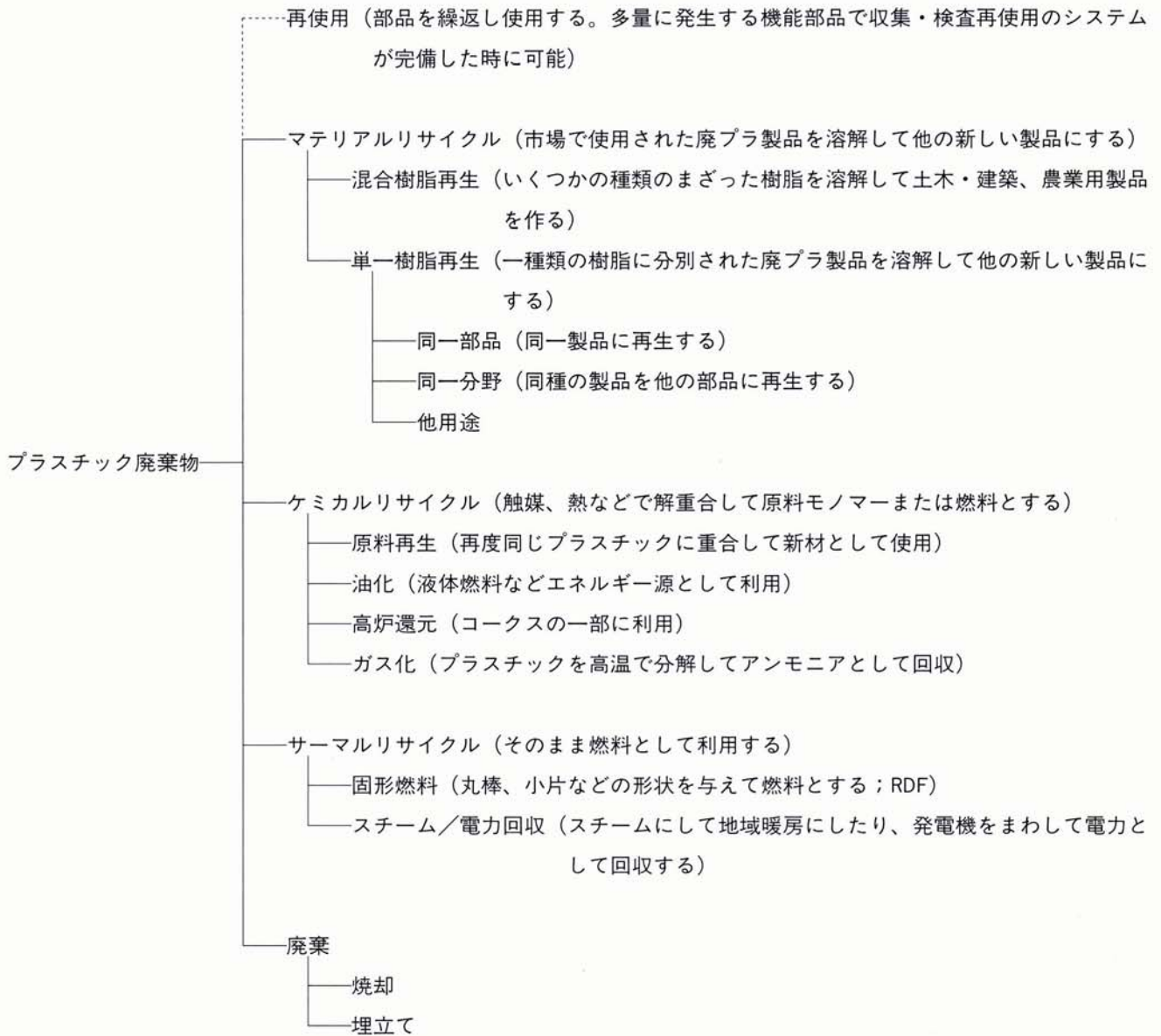


図11-1 プラスチック廃棄物の処理

●循環型社会形成推進基本法

(2000年6月施行)

●資源有効利用促進法

(自動車やパソコンなど14種類  
について部品の再使用や省資源  
化設計を義務付け)

(個別物品の特性に応じた規制)

●容器包装リサイクル法

(1997年4月施行、PETボトル) (2000年4月施行、その他のプラ)

●家電リサイクル法

(2001年4月施行) (テレビ、エアコン、冷蔵庫及び洗濯機)

●食品リサイクル法

(2001年4月施行) (外食産業など食品産業の生ゴミや残飯)

●建設リサイクル法

(2002年6月施行) (コンクリートやアスファルトなど)

●自動車リサイクル法

(2005年より本格施行予定)

(使用済自動車から発生するシュレッダーダスト・フロンガス回収など)

(関連する法律)

●グリーン購入法

(2001年4月施行) (国や地方公共団体による環境負荷の少ない製品の調達の推進)

●廃棄物の処理と清掃に関する法律

(廃棄物の排出業者への義務を規定)

図11-2 日本のリサイクル法体系

ないのが現状である。これはエンブラが主として機能部品として使用されている場合が多く、また金属と強固に接合される場合もあり、使用済み廃エンブラ製品を大量に安定的に安く収集するシステムがないためである。自動車部品については、PP製バンパーについてはマテリアルリサイクル技術の実用化が進んでおり一部で試験的に行われているが、エンブラではまだ実施されていない。

ケミカルリサイクルは、大きく分けて次の4つの方法があり、これらはいずれも容器包装リサイクル法の再商品化手法として認められている。

- ①油化；熱と触媒によりプラスチックを分解・油化にして燃料にする。
- ②ガス化；プラスチックを高温で分解して、分解ガスをアンモニア等として回収する。最近、大型プラントが稼動し、注目が集まっている。
- ③高炉還元、コークス炉化学原料化；鉄鋼プラントのコークス代替や、コークスの原料として使用されている。
- ④原料再生；縮合反応系ポリマーの解重合により原料モノマーにすること。特に、ペットボトルからの再生樹脂のモノマー化は、最近大型プラントの稼動が始まった。

サーマルリサイクルは容器包装リサイクル法の再商品化手法として認められていない。しかし、欧州ではエネルギーリカバリーとして一定に地位を与えており、容器包装リサイクル法の次の改正時に向けて審議の対象になるであろう。最近、特に注目されているゴミ発電に端を発したゴミ固形燃料（RDF）プラントは、種々の問題点からプラスチック固形燃料（RPF）化への移行が検討されている。

## 11-3 環境関連規格と認証

### (1) ISO 14000シリーズ

#### ① ISO 14000シリーズ制定の歴史

1992年：国連の「持続的発展のための産業界会議」（BCSD：Business Council for Sustainable Development）は、経済発展は健全な環境のもとでのみ可能であり、設定する目標、基準は測定可能な具体的な形で示されるべきであると提案。

1993年：ISO/TC207の第一回大会をトロントにて開催  
ISOはBSCDの依頼を請け技術委員会（TC207）を設置した。

1996年：ISO14001～14005の5規格が発効（9月）。並行してJIS規格も発効（10月）。

1997年：ISO14040～14043（LCA関連4規格）のドラフトが成立

#### ② ISO 14000シリーズの体系と規格について

ISO 14000シリーズの規格は、ISO/TC207（環境マネジメント委員会）で審議されている。TC207には、SC1からSC6の五つの専門委員会があり、またTC207直属の四つのWG（作業グループ）がある。これらを表11-3に示す。経済産業省は、環境関係のJISを充実させる方針を打ち出しており、これらのJIS化も進んでいる。

## (2) エコラベル

エコラベルとは、製品、サービスの環境側面に関する有効なコミュニケーション手段として、市場の力を刺激することにより、製品、サービスの環境を改善することを目的としている。

### ① ISOの規格案（TC207/SC3）

- タイプ1：第三者認証機関によるテスト／検査に基づく任意参加の環境ラベル制度エコマーク（日本）、ブルーエンジェルマーク（ドイツ）等
- タイプ2：環境広告で企業が自ら行う環境主張。欧米では消費者保護のためのガイドライン設定、情緒的表現の規制等がある。
- タイプ3：製品、サービスの環境面での定量的情報の公開

### ② 各国のエコラベル

#### a) 日本（エコマーク）

1989年に環境庁が（財）日本環境協会に委託。1996年3月に実施要領を改訂。認定基準に商品のライフサイクルの考え方を盛り込んだ他、透明性を高める仕組みを取り入れた。

#### b) ドイツ（ブルーエンジェルマーク）

世界で最も早く、1978年に導入された。政府の基本方針に従って、連邦環境庁がドイツ商品安全・表示協会（RAL）と協定してエコラベル制度を運営している。ブルーエンジェルマークは、消費者が製品選択の際に参考に

表11-3 ISO/TC207（環境マネジメント）委員会とISO 14000シリーズの規格

SC	規格 NO		整合 JIS
SC1（環境マネジメントシステム）	ISO 14001:1996	環境マネジメントシステム－仕様及び利用の手引き	JIS Q 14001:1996
	ISO 14004:1996	環境マネジメントシステム－原則、システム及び支援技法の一般指針	JIS Q 14004:1996
SC2（環境監査）	ISO 14010:1996	環境監査の指針－一般原則	JIS Q 14010:1996 (廃止)
	ISO 14011:1996	環境監査の指針－監査の手順－環境マネジメントシステムの監査	JIS Q 14011:1996 (廃止)
	ISO 14012:1996	環境監査の指針－環境監査員のための資格基準	JIS Q 14012:1996 (廃止)
SC2/WG4	ISO 14015:2001	環境マネジメント－用地及び組織の環境アセスメント (EASO)	JIS Q 14015:2002
SC2/JWG	ISO 19011:2002	品質及び／又は環境マネジメントシステム監査の指針	JIS Q 19011:2003
SC3（環境ラベル）	ISO 14020:1998	環境ラベル及び宣言－一般原則	JIS Q 14020:1999
	ISO 14020:2000	同上 修正表	
	ISO 14021:1999	環境ラベル及び宣言－自己宣言による環境主張（タイプII環境ラベル）	JIS Q 14021:2000
	ISO 14024:1999	環境ラベル及び宣言－タイプI環境ラベル表示－原則及び手続き	JIS Q 14024:2000
	ISO 14025:2000	環境ラベルタイプIII－定量的環境情報表示のラベル	
SC4（環境パフォーマンス評価）	ISO 14031:1999	環境マネジメント－環境パフォーマンス評価－指針	JIS Q 14031:2000
	TR 14032	環境パフォーマンス評価事例集	
SC5（ライフサイクルアセスメント）	ISO 14040:1997	環境マネジメント－ライフサイクルアセスメント－原則及び枠組み	JIS Q 14040:1997
	ISO 14041:1998	環境マネジメント－ライフサイクルアセスメント－目的及び調査範囲の設定並びにインベントリー分析	JIS Q 14041:1999
	TR 14049:2000	環境マネジメント－ライフサイクルアセスメント－目的及び調査範囲の設定並びにインベントリー分析のJIS Q 14041に関する適用事例	
	ISO 14042:2000	ライフサイクルアセスメント－影響評価	JIS Q 14042:2002
	ISO 14043:2000	ライフサイクルアセスメント－解釈	JIS Q 14043:2002
SC5/WG2,3	CD 14038	ライフサイクルアセスメント－データフォーマット	
SC5/WG4	TR/CD 14047	ライフサイクルアセスメント－影響評価事例集	
SC6（用語）	ISO 14050:1998	環境マネジメント－用語	JIS Q 14050:2003
	DIS 14050Amd.	同上 追補	
WG1（EAPA）	ISO Guide64	製品規格に環境側面を導入するための指針	JIS Q 0064:1998
WG2（森林マネジメント）	TR 14061	森林マネジメント	
WG3（環境適合設計）	DTR 14062	環境適合設計 (DfE)	
WG4（環境コミュニケーション）	(ISO 14063)	環境コミュニケーション	

できるようにと導入された。しかし、一方で、製造者が環境にやさしい商品を開発し、市場に供給することを支援することも目的としている。

現在、コピー機、リチウム電池など約90の製品がブルーエンジェルマークの認証対象となっている。対象リストは、毎年一回ドイツ品質保証及び表示協会（RAL）により発表される。

c) スウェーデン（TCO）

電気・電子用品に適用すべく定められた国の自主的なエコラベル。TCO'95（2003年12月31日で受付終了）では、25g以上の重さのプラスチック製品に対して特定臭素系難燃剤の使用を禁止している。最も新しいTCO'03（CRT Displays）では、25g以上の部品には難燃剤として有機塩素化合物や有機臭素化合物を含有してはならないこと、又使用難燃剤をMSDSに明記することが要求されている。



# 12 成形法

## 12-1 エンプラの一次加工法

熱可塑性プラスチックの主な加工方法は射出成形、押出成形、ブロー成形などである（図12-1）。

「溶融する（可塑化）、形を与える（賦形）、冷却し固化させる」という工程で、直接、原料から製品になる。特に射出成形では、複雑な形状の同一部品が経済的に量産される。着色や、組み立て用のボス・ヒンジ、スナップフィットの足、内ネジなどの組み込みも、同時にする

ことができる。プラスチック成形品はそのままの状態で使用される。溶融と固化はくりかえし行うことが可能であり、再生品（成形時発生する端材や回収した製品を粉碎あるいはペレット状にしたもの）の再加工が可能である。

これに反して熱硬化性樹脂の場合では、加熱により三次元的な網目構造を形成するため再溶融は不可能となり、再生品の再利用は一般的には難しい。

また金属材料の場合には、製品を作るまでに素材（シ

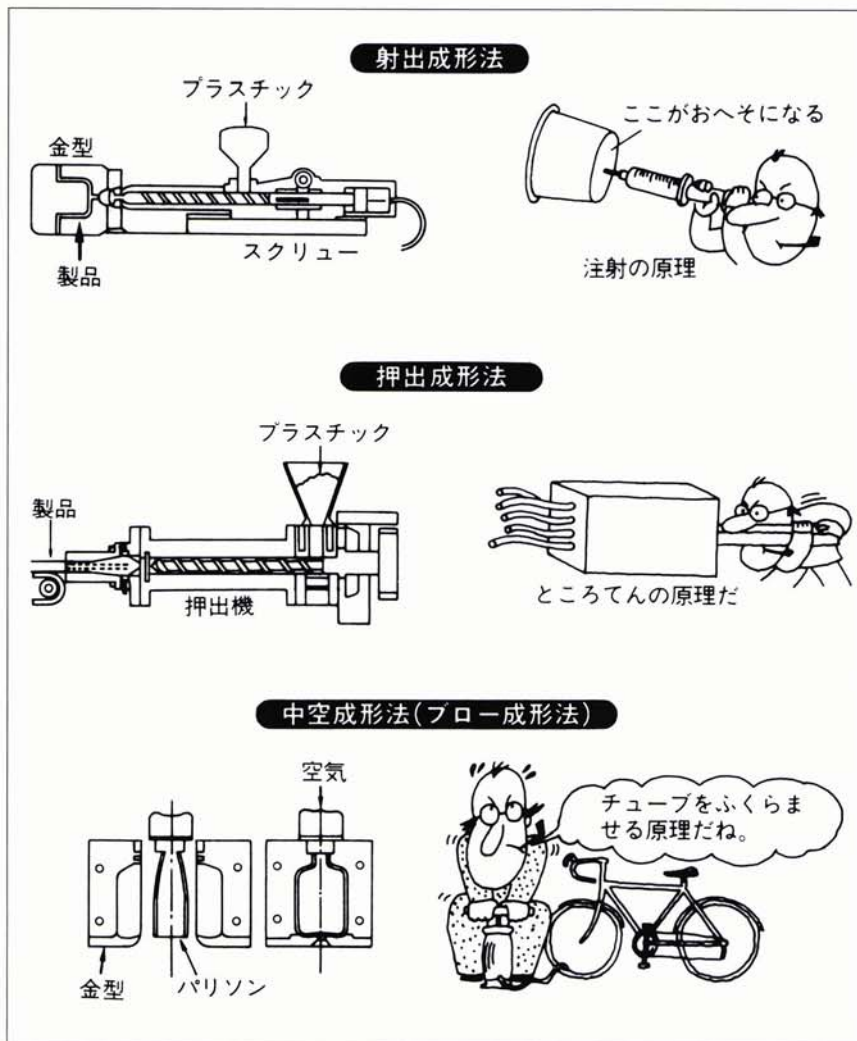


図12-1 いろいろな成形法

ート・板材、丸棒等)を切断、切削、研磨、旋盤加工、穴あけ、プレス等の機械加工をした後、さらに溶接、メッキ・塗装等の二次加工を必要とする。

以上の加工工程を比較すれば、熱可塑性プラスチックが経済的にいかに有利であるかが判る。

## 12-2 おもな成形加工法

一般にプラスチックの溶融時の粘度により、加工方法が決まる。高分子量ポリマーは高い粘度を示し、押出成形やブロー成形に適する。中・低粘度のプラスチックは主に射出成形に用いられる。最初の樹脂の溶融は、一般的には以下の方式で行われる。シリンダーまたはバレルと呼ばれる鋼鉄製の加熱筒の内部で、スクリーが回転し、原料樹脂を溶かしながら前へ送り出す。溶融のための熱源は、スクリー回転による機械的摩擦熱と加熱筒の外側に巻かれた電熱ヒーター（場合によっては、スクリー心棒内にもヒーターが埋め込まれる）により供給される。

## 12-3 射出成形

射出成形は原理的には以下のプロセスで行われる。射出成形機 (Injection Machine) 内で、樹脂を溶融し (可塑性)、スクリーの前進運動で樹脂に圧力を加える。金型 (Mold) 内に流入した樹脂は、流路であるスプルー、ランナー、ゲートを経て成形品の形をした空洞 (キャビティ) に充填され、その形状を忠実に転写する。溶融樹脂の持つ熱が放出され (冷却=熱交換)、樹脂が充分冷却した時点で金型から製品が取り出される。冷却時間中にゲートが固まり充填樹脂が逆流しないタイミングでスクリーを後退させ、前述の可塑性を再び始めながら次の射出成形の準備にとりかかる。図12-2にこの一連の加工工程を示す。可塑性から製品取り出しまでを1サイクルと呼び、材料によって異なるが、製品肉厚 1 mm 当たり 7~15秒の時間で繰り返される。エンプラの代表的な成形条件を表12-1に示す。

以上は原理的な話であったが、エンプラを取り巻く射出成形技術は年々進歩している。最近では、1) 金型キャビティの圧力を検出しながら樹脂の最適充填速度/圧力を制御していく方法、小物多数個取りで均一に充填させるための高速充填を可能せしめた方法、2) 省エネ、

クリーン性を追求して、今までの成形機的主要駆動源であった油圧から電動 (サーボモータ) への切り替え、3) ハイサイクル化 (成形サイクルの短縮) や最終製品にとっては不要となる固形スプルーや固形ランナーを減らし省資源化を図るための、ホットランナーの多用化 (工夫により、ランナーをサイクル毎に固化させないで溶融状態のまま連続的に成形を繰り返す) などが普及してきている。

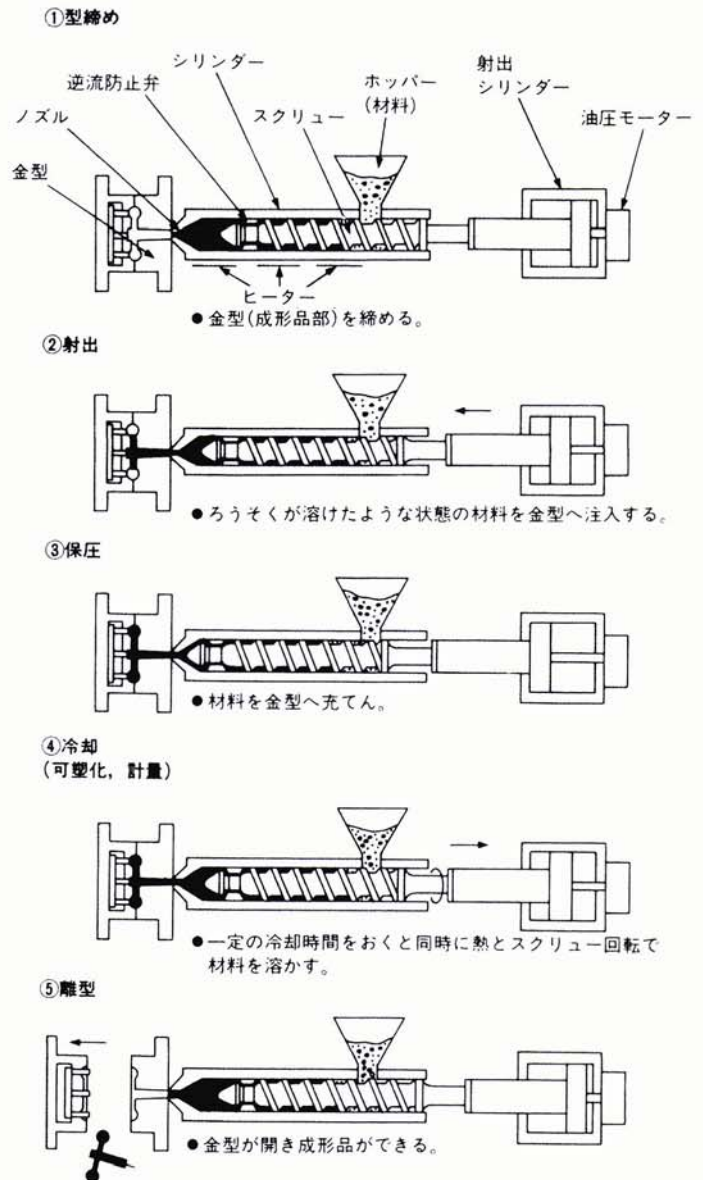
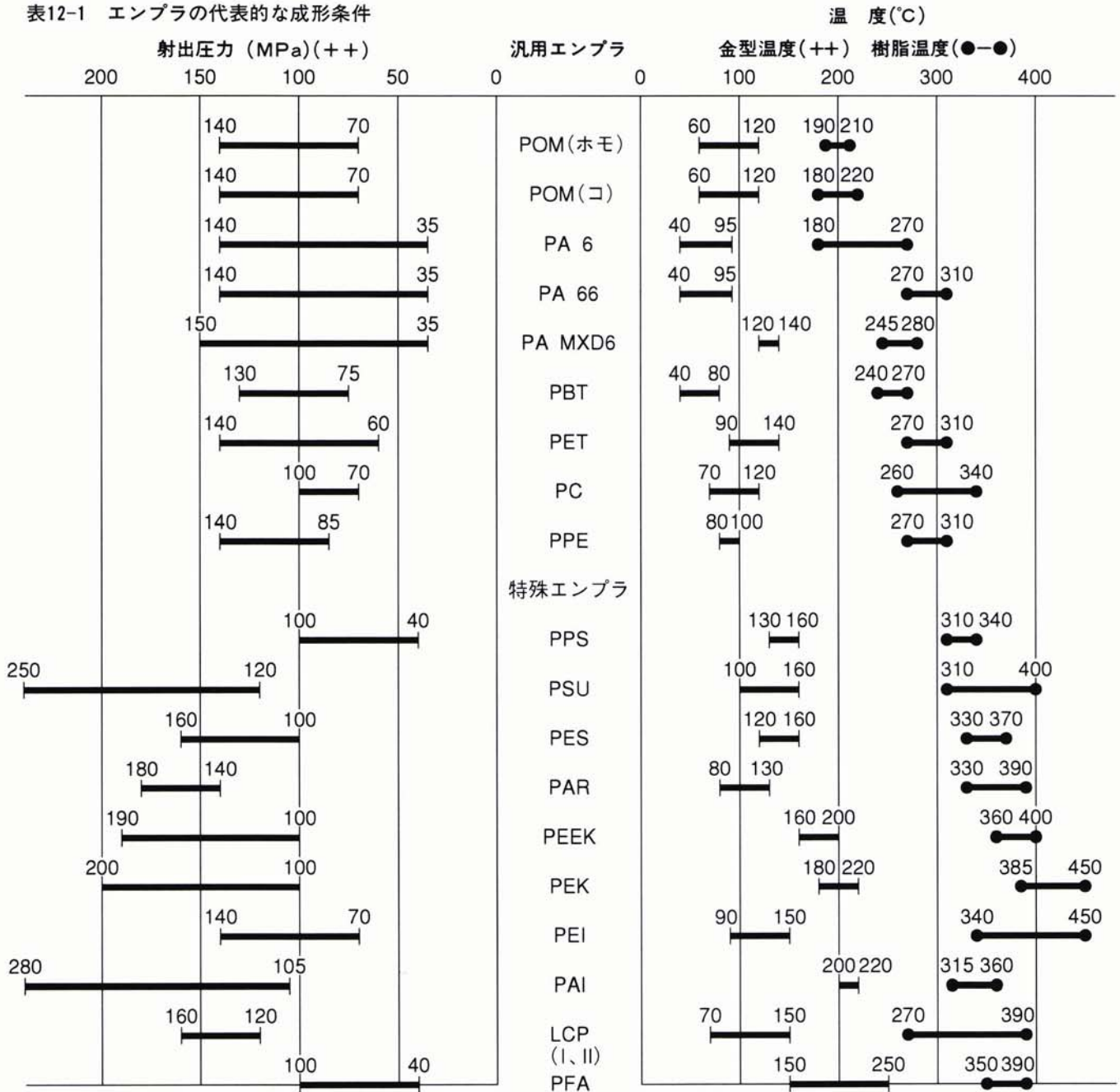


図12-2 射出成形の工程

射出成形機は汎用的な使い方が一般である。即ち、種々な製品を成形するときは、個々に金型と成形条件の工夫で対応する。しかしながら、効率を追求して専用のものもある。例えば、SF成形法 (発泡成形: Structural

表12-1 エンプラの代表的な成形条件



Foaming)、RIM 成形法(反応射出成形: Reaction Injection Molding)、コンパクトディスク成形機、プラスチックレンズ成形機などが専用射出成形法として挙げられる。

一方、汎用的な使いながら、高付加価値化とコストダウンの追求から様々な工夫がなされてきている。一種の応用射出成形法として位置づけられるもので、代表的なものを二、三、ここで述べる。

比較的小さな型締力の成形機で変形や歪みの少ない大物を成形する射出圧縮成形法がある。圧縮ストローク分だけ残した状態のキャビティに溶融樹脂を射出した後、

圧縮成形する方法である(図12-3)。射出する前に表皮材をキャビティに敷いていれば後加工無しの一貼合成形(一種の表面修飾法)となるため、高付加価値化とコストダウンが同時にはかることができ種々の分野に普及し始めている。

中空製品の射出成形法として、2つの方法が注目を集めている。一つは、成形時にその充填樹脂の中に気体を注入することによって内部に中空部を有する成形品をつくる技術である。プロセス概念図を図12・4に示す。方法として、A) 成形機のノズルからガスを注入する、B) 金

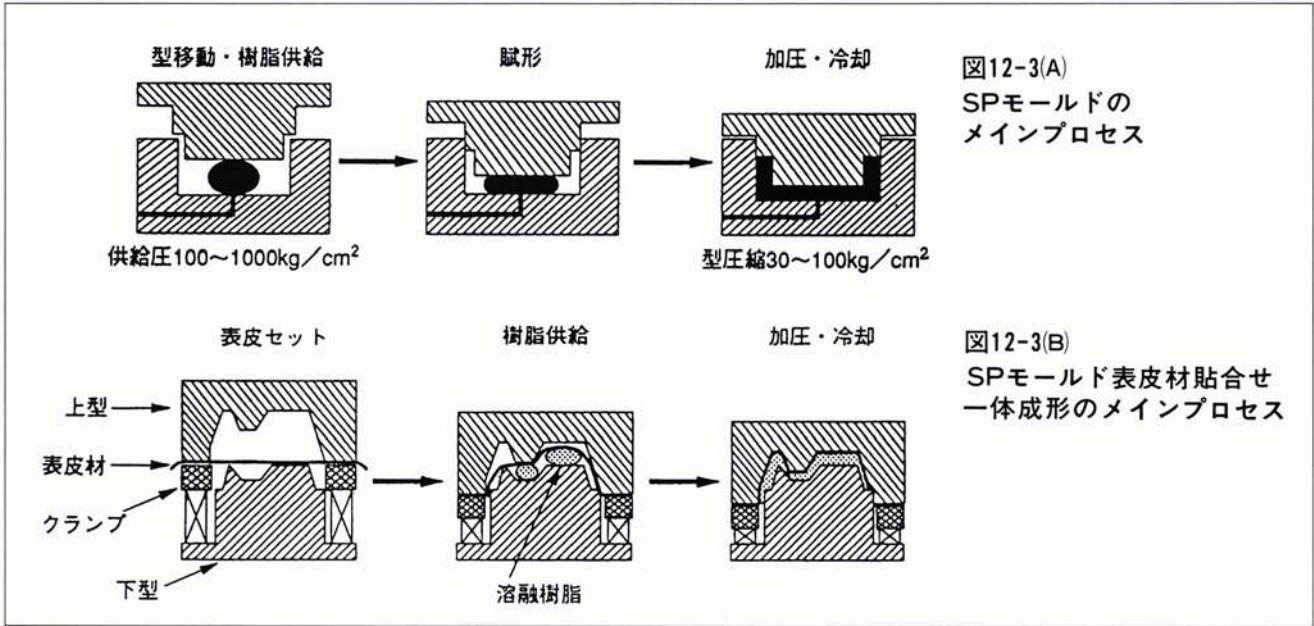


図12-3 射出圧縮成形法

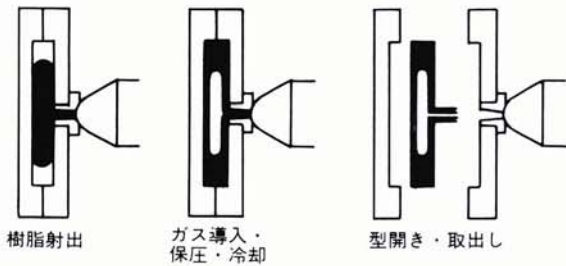


図12-4 中空射出成形のプロセス概念図

型の注入孔からガスを注入する、などが知られている。充填樹脂の中空化による軽量化、ガス圧によるヒケ防止などの特長がある。そのため、製品補強のためのリブ設計や偏肉設計などに代表される設計自由度が大きくなっている。

もう一つは、射出成形機と成形の合間に移動する金型の組み合わせで、複雑形状の中空製品を精密に成形でき

る方法である。DSI (ダイ・スライド・インジェクション) と呼ばれ、1組の金型で2分割した製品を成形 (一次射出)、金型を開いて一方の金型を製品部が重なる位置までスライドさせる、金型を再び閉めそのジョイント部分を成形して接合させる (二次射出)、という3工程からなる。それらを図12-5に示す。中空内部にリブの導入が可能、通常の射出成形では不可能なアンダーカット製品が可能、後工程での溶着が不用、といった特長を有している。

## 12-4 押出成形

溶融樹脂を所望の形状の孔を有する開目部 (ダイス) より連続的に押出す方法で、製品の断面が同一で、円形 (丸棒、チューブ状、パイプ状)、長方形 (シート、フィルム、板等)、更には複雑な断面 (異形押し出し: Profile

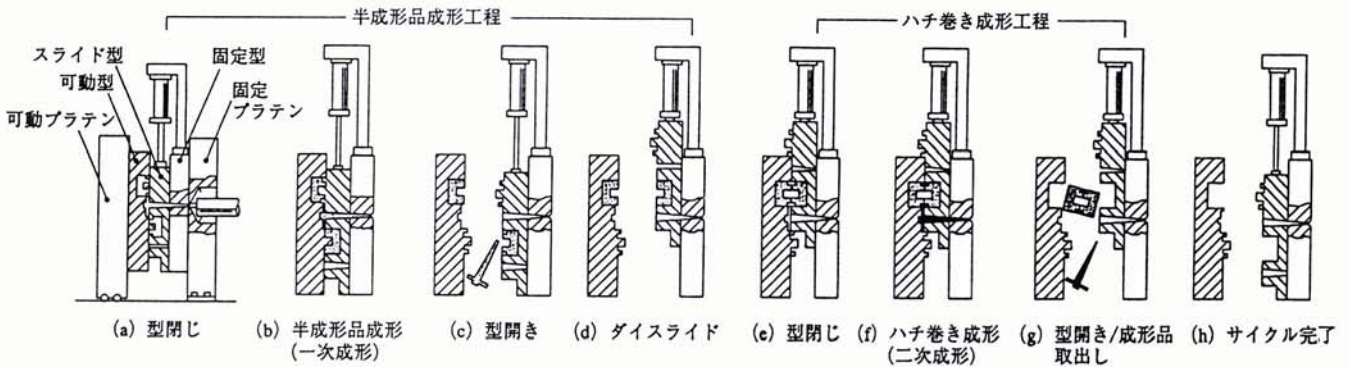


図12-5 DSI 成形の動作と原理

Extrusion) を有する長い製品を連続的に製造することができる。プラスチックやゴムで被覆されている様々な電線やケーブルは、中心に銅線を導入しながら押出成形されたものである。

おもしろいものとして、リブ付きパイプ（一種の異なる断面を連続的に成形されている製品）が押出成形でつくられるようになってきている。ダイから押出された樹脂は、ダイ頭部に取り付けられている冷却コアとリング状のリブ構造のキャビティを有するモールドブロック（2つ割りになっていてキャタピラー式に多数連結されている金型）で形成されるリブ状キャビティの中に充填されていく。この時、押出方向にモールドブロックも連動して移動していく。移動した分だけ、次のモールドブロックが新たにダイ頭部に移動してくる。この間に樹脂は冷却コアで徐々に冷却固化される。固化が完了して時点でモールドブロックは2つに別れながらパイプから離れていく。こうしてできるリブ付きパイプは、従来のフラットパイプに比べ、リブ構造による偏平強度のアップ、リブ・262 Bがあるため切断が容易、接合強度が高くなる、といった特長が認められている。

## 12-5 ブロー成形

ブロー成形による製品の代表的な例は瓶のような中空製品である。これは、押出成形機で熔融状態のチューブ（パリソン）を押し出し、それを金型に挟みながら端部を締め付け、空気を送り込んで風船を膨らまし、冷却固化してから取り出す、という工程で成形される。この成形の特徴は、中空形状の製品化が可能なことや金型製造費が安価であることなどであり、その成形品は身の回りだけでもかなり普及、出回ってきている。

このブロー成形法も年々進歩してきており、ここでは二つの応用技術を紹介する。一つは、押出機を複数台設置し、異なる材料を積層したパリソンをブローする技術である。構成する層毎に要求機能を持たせ、高機能なブロー成形品ができていく。大型製品としては、自動車用ガソリンタンクがこの方法でつくられている。もう一つは、パリソンの長さ方向に材料が異なるブロー成形法である。実用化されているのは、複数の押出機と選択的に交互にパリソンを押し出すことのできるダイヘッドで構成されたパリソン製造技術と、出てきたパリソンを3次元

的に移動させながら3次元的に折り曲げられた状態でブロー成形する技術、の二つを組み合わせたものである。これにより、これまで複数の材料が使われていた部品群を一つの立体形状部品にすることが可能になった。具体的には、従来は金属のような硬いパイプとゴムホースなどの柔らかい部分で構成されていた複数の部品が、ハード樹脂とソフト樹脂の組み合わせで一体化されたシンプルなプラスチックブロー製品に代わってきている。大幅な部品削減と軽量化・コストダウンが期待され、自動車分野で先行普及してきている。

## 12-6 その他の加工法

### 〔圧縮成形〕

PTFEやPIのように、溶融するが流動し難い超高粘度のポリマーは、圧縮予備成形後、高温の炉の中で焼成された後冷却して成形される。

### 〔シートの加工〕

シートは押出加工により製造されるが、その後プレス加工で打ち抜かれたり、真空成形法で形状を与えられて部品が作られる。

## 12-7 プラスチック射出成形とコンピューター(CAE)

コンピューター技術の大幅な進歩、小型、低コスト化によりコンピューターシミュレーションが射出成形に取り込まれてきた。構造解析（強度計算、変形計算）することによって、試作品を作る前にその製品の強度や変形の子測をしたり(写真12-1)、金型に材料を均一に充填させるための各種条件などが判るようになってきた。また光造形技術と結びつけ、短時間の内に実体モデルを作り上げる事も可能となってきた。

射出成形技術への具体的な応用として、材料充填時の流動解析、保圧解析(写真12-2)、冷却解析、残留応力解析、分子・繊維配向解析を中心にコンピューターが使用されている。これらのソフトとして、オーストラリアのモールドフロー社をはじめとしてアメリカ、日本のソフトが多数開発され利用されている。また、射出成形分野からブロー成形分野にも同様の技術が展開され始めている。一方、これらのコンピューター解析のためには、樹脂溶融時における物理的性質のデータが必要であり、高

温高圧下の材料の体積変化や比熱、流動特性のデータをとるための装置も開発されてきている。

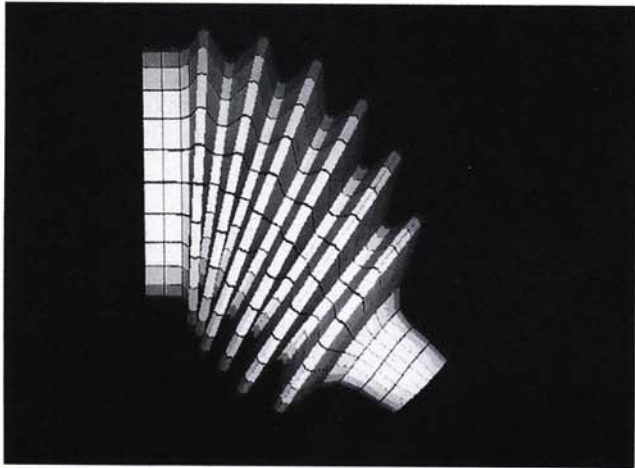


写真12-1 自動車用保護ブーツの変形をみた構造解析例

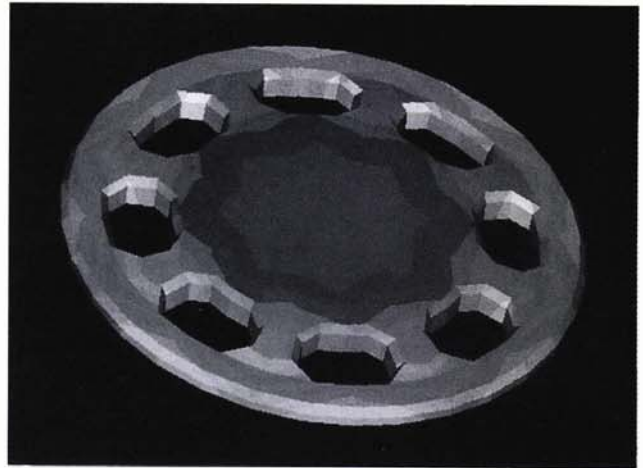


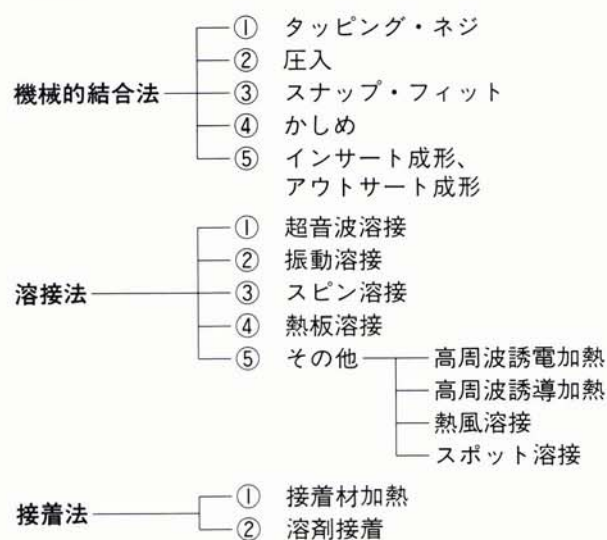
写真12-2 自動車のホイールキャップ金型に射出された時のプラスチックの保圧解析例

# 13 二次加工法

## 13-1 接合法

プラスチック部品を組み立てたり、溶接したり、接着したりすることは、プラモデル愛好者や日曜大工族には馴染み深い作業となっている。プラスチックの組み立て方法を分類すると表13-1のようになる。他の工業用材料より、はるかに結合法の種類が多いことがわかる。

表13-1



### (1) 機械的結合法

#### [タッピングネジ]

成形品同士を強固に固定する方法に、タッピングネジによる締結方法がある。プラスチック成形品の場合、下穴が開いていれば、金属でよく行われている前工程のタップ加工を省略することができる。これはネジ自体が切削刃物の役目を持ち、締め付けと同時に歯切りを行うものである。また強化エンブラの場合には、特殊タイプのネジで、下穴の内面を塑性変形させてネジを作る。修理などで取り外しの必要がある場合には、ナットをインサート成形するか、超音波インサートすることを推奨する。特殊タイプのネジでは、振動で緩みにくいものもある。

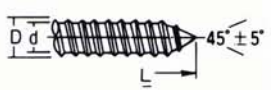
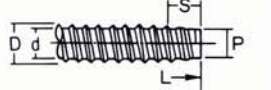
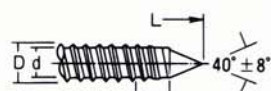
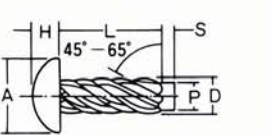



	タッピングねじ	米ANSI
スレッドフォーミング		A
		B
		BP
		U
スレッドカッティング		Hi-Low
		プラスタイト トリローブ
		T

図13-1 タッピングネジ

タッピングネジの例を図13-1に示す。

#### [圧入]

金属軸をプラスチック製品の穴に加圧しながらかしめ込む方法で、最も経済的、かつ簡単な方法である。

金属軸の外径とプラスチックの穴径の差をはめ合いしろと呼び、金属同士の場合より大きめにとることができる。

圧入法としては、通常、油圧または空気圧を利用して冷間加工を行うが、成形直後の温間圧入や超音波を利用して樹脂表面を溶融しながら圧入する方法もある。

## 〔スナップ・フィット〕

バックル類や、各種の工業用ファスナー類によく利用され、プラスチックの弾性回復の特徴を生かしたプラスチック独特の結合方法である。極めて経済的で、また容易な組立方式である。

基本的には、①はめ合わせる円筒形の相手部品の外周（内周）に、突起と窪み（アンダーカット）を作り、両者の凸部と凹部がはめ合う方式と、②成形品に足を作り、相手製品の穴に圧縮されながら入った後で元の形に復元させる二つの方式がある。（図13-2）

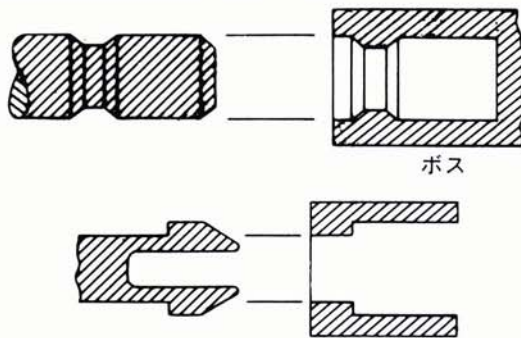


図13-2 スナップ・フィット

## 〔かしめ〕

成形品に予め円筒形状の低い突起を作っておき、金属板やプラスチック製品の穴に差し込んだ後、突起物の頭部を潰す方法である。プレスで突起を潰す方法の他に、超音波溶接機を用いて潰す方法も広く行われている。（図13-3）

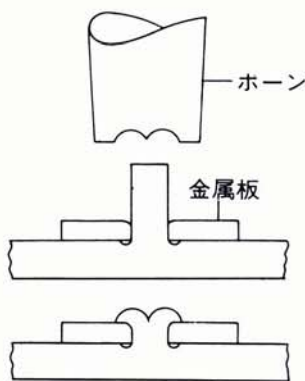


図13-3 超音波かしめ

## 〔インサート成形、アウトサート成形〕

金属部品とプラスチック製品を射出成形時に結合させる方法に二つある。一つは金属の周りをプラスチックで固めるインサート成形、もう一つは金属板を金型内に置き、基板上にピンやプッシュなどのプラスチック部品を

同時に成形して2次加工を省略するアウトサート成形である。前者はプラスチックの強度を越える外力を金属部品に負担させる目的に利用される。シャフト、ナット、スリーブなどの埋め込み金具をプラスチック製品の中に組込む方法である。

アウトサート成形はプラスチック部品の相対位置、距離を正確に保持でき、多数の部品を一度に組み込める利点があり、VTRのシャーシ等に広く利用されている。（図13-4）

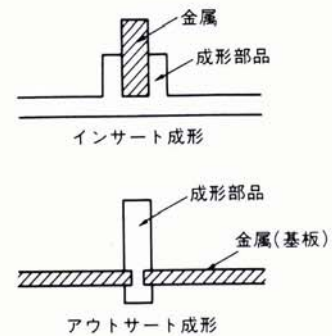


図13-4 インサート成形とアウトサート成形

## (1) 溶接方法

プラスチック同士の溶接方法としては、外部から熱を加えて接合面の樹脂を熔融するもの（熱板溶接、誘導加熱溶接）、接合面同士を擦り合わせ発生する摩擦熱を利用したもの（超音波溶接、スピンドル溶接、振動溶接）に大きく分けられる。

### 〔超音波溶接〕

超音波発振器から振動子および共鳴体であるホーンを通して得られる超音波振動を利用して、二つの接合面間に超音波振動による摩擦熱を発生させ、熔融接合する方法である。

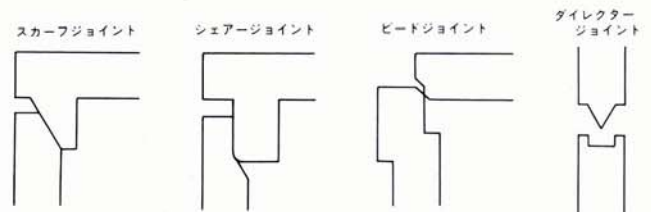


図13-5 超音波溶接のジョイント形状例

この超音波溶接法は①溶着スピードが早い、②溶着後の外観・気密性・溶着強度に優れる、③再現性が良い等の特徴があり、エンブラの接合方法として広く一般的に使われている。超音波溶接を実施するに当たり、良好な



結果を得るためには、ジョイント部分の形状設計が非常に重要となってくる。図13-5に代表的なジョイント形状を示す。

### 〔振動溶接〕

振動溶接法は、一方の部品を他方の部品に圧着して約3 mm程度の位置移動を振動としてあたえ、接合表面に摩擦熱を発生させ、接合面を溶融させて溶接する。振動時間は2～3秒以下と比較的短時間に接合が完了する。振動の方式は直線型と回転角型の2種類がある。

この方法は、比較的大型成形品の溶接に適しているが、設備費、部品固定治具など比較的大きな初期投資が必要となる。(図13-6)

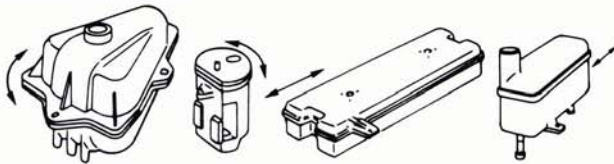


図13-6 振動溶接法による溶接例

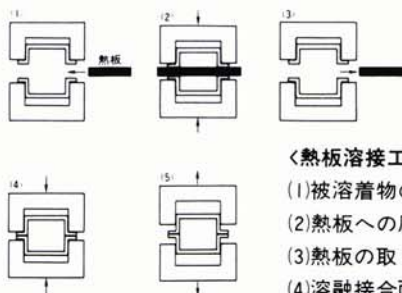
### 〔スピン溶接〕

古くから、熱可塑性プラスチックの加熱・溶融・冷却・固化の特徴を利用して、円形部品同士や、穴に・376Dをするなどの接合に利用されている。接合部を高速回転で接触させ、発生させた摩擦熱で溶融接合する。

### 〔熱板溶接〕

簡便な装置で、非常に強固な溶接が簡単にできる方法として、熱板溶接法がある。この方法は溶着時間が比較的長くかかるが、超音波溶接がうまくできない大型成形品に適した方法である。

溶接方法は接合樹脂の融点以上に温調された熱板にふっ素樹脂シートを介して接合面を接触し溶融させた後、すばやく接触させて接合する方法で簡単な溶着工程を図13-7に示す。



#### 〈熱板溶接工程〉

- (1)被溶着物のセット、熱板挿入
- (2)熱板への圧着、接合面の溶融
- (3)熱板の取り出し
- (4)溶融接合面の圧着、冷却
- (5)被溶着物の取り出し

図13-7 熱板溶接

### 〔その他の溶接法〕

その他の方法として、誘電損失の大きい樹脂で実施される高周波誘電加熱法、接合面に設置した金属片を高周波誘導加熱により加熱し溶接する方法、熱風溶接法、溶接棒による方法等があるが、エンブラの接合方法としては現在あまり使われていない。

## (2) 接着法

接着方法としては、大きく分けて接着剤を使う方法と、溶剤で接合面を溶解し接着する方法がある。いずれの方法においても、被接着樹脂と接着剤あるいは溶剤との親和性が問題となってくる。

耐薬品性の良好な結晶性樹脂は一般に接着が困難で、超音波溶接等が一般的である。一方、非晶性樹脂の場合は、溶剤での接着も可能である。ただし、接着剤に使われている溶剤・硬化剤によるソルベントクラックに注意が必要となる。

エンブラ材料、特に結晶性樹脂に対しては、エポキシ系接着剤、シアノアクリレート系接着剤等が最も一般的に使われている。結晶性樹脂の場合には、接着強度を向上するために、コロナ処理やプライマー処理等の前処理が必要なものもある。

## 13-2 機械加工

高い寸法精度が要求され、かつ必要個数も少ない組立機械の部品としてエンブラが使用される場合や試作品を作る場合などには、エンブラの素材(丸棒、板材)が用いられる。

汎用エンブラでは各サイズの素材が比較的容易に入手できる。

エンブラ素材を機械加工する場合、基本的には金属材料と同じように切削・切断・穴あけ加工等が可能である。プラスチック材料特有の問題としては、粘弾性挙動や摩擦熱の蓄熱性が上げられ、回転速度、送り速度、工具の選定等に注意が必要である。これらの注意点の他に、ポリカーボネート樹脂などの非晶性樹脂の場合は、切削油によるソルベントクラックの危険性についても注意が必要である。ガラス繊維入り材料を機械加工する場合、工具材質として超硬合金が適している。また素材の機械加工の場合、素材が持っている残留応力をアニーリングに

よって十分に取り除いておく事も重要である。

### 13-3 表面加飾

エンブラは機構部品に使われる事が多く、印刷、塗装、メッキ等の表面加飾を施される事はあまり多くないが、ハウジングその他の外装部品で、表面加飾を施す事により製品価値を高めたものが増えてきている。また、高耐熱樹脂ではメッキによる回路形成等で高付加価値化を目指す技術も開発されている。

#### 〔印刷・塗装〕

エンブラ材料への印刷・塗装は、基本的に一般的な方法がそのまま適応可能であるが、接着の場合と同様、それぞれの樹脂に適合したインク、塗料の選択が重要である。結晶性樹脂の場合には、印字、塗膜の密着性を向上する上で、プライマー塗装やコロナ処理等の前処理が重要である。一方、非晶性樹脂の場合には、常にソルベントクラックについての注意が必要である。

特殊な印刷方法として、樹脂へのインクの拡散透過性を利用した含浸印刷（昇華印刷）がある。プラスチック独特の印刷方法である。昇華性分散染料をベースにした特殊インクを用い、印刷されたインクが樹脂中に深さ数10ミクロンまで含浸する。耐摩耗性の優れた印刷が可能となり、PBT樹脂、POM樹脂等で実用化されている。

#### 〔メタライジング〕

エンブラ樹脂の電気メッキ、真空蒸着、スパッタリング等のメタライジング化も、数は多くはないが実用化されている。樹脂へのメッキの応用として、いまデバイス分野で注目を集めているMID (Molded interconnection device、立体回路成形品) という技術がある。これは液晶ポリマー等の高ハンダ耐熱を持った樹脂のメッキグレードを用い、メッキにより立体回路をつくり、金属部品を省略してしまう方法で、信頼性の向上とコストダウンが図れる方法として表面実装電子部品への応用が展開されている。図13-8にメッキによる回路形成方法を示す。

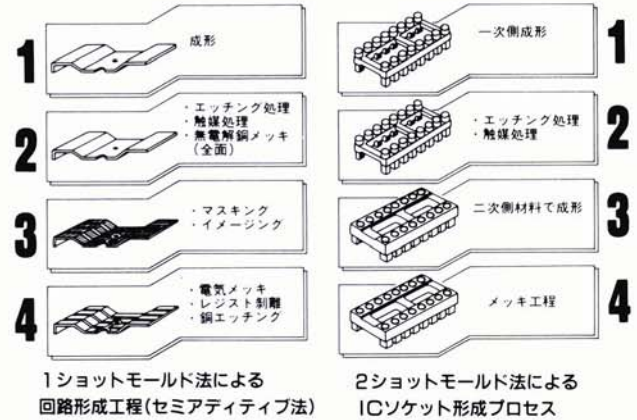


図13-8 MID 回路形成方法

# 14 エンプラの応用



# (1) 自動車・その他輸送機器

## 自動車

日本のリーディング産業に位置づけられる自動車は、国民の足として、また、物流を担う輸送手段として、いまや欠くことのできない存在になっている。この自動車における技術革新はその時期の最先端を行くもので行われており、これはプラスチック業界においても例外では

なく、重要な技術革新の指標となっている。

この自動車におけるプラスチック化は今般の自動車における低燃費化を目的にする軽量化の加速、また、部品デザインの自由度の優位性ととも、鋼・鋳鉄からアルミニウム合金等の軽合金、プラスチックへと低比重材料への代替として着実に行われている。(表(1)－1)

こうして、自動車とともに成長してきたプラスチック

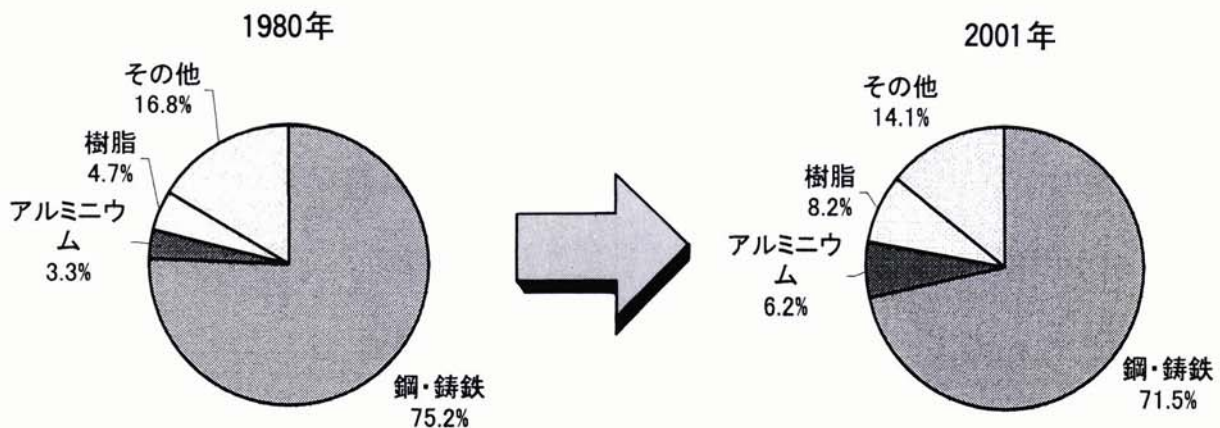
表(1)－1 エンプラが自動車・輸送機器用に使用される割合

エンプラ	国内総需要 ton/年	自動車・輸送機器に おける使用比率 %
PA	212,700	37
PC	219,700	12
POM	82,600	33
PBT	102,000	45
変性 PPE	41,900	20

(プラスチック、2003年6月号) 及び (化学経済、2003年7月臨時増刊号)

表(1)－2 自動車の軽量化と低燃費の関係

		内容	軽量化によって改善される程度
走行抵抗	内部抵抗	動力伝達損失	動力伝達系統の軽量化がなければ影響なし
		ころがり抵抗	軽量化に比例
	外部抵抗	空気抵抗	影響なし
		加速抵抗	軽量化に比例
		登坂抵抗	軽量化に比例



図(1)－1 自動車に占める材料割合の推移  
(自動車工業会資料)

は最近になり、全車体重量の10%近くにも達しようとなっており、自動車にとって必要不可欠な素材として、今後も益々期待されるものとなろう。(図(1)－1,表(1)－2)

しかしながら、金属材料からプラスチックへの代替において、絶対的な剛性や靱性等の違いを乗り越えるためには、単純な置き換えだけではおのずから限界があり、その機能部品の基本設計からの見直しを行う必要がある場合が多い。

今後、プラスチック、特にエンブラの材料開発は、このようなトータルの部品設計から自動車産業に関与することなくしては成り立たないと言っても過言ではない。

エンブラの適用は現在、単なる置き換えによる金属材料や汎用プラスチックからの材料変更においては、ほぼ完了した状態にあり、これからは上述したような総合的な自動車部品の開発や、潜在的な市場ニーズを先取りした新たな高付加価値材料や加工技術が要求される。

また、今後のプラスチック材料の自動車分野への展開には、環境問題の観点から材料のリサイクルも重要な問題となってきている。

しかしながら、マテリアルリサイクルについては一部バンパー等で実施されてきているが、その使用環境から元の部品へのリサイクルは極めて難しく、他用途へのリサイクル検討が中心になると考えられる。

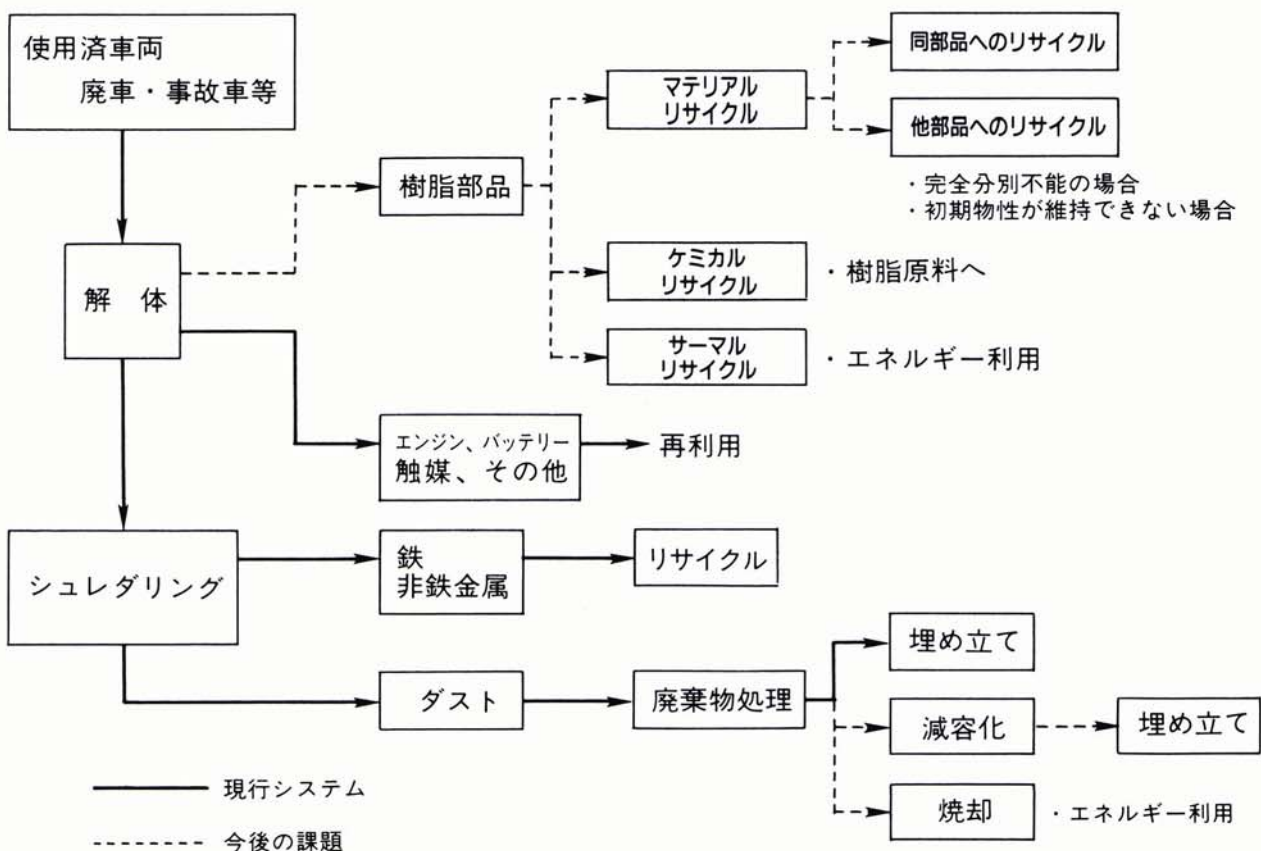
図(1)－2に自動車のリサイクルフローの一例を示す。廃車の回収や、素材毎の分別等多くの困難な問題を抱えており、これらは今後解決すべき技術課題である。

## エンジン関係

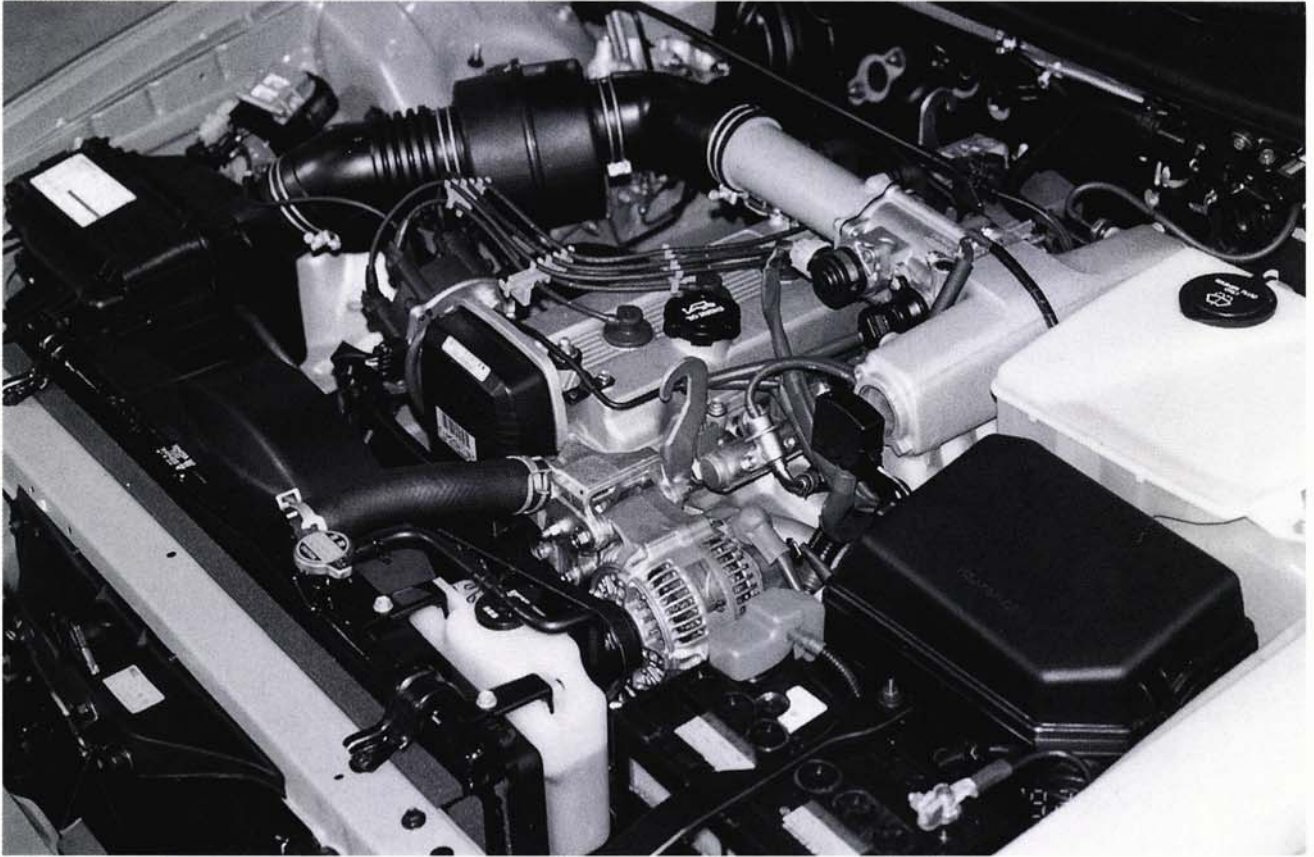
空力特性改善のため、曲面を多用したデザインを取り入れ、居住性を追求した結果、自動車のエンジンルームは狭くなっている。

そこに、エンジン、ラジエーター、エアークリーナー等の主要部品はもちろんのこと、エアコン等の空調機器、各種安全対策部品パワーステアリングやオートクルージング等の運転補助装置や排気ガス対策部品等が組み込まれ、さながらジャングルを思わせる様相を呈している。

さらに、静粛性を高めるために各種カバーが取り付け



図(1)－2 自動車のリサイクルフロー



写真(1)－1 エンジンルーム(2000cc)

られたうえ、ターボシステム等でのエンジンの高出力化によって、エンジンルーム内はますます高温になっている。

この高温環境に耐えるものとしてエンブラ製品が、続々と実用化されている。

一例として写真(1)－1に代表的な乗用車のエンジンルームの写真を掲載した。

エンジンルーム内に使用されるエンブラ材料に対する要求特性は、

- ①高温時剛性
- ②耐オイル、ガソリン、ロングライフクーラント（LLC …冷却液）等の耐薬品性
- ③耐クリープ性
- ④長期耐熱性（120℃以上）
- ⑤制振性、共振防止性
- ⑥耐衝撃性
- ⑦寸法安定性
- ⑧易成形性
- ⑨二次加工性（溶接等）

など多岐に亘り、これに加えて軽量であるということが重要なポイントである。

また、燃料系部品への展開も期待されており、燃料等に対するバリアー性も要求特性となる。

エンジンルーム内の各種部品は、狭い空間に取り付けられるため、複雑な形状を取らざるを得ない場合が多く、フレキシブルな設計が可能であるエンブラに対する期待は大きくなっている。

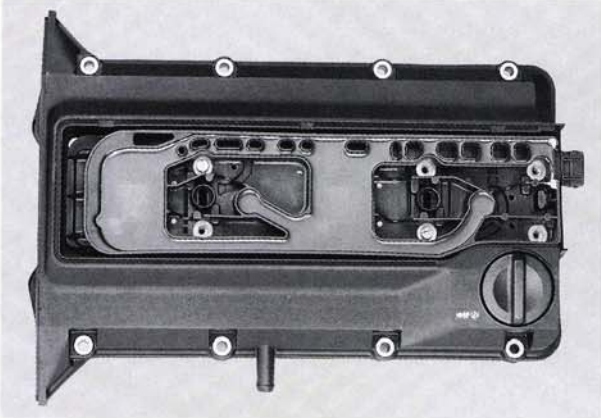
もちろん、これらの設計は、部品各々だけではなく、エンジンルーム全体を総括して開発が進められるが、その結果取り付け位置によって、非常に高温の場所になったり、路面からの石はね、路面凍結防止剤等への対策を施すことが必要になったりすることからそれらに対応した材料が必要になってくる。

次に、すでに実用化、もしくは開発の目処が立った各種エンブラ製部品を紹介する。

## エンジンルーム部品

### ●シリンダーヘッドカバー

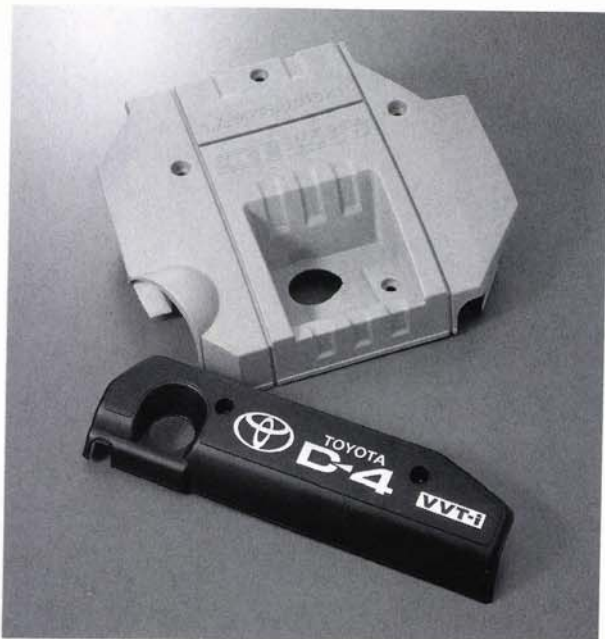
ガラス繊維強化 PA6、66がアルミダイキャスト代替として、軽量化並びに PA 樹脂の持つ遮音性、耐熱性、耐油性、強度、高剛性等のバランスの良い特徴を活かして採用されている。(写真(1)-2)



写真(1)-2 シリンダーヘッドカバー(GF 強化 PA66)

### ●エンジンカバー

MD 強化 PA は、強化系にもかかわらず表面の概観がよく、また強度や成形収縮の異方性がほとんどないのでエンジンカバーの要求性能に適合し、採用されている。(写真(1)-3)



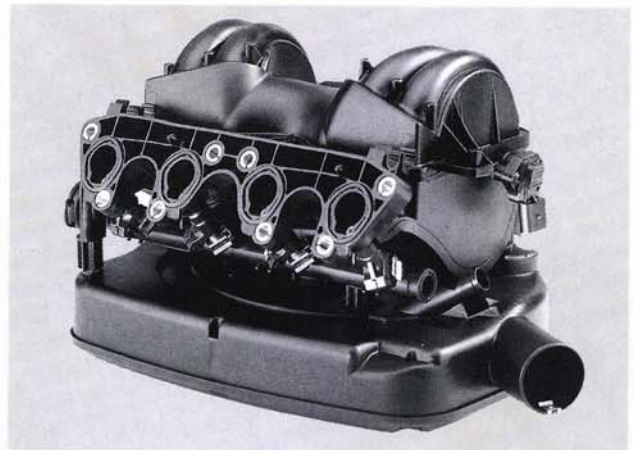
写真(1)-3 エンジンカバー(MD 強化 PA)

### ●エアークリーナーマニホールド

低融点合金製の中子を用いたロストコア法、振動溶着法等で成形された PA 樹脂製インテークマニホールドは、アルミニウム casting 品に比べ約50%の軽量化を実現し、更に表面平滑性、断熱性からエンジン出力が2~3%向上したという例も報告されている。

写真(1)-4 は GF 強化 PA6製のインテークマニホールドとエアークリーナーの例である。

近年ではブロー成形法および射出成形法/振動溶着法等、種々の成形法による開発・検討が自動車メーカーでなされている。写真(1)-5 は GF 強化 PA6の射出成形/振動溶着法による用途例であり、写真(1)-6 は、内装=非強化 PA6、外装=GF 強化 PA6の多層ブロー成形品を射出成形金型内にインサートし、更に外側に GF 強化 PA6でアウトモールドしたものである。



写真(1)-4 エアークリーナーマニホールド(GF 強化 PA6)振動溶着による成形品



写真(1)-5 エアークリーナーマニホールド(GF 強化 PA6)



写真(1)－6 エアインテークマニホールド ブロー成形品(GF強化PA6)

### ●インテークエアダクト・エアパイプ

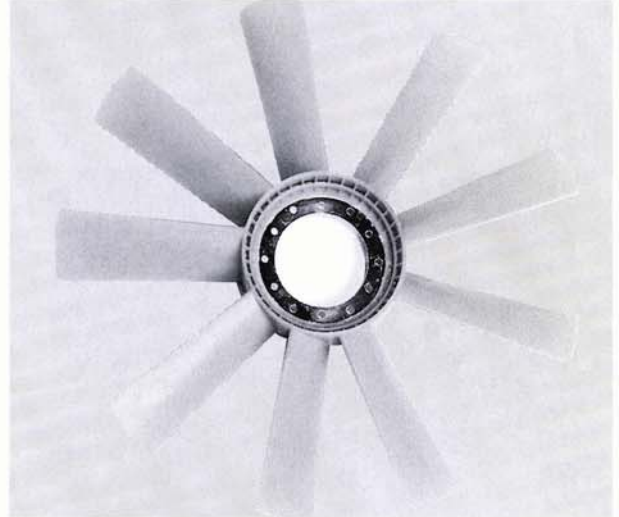
エアークリーナーからインテークマニホールドへエアを運ぶダクトはエンジンに非常に近いため、耐熱性、耐油性および高温時の剛性が要求され、GF強化PA6のブロー成形品が採用されている。また、エアパイプは中央部は剛性面からPA6で、端部は柔軟PA12を使用したもので、組み付け、走行時の振動吸収を特徴としたものが開発されている。(写真(1)－7)



写真(1)－7 インテークエアダクト、エアパイプ (GF強化PA6、PA12)

### ●冷却ファン

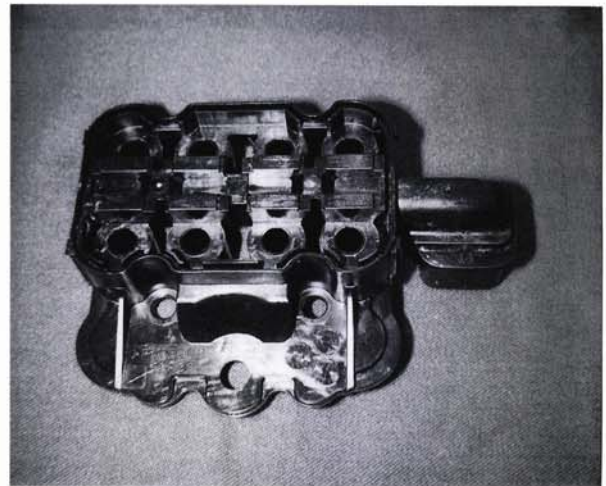
PA66や、大型形状のものにはGF強化PA6が耐熱性、耐疲労性、高強度等の特徴を活かして採用されている。(写真(1)－8)



写真(1)－8 冷却ファン(GF強化PA6、GF強化PA66)

### ●ABSモジュール

高強度、耐熱性等の基本特性以外に、耐塩化カルシウムと射出溶着性の点から溶着性改良PA66が採用されている。(写真(1)－9)



写真(1)－9 ABCモジュール(PA66)



### ●チェーンガイドおよびテンショナー

タイミングチェーン用部品として、非強化および強化PAおよびPA66が耐油性、耐熱性、耐磨耗性等の特徴を活かして採用されている。(写真(1)–10)

### ●クリップ

低比重、低吸水性、良好なヒンジ特性を活かしたPA/PPアロイがPAの良い特徴を活かし、かつPAの欠点を改良したアロイとして採用されている例である。(写真(1)–11)



写真(1)–10 チェーンガイド及びテンショナー(PA6、PA66)



写真(1)–11 クリップ(PA/PPアロイ)

### ●エンジンマウント用オリフィス

液封型エンジンマウント用オリフィスは金属からPA、PPS樹脂への代替が進んでいる。第一の要求特性は耐LLC性であり、次いで剛性、耐衝撃性である。

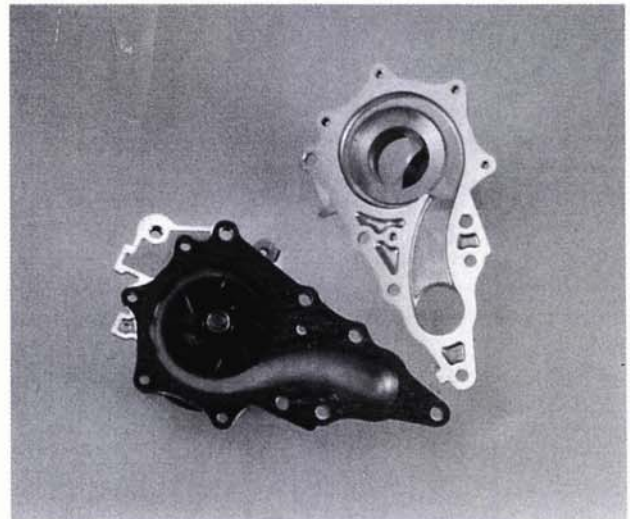
添付写真はPPS樹脂の例であり、GF強化の耐衝撃性改良PPSが採用されている。(写真(1)–12)



写真(1)–12 エンジンマウント用オリフィス(GF強化PPS)

### ●インペラー

ウォーターポンプ用インペラーはPPS樹脂が高靱性、寸法安定性、耐熱水性、耐薬品性等の特徴を活かして採用されている。(写真(1)–13)



写真(1)–13 ウォーターポンプ用インペラー(PPS)

### ●パイプジョイント

フェューエルタンクに通じたフェューエルラインのパイプジョイントとして、PPS樹脂が耐薬品性、耐熱性、強度等の特徴を活かして採用されている。(写真(1)-14)



写真(1)-14 パイプジョイント(PPS)

### ●サーモスタット・ホルダー

エンジンプロックに接続するサーモスタット・ホルダーに PPS樹脂が耐熱性、強度等の特徴を活かして採用されている。(写真(1)-15)



写真(1)-15 サーモスタットホルダー(PPS)

### ●エアフローメーター

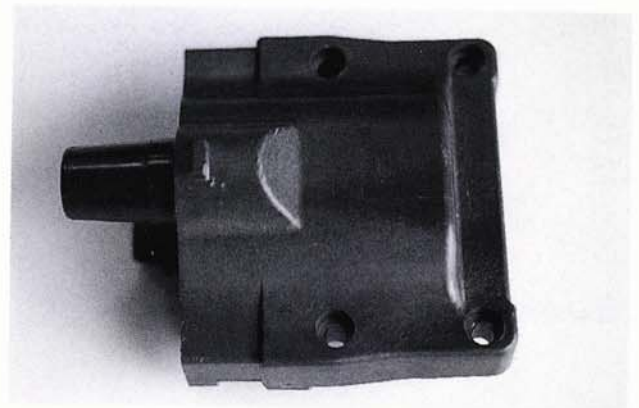
最適の燃料混合気体を作り出す電子制御噴射装置の吸入エア流量を検知する流量計であるが、従来のアルミダイキャスト製から樹脂化によるデザインの自由度がもたらす高性能化、軽量化を目的に検討がなされた。その結果、無機フィラー強化PBTの採用で、30%の容量ダウンおよび50%の軽量化が達成された。(写真(1)-16)



写真(1)-16 エアフローメーター(MF強化PBT)

### ●イグニッションコイルカバー

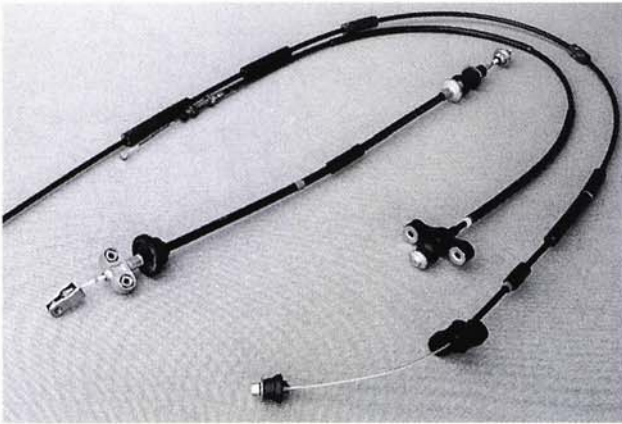
自動車の点火装置であるイグニッションコイルカバーに、耐熱性、成形性、高靱性および絶縁性の特性を活かし高靱性GF強化PBTが採用された。(写真(1)-17)



写真(1)-17 イグニッションコイルカバー(GF強化PBT)

### ●アクセルケーブルライナー

金属ワイヤーに代わり PTFE/FEP が採用された。低摩耗性を活かし、操作フィーリングを向上させた。また、この材料が採用された理由はエンジン付近まで伸びるケーブルであるため、高い耐熱性を持つことであった。(写真(1)-18)



写真(1)-18 アクセルケーブルライナー(PTFE/FEP)

### ●アクチュエーターケース

運転時のスピードを、坂道でも一定に保つオートドライブシステムのアクセル開度を調整するアクチュエーターケースに GF 強化 PBT が使われている。

二次加工性、寸法安定性、そして優れた耐熱耐薬品性等が採用の理由である。(写真(1)-19)



写真(1)-19 オートドライブアクチュエーターケース (GF 強化 PBT)

### ●ガソリタンク

ガソリタンクの樹脂化は、軽量化、防錆、製造工程数低減等による低コスト化、自動車内のスペース効率の向上、そして安全性の向上を目的として検討されており、すでに実用化されている。

現在の主流は、燃料バリア性を改良するため、EVOH をバリア層として挟み込んだ HDPE/再生 HDPE/接着層/HDPE/接着層/HDPE という構成の 4 種 6 層ブロー成形品である。

(写真(1)-20)

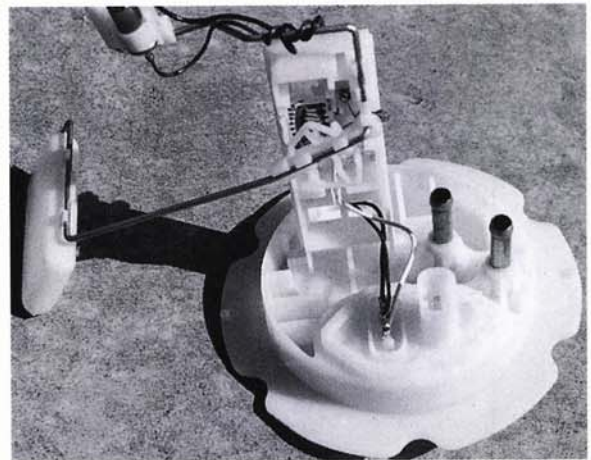


写真(1)-20 3種5層ガソリタンク(HDPE/接着層/PA/接着層/HDPE)

### ●ガソリタンクフランジ

ガソリタンクの燃料計等を組み込んだフランジには、寸法安定性や耐燃料性から POM が採用された。

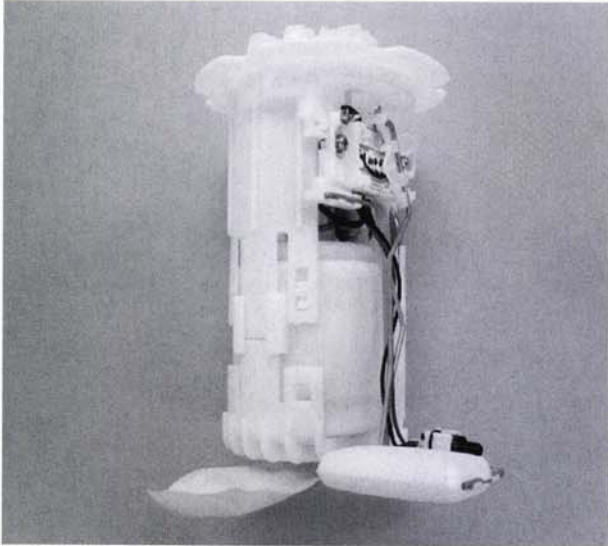
(写真(1)-21)



写真(1)-21 ガソリタンクフランジ(POM)

### ●フューエルセンサーモジュール

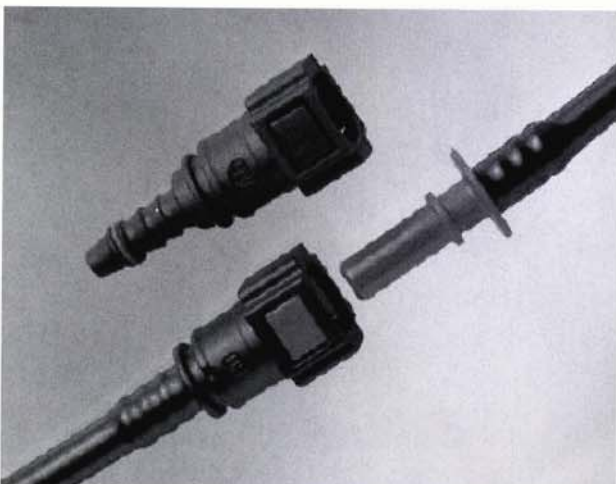
燃料計等を組み込んだフランジ、エンジンへの燃料供給用ポンプ、燃料用の高圧フィルター部品等のモジュール化を実現した製品。フランジ、フィルタ部品などほとんどの樹脂部品に優れた耐燃料性、クリープ特性でPOMが採用された。(写真(1)-22)



写真(1)-22 フューエルセンサーモジュール(POM)

### ●フューエルチューブとクイックコネクター

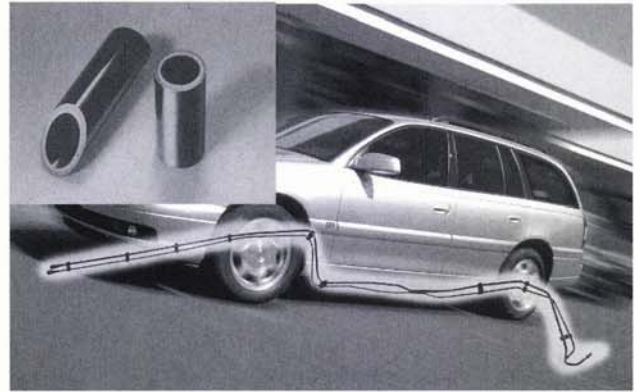
金属製チューブの代替として、現状の物性を維持し、軽量化、生産性向上を目的に樹脂化が進んでいる。写真(1)-23は、チューブ本体にPA11、コネクター部にGF強化PA12が採用された例で、耐ガソリン性、耐圧性、可とう性、燃料バリアー性が評価された。



写真(1)-23 フューエルチューブ(PA11)とクイックコネクター(GF強化PA12)

### ●フューエルライン用多層チューブ

写真(1)-24はフッ素系樹脂等をバリア層として多層化し、将来的な炭化水素の排出規制や静電気の対策、耐腐食性等の向上等を実現している例を示す。この素材にPA12が採用されている。



写真(1)-24 フューエルライン用多層チューブ(PA12)

### ●排ガスセンサー

排気ガスの温度や酸素などのセンサーはエンジン制御や触媒の保護のために欠かせないものである。

排気ガスは非常に高温であり、またCOやNOx等のガスに曝されるため高レベルの耐熱性および耐腐食性が重要である。この要求に合わせ、PTFEが採用されている。(写真(1)-25)



写真(1)-25 排ガスセンサー(PTFE)

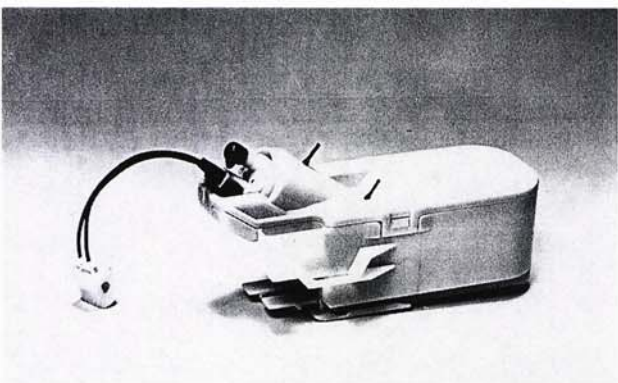
### ●フューエルチャンバー

ガソリタンク内のガソリンが、車の傾いた状態でもエンジンに供給されるように、タンク内にフューエルチャンバーが設けられている。金属製が一般的であったが、軽量化、コストダウンを目的にPA6が採用されている。(写真(1)-26)

また、フューエルチャンバーの電装部品としてポリアセタールが寸法精度、耐ガソリン性等を活かして採用されている。(写真(1)-27)



写真(1)-26 フューエルチャンバー(PA6)



写真(1)-27 フューエルチャンバーの電装部品(POM)

## 電装部品

### ●オルタネーターのブラシホルダー

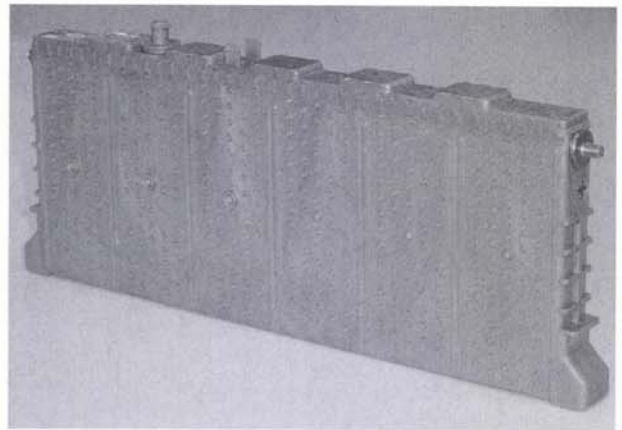
オルタネーター部品として、従来、熱硬化性樹脂が使われていたが、生産性およびコスト面からGF/フィラー強化PPS樹脂の射出成形品が採用されている。PPS樹脂の物性面では耐熱性、耐薬品性、高剛性、寸法精度、エポキシ密着性、射出成形性の面ではハイサイクル性、良流動性等の特徴が活かされている。(写真(1)-28)



写真(1)-28 オルタネーターのブラシホルダー(GF/フィラー強化PPS)

### ●ニッケル水素電池ケース

電気自動車、ハイブリッド自動車の動力源として使用されるニッケル水素電池のケースには充放電の際に発生する熱や内圧に耐え得る耐熱性、耐クリープ性や、耐アルカリ性、水蒸気バリアー性等が要求される。これらの特性を満足させるため、PPE/PPアロイが現在用いられている。(写真(1)-29)



写真(1)-29 ニッケル水素電池ケース  
(PPE/PPアロイ)

## 機構部品

### ●ペダルモジュール

金属代替として、軽量化、コストダウン、デザインの自由度等を目標に樹脂化が検討され、GF強化PA6やPA66が採用されている。採用にあたり、高剛性、耐衝撃性、サーマルショック、耐曲げ疲労性、クリープ等の過酷なテストをクリアーしたことが挙げられる。

(写真(1)-30)

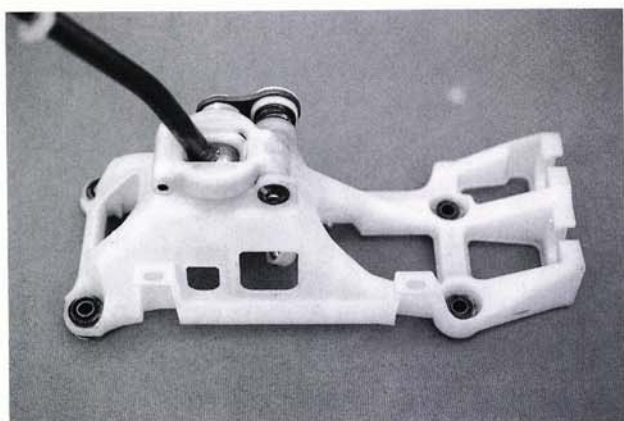


写真(1)-30 ペダルモジュール(GF強化PA6、GF強化PA66)

### ●シフトレバーベース

ペダルモジュールと同様に、金属代替として、軽量化、一体成形によるコストダウン、デザインの自由度等から樹脂化が検討され、高剛性、高強度、耐摩耗性等の特徴が活かされ、GF強化PA6やGF強化PA66が採用されている。

金属代替の軽量効果は非常に大きく、約50%もの軽減がなされたものもある。(写真(1)-31)



写真(1)-31 シフトレバーベース(GF強化PA6)

## 足まわり

### ●等速ジョイント用ブーツ

自動車の足まわりは非常に過酷な環境に曝されるが、ここに位置する等速ジョイントを保護するためにブーツをはかせている。

ここにゴムに代わって使われているのが、ブロー成形可能なポリエステルエラストマー (TPC) である。

求められる性能は、低温(-40℃)での柔軟性、耐屈曲疲労性、耐油性等であり TPCはそのすべてを高いレベルでクリアし、さらには生産性の向上、軽量化のメリットも得られ評価は高い。(写真(1)-32)



写真(1)-32 等速ジョイント用ブーツ(TPC)

表(1)-3 自動車用エンブラ

樹脂	特徴	部品名
ポリアミド	強靱性、耐熱性 耐薬品性、耐摩耗性	エアークマニホールド、エアダクト、シリンダーヘッドカバー、オイルパイプ、エンジンカバー、ミッションベースプレート、アクセルペダル、リザーバータンク、ファンブレード、ボールジョイントシール、ショックアブソーバーピストンリング、エアークンترلバルブ、サージタンク、コネクター、ガソリンタンク、フューエルチャンバー、フューエルチューブ、フューエルストレーナー、ドアチェックレバー、ベアリングリテーナー、スピードメーターギア
ポリアセタール	機械的強度、耐疲労性、 弾性回復性、耐薬品性、 耐クリープ性、耐摩耗性	ガソリンタンクフランジ、フューエルチャンバー、ラジエタードレンコック、フューエルタンクキャップ、オイルタンクキャップ、排ガスコントロールバルブ、ファン、ターンシグナルスイッチ、ブレーキ部品、フューエルポンプ、各種ギア、プーリー
ポリカーボネート	透明性、耐衝撃性、寸法 精度、耐候性、難燃性	シロッコファン 透明部品（ヘッドランプ、コーナーランプ、窓ガラス）
変性PPE	寸法安定性、物性安定性、 耐熱性、低誘電率	エアフィルター、ウォッシャーノズル 外板、ドアミラーボディ、ホイールキャップ、インスト ルメントパネル、バンパー
PBT	耐熱性、耐衝撃性、耐水 性、耐薬品性、電気特性	エアフローメーター、アクチュエーター、イグニッ ションコイル、ディストリビューターキャップ、ガスキャ ップ、ヒューズケース、コネクター ドアハンドル
超高分子PE	自己潤滑性、耐摩耗性	歯車、クラッチ、ワッシャ
ポリサルフォン	耐熱性、耐熱水性、誘電 特性、寸法精度	オートヒューズ
PES	高剛性、寸法精度、耐ク リープ性、耐熱性、透明 性	ギアボックスベアリングリテーナー、ブレーキシャフト 用ブッシュ、スラストワッシャ
ポリアリレート	耐熱性、透明性、耐候性	ランプリフレクター、コーナリングランプアンバーライ ト
PPS	耐熱性、耐薬品性、難燃 性、寸法安定性	オルタネーターブラシホルダー、ソレノイド、EGRバル ブ、キャブレター部品
ポリアミド イミド	耐摩擦・摩耗性、耐熱性、 剛性	ディストリビューターカム、トランスミッションのスラ ストワッシャ、ロータリーシーリング、ターボチャージ ャーインペラ
ポリエーテル イミド	高剛性、硬度、高靱性、 耐候性、スナッフフィッ ト性	ターボチャージャーインペラ用ベアリングリテーナー、 スピードセンサーシャフト
PEEK	熱安定性、耐薬品性、強 度、耐疲労特性	ピストンスカート、ベアリングリテーナー、ディストリ ビューター、ローターアーム、オルタネーターカバー
ポリイミド	耐熱性、耐摩耗性、耐ク リープ性	ブッシュロッド、コネクティングロッド、タイミングギ ャ
ふっ素樹脂	耐熱性、耐薬品性、耐腐 食性、摺動性	アクセルケーブルライナー、排ガスセンサー、ブレーキ ホース、ガスケット、パッキン、シール材
GF PET	耐熱性、耐薬品性、寸法 精度、耐熱剛性、表面光 沢、剛性	吸排気制御用バルブ ランプ（リフレクター、サブリフレクター等） パワーウィンドレギュレーター（ケース、シャーシー）

## 内外装・車体部品

車体の外装部品の樹脂化は一部の部品において既に実用化されている。主として採用されている部品は垂直部品や小型部品が多い。これは使用される熱可塑性樹脂の耐熱剛性の不足により、大型水平部品には、使用されていないためである。

一時、凍結されたかのように見えた軽量化も、近年改めて地球温暖化問題等の地球環境の要望により見直されており、ハイブリッド自動車、電気自動車等の実用化を前提に車体の軽量化の観点からより多くの部品の樹脂化が検討されている。既に米国の自動車メーカーから垂直外板部品のオール樹脂化自動車が販売され、注目されている。我が国における自動車の樹脂化率は約8%と米国の12%や欧州の15%と比較して少ないが、最近では、我が国においても、コンセプトカーにおいて、オール外板樹脂化自動車の展示等がされており、加工法の進歩とあいまってその応用は意外と早いと推定される。この分野においては高耐熱、高物性と比較的反リサイクル性に富む熱可塑性エンブラの独壇場と推定される。

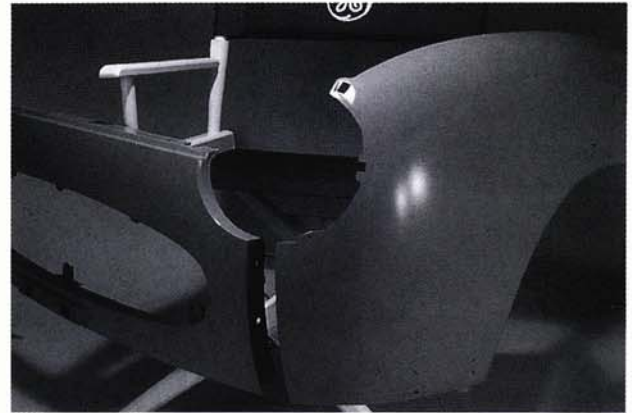
一方、内装部品では外装部品と比較し、要求される耐熱性が低いこともあり、PPやABS等の汎用樹脂が多く使用されている。近年のデザインの傾向を見るとガラス部品の大型化の傾向があり、内装部品といえども高耐熱性、寸法安定性の要求が強くなりつつあり、エンブラの使用機会が増加している。

しかし、地球環境の面で使用材料のリサイクルの要望はますます大きくなっており、従来のように個々の部品毎に最適な材料を使用する事に対し、リサイクルの観点から使用材料の共通化、易リサイクル材料の開発が望まれている。今後は材料のリサイクルシステムまたは廃材処理システムの確立の動向が樹脂化の促進に大きく影響すると考えられる。

### ●外板

熱可塑性樹脂の外板への展開はその耐熱面剛性の不足から水平部品への応用は小部品に限られているが、垂直部品には過去より一部車種に採用例がある。その採用理由はオンライン塗装に耐える耐熱性、寸法安定性、耐薬品性及び低温衝撃性の改良と良好な塗装性能を有するた

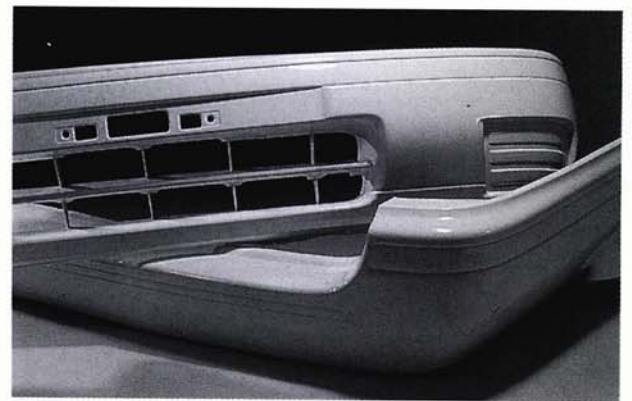
めである。具体的には変性PPEアロイ(PPE/PA)やポリエステルエラストマー等が使用されている。(写真(1)-33)



写真(1)-33 フロント・フェンダーパネル(PPE/PAアロイ)

### ●バンパー

バンパーは自動車外装部品としては比較的早くから樹脂化された部品であり、まずポリウレタンが採用され、現在ではPPが主流になっている。特にオンライン塗装性や低温衝撃性の優位性を理由に一部車種に変性PPE(PPE/PA)アロイやポリエステルエラストマーが採用されている。(写真(1)-34)



写真(1)-34 バンパーフェイス(PPE/PAアロイ)

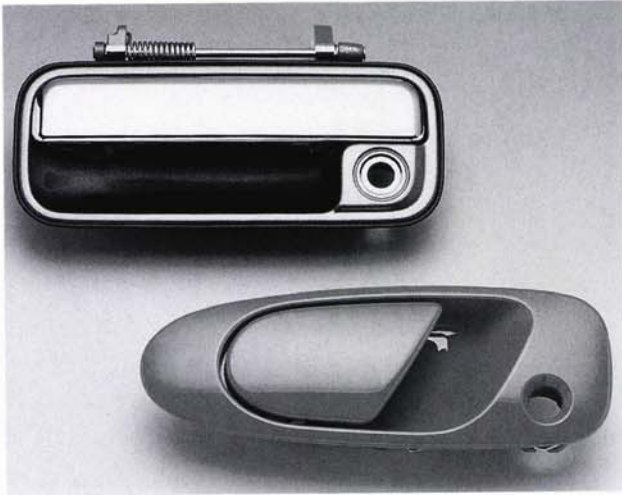
### ●アウトードアハンドル

ドアハンドルは80年代半ばから従来のダイキャストに代わり、樹脂が使用されはじめ、現在ではほとんどが樹脂化された。

樹脂のメッキ性や塗装性が向上し上級車種にも採用され、部品として完成の域に達している。機構上は衝撃性が重要であり、また一部車種には材料着色で使用する場合もあり、耐候性も必要になっている。使用される材料



は採用車種や採用会社の考えもあり各種樹脂の採用例があり、PA、POM、PC、PBT や変性 PPE アロイ (PPE/PA) が使用されている。(写真(1)-35)



写真(1)-35 アウタードアハンドル(PC)

### ●ドアミラー

ドアミラーはまず本体から樹脂化が始り、現在ではPPやABSが多く使用されている。エンブラはその性質から本体と車体とをつなぐドアミラーステーに使用されている。これは従来の金属ダイキャストに代替したもので、高剛性と制振性が要求され且つ軽量化ということでGF・MD強化PAMXD6が採用され、さらに価格の面からGF強化PBTも使用されている。

(写真(1)-36、写真(1)-37)

さらに、ドアミラーは殆どの車種でリモートコントロールにて角度調整できるようになっているが、ここでもエンブラであるPOMがその耐摩擦摩耗性、耐疲労性や寸法安定性から使われている。(写真(1)-38)

### ●サンルーフディフレクター

最近人気の高いサンルーフを構成する枠部品で、設置される場所柄高剛性、耐候性が使用材料に要求される。さらには外観部品でもあり、塗装性も要求される。これらの観点からGF強化PAが選択され使用されている。

(写真(1)-39)



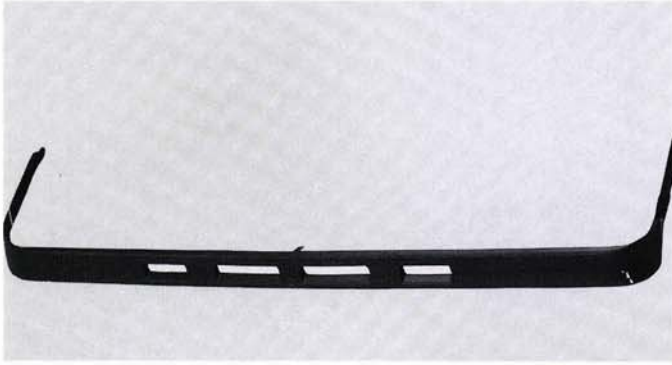
写真(1)-36 ドアミラーステー (GF・MD強化PAMXD6)



写真(1)-37 ドアミラーステー(GF強化PBT)



写真(1)-38 ドアミラー角度調節部品(POM)

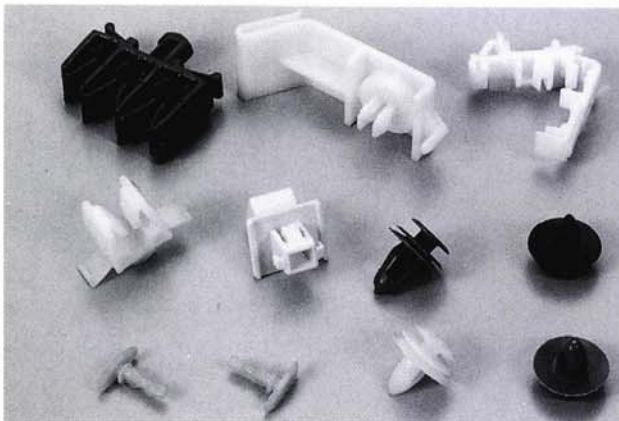


写真(1)-39 サンルーフディフレクター(GF強化PA)

## ●クリップ類

ボンネットを開けると非常に多くのクリップを見ることができ、室内においても内装や電気配線の留め具として、大量のクリップが使用されている。

使用環境によってクリップの材料が選択されるが、共通する要求性能は耐クリープ性、バネ特性およびある程度の剛性と靱性をあわせ持つことである。写真(1)-40にPOMの使用例を示す。



写真(1)-40 クリップ各種(POM)

## ●ランプ類

### ①フロントレンズ

デザイン面より最近ではヘッドランプ、ターンランプ、フォグランプ等を一体化した傾向にあり、その形状が大型化、且つ複雑化している。このため成形の多様性、軽量性から従来のガラスから樹脂が多く使用されている。その代表はPCである。その傷つき性、耐候性、耐薬品性の不足を補うためにその表面にハードコートを行っている。

写真(1)-41のフロントターンランプはデザイン上、カ

ラーレンズをレンズ内に取り込んだため、170℃の高温になる。このため高耐熱性と透明性を併せ持つポリアリレートが使用されている。(写真(1)-41)



写真(1)-41 フロントターンランプ(PAR)

### ②テールランプレンズ

テールランプレンズは一般にアクリル樹脂が使用されているが、更なる耐候性、透明性及び外観性を買ってPCが使用される事もある。(写真(1)-42)

### ③リフレクター

ライトの反射鏡で一般には樹脂に金属蒸着を行って鏡面体とするため、表面平滑性が重要である。さらにランプの小型化に伴い耐熱性が要求されるようになってきている。

また、使用後の処理を考え、従来多く使用されている熱硬化樹脂から熱可塑性樹脂への変更の要望も強い。

現在の所、PPS等が試験的に使用されるものの本格的に使用はされていないが今後エンブラの使用が期待される部品である。やや使用条件のマイルドな回転灯のリフレクターにはポリアリレート等が使用されている。

(写真(1)-43)



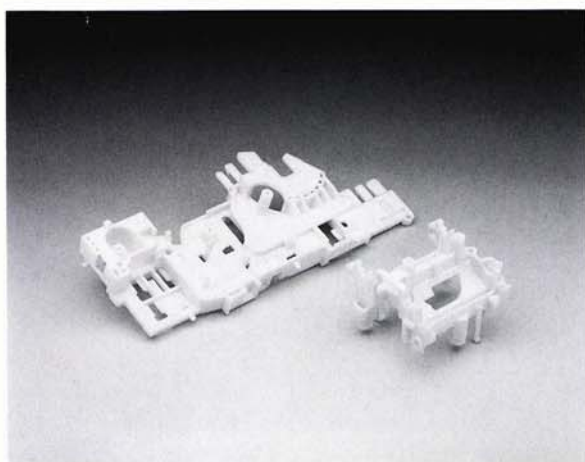
写真(1)-42 テールランプレンズ(PC)



写真(1)-43 回転灯リフレクター(PAR)

### ●スピードメーターケース枠

インストゥルメントパネルの中のスピードメーターを組み込む枠で複雑な形状の部品である。他部品との接合が必要なため低そり性が要望される。このためPBTが採用された。(写真(1)-44)



写真(1)-44 スピードメーターケース枠(PBT)

### ●エアバッグドア

最近の新車にはほとんど採用されている安全設備の一つでSRSエアバッグと呼ばれる。通常は他の内装部品と同様の外観性が必要で、具体的に作動する時には正確に切れる(破れる)ことが必要である。

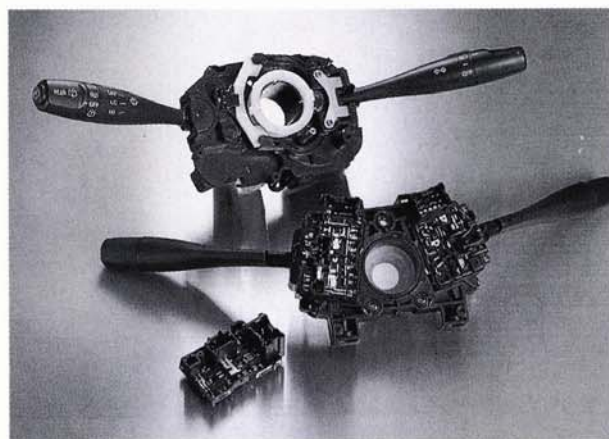
さらに、運転席前面に設置されるため他部品同様、低温衝撃、高温強度等が必要である。これらの物性をクリアしてポリエステルエラストマー(TPC)も使用されている。(写真(1)-45)



写真(1)-45 エアバッグドア(TPC)

### ●コンビネーションスイッチ

自動車の運転席に座るとハンドル軸についていて、ウインカーやワイパーを制御するスイッチで、部品の性質から静粛性が必要とされるため樹脂同士の摺動性、良電気特性が必要である。MF強化PA66によりこれらの性能をクリアした。(写真(1)-46)

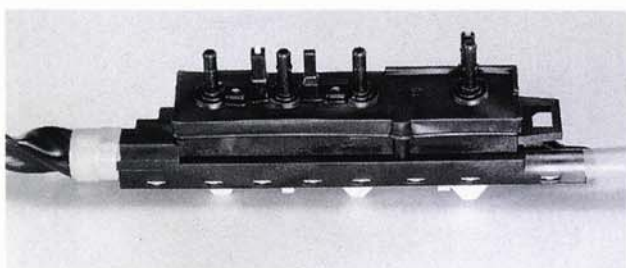


写真(1)-46 コンビネーションスイッチ  
(MF強化PA66)

## ●パワーシート

自動車の居住性改良のため、最近は電動シートの装着率が大きくなっている。このパワーシートの駆動装置のベースになるのがパワーシートベースで運転者の重量は言うに及ばず衝突時の荷重にも耐える剛性が必要である。さらには駆動源となるモーターの台座としての機能も合わせ持つ必要があるため、電気特性が必要であった。これらの要望をクリアーしてPBTが採用された。また従来の金属製と比較し作業工数の削減にも役立った。

(写真(1)-47)



写真(1)-47 パワーシートベース(PBT)

## ●センサーケース

### ①ABS(アンチロックドブレーキシステム)センサー

安全装置の一種であるアンチロックドブレーキシステムのセンサーケースで、設置場所が足回り付近であるため水との接触がある。部品の性格上、水分の侵入は部品の接触不良を引き起こすため安全の確保に大きな問題を起こすため気密性が絶対条件である。PA66の改良品が採用された。(写真(1)-48)



写真(1)-48 ABSセンサー(PA66)

### ②ハイトセンサーケース

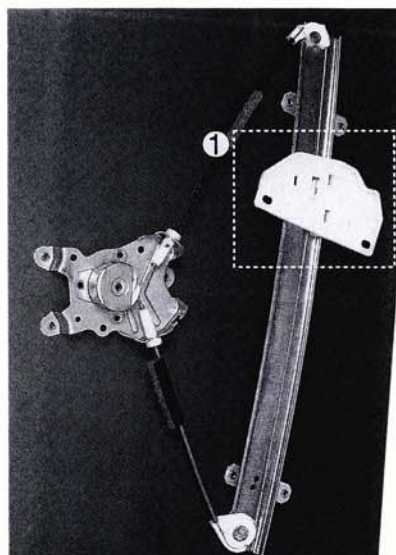
自動車の車高を制御するために車高を測定するセンサーケースで耐ヒートショック性と取り付け場所から水分の影響があるため、耐加水分解性も重要である。これらの要求に対しPBTが選ばれた。(写真(1)-49)



写真(1)-49 ハイトセンサーケース(PBT)

## ●キャリアプレート/ウィンドレギュレータ

自動車の窓を上下する機構をウィンドレギュレータと呼ぶが、このケーブル方式のキャリアプレートに摺動性、高寸法精度、耐クリープ性等からPOMが使用されている。写真(1)-50の白い部分がそれである。



写真(1)-50 ウィンドレギュレータのキャリアプレート(POM)

### ●スタビライザーリンクロッド

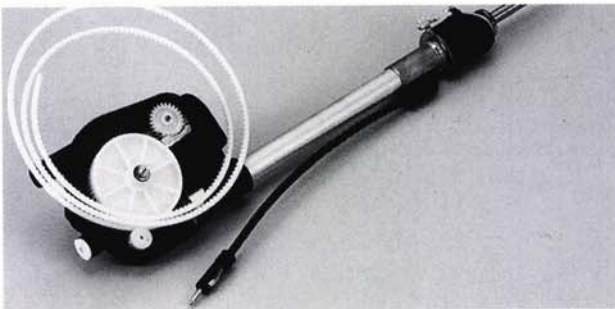
スタビライザーは、自動車がコーナーリング時に外側へ傾くのを防ぐための部品である。そのリンクロッドは従来鉄製であったが、最近欧米では樹脂化が進んでいる。写真(1)-51は、耐疲労性、高寸法精度や耐薬品性からガラス繊維強化 POM が使用された例である。



写真(1)-51 スタビライザーリンクロッド(POM)

### ●オートアンテナ

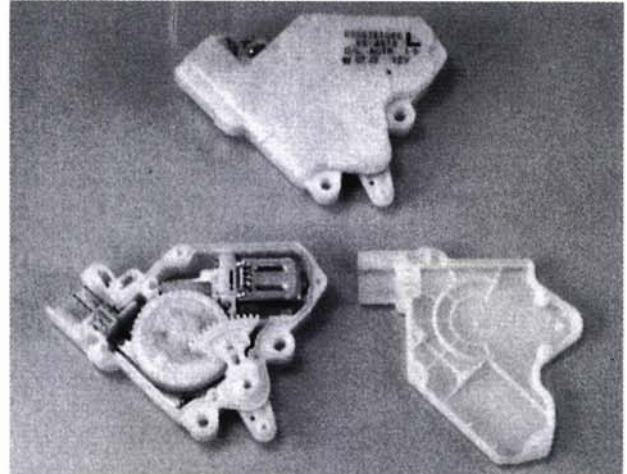
ラジオ用アンテナの遠隔操作部品用ギア、プーリ、ラック等に耐摩耗性、耐屈曲性を生かして POM が使用されている。(写真(1)-52)



写真(1)-52 オートアンテナ(ギア、プーリ、ラック)  
(POM)

### ●ギア/ドアロックアクチュエーター

自動車には目に付かないところに多くの樹脂製ギアが使用されている。回転時の静粛性、耐摩耗性、摺動性、耐グリース性等が要求される。材料としては POM がその代表である。(写真(1)-53)



写真(1)-53 ドアロックアクチュエーターのギア  
(POM)

### ●モーターバイクカウリング

一般に小型モーターバイクカウリングには汎用樹脂が使用されているが、大型バイクになると熱的要求度も高くなる。エンブラを使用することにより耐熱対策を省略することが可能となった。その一例として GF 強化 PA が使用された例を示す。

(写真(1)-54)

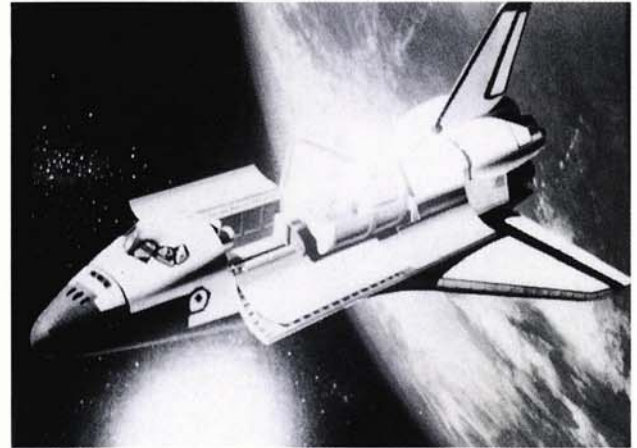


写真(1)-54 モーターバイクカウリング(GF 強化 PA)

## 航空機・宇宙機器

航空機分野は、超音速旅客機から宇宙往還機へと開発が進み、機体の構造材にも、金属に代わる軽量・強靱な高耐熱性の先端複合材への期待が高まっている。民間航空機には胴体、翼などわずかな損傷も許されない一次構造体と、多少規格の緩やかなドアやフラッパー用の二次構造体があるが、樹脂系複合材は後者への利用に限られ、主に炭素繊維強化熱可塑性樹脂が使用されている。

熱可塑性樹脂複合材料については、今後その信頼性が増してくれば、客室のドア、フロアビーム等の二次構造体への適用に加え、胴体パネル/ストリンガー、カウル部品、ラダー部品等の一次構造材への採用も可能であるといわれている。炭素繊維強化熱可塑性ポリイミドをはじめとした高機能材料がその候補として注目されている。



写真(1)-55 スペースシャトル

熱可塑性樹脂は加工が容易であり、品質が安定していること、耐衝撃性、耐久性、高靱性等多くのメリットがある。(写真(1)-55 表(1)-4)

表(1)-4 航空機に使われる高機能性樹脂材料

部 品	材 料	採用理由など
Star shipの胴体部品 主翼部品	CF/エポキシ	
「AV-8」戦闘機胴体	CF/ビスマレイミド	排気ガスが当たり高温になる部品
F404ジェットエンジン用ダクト フランジ、エンジンマウントリング部	CF/ポリイミド	靱性、加工性、耐衝撃性、再加工性
C-130輸送機の腹部パネル アリアンロケットのコーン材	CF/PEEK	耐熱性、高温強度、再加工性、補修性、耐疲労性
内装材サイドウォールパネル 乗客用シートバックパネルキャリドア	CF/PPS	加工性、強度
ヘリコプター固定翼	ARA繊維/エポキシ	剛性、軽量化
民間機キャビンの窓枠	ポリエーテルイミド	耐炎性、耐薬品性

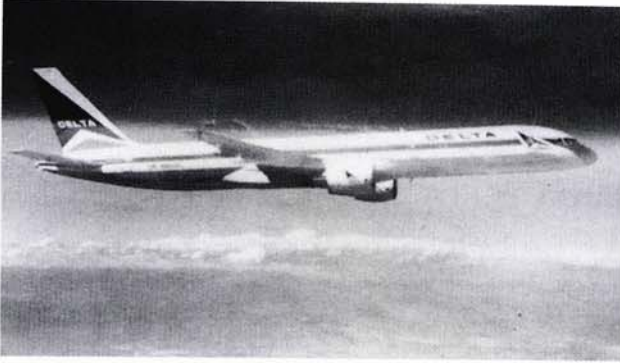
### ●PEEK 樹脂製のボーイング757 ストラットフェアリング、 重量とコスト低減に成功

採用されているのはGF強化PEEKである。アルミニウム製の同製品より30%の重量削減と90%のコストダウンメリットを生んだ。

あらゆる樹脂を対象にして性能評価されたが、結局

PEEK の

- 1)優れた機械的強度と、抜群の耐薬品性
  - 2)高い耐衝撃性
  - 3)耐摩耗性
  - 4)曲げ弾性率と引張強度が高いこと
  - 5)300°C近くでも寸法が安定していること
- 等が採用の理由になっている。(写真(1)-56)



写真(1)-56 ジェットエンジン取付部のストラットフェアリングス(GF強化PEEK)

### ●レドーム(飛行機の最先端部のレーダーアンテナを収納している部分)

とりわけ高い動的荷重と摩擦熱の発生する部分であるレドームに、CF/エポキシに代わって、PESのコンポジットが採用されている。

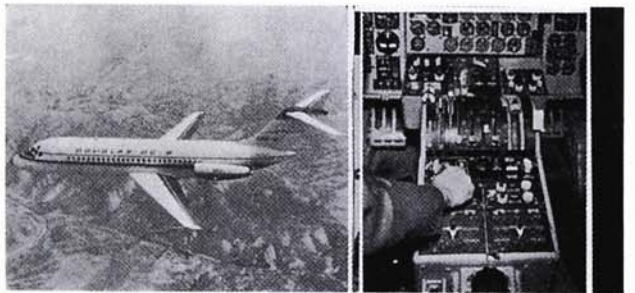
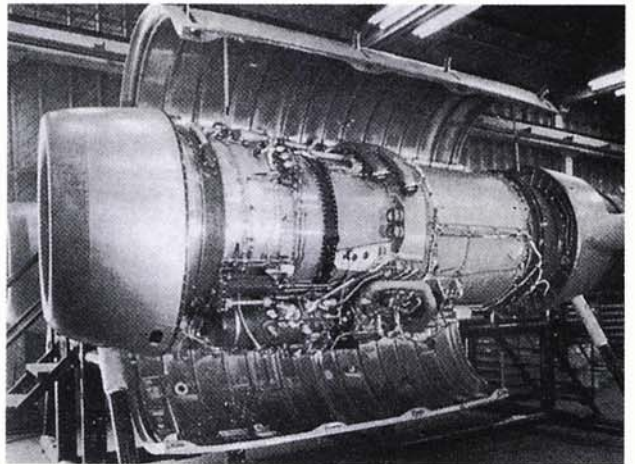
燃焼時に発煙量が極めて少ないことや、毒性ガスが発生しないことに加え、本来、自消性であること、また、レドームが外装部品であることから、雨滴に強いこと、耐候性および耐衝撃性に優れていることが要求され、これらを満たしていることがPESコンポジット採用の主な理由である。(写真(1)-57)

### ●航空機の安全を保つ機能部品にふっ素樹脂が貢献

空の旅は、何よりもまず安全第一であり、その鍵は、機体の綿密な整備と、使用される材料の性能にある。ふっ素樹脂は、航空機が遭遇する過酷な使用条件下においても、大きな信頼性を勝ち取ったユニークな高機能性材料であり、耐熱性、耐食性、低摩擦性、高電気絶縁性、高難燃性など、多機能を有すると同時に、それぞれの特性が極めて高レベルにある。このような特長をもとに、ふっ素樹脂が、機内の各種電線被覆、燃料ホース、油圧シール、軸受けなどに使用され、航空機の機能と安全性に大きく貢献している。(写真(1)-58)



写真(1)-57 レーダーアンテナのレドーム(PES)



写真(1)-58 航空機部品(ふっ素樹脂)

## 鉄道関係

わが国の鉄道は、明治5年10月14日に陸蒸気と呼ばれた蒸気機関車が汐留―横浜間に開通したことに始まる。鉄道はその当時の先端産業であり、わが国の工業界を先導していた。そして、大量輸送媒体として注目され、現在も国民の足として広く利用されている。

一般に鉄道関係では、使用される箇所により、車両部門、軌道部門、土木・電機部門等に分けられている。このうち、エンブラが多く使用されるのは、軌道部門、車両部門で、とくに前者が主体である。

鉄道用材料に求められることは、種々の環境下で過酷な使用条件（荷重、速度、振動、衝撃等とその複合され

た条件）の下で長期間安定に機能し、トータルコストが低く、それらと信頼性との整合性が高いことである。

表(1)―5に「鉄道におけるプラスチックの活用例」を示す。この表から明らかなように、鉄道分野にも一部であるが、エンブラが使用されていることがわかる。

現在のところ、鉄道車両に使われる材料としては、プラスチックは、まだ脇役的存在である。しかし、最近、プラスチックやゴム等を主要材料として位置づけた、新しい鉄道システム概念も検討されており、これに沿って、FRP台車、樹脂枕木、樹脂硝子等の開発研究も行われている。

以下に代表的な用途例を示す。

表(1)―5 鉄道におけるプラスチックの活用性

軌道	レール締結装置：絶縁板（PF→SMC、PA、PC）、絶縁カラー（PC）、ばね受台（PA、BMC）PC枕木埋込栓（BMS、PA）、軌道スラブや枕木用埋込カラー（PE）、レール絶縁：レール型（PF→EP-G）、接着絶縁レール（EP-G）、可変パッド（UP→ビニルエステル）、電熱パッド（HMP）、軌道用樹脂充てん材（EP、PUR、PS）、弾性枕木（PUR）、補修用レジンモルタル（UP、EP）
土木・建築	橋りょうシュー座（EP-G）、トンネル防水シート（EVA、PVC）、トンネルつらら防止断熱材（架橋PE、PUR）、コンクリート補修材（EVA、EP）、駅舎等新建材（PVC、MF、P-G他）、案内板（PMMA）、雨どい（PVC）、ホームいす（UP-G）
電機	モータ注型（Si、EP）、配電盤（PF）、受電碍子（FE）、トロリ絶縁セクション（Si-G）、ハンガカバー（PC、PA）、プリント基板（PF他）、信号・通信用リレー絶縁材（PF-DAP）、ケーシング（PS、PMMA：PC）、コイル絶縁体（PI）
車両	絶縁屋根布（PVC）、化粧板（MF）、吊り手（UF、PC）、ひじ掛・整風板・腰板（PC）、灯具カバー（PMMA、PC）、電車戸車（PUR）、配管（PVC）、雨どい（PVC）、配線ジョイント（DAP）、連結幌（PVC）、断熱材（PUR）、床材（PVC）、水・汚物・燃料タンク（EP-G）、洗面ユニット（UP-G）、ひかり前頭（EP-G）、寝台（UP-G）

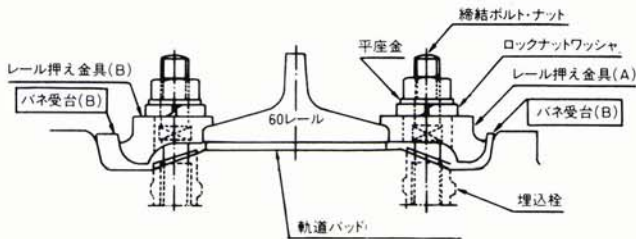
（鉄道技術研究資料より）



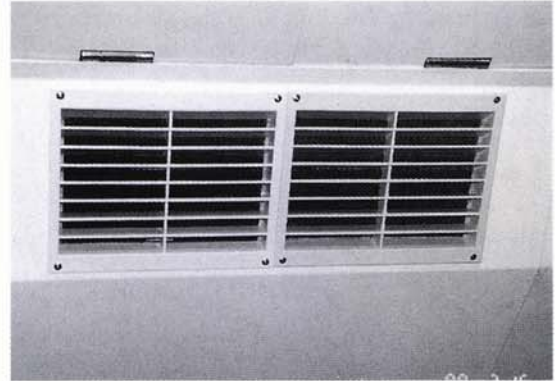
## ●バネ受台— 鉄道機能の縁の下の力持ち

この用途は、鉄道軌道用途の代表例である。強度、強靭性、電気絶縁性、耐候性、振動吸収性が良好なポリアミド樹脂が使用されている。このバネ受台は、極めて長期間の使用が可能な耐久性を有し、保守点検の作業の効率化に大きく寄与している。(図(1)－4)

図(1)－4 レール締結装置 PC11型 60



●新幹線の空調の吹き出し口 新幹線の旅は、心地よい空調によりたいへん快適である。この装置にもエンブラが使われている。これも PC であり、採用理由は難燃性、電気絶縁性および外観の良さ等である。



写真(1)－60 空調の吹き出し口(PC)

●吊り手—立ち席の安全を確保 われわれが車両に乗り込み、空席がないときは、まず空いている吊り手がないかどうか探す。この吊り手にエンブラである PC も使われている。車両の動きにより、吊り手も揺れ、いろいろな箇所に衝突するので、耐衝撃性が良好で、しかも外観の良い PC が採用されている。(写真(1)－59)



写真(1)－59 つり革握り(PC)

## (2) 家電製品、電子機器、電子部品及び情報機器

### ■概要

日本の家電産業は、近年急速に発展し、カラーテレビやVTR機器をはじめ、多種多様な家電製品が生産され、世界で最も日本が進んでいる分野であるといえる。しかも高品質、小型・軽量化、生産性の向上等の強い要請が次々と出されたが、それに対応可能な材料としてエンブレが注目され、多くの部品に採用されている。

またエレクトロニクス技術の進歩とともに、家電製品、OA機器などの電子部品化が進み、電子部品材料としてエンブレが重要な役割を果たしている。

さらに通信・OA・情報機器分野においても、使用されるプラスチック材料は、機器の小型・軽量化に伴い、機構部品、機能部品をはじめ、ハウジングなどにもエンブレが採用されるようになってきた。

このように使用量が増え、重要な役割を果たしてきたエンブレであるが、具体的にどのようなところに、採用されているのだろうか。

たとえば、ハウジング材料としては、PSとABSが多く使用されているが、最近では耐熱性等の機能性を与えるため、PPE、PC及びPA等のエンブレの使用が増えてきている。内部機構・機能部品として、ギア、カム、レバー、プーリーなどにはPOMを中心として、PA、PBTなどが採用されている例が多い。また、コネクタ、リレー、コイルボビン等の電子部品類は、PBTをはじめ、PC、PA、PPS、LCP等が用いられている。

これらのエンブレは、金属に比べ、軽量性、優れた成形加工性、安定した長期物性、耐熱性などの優れた特徴が、その使用比率を次第に高めてきている原因と考えられる。

2002年の電気・電子、OA及び情報機器分野における汎用エンブレの需要割合は表(2)－1のようになっている。

表(2)－1 電気・電子、OA及び情報機器に使用されるエンブレの割合

エンブレ	国内総需要 ton/年	自動車・輸送機器に おける使用比率 %
PA	212,700	23
PC	219,700	35
POM	82,600	32
PBT	102,000	36
変性PPE	41,900	65

(プラスチック、2003年6月号)及び(化学経済、2003年7月臨時増刊号)

以下にこれらのエンブレの応用用途について例を取り上げ、各分野別、アイテム別に述べる。

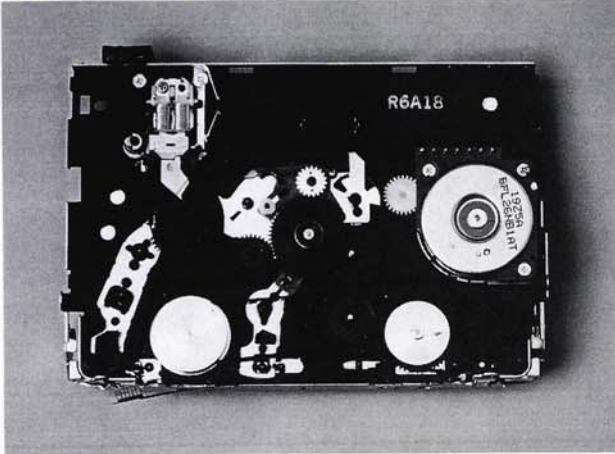
### ■AV(音響、映像)機器

カセットデッキ、CD(コンパクトディスク)プレーヤー、DAT(デジタル・オーディオ・テープ)デッキなどのオーディオ機器、VTRデッキ、カメラ一体型VTR、LD(レーザー・ディスク)プレーヤーなどのビジュアル機器を総称して、AV(音響、映像)機器と呼んでいる。最新のMD(ミニディスク)プレーヤー及びDVD(デジタル・バーサタイル・ディスク)プレーヤー、レコーダーを始め、新しい機能の付加や、小型・軽量・薄型の普及など技術の進歩は目ざましいものがある。

#### ●ヘッドホンステレオ

ヘッドホンステレオのメカ部分にはPOMが多くの機構部品に採用されている。(写真(2)－1)

駆動ギア、プーリー、カム、レバー等において、耐疲労性、摩擦摩耗特性、低騒音性などが活かされている。カセットレバーには、より高い剛性が必要とされ、LCPが採用された例もある。

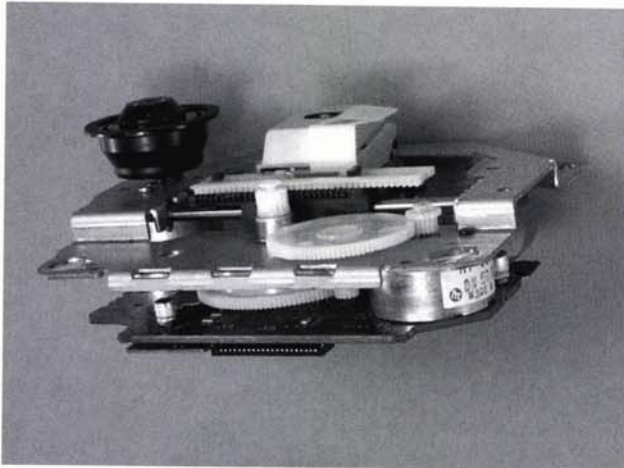


写真(2)-1 ヘッドホンステレオ/メカ部品(POM)

## ● CD プレーヤー

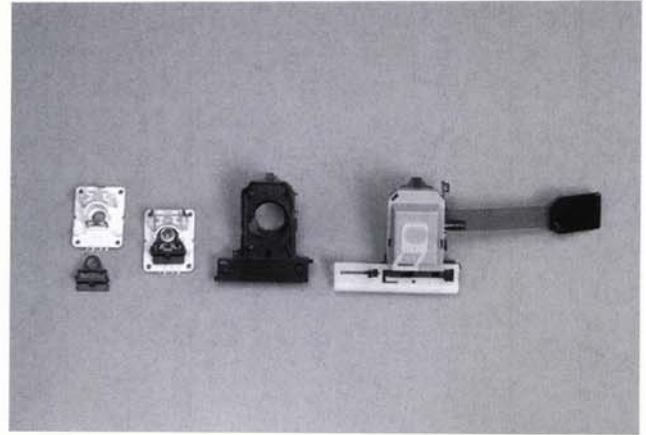
CD プレーヤーの最も重要な特性として、光学ピックアップの性能があり、ピックアップ駆動機構部品にも多くのエンプラが採用されている。

スライドベースラックには高い寸法精度、剛性、経時的安定性等が要求され、PPS が採用された。また、シャッターラック、ギアには POM が採用されている。(写真(2)-2)



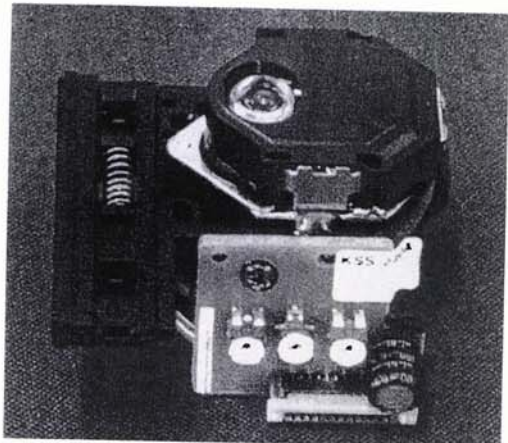
写真(2)-2 CD プレーヤー/ピックアップ駆動機構部品、スライドベースラック(PPS)、シャッターラック(POM)、ギア(POM)

ピックアップ部は、ベース、コイルボビン、レンズホルダー等の部品で構成されている。このうちレンズホルダーには、低線膨張率や低収縮率といった寸法安定性に優れた LCP が採用されている。(写真(2)-3)



写真(2)-3 CD プレーヤー/ピックアップ部品  
2 軸ベース(LCP)、レンズベース(LCP)、  
スライドベース(PPS)

ピックアップベースのアクチュエータに、金属からの代替として PPS が採用された例を示す。(写真(2)-4)  
これは、PPS の高剛性、寸法精度、経時的安定性が評価されたためである。



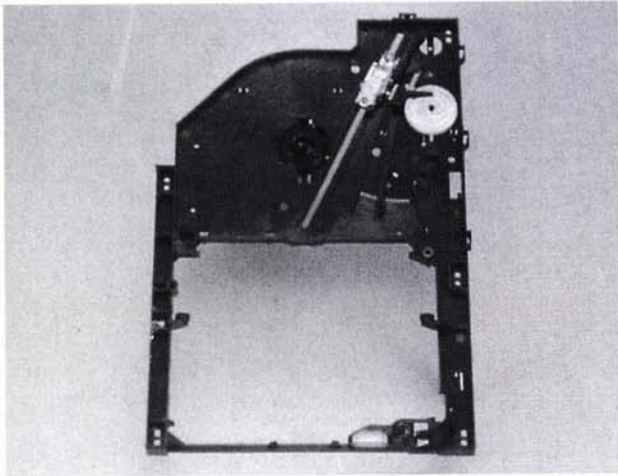
写真(2)-4 CD プレーヤー/ピックアップベースのアクチュエータ(PPS)

ピックアップとディスクの相対位置を正確に決めるのは、メカニズム部分の役割である。このため、CD プレーヤーのシャーシには、カセットデッキのシャーシより高い寸法精度が必要になる。

CD プレーヤーのシャーシに PBT が採用された例を示す。(写真(2)-5)

CD プレーヤーの主なメカニズム部分は、ディスクのローディング機構、ディスクの回転機構、ピックアップの送り機構等である。これらの機構の中のピックアップスライドラックギアをはじめとした、多数のギアに POM が採用されている。CD プレーヤーのチェンジャー

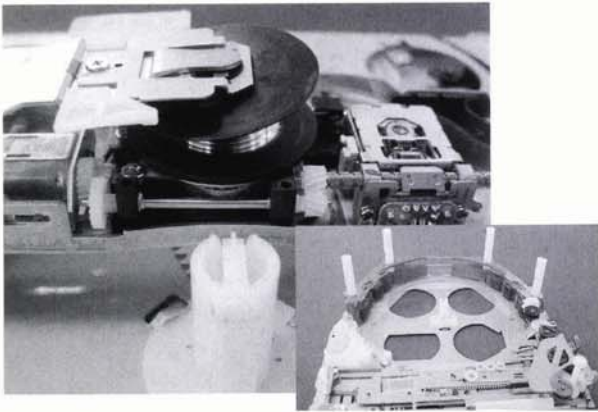
部分にもギア等に POM が採用されている。(写真(2)－6)



写真(2)－5 CD プレーヤー／シャーシ(PBT)



写真(2)－7 CD(PC)



写真(2)－6 CD プレーヤーのチェンジャー部／ギア (POM)



写真(2)－8 DVD(PC)

## ● CD・DVD

CD・DVDなどの光ディスクには、光学的特性、透明性、寸法安定性、耐衝撃性に優れたPCが採用され、その超精密成形技術とともに安定した性能を発揮している。写真は、CDの例(写真(2)－7)とDVDの例(写真(2)－8)である。

## ●携帯用CDハウジング

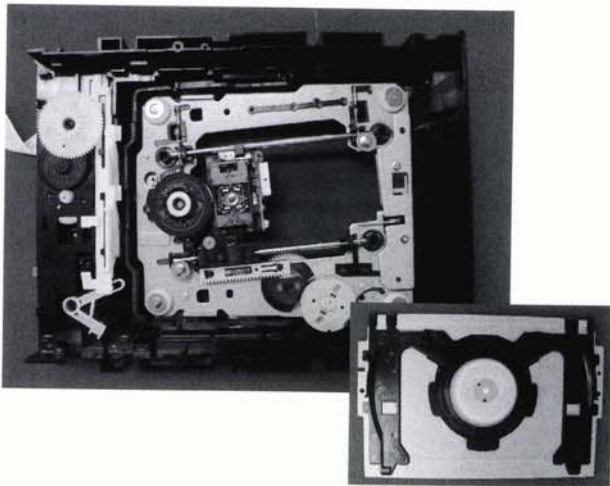
携帯用CDプレーヤーのハウジングは強度と軽さが要求される。この用途にPCが採用された。(写真(2)－9)これは強度に加えて、耐衝撃性、良外観、寸法安定性が評価されたためである。



写真(2)－9 携帯用CDプレーヤー／ハウジング(PC)

## ● DVD プレーヤー／ DVD-ROM ドライブ

最近の AV 機器、パソコンへの DVD 普及には目覚しいものがあり、種々のギア、レバー、クランパー等に POM が多く使用されている。ローディング機構、回転機構、更にピックアップレンズ周辺の正確な作動に対する部位に金属との組み合わせで、摺動性、寸法精度、剛性、クリープ特性などが活かされて POM が採用されている。(写真(2)-10)



写真(2)-10 DVD プレーヤー／DVD-ROM ドライブ  
(POM)

## ● DVD プレーヤー／ターンテーブル

ターンテーブルは DVD ドライブなどの心臓部となる部品で、高い調芯精度が要求される。このため金属性ターンテーブルに金属バネを組み合わせて使用している例もあるが、ガラス強化したポリアリレートであればバネ機構を一体樹脂化することができ、高温時のクリープ特性（バネ特性）と、剛性、寸法安定性が評価され、採用となった。(写真(2)-11)



写真(2)-11 DVD プレーヤー／ターンテーブル  
(GF 強化 PAR)

## ● VTR デッキ、カメラ型 VTR

VTR や DAT の機構部品には、機械的強度、耐クリープ性、耐疲労性、寸法安定性、摩擦摩耗特性等が求められる。剛性や寸法精度面では PC が、耐摩擦摩耗性の要求されるギアや摺動部品の類は、ほとんど POM が使用されている。POM で強度、剛性が不足の場合は、ガラス強化 PBT が使用されている例もある。

小型軽量薄肉型化が最もよくあらわれているのが、カメラ型 VTR である。エンブラは駆動部のメカ部品や鏡筒部などに採用されている。駆動部のメカ部品では、POM が高強度、耐摩耗性、摺動特性、耐グリース性、などの特性を活かして、カム、ラチェット、ガイドローラー、ギアなどに使用されている。



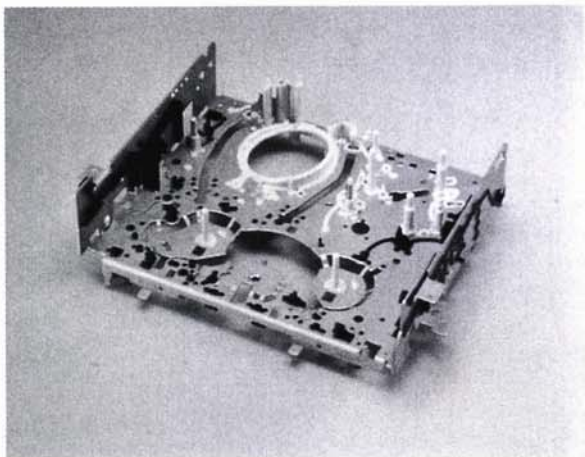
写真(2)-12 VTR カメラ／鏡筒部(GF 強化 PC)

写真(2)-12は、ビデオカメラの鏡筒部に寸法安定性、剛性などを備えたガラス繊維強化の PC を採用した例である。この例でも薄肉化、形状の複雑化、外観の美しさが要求された。

VTR のシャーシに PPS が採用された。(写真(2)-13)

これは、PPS の高剛性、寸法精度を活かし、かつダブルアウトサート成形により加工工程の簡略化が達成された用途例である。

VTR のモーターも小型化、軽量化の要求が強く、部品はますます薄肉化している。次の写真は、モーターのステーターに LCP が採用された例である。(写真(2)-14) LCP の薄肉流動性、耐熱性、制振性が活かされた用途例である。



写真(2)-13 VTR/シャーシ(PPS)



写真(2)-14 VTR/モーターのステーター(LCP)

## ■家電製品

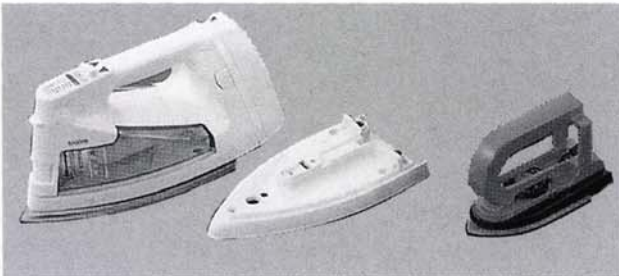
家電製品は、エンブラの大きな用途分野のひとつである。家電製品における新商品の開発や、電子化によるグレードアップは、近年目覚しく、エンブラの新材料開発の活性化や用途拡大に繋がっている。

この用途では、エンブラは内部の機構部品と外装材に使用されており、耐熱性・電気絶縁性・摺動性・耐疲労性・耐薬品性等、部品への要求性能と加工性から材料選択されている。

最近、安全性の面から、電気部品の難燃材料化、高耐熱化が進みつつある。一方、価格において制限があり、要求性能の把握と価格／性能からの材料選択が重要になってきている。

## ●アイロン

アイロンは、コードレスタイプが一般化してきている。アイロンの基本構造は、加熱される金属部と把手部から成る。その間の断熱板には、ガラス繊維強化PETが使用されている。当初フェノール樹脂の塗装品が使用されていたが、着色性・二次加工性に優れ、高耐熱性・ソリが小さいことから、コストダウンとして代替された。



写真(2)-15 アイロン/断熱板(GF強化PET)



写真(2)-16 アイロン/把手および支持体(GF強化PBT)

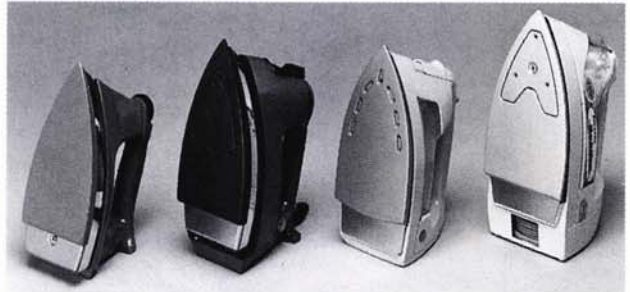
(写真(2)-15)

また、写真(2)-16は、把手や支持体に、耐熱変色と外観に優れたガラス繊維強化PBTが使用されていることを示している。

写真(2)-17に示されたスチームアイロンの水容器には、耐蒸気性・耐熱性・透明性のよいポリカーボネート樹脂が使用されている。



写真(2)-17 アイロン/タンク(PC)



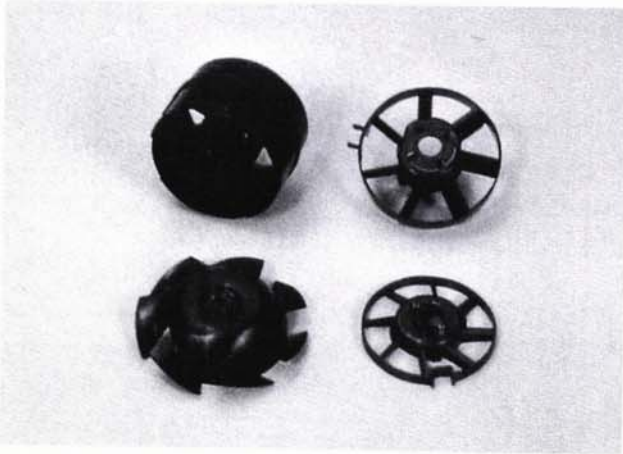
写真(2)-18 アイロン/底部(PTFEエナメルコーティング)

また、写真(2)-18は、PTFEエナメルでコーティングされたアイロン底部を示している。PTFEが、低摩擦特性・非粘着性・耐熱性が優れていることが、採用理由である。

この様に、アイロンの部品には、耐熱性の面から、いろいろなエンブラが使用されている。

## ●ヘアド라이어、ホットカーラー

ヘアスタイルの流行の変化に伴い、ヘアド라이어、ヘアトリートメント、ホットカーラーなどのヘアスタイリング器具も多様化している。いずれの器具にも耐熱性のあるエンブラは、欠かせない材料である。ハンドルや

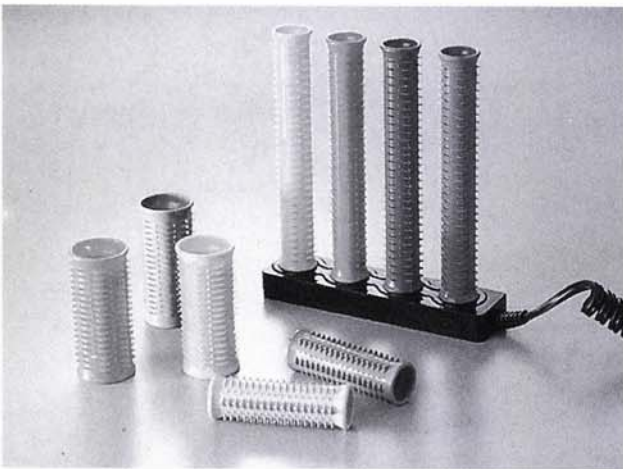


写真(2)-19 ドライヤー／整流ファン(PBT)

吹き出し口には、外観や耐熱変色に優れた強化PBTや強化PETが、使用されている。

ドライヤーの送風用の整流ファンに耐熱性のあるPBTが採用されている。(写真(2)-19)

ホットカーラーには、ソフトタッチと耐熱性に優れ、成形性もよいポリエステルエラストマー (TPC) が採用されている。(写真(2)-20)



写真(2)-20 ホットカーラー(TPC)

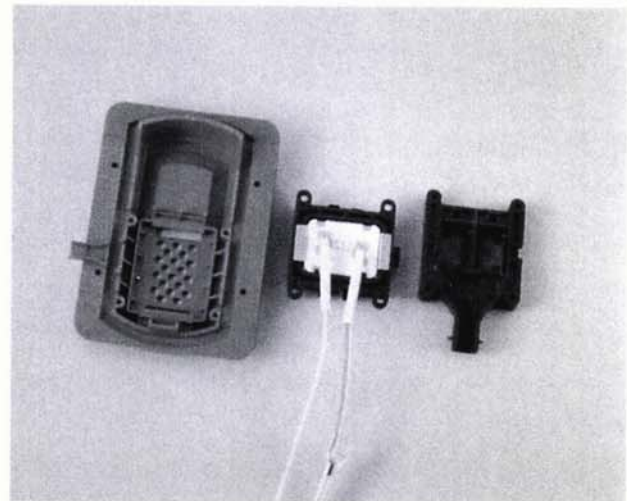
## ●洗濯機と衣類乾燥機

洗濯機には、減速機能と攪拌機能のためにギアが使用されている。このふたつの作用を持つ遊星ギアは、標準グレードのPOMと、ガラス繊維強化のPOMから構成されている。POMは、耐摩擦摩耗性、耐疲労特性に優れており、軽量化、低動力化、低騒音化、コストダウンのために、金属ギアから代替された。(写真(2)-21)

最近、一般家庭に普及しつつある衣類乾燥機においては、写真(2)-22に示されたヒーター保持部には、耐薬品性、超耐熱性、成形性が要求され、PPSが採用されている。



写真(2)-21 洗濯機／遊星ギア(POM)



写真(2)-22 衣類乾燥機／ヒーター保持部(PPS)

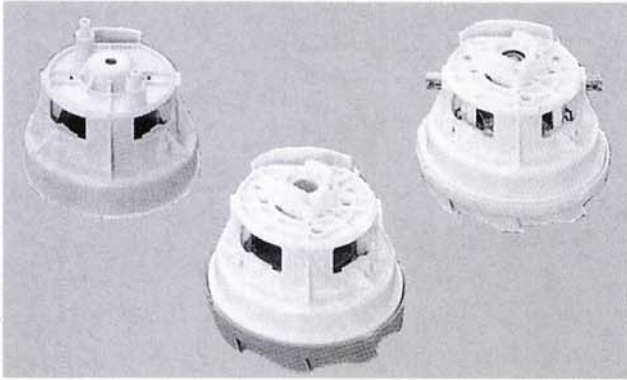
## ●掃除機

掃除機では、ハイパワー化やファジー機能を搭載し、より付加価値の高い製品となってきている。エンブラとしては、コードリール・ローラー・ブリーなどの軸や軸受けの摺動部品に、POMやPA6が使用されている。また、モーター周辺部は、寸法精度・剛性・耐熱性が要求される。写真(2)-23に示したモーターブラケットやエアガイドには、これらの要求性能を満たすガラス繊維強化PETが採用されている。これは、鉄板からの代替で、一体化による部品点数の削減から代替された。

## ●電子レンジ

電子レンジは、オープンやグリルなどの機能を備えた製品比率が高くなっている。電子レンジは、高温になるので、エンブラは、フレームやチョークカバーなどの耐





写真(2)-23 掃除機/モーターブラケット、エアガイド(GF強化PET)

熱ハウジングや、ラッチやレバーなどの摺動部や、電気絶縁部に多く使用されている。

写真(2)-24は、強化PET製ドアカバーを示している。耐熱性と外観がよく、最近要求の強い抗菌性も付与されている。



写真(2)-24 電子レンジ/ドアカバー(GF強化PET)

## ●料理器具

耐熱性を主な特徴のひとつとするエンブラにとって、熱を使用する料理器具は、大きな用途分野である。従来熱硬化性樹脂が使用されていたが、カラフルな外観や成形性の要求から熱可塑性樹脂化が定着してきた。

写真(2)-25は、強化PET製のホットプレートを一例として示している。耐熱性、着色性、耐薬品性、良外観、経済性から使用されている。最近、この用途においても難燃材料の比率が高くなっている。

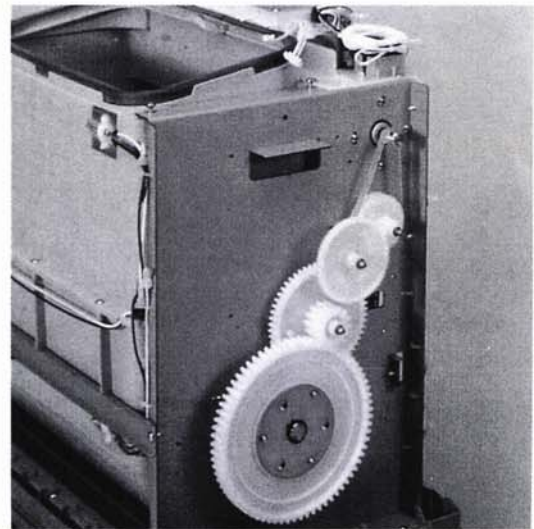


写真(2)-25 ホットプレート(GF強化PET)

## ●生ゴミ処理器

家庭用の生ゴミ処理器が、商品化され、環境関連商品として注目されている。この処理機構には、微生物により二酸化炭素と水に分解する微生物分解法と加熱して80%程度の水分を除去する乾燥法とがある。いずれの機構も回転部を有し、写真(2)-26に示したように、ギアに摺動性のよいPOMが使用されている。

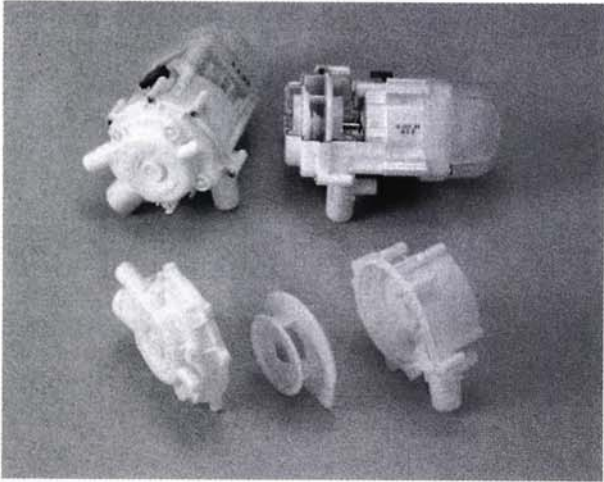
加熱法では、耐熱性・耐薬品性のよいPPSが処理容器に使用されているケースもある。



写真(2)-26 生ゴミ処理機/ギア(POM)

## ●食器洗い器

食器洗い器が、日本でも普及してきたが、このポンプケーシングにPOMが使用されている。写真(2)-27に示した3部品から組み立てられている。採用理由は、寸法精度、耐薬品性、良成形性である。



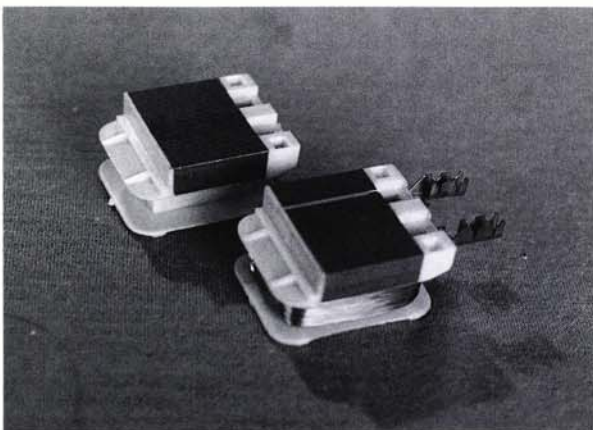
写真(2)-27 食器洗い器/ポンプケーシング(POM)

## ●蛍光灯

照明器具においては、コイルボビンとハウジングにエンブラが使用されている。蛍光灯部品の場合、その数は非常に多いので、ハイサイクル成形性が要求される。

写真(2)-28に示した高電圧を発生する安定器用のコイルボビンには、高温での電気特性に優れ、薄肉での流動性がよく、寸法精度がよく自動組み立てが出来る強化PETが使用されている。

また、写真(2)-29に示したハウジングは、耐熱変色性・外観が優れ、耐紫外線性のよいPBTが使用されている。



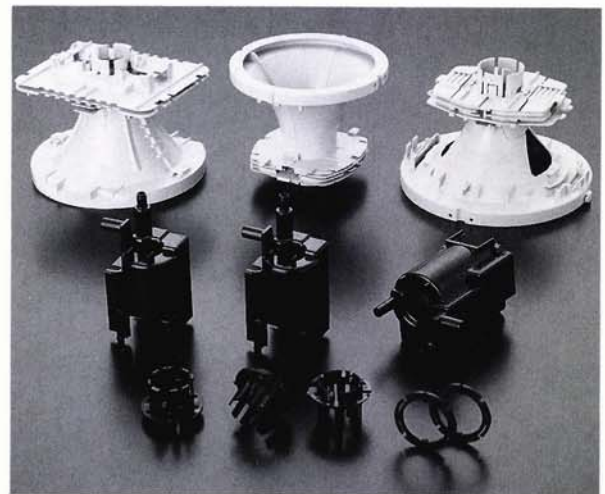
写真(2)-28 蛍光灯/コイルボビン(GF強化PET)



写真(2)-29 蛍光灯/ハウジング(PBT)

## ●テレビ

テレビにおいては、ブラウン管に直流高電圧パルスを供給するフライバックトランスと、ブラウン管のネック部で、磁場によって電子ビームを偏向させる偏向ヨーク(写真(2)-30)に、エンブラが使用されている。偏向ヨークの部位は、高温になるので、耐熱性・難燃性と耐高電圧に優れた変性PPEが使用されている。



写真(2)-30 テレビ/偏向ヨーク(変性PPE)

## ●コンセント

写真(2)-31に示したコンセントのボディや差込口に、PBT樹脂が使用されている。難燃性を有し、耐トラッキング性が高いことが特徴であり、代替前の熱硬化性樹脂と比較してスナップフィット性がよく、薄肉化が可能となり、生産性も向上した。



写真(2)-31 コンセント／ボディ及び差し込み口  
(PBT)

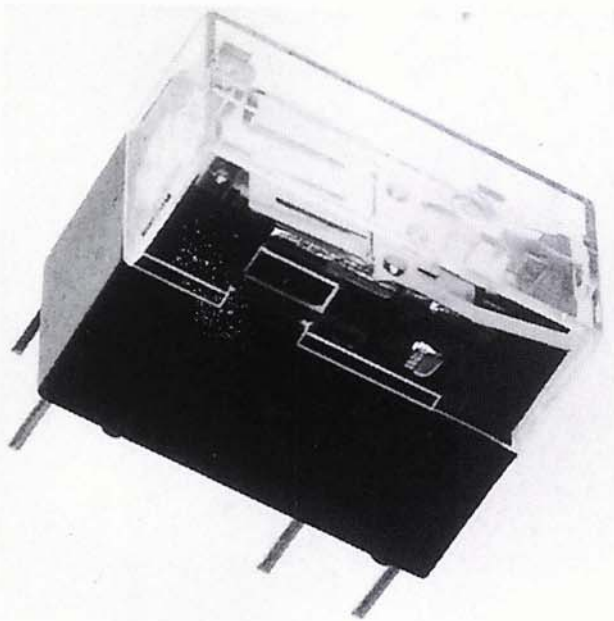
## ■電子部品

エレクトロニクス技術の進歩は著しいものがあり、電子機器の小型化、高機能化が急速に進んでいる。エンブレは、耐熱性の電気絶縁材料として、コネクタ、ソケット、コイルボビン、スイッチ、トランス、リレー、センサー等の電子部品に使用されてきたが、高集積化、高信頼性等の新しいニーズに対応し、使用される樹脂の種類も多岐にわたっている。

## ●機能、機構部品

[リレー]

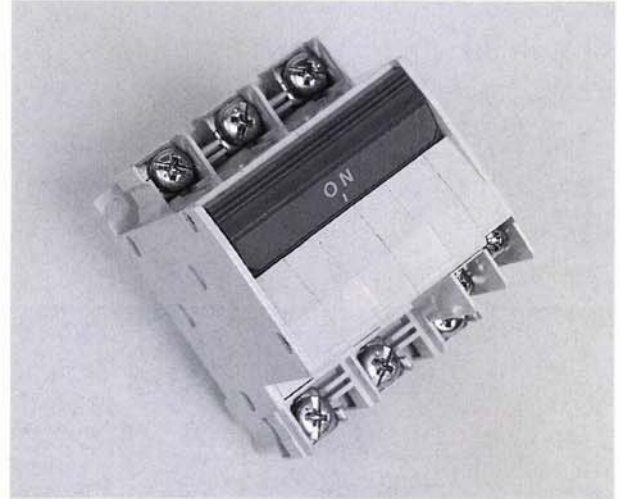
リレーケースにはPBT、変性PPE等、多くのエンブレが使われている。写真は、接点金属低腐食性、高流動性が評価され、ガラス繊維強化PBTが採用されている。(写真(2)-32)



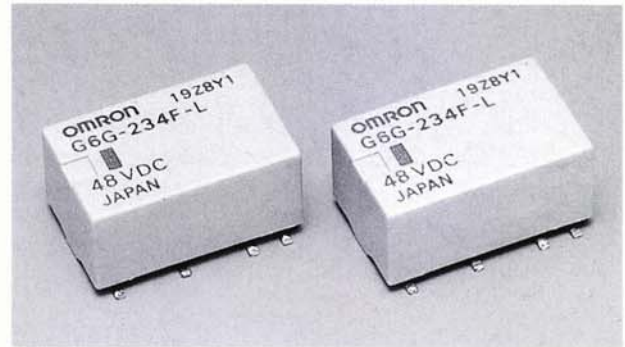
写真(2)-32 リレーケース(PBT)

写真(2)-33は、電気特性、難燃性、耐熱性、耐油性に加え長期信頼性が評価され、サーキットプロテクターに採用された例である(ガラス繊維強化PBT)。

次の例は通信用リレーで、表面実装技術(SMT)対応の必要な通信用リレーにガラス繊維強化LCPが採用された。耐熱性、成形性とともに入気の発生が少ないことがその理由となった(写真(2)-34)。

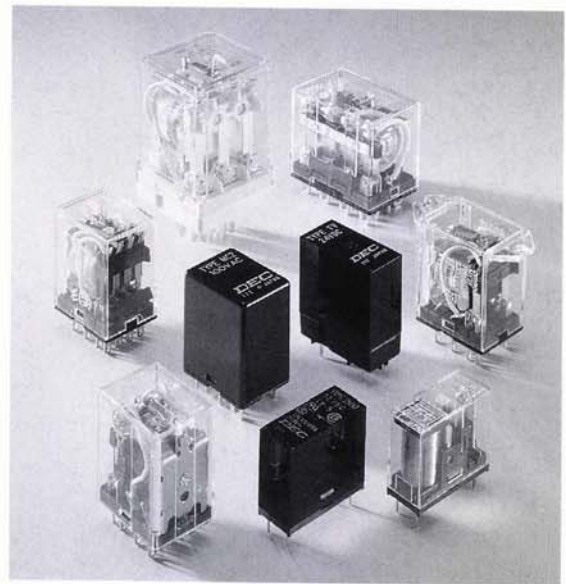


写真(2)-33 リレー/サーキットプロテクター(PBT)



写真(2)-34 通信用リレー(LCP)

写真(2)-35は、リレーのハウジングに耐熱性と透明性を活かし、PCを採用した例である。

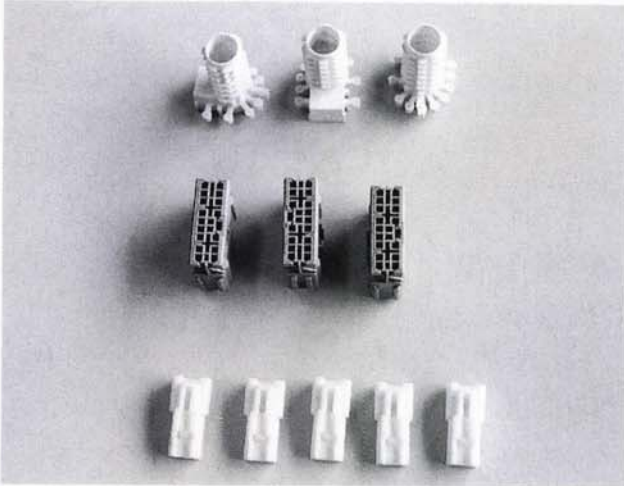


写真(2)-35 リレー/ハウジング(PC)

## ●コネクタ

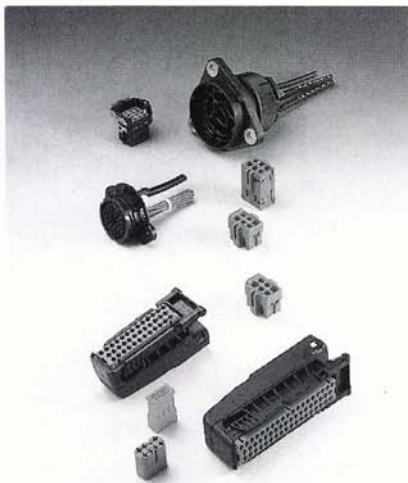
ICや半導体とともに電子部品の代表であるコネクタの用途は非常に多岐にわたり、その種類も数万に及ぶことから、多種類のエンブレが採用されている。写真(2)－36は、PBT コネクタとコイルボビンである。

PBT が持つ、絶縁性、寸法精度、難燃性、易成形性などが、採用理由としてあげられる。



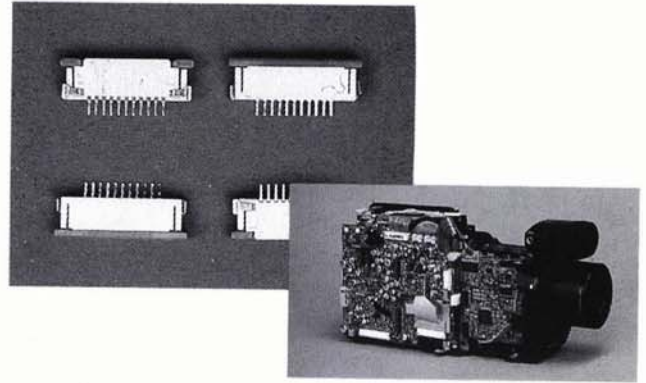
写真(2)－36 コネクタとコイルボビン(PBT)

写真(2)－37も、高い寸法精度と耐熱性、剛性が必要とされるコネクタの例であり、繊維強化 PBT が採用されている。



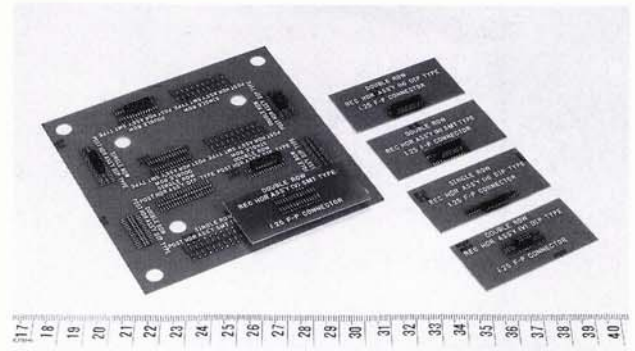
写真(2)－37 コネクタ(PBT)

写真(2)－38は、ビデオカメラのコネクタとしてガラス繊維強化 PA46が採用されている例である。耐熱性と剛性に優れ、さらにこの場合ヒンジ特性を満足した点が評価された。



写真(2)－38 VTRカメラのコネクタ(GF強化PA46)

写真(2)－39は、SMT 対応コネクタとしてPPSが採用されている例である。高剛性、ハンダ耐熱性ととも高靱性であることが採用理由になっている。



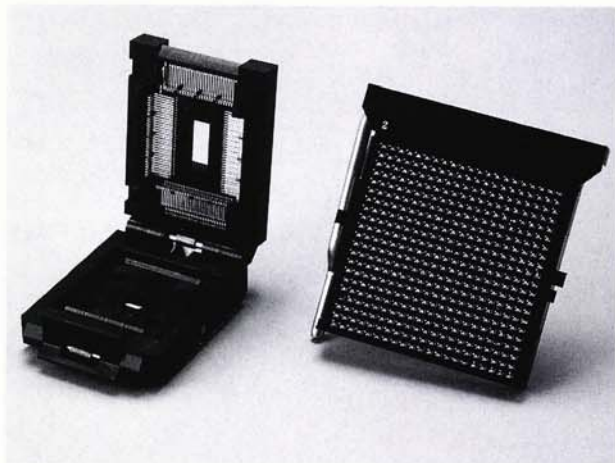
写真(2)－39 SMT 対応コネクタ(PPS)

さらに写真(2)－40は、PC カード用コネクタに LCP が採用されている例である。良流動性とハンダ温度に耐える耐熱性が採用の理由である。



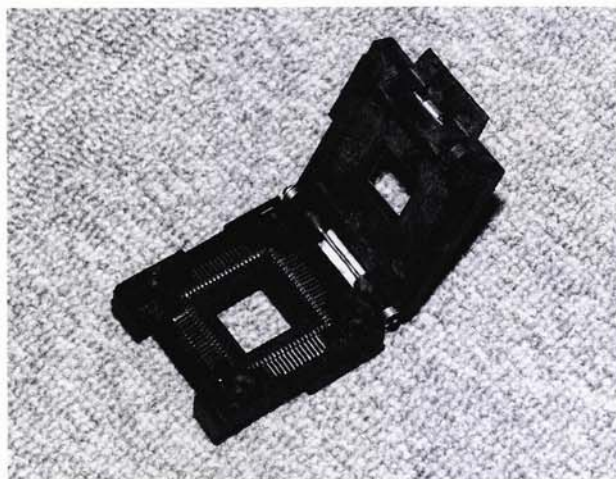
写真(2)－40 PC カード用コネクタ(LCP)

写真(2)－41は、IC パーンインソケット用として PES が採用された例である。GF 強化の PES の高度な耐熱性と寸法安定性がその理由となっている。



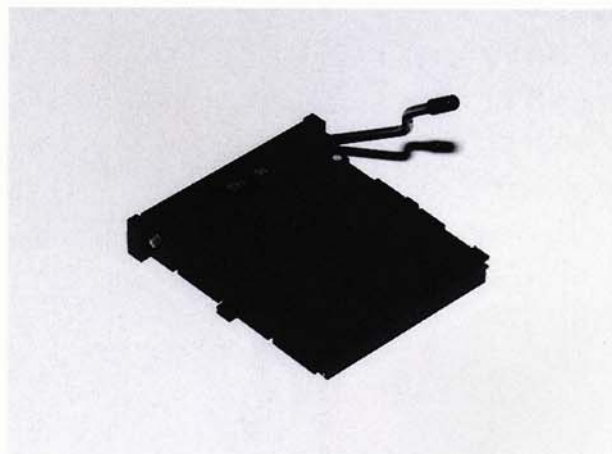
写真(2)－41 パーンインソケット(PES)

写真(2)－42は、IC の高温雰囲気下での作動信頼性テスト用ソケットに PES が採用された例である。30% GF 強化されたことにより、高度な耐熱性と寸法安定性を発揮することがその理由となっている。



写真(2)－42 IC テストソケット(PES)

写真(2)－43は、先程と同様に30% GF 強化の PES の例で、PGA (Pin Grid Array) ソケットというパソコン部品である。本方式は汎用的に実装されているが、高度な耐熱性と寸法安定性が採用の理由となった。

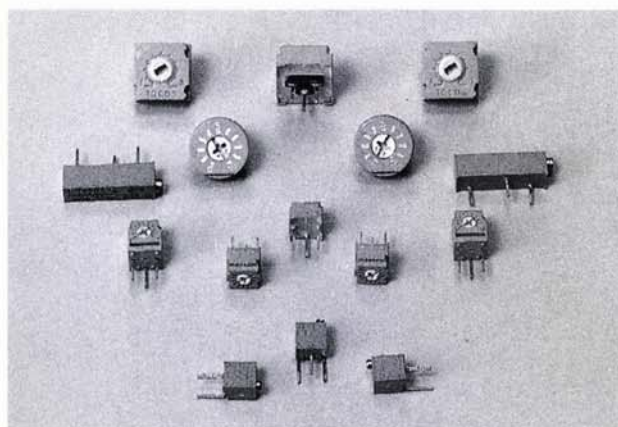


写真(2)－43 PGA ソケット(PES)

## ●受動部品

### [可変抵抗器]

写真は、トリマと呼ばれる可変抵抗器の一種で、電気的特性、易成形性などの特長を活かした PBT 製である。(写真(2)－44)

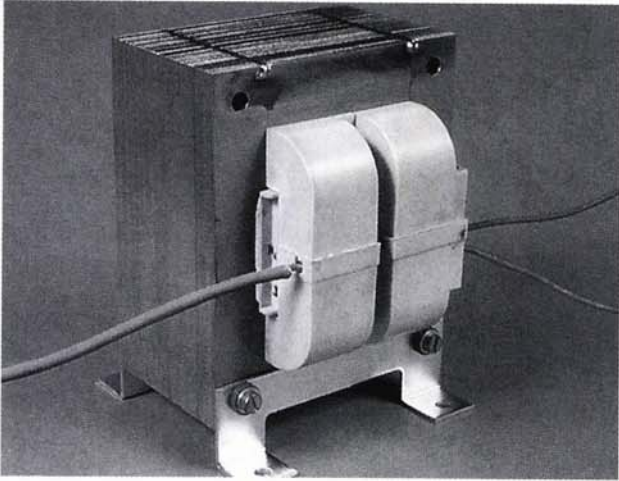


写真(2)－44 トリマ(PBT)

## ●電磁器、変圧器

### [トランス/コイルボビン]

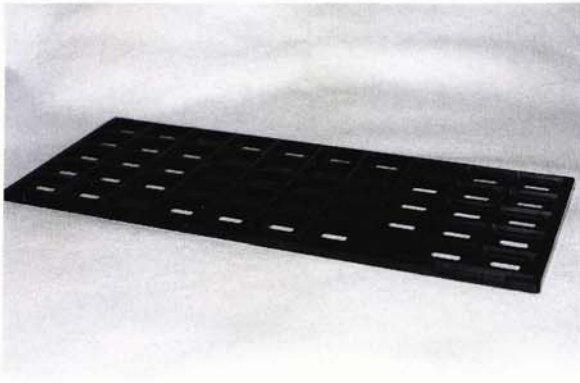
写真(2)－45はトランスのコイルボビンであるが、薄肉で難燃性、高温特性などの特徴を活かしてガラス繊維強化 PET を使用している。



写真(2)-45 トランスのコイルボビン(GF 強化 PET)

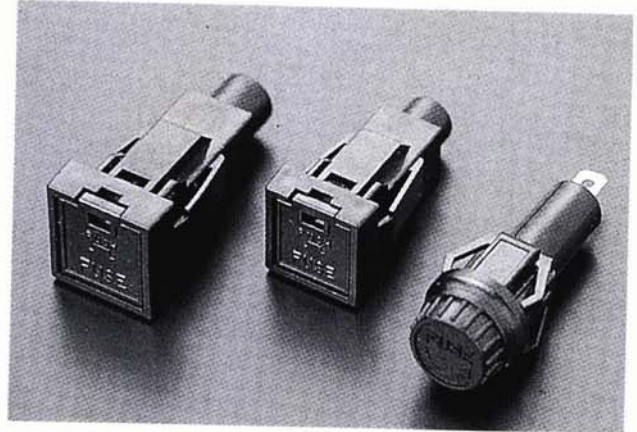
【その他】

電子部分野の新しい使用例として、ICトレイがあげられる。写真のように、平板上に多くのICを搭載するもので、剛性・低ソリ性が要求される。さらに、ICを搬送する際、容器の帯電を極度に嫌う為、導電性を付与し保護機能を持たせている。成形面からは高い熱安定性が必要である。このような要求特性に応える樹脂として変性PPEが採用された。(写真(2)-46)



写真(2)-46 ICトレイ(変性PPE)

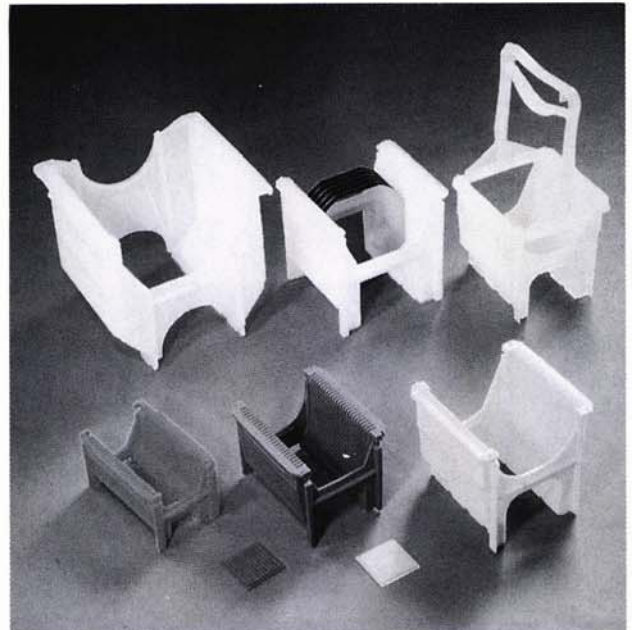
写真(2)-47は、変性PPEを採用したヒューズホルダーの例で、絶縁破壊電圧も高く、難燃性(UL94V-0)を有し、しかも高い耐熱性を有していることから採用された。



写真(2)-47 ヒューズホルダー(変性PPE)

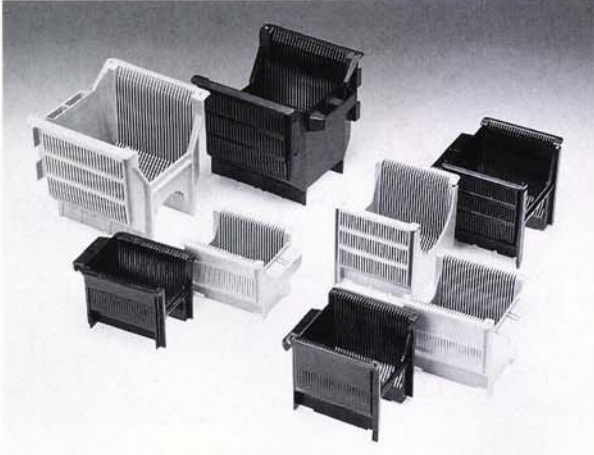
●洗淨治具

写真(2)-48は、ウェハーバスケットにPFAを採用した例である。ウェハーの洗淨ラインやエッチング工程に使用されているウェハーバスケットは、耐薬品性、耐熱性、純粋性などが要求され、PFAはこの分野において信頼性の高い材料である。



写真(2)-48 ウェハーバスケット(PFA)

PEEKは低溶出性、低アウトガス性、耐薬品性に優れ、IC製造ラインのウェハーキャリアとして使用されているが、帯電防止機能を付与することにより、ほこりが付着しない新タイプが採用された。(写真(2)-49)



写真(2)-49 IC ウェハーカーリア(PEEK)

## ●電線・ケーブル

電線・ケーブルは、構造的には銅、アルミなどの導体とその周りの絶縁体、外被によって構成されている。電力や信号・情報を伝送するという重要な役割をもち、被覆材料に対しては、非常に高い信頼性が要求される。写真は、コンピュータ間をネットワークするケーブルの被覆材料として、PTFEやFEPが採用されている例である(写真(2)-50)。ふっ素樹脂の低誘電率、低誘電正接が活かされている。

また PTFE のなまテープは、耐薬品性、耐熱性、潤滑性などの特長を活かして、ネジ接手のシール材、部品の絶縁テープ、電線の被覆材として使用されている。



写真(2)-50 ケーブル被覆材料(PTFE/FEP)



## ■事務機・情報機器

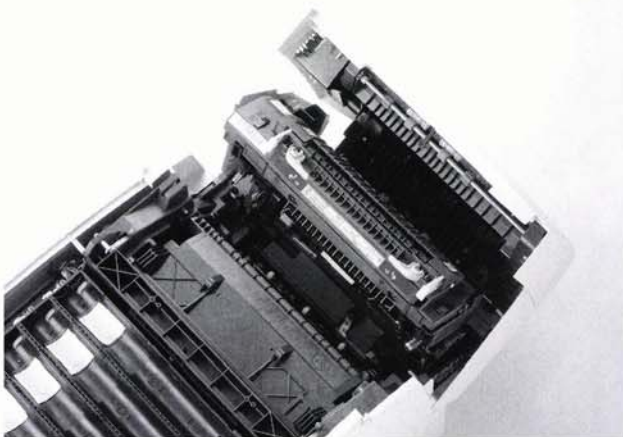
オフコン、パソコン、ファクシミリ、ワープロ、複写機などに代表される事務機・情報機器の需要は著しく伸びており、この分野に使用されるエンブラの量、種類も急速に拡大してきている。

事務機・情報機器の小型軽量化に重要な役割を果たしているのがエンブラを始めとするプラスチックであるが、特にワープロやパソコンではパーソナル志向が強まっており、著しく小型化、軽量化、薄肉化が進んでいる。

### ●複写機・プリンター・ファクシミリ

複写機やプリンターのシャーシには、剛性・寸法安定性に優れた材料が求められる。

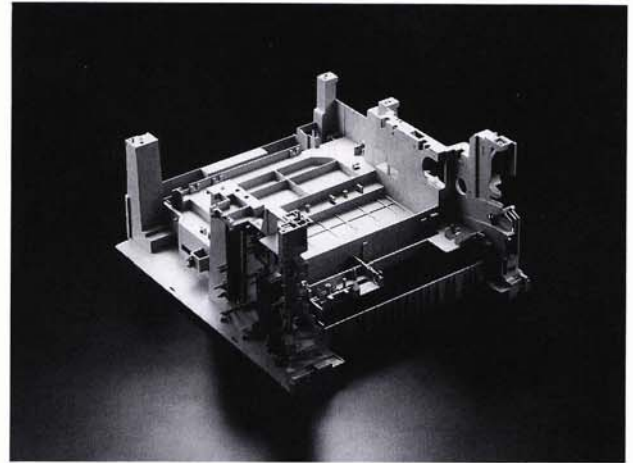
写真(2)-51は、プリンターのシャーシに PC が採用された例である。剛性、耐熱性、寸法安定性に優れ、更に難燃性 (UL94V-0) を備えているため採用された。



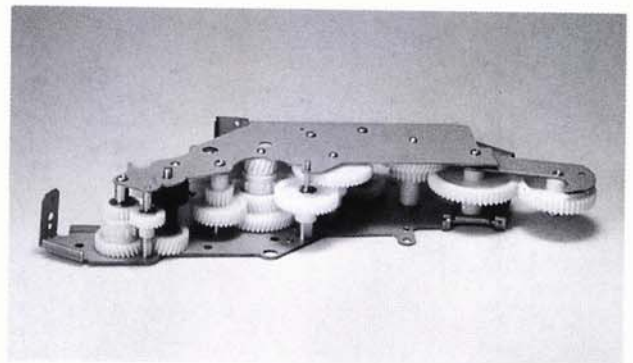
写真(2)-51 プリンター/シャーシ(PC)

写真(2)-52は、フィラー強化変性 PPE を採用した複写機の内部シャーシ部材である。難燃性、耐熱性、剛性、寸法安定性が活かされた。更にガスアシスト成形を採用して、部品一体化設計を行い、低圧成形、高寸法精度及び組立費削減を実現した。

複写機・プリンター・ファクシミリにおけるギア、スプロケット、プーリといった駆動機構部品には、POM や PC が主として使われている。一部消音のために PA やゴムと組み合わせて使われることもある。POM 製のプリンター/複写機のギアを写真(2)-53, 54に示す。いずれも寸法精度や摺動性、高潤滑性等がその主な採用理由で



写真(2)-52 複写機内部シャーシ(変性 PPE)



写真(2)-53 プリンター/ギア(POM)



写真(2)-54 複写機/ギア(POM)

ある。

分離爪は、ペーパー上のトナーを定着ローラーより加熱加圧して融着させた後に、ペーパーをローラー側から分離させる機能を持つ。したがって耐熱性、耐磨耗性、滑り性、耐トナー剥離性および、ペーパーが爪の先端に当たるために強度が必要である。写真(2)-55は、ウイス

カー強化 PEEK 製の分離爪である。PEEK の超耐熱性、高剛性、高強靱性が評価された。分離爪には、PAI、PPS、PI などとも採用されている。



写真(2)-55 複写機/分離爪(ウイスキー強化 PEEK)

## ●パソコン

パソコン用ハウジングには、薄肉化を図りながら剛性を出し、かつ耐衝撃性を備えながら、成形しやすい材料が求められる。

写真(2)-56は GF と MD で強化された PA6アロイで成形されたノート型パソコンのハウジングである。高剛性、難燃性(UL94V-0)、低反り、良外観といった特長が採用理由である。



写真(2)-56 パソコン/ハウジング(GF、MD 強化 PA)

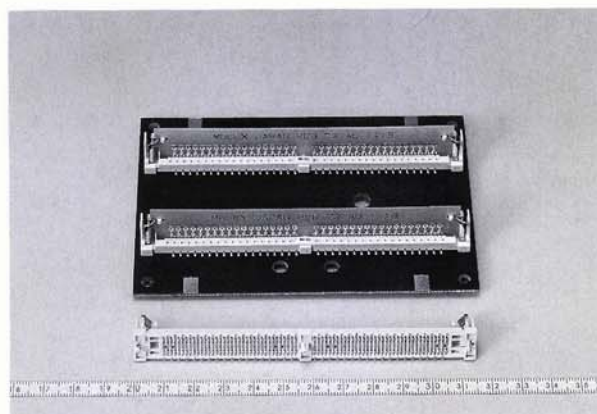
キーボードのキートップは、耐摩耗性、寸法安定性、耐薬品性といった特性が要求され、材料としては、ABS、POM、PBT などが採用されている。写真(2)-57は PBT キーボードキートップで、表面の文字・数字には含浸印刷法が採用されている。キートップの下にあるキーステ

ム(キースイッチ)には、微妙なタッチで様々な押し方をする指の動きかたに対して、常に安定した滑りが求められる。従来より、摺動特性、寸法精度に優れた POM がキーステム(キースイッチ)に採用されている。キーステムには、従来のデスクトップ型から薄型のノート型、更に薄肉の携帯用パソコンと様々な形状のものがある。

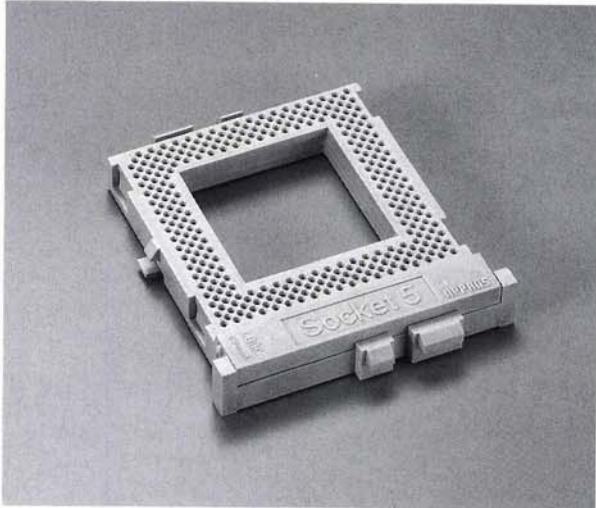


写真(2)-57 キーボード/キートップ(PBT)

パソコン内部のコネクターには LCP が使用されている。写真(2)-58は、SIMM (Single Inline Memory Module) ソケットであるが、高耐熱性(ハンダ耐熱性)、高流動性、高剛性、精密成形などの要求に応えられる材料として LCP が採用されている。写真(2)-59もデスクトップパソコン内部の ZIF (Zero Insert Force) ソケットに LCP が採用されたものである。



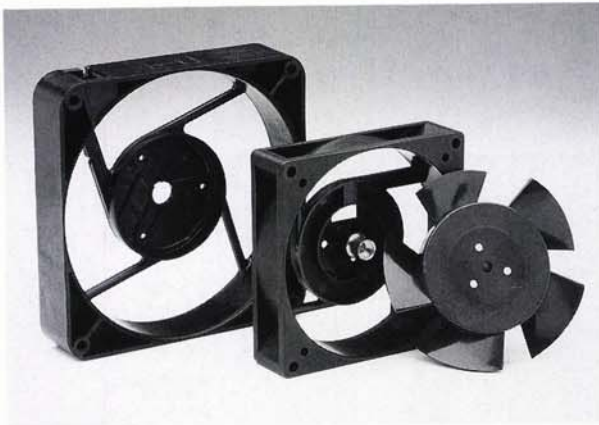
写真(2)-58 パソコン/SIMM ソケット(LCP)



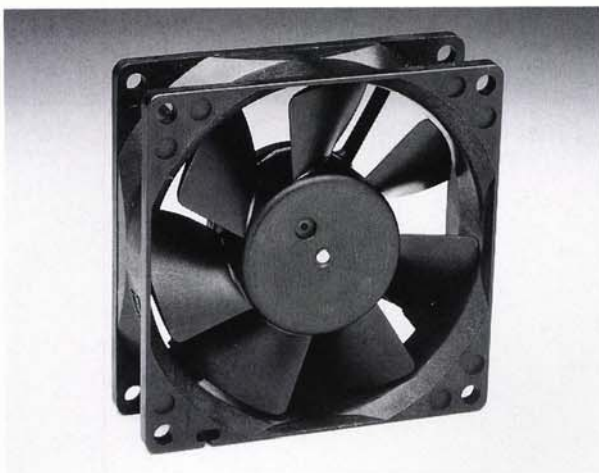
写真(2)-59 パソコン/ZIF ソケット(LCP)

### ●軸流ファン

コンピュータの内部の温度は、集積回路密度のアップとともにかなりの高温になり、冷却ファンの設置が必須となっている。写真(2)-60,61は、それぞれガラス繊維



写真(2)-60 冷却ファン(GF 強化 PBT)



写真(2)-61 冷却ファン(GF 強化 PET)

強化PBT およびガラス繊維強化PET を使用している例である。高温、高回転の状態でもファンおよび軸の変形がないこと、低反り性に優れていることなどが採用の理由となっている。

### ●携帯電話・コードレス電話機

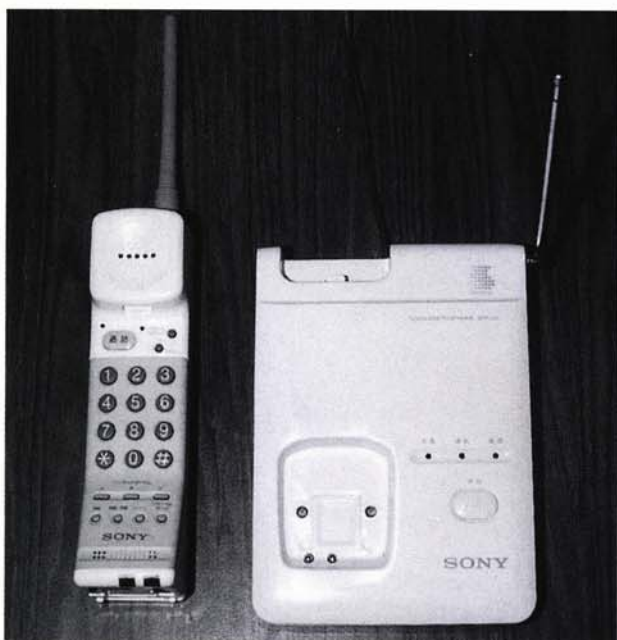
写真(2)-62,63は、携帯電話のハウジングに PC が採用された例である。使用者が誤って本体を落としても壊れない強度が必要とされる。このため、衝撃強度が高く、かつ耐熱性、さらには意匠性にも優れる PC の特長が評価され採用となった。コードレス電話機のアンテナカバーにはポリエステルエラストマー (TPC) が採用されている (写真(2)-64)。柔軟性があり、成型加工に際して、流動性が良く、離型性も良いことが採用の理由である。



写真(2)-62 携帯電話/ハウジング(PC)



写真(2)-63 携帯電話/ハウジング(PC)



写真(2)-64 コードレス電話機アンテナ・カバー(TPC)

### ●充電器、バッテリーケース

ノート型パソコン、携帯電話の普及とともに、充電器などの付属機器が必需品となっている。写真(2)-65は、変性PPEを採用したバッテリー充電器、バッテリーケースである。難燃性、耐熱性、電気特性(絶縁破壊強度)に優れている点が採用の理由である。



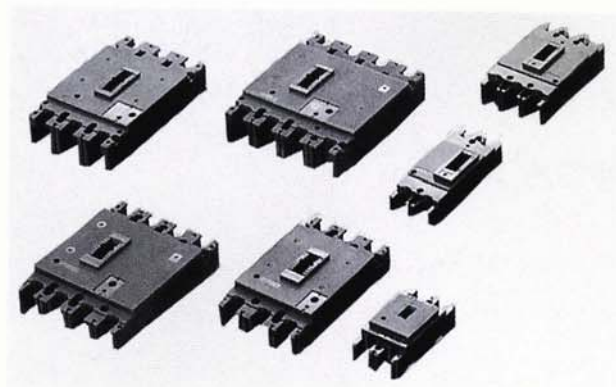
写真(2)-65 バッテリーケース(変性PPE)

## ■その他

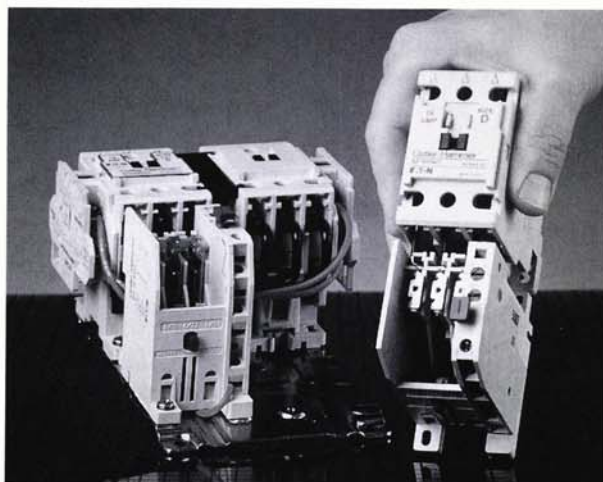
### ●ブレーカー

写真(2)-66は、ブレーカーのカバー部分にガラス繊維強化PA6が採用されている例である。低反り、高剛性などのPA6の特長を活かしている。

写真(2)-67は、サーキットブレーカーにガラス繊維強化PESが採用されている例である。高耐熱性、高難燃性、電気特性、寸法精度などが主な採用の理由である。



写真(2)-66 ブレーカー/カバー部品(PA6)



写真(2)-67 サーキットブレーカー(GF強化PES)

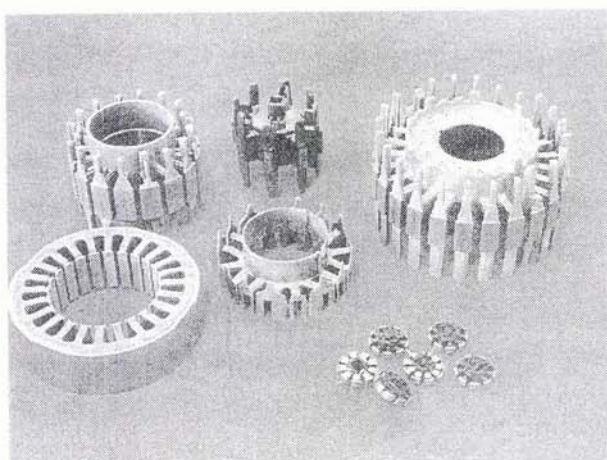
## ●小型モーター

写真(2)-68は、ガラス繊維強化 PA66が小型モーターのエンドキャップに使用している例である。高剛性、高強度、耐薬品性などに優れている点が採用の理由である。

また小型モーターのインシュレーターには PPS が採用されている(写真(2)-69)。強度に優れ、超精密成形が可能なことから、採用に至った。



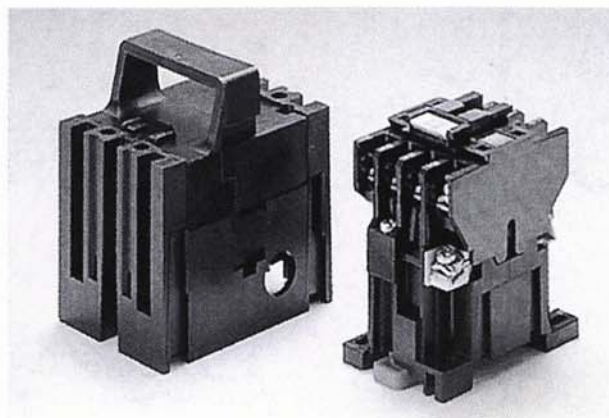
写真(2)-68 小型モーター／エンドキャップ(PA66)



写真(2)-69 小型モーター／インシュレーター(PPS)

## ●電磁開閉器

写真(2)-70は、電磁開閉器であり、ガラス繊維強化 PA6や PA66が使用されている。熱硬化性樹脂に比し、組立の簡易化などによるトータルコストダウンが大きな採用理由となっている。



写真(2)-70 電磁開閉器(GF 強化 PA6)

## ●乾電池

写真(2)-71は、乾電池内部の液漏れおよび破裂を防止するために使われるガスケットとして、非強化 PA66を使用している例である。流動性が良く、かつ強度、耐薬品性に優れる点が採用の理由である。



写真(2)-71 乾電池／ガスケット(PA66)

# (3) 精密機器

電気・電子機器をはじめ情報機器の内部には、動的また静的な機能を担う数多くの樹脂製精密部品が内蔵されている。この項では樹脂製精密部品の代表としてカメラ、腕時計や双眼鏡を取り上げた。

カメラや腕時計などは、寸法性、作動安定性が求められる機能製品であると同時に外観やデザインが重視される製品である。単に機械的特性を満足させるだけでなく、感触や色、形状などの要求に応える必要がある。これらをまとめると表(3)－1のようになる。

表(3)－1 精密機器に使用される材料に要求される性能

要求特性	耐衝撃性	良外観性	寸法安定性	耐熱性	剛性	高流動性	摺動性
応用部品							
カメラ(ケース)	○	○	○		○	○	
カメラ(圧板)			○		○		○
腕時計(ハウジング)		○	○		○		
双眼鏡(鏡筒)		○	○		○		

## ●カメラ

カメラ部品に使われている材料で最も多く使用されているのはPCである。カメラ品の樹脂化の最大の目的は軽量化と小型化であったが、一体成形による工程の合理化などによるコストダウンも大きな要因となっている。金属に比べデザインの自由さという点からプラスチックの方がはるかに有利である。一方、厳しい寸法精度に応えるため、アルミニウムに近い線膨張率が要求されることが多くPC材料の場合GF強化材が主に採用された。

写真(3)－1にデジタルカメラへの使用事例、写真(3)－2にフィルムカメラを分解した部品を示す。ボディ、フレーム、鏡筒等無塗装対応が必要な部品が多くGF強

化グレードながら外観の平滑性も優れた材料が採用されている。



写真(3)－1 デジタルカメラ(PC)

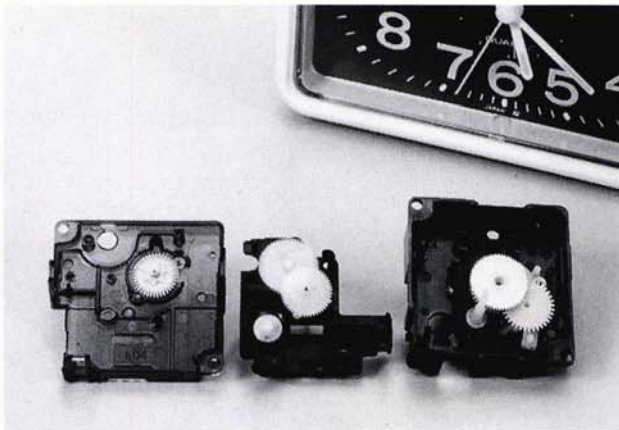


写真(3)－2 各種カメラ部品(PC)

## ●時計

あらゆる分野で使われているギアには、力を無理なく伝達し、かつ噛み合い時に発生する騒音を抑えるための高い寸法精度が必要である。耐疲労性、摺動性、耐摩擦摩耗特性に優れたPOMはギアに最も適した材料である。写真(3)－3は、置時計のPOM製各種ギア、写真(3)－4は腕時計に使われるPOM製メカニカルパーツとギアである。写真(3)－5は、GF強化PAR製の時計ケース、写真

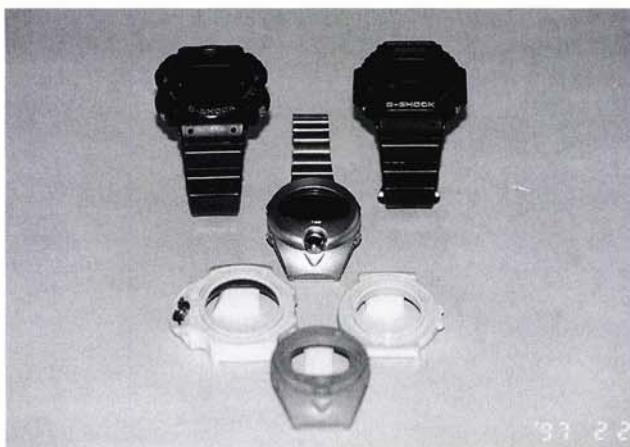
(3)ー6は、PC製の地板およびムーブメント、写真(3)ー7はポリアミドエラストマー (TPA)製の時計バンドである。



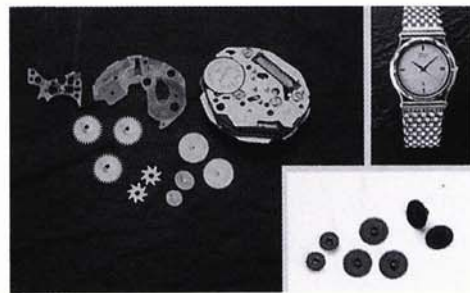
写真(3)ー3 置時計のギア(POM)



写真(3)ー4 腕時計のメカニカルパーツ及びギア(POM)



写真(3)ー5 時計ケース(GF強化PAR)



写真(3)ー6 地板及びムーブメント(PC)



写真(3)ー7 時計バンド(TPA)

時計ケースは、内部の機構部品を覆うため真円性や高いレベルの寸法安定性や、屋外での作業時におけるあらゆる場合を想定し各種薬品や溶液に耐えられる事が求められている。時計の機種によってはケースが直接人の肌に触れるものもあるため表面平滑性が求められる。

時計の心臓部であるモジュール部(液晶部)を保護するため一定の落下衝撃試験・強度試験等にも耐えるような高い剛性が求められる。

地板やムーブメントは、精密な動きを安定して保つため、寸法精度が良く、高い剛性・強度を示すPCが採用されている。

ヤング層には、軽くてカラフルな時計バンドが歓迎される。夏場や冬場を通して硬さの変わりにくいポリアミドエラストマー(TPA)もPVCやポリウレタンとともに時計バンドに使用されるようになっている。

## ●双眼鏡

最近、屋外レジャーの一つとしてバードウォッチングが流行している。また、古くから観劇の一つとしてオペラ鑑賞がある。これらバードウォッチングやオペラ鑑賞には、軽くて操作性に優れた双眼鏡が求められる。

写真(3)－8は、GF強化PAMXD6製の双眼鏡である。双眼鏡の鏡筒部は、高い寸法精度（含む真円度）と寸法安定性が必要である上、レンズを固定するため高い剛性が必要である。従来は、アルミや亜鉛ダイキャストが使われていたが、金属に近い線膨張係数を有しPAとしては低い吸水性（寸法安定性）を示す高剛性のGF強化PAMXD6が採用された。



写真(3)－8 双眼鏡(GF強化PAMXD6)

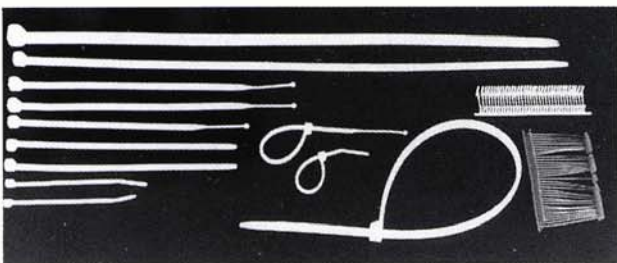


## (4) 産業機械

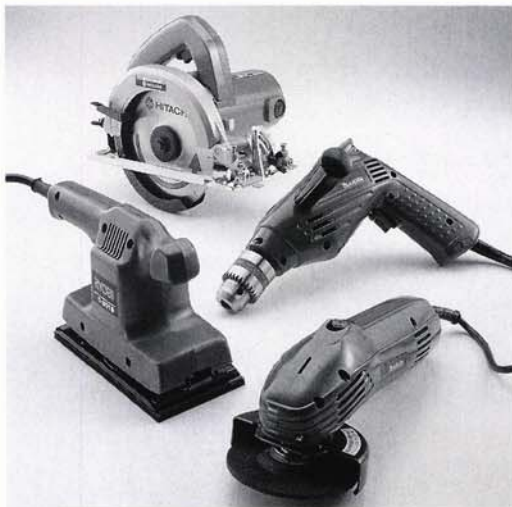
産業機械の発達により生産性は向上し、肉体的労働からも解放されつつある。OA・FAをはじめとする自動化ラインの充実にもエンプラは貢献している。さらに、軽薄短小の流れを考えると機器の小型化、高密度化が進み、使用する材料の耐熱性の要求が高まる中でエンプラの重要性は増している。

### ●結束バンド

PAの柔らかさ、スナップフィット性、耐熱性、耐油性、薄肉成形が可能であること、成形時のハイサイクル性を活かした結束バンドへの採用例を写真(4)－1に示す。柔軟で粘り強く、結束作業に優れており、電気機器および自動車の配線を結束する場合にもちいられる。このPA製の結束バンドは組み立ての工数削減に役立っている。



写真(4)－1 結束バンド(PA)



写真(4)－2 電動工具ハウジング(GF強化PC)

### ●電動工具ハウジング

建築作業といえば昔はノコギリ、カンナ、キリ、ノミが使われていたが、最近では電動工具が使用されるようになった。

そのハウジングは当初アルミダイキャストであったが軽量性、電気絶縁性、衝撃強度、経時的寸法変化がなく、外観が優れているGF強化PCやGF強化PAが使われている。

写真(4)－2はGF強化PC製の電動工具ハウジングを示す。電動マルノコ、ドリル、サンダー、グラインダー等に採用されている。

### ●チェーンソーハンドル

伐採作業には昔はノコギリが使われ作業時間がかかっていた。最近ではチェーンソーが使われるようになり、軽量化のため樹脂化が進んできた。

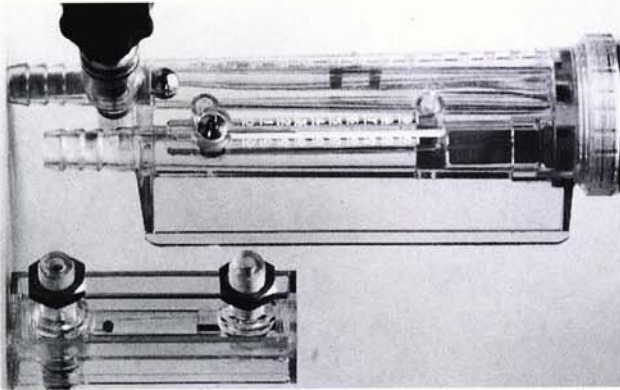
高剛性、耐衝撃性、耐オイル性等が優れたGF強化PAが使われている。(写真(4)－3)



写真(4)－3 チェーンソーハンドル(GF強化PA)

### ●フローメーター

フローメーターはどんな化学プラントにも必ずある。このフローメーターには透明PAが使われており、中味が見えるのが特長である。むろんPAであるので耐薬品



写真(4)ー4 フローメーター(透明PA)

性、耐熱性は良好である。また、ガラスと比べ非常に軽く、割れにくい。(写真(4)ー4)

## ●ガス器具

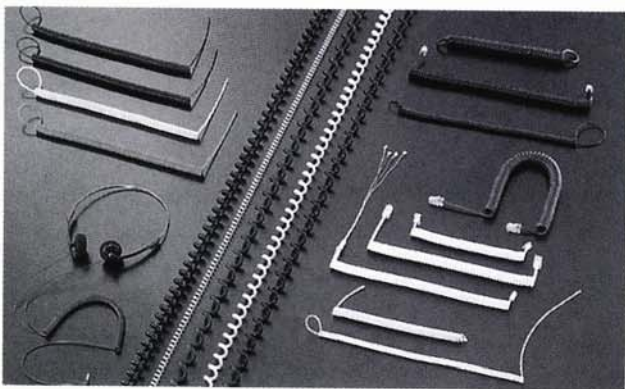
外国ではガスメーターは交換頻度が12～30年で長期に亘った信頼性が要求される。

従来は金属が使われていたが、POMはガスによる耐食性に優れ、物性バランスがとれているため、ガスメーター本体およびダイヤフラムに使用されている。

ガス減圧器ではオリフィス管にPOM、またディスクホルダーにはPOMとの摺動特性に優れたPA66が使わ



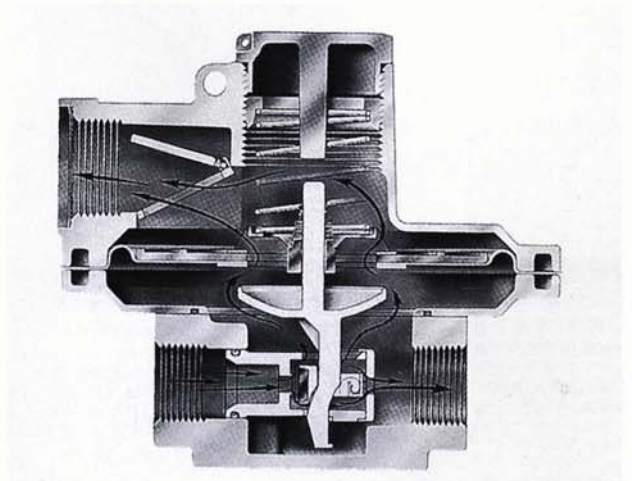
写真(4)ー6 エアーチューブ(PA11)



写真(4)ー7 カールコード(TPC)



写真(4)ー5 A ガスメーター本体(POM)



写真(4)ー5 B ガス減圧器(POM、PA66)

れている。(写真(4)ー5 A、5 B)

## ●エアーチューブ・カールコード

軽量化、リサイクルなど市場からの強い要求に対応する形で塩化ビニール系、ゴム系、ウレタン系からの代替が進んでいる。PA11およびポリエステルエラストマー(TPC)は柔軟性、強靱性に富み、バネ特性が優れているため採用されている。写真(4)ー6はPA11製エアーチューブ、写真(4)ー7はTPC製のカールコードを示す。

## ●太陽電池ハウジング

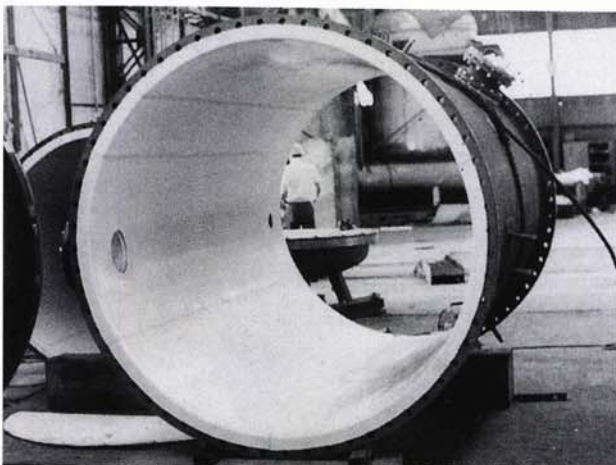
耐薬品性、耐候性を付与した透明性に優れた PC が太陽電池ハウジングに使われている。写真(4)－8はその例である。



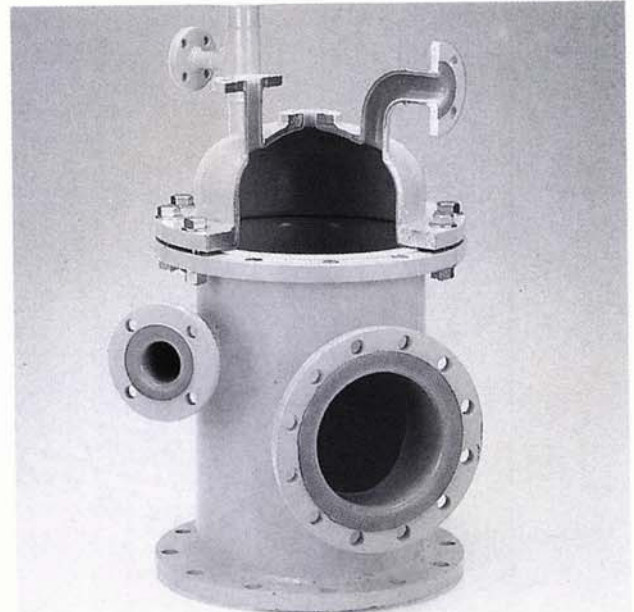
写真(4)－8 太陽電池ハウジング(PC)

## ●化学機械のライニング

化学工業は永年多くの腐食問題を抱えてきたが耐食性に優れた PTFE シートとガラス布のラミネートが完成し、また、PTFE 同士の溶接も可能になったことで写真(4)－9のような大きな缶体のライニングが現場施工できるようになった。さらに最近になって、静電塗装法やロートライニング法によって、ライナーの厚肉化が PFA や ETFE で可能となったもので写真(4)－10のような技管の付いた複雑な缶体もライニングできるようになった。



写真(4)－9 耐食シートライニング(PTFE)



写真(4)－10 耐食ロートライニング(PFA/ETFE)

## ●水道管粉体コーティング

写真(4)－11に、水道管への PA12 の粉体コーティングの用途例を示す。主に流動浸漬法によりコーティングし、防錆に優れ、また密着性、耐熱耐候性、耐水性が評価されている。

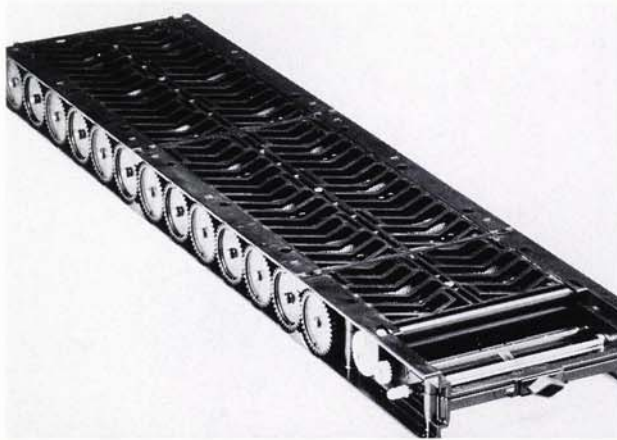


写真(4)－11 水道管粉体コーティング(PA12)

## ●写真現像機フィルム搬送用ラック

数年前は1日以上かかった写真の現像も、わずか1時間程度のスピード現像が可能となった今日この頃である。写真の現像機に写真(4)－12の変性 PPE 製のフィルム搬送用ラックが採用されている。従来金属が使用されていたが、無機酸および無機アルカリに耐え、～120℃の耐熱性、反りおよび成形収縮率が小さいという長所を活かし

ている。270×300～450mmのユニットのジョイントで構成されている。

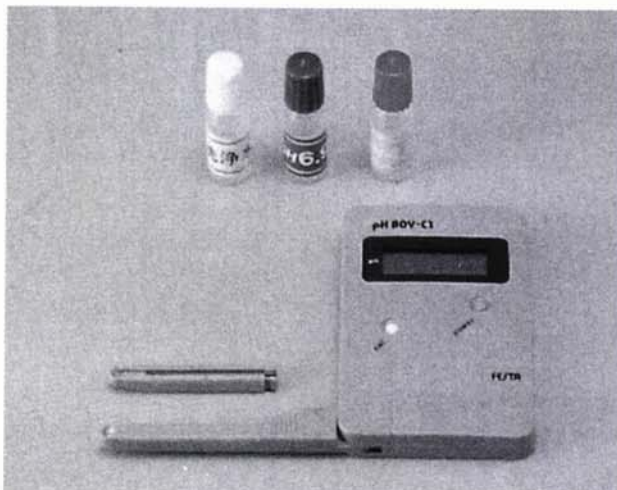


写真(4)‑12 フィルム搬送用ラック(変性 PPE)

### ● pH センサー電極ケース

水質管理に欠かせないものに pH センサーがある。pH センサーの電極は従来ガラス電極が使用されていたが、耐薬品性(酸、アルカリ、油脂)に優れる PPS が写真(4)‑13の pH センサー電極ケースに採用されている。

センサー部にイオン感应性電界効果型トランジスターを採用、電極ケースに PPS 樹脂を使用し、電極部の小型堅牢化・長期の乾燥がない・使いやすく、持ち運びに便利な収納式電極を実現し、微量(数 $\mu$ l)での測定が可能など多くのメリットを生み出した。



写真(4)‑13 pH センサー電極(PPS)

### ●レーザー光集光用マグネット固定部品

光通信、ホログラフィー、臨床医学、あるいは金属の切断など応用分野の広がったレーザーであるが、レーザ

ー関連部品に写真(4)‑14の GF 強化 PPS 製のレーザー光集光用マグネット固定部品が採用されている。

体積固有抵抗 $7.5 \times 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ の絶縁性・使用最高温度 $130^\circ\text{C}$ 、 $130^\circ\text{C}$ 曲げ弾性率約 $0.5\text{GPa}$ の高温剛性、 $1.57\text{mmV-0}$ の難燃性、 $\pm 15\mu\text{m}$ の寸法精度を活かして長径 $70\phi$ の部品が作られている。



写真(4)‑14 レーザー光集光用マグネット固定部品 (GF 強化 PPS)

### ●光電センサー

種々の測定機に写真(4)‑15に示す GF 強化 LCP 製の光電センサーが使われている。

低圧(約 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ )封止を可能にする流動性・線膨張係数 $2 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 以下の寸法安定性・他樹脂製部品(ケース・レンズ部等)との密着性(溶着)および内部金属部品との密着性が良好等の長所を活かして GF 強化 LCP が採用されている。

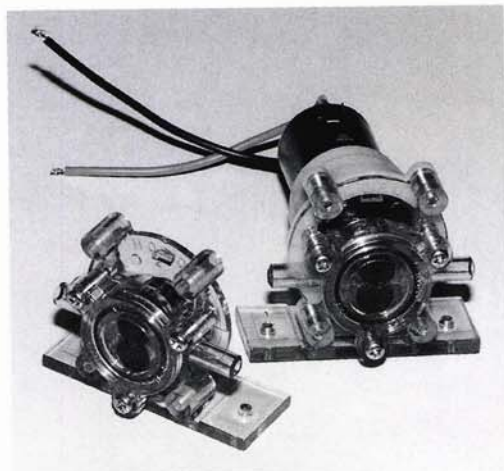


写真(4)‑15 光電センサー(GF 強化 LCP)

## ●ギヤポンプ

液体の輸送に種々のポンプが使用されている。写真(4)–16にハウジングに PES が採用されたギヤポンプを示す。

従来 PA が使用されていたが、PES を採用することにより、昇温時の強度がアップし、70~80℃で吐出量が安定した。また PES の耐薬品性（農業散布用）が良好、透明なため輸液が見える等の長所を活かしている。

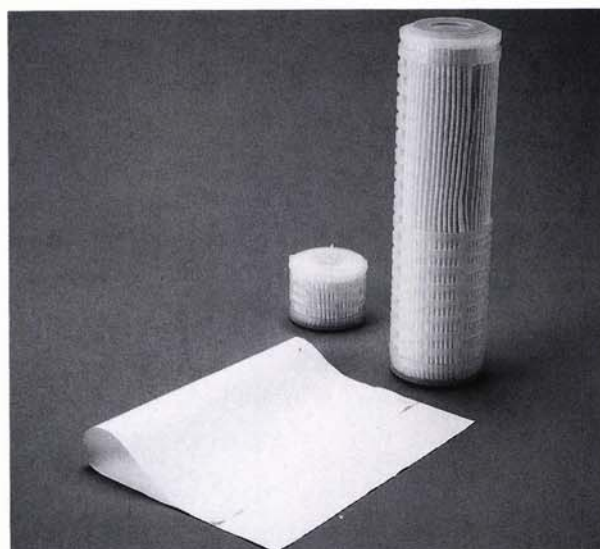


写真(4)–16 ギヤポンプ(PES)

## ●メンブレンフィルター

PES の耐熱性・耐薬品性を活かした例として写真(4)–17のメンブレンフィルターがある。

食品・医療・薬品分野の純水装置に使用するもので、使用温度は60~80℃であるが、フィルターの滅菌処理で121℃30分間のオートクレーブの処理にも耐える必要がある。キャスト成形により孔径0.2~0.5 $\mu\text{m}$ の平膜を作りフィルターに組上げている。



写真(4)–17 メンブレンフィルター(PES)



写真(4)–18 産業用ロボット軸受け(CF強化PEEK)

## ●特殊軸受け

種々の製造業では産業用ロボットが数多く使用されるようになってきている。写真(4)–18に産業用ロボットの軸受けとして採用されているCF強化PEEKを示す。

過酷な作業環境に耐える耐熱性、耐摩耗性が良好、摩擦係数が低い等の長所を活かしている。

## (5) 土木・建築

いま、土木・建築分野は変革期を迎えている。土木工事は、自然との調和、人手不足解消の一貫として省力化、3K除去が言われている。一方建築は、高機能化、美観・デザイン性を付加することによって快適な居住性が追求されるようになった。土木資材・建材に使用されるプラスチックは多いが、エンブラは高価なこともあり、量的にはまだ少ない。しかし、その優れた強靱性、耐候性、難燃性、耐食性、成形加工性、着色性、軽量性等が巧みに使用されることによって上述課題が随所で解決されている。以下にその実例を挙げる。

### ●粉塵防止

リサイクル法の施行に伴い、建設残土の低減の要請が社会的に強まっている。残土を利用した道路の建設（土質安定処理工法）が今後増大していくものと思われる。この工法には、土質安定剤としてセメントや石灰が使用され、その散布時に粉塵が舞い上がって周辺住民の環境を悪化させたり、現場作業員から3K呼ばわりされていた。セメントや石灰の中に繊維化し易いPTFEを500ppm程度分散させ、特殊処理すると、肉眼では見ることの出来ない微細な蜘蛛の巣状ネットが形成され、セメント

や石灰粉末を捕捉する。発塵は99%以上抑制される。写真(5)－1は、道路建設時にセメントや石灰が散布されているものであるが、PTFE処理品と非処理品では粉塵の舞い上がる様子が大きく異なる。

### ●ガス管リフォーム用ライニングチューブ

地下に埋設されて幾年も経ったガス管からガス漏れを予防するために、埋設されたままの状態でも補強する省力工法が強く望まれていたが、管の一部を掘り出すだけで、接着剤を塗布したチューブで治具を使ってガス管内壁をライニングできるようになった。写真(5)－2は、ポリエステルエラストマー（TPC）が合成繊維ジャケットに塗布されてできた、柔軟性に富んだ薄いチューブである。地震多発地帯のガス漏れ予防対策やビル内のガス管の補強、また下水道管への侵入水防止対策に用途を拡大している。

非処理品



処理品



写真(5)－1 道路建設事例

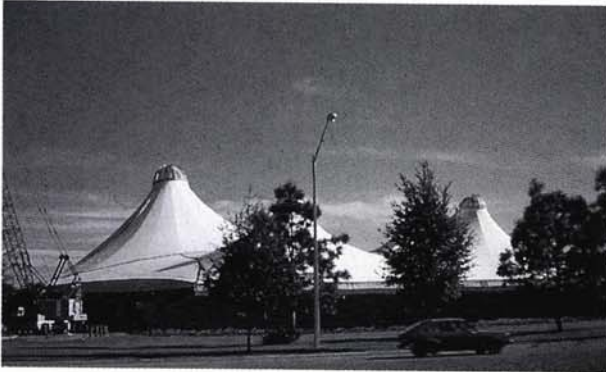


写真(5)－2 ガス管内張り用チューブ(TPC)

### ●膜構造建築物

後楽園の東京ドームの屋根膜材は、ふっ素樹脂コーティングのガラス繊維布が採用されている。その理由は20年間保証の耐久性、外観の美しさ、不燃性（建築基準法第2条第9号）、機能性、内部空間の明るさである。空気

膜構造は東京ドームに代表されるが、最近ではサスペンション膜構造（写真(5)－3）、骨組膜構造も取り入れられ、膜の曲面によって環境にマッチした美しい景観を創り出している。スポーツ施設、展示場、アーケード等に普及している。



写真(5)－3 サスペンション膜構造(ふっ素樹脂)

### ●高速道路の側面板（遮音壁）

都心を走る高速道路は、不透明で何の表情もない側面板で囲まれ、その中を走る車に乗る人、またその外に生活の拠点を持つ人から、何かと物議をかもしている。

この側面板にエンボス加工をした透明なポリカーボネート樹脂を使用することにより、道路近くで生活する人の日照権の問題の解決、ドライバーの感情安定性に寄与している。耐衝撃性に優れ、光線透過率75%以上というポリカーボネートならではの用途であろう。



写真(5)－4 高速道路の遮音壁(PC)

### ●駐車場アーケード

ポリカーボネート製屋根パネルは、透明性、耐候性に加え、ガラスやPMMAよりも高い衝撃強度を持つため、長期に亘って信頼性が得られる。写真(5)－5は、玄関先の駐車場アーケードで屋根の透明性が解放感を醸し出している例である。



写真(5)－5 アーケード(PC)

### ●プールの屋根

写真(5)－6 A、Bは、屋内プールの屋根にポリカーボネート製シートが使用された例である。透明性と耐衝撃性の優れたPCを使用することにより、曲面採光窓の設計が可能となり、ゴージャスな雰囲気醸し出されている。

PCシートの採用により、建設時の施工性(軽量性、曲面加工のし易さ、穴あけ等の二次加工性)が大幅に改善され、ガラスに見られない特長を発揮している。



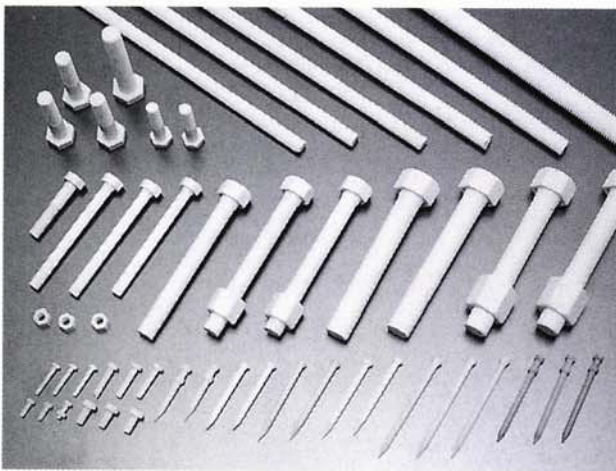
写真(5)－6A 屋内プールの屋根(PC)



写真(5)-6B 屋内プールの屋根(PC)

### ●ボルト・ナット・釘

写真(5)-7は、GF強化PAからできた各種ボルト・ナット・釘である。従来の使用されていた金属に比較して、耐食性・防錆性に優れているため、化学工場や塩害の酷い地域で採用されている。また金属に比較して熱伝導率が小さく、着色性もあるため、室内での結露対策にも効果がある。

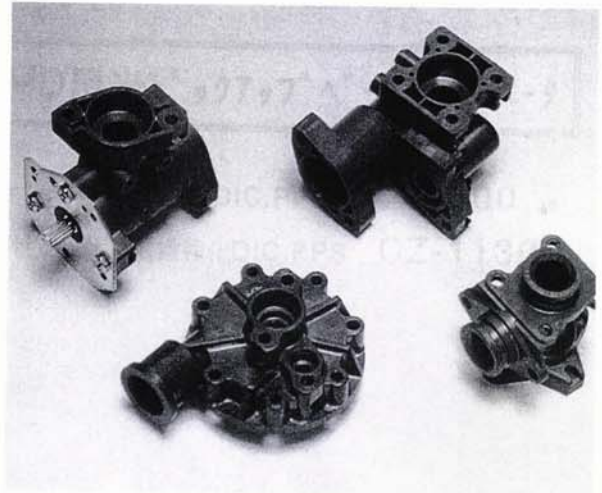


写真(5)-7 各種ボルト・ナット・釘(GF強化PA)

### ●給湯機器

給湯機器の部品には、多くのエンプラが使用されている。写真(5)-8に示す配管継手、バルブには、PPSが使用されている。剛性も高く、耐熱性、耐油性、耐薬品性に優れていることが採用の理由である。

写真(5)-9は、給湯用の熱水混合栓である。ポリアセタール樹脂の耐摩耗性、耐水性、耐熱性などを生かした用途である。POMも配管部品、ポンプ部品等に使用されている。



写真(5)-8 配管・バルブ(PPS)



写真(5)-9 熱水混合栓(POM)

### ●ポンプ部品

従来金属が使用されたポンプ部品にも多くのエンプラが使用されている。プラスチック化により軽量性、防錆性などの効果が発揮される。写真(5)-10は、変性PPE樹脂の給湯器ポンプの用途例である。変性PPEの低吸水性、機械的特性、耐熱性、耐熱水性、寸法安定性等の特長を生かした用途である。



写真(5)-10 給湯器ポンプ(変性PPE)



## (6) 医療機器

日本人の平均寿命が80才を越え、急速に高齢化社会へと進んでいる現在、医療分野でのプラスチックの進出には目を見張るものがあり、今日の医療は、プラスチックなしでは考えられないとさえいわれている。プラスチックがこの分野に使われている最大の理由は、他の材料に比較して生体との反応性が低いこと、無毒・無菌で、強く、高透明なこと等が挙げられる。もちろん、実際に使用されているプラスチック材料の安全性も十分に調査されており、発癌性を始めとして、種々の毒性試験を実施した問題のない材料が選択されている。

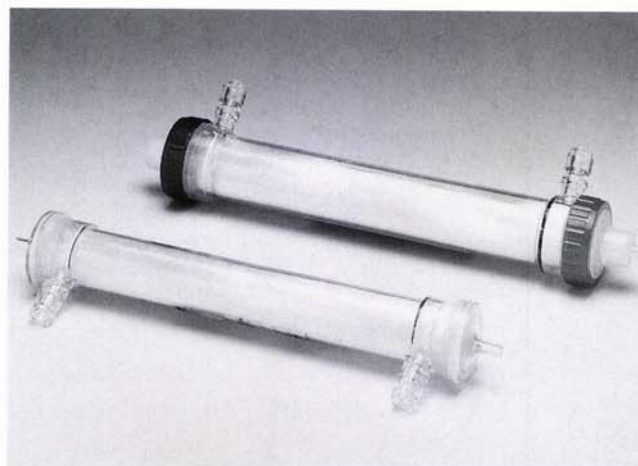
医療機器に使用されるプラスチックの代表的なものには、PP（ポリプロピレン）製ディスポーザブル注射筒、PVC（ポリ塩化ビニール）の輸血セット、ギブス、及びPA（ポリアミド）縫合糸等がある。医療用エンブラとして注目されているものとしては、PC（ポリカーボネート）、PSU（ポリスルホン）、PES（ポリエーテルスルホン）及びふっ素樹脂等が挙げられる。

これらは、EOG（エチレンオキサイド）ガス、スチーム、 $\gamma$ 線等による滅菌に対応できるので、採用されてきた。

### ●人工腎臓

人工腎臓のケースは、耐スチーム性、透明性、無毒性、耐衝撃性を活かしたPCの代表的な用途である。以前からAS（アクリロニトリル-スチレン）樹脂が使用されているが、スチーム滅菌に対してはPCが採用されている。更に最近、 $\gamma$ 線滅菌方式での使用も増加しており、PCT（プレッシャークッカーテスト）や $\gamma$ 線による変色に耐えるPC等が採用されてきている。（写真(6)－1）

一方、人工腎臓の中空糸素材として、耐 $\gamma$ 線滅菌、耐スチーム性、加工性、及び無毒性に優れたPSUが、グローバルに普及している。



写真(6)－1 人工腎臓(PC)

### ●人工心肺

手術の時の補助器具として必要な、血液酸素化装置にPCが使用されている。透明性、無毒性に加えて、プラスチックの設計の自由さ、加工のし易さが活かされた用途である。（写真(6)－2）



写真(6)－2 血液酸素化装置(PC)

## ●目薬容器

目薬容器には、主に PC が使用されているが、最近、水蒸気バリアー性、耐紫外線性等の耐候性を活かして、PAR（ポリアリレート）もこの分野に使用されている。

(写真(6)－3)



写真(6)－3 目薬容器(PAR)

## ●歯科用器具

歯科の治療用器具として、耐薬品性、耐加水分解性、耐久性、FDA 適合等の理由で、非強化の PES が使用されている。(写真(6)－4)



写真(6)－4 歯科用器具(非強化 PES)

## (7) 保安部品

人間が社会生活をしていく際には、いろいろな危険を体験することがある。これらの不測の事態から身体を守るものとして保安部品は重要な役割を担っている。このような目的から保安部品には、耐衝撃性、耐熱性、耐薬品性等の特徴を持つ材料が使用されている。

具体例を示しながら、この分野での代表的用途を紹介する。

### ●ヘルメット

PCの耐衝撃性を生かした用途である。FRP製の物に比較して高価であるが、外観が良好であり、電気特性が非常に優れているため電気工事用のヘルメットは、PCの使用が義務付けられている。

また、二輪車用のヘルメットは、成形上アンダーカットを生じるため無理抜きのできるPCが使用されている。他のエンブラとしては、耐衝撃性PAも一部使用されている。(写真(7)-1)



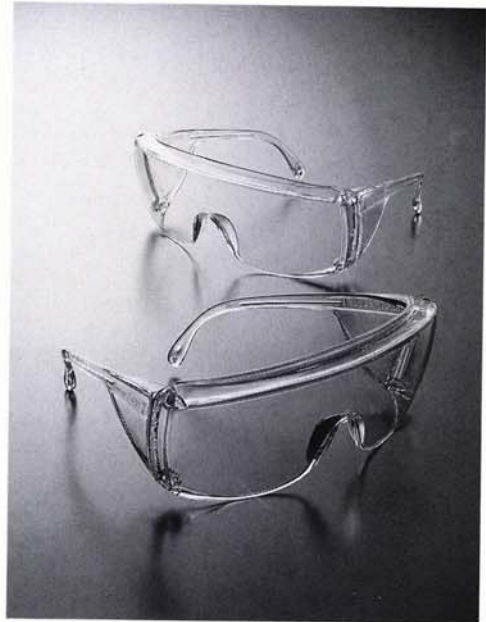
写真(7)-1 ヘルメット(PC)

### ●保護メガネ

実験中、特に化学薬品を取り扱う場合、薬品の飛散により、思わぬ事故が発生することがある。

このような事故を防止するため、PC製の保護メガネが使用される。(写真(7)-2)

ポリカーボネート樹脂の透明性と耐衝撃性を生かした用途である。ガラス製の保護メガネのように破損することなく安心して使用できる。



写真(7)-2 保護メガネ(PC)

### ●信号灯体

交通の安全を守る最も大事なものに信号がある。これにもエンブラが使用されている。信号灯体にはPCが使用されている。(写真(7)-3)

従来材料は、当然金属であるが、PCの耐候性、強度、軽量性、防錆性等を生かして使用されている。

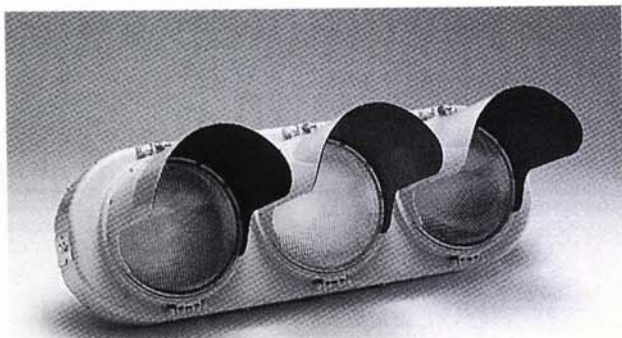
信号灯本体と同様に、信号灯用レンズにも使用されている。

### ●反射板

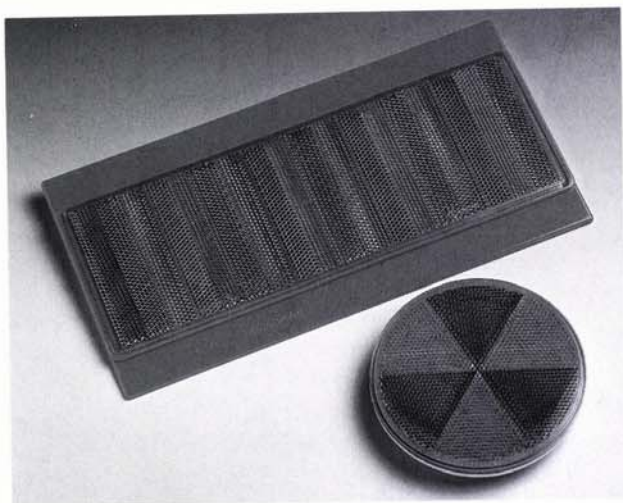
交通の安全のための部品として、高速道路や一般道路で種々の形状の反射板を見かけるが、この反射板にもエ

ンブラが使用されている。

ディレニエーターと呼ばれる道路用の反射板は、屋外で使用されるため耐候性が要求される。また、一部は道路の表面に設置されるため、耐久性、耐衝撃性等も必要となる。ポリカーボネート樹脂の耐候性、耐衝撃性が生かされた用途である。製品の裏面には、多数のダイヤカットが付けられており、射出成形のしやすさも要求される。成形性、透明性、着色性、光の反射特性なども採用の理由となっている。



写真(7)－3 信号灯体(PC)



写真(7)－4 道路用反射板(PC)

## (8) 容器包装・器具

容器包装・器具の用途の大部分には、ポリオレフィン、ポリスチレン等の汎用熱可塑性樹脂が使われており、近年プラスチックが飛躍的に伸びた土台となった用途である。

プラスチックが容器・包装分野で使用されている理由としては、軽量性、強度、防汚染性、安価な事等がある。中でも食品包装の用途が多く、これに関する規制は、食品衛生法によっている。現在、プラスチックの規格は、一般規格と個別規格に別れており、前者は全ての樹脂に共通の物であり、後者はある限られた樹脂に個別に規定されている。個別規格のある樹脂は清涼飲料水に使用可能である。

国の規定では、上記の通りであるが、日本ではこの他に関係業界が独自に自主規制を定めている。エンブラの多くは、ポリオレフィン等衛生協議会（ポリ衛協）に基ポリマーとして登録されている。

エンブラが食品包装の用途に使用される理由は、以下の特徴を有していることによる。

- ①ガスバリアー性
- ②耐熱性
- ③非粘着性
- ④強靱性

一般に食品包装用途に多く使用されているポリオレフィン等は、酸素等のガス透過性が大きく、容器包装の内容物（保存期間）に問題を生じることがある。

従って、各種ポリアミド、EVOH（エチレン-ビニルアルコール共重合体）、LCP等のガスバリアー性の優れたポリマーをポリオレフィンにブレンドするかラミネートすることにより、ガス透過性を小さくし、容器包装の付加価値をあげることが行われている。各種プラスチック製フィルムのガス透過性を表(8)－1に示す。

実際にはポリアミド6あるいはポリエステルの二軸延伸フィルムにポリオレフィンをラミネートしたフィルム、

及びエンブラとポリオレフィンを製膜時に積層する共押し多層フィルムが広く使用されている。

次項に容器包装用途の実例を示す。

### ●食品包装袋、シュリンク包装、深しぼり包装

エンブラ樹脂フィルムのうち、ナイロンフィルムは食品包装用途に多く使用されている。強度が特に優れているので、破袋事故が少なく、真空包装・液体包装・ガス充填包装等が可能になった。

これら包装袋は、ナイロン延伸フィルムにシーラントとしてポリエチレン等をラミネートして製袋される。また、未延伸共押しフィルムも使用されている。

この他、深絞り性にも優れていることを利用して肉厚シートをトレー容器に近い形に真空成形してハムソーセージ等の包装に使用している。(写真(8)－1)

また予め延伸したフィルムに内容物を詰め、その後熱処理することによりフィルムをシュリンク（収縮）させて、内容物にきっちりフィットさせて包装するシュリンク包装も伸びてきた。用途的には、肉類の包装に多く使用されている。包装用素材としては、PA6、PA66及び共重合ポリアミド等が用いられている。

近年のスーパーやコンビニエンスストア等の食品流通機構の発展は、これら食品包装形態の多様化や包装資材の進歩に支えられて来たといっても過言ではない。

### ●ミネラルウォーターボトル

ポリカーボネートの衛生性、透明性、強度が生かされた用途としてミネラルウォーターボトルがある。

水プームの中で様々な水の容器として、またリサイクル、リユース可能な容器としてマーケットが広がろうとしている。(写真(8)－2)



写真(8)ー 1 食品包装袋(PA)

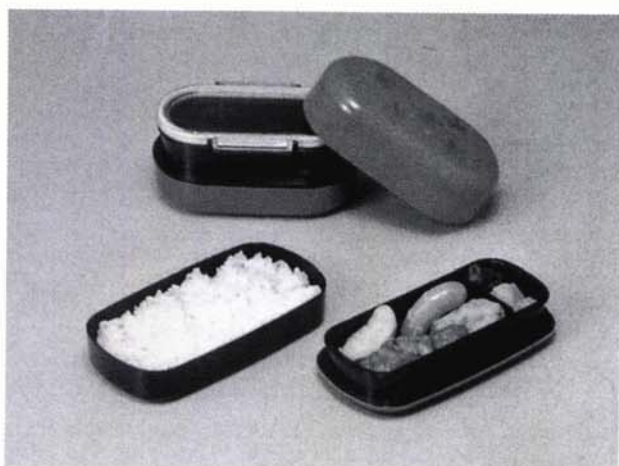


写真(8)ー 2 ミネラルウォーターボトル(PC)

表(8)ー 1 各種フィルムのバリアー性

フィルムの種類	ガス透過度 <sup>a)</sup> (cc/m <sup>2</sup> -24hr-atm/25 $\mu$ m)			透湿度 <sup>c)</sup> (g/m <sup>2</sup> 24hr/25 $\mu$ m)
	炭酸ガス	窒素ガス	酸素ガス	40 $^{\circ}$ C、90%RH
LDPE	42,500	2,800	7,900	24~48
HDPE	9,100	600	2,900	22
無延伸PP	12,600	760	3,800	22~34
二軸延伸PP	8,500	315	2,500	3~5
PVDCコート二軸延伸PP	8~80	8~30	<16	5
普通セロハン	6~90	—	3~80	>720
PVDCコートセロハン	—	11~16	15 <sup>a)</sup>	<12
ポリエステル	240~400	14	95~130	20~24
無延伸ナイロン	160~190	—	40	240~360
二軸延伸ナイロン	—	—	30 <sup>b)</sup>	90
PVDCコート二軸延伸ナイロン	—	880	10 <sup>b)</sup>	4~6
PS	14,00	790	5,500	110~160
PC	17,000	30~80	4,700	170
PVC	320~790	2~23	80~320	5~6
PVDC (VDC-VC共重合体)	60~700	—	10~110	3~6
PVDC (VDC-MA共重合体)	—	—	1.5 <sup>b)</sup>	1
EVOH (EVAケン化物)	—	—	2 <sup>b)</sup>	30
OV (PVDCコート二軸延伸PVA)	—	—	3 <sup>b)</sup>	4
PAMXD 6 (ポリm-キシリレンアジバミド)	—	—	4 <sup>b)</sup>	23
PAN (ポリアクリロニトリル)	—	—	5 <sup>b)</sup>	20

注 a) PVDCコートの値はコート剤の種類、量により異なる。  
 ガス透過度の測定条件および測定法：25 $^{\circ}$ C、50%RH、ASTM D 1434-66。  
 b) 27 $^{\circ}$ C、65%RH、同圧酸素電極法  
 c) ガス透過度および透湿度はすべて厚さ25 $\mu$ mに換算した値。



写真(8)－3 弁当箱(PBT)

### ●弁当箱

食器にもエンプラが使用されている。使い捨ての用途では、高価なエンプラは使用されないが、繰り返し使用されるような場合にはエンプラが採用されている。特に、電子レンジ、電気オーブンで再加熱する場合には、耐熱性が必要になるため多くの耐熱性エンプラ製食器が開発されている。PBT製の弁当箱は、耐熱性と良塗装性が生かされた用途である。(写真(8)－3)



写真(8)－4 調理器具コーティング(ふっ素樹脂)

### ●調理用のコーティング

次に、ふっ素樹脂特有の性質である非粘着性を利用したものととして調理器具のコーティングがあげられる。この用途は、ふっ素樹脂の特長である耐熱性、非粘着性、化学的に不活性(耐薬品性良好)であることを利用した用途である。(写真(8)－4)

### ●食品工業ロール等

ロールカバーは、熱収縮チューブに熱風を吹き付けてロールにフィット・固定させただけの単純なものであるが、その用途の広い事は驚く程である。ふっ素樹脂の持つ優れた非粘着性と溶剤・腐食性薬液に対する抵抗性が食品・繊維・印刷分野において機械の保全費の節約、製品品質の向上、材料ロスの減少に大いに役立っている。(写真(8)－5)



写真(8)－5 ロールカバー熱収縮チューブ(FEP)

## (9) 日用品

近年、我々の日常生活には種々な製品が浸透し、その中に占めるプラスチックの割合は年々増加している。これらの製品は、主として汎用熱可塑性樹脂が使用されているが、なかにはその優れた特長を活かしてエンブラが使われている例が少なくない。以下に具体例を挙げながら、この分野におけるエンブラの用途例を述べる。

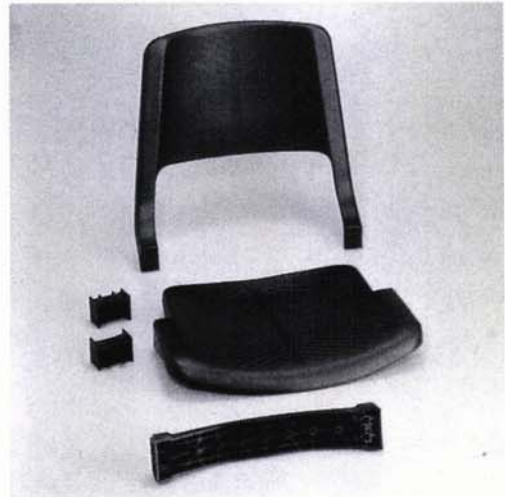
### ●事務机・椅子

事務用机・椅子も、以前の均一的デザインから、事務をする人の使いやすさを意識し、デザインに工夫を凝らし、より心地よく、強く、美しくというものになりつつある。このような中で、機械的強度に優れたGF強化PA66、GF強化PETおよびPBTが、デザインの自由度、外観、および感触等の特長を活かし、従来の金属からの置き換え、或いは新規の採用を広げている。

良く使用されているのは、5本脚の事務用回転椅子である(写真(9)ー1)。脚部にはGF強化PA66、背と座の連結部分にはGF強化PETが使用されている。なおこの椅子の内部の機構部品にはPOMが、その機械的強度と摺動特性を活かして採用されている。写真(9)ー2は、



写真(9)ー1 事務用椅子(GF強化PA66、GF強化PET)



写真(9)ー2 椅子トラバース(GF強化PBT)

椅子のトラバースに使用されている例である。剛性、靱性、耐久性、寸法安定性に加えて、組み立て時の効率化のためのセルフタップが要求され、GF強化PBTが採用された。

またスタッキングチェア(積み重ねできる椅子)にも、最近GF強化PA(6+66)が採用された(写真(9)ー3)。回転椅子に比べ、荷重および振動が分散し難く、脚が折れると事故につながりやすい、といった理由で金属



写真(9)ー3 スタッキングチェア(GF強化PA)

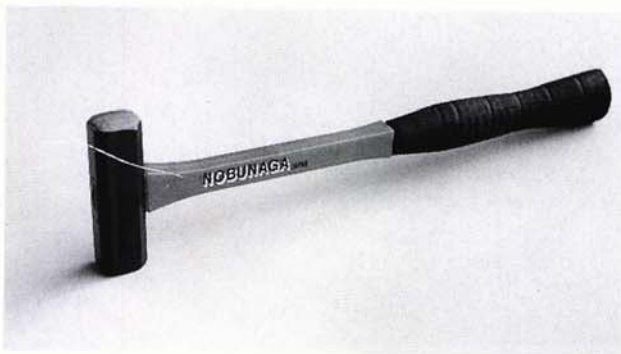


が主流のままであった。自動車部品やスポーツ用品分野で強靱性や耐衝撃性の実績が認められ、かつCAE(コンピュータ支援エンジニアリング)も含めた十分な検討を重ねた結果、エンブラの採用に至った。

## ●ハンマー

ハンマーも、以前の金属と木の組み合わせから、把手部分に樹脂が使われ始めている(写真(9)ー4)。

ハンマー把手部分の上部には、金属に比べて錆びない、軽い、木に対しコストダウンになる、等の理由で、GF強化PA6が採用されている。



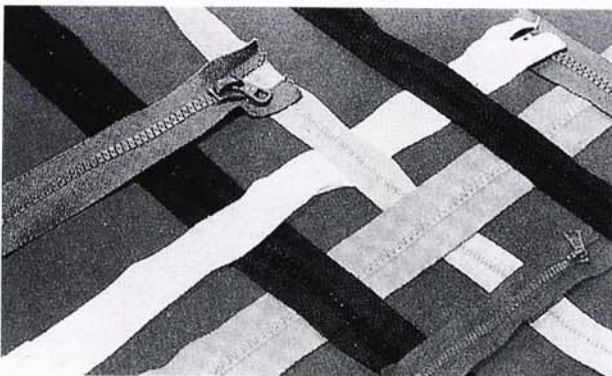
写真(9)ー4 ハンマー(GF強化PA6)

## ●ファスナー

ファスナーは、初めは金属であったが、近年はPOM、PET、PA等が使用されている。

錆びないこと、自由に着色ができカラフルであること等、エンブラ製のファスナーは優れた点が多い(写真(9)ー5)。

なお、東京ドームの人工芝の接合にもエンブラ製のファスナーが使われていることをご存知の方は少ないであろう。



写真(9)ー5 ファスナー(POM、PET、PA)

## ●バックル

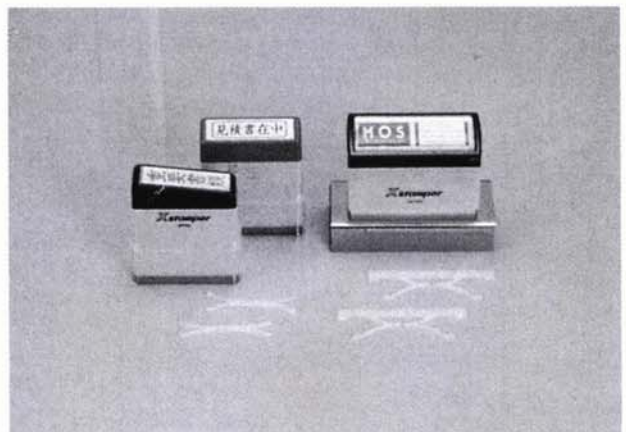
リュックサック、ポーチ等に使用するベルトバックルには、本体やベルトに対し色彩的にコーディネートさせた着色品が増えてきている。このバックルにエンブラが採用されている。金属に対し、機械的強度の他に軽量や着色性等のメリットから、POMやPAが使われている。POMの使用例を写真(9)ー6に示す。POMのバネ特性や摺動性の良さを利用して、スナップフィットタイプのバックルが可能となり、ベルトの着脱が飛躍的に容易となってきている。



写真(9)ー6 ベルトバックル(POM)

## ●事務用文具

写真(9)ー7のようなビジネス用スタンプに、POMが使用されている。業務用は使用条件が過酷で、繰り返しの往復に耐える疲労特性、バネ特性、摩擦摩耗特性が要求される。しかも、バネとともに構造体も一体で成形す

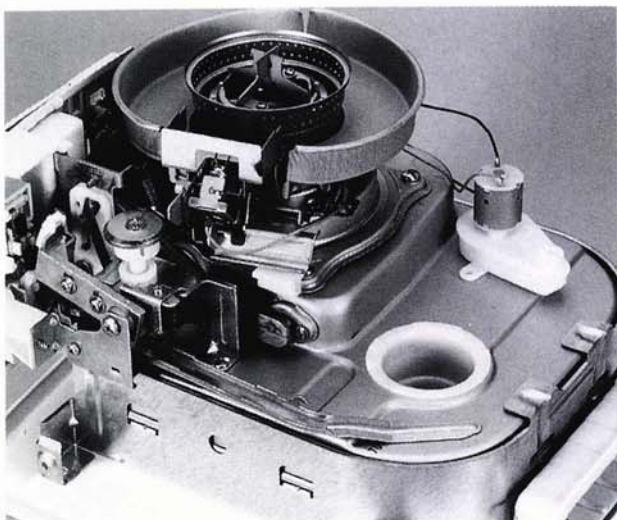


写真(9)ー7 ビジネス用スタンプ(POM)

る必要があり、成形加工性も同時に要求される。これらを満足するプラスチックとして、POMが採用されている。

## ●石油ストーブ

良くみるとこんな所にもエンブラが使われているのか?と思われる使用例の一つに、石油ストーブの部品がある。石油ストーブの耐震装置、タンク受け、吸引ファンケース等には、その剛性、摺動特性、耐灯油性、加工工程の合理化によるコストダウン等により、POMが採用されている。(写真(9)－8) POMは写真の白部分。



写真(9)－8 石油ストーブ部品(POM)

## ●簡易ライター

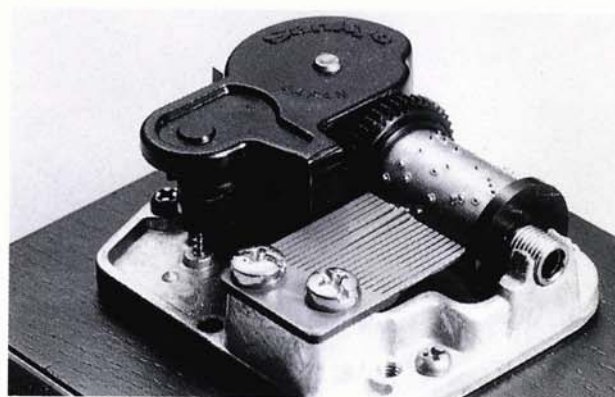
簡易ライターが安価になりここまで普及したのは、プラスチックが大きく貢献している。

この簡易ライターで中で、重要な役割を果たすノズル部品、リング等の部品には、そのバネ特性、耐アルコール性等を活かしてPOMが使用されている。(写真(9)－9)

## ●オルゴール

オルゴールへのエンブラの使用例として、ギアがある。(写真(9)－10)

従来の金属のプレスギアに対し、軽量化、組み立て合理化によるコストダウン、錆びない、等が評価され、高剛性で摩擦摩耗特性の良いPOMが採用されている。

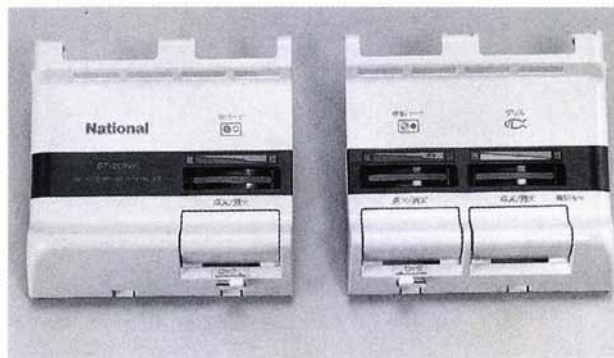


写真(9)－10 オルゴールのギア(POM)

## ●ガステーブル

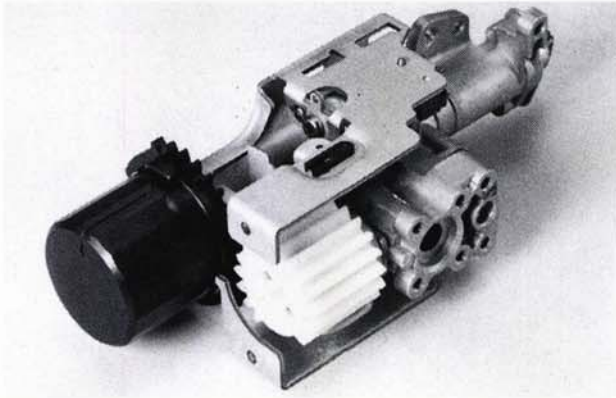
熱可塑性プラスチックにとって過酷な用途であるガステーブルにも、エンブラは使用されている。

ガステーブル前面パネルには従来の金属から、剛性、耐熱性、耐薬品性、および耐油性に優れた難燃PBTに置き換わってきている。錆びないパネルになることや加工工程の簡略化によるコストダウンになることも、採用の理由になっている。(写真(9)－11) また炎調節つまみには、摺動特性および剛性等を活かした難燃PBTが使用されている。(写真(9)－12) 更には、耐熱性、耐薬品性、



写真(9)－11 ガステーブル前面パネル(難燃PBT)

表面良外観などの特長から、写真(9)‑13に示すような把手に、GF強化PETが採用された。



写真(9)‑12 ガステーブル炎調節つまみ(難燃 PBT)



写真(9)‑13 ガステーブル把手(GF強化PET)

## ●歯ブラシ

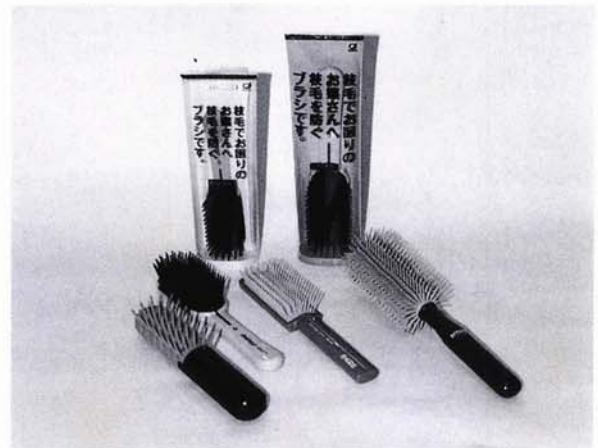
歯ブラシの毛は、以前は豚の毛が使われていた。現在は、PA610、PA612、PBT等のモノフィラメントが使われている。コストダウン、柔軟性、弾性回復率が高いことなどが、採用の理由になっている。(写真(9)‑14)

## ●ヘアブラシ

ヘアブラシも、生活の高度化とともに工夫を凝らした製品になってきている。耐熱性のある熱可塑性ポリエステルエラストマー (TPC) の使用例を写真(9)‑15に示す。熱可塑性ポリエステルエラストマー (TPC) の使用により、一体成形による組み立て工数の削減 (コストダウン) が達成される、肌への感触が柔らかくなる、ドライヤー等の高温にも耐える、といったメリットが出ている。



写真(9)‑14 歯ブラシの毛(PA610、PA612、PBT)



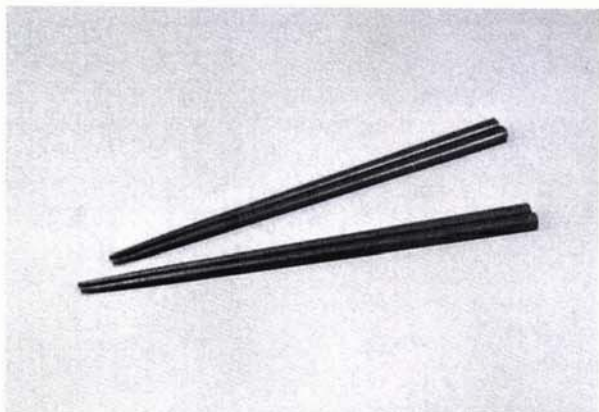
写真(9)‑15 ヘアブラシ(TPC)

## ●箸 (業務用)

業務用箸は、繰り返し使用されることから、厳しい洗浄にも耐える強度は勿論のこと、殺菌のための耐熱性や耐薬品性も要求される。写真(9)‑16のように、PPSが採用されている。

## ●クッション

敷布団、ベット用マット、事務椅子、枕、座席、介護用品に、熱可塑性ポリエステルエラストマー (TPC) のスプリング構造にしたクッションが最近採用されてきている。(写真(9)‑17) スプリング構造体のため通気性に優れ蒸れ難い、剛性があるためクッション性や耐久性に優れている。洗濯後の水切りや乾燥性もよいためクリーンで衛生的なクッション、等の特長で用途が広がりつつある。



写真(9)-16 業務用箸(PPS)



写真(9)-17 クッション(TPC)

## (10) スポーツ・レジャー用品

スポーツは全ての人に愛好されている。プロの選手や若者ばかりでなく、サラリーマンも家庭の主婦さらに高年齢層の人々も健康増進と体力作りに汗を流している。

スポーツに使用される様々な道具に共通していえることは、

- ① 軽いこと
- ② 丈夫なこと
- ③ いつまでも美観を保つこと
- ④ 手入れが不要なこと

などである。

多くのエンブラはこれらの要求を満たしている。軽量化は勿論のこと、低温下でも優れた耐衝撃性と強度、剛性を持っているものが多い。

### ●スポーツシューズ

ソールにウレタンゴムに代わってPA11、12、熱可塑性ポリアミドエラストマーやある種のPOMが採用されている。写真(10)－1は、ミッドソール部分にポリアミドエラストマー(TPA)を使用したランニングシューズである。



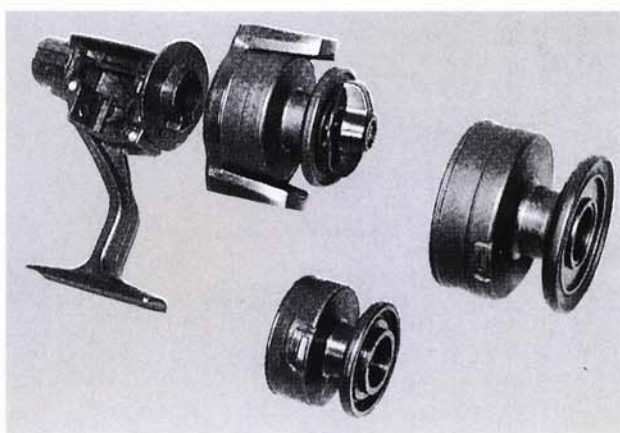
写真(10)－1 ランニングシューズ/ミッドソール部(TPA)

### ●釣り道具

軽量で錆びず、巻き取りがスムーズなフィッシングリール

ールのフレームにエンブラが使用されている。

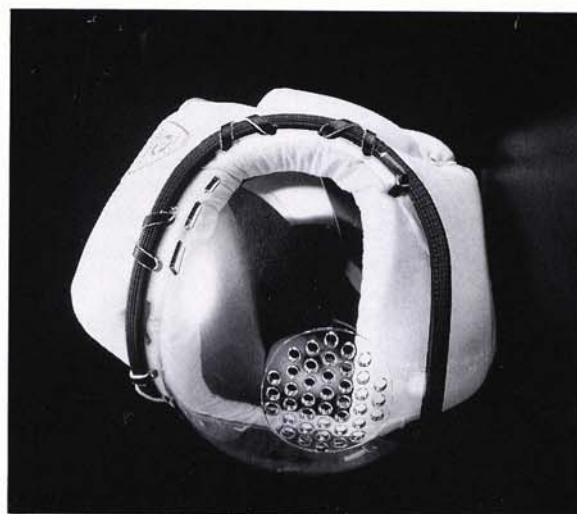
足の長い一般フレームにはGF強化PAが、また太鼓型フレームにはGF強化PETが採用されている。写真(10)－2はPA製のリールを示す。



写真(10)－2 フィッシングリール(GF強化PA)

### ●剣道防具

剣道防具には、繰り返し衝撃に耐え、耐擦傷性、光沢、塗装性に優れたPAが胴防具に使用されている。また面防具には、前面の金属の代わりに、写真(10)－3で示すよ



写真(10)－3 剣道防具(PC)

うなより安全でかつ透明である PC 樹脂が採用されている。

## ●マリンスポーツ

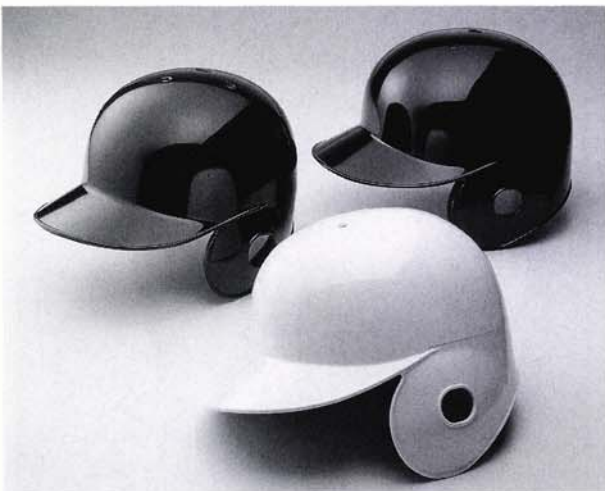
マリンスポーツには、耐候性や防錆性は勿論のこと、荒い波の中でも耐えられるように高強度や耐衝撃性も要求される。またカラフルな塗装も施されるため、耐塗装性(耐薬品性)も要求される。写真(10)－4に、マリンジェットに使用されている PC アロイ製のハウジングを示す。



写真(10)－4 マリンジェット(PCアロイ)

## ●野球

国民的スポーツの代表である野球にも、選手を怪我から守るためエンブラが使われている。野球用ヘルメットに従来の金属製に代わって、写真(10)－5のように、軽量・耐衝撃性に優れた PC が採用されている。



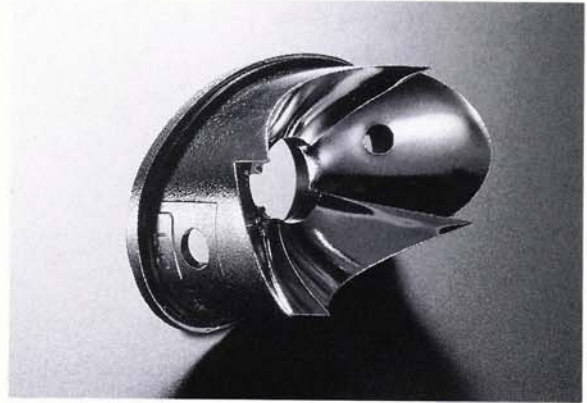
写真(10)－5 野球用ヘルメット(PC)

## ●自転車

自転車にもエンブラが次々と採用されている。自転車の変速機には POM が使われており、それ以外でも次の部品が実用化されてきている。

また、海外ではスウェーデンでプラスチック製自転車実用化されており、45% GF 強化 PET で成形されている。タイヤを支えるリムは GF 強化 PA で、重量を35%以上軽減させた。

競技用自転車はスピードがあり、かなり危険を伴うため、部品には高強度・高寸法精度が要求される。写真(10)－6 A、6 B には、競技自転車用ヘッドランプのランプリフレクターに MD 強化 LCP が使用されている例を示す。



写真(10)－6A 競技自転車用ヘッドランプのランプリフレクター(MD強化LCP)



写真(10)－6B 競技自転車用ヘッドランプのランプリフレクター(MD強化LCP)

# 付 録

## エンプラ関連の熱可塑性プラスチックの名称と記号<sup>1)</sup>

記 号	プ ラ ス チ ッ ク 名
ABS	アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン共重合体
ETFE	エチレン・四ふっ化エチレン共重合体
EVOH	エチレン・ビニルアルコール共重合体
FEP	パーフルオロエチレンプロピレンコポリマー
LCP	液晶ポリマー
PA	ポリアミド (ナイロン)
PA46	ポリアミド46 (ナイロン46)
PA6	ポリアミド6 (ナイロン6)
PA66	ポリアミド66 (ナイロン66)
PA610	ポリアミド610 (ナイロン610)
PA612	ポリアミド612 (ナイロン612)
PA6/66	ポリアミド6/66 (ナイロン6/66)
PA6/12	ポリアミド6/12 (ナイロン6/12)
PA6T	ポリアミド6T (ナイロン6T)
PA11	ポリアミド11 (ナイロン11)
PA12	ポリアミド12 (ナイロン12)
PAMXD6	ポリアミド MXD6 (ナイロン MXD6)
PAI	ポリアミドイミド
PAR	ポリアリレート
PBN	ポリブチレンナフタレート
PBT	ポリブチレンテレフタレート
PC	ポリカーボネート
PCT	ポリシクロヘキサントレフタレート
PCTFE	三ふっ化塩化エチレン重合体
PEEK	ポリエーテルエーテルケトン
PEI	ポリエーテルイミド
PEK	ポリエーテルケトン
PEN	ポリエチレンナフタレート
PESU (旧称 PES)	ポリエーテルスルフォン
PET	ポリエチレンテレフタレート
PFA	パーフルオロアルコキシアルカン樹脂
PI	ポリイミド
POM	ポリオキシメチレン
PP	ポリプロピレン
PPE	ポリフェニレンエーテル
PPS	ポリフェニレンサルファイド (ポリフェニレンスルフィド)
PSU	ポリサルフォン
PTFE	ポリテトラフルオロエチレン
PTT	ポリトリメチレンテレフタレート
PVDF	ポリふっ化ビニリデン
TPA <sup>2)</sup>	熱可塑性ポリアミドエラストマー
TPC <sup>2)</sup> (旧称 TPEE、TEEE)	熱可塑性ポリエステルエラストマー

注 1) プラスチックの記号は、ISO 1043-1 : 2001による。

2) ISO 18064 : 2003による。



## 充てん材及び強化材の記号

記号	材料	英文 (参考)
<b>B</b>	ほう素	boron
<b>C</b>	炭素	carbon
<b>D</b>	水酸化アルミニウム	alumina trihydrate
<b>E</b>	クレイ	clay
<b>G</b>	ガラス	glass
<b>K</b>	炭酸カルシウム	calcium carbonate
<b>L</b>	セルロース	cellulose
<b>M</b>	鉱物、金属	mineral, metal
<b>N</b>	天然有機物	natural organic(cotton, sisal, hemp, flax, etc.)
<b>P</b>	雲母	mica
<b>Q</b>	けい素	silica
<b>R</b>	アラミド	aramid
<b>S</b>	合成、有機	synthetic organic(e.g. finely divided PTFE, polyimided or thermoset resins)
<b>T</b>	タルク	talcum
<b>W</b>	木材	wood
<b>X</b>	規定しない	not specified
<b>Z</b>	その他	others not included in this list

記号	形態／構造	英文 (参考)
<b>B</b>	ビーズ、球、中空球	beads, spheres, balls
<b>C</b>	チップ、切片	chips, cuttings
<b>D</b>	微細、粉末	fines, powder
<b>F</b>	繊維	fibre
<b>G</b>	摩砕粉	ground
<b>H</b>	ウイスキー	whisker
<b>K</b>	編み物	kintted fabric
<b>L</b>	層 (状)	layer
<b>M</b>	マット (厚手)	mat(thick)
<b>N</b>	不織 (布、薄手)	non-woven(fabric, thin)
<b>P</b>	紙	paper
<b>R</b>	ロービング	roving
<b>S</b>	フレーク	flake
<b>T</b>	撚り、組ひも (紐)	twisted or braided fabric, cord
<b>V</b>	ベニア	veneer
<b>W</b>	織物	woven fabric
<b>X</b>	規定しない	not specified
<b>Y</b>	ヤーン	yarn
<b>Z</b>	その他	others not included in this list

注 1) ISO 1043-2 : 2000による。

エンブラ技術連合会関係商品名一覧

会社名	PA6	PA66	その他のPA	PC	POM	PBT	ふっ素樹脂	変性PPE
旭化成ケミカルズ		レオナ			テナック テナック-C			ザイロン
旭硝子				レキサン			フルオン	
出光石油化学				タフロン				
ウィンテックポリマー						ジュラネックス		
上野製薬								
宇部興産	UBEナイロン6	UBEナイロン66	UBESTA UBEPAE XPA					
エムス昭和電工	グリロン	グリロン	グリロンC グリポリー グリルテックス					
カネボウ合繊	カネボウナイロン					カネボウPBT		
クラレ			ジェネスタ(PA9T)					
呉羽化学工業							KFポリマー	
シェブロン・フィリップス化学								
新日石油本化学								
住友ダウ				カリバー SDポリカ				
ダイキン工業							ポリフロン ネオフロン	
ダイセル・デグサ			ダイアミド ダイアミドPAE トログアミド ベスタミド ベスタメルト ベストジント					
大日本インキ化学工業			グリラックス			ブラナック		
帝人化成				バンライト マルチロン				
デュポン	ザイテル	ザイテル	ザイテル (HTN)		デルリン	クラスチン		
東ソー								
東洋紡績	東洋紡 ナイロン	東洋紡 ナイロン	東洋紡 ナイロン					
東レ	アミラン	アミラン	アミラン		アミラス	トレコン		
東レ・デュポン								
日本ジーイープラスチック				レキサン		パロックス		ノリル
バイエル	デュレタン	デュレタン		マクロロン アベック		ポカン		
BASFジャパン	ウルトラミッドB	ウルトラミッドA	ウルトラミッドT		ウルトラフォルム	ウルトラデュアー		
ポリプラスチック					ジュラコン			
松下電工						フルファイン		
三菱エンジニアリングプラスチック	ノバミッド	ノバミッド	レニー (PAMXD6) グリルアミド (PA12)	ユーピロン ノバレックス ノバメート コバロイ	ユピタール	ノバデュラン		ユピエース レマロイ
三菱レイヨン		パイロフィル ペレット(CF強化)		パイロフィル ペレット(CF強化)	パイロフィル ペレット(CF強化)	タフベット パイロフィル ペレット(CF強化)		パイロフィル ペレット(CF強化)
ユニチカ	ユニチカ ナイロン6	マラニール ナイロン66 ユニチカ ナイロン66	マラニール 芳香族 ナイロン					

PET	PPS	TPC (TPEE)	PAR	LCP	PSU	PESU (PES)	PEEK PEK	PI	その他 SEP	その他 アロイ
	旭PPS 出光PPS									
FR-PET				UENO LCP						
										グリロン
	フォートロン KPS ライオン			サイダー						
	DIC・PPS	グリラックス		オクタ						
ライナイト				ゼナイト				ベスベルSP	ベスベルTP	
パイロベット	サスティール 東洋紡 PPS樹脂 トレリナ	ベルブレン								東洋紡アロイ
		ハイトレル						TIポリマー		
									ウルテム (PEI)	
										ハイブレンD
					ウルトラゾーンS	ウルトラゾーンE				ターブレンドN
	フォートロン			ベクトラ					トバス(COC)	
ノバベット レマベット	ノバップス			ノバキュレート						
ダイヤナイト	パイロフィル ペレット(CF強化)									ダイヤアロイ
			Uポリマー	ロッドラン						

エンブラ技術連合会・会員会社照会先(Enquiry office of resin group members in JEPTEC)

[ P A ]

会 社	部 署	電 話	住 所
旭化成ケミカルズ(株) ASAHI KASEI CHEMICALS CORPORATION	レオナ技術開発部/自動車材料技術部 Leona Development Department/Automotive Materials Technology Department	044-271-2446 044-271-2417	210-0863 神奈川県川崎市川崎区夜光1-3-1 <a href="http://www.akchem.com/">http://www.akchem.com/</a>
宇部興産(株) Ube Industries, Ltd.	ナイロン樹脂BU技術グループ Research & Development Group, Engineering Plastics BU	03-5419-6171	105-8449 東京都港区芝浦1-2-1 シーバンスN館 <a href="http://www.ube-ind.co.jp/">http://www.ube-ind.co.jp/</a>
(株)エムス昭和電工 EC-Showa Denko K.K	エンジニアリング プラスティックス事業部 Engineering Plastics	03-3832-1501	110-0016 東京都台東区台東4-9-3 豊ビル <a href="http://www.emsgrivory.com">http://www.emsgrivory.com</a>
カネボウ合成繊維(株) Kanebo GOHSEN, LTD.	高分子営業部 Polymers Division	03-5446-3519	108-8080 東京都港区海岸3丁目20-20 (カネボウビル) <a href="http://www.kanebotx.com/gohsen/index.htm">http://www.kanebotx.com/gohsen/index.htm</a>
(株)クラレ Kuraray Co., Ltd.	ジェネスタ事業推進部 Genestar Business Development Dept.	06-6348-2181	530-8611 大阪市北区梅田1-12-39 <a href="http://www.kuraray.co.jp/">http://www.kuraray.co.jp/</a>
ダイセル・デグサ(株) Daicel-Degussa Ltd.	エンジニアリングポリマー営業部 Marketing Department	03-5324-6331	163-0912 東京都新宿区西新宿2-3-1 新宿モノリス12F <a href="http://www.daicel-degussa.com/">http://www.daicel-degussa.com/</a>
大日本インキ化学工業(株) Dainippon Ink & Chemicals	E P 技術本部 Engineering Plastics Technical Dept.	0436-41-9234	290-8585 千葉県市原市八幡海岸通12 <a href="http://www.dic.co.jp/">http://www.dic.co.jp/</a>
デュポン(株) Du Pont Kabushiki Kaisha	エンジニアリングポリマー事業部 Engineering Polymers	03-5521-8600	100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー <a href="http://www.dupont.co.jp/">http://www.dupont.co.jp/</a>
東洋紡績(株) Toyobo Co., Ltd.	高機能化成品開発研究所 Engineering Plastics Development Center	077-571-0083	520-0292 滋賀県大津市堅田2-1-1 <a href="http://www.toyobo.co.jp">http://www.toyobo.co.jp</a>
東レ(株) Toray Industries, Inc.	生産技術第2部 Second Production Tech. Dept.	077-533-8112	520-8558 滋賀県大津市園山1-1-1 <a href="http://www.toray.co.jp/index.html">http://www.toray.co.jp/index.html</a>
バイエル(株) Bayer Ltd.	バイエルポリマーズ Bayer Polymers	03-3280-9766	108-8571 東京都港区高輪4-10-8 <a href="http://www.bayer.co.jp/">http://www.bayer.co.jp/</a>
BASF ジャパン(株) BASF Japan Ltd.	ポリマー本部 BM Polymers	03-3238-2410	102-8570 東京都千代田区紀尾井町3-3 <a href="http://www.basfjapan.co.jp/">http://www.basfjapan.co.jp/</a>
三菱エンジニアリングプラスティックス(株) Mitsubishi Engineering-Plastics Corp.	環境・品質保証部 Environment and Quality Assurance Dept.	03-3278-5818	104-0031 東京都中央区京橋1-1-1 <a href="http://www.m-ep.co.jp/">http://www.m-ep.co.jp/</a>
ユニチカ(株) Unitika Ltd.	樹脂事業本部 Plastics Division	03-3246-7598	103-8321 東京都中央区日本橋室町3-4-4 <a href="http://www.unitika.co.jp/">http://www.unitika.co.jp/</a>

[ P C ]

会 社	部 署	電 話	住 所
出光石油化学(株) Idemitsu Petrochemical Co., Ltd.	樹脂販売部 Plastics marketing Department	03-3829-1438	130-0015 東京都墨田区横網1-6-1 国際ファッションセンタービル <a href="http://www.ipc.idemitsu.co.jp/">http://www.ipc.idemitsu.co.jp/</a>
住友ダウ(株) Sumitomo Dow Limited	応用開発研究所 Technical Service & Development Laboratory	06-6466-5385	554-8558 大阪市此花区春日出中3-1-98 住友化学工業(株) 大阪工場 研究5号館内 <a href="http://www.sumitomo-dow.co.jp/">http://www.sumitomo-dow.co.jp/</a>
帝人化成(株) Teijin Chemicals Ltd.	環境・品質管理部 Environmental & Quality Management Dept	03-3506-4717	100-0011 東京都千代田区内幸町1-2-2 <a href="http://www.tejinkasei.co.jp/">http://www.tejinkasei.co.jp/</a>
日本ジーイープラスティックス(株) GE Plastics Japan	テクニカルアンサーセンター Technical Answer Center	0285-80-2370	321-4392 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘2-2 <a href="http://www.geplastics.co.jp/">http://www.geplastics.co.jp/</a>
バイエル(株) Bayer Ltd.	バイエルポリマーズ Bayer Polymers	03-3280-9766	108-8571 東京都港区高輪4-10-8 <a href="http://www.bayer.co.jp/">http://www.bayer.co.jp/</a>
三菱エンジニアリングプラスティックス(株) Mitsubishi Engineering-Plastics Corp.	品質保証部 Quality Assurance Dept.	03-3278-5818	104-0031 東京都中央区京橋1-1-1 <a href="http://www.m-ep.co.jp/">http://www.m-ep.co.jp/</a>

## [POM]

会 社	部 署	電 話	住 所
旭化成ケミカルズ(株)	テナック技術開発部/自動車材料技術 部	044-271-2448	210-0863 神奈川県川崎市川崎区夜光1-3-1
ASAHI KASEI CHEMICALS CORPORATION	Tenac Development Department/Automotive Materials Technology Department	044-271-2417	<a href="http://www.akchem.com/">http://www.akchem.com/</a>
デュポン(株)	エンジニアリングポリマー事業部	03-5521-8600	100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー
Du Pont Kabushiki Kaisha	Engineering Polymers		<a href="http://www.dupont.co.jp/">http://www.dupont.co.jp/</a>
東レ(株)	生産技術第2部	077-533-8112	520-8558 滋賀県大津市園山1-1-1
Toray Industries, Inc.	Second Production Tech. Dept.		<a href="http://www.toray.co.jp/index.html">http://www.toray.co.jp/index.html</a>
BASF ジャパン(株)	ポリマー本部	03-3238-2410	102-8570 東京都千代田区紀尾井町3-3
BASF Japan Ltd.	BM Polymers		<a href="http://www.basfjapan.co.jp/">http://www.basfjapan.co.jp/</a>
ポリプラスチック(株)	営業本部	03-6711-8610	108-8280 東京都港区港南2丁目18番1号 JR品川イーストビル
Polyplastics Co., Ltd.	Sales and Marketing Division		<a href="http://www.polyplastics.com/">http://www.polyplastics.com/</a>
三菱エンジニアリングプラスチック(株)	環境・品質保証部	03-3278-5818	104-0031 東京都中央区京橋1-1-1
Mitsubishi Engineering-Plastics Corp.	Environment and Quality Assurance Dept.		<a href="http://www.m-ep.co.jp/">http://www.m-ep.co.jp/</a>

## [PBT]

会 社	部 署	電 話	住 所
ウィンテックポリマー(株)	営業本部	03-6711-8610	108-8281 東京都港区港南2丁目18番1号 JR品川イーストビル
WinTech Polymer Ltd.	Sales and Marketing Division		<a href="http://www.polyplastics.com/">http://www.polyplastics.com/</a>
カネボウ合繊(株)	高分子営業部	03-5446-3519	108-8080 東京都港区海岸3丁目20-20 (カネボウビル)
Kanobo GOHSEN LTD.	Polymers Division		<a href="http://www.kanobotx.com/gohsen/index.htm">http://www.kanobotx.com/gohsen/index.htm</a>
大日本インキ化学工業(株)	E P技術本部	0436-41-9234	290-8585 千葉県市原市八幡海岸通12
Dainippon Ink & Chemicals	Engineering Plastics Technical Dept.		<a href="http://www.dic.co.jp/">http://www.dic.co.jp/</a>
デュポン(株)	エンジニアリングポリマー事業部	03-5521-8600	100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー
Du Pont Kabushiki Kaisha	Engineering Polymers		<a href="http://www.dupont.co.jp/">http://www.dupont.co.jp/</a>
東レ(株)	生産技術第2部	077-533-8112	520-8558 滋賀県大津市園山1-1-1
Toray Industries, Inc.	Second Production Tech. Dept.		<a href="http://www.toray.co.jp/index.html">http://www.toray.co.jp/index.html</a>
日本ジーイープラスチック(株)	テクニカルアンサーセンター	0285-80-2370	321-4392 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘2-2
GE Plastics Japan	Technical Answer Center		<a href="http://www.geplastics.co.jp/">http://www.geplastics.co.jp/</a>
バイエル(株)	バイエルポリマーズ	03-3280-9766	108-8571 東京都港区高輪4-10-8
Bayer Ltd.	Bayer Polymers		<a href="http://www.bayer.co.jp/">http://www.bayer.co.jp/</a>
BASF ジャパン(株)	ポリマー本部	03-3238-2410	102-8570 東京都千代田区紀尾井町3-3
BASF Japan Ltd.	BM Polymers		<a href="http://www.basfjapan.co.jp/">http://www.basfjapan.co.jp/</a>
松下電工(株)	化学材料事業部 成形材料商品部	0593-46-1150	510-8560 三重県四日市市大字馳出字北新開60
Matsushita Electric Works, Ltd.	Molding Materials Department Plastic Materials Division		<a href="http://dmedia.mew.co.jp/epm/pmd/index.html">http://dmedia.mew.co.jp/epm/pmd/index.html</a>
三菱エンジニアリングプラスチック(株)	環境・品質保証部	03-3278-5818	104-0031 東京都中央区京橋1-1-1
Mitsubishi Engineering-Plastics Corp.	Environment and Quality Assurance Dept.		<a href="http://www.m-ep.co.jp/">http://www.m-ep.co.jp/</a>
三菱レイヨン(株)	化成品・樹脂技術統括室	03-5495-3068	108-8506 東京都港区港南1-6-41 品川クリスタルスクエア
Mitsubishi Rayon	Chemicals and Plastics Technology Administration Office		<a href="http://www.mrc.co.jp/">http://www.mrc.co.jp/</a>

## [FR]

会 社	部 署	電 話	住 所
旭硝子(株)	化学品カンパニー事業統括本部弗素樹 脂部	03-3218-5496	100-8405 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号 新有楽町ビル
Asahi Glass Co., Ltd.	Chemicals Company Business Management General Div. Fluororesin Div.		<a href="http://www.fluon.jp/">http://www.fluon.jp/</a>
ダイキン工業(株)	化学事業部 国内樹脂営業部	06-6373-4346	530-8323 大阪市北区中崎西2-4-12
Daikin Industries	Chemical Div. Fluoroplastic and Elastomer Dept.		<a href="http://www.daikin.co.jp/chm/">http://www.daikin.co.jp/chm/</a>

## [PPE]

会 社	部 署	電 話	住 所
旭化成ケミカルズ(株)	ザイロン技術開発部/自動車材料技術 部	044-271-2561	210-0863 神奈川県川崎市川崎区夜光1-3-1
ASAHI KASEI CHEMICALS CORPORATION	Xyron Development Department/Automotive Materials Technology Department	044-271-2417	<a href="http://www.akchem.com/">http://www.akchem.com/</a>
日本ジーイープラスチック(株)	テクニカルアンサーセンター	0285-80-2370	321-4392 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘2-2
GE Plastics Japan	Technical Answer Center		<a href="http://www.geplastics.co.jp/">http://www.geplastics.co.jp/</a>
三菱エンジニアリングプラスチック(株)	環境・品質保証部	03-3278-5818	104-0031 東京都中央区京橋1-1-1
Mitsubishi Engineering-Plastics Corp.	Environment and Quality Assurance Dept.		<a href="http://www.m-ep.co.jp/">http://www.m-ep.co.jp/</a>

## [PET]

会 社	部 署	電 話	住 所
ウインテックポリマー(株)	営業本部	03-6711-8610	108-8282 東京都港区港南2丁目18番1号 JR品川イーストビル
WinTech Polymer Ltd.	Sales and Marketing Division		<a href="http://www.polyplastics.com/">http://www.polyplastics.com/</a>
デュボン(株)	エンジニアリングポリマー事業部	03-5521-8600	100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー
Du Pont Kabushiki Kaisha	Engineering Polymers		<a href="http://www.dupont.co.jp/">http://www.dupont.co.jp/</a>
東洋紡績(株)	高機能化成品開発研究所	077-571-0083	520-0292 滋賀県大津市堅田2-1-1
Toyobo Co., Ltd.	Engineering Plastics Development Center		<a href="http://www.toyobo.co.jp">http://www.toyobo.co.jp</a>
三菱エンジニアリングプラスチック(株)	環境・品質保証部	03-3278-5818	104-0031 東京都中央区京橋1-1-1
Mitsubishi Engineering-Plastics Corp.	Environment and Quality Assurance Dept.		<a href="http://www.m-ep.co.jp/">http://www.m-ep.co.jp/</a>
三菱レイヨン(株)	化成品・樹脂技術統括室	03-5495-3068	108-8506 東京都港区港南1-6-41 品川クリスタルスクエア
Mitsubishi Rayon	Chemicals and Plastics Technology Administration Office		<a href="http://www.mrc.co.jp/">http://www.mrc.co.jp/</a>

## [PPS]

会 社	部 署	電 話	住 所
旭硝子マテックス(株)	精密成形品事業部	042-772-1177	229-1112 神奈川県相模原市宮下1-2-27
Asahi Glass Matex	Molding Product Sales Dept.		<a href="http://www.agm.co.jp/">http://www.agm.co.jp/</a>
出光石油化学(株)	樹脂販売部	03-3829-0692	130-0015 東京都墨田区横綱1-6-1 国際ファッションセンタービル
Idemitsu Petrochemical Co., Ltd.	Plastics marketing Department		<a href="http://www.ipc.idemitsu.co.jp/">http://www.ipc.idemitsu.co.jp/</a>
呉羽化学工業(株)	高機能材事業部 機能樹脂部	03-3249-4693	103-8552 東京都中央区日本橋堀留町1-9-11
Kureha Chemical Industry Co., Ltd.	Advanced Polymers Department		<a href="http://www.kureha.co.jp/">http://www.kureha.co.jp/</a>
シェブロン フィリップス化学(株)	ライトンPPS部	03-5200-0503	103-22 東京都中央区日本橋室町3-3-9 日本橋7代化'ル 9F
Chevron Phillips Chemical International, Ltd.	RAYTON PPS Division		<a href="http://www.cpchem.com/rytonpps/">http://www.cpchem.com/rytonpps/</a>
大日本インキ化学工業(株)	EP技術本部	0436-41-9234	290-8585 千葉県市原市八幡海岸通12
Dainippon Ink & Chemicals	Engineering Plastics Technical Dept.		<a href="http://www.dic.co.jp/">http://www.dic.co.jp/</a>
東ソー(株)	機能性ポリマー部	03-5427-5147	105-8623 東京都港区芝3-8-2 芝公園ファーストビル
Tosoh Corporation	High Performance Polymers		<a href="http://www.tosoh.co.jp/">http://www.tosoh.co.jp/</a>
東洋紡績(株)	エンブラ・機能成形品開発センター	077-571-0083	520-0292 滋賀県大津市堅田2-1-1
Toyobo Co., Ltd.	Engineering Plastics Development Center		<a href="http://www.toyobo.co.jp">http://www.toyobo.co.jp</a>
東レ(株)	生産技術第2部	077-533-8112	520-8558 滋賀県大津市園山1-1-1
Toray Industries, Inc.	Second Production Tech. Dept.		<a href="http://www.toray.co.jp/index.html">http://www.toray.co.jp/index.html</a>
ポリプラスチック(株)	営業本部	03-6711-8610	108-8283 東京都港区港南2丁目18番1号 JR品川イーストビル
Polyplastics Co., Ltd.	Sales and Marketing Division		<a href="http://www.polyplastics.com/">http://www.polyplastics.com/</a>
三菱エンジニアリングプラスチック(株)	環境・品質保証部	03-3278-5818	104-0031 東京都中央区京橋1-1-1
Mitsubishi Engineering-Plastics Corp.	Environment and Quality Assurance Dept.		<a href="http://www.m-ep.co.jp/">http://www.m-ep.co.jp/</a>

[ T P C (旧称 T P E E ) ]

会 社	部 署	電 話	住 所
大日本インキ化学工業(株) Dainippon Ink & Chemicals	E P 技術本部 Engineering Plastics Technical Dept.	0436-41-9234	290-8585 千葉県市原市八幡海岸通12 <a href="http://www.dic.co.jp/">http://www.dic.co.jp/</a>
東洋紡績(株) Toyobo Co., Ltd.	高機能化成品開発研究所 Engineering Plastics Development Center	077-571-0083	520-0292 滋賀県大津市堅田2-1-1 <a href="http://www.toyobo.co.jp">http://www.toyobo.co.jp</a>
東レ・デュボン(株) Du Pont-Toray Co., Ltd.	ハイトレル技術部 "Hytrell" Technology Department	052-613-2820	455-0025 名古屋市港区本星崎町字北3804-19 <a href="http://www.td-net.co.jp/Hytrell/index.html">http://www.td-net.co.jp/Hytrell/index.html</a>

[ P A R ]

会 社	部 署	電 話	住 所
ユニチカ(株) Unitika Ltd.	樹脂事業本部 Plastics Division	03-3246-7598	103-8321 東京都中央区日本橋室町3-4-4 <a href="http://www.unitika.co.jp/">http://www.unitika.co.jp/</a>

[ L C P ]

会 社	部 署	電 話	住 所
上野製薬(株) Ueno Fine Chemicals Industry	化学品本部・LCP樹脂事業G Chemicals Division, LCP Business Group	06-6203-6193	541-8543 大阪市中央区高麗橋2-4-8
新日本石油化学(株) Nippon Petrochemicals Co. Ltd.	ザイダグ事業室 XYDAR Business Group	044-276-4544	210-8545 神奈川県川崎市川崎区夜光2-3-1 <a href="http://www.npcc.co.jp/">http://www.npcc.co.jp/</a>
大日本インキ化学工業(株) Dainippon Ink & Chemicals	E P 技術本部 Engineering Plastics Technical Dept.	0436-41-9234	290-8585 千葉県市原市八幡海岸通12 <a href="http://www.dic.co.jp/">http://www.dic.co.jp/</a>
デュボン(株) Du Pont Kabushiki Kaisha	エンジニアリングポリマー事業部 Engineering Polymers	03-5521-8600	100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー <a href="http://www.dupont.co.jp/">http://www.dupont.co.jp/</a>
東レ(株) Toray Industries, Inc.	生産技術第2部 Second Production Tech. Dept.	077-533-8112	520-8558 滋賀県大津市園山1-1-1 <a href="http://www.toray.co.jp/index.html">http://www.toray.co.jp/index.html</a>
ポリプラスチックス(株) Polyplastics Co., Ltd.	営業本部 Sales and Marketing Division	03-6711-8610	108-8284 東京都港区港南2丁目18番1号 JR品川イーストビル <a href="http://www.polyplastics.com/">http://www.polyplastics.com/</a>
三菱エンジニアリングプラスチックス(株) Mitsubishi Engineering-Plastics Corp.	環境・品質保証部 Environment and Quality Assurance Dept.	03-3278-5818	104-0031 東京都中央区京橋1-1-1 <a href="http://www.m-ep.co.jp/">http://www.m-ep.co.jp/</a>
ユニチカ(株) Unitika Ltd.	樹脂事業本部 Plastics Division	03-3246-7598	103-8321 東京都中央区日本橋室町3-4-4 <a href="http://www.unitika.co.jp/">http://www.unitika.co.jp/</a>

[ S E P ]

会 社	部 署	電 話	住 所
デュボン株式会社 DuPont Kabushiki Kaisha	エンジニアリングポリマー事業部 ベスペル®製品 Engineering Polymers, Vespel® Products	03-5521-2773	100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー <a href="http://www.dupont.co.jp/">http://www.dupont.co.jp/</a>
日本ジーイープラスチックス(株) GE Plastics Japan	テクニカルアンサーセンター Technical Answer Center	0285-80-2370	321-4392 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘2-2 <a href="http://www.geplastics.co.jp/">http://www.geplastics.co.jp/</a>
BASF ジャパン(株) BASF Japan Ltd.	ポリマー本部 BM Polymers	03-3238-2410	102-8570 東京都千代田区紀尾井町3-3 <a href="http://www.basf-japan.co.jp/">http://www.basf-japan.co.jp/</a>

[アロイ]

会 社	部 署	電 話	住 所
出光石油化学(株)	樹脂販売部	03-3829-1438	130-0015 東京都墨田区横綱1-6-1 国際ファッションセンタービル
Idemitsu Petrochemical Co., Ltd.	Plastics marketing Department		<a href="http://www.ipc.idemitsu.co.jp/">http://www.ipc.idemitsu.co.jp/</a>
ウインテックポリマー(株)	営業本部	03-6711-8610	108-8285 東京都港区港南2丁目18番1号 JR品川イーストビル
WinTech Polymer Ltd.	Sales and Marketing Division		<a href="http://www.polyplastics.com/">http://www.polyplastics.com/</a>
東洋紡績(株)	エンブラ・機能成形品開発センター	077-571-0083	520-0292 滋賀県大津市堅田2-1-1
Toyobo Co., Ltd.	Engineering Plastics Development Center		<a href="http://www.toyobo.co.jp">http://www.toyobo.co.jp</a>
東レ(株)	生産技術第2部	077-533-8112	520-8558 滋賀県大津市園山1-1-1
Toray Industries, Inc.	Second Production Tech. Dept.		<a href="http://www.toray.co.jp/index.html">http://www.toray.co.jp/index.html</a>
日本ジーイープラスチック(株)	テクニカルアンサーセンター	0285-80-2370	321-4392 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘2-2
GE Plastics Japan	Technical Answer Center		<a href="http://www.geplastics.co.jp/">http://www.geplastics.co.jp/</a>
バイエル(株)	バイエルポリマーズ	03-3280-9766	108-8571 東京都港区高輪4-10-8
Bayer Ltd.	Bayer Polymers		<a href="http://www.bayer.co.jp/">http://www.bayer.co.jp/</a>
BASF ジャパン(株)	ポリマー本部	03-3238-2410	102-8570 東京都千代田区紀尾井町3-3
BASF Japan Ltd.	BM Polymers		<a href="http://www.basf-japan.co.jp/">http://www.basf-japan.co.jp/</a>
ポリプラスチック(株)	営業本部	03-6711-8610	108-8286 東京都港区港南2丁目18番1号 JR品川イーストビル
Polyplastics Co., Ltd.	Sales and Marketing Division		<a href="http://www.polyplastics.com/">http://www.polyplastics.com/</a>
三菱レイヨン(株)	化成品・樹脂技術統括室	03-5495-3068	108-8506 東京都港区港南1-6-41 品川クリスタルスクエア
Mitsubishi Rayon	Chemicals and Plastics Technology Administration Office		<a href="http://www.mrc.co.jp/">http://www.mrc.co.jp/</a>



エンブラの本（第4版）編集委員会（2004年5月）

編集長	郡山裕一	帝人化成(株)
広報委員長	高柳徳栄	ポリプラスチックス(株)
編集・執筆	大槻良治	三菱エンジニアリングプラスチックス(株)
	桑原諸彰	BASF ジャパン(株)
	鳴 和雄	東レ(株)
	若林俊雄	東レ(株)
	加藤耕作	ユニチカ(株)
	伊藤正之	大日本インキ化学工業(株)
	伊庭野敬	ポリプラスチックス(株)
	蒔苗久義	三菱レイヨン(株)
	剣持綱雄	デュボン(株)
	中井了一	旭化成ケミカルズ(株)
事務局長	山口泰彦	エンブラ技術連合会

平成 年 月 日

FAX 03-3592-1677

エンプラ技術連合会 事務局 御中

会社名： \_\_\_\_\_

ご担当者名： \_\_\_\_\_

電話番号： \_\_\_\_\_

注 文 書 (会員用)

書 籍 名	エンプラ の本	エンプラ の本 英語版	エンプラ 機能別 グレード 一覧表	エンプラ DATA BOOK	製品設計/ 成形加工 の手引き	関連規格ガイドブック			ISO 規格導入 の手引き
						I. 規格編	II. 環境・ 安全編	III. 用途編	
部 数									
送付先住所									
会 社 名									
部 署 名									
担 当 者 名									
電 話 番 号									
備 考	(急ぎの場合、請求書送付先が異なる時など、ご記入下さい)								

書籍の概要はエンプラ技術連合会のホームページ (www.enpla.jp) からご覧になれます。





エンブラの本（第4版）

1989年1月	初版	発行
1993年4月	改訂版	発行
1998年4月	第3版	発行
2004年5月	第4版 第1刷	発行

会員配付資料

発行人 エンブラ技術連合会  
編集 ©広報委員会  
東京都港区新橋1-16-1（〒105-0004）  
TEL.03-3592-1668  
FAX.03-3592-1677  
URL:<http://www.enpla.jp>  
印刷 株式会社キャナル・コンピュータ・プリント

本文掲載の内容の無断掲載を禁じます。