

設計における樹脂部品の適用とその課題



金沢工業大学 工学部 機械工学科
ものづくり研究所 所長
山部 昌



2014年9月9日 北陸鉄工協同組合

自己プロフィール

1979年 日産自動車(株) 入社 材料研究所 配属

プラスチック部品の研究開発
プラスチック部品設計のための技術開発など
主に研究開発業務が中心

1993年 技術開発センター(生産部門)へ異動
成形加工シミュレーションの社内適用定着化など
主に解析技術の生産現場での適用開発

1996年 金沢工業大学へ着任

樹脂材料概論

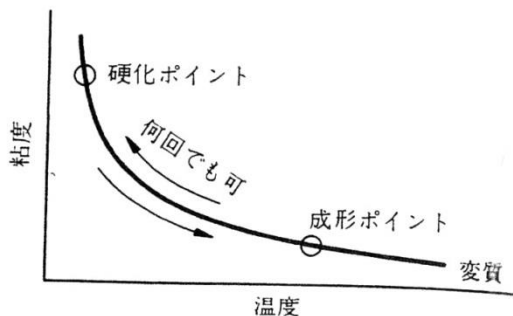
高分子材料とは プラスチック
 ゴム
 合成繊維 を含む

高分子材料の歴史 1492年コロンブスアメリカ大陸発見時
 ハイチ島の原住民がゴム樹液を固め
 ゴムボールで遊んでいた

1928年 ドイツでブタジエンゴムの工業化
 第一次、第二次世界大戦後、合成化学が飛躍的に
 進歩

現在 高分子材料の歴史は100年未満 未知なことが多い

熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂

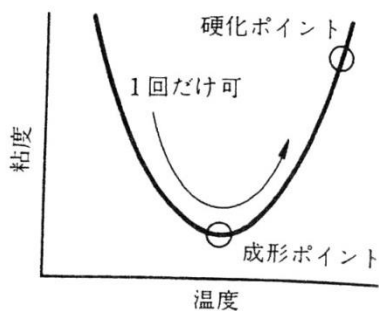


熱可塑性樹脂

熱可塑性樹脂 温度上げると軟化し、さらに上げると、液体状となる。

可逆反応

リサイクルに優れる



熱硬化性樹脂

熱硬化性樹脂 温度上げると軟化し、さらに上げると、反応し個体となる

不可逆反応

リサイクルに向かない

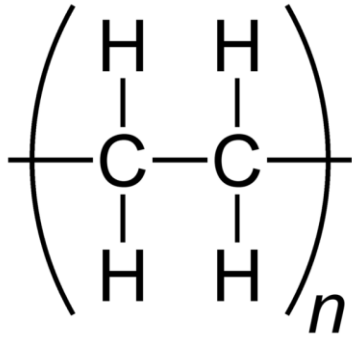
各種プラスチックの特性

各種プラスチックの諸特性 (鈴木, 1996)

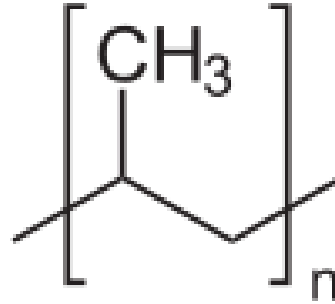
性 質	ポリエチレン (高密度) HDPE	ポリプロピレン PP	ポリ四フッ化エチレン (テフロン) PTFE	塩化ビニル (硬質) PVC	アクリル樹脂 PMMA	フェノール樹脂 PF	エポキシ樹脂 (硬質) EX	不飽和ポリエステル樹脂 (硬質) UP
比 重	0.941～0.965	0.890～0.905	2.14～2.22	1.30～1.58	1.17～1.20	1.21～1.30	1.11～1.40	1.10～1.46
引張弾性率 (MPa)	414～1245	689～1176	400	2410～4136	2410～3352	5165～6889	2410	2100～4500
引張伸び(%)	15～100	200～700	200～400	40～80	2～10	1.0～1.5	—	<5.0
引張強さ (MPa)	21～38	74～94	31～41	41～52	48～76	48～55	28～90	41～90
衝撃強さ (アイゾット) (J/m)	27.5～306	26.5～109	16.3	21.6～109	21.6～27.5	10.7～18.6	10.8～53.9	10.8～21.6
比 熱 (kJ/(kg・K))	2.30	1.9～2.1	1.04	1.1～1.47	1.47	1.6～1.8	1.05	—
熱変形温度* (°C)	61～73	64～78	139*	78～94	88～119	133～144	64～306	80～222

* 曲げ応力 1.82 MPa のとき。ただし PTFE は 0.46 MPa のとき。

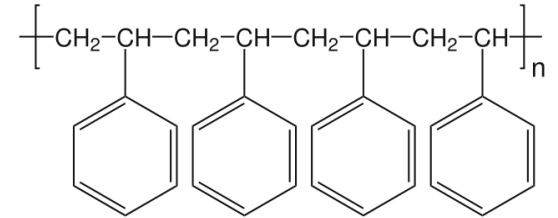
代表的な熱可塑性樹脂の構造式



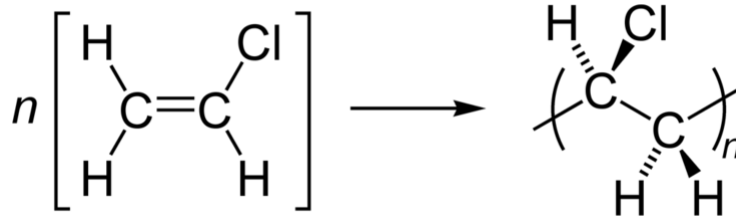
ポリエチレン



ポリプロピレン

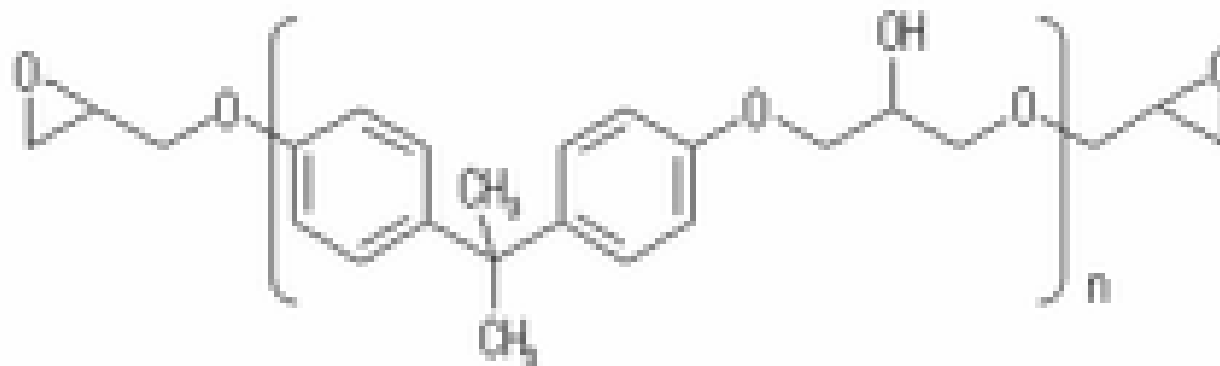


ポリプロピレン

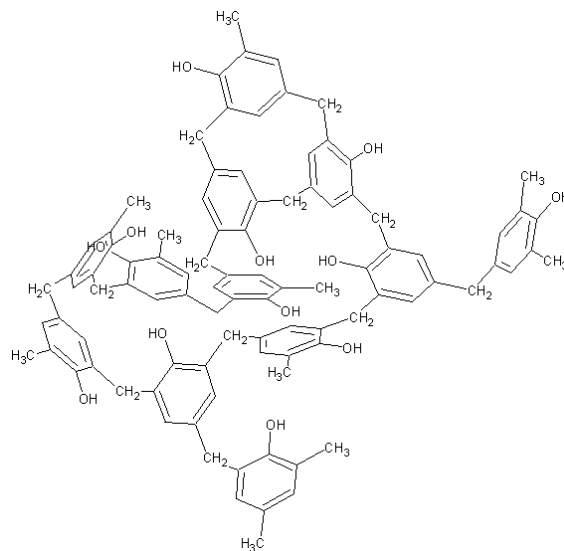


塩化ビニル

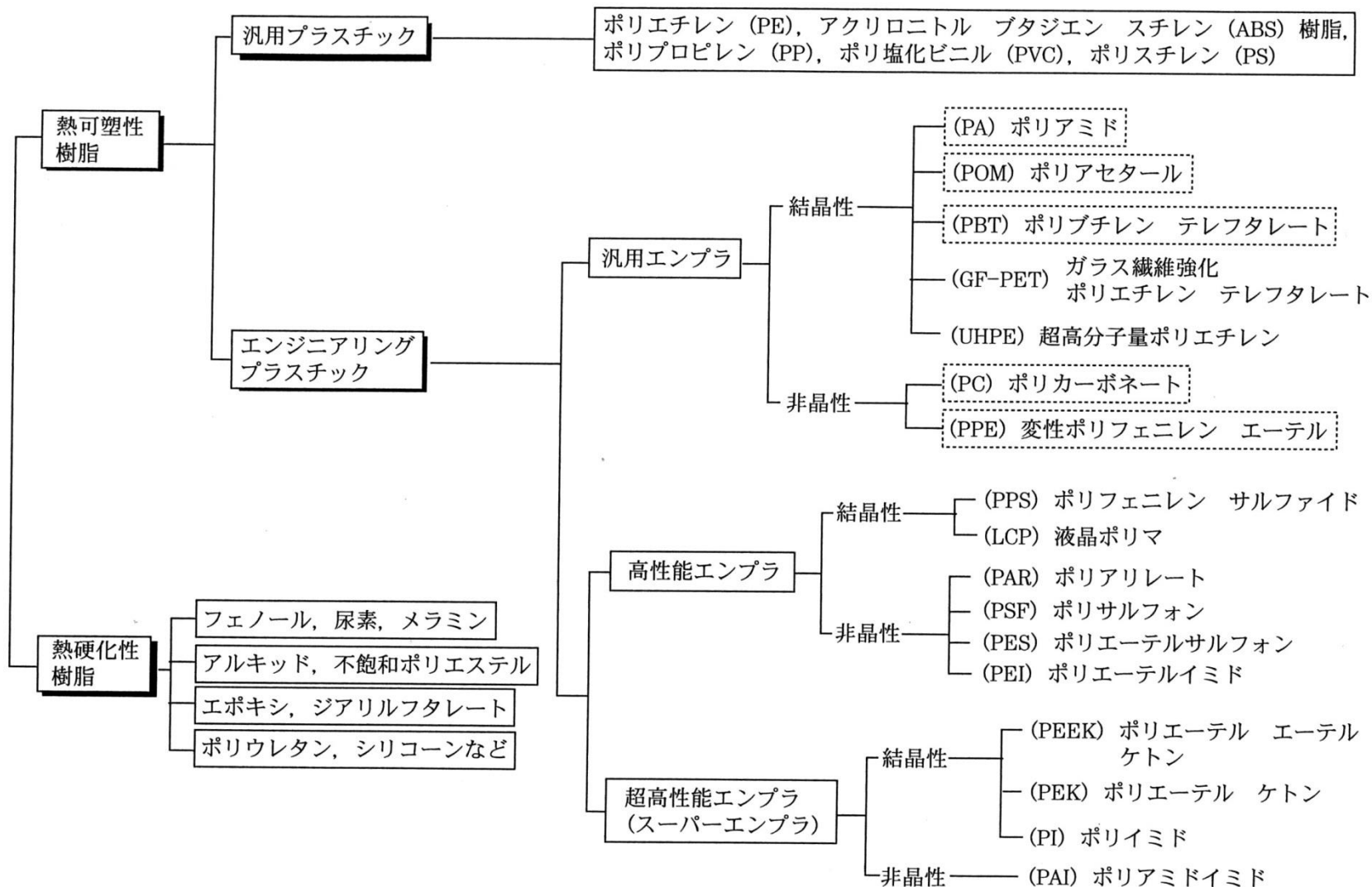
代表的な熱硬化性樹脂の構造式



エポキシ樹脂



フェノール樹脂



各種プラスチックの分類
 : 五大汎用エンブラ.

エンジニアリングプラスチック(エンプラ)

- ・引張り強度が49MPa以上
- ・衝撃強さが59J/m以上
- ・耐熱性が100℃以上

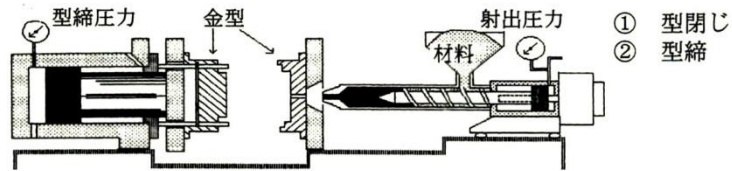
エンジニアリングプラスチックの諸特性

性 質	ナイロン6 PA 6	ポリカーボネート PC	ポリアセタール POM	ポリエチレンテレフタレート PET	ポリブチレンテレフタレート PBT	変性ポリフエニレンオキシド (ノリル) 変性 PPO	ポリサルフォーン PSF	ポリフェニレンサルファイド PPS	ポリアリレート PAR	ポリエーテルサルフォン PES	液晶 (ベクトラ) LCP
比 重	1.13	1.20	1.41	1.37	1.31	1.06	1.24	1.64	1.21	1.37	1.40
引張弾性率 (MPa)	755~3138	2403	2815	2059	2157~2452	2452	7747	1937	2354	9807	
引張伸び (%)	300	110	60~75	200	300	60	50~100	1.0~1.3	50	40~80	3.0
引張強さ (MPa)	69	59	61	72	55	67	71 59	118	70	84	206
衝撃強さ (アイゾット) (J/m)	53	637	85	43	39~64	245	59	69	373	—	431
比熱 (kJ/(kg・K))	1.17	1.67	1.47	1.17	1.42~2.05	1.34	1.30	—	—	—	—
熱変形温度* (℃)	68	132	110	85	54	130	175	260	175	203	180

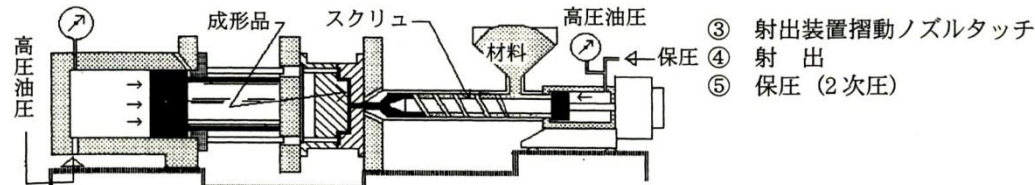
* 曲げ応力 1.82 MPa のとき。

代表的な成形方法

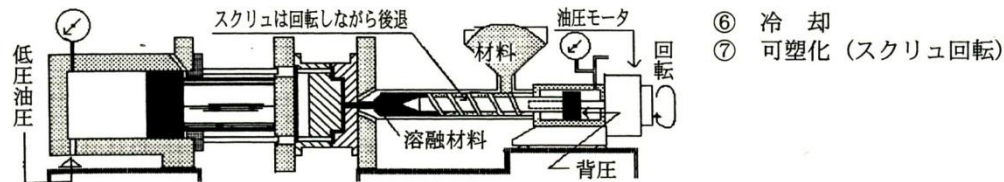
射出成形法



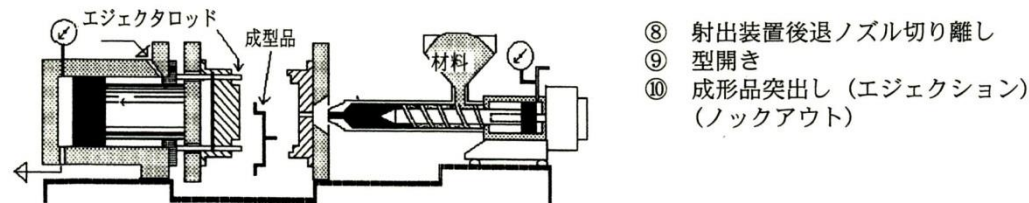
射出成形機の動作 ①②



射出成形機の動作 ③④⑤



射出成形機の動作 ⑥⑦

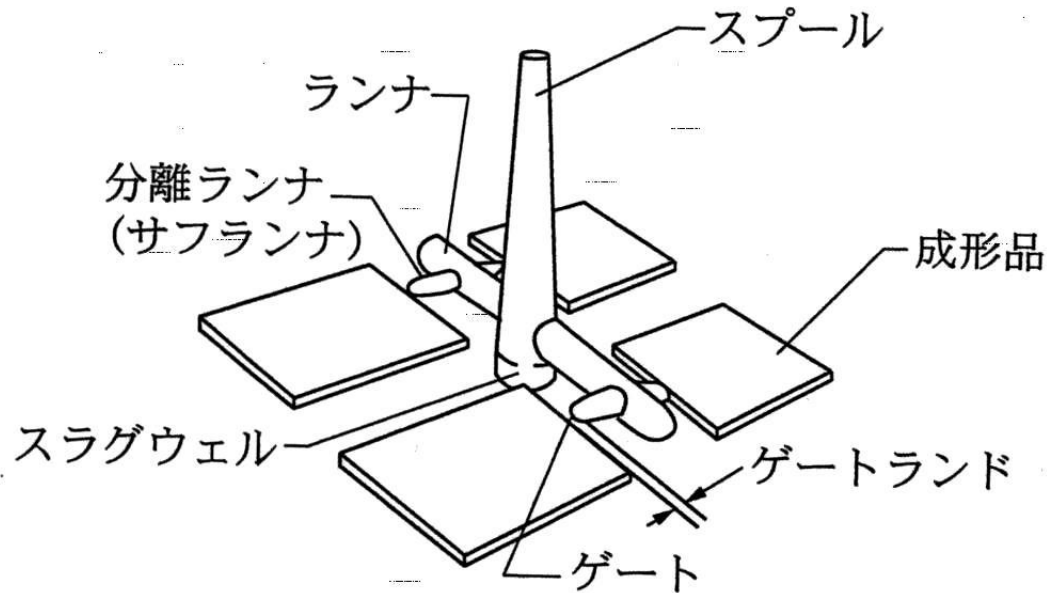


射出成形機の動作 ⑧⑨⑩

射出成形工程 (千坂, 1992)

「基礎機械材料学」 朝倉書店より引用

射出成形品と金型



射出成形品の名称 (千坂, 1992)

「基礎機械材料学」 朝倉書店より引用

その他の成形法

ブロー成形
プレス成形

射出成形法による代表的な工業製品

自動車用バンパー
インパネ
CD DVD ブルーレイ

ブロー成形法による代表的な工業製品

自動車用ガソリンタンク
各種タンク
飲料用ペットボトル

圧縮成形による代表的な工業製品

CFRP構造体
駅用いす(ベンチ)

構造事例(3) 自動車

排ガス低減（燃費向上）のための方策

- エンジンの効率向上
- 駆動系の効率向上
- 走行抵抗低減
- 軽量化

樹脂による軽量化

スチールからの単なる置き換え



樹脂に置き換えることのメリット

加エプロセスの減少
によるコストメリット

プラスチックと部品価格

素材単価(Kg単価)

鉄は90円

プラスチックは300円～10000円

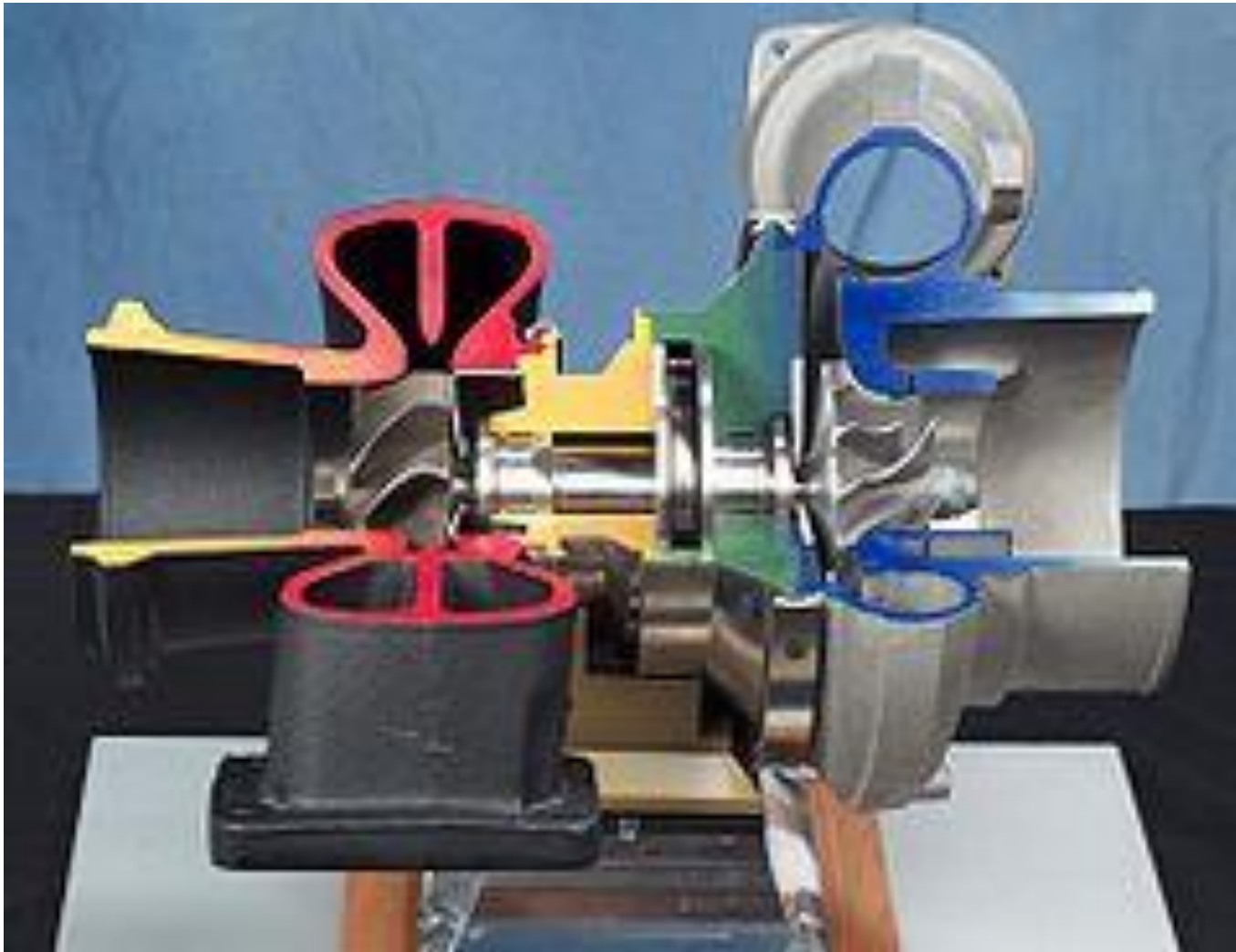
演習： 単価だけを見ると、プラスチックの使用は
ありえないのではないか？

ではなぜプラスチックが製品として用いられているか
考察してみよ。

3. プラスチック材料による軽量化適用事例

a. 樹脂製ターボチャージャー インペラー





ターボチャージャのカットモデル
インテーク(右側) エグゾースト(左側)

樹脂製ターボチャージャーインペラー

材料 CFRP(カーボン繊維強化プラスチック)
材料単価 約30000円/kg

Q. 自動車の単価からして成立するか?

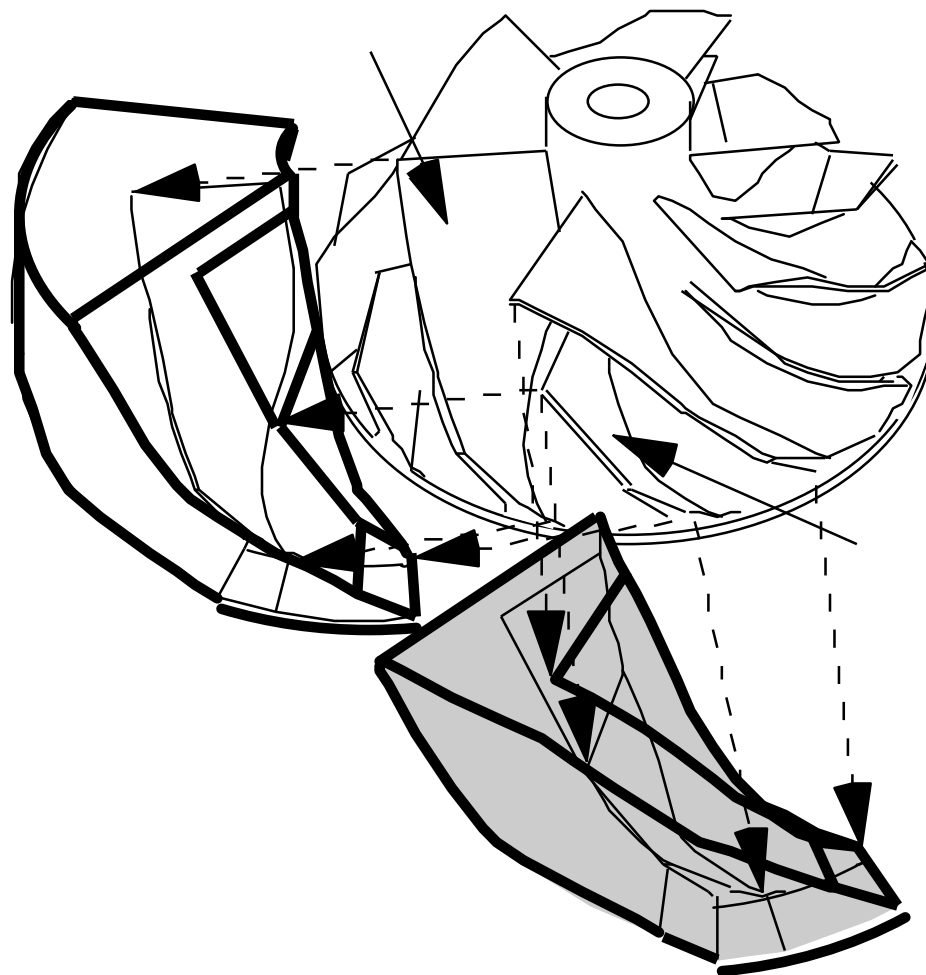
製造法 射出成形法

従来成形法 アルミ鋳造法

従来品の作り方(アルミ製インペラー)

- 1) 図面に従って、オス型 #1 を製作
- 2) オス型 #1 より常温硬化ゴムでメス型 #1 を製作
- 3) メス型 #1 からこれと接着しない常温硬化オス型 #2 を製作
- 4) オス型 #2 より石膏でメス型 #2 を製作
(インペラー1個につき1個)
- 5) メス型 #2 にアルミ溶湯を流し込む
- 6) 超音波振動により石膏を分解
- 7) 接合部シャフト穴等を切削加工

樹脂製インペラーの製造方法



3. プラスチック材料による軽量化適用事例

b. 樹脂製ガソリンタンク

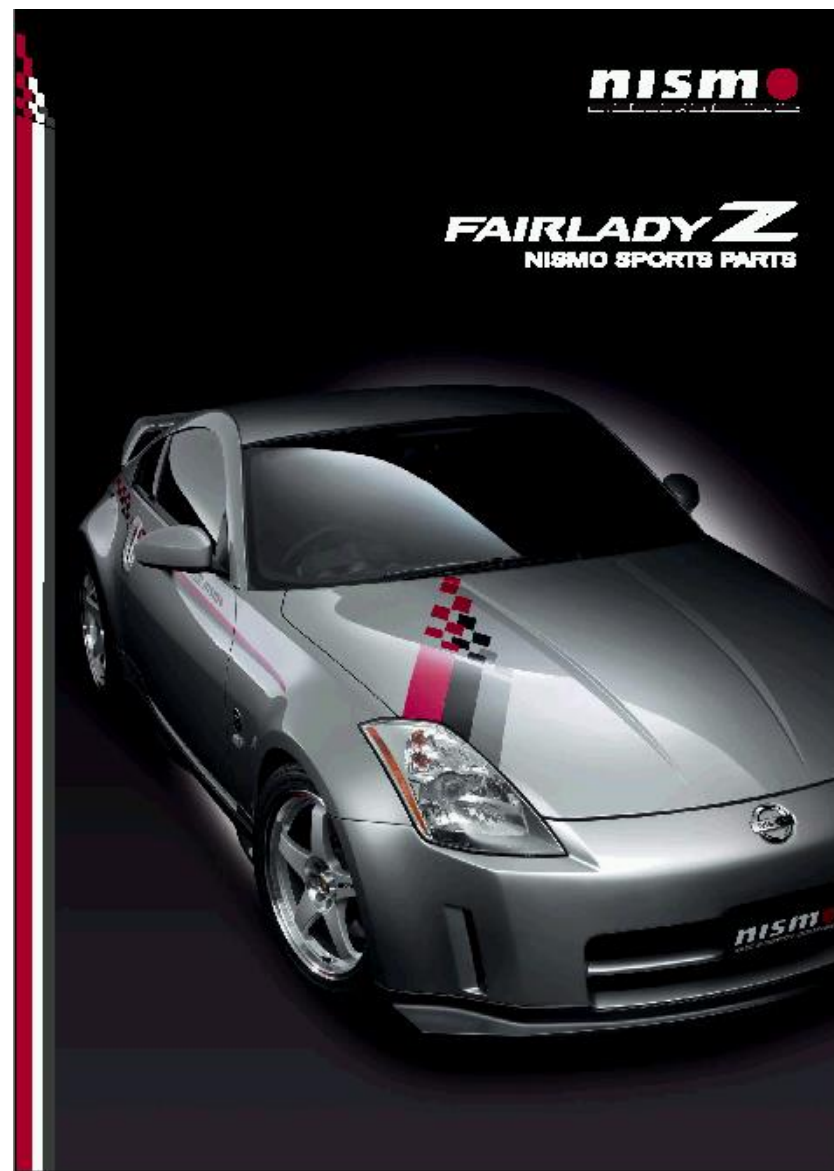


3. プラスチック材料による軽量化適用事例

c. 樹脂製バンパー

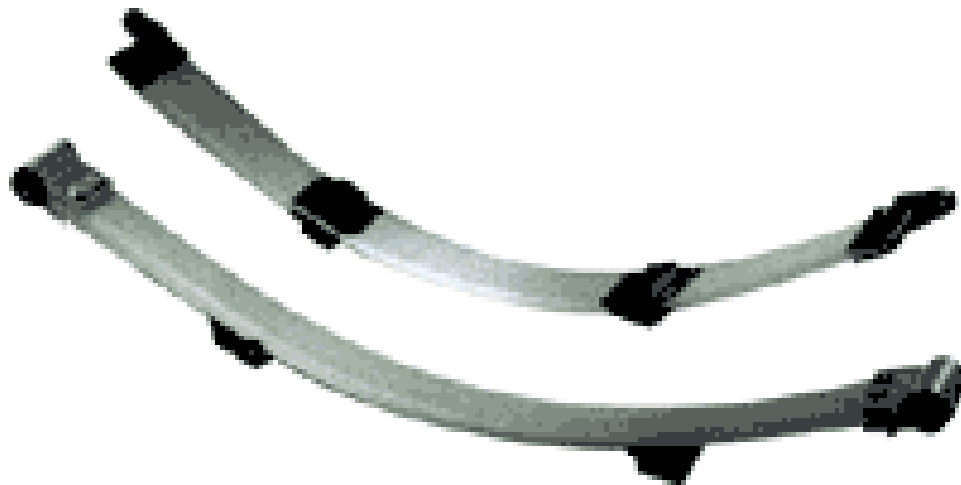
射出成形により製造

国内生産の99%



3. プラスチック材料による軽量化適用事例

d. 樹脂製リーフスプリング



軽量化技術のキーポイント

- (1) 機能的には、1部品、1部材で多機能化・多目的化を図ること
- (2) 構造的には、骨格化、板・殻化・トポロジー化を図ること
- (3) 材料・組織的には、異方性の利用

