

材料強度設計No.2

知能機械システム工学科

坂本東男

Sakamoto.haruo@kochi-tech.ac.jp

教員室A429、TEL:0887-57-2317

研究室A213、TEL:57-2243

No,2の講義内容

『機械材料と工学』テキスト pp1-p13

- 1.1 .機械材料
 - a. 自動車用材料
 - b. 航空機用材料
 - c. 鉄道車両用材料
- 1.2 .材料の種類
 - a. 金属材料
 - b. 高分子 (プラスチック) 材料
 - c. セラミック材料
 - d. 複合材料
 - e. 電子材料

はじめに

- 1. 工学とは 数学や自然科学の知識を応用して、自然界に存在する材料とエネルギーを人類の利益の為に利用する方法を開発する専門分野である。’
- 2 .現在迄に45,000種類の金属材料、15,000種類の高分子材料、その他数百のセラミックス、木、半導体、繊維などが使用されている。

自動車用材料の変遷

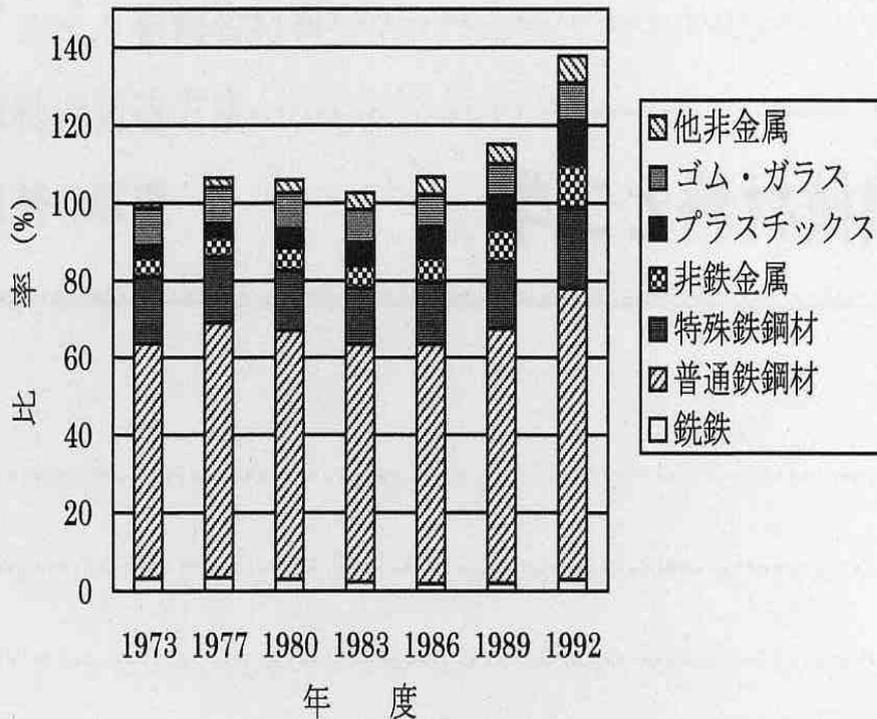


図 1.1 普通小型乗用車における原材料構成比の変化

自動車部品は 3万点。

自動車材料は低燃費化、
軽量化、リサイクル化に
対応している。

構成材料の比率は鉄
鋼材料が70%、アルミニウム
が8%、プラスチック、ゴムが7%
ず つ。

鉄鋼 (鉄と鋼) 材料

- 鉄鋼材料は70%、その内、鋼板が40%。
- 高張力鋼 (鉄鋼の29%)の張強度がボディでは 370MPa 、衝突部材や足回り部材では $440\text{--}590\text{MPa}$ や $980\text{--}1,180\text{MPa}$
- 特殊鋼としてステンレス鋼はエンジン系排気部品、バルブ、ワイパーなど。

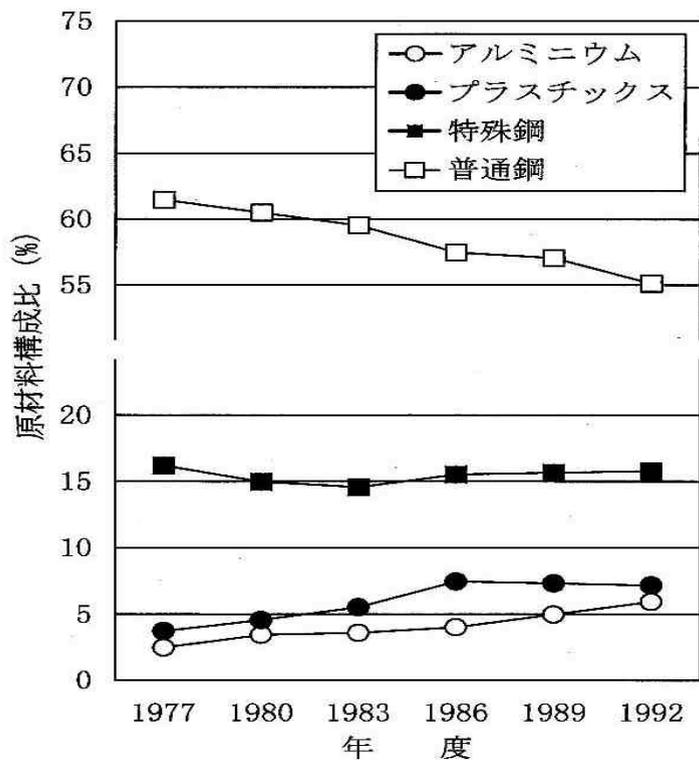


図 1.2 自動車用鋼板の機能別使用例

その他金属材料、プラスチック、セラミックス

- **アルミニウム** (全体の7-9%) ;比重が2.71で鉄鋼(7.8)の約1/3。加工性に優れ、リサイクル性に優れている。ピストンリング、シリンダヘッド、エンジン部品、ホイール、
- **マグネシウム** ;比重が1.74
- **チタン** ;比重は4.5。強度が高く、錆びない材料、コストが高い。エンジンバルブ、コネクティングロッド。
- **プラスチック** (全体の7-8%) 軽量化、高意匠性、防錆性、成形性に優れている。外板、バンパ、エンジン部品、燃料タンク
- **セラミックス** ;機能性セラミックス (電磁氣的性質、工学的性質)は各種センサー、ヒーター、表示装置に 構造用セラミックス (耐熱性、対摩耗性)はエンジン部品など。

材料の構成比変遷



- 年々アルミニウム、プラスチックが増加。
- それに対応して普通鋼は減少。

図 1.3 普通・小型乗用車の主要材料の平均的構成比推移

航空機材料 (重量分布)

- 旅客の重量は15%程度、旅客数を増やすには機体重量を軽く必要がある。
鉄道車両 (通勤車) は車体・台車で約20トン、乗客100人とすれば約6.5トンで約25%が旅客。軽自動車も25%程度？

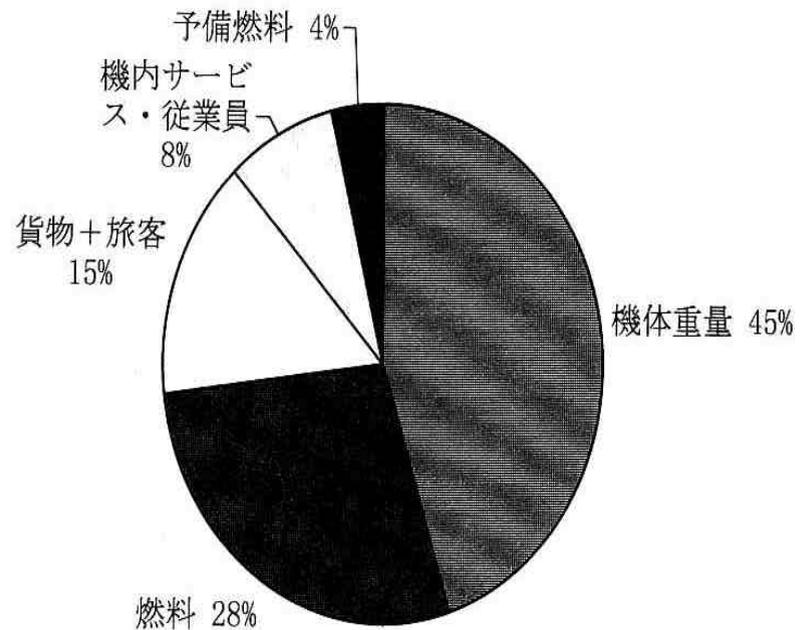
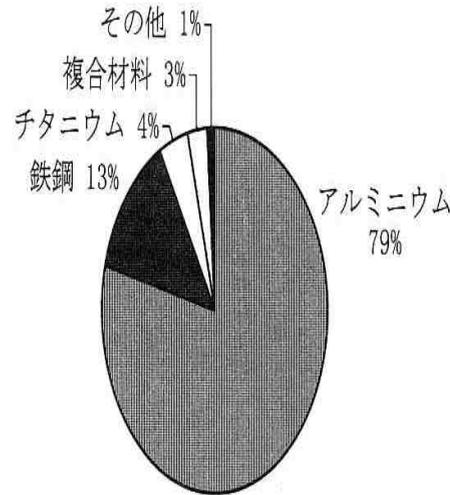


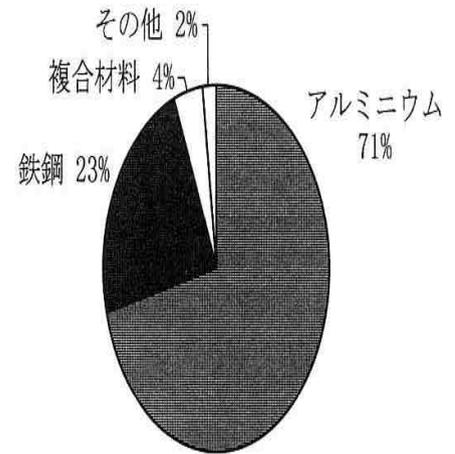
図 1.4 航空機の重量分布 (1,000 マイル飛行距離の旅客機)

航空機材料 (材料構成)

- アルミニウムが70%
上 2000番はアルミ-
銅合金、2024 (超
ラルミン)は 400-
500MPa。 7000
はAl-Zn-Mg-Cu系合金
7075 (超々ジュラ
ミン)は540MPa



(a) Boeing 757旅客機



(b) Northrop F-20戦闘機

図 1.5 航空機の構造材料

Boeing747の材料例

表 1.1 最近の航空機 (B 747) に用いられた材料の種類

脚材料	窓ガラス	床・壁材
超高張力鋼	ポリカーボネート	FRP (アラミド繊維/エポキシ) (アラミド・ハニカム/フェノール)
エンジン	一次構造材	二次構造材
一方向凝固精密鑄造材 単結晶精密鑄造材 新アルミ合金 (粉末冶金, Al-Li) FRM FRP (炭素繊維/エポキシ) (炭素繊維/ポリイミド) アルミニウム	CFRM FRM 新アルミ合金 新チタン合金	FRP (炭素繊維, アラミド繊維, ボロン繊維, ハイブリッド) FRM (SiC, ボロン, アルミナ/アルミ, チタン, マグネシウム) 新アルミ合金 新チタン合金 傾斜機能材料

複合材料

- FRP ;Fiber Reinforced Plastics
Carbon Fiber Reinforced Plastics(CFRP)
Glass Fiber Reinforced Plastics(GFRP)
- FRM; Fiber Reinforce Metal
- C/C (CFRC); Carbon-Carbon Composite
(Carbon Fiber Reinforced Carbon) ブレーキディスク材料

航空機材料の将来予測

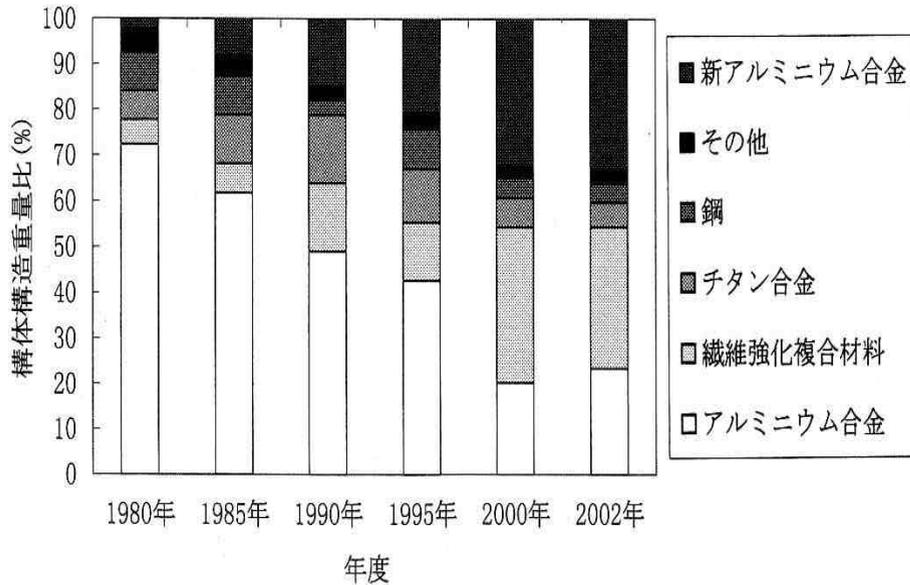


図 1.6 民間航空機構造材料の将来予測

新アルミニウム合金；
Al-Li、従来のアルミより
10%軽く強度も高い。

チタン合金 (比重が
4.54) ;比強度 (引張強度/
比重)が高く高温に耐えら
れる 戦闘機 (マッハ 3以
上) 代表はTi-6Al-4V)

Boeing777の材料 (鉄鋼材料は10-20%程度)

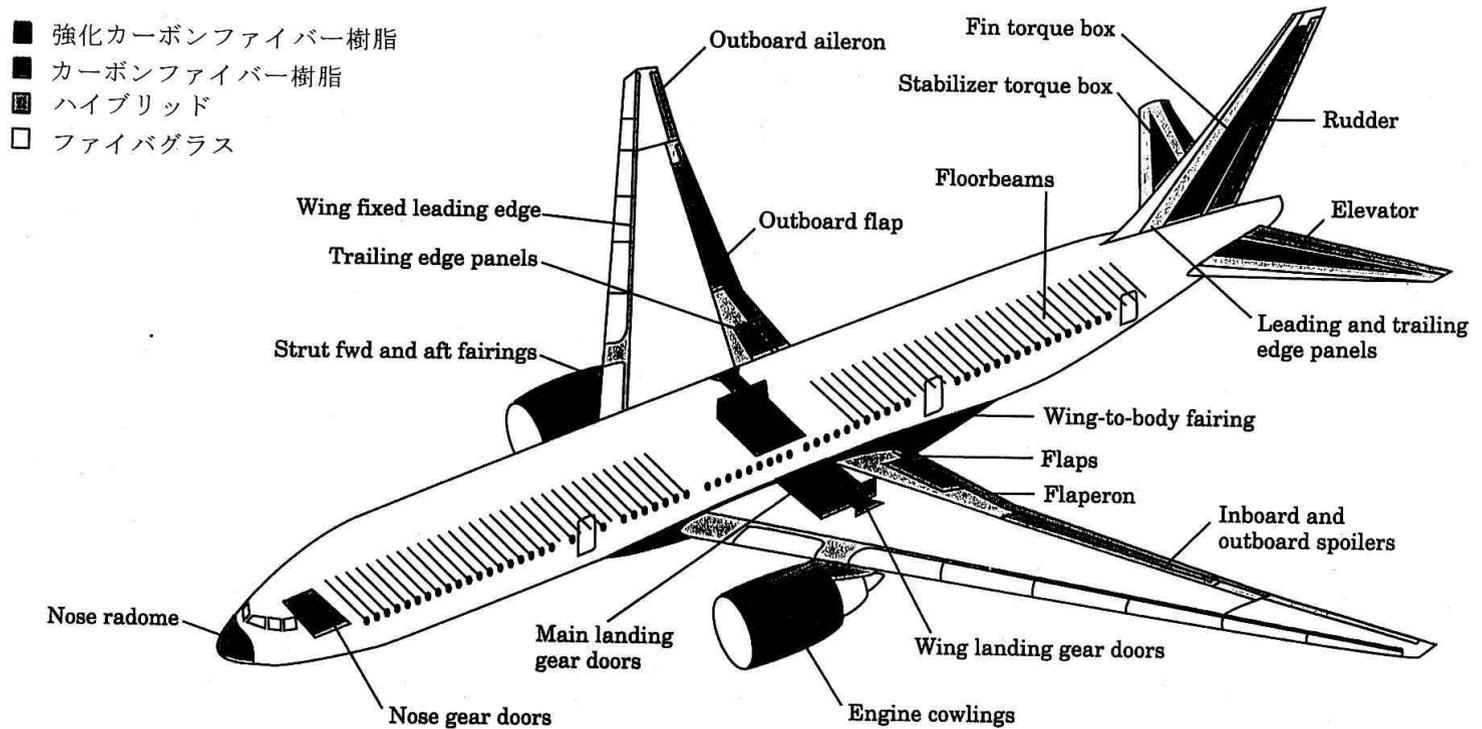


図 1.7 B 777 旅客機に用いられている複合材料の例

鉄道車両用材料

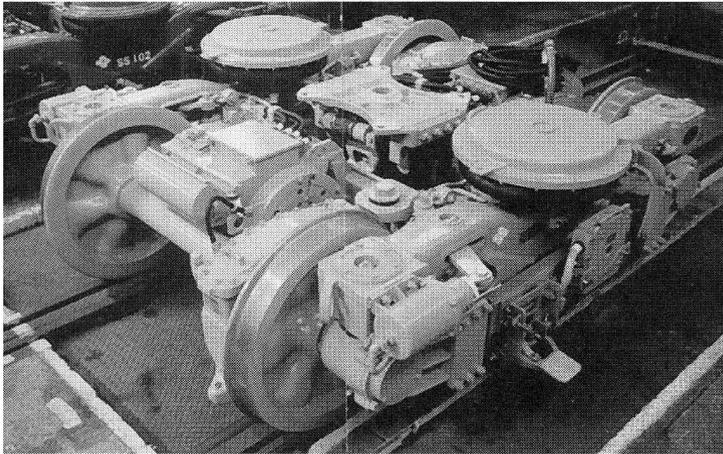
- 車体用材料は鉄鋼材料、アルミニウム合金が主流。
- 他にFRP、プラスチック、ガラス、ゴム など

表 1.2 鉄道車両用車体に用いられている材料

	分類	使用材料
車 体	構体	炭素鋼, ステンレス鋼, アルミニウム合金
	内張	FRP
	車内設備	炭素鋼, プラスチック, ウレタンフォーム, ゴム, プラスチック, ガラス, FRP
	窓, 扉	FRP, ガラス
	連結器	ゴム

鉄道車両用台車の材料

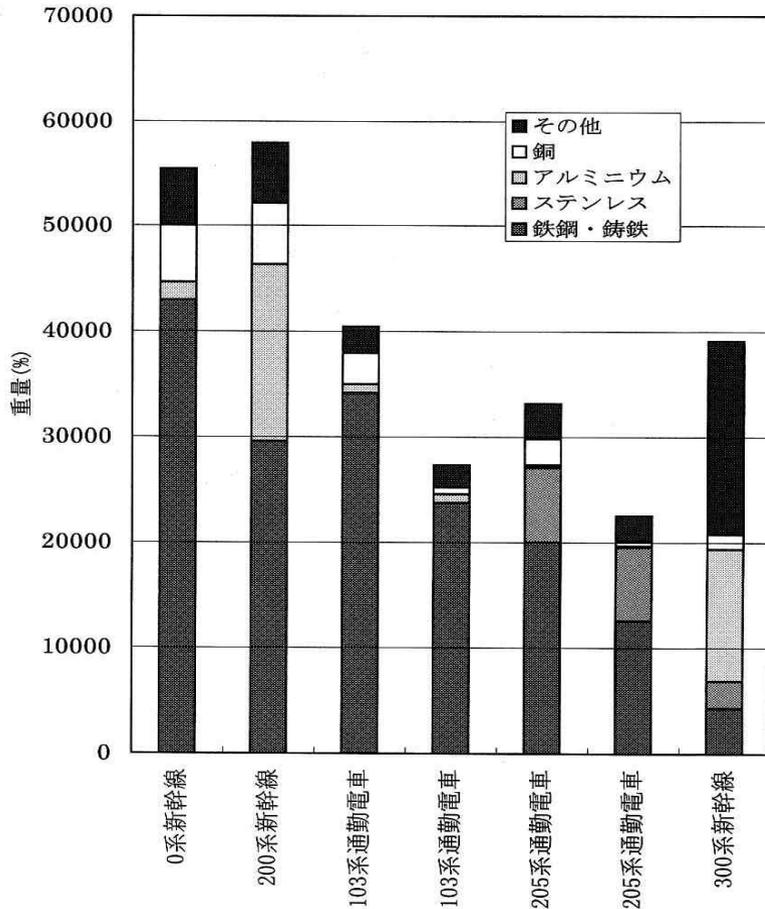
1. 機械材料と工学



分類		使用材料	
台車	台車枠組立	台車枠	炭素鋼
		側受すり板	
	輪軸組立	車輪	炭素鋼
		車軸	炭素鋼
		ブレーキディスク	鋳鉄, 炭素鋼
	軸箱組立	軸箱体	炭素鋼
		軸受	炭素鋼, 合金鋼, 銅合金
		潤滑油	油
	軸箱支持装置	ゴムブシュ	
	軸バネ装置	軸バネ, 軸バネ座	炭素鋼, ゴム
	マクラバリ装置	マクラバリ	炭素鋼アルミニウム合金
		ボルスタアンカ	
	ブレーキ装置	制輪子	炭素鋼, 合金鋼, プラスチック
	駆動装置	継手	
歯車, 歯車箱		炭素鋼, 合金鋼	
その他	空気バネ	炭素鋼, ゴム	
	車輪踏面清掃装置	合金鋼, 銅合金 アルミニウム合金, セラミックス	

図 1.8 鉄道車両用台車 (SS 形ボルスタレス台車) の構成材料

車両別材料比



- 新幹線 (200系、300系) はアルミが多くなりつつある。
- 通勤車はまだ鉄鋼 (ステンレス含む) が多い。

図 1.9 鉄道車両の質量比と構成材料別質量 ((財)鉄道総合技術研究所)

材料の種類 (金属)

- 1.鉄鋼材料、
- 2.非鉄金属
 - 1) ハードメタル (重金属 銅、亜鉛、鉛、貴金属 金、銀)
 - 2) 軽金属 (アルミニウム、マグネシウム)
 - 3) 新金属 (チタン、コバルト、シリコン)

航空機エンジンの材料 (金属が多いが複合材料も)

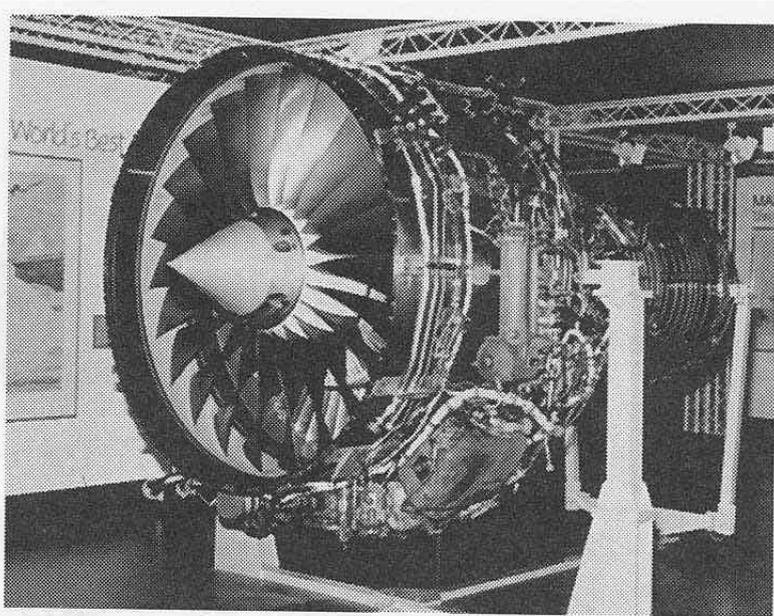


図 1.10 旅客機用エンジンの外観

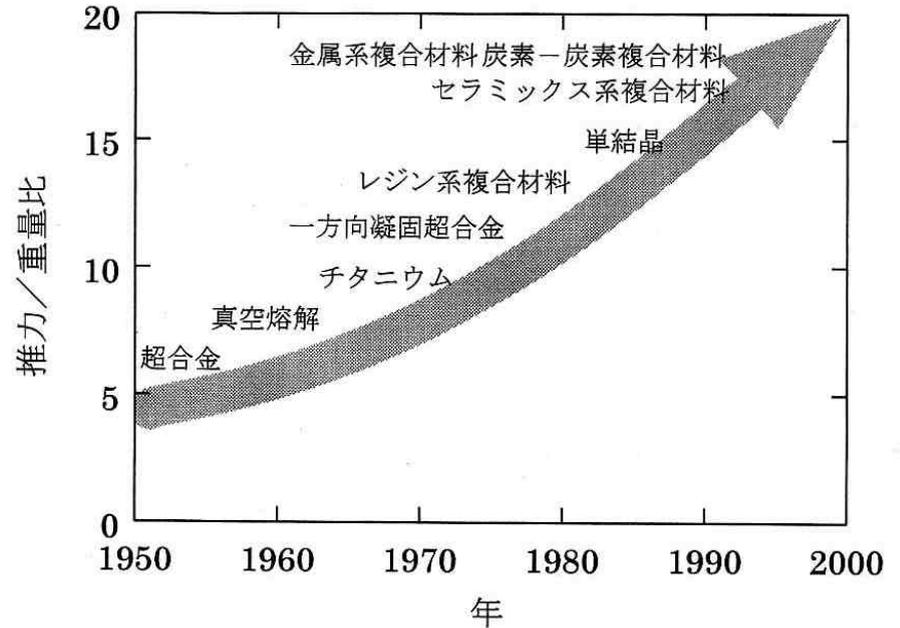


図 1.11 ガスタービンエンジン用材料と製造方法の変遷

非鉄金属の用途

表 1.3 非鉄金属の用途

エネルギー	ニューフロンティア
超伝導, 原子力, 太陽エネルギー, 水素利用など	大深度地下利用, 海洋開発, 宇宙開発など
ニッケル: 燃料電池 マンガン: 水素吸蔵合金 アンチモン: 蓄電池極板 ホウ素: 核融合炉壁 ハフニウム: 原子炉制御棒	ニッケル: 構造用合金 クロム: 構造用合金, 特殊鋼溶接 タングステン: 耐熱, 耐食材料 チタン: 航空機用耐熱材料
生活関連	エレクトロニクス
医療, 娯楽, レジャー, 交通	LSI, 光通信, レーザ, 磁性材料
ストロンチウム: ブラウン管 リチウム: 電池 ガリウム: 歯科用合金 ルビジウム: 医療 白金: 医療 (抗ガン剤)	ガリウム: 化合物半導体 ゲルマニウム: 光通信用受光素子 インジウム: 電子材料 ジルコニウム: 電子材料 ニオブ: 電子材料 パラジウム: 電子材料

その他の材料

- 1.高分子 (プラスチック)材料

炭素を含む長い鎖状もしくは網状につながった分子よりなる有機物。非結晶質。電気伝導度は低い。一般に密度は低く軟化や分解する温度は低い。

- 2.セラミック材料

金属や非金属が化学的に結合した無機物。硬度が高く、高温での強度は強いが靱性に乏しい脆性材料。軽量、低摩擦係数、耐熱、耐摩耗、に優れている。エンジン、高温炉の炉壁、スペースシャトルの外壁など。

スペースシャトルの耐熱材料

- Reinforced carbon-carbon
- High temperature reusable surface insulation (HRSI)
- Low temperature reusable surface insulation
- Coated Nomex felt
- Metal or glass

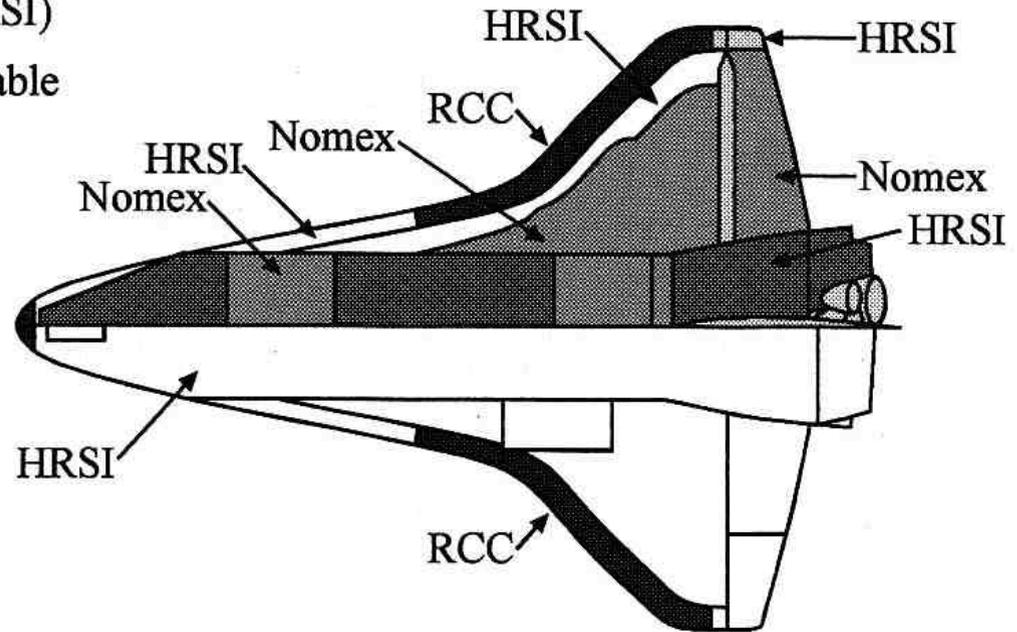


図 1.12 スペースシャトルに用いられた耐熱材料

その他材料 (2)

- ## 3 . 複合材料

複数の材料を組み合わせて作られた材料。主に特殊な繊維や粒子または強化金属と結合材として樹脂で構成されている。先端複合材料としてポリエステルまたはエポキシ樹脂をファイバーグラス強化した、あるいは炭素繊維強化したエポキシ樹脂。

- ## 4 . 電子材料

最近の情報化社会の形成に重要な役割を果たしている。高純度シリコンが代表である。ガリウム砒素なども電子材料。

Boeingの要求する工学技術者

- 1.基礎科学 (数学、物理と生命科学、情報工学)
- 2.設計と製造プロセス
- 3.学際的で全体を把握できる
- 4.エンジニアリングの周辺 (経済、歴史、環境、顧客と社会のニーズ)
- 5.上手な情報伝達 (作文、表現、グラフィックス、傾聴)
- 6.高い倫理観
- 7.批判的独創的な個性と協調性の両者をそなえている
- 8.柔軟性、変化を受け入れる能力。
- 9.生涯にわたって学ぼうとする好奇心と欲望
- 10. チームワークに対する理解と貢献