

材料強度設計、第12時間目

1. 自動車の軽量化と強度
2. 自動車用アルミホイールの開発
3. トラックバス用渦電流ブレーキ装置の開発



自動車の軽量化と強度（自動車の強度、武田他、山海堂）

- ⌘ 軽量化とは
- ⌘ 車両の基本設計による軽量化
- ⌘ シェイプアップ方式
- ⌘ 使用材料置換による軽量化
- ⌘ 接合方式による軽量化



軽量化とは

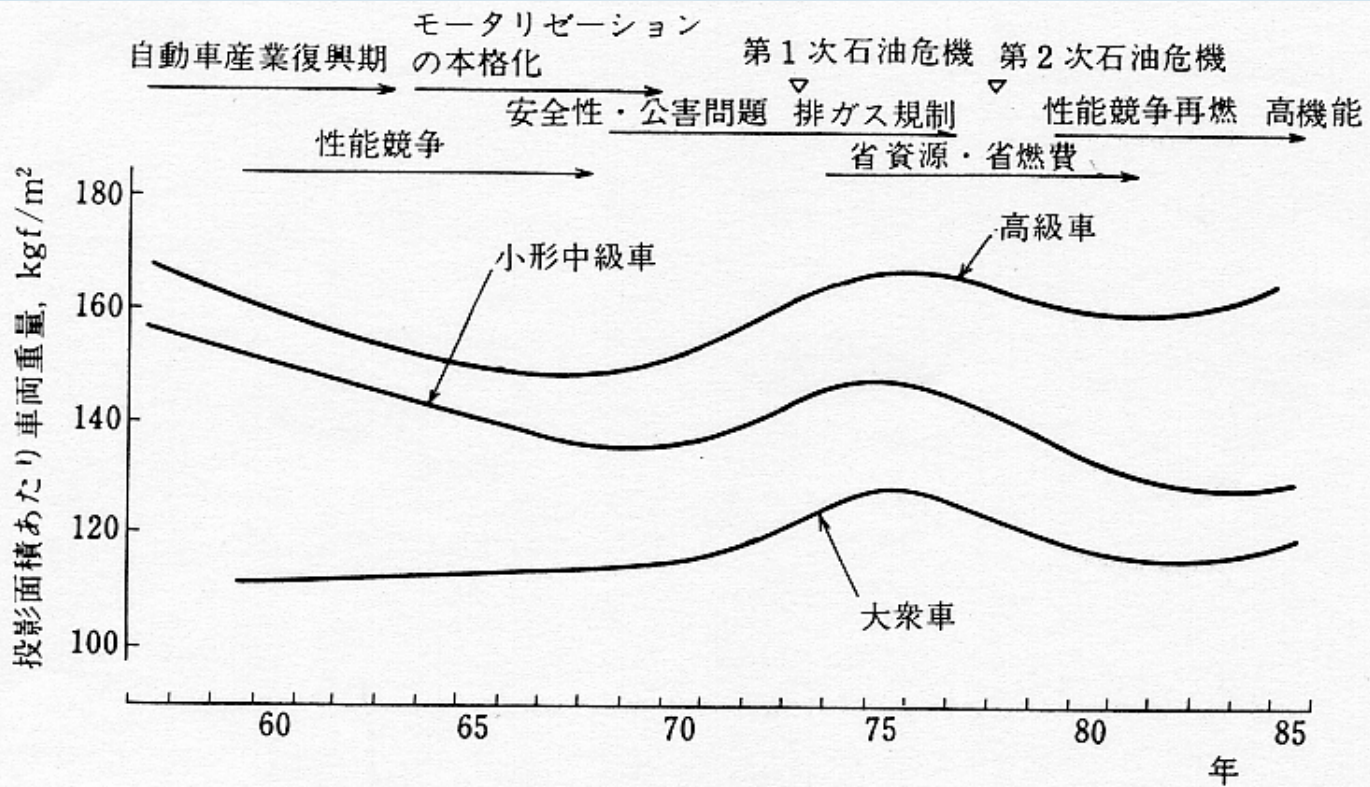


図 8.1 国産乗用車の重量変遷¹⁾

軽量化とは-2

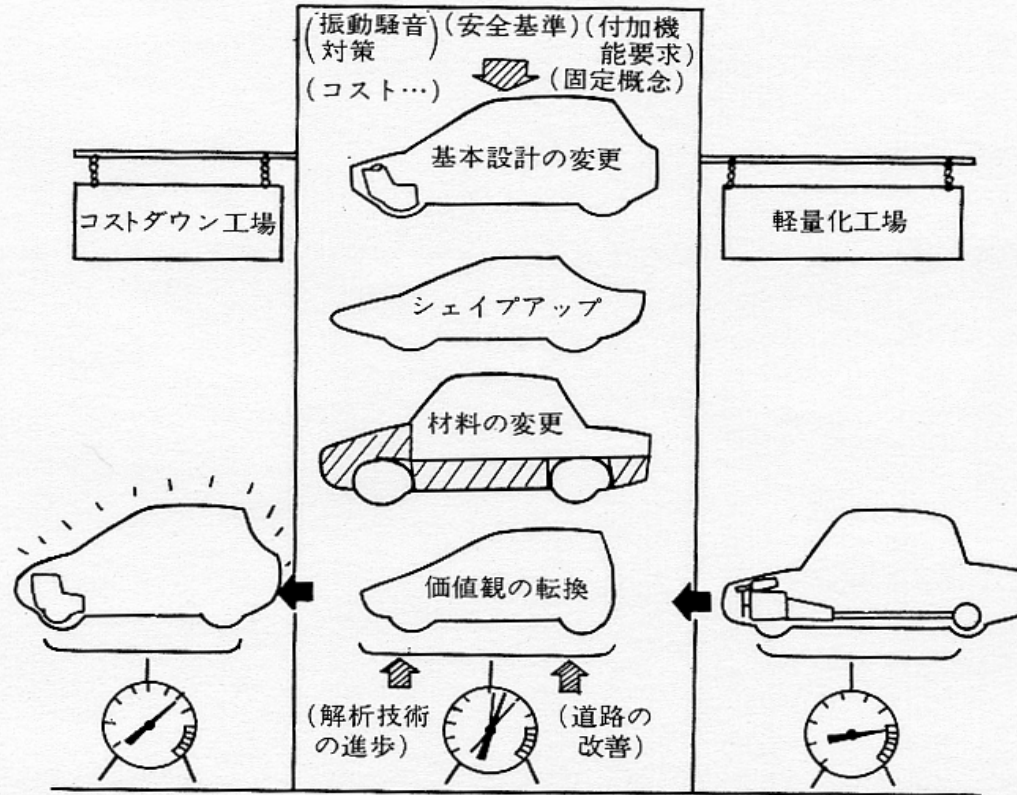


図 8.2 軽量化について

車両の基本設計による軽量化

♫ 部品点数の減少、部品の多機能化

♫ 具体例としては

1) マックファーソン式サスペンション

2) コグドベルト(エンジンカムシャフト駆動のチェーン代替品)

3) サスペンションとスタビライザを合体

4) 接着式窓ガラス

5) 窓ガラス内封入式ラジオアンテナ



車両の基本設計による軽量化-2

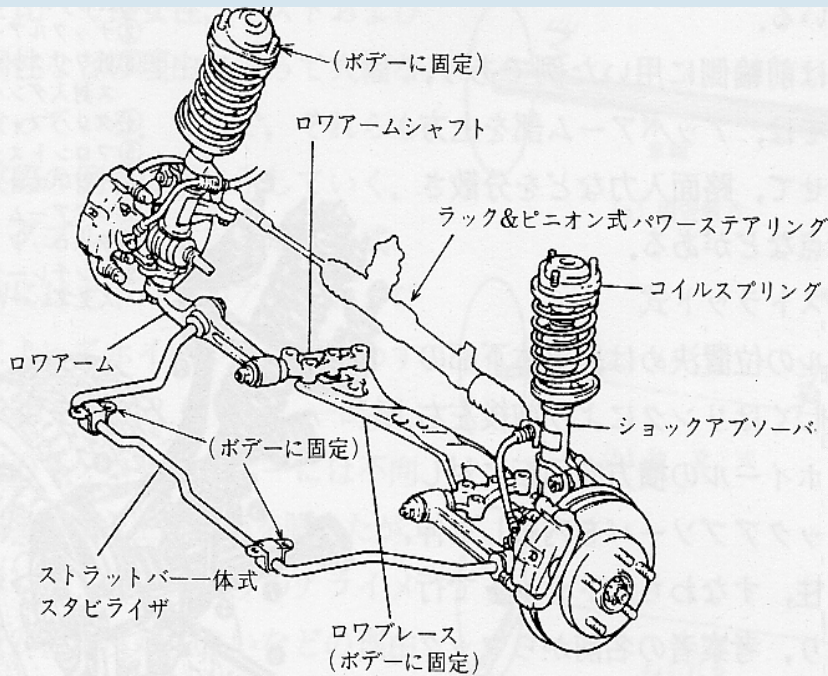


図 2.8 ストラット形式の例 (トヨタカムリ, '85年式)

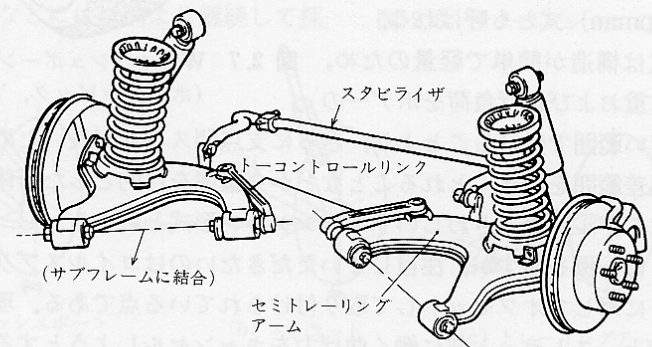


図 2.9 セミトレーリングアーム形式の例 (トヨタクラウン, '87年式)

シェイクアップ方式

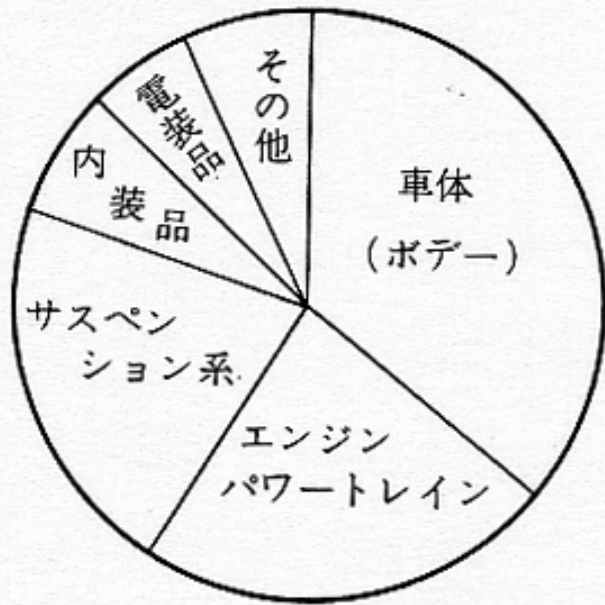
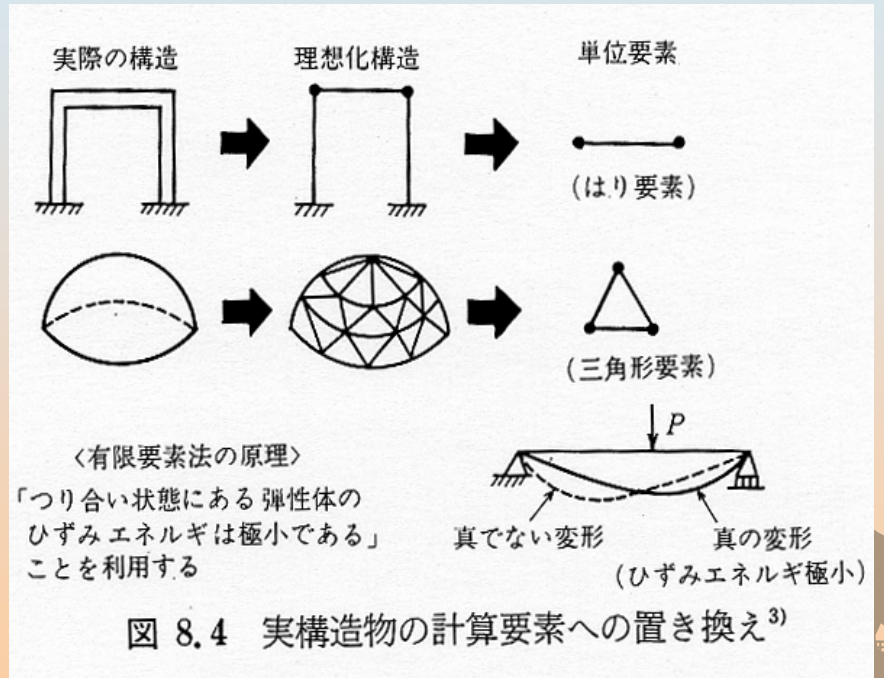
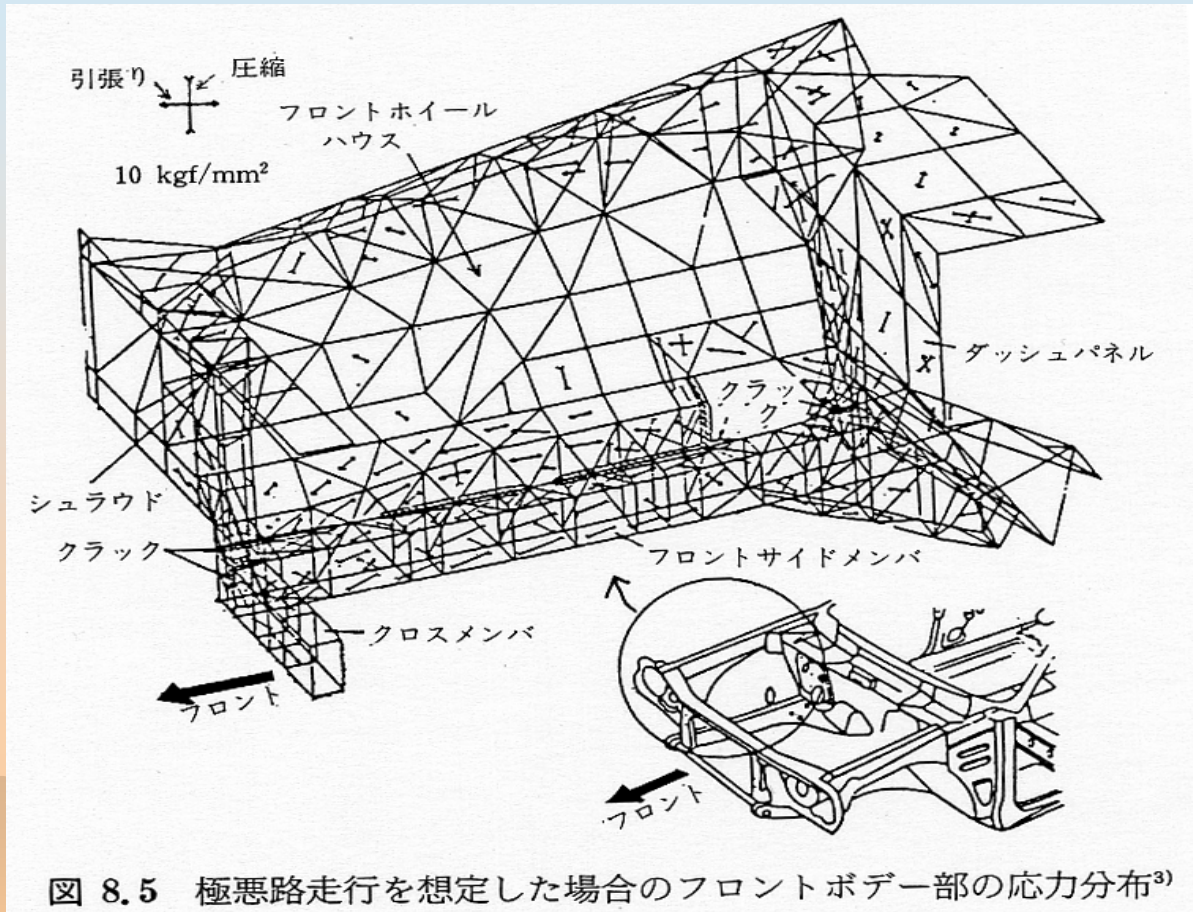


図 8.3 自動車構成部品ごとの重量配分の例 (FR の場合)²⁾



シェイクアップ方式-2



シェイクアップ方式-3

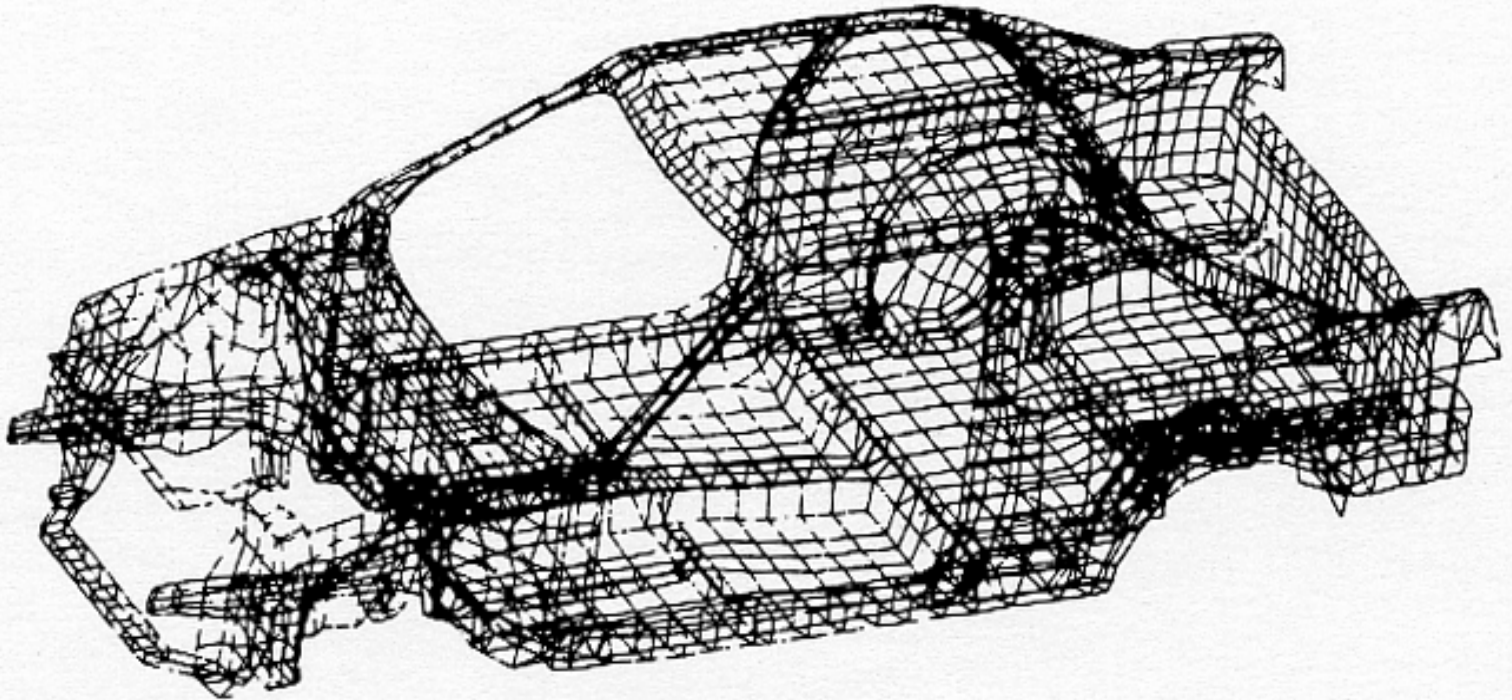
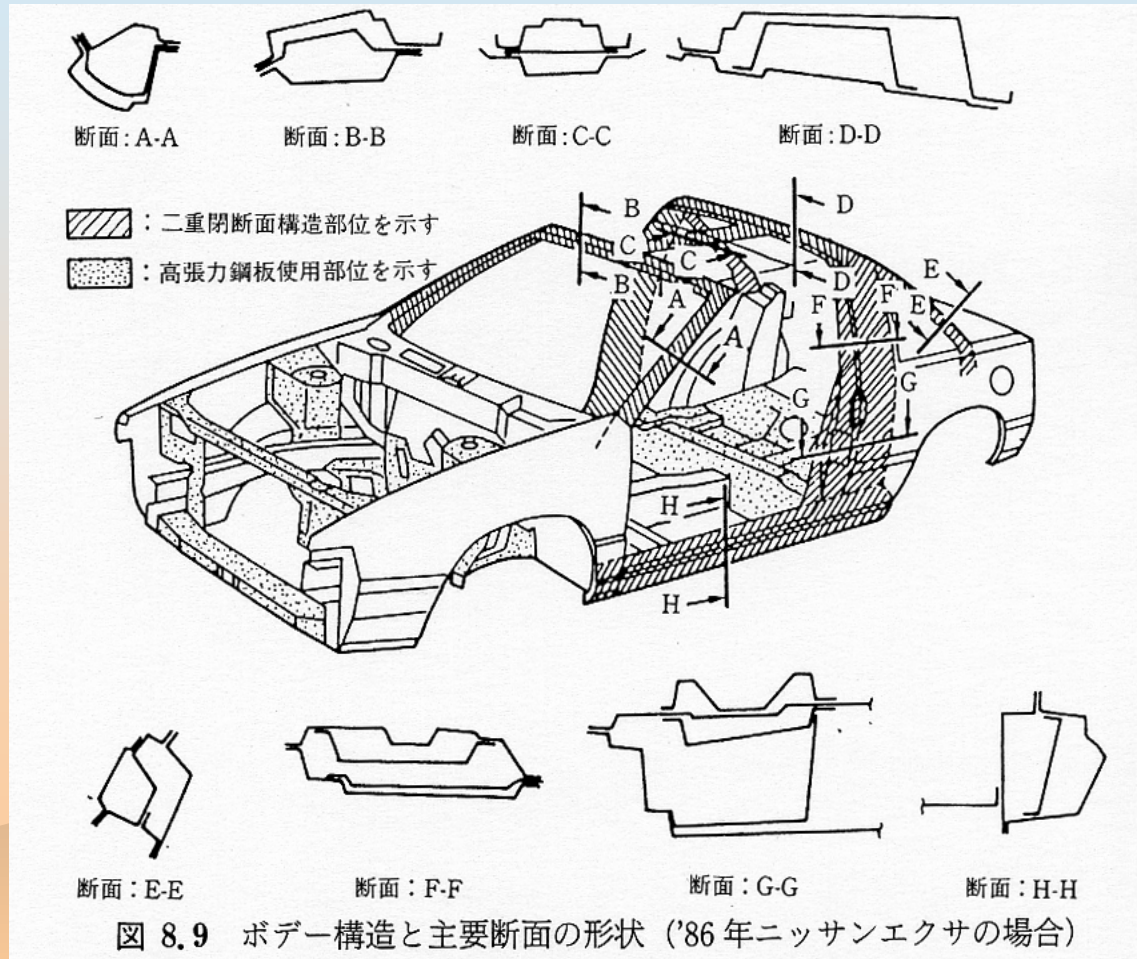


図 8.6 ボデー全体にわたる要素分割の例
(’85年ホンダインテグラの場合)

シェイクアップ方式-4



シェイクアップ方式-5

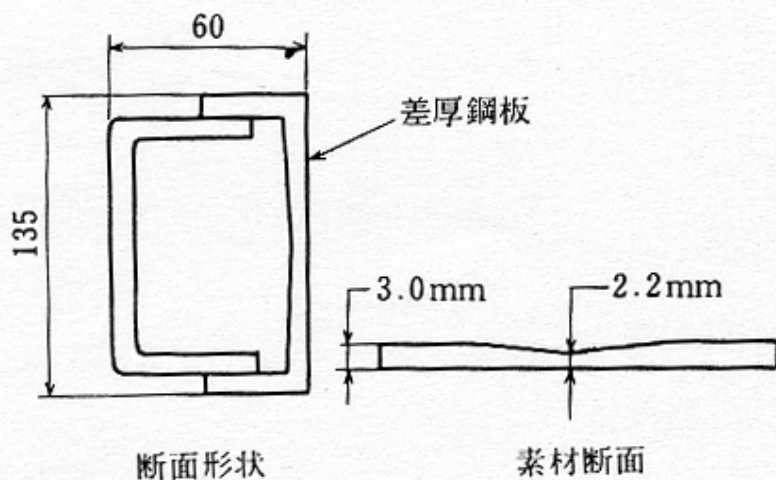


図 8.7 フレーム差厚鋼板 ('86年
ニッサンテラノの場合)

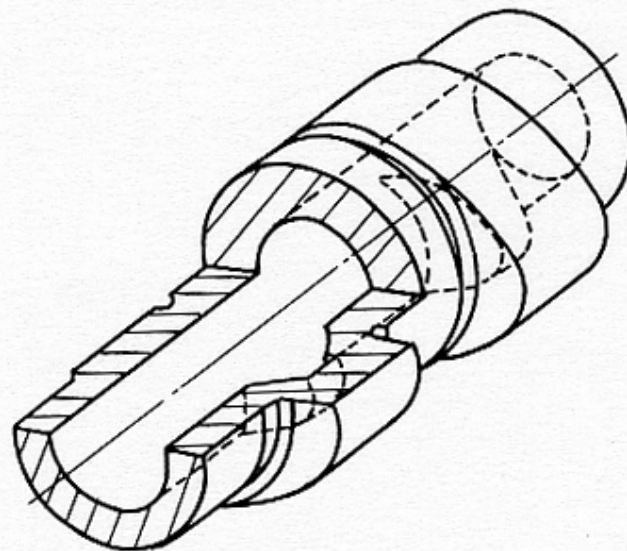


図 8.8 異形中空カムシャフトの断面
('85年ホンダイnteグラの場合)

使用材料置換による軽量化

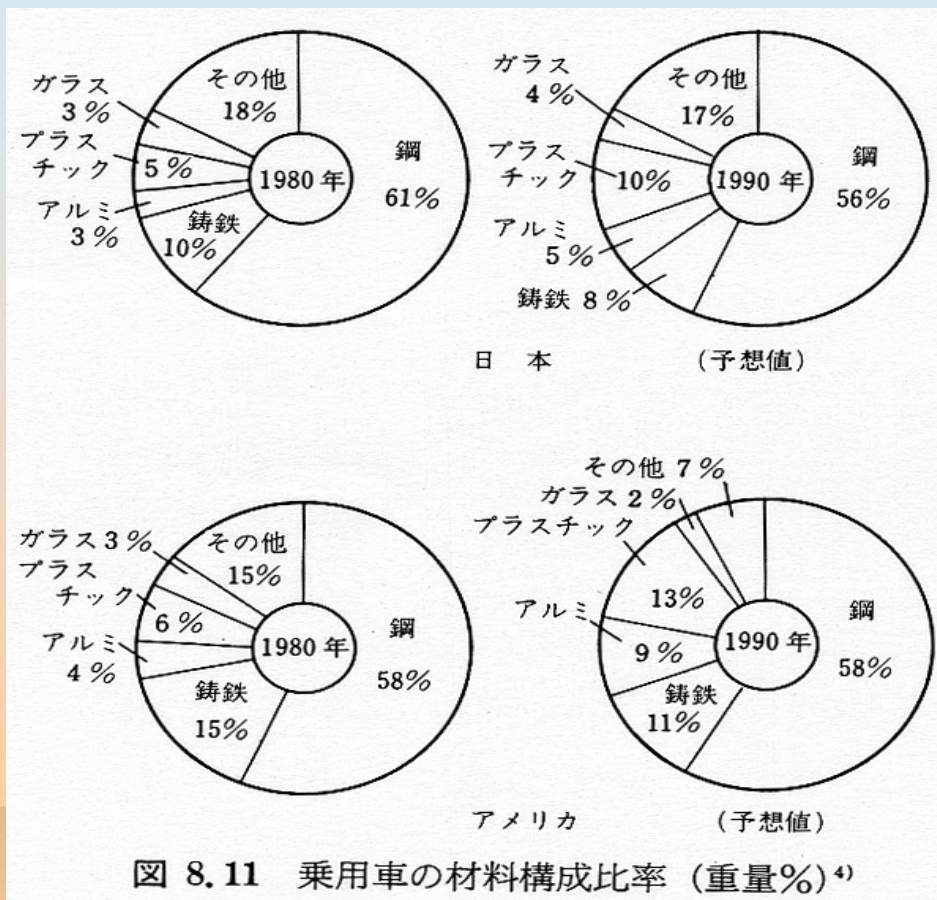


図 8.11 乗用車の材料構成比率 (重量%)⁴⁾

使用材料置換による軽量化-2

表 8.1 材料変換による軽量化とコストアップの例⁵⁾

1) 展伸材

材 料	軽減率	コスト比
普通鋼板	0%	1
耐デント鋼	10~20	0.8~1
高張力鋼	15~30	0.9~1.1
超高張力鋼	40~50	2~3
アルミニウム	50~60	2~3

2) 鋳物

材 料	軽減率	コスト比
ねずみ鑄鉄	0%	1
Al ダイカスト	50~60	0.9~1.2
Al 低圧鑄造	50~60	1.5~1.9
Zn ダイカスト	10~40	0.7~1.1
Mg ダイカスト	75	0.9

3) 樹脂

材 料	軽減率	コスト比
普通鋼板	0%	1
FRP (方向性無)	50	1.25
SMC	35~50	1.15
CFRP (方向性無)	60~70	1.5~4
STX (ホットスタンプ)	35	1.5

(クライスラー社 AMM/MN 1979-2-26)

使用材料置換による軽量化-3

表 8.2 材料および製品の1gあたりの価格⁶⁾¹⁶⁾

	1円/g	10円/g	100円/g	1000円/g	10000円/g	
繊維材料	チタン酸カリウム繊維 2 ↔ 4 アルミナ-シリカ 短繊維 1 ↔ 3	アルミナ短繊維 7 ↔ 10	PAN系炭素繊維 10 ↔ 50 アルミナ繊維 80 ↔ 120 SiC ウイスカ 50 ↔ 120	炭化けい素繊維 200 ↔ 300 ボロン繊維 180 ↔ 300		
その他の材料	Al 0.3 ↔ 0.5 Cu(銅) 0.3 ↔ 0.4 (鉄) 0.7 ↔ 1.3 はん用プラスチック 0.3 ↔ 0.7	Ti 1.5 窒化けい素 2.5 ↔ 10 はん用エンブラ 2.5	形状記憶合金 15 ↔ 30 部分安定化 ZrO ₂ (ジルコニア) 15 ↔ 20	金属Ge(ゲルマニウム) 250 ↔ 270 Si(シリコン)ウエハ 150	GaAs(ガリウムヒ素)単結晶 6000 ↔ 7000 Pt(白金) 2500	
製品	大形トラック 0.5 ↔ 0.8	20インチテレビ 6 ↔ 6.5 2000cc乗用車 1.4 ↔ 1.7	手帳形電卓 60	● 旅客飛行機(B-747)ジェット戦闘機(F-15) ● 115 一眼レフカメラ ● 99 産業用ロボット 95 ↔ 100	● 650	人工衛星 ● 20000

使用材料置換による軽量化-4

軽量化と材料特性

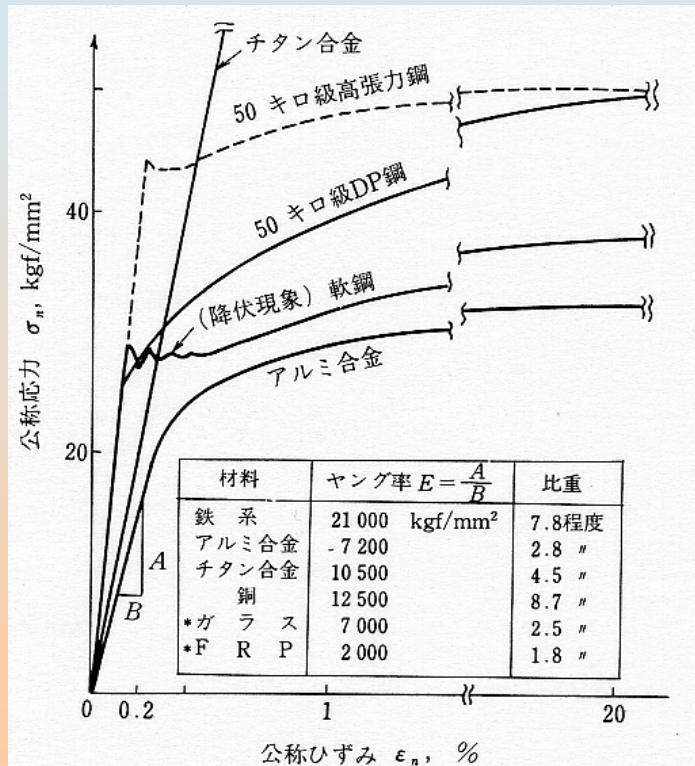
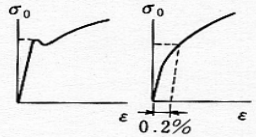
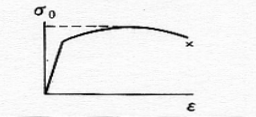
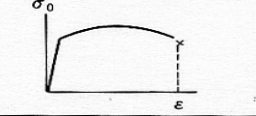
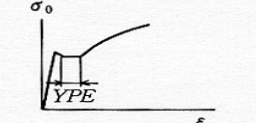
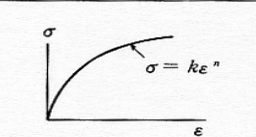
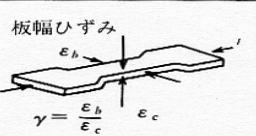


図 8.12 金属材料の S-S 特性 (平滑試験片のひずみ速度一定の引張り試験)

使用材料置換による軽量化-5

軽量化と材料特性-2

表 8.3 鋼板の材料特性とプレス成形性⁷⁾

材 料 特 性	プレ ス 成 形 性 と の 関 係
降 伏 点 YP kgf/mm ²	 <p>降伏点, 引張り強さ, 全伸びはそれぞれに完全に独立している材料特性ではなく, 一般に高 TS 化=高 YP 化=低 EL 化という関係にある。降伏点は, しわ, 形状凍結性など最も相関の強い特性で, 低 YP 材ほど面ひずみ, スプリングバックの面で有利である。ハイテン化(高 TS 化)は高 YP 化にもつながり, ほとんどのプレス成形性を低下させる。</p>
引張り強さ TS kgf/mm ²	
全 伸 び EL %	
降伏点伸び YPE (%)	 <p>材料が時効硬化したとき, 降伏点伸びが生ずる。YPE が大きいと, 外板パネルなどの加工ひずみが比較的小さい部位に材料の不均一変化が起こり, ストレッチャストレインと呼ばれる面品質不良が生ずる。</p>
加工強化 係 数 n 値	 <p>張出し性に影響する材料特性値である。応力, ひずみ曲線を $\sigma = k\epsilon^n$ で近似したときの指数で, 応力-ひずみ曲線でみて応力の上昇度合いの大きい材料では n 値が高くなる。</p>
ランク フォード値 r 値	 <p>深絞り性に最も強く影響する材料特性値である。ランクフォードによって提案されたもので, 引張り試験のような単軸引張りを与えたときの板幅減少率と板厚減少率の対数ひずみの比をとったものである。</p>

σ_0 : 公称応力 σ : 真 応 力



使用材料置換による軽量化-6

軽量化と材料特性-3

- ✧ 鉄鋼材料 鋼板 (高張力鋼板、積層鋼板、特殊加工鋼板) 構造用鋼
- ✧ 鑄鉄材料 :ねずみ鑄鉄、球状黒鉛鑄鉄、バーミキュラ鑄鉄
- ✧ 焼結合金
- ✧ アルミ合金
- ✧ FRM
- ✧ セラミックス
- ✧ プラスティックス



使用材料置換による軽量化-7

軽量化と材料特性-4、 鋳鉄

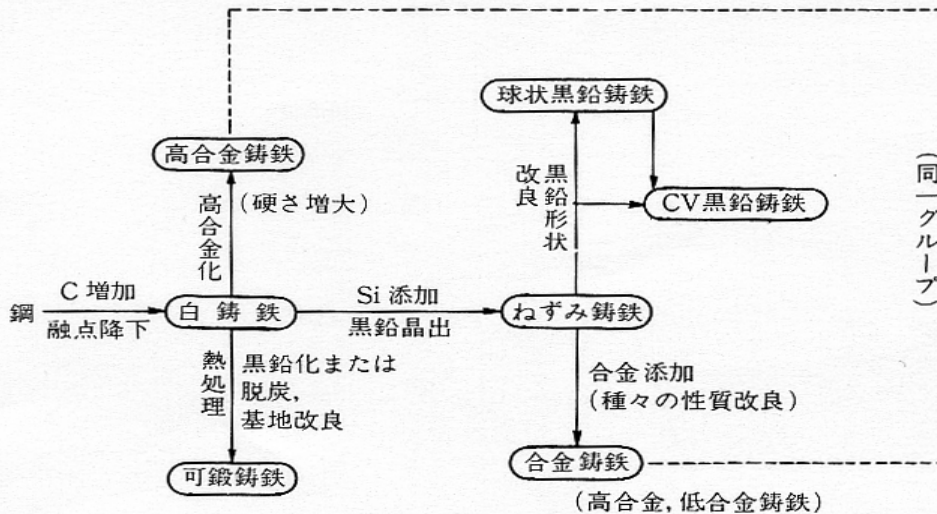
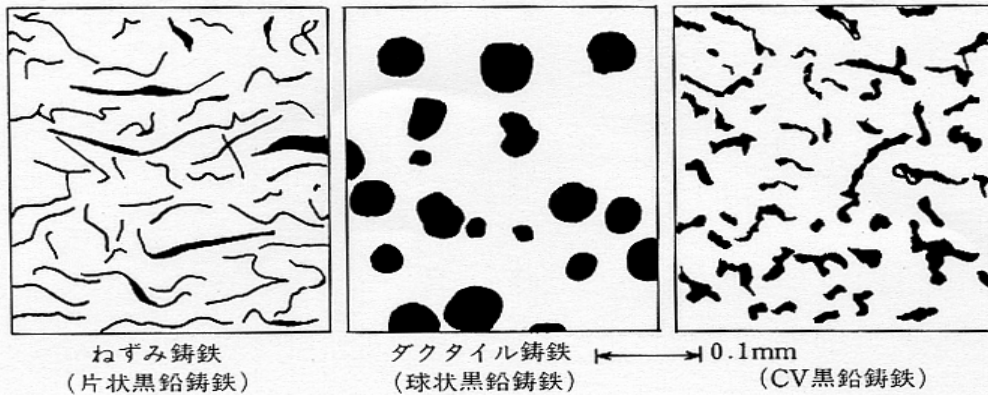
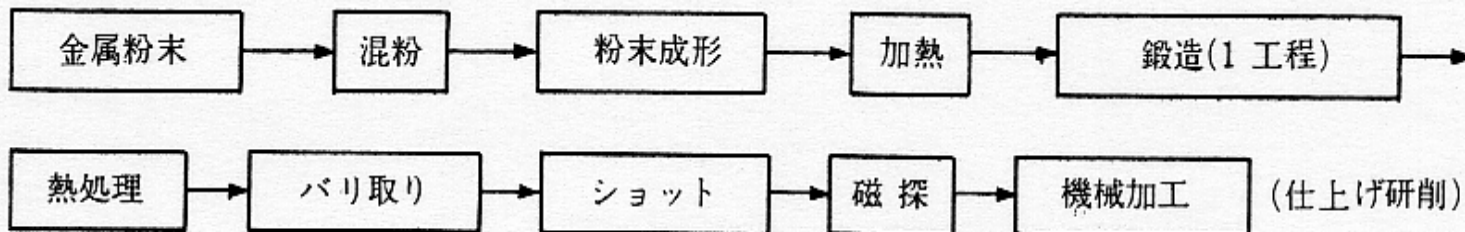


図 8.15 鋳鉄の区分 (黒鉛形状など)¹²⁾

使用材料置換による軽量化-8

軽量化と材料特性-5 焼結合全

焼結鍛造



熱間鍛造

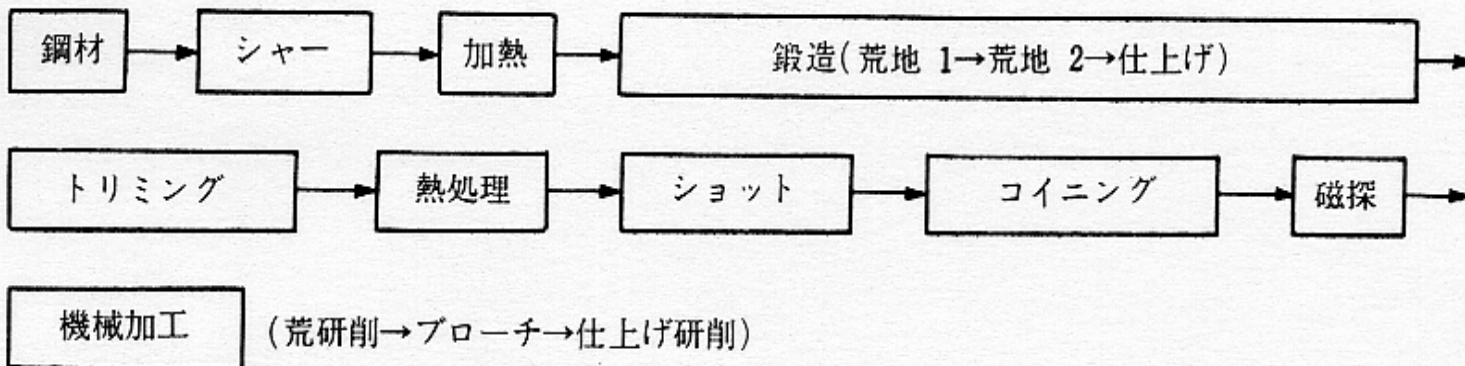


図 8.17 加工工程の比較 (鍛造コンロッドの場合)¹⁵⁾

使用材料置換による軽量化-9

軽量化と材料特性-6、焼結合金-2

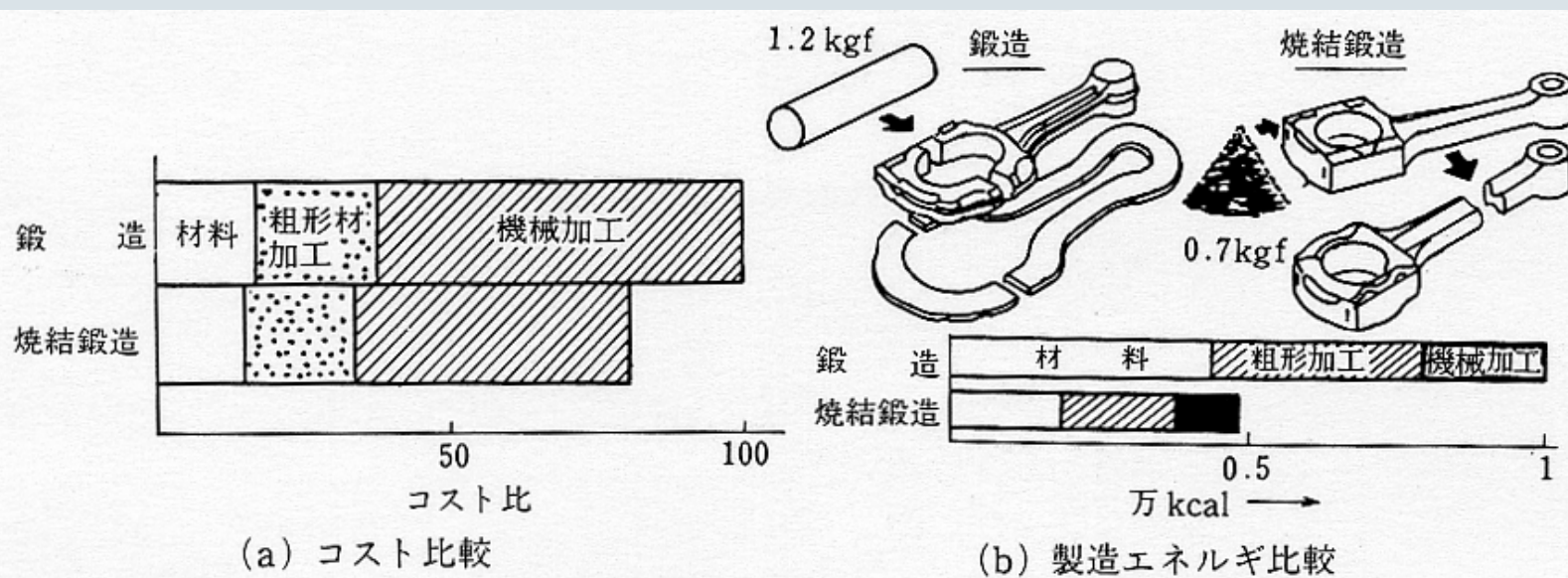
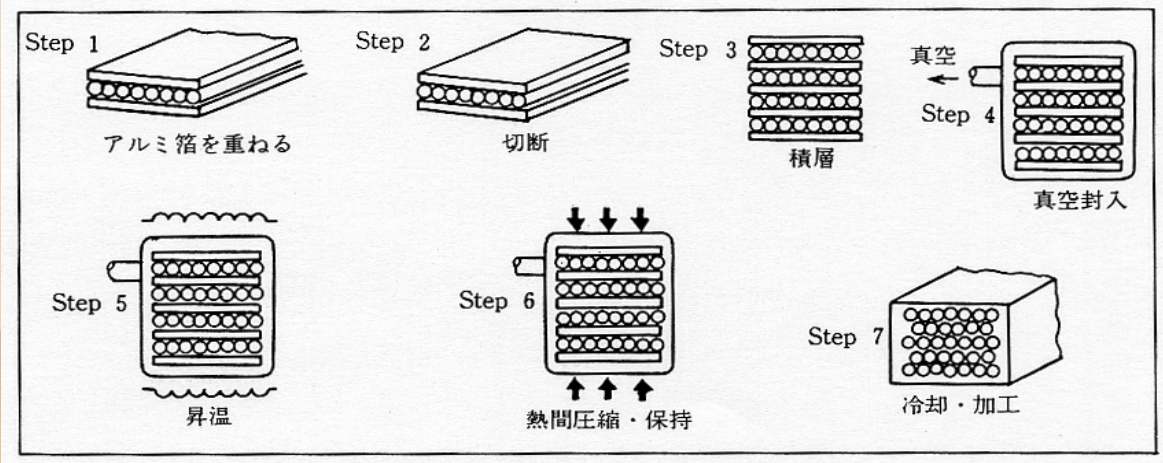
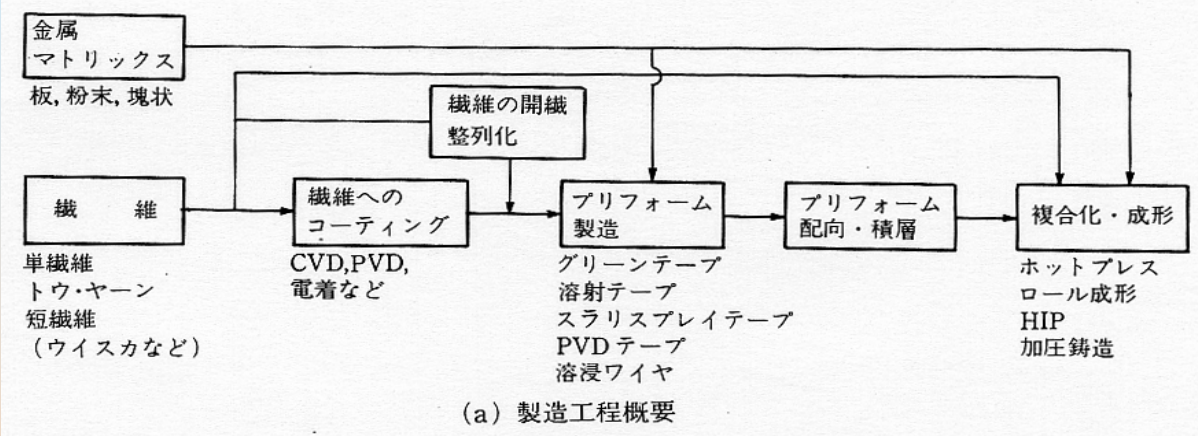


図 8.18 製造方法による比較¹⁵⁾

使用材料置換による軽量化-9

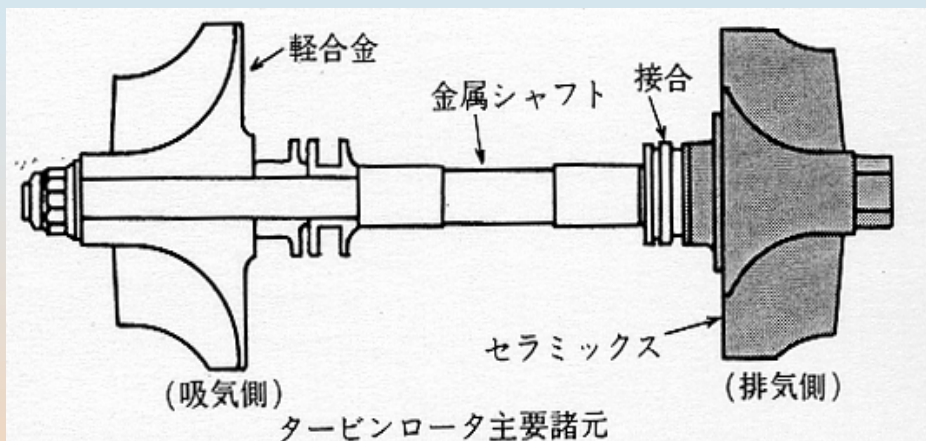
軽量化と材料特性-6、FRM



(b) ホットプレスによるFRMの製造

図 8.19 FRM の製造工程について^{16)~18)}

使用材料置換による軽量化-10 軽量化と材料特性-8、セラミックス



材	料	窒化ケイ素
密	度 (g/cm ³)	3.2
慣性モーメント ×10 ⁻³ kgf·cm·s ²	ロータ単品	0.106
	回転体全体	0.215
重 量 gf	ロータ単品	125
	回転体全体	189

図 8.22 タービンロータの例 ('87年, ニッサン VG 20 DET エンジンの場合)

使用材料置換による軽量化-11

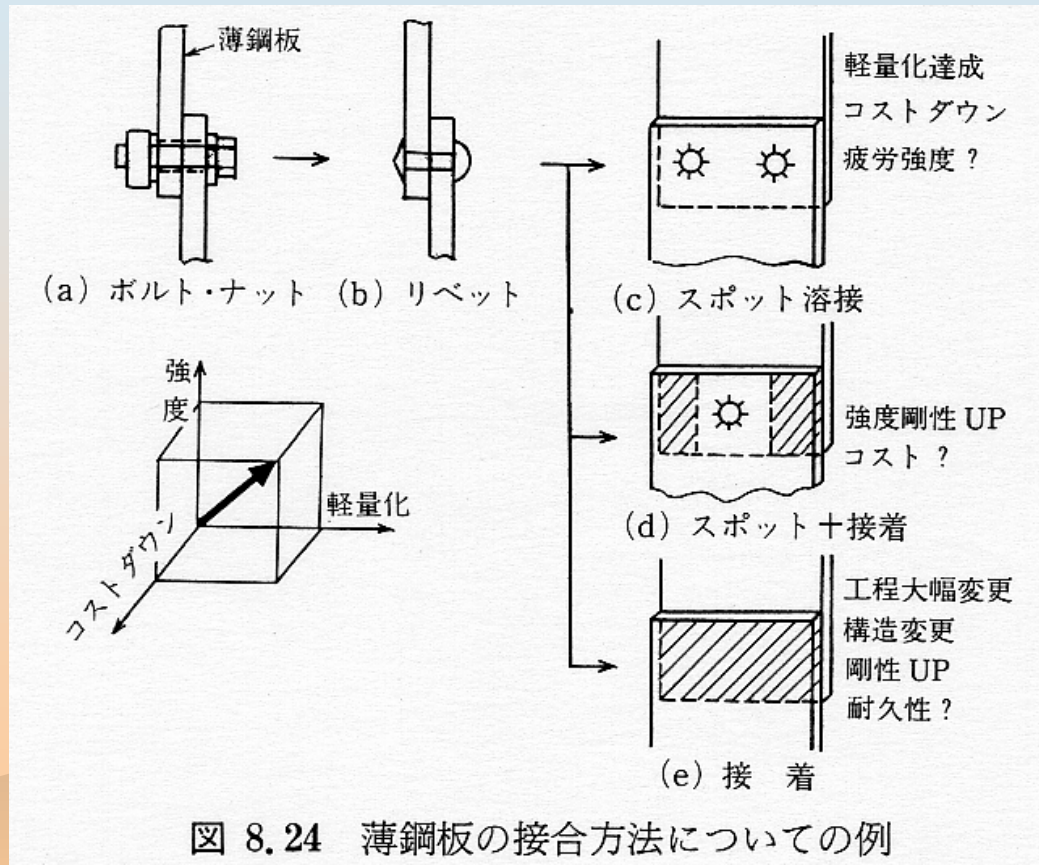
軽量化と材料特性-9、複合材料

表 8.7 自動車用複合材料について¹⁶⁾

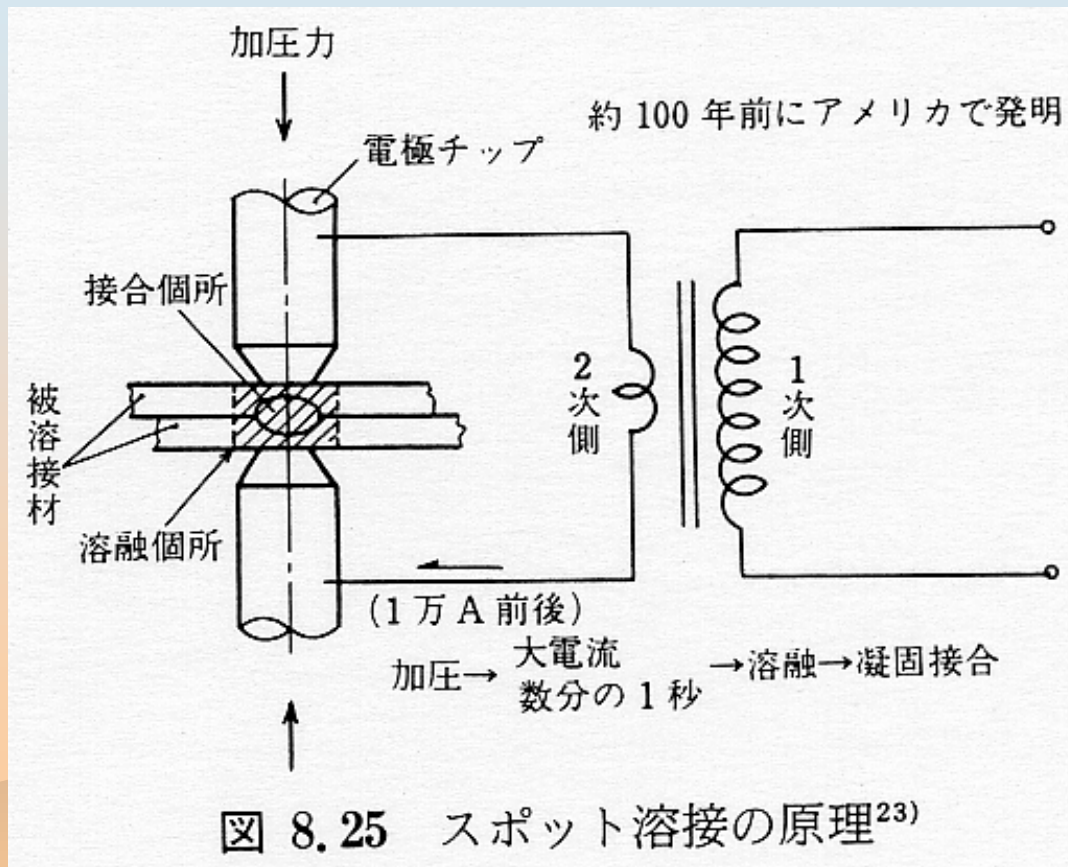
分散材 母材	有機材料	無機材料	金属材料
有機材料	FRR(ホース類) ベルト類 相互侵入網状ポリマ モレキュラコンポジット	FRP(ボデー外板 リーフスプリング) FRR 摩擦材(クラッチフェーシング) ブレーキパッド	導電性プラスチック 導電性ゴム 摩擦材
無機材料	合わせガラス しゃ光ガラス	FRC(C/C) (試, ブレーキディスク)	半導体 IC
金属材料	ラミネート材(ボデー部品) 制振鋼板(オイルパン)	FRM(ピストン 試, コンロッド)	(複合構造材料) バルブ カム軸 ロッカアーム

FRP：繊維強化プラスチック FRR：繊維強化ゴム FRC：繊維強化セラミックス

接合方式の変更による軽量化 — スポット溶接



接合方式の変更による軽量化 — スポット溶接-2



接合方式の変更による軽量化 — 接着

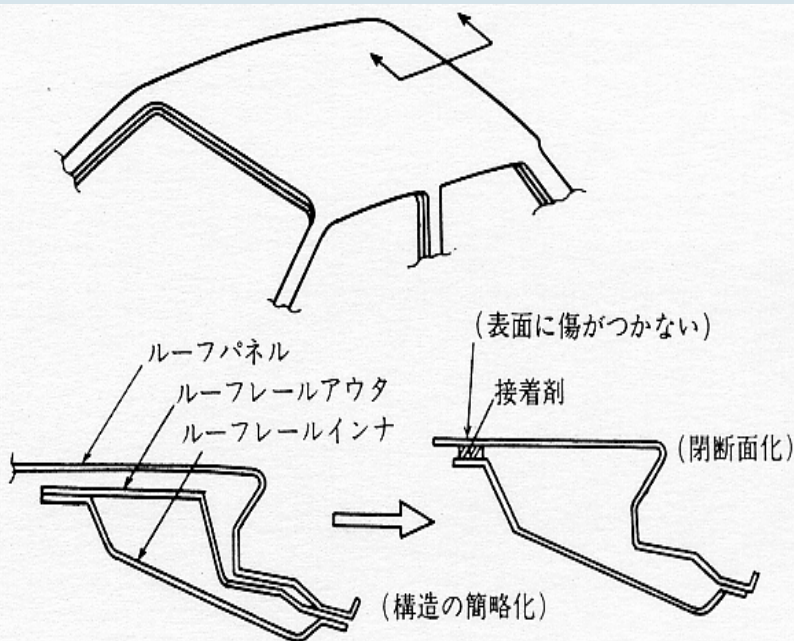


図 8.26 接着接合の例 (リヤルーフレール構造に対して)⁴⁾

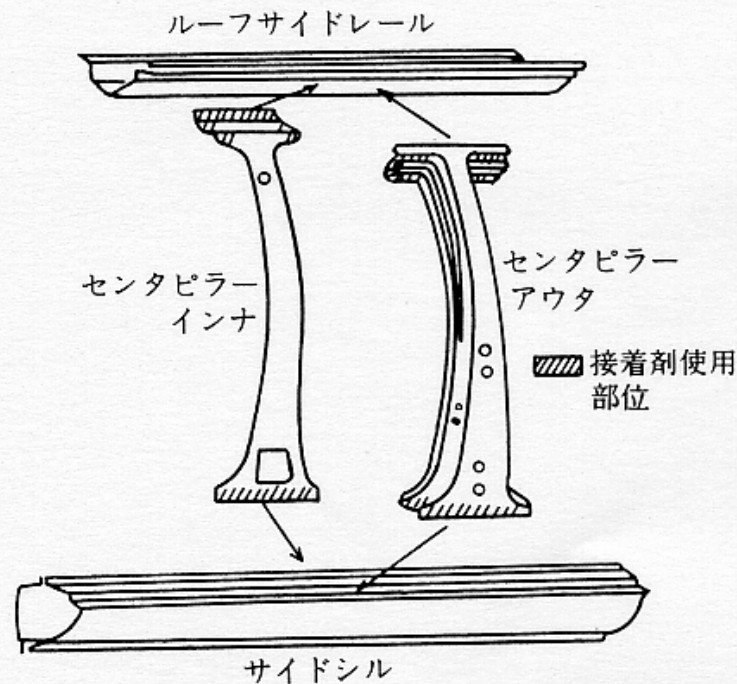
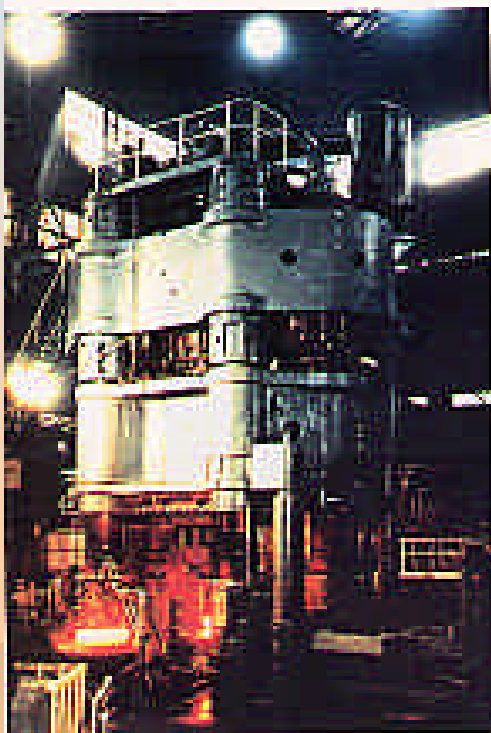


図 8.27 接着剤併用の例⁴⁾

鍛造アルミホイルの開発- 鍛造関連製造設備の紹介

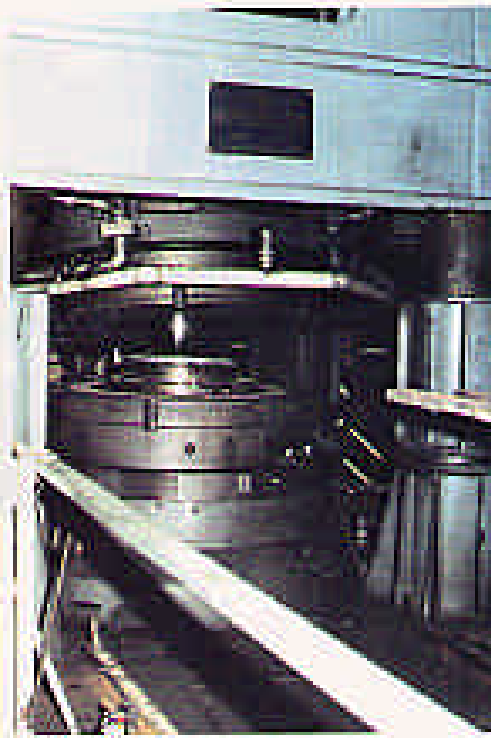
(型入鍛造)

9000T水圧プレス



(回転鍛造)

ディスクローリングミル (SIRD)



鍛造アルミホイルの開発- 鍛造関連製造設備の紹介-2



鍛造アルミホイルの開発- 鍛造関連製造設備の紹介-2

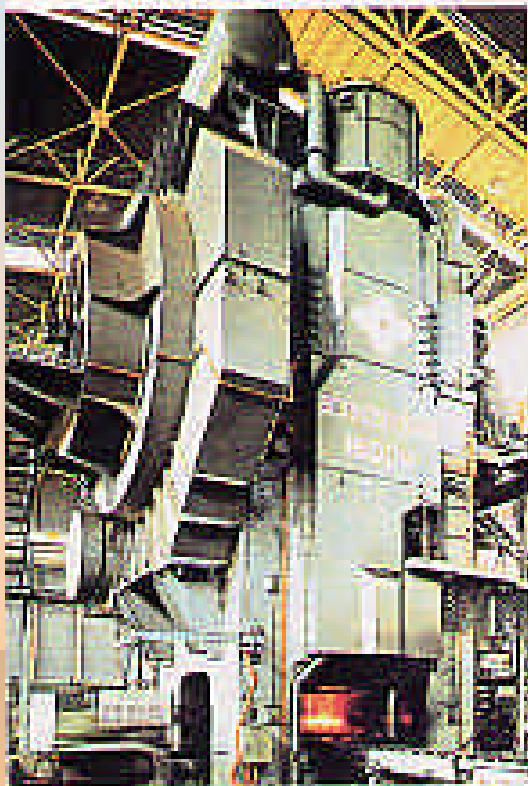


鍛造アルミホイルの開発- 鍛造関連製造設備の紹介-3



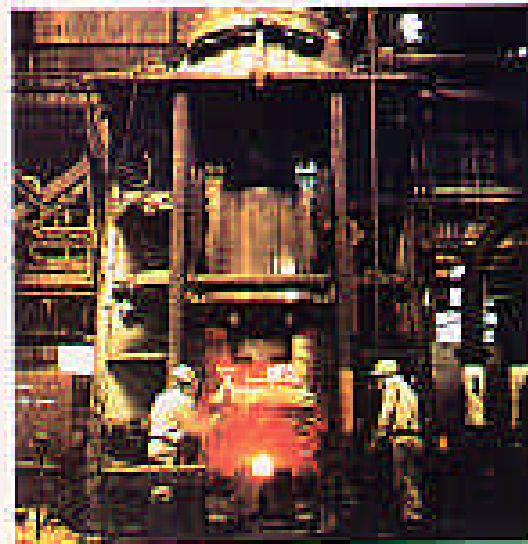
鍛造アルミホイルの開発- 鍛造関連製造設備の紹介- 4

16000Tプレス



(型鍛造)

35TMハンマー



鍛造アルミホイルの開発- 鍛造関連製造設備の紹介-5

