

金属材料



製鉄所の溶鋳炉(高炉)

光和商事(株) 荒木 巍

H18.4.21

金属材料の分類

工業材料	金属材料	鉄鋼材料	鉄、鋳鉄、鋼、合金鋼、特殊鋼
		非鉄金属材料	銅、アルミニウム、マグネシウム、チタニウム、ニッケル、それらの合金、軟質金属
	非金属材料	無機材料	ガラス、セメント、粘土、陶磁器、耐火物、ファインセラミクス
		有機材料	木材、繊維、皮革、油脂、石油、接着剤、ゴム、潤滑油、プラスチック
	その他	新素材	形状記憶合金、水素吸蔵合金、アモルファス合金、傾斜機能材料

鉄鋼材料	鉄	電解鉄、純鉄	そのまま使用されることは少ない
	鋳鉄	鋳造品	炭素含有量が多い
	鋼	炭素鋼	炭素の含有量により強度など性質が異なる
		合金鋼	Ni、Cr、Mgなどを含有させて耐熱性、耐食性など特性を変える
	特殊鋼	工具鋼、ばね鋼など	元素を添加したり、熱処理などにより強度を高めたりする

鋳造品	鋳鉄	ねずみ鋳鉄 可鍛鋳鉄(黒心、白心、パーライト) 球状黒鉛鋳鉄(FCD)(Ce、Mg、Caなどを添加) チルド鋳鉄(金型を使用) 合金鋳鉄(Ni、Cr、Mo、Cuなどを添加)
	鋳鋼	炭素鋼鋳鋼(Si、Mnのみを含む) 合金鋼鋳鋼(Mn、Ni、Crなどを添加) (耐食性、耐熱性、耐摩耗性)

炭素の含有量:	純鉄	0	—
	0.04%鋼	0.04	—
	2.1%鋳鉄	2.1	—
	6.7%		

金属の精錬

電 炉

原料調達

市中回収スクラップ
(橋、ビル、家屋、自動車)
工場発生の廃物

溶解・精錬

電気炉で鉄スクラップを溶かす。

精 造

ビレット、ブルーム、スラブという半製品に。

圧 延

さまざまなロールを通して製品の形に。

精 整

仕上げ工程を経て棒鋼、線材、H形鋼、厚板などの製品に。

高 炉

原料調達

鉄鉱石、原料炭
副原料、スクラップ

製 銑

鉄鉱石から酸素を取り除き銑鉄を造る。

製 鋼

銑鉄に含まれた不純物を取り除き「鋼」を造り出す。

図11-1 鉄鋼製品ができるまでの主な流れ

製 錬

粗金属を取り出す
コークス (C) で酸素を奪う
(例) $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$
酸化鉄 一酸化炭素

酸素で硫黄を奪う
(例) $\text{CuS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{SO}_2$
硫化銅 銅 二酸化硫黄

CO_2 : (大気放散)

CO : 燃料として利用

SO_2 : (硫酸として利用)

鉄の場合

せんてつ
銑鉄
炭素が過剰

銅の場合

粗銅
微量の金、銀を含む

有効利用できる金属を含まない
スラグ
土木・建設材料 (82ページ)

図11-2 精錬のエネルギー消費
(粗金属1トンつくるのに必要なエネルギー)

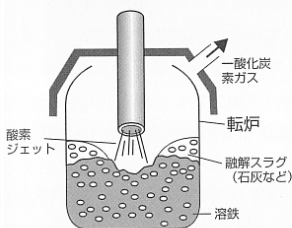
	所要エネルギー (kWh/トン)	
	理論値	実績値
粗銅	1160	7600
亜鉛	1360	10000
銅1	320	16300
銅2	320	40700
ニッケル	1050	41900
アルミ	8170	79100
チタン	5150	154700

(kWhは電力エネルギー、1kWh=3.6kJ)

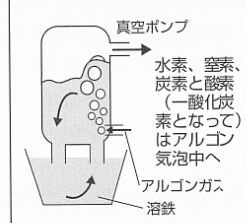
※銅1は精錬 (Cu 27%)
からの製造エネルギー。
銅2は原鉱 (Cu 0.7%)
からの製造エネルギー

鉄の精錬

酸化精錬



さらに有効な脱ガス法

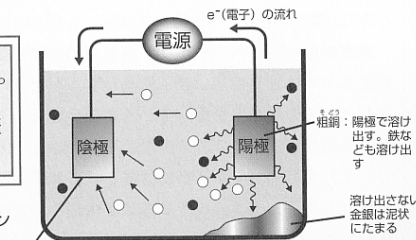


炭素は酸素と反応⇒一酸化炭素となり気泡中へ
リンは酸素、石灰と反応⇒ (CaO・P₂O₅)としてスラグ中へ

銅の電解精錬

電解液中の溶解、析出する電位差を利用

○銅イオン
●不純物イオン



精銅板: 溶け出した銅が陰極に集まる。鉄は析出しにくい

図11-3 不純物の除去

性 質

機械的性質

応力とひずみ(変形)・破断: 応力－ひずみ線図(図11-4参照)

せん断応力: 矩形が平行四辺形になる変形を起こすような互いに平行で逆向きの力(せん断力)をそれが作用している面積で割ったもの。金属の多くの変形はせん断応力で生じる。

曲げ強さ: 曲げ力を受ける材料の破壊に対する抵抗の大きさを、破壊時の最大曲げ応力で表す。

衝撃試験: 試験片に衝撃力を加えて破断させ試験片に吸収されたエネルギーを測定し、材料の粘さを評価。シャルピー衝撃値などがある。

疲労: 金属を繰り返し折り曲げると、引張って切れるよりはるかに小さな力で破断する。これを疲れ破断と言う応力がある程度以下になると繰り返し数をいくら多くても材料は破壊されにくくなる。この限度を「疲れ限度」と言う

クリープ: 一定の応力(荷重)を加えたときの材料変形が時間の経過とともに進行する現象。耐熱材に重視される。

硬さ: 材料の表面の一部を押し込んだり引掻いたときの損傷生成に対する抵抗の指標。代表的な硬さとして、ブリネル硬さ、ビッカース硬さ、ロックウェル硬さがある。

摩耗: 金属の表面に他の材料がこすれあって表面が磨り減る現象。材料が接触・しゅう動する部分には必ず磨耗が生じる

熱的性質

熱伝導度: 金属内部に温度差が生じると高温部から低温部に熱が流れる。金属により温度勾配(温度差/長さ)によって断面積・時間当たりの流れる熱の量が決まる。

熱膨張係数: 温度1℃上昇するときの体積の増加率を体膨張係数(α)、長さの伸び率を線膨張係数(β)という。実質的に $\alpha=3\beta$ 。鉄は $\beta=1.2\times 10^{-5}$ 、Alは $\beta=2.83\times 10^{-5}$ 。

電気的性質

電気伝導度: 温度の代りに電位差があると電流が流れる。温度と同様の指標で電気伝導度が定義される。逆に電気の流れにくさが「電気抵抗」。

化学的性質

さび・腐食 化学的、生物学的作用により、物体の外見や機能が損なわれること、あるいはその状態のことである。特に金属は化学的な腐食を受けやすく、腐食による生成物は一般的に**錆(さび, rust)**と呼ばれる

応力と伸びの関係

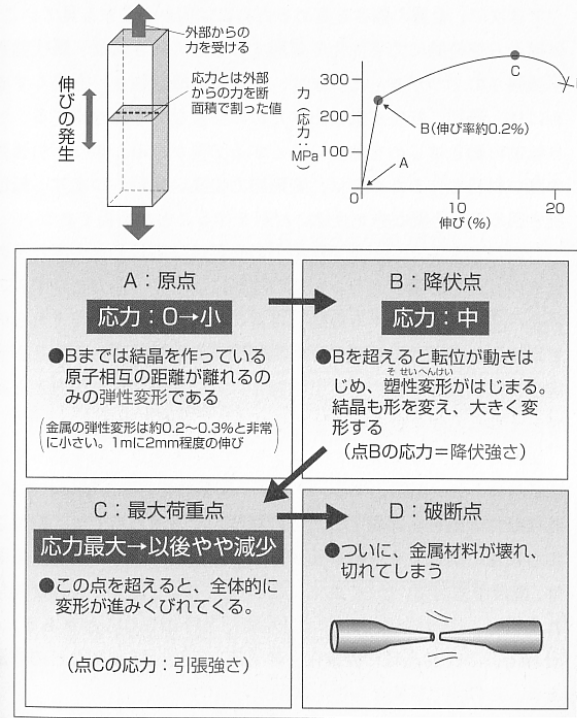


図11-4 金属の変形と強さ



図11-5 2t引張り試験機
(東大)

日本

- 2C頃 鉄器の使用が始まる(弥生時代)
- 8C 銅の生産(和銅年間)
- 17C後半 近世タタラ製鉄技術普及
- 1857 釜山反射炉完成(江川太郎左衛門)
木炭炉による高炉操業開始(大島高任)
- 1901 官営八幡製鉄所第1高炉火入れ
- 1917 KS鋼発明(本多光太郎)
- 1931 MK鋼発明(三島徳七)
- 21C 新素材の発展—鉄鋼の超高強度化、
軽量材料、耐熱材料、電子材料
- 今後 ナノテクの応用—新材料の創出

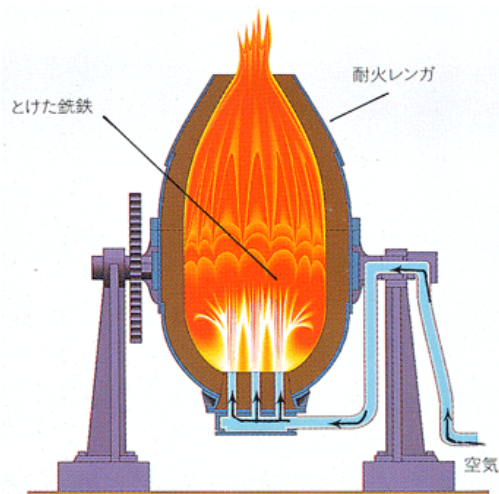
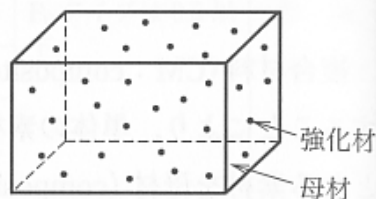


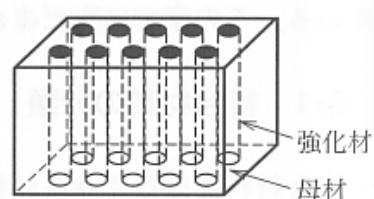
図11-6 ベッセマー転炉

世界

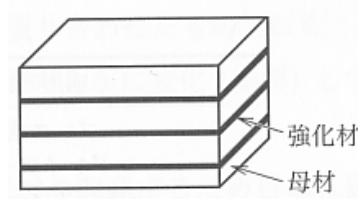
- BC5000～4000 自然産出の金、銀、銅などを武器、用具に使用。
隕石などから鉄を発見
- BC3000～2000 銅の精錬。銅合金(青銅)の製造
- BC1500～AD14C 鉄の精錬
- BC500 溶鉱炉の原型(中国)
- 19C中頃 メンデレエフの周期律表
イギリスの産業革命—大規模製鉄法
- 1856 イギリス ベッセマーによる転炉の発明
- 20C 世界大戦による鉄鋼需要の増大と新技術—接合、合金など
非鉄金属の実用化—Al、Mg、Tiなど
- 20C中頃 鉄鋼材料の改良、高性能化、電子材料の開発
- 20C後半 新素材の開発—アモルファス合金、水素吸蔵合金、複合材料
など



粒子分散強化複合材料



繊維強化複合材料



積層強化複合材料

図11-7 各種複合材料

金属の改質

改質	内 容	具 体 例
元素 添加	鉄基	Cr鋼(耐摩耗性)、CrMo鋼(焼入性)、NiCr鋼(じん性)、NiCrMo鋼(強靱性)、CrMo鋼(焼入性)
	銅基	Cu-Zn、Cu-Sn、Cu-Ag、Cu-Ni (低融点、引張強さ、耐食性)
	アルミニウム基	Al-Cu、Al-Cu-Mg、Al-Mn、Al-Si、Al-Mg (強度、展伸性、耐食性)
合金	金属同士が溶け合っ て新しい性質を示す	青銅(銅と錫)、真鍮(銅と亜鉛)ー純銅より融点は低く強度は高い、ニクロム(Ni-Cr)ー電気抵抗が 大きく電熱線に利用、はんだ合金(Sn-Pb)ー低融点で金属になじむ、ロー付け用
熱処 理	焼き入れ	約800℃から急冷(水冷、油冷)するプロセス。通常硬化を目的として行なう。反面もろくなったり、残留 応力が生じ、条件によっては焼割れ、焼曲がりが発生する。
	焼きなまし(焼鈍)	再結晶温度に加熱、保持の後、普通炉冷によりゆっくり冷ます。残留応力の除去、材料の軟化、切削 性の向上、冷間加工性の改善、結晶組織の調整などを目的とする。
	焼き戻し	焼入れをした硬く脆い材料を粘くしたり、対摩耗性を向上させる為に行なう再加熱。200℃前後の低温 焼もどしと、500℃前後の高温焼戻しの2通りがある。
表面 処理	硬化(浸炭、窒化、表 面焼き入れ、ショット ピーニング)	窒化 :鉄鋼の表面層に窒素を拡散させ、表面層を硬化する操作。処理方法には、アンモニア分解ガ スによるガス窒化及び青酸塩による液体窒化がある。表面加熱後の焼入硬化処理。 浸炭 :鋼表面 の炭素含有量を増加するために炭素の媒剤中で加熱する操作。耐摩耗性、耐疲労性、硬さ向上を図 る。 ショットピーニング :無数の小さな剛球を金属表面に強烈に打ち付けて表面を硬化する。
	防食	金属表面に1)電気めっき、2)溶融めっき、3)溶射などで金属の保護被覆を形成する。

リムド鋼とキルド鋼:溶融鉄は鑄型に流しこまれると 対流現象を起こしながら鑄型の周辺から凝固する。最初に固まるのは溶融
点の高い物 つまり不純物の少ないものになる。不純物・泡は対流で中心部へ運ばれて行き 周辺部(ふち)だけに純度も高く、気泡
もないリムド=rimed(ふちのついた)鋼になる。リムド鋼は脱酸と同時に脱炭もするから 炭素「C」の多い鋼は出来ない。SS材は
リムド鋼。

次に強い脱酸剤にフェロシリコンFeSiを使うと ガス抜きが完全に行なわれ炭酸飲料の気の抜けたように、キルド=killed(殺された)
鋼になる。キルド鋼は鑄型のなかでも リムド鋼のように動かないで外周から固まっていく。

鉄鋼製品の用途

	種 類	区 分 ・ 記 事	代 表 的 な 用 途
普通鋼製品	条鋼	形鋼	レール、鋼矢板、H形鋼、山形鋼、溝形鋼
		棒鋼、線材、管材	建材、橋梁
	鋼管	継ぎ目なし鋼管、溶接または鍛接製鋼管	ガス用管、水道用管、パイプライン用、ボイラ用、油井用、構造用、電線用
	鋼板	熱間圧延鋼板、冷間圧延鋼板	船舶用、路床
		各種めっき鋼板	自動車用、家電用、建築用
特殊鋼製品	鋳鋼、鍛鋼、鉄粉	(粉末冶金など)	機械部品、容器類、重電機用
	構造用鋼	機械構造用炭素鋼(SC)	自動車用部品、産業機械、建設機械、航空機用
		機械構造用合金鋼	建設機械、高温用ボルト、チェーン、ブッシュ
	快削鋼	(Pb、S、Caなどを添加)	自動車部品、工作機械部品
	ばね鋼	(Si、Mn、Cr、Vなどを添加)	車両用ほか
	軸受鋼	耐疲労、耐磨耗、高纯净化	軸受のボール・コロ、内外輪
	工具鋼	C0.7～2%、W、Mo、Cr、V添加	バイト、タップ、リーマ
	耐熱鋼	600℃まで使用	原子炉用機器、タービン、自動車用エンジン
	ステンレス鋼	13Cr系、18Cr系、NiCr系	暖房機具、浴槽材、化学工業用装置、高級建材

図11-8 各種形鋼
(左から順にH形、
山形、I形、溝形)



図11-9 真鍮

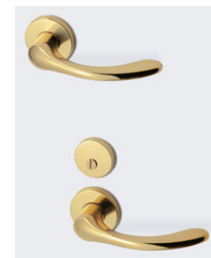


図11-10 ジュラルミン


図11-11 ニクロム線
カッター


図11-12 砲金



図11-13 リン青銅

名 称	組 成 (%) (例)	特 徴	用 途
ウッド合金	Bi50、Cd12.5、Pb25、Sn12.5	融点が高い(68℃)	ヒューズ
MK鋼	Fe60-70、Ni10-40、Al1-20、(Co、Cr、W)	抗磁力大	磁性材料
黄銅(真鍮)	Zn10-40、Cu90-60	丈夫、加工容易、美しい	装飾、加工材料
銀ロウ	P0-8、Ag5-80、Zn0-25、Cd0-18、(Cu)	高融点、金属となじむ	Ni、Cu、Fe合金のロウ付け
KS鋼	Co30-40、W5-9、C0.7-1、Cr1.5-3、Mn0.3-0.8	すぐれた磁性	磁石
コンスタンタン	Ni45、Cu55	電気抵抗大、起電力大	熱電対、電熱体
ジュラルミン	Cu4、Mg0.5、Mn0.5、残Al	加工性よく丈夫	航空機など
ステンレス鋼	Fe70、Cr20、Ni10	さびない、加工しやすい	構造物各種
ニクロム	Ni57-79、Cr15-20、(C、Si、Mn、残Fe)	電気抵抗大、耐酸化	電熱線
白銅	Ni20、Cu80	加工性よい	貨幣、復水管
はんだ合金	Sn25-90、残Pb	低融点、金属となじむ	ロウ付け用
ベリリウム青銅	Be2-3、残Cu	耐食、耐疲労、耐熱	軸受け、スプリング
ホウ金	Sn9-11、Zn1-3、残Cu	鋳造性よい	鋳物
ホワイトゴールド	Ni13-28、Cu2-45、Zn1-18、残Au	美しい色(銀白色)	装飾、歯科用
洋銀	Ni16-20、Zn20-30、不純物2以下	機械的熱的耐食性よい	装飾、家具、バイメタル
リン青銅	Sn2-8、P0.2、残Cu	強さ、じん性大	ばねなど

主要業界団体など

日本鉄鋼連盟	1948～	メーカー61社、商社61社	鉄鋼業の総合的な調査研究機関
普通鋼電炉工業会	1966～	34社	生産や需給、経営の合理化に関する研究
全国鉄鋼販売業連合会	1970～	25団体、936事務所	市場の安定化が最大の目標
日本鋳業協会	1948～	54社	金、銀、銅、亜鉛、鉛、Niなど非鉄金属の鋳業、精錬業の団体
日本アルミニウム協会 (H11年まで日本アルミニウム連盟)	1978～	6団体、141社	Alの需要に関する調査・研究、Al産業に関する資料・統計の作成および情報の収集・提供など
日本銅センター	1964～	3団体、賛助会社24社	銅の優れた特性や機能を広く知らしめる銅に関する調査・研究・技術開発・出版物の発行

国家プロジェクトなど新製品

スーパーメタル	金属材料の組織を均一で超微細に制御することで、合金元素の多量添加に頼ることなく、強度や加工性等に優れた金属を得る
超鉄鋼	特別な合金を使わず単純な成分で寿命、強度を2倍とする
高張力鋼板(ハイトン)	鉄に加えられる炭素の他にニッケルやシリコン、マンガンなどを加え、さらに冷却工程で急速に冷却するなどして強度を高めた特殊鋼。自動車ボディ、バンパー用鋼板として使用される。
ナノ結晶化	神戸製鋼が開発したアメのように軟らかく伸び易い(伸び率100%)新製品。合金の結晶粒の寸法をナノメートル単位で制御し、非常に微細な結晶(ナノ結晶)にすることによって 実現。
電磁鋼板	電気と磁気エネルギーの交換を効率的に行う鋼板で、変圧器や発電機・モータの鉄芯として利用される



図11-14 電磁鋼板

関連企業

業種	事業	代表的な企業
鉱山保有、採掘	鉱山を保有、採掘、今は国内ではほとんど操業していない	三井金属 神岡鉱山(亜鉛、銀、鉛)、住友金属 鉱山 菱刈鉱山(金)、ニッチツ 鉱山 秩父(鉄、金)。鉄鉱石はオーストラリア(63%)、ブラジル(18%)、インド(9%)などから輸入
メーカー(精錬)	高炉 特殊鋼 普通鋼／電炉 鋼管 合金鉄 铸造品(H18年3月日経産業新聞に連載)	新日本製鐵、JFEスチール、住友金属、神戸製鋼 大同特殊鋼、日立金属、愛知製鋼、山陽特殊鋼 東京製鉄、合同製鉄、トピー工業、JFE条鋼 丸一鋼管、住友鋼管 太平洋金属、日本電工、中央電気工業 木村铸造所、アイシン高岳、コヤマ、岡本、大和重工、田島軽金属
商社(輸入)	鉄鋼総合商社	伊藤忠丸紅鉄鋼、メタルワン(三菱商事、旧日商岩井)、豊田通商(トーメン)、住友商事(含、旧ニチメン)
ユーザ	鋼板、棒、管、形鋼、線	自動車、造船、建築、ボイラ、ガス、鉄道、橋梁、電力
検査機関	機械金属、鉄鋼製品の検査	日本検査株式会社
研究機関	企業研究施設、設備・製品の改良	新日鉄総合技術センター(富津)、JFEスチール研究所(千葉ほか)、住友金属工業総合技術研究所(尼崎、波崎)、神戸製鋼所研究所(神戸)、日新製鋼技術研究所(神戸)、大同特殊鋼技術開発研究所(名古屋)

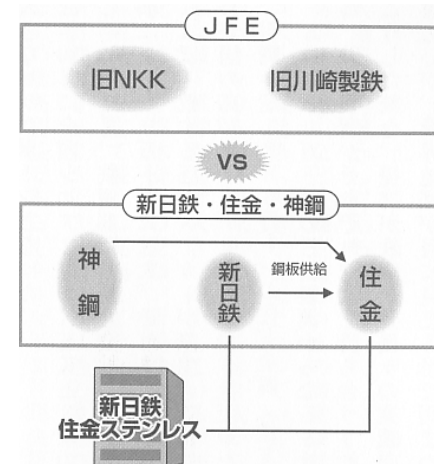


図11-14a 鉄鋼メーカーの2大グループ化

市場展望

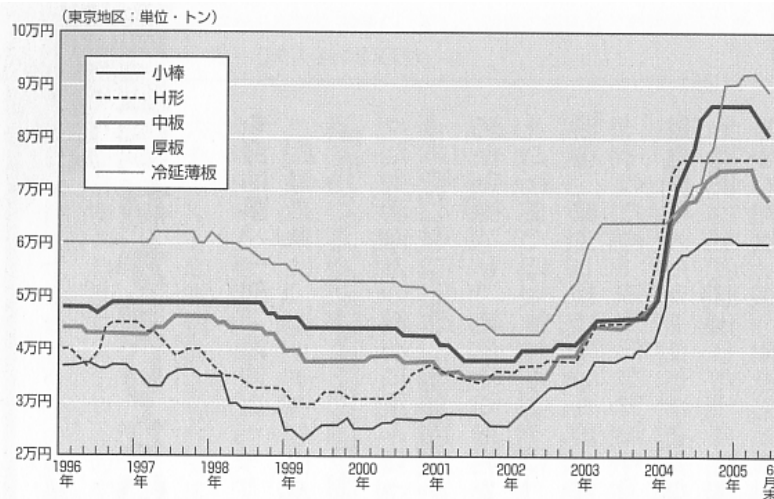


図11-15 主要鋼材の市況推移

◆主要国の粗鋼生産の推移

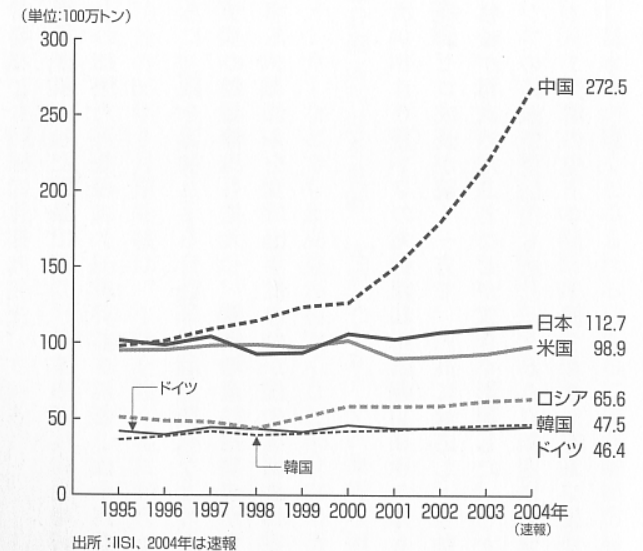


図11-16 主要国の粗鋼生産推移

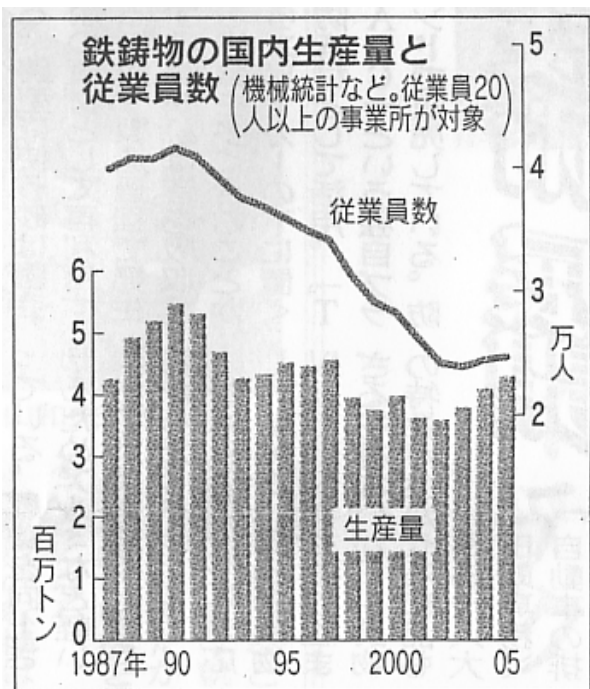


図11-17 鉄鋳物の
国内生産量

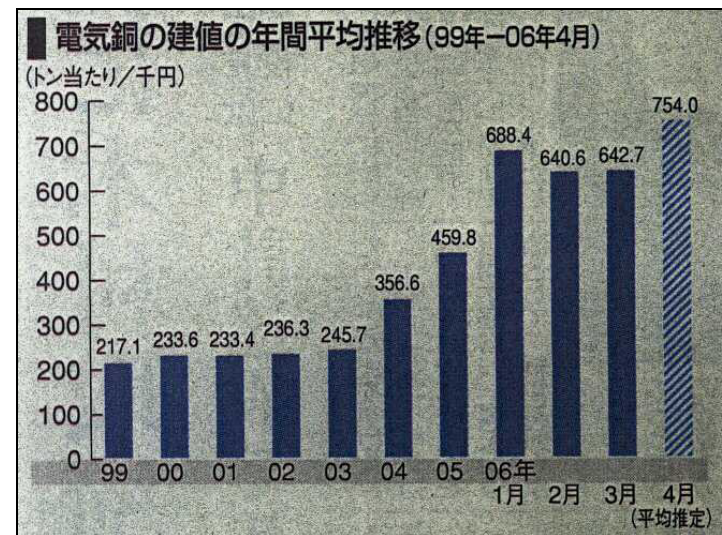


図11-18 電気銅の建値推移

応力腐食割れ	特定の腐食環境下において引張応力が共存すると割れを起こす現象。冷間加工を受けた黄銅で、加工によって生じた残留応力の引張力のかかっている部分が空気中のアンモニア等のために腐食されて割れを生じることがある。また、アルミ合金なども主に塩素イオンに影響されて同様の応力腐食割れが発生する場合がある。いずれも応力除去焼鈍をするか、表面処理を施すことが有効な対策
クリープ	一定の高い温度で一定の引張荷重を長時間材料に加えると、時間の経過につれて材料の変形が進行する現象。クリープは材料の融点の1/2以上の温度で起こるとされる。ジェットエンジンなど高温で使われる材料ではクリープ試験は必須
ゼロエミッション	環境保全の意識が高まり、鉄鋼業は生産活動で生じる副産物再利用化を進め、廃棄物ゼロのゼロエミッションを推進している
中国の進出	中国の鉄鋼需要の急激な増大、増産などで市況が不安定になっている
アフターサービス	腐食、磨耗、クラック、疲労などの各種損傷に使用時間制限を設けて、破損などの事故が発生する前に整備を実施して損傷対策費用を抑える。航空機、鉄道では特に重視される
安全性・信頼性	ボイラ、橋梁、交通機関、発電プラントなど大型プラントでは、金属材料の安全率を適性に考慮して設計される。また、部材の寿命予測を行って損傷を防止して信頼性を確保する

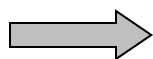


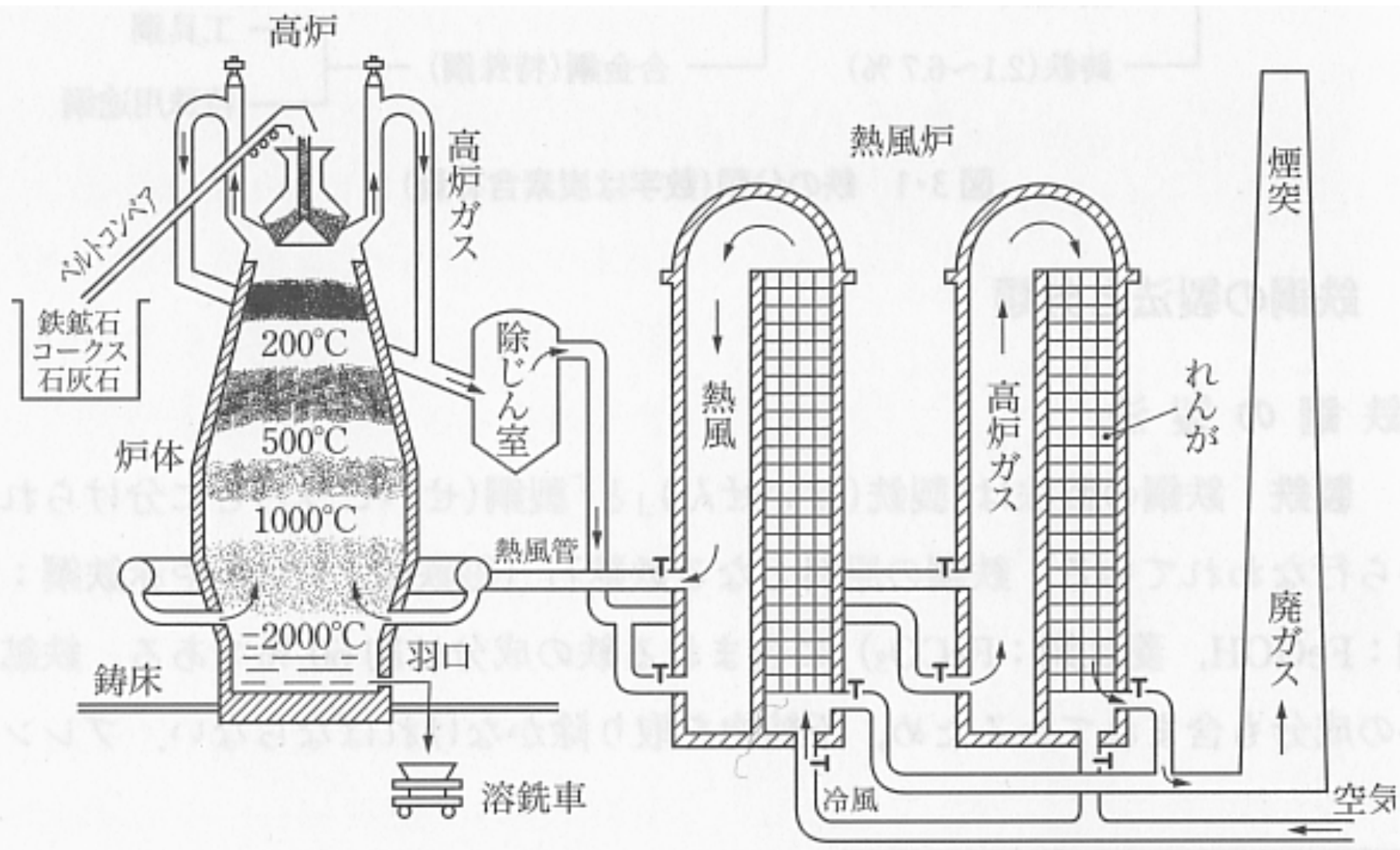
図11-18a 快削黄銅棒(C3604)における応力腐食割れの例



炭素鋼、試験温度400℃、応力 294MPa.
232,983.5h(約27年間)試験して破断した試験片

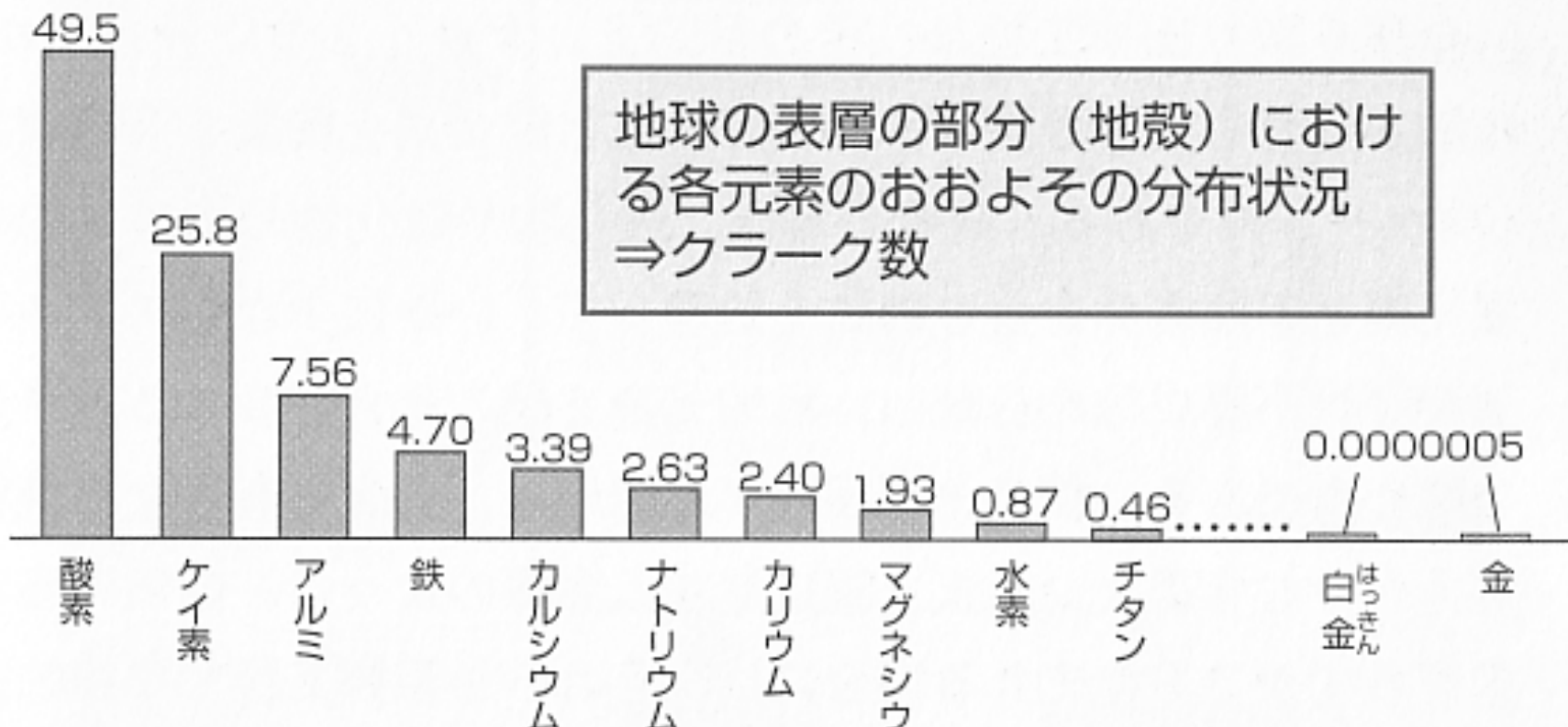
図11-18b クリープ破断試験片

ステンレス鋼	耐食性を向上させるためにクロムを含有させた合金鋼。鉄に約10.5パーセント以上のクロムを含有させた合金で、しばしばニッケルをも含有する。含有するクロムが空气中で酸素と結合して表面に不動態皮膜をつくるため錆びにくい。俗に、「ステン」とか「サス」と呼ぶことがある
降伏点	引張試験の途中で応力(引張荷重)が急に低くなり、その後応力が大きくならないで伸びが進むという現象が起こる。その転機の応力を試験前の材料片の断面積で割った値を降伏点という
非破壊検査 (NDI)	材料や製品を傷つけたり破壊したりすることなしに材料の原型、性能、機能を保持したまま材料の内部および表面の欠陥の有無を調べる。放射線透過、超音波探傷、磁気探傷、透過探傷などがある
応力	荷重 $=N(\text{kgf})$ を材料片の平行部のはじめの断面積(mm^2)で割ったものが応力である。 $:N/\text{mm}^2(\text{kgf}/\text{mm}^2)$ 。引張応力、圧縮応力、せん断応力、曲げ応力などがある
ヤング率	弾性範囲で応力に対するひずみの値をきめる定数である。単位は応力と同じPa、 kgf/m^2 など。縦弾性係数ともいう。 $[\text{ひずみ } \varepsilon] = [\text{応力 } \sigma] / [\text{ヤング率 } E]$ (フックの法則)
弾性変形、 塑性変形	輪ゴムやタイヤなどは、引張ったり力かけると伸びたり変形したりするが、その荷重をなくせば、また元の形や位置に戻る。この様な性質を弾性という。反対に粘土の様に元に戻らない性質を塑性という



参考図11-1 溶鉱炉の構造

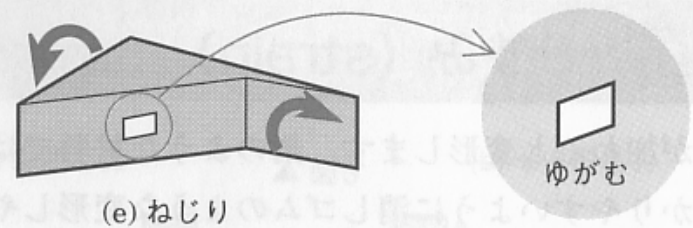
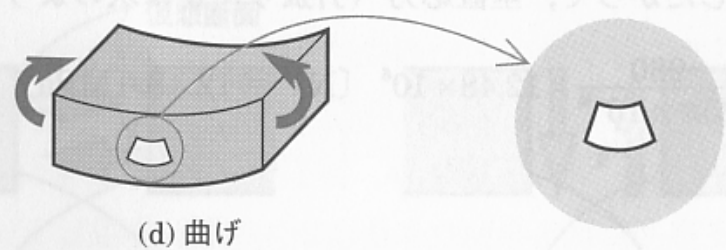
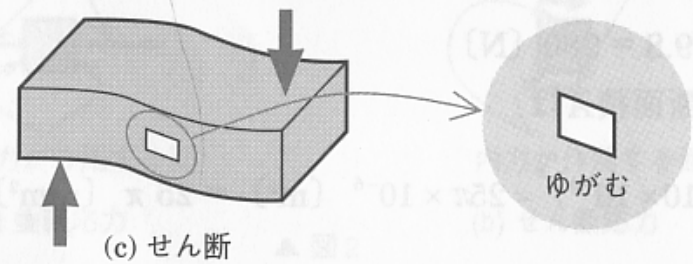
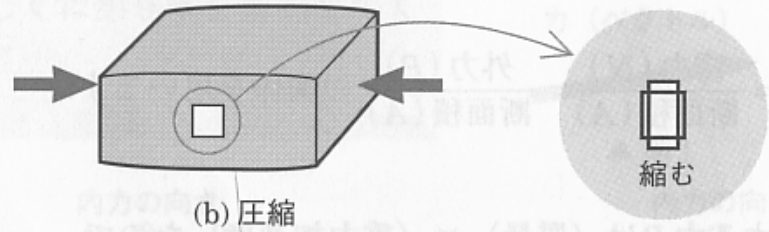
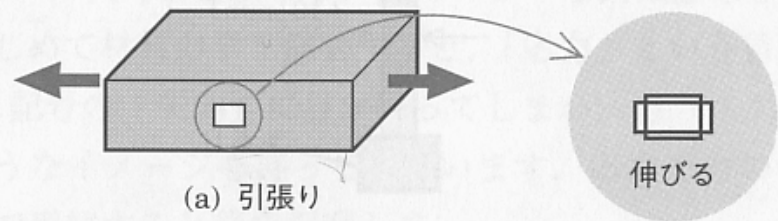
クラーク数トップ10



参考図11-2 クラーク数(地球の元素分布)

変形の状態

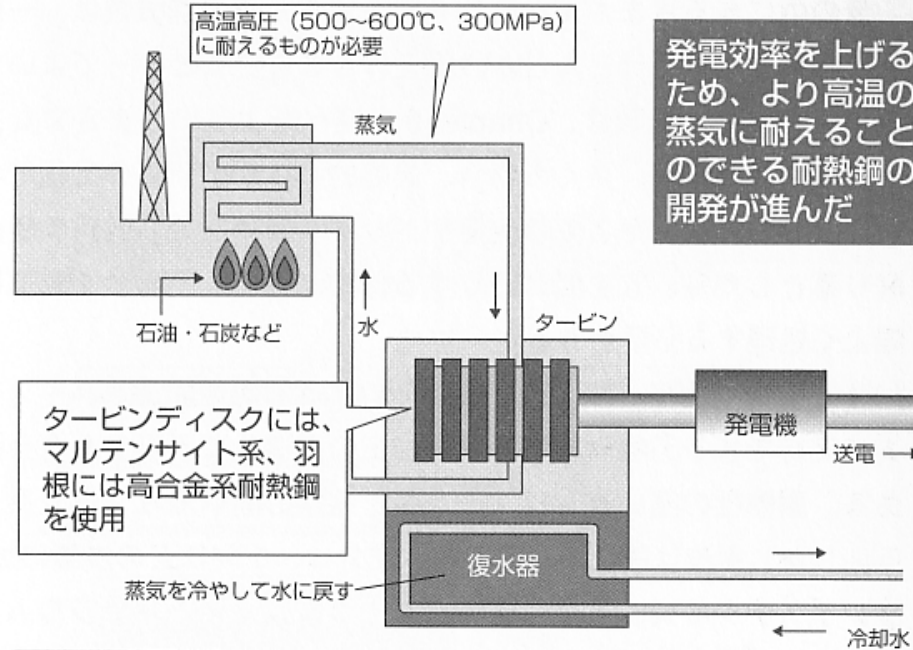
- ・ 引張り (tension)
- ・ 圧縮 (compression)
- ・ せん断 (shearing)
- ・ 曲げ (bending)
- ・ ねじり (torsion)



参考図11-3 金属の変形構造

耐熱鋼は適材適所

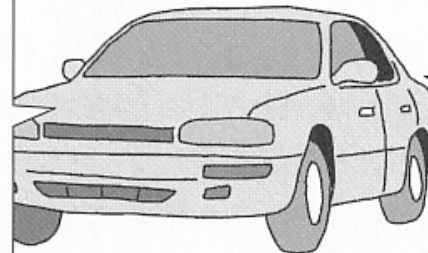
火力発電のしくみ



車には耐熱鋼が活躍

クロム25%と
ニッケル20%
を含むオーステ
ナイト系ステン
レス鋼

エンジンバルブ
などに使用



18%のクロムを
含むフェライト系

マフラー
などに利用

参考図11-4 耐熱鋼の
代表的な用途

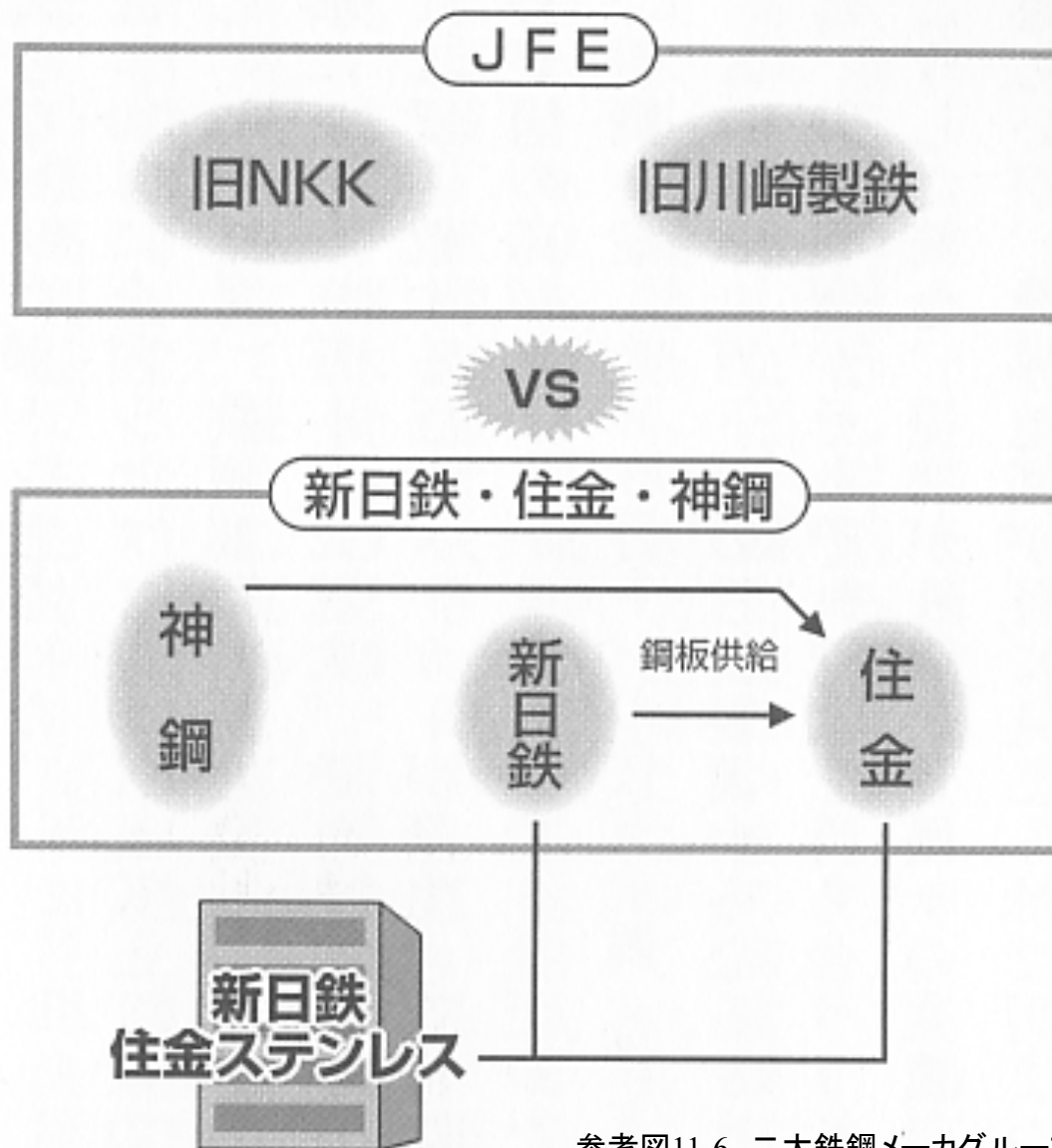
表 1.1 実用金属—なぜ利用されるか

金 属	記号	用 途	理 由
亜 鉛	Zn	トタン, 合金材料	合金をつくりやすい, 酸化物が比較的じょうぶ
アルミニウム	Al	電気材料, 建材 (航空機材料)	電導度大, 軽い, さび にくい, 量産可
金	Au	装飾品	美しい光沢, きわめて じょうぶ
銀	Ag	装飾品, 電気材料 (写真)	美しい, 反応性小
水 銀	Hg	電極, 触媒, 水銀灯, 圧力計	液体金属, 比重が大き い, 触媒能をもつ, 放 電が紫外線を出す
スズ*	Sn	ブリキ板, 低融点合金	低融点, 酸化物が安定 (さびが進行しない)
タングステン	W	フィラメント (電球な ど), 合金材料	高い融点 (3380°C), じょうぶ
チタン	Ti	高融点金属材料 (スベ ースシャトルも利用)	高融点 (1800°C) のわ りに軽い (4.5 g/cm ³)
鉄	Fe	機械器具, 建材, 磁石	安価, じょうぶ, 磁石 にすいつけられる (強 磁性)
銅	Cu	電気材料, 合金	電導度大, じょうぶ
鉛	Pb	鉛管, 放射線しゃへい	酸やアルカリに強い, 原子番号大きく放射線 を通しにくい
ニッケル	Ni	合金, 触媒 めっき材料	じょうぶ, 触媒能
白 金	Pt	触媒, 装飾品 熱電対	きわめてじょうぶ, 触 媒能

* 超高純度のスズはさびにくく美しい (p. 77 参照)

参考図11-5 各種金属の
用途とその理由

◆ 二大鉄鋼メーカー関係図



参考図11-6 二大鉄鋼メーカーグループ

参考資料

1. 工業材料入門 富士明良 山海堂 2003.4.10
2. 図解雑学 金属の科学 徳田昌則ほか ナツメ社 2005.12.28
3. 金属の話ー科学の話シリーズ2 井口洋夫 培風館 1995.12.20
4. よくわかる鉄鋼業界 一柳正紀 日本実業出版社 2005.12.1
5. 機械材料入門 佐々木雅人 理工学社 2005.11.10
6. 各社HP
7. 日刊工業新聞、日経産業新聞

