

## 3 鉄鋼材料

鉄は、資源が豊富で加工性に優れ、各種道具及び構造用材料として古くから利用されてきた。現在でも、鉄鋼材料は、各分野において広く利用されている。鉄鋼材料の性質は、炭素の含有量によって大きく左右されるが、炭素の含有量を基準にして鉄鋼材料を分類すると、次のようになる。

純鉄：炭素含有量が約0.02%以下

鋼：炭素含有量が約0.02%から約2%

鋳鉄：炭素含有量が約2%以上

純鉄は、主として電磁気材料などの特殊な用途に使用されている。鋼は、炭素以外に他の種々の合金元素を添加することによって、多岐にわたる用途に適合する種類のものが製造されている。次に、鉄鋼材料の主なものについて概説する。

### 3.1 構造用炭素鋼

炭素 (C) の含有量が0.02~2.0%の鉄の合金を鋼という。これは、Cを主な合金元素とする炭素鋼（普通鋼ともいう）と、炭素鋼にある量以上の合金元素（例えば、Mn, Si, Ni, Cr, Cu, Mo, Nb, V, Ti 又は B など）を一種類又は二種類以上加えた合金鋼に大別される。合金鋼は合金元素の総量の多少によって、低合金鋼（総量が約10%未満）と合金鋼（総量が約10%以上）に分けられる。合金鋼は場合によっては特殊鋼と呼ばれる場合があるが、これは特殊元素によってなんらかの有能な特殊性能が現れた鋼（例えば、工具鋼、はだ焼鋼などのような高級炭素鋼、耐熱鋼、焼入れ性を保証した Mn 系構造用鋼又は快削鋼などがある）をいう。

鋼中の C 量が増加すると、次のような傾向が認められる。①硬さは、約0.6%Cまではほぼ直線的に増加し、それ以後は漸増する。②降伏強さ及び引張強さは増加する。③衝撃値は低下する。④伸び及び絞りは減少する。⑤融点は低くなる。⑥溶接性は悪くなる。このため、広く溶接構造用鋼として用いられているのは、低炭素鋼である。

また、Cの含有量によって、低炭素鋼（0.03%以上0.3%以下；各種圧延鋼材として用いられる）、中炭素鋼（0.3%を超え0.6%未満；炭素量が多くなると疲労特性がよくなるため、機械構造用炭素鋼として用いられる）及び高炭素鋼（0.6%を超え2.0%以下；工具鋼・レール・ばね鋼として用いられる）に大別される。

炭素鋼には Fe 及び C の他に、Si, Mn, P 及び S が含まれており、C, Si, Mn, P 及び S は鋼の五元素と呼ばれている。Si は、機械構造用炭素鋼には、0.15%~0.35%含有されており、鋼材の強さを増すのに有効である。Mn は、低炭素鋼では0.30%~0.60%、そして高炭素鋼では0.60%~0.90%含有されており、これも鋼材の強さを増すのに有効である。P 及び S は、特殊な場合を除いて鋼材にとっては有害な不純物である。

一般構造用鋼材として多く用いられているのは、低炭素鋼であり、その大部分のものは軟鋼と呼ばれている。軟鋼は焼入れ硬化をほぼ無視でき、炭素含有量は約0.25%以下である。引張強さは400 N/mm<sup>2</sup>級（約400~510 N/mm<sup>2</sup>）のものが多く使用されている。表3.1に主な JIS 圧延鋼板の化学成分を示す。また、機械的性質を表3.2に示す。従来、一般構造用圧延鋼材（JIS G

表3.1 主な JIS 圧延鋼板の化学成分 (質量%, 厚さ50 mm 以下の場合)

| 種類の記号  | C      | Si     | Mn        | P       | S       | 炭素当量   |
|--------|--------|--------|-----------|---------|---------|--------|
| SS400  | —      | —      | —         | ≦ 0.050 | ≦ 0.050 | —      |
| SM400A | ≦ 0.23 | —      | ≦ 2.5 × C | ≦ 0.035 | ≦ 0.035 | —      |
| SM400B | ≦ 0.20 | ≦ 0.35 | 0.60~1.40 | ≦ 0.035 | ≦ 0.035 | —      |
| SM400C | ≦ 0.18 | ≦ 0.35 | ≦ 1.40    | ≦ 0.035 | ≦ 0.035 | —      |
| SN400A | ≦ 0.24 | —      | —         | ≦ 0.050 | ≦ 0.050 | —      |
| SN400B | ≦ 0.20 | ≦ 0.35 | 0.60~1.40 | ≦ 0.030 | ≦ 0.015 | ≦ 0.36 |
| SN400C | ≦ 0.20 | ≦ 0.35 | 0.60~1.40 | ≦ 0.020 | ≦ 0.008 | ≦ 0.36 |
| SM490A | ≦ 0.20 | ≦ 0.55 | ≦ 1.60    | ≦ 0.035 | ≦ 0.035 | —      |
| SM490B | ≦ 0.18 | ≦ 0.55 | ≦ 1.60    | ≦ 0.035 | ≦ 0.035 | —      |
| SM490C | ≦ 0.18 | ≦ 0.55 | ≦ 1.60    | ≦ 0.035 | ≦ 0.035 | —      |
| SN490B | ≦ 0.18 | ≦ 0.55 | ≦ 1.60    | ≦ 0.030 | ≦ 0.015 | ≦ 0.44 |
| SN490C | ≦ 0.18 | ≦ 0.55 | ≦ 1.60    | ≦ 0.020 | ≦ 0.008 | ≦ 0.44 |
| SM570Q | ≦ 0.18 | ≦ 0.55 | ≦ 1.60    | ≦ 0.035 | ≦ 0.035 | ≦ 0.44 |

表3.2 主な JIS 鋼板の機械的性質 (厚さ16 超え40 mm 以下の場合)

| 種類の記号  | 降伏点<br>又は耐力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 降伏比<br>(%) | 伸 び |           | シャルピー試験    |                | 厚さ方向特性<br>絞り<br>(%) |
|--------|-------------------------------------|------------------------------|------------|-----|-----------|------------|----------------|---------------------|
|        |                                     |                              |            | 試験片 | 伸び<br>(%) | 温度<br>(°C) | 吸収エネルギー<br>(J) |                     |
| SS400  | ≧ 235                               | 400~510                      | —          | 1A号 | ≧ 21      | —          | —              | —                   |
| SM400A | ≧ 235                               | 400~510                      | —          | 1A号 | ≧ 22      | 0          | —              | —                   |
| SM400B | ≧ 235                               | 400~510                      | —          | 1A号 | ≧ 22      | 0          | ≧ 27           | —                   |
| SM400C | ≧ 235                               | 400~510                      | —          | 1A号 | ≧ 22      | 0          | ≧ 47           | —                   |
| SN400A | ≧ 235                               | 400~510                      | —          | 1A号 | ≧ 21      | —          | —              | —                   |
| SN400B | 235~355                             | 400~510                      | ≦ 80       | 1A号 | ≧ 22      | 0          | ≧ 27           | —                   |
| SN400C | 235~355                             | 400~510                      | ≦ 80       | 1A号 | ≧ 22      | 0          | ≧ 27           | 3個平均 ≧ 25           |
| SM490A | ≧ 315                               | 490~610                      | —          | 1A号 | ≧ 21      | —          | —              | —                   |
| SM490B | ≧ 315                               | 490~610                      | —          | 1A号 | ≧ 21      | 0          | ≧ 27           | —                   |
| SM490C | ≧ 315                               | 490~610                      | —          | 1A号 | ≧ 21      | 0          | ≧ 47           | —                   |
| SN490B | 325~445                             | 490~610                      | ≦ 80       | 1A号 | ≧ 21      | 0          | ≧ 27           | —                   |
| SN490C | 325~445                             | 490~610                      | ≦ 80       | 1A号 | ≧ 21      | 0          | ≧ 27           | 3個平均 ≧ 25           |
| SM570Q | ≧ 430                               | 570~720                      | —          | 4号  | ≧ 20      | -5         | ≧ 47           | —                   |

3101) のSS400が広く用いられているが、その化学成分はPとSの含有量のみを制限し、C、Mn及びSiの含有量の規定がないため、溶接割れが生じる場合がある。また、切欠き靱性も一般に劣るため、重要な大形溶接構造物に使用するのは不適當である。これに対して、溶接性を考慮したものに溶接構造用圧延鋼材 (JIS G 3106) のSM材がある。これには400~570 N/mm<sup>2</sup>級まで規定されている。SM400の強さの規格値はSS400と同じであるが、化学成分は、C、Mn、PそしてSについても規定されている。また、SM400A以外では衝撃値を規定しているのが特徴である。

さらに、新しい耐震設計法を満足する要求性能と溶接性を兼ね備えた建築専用の鋼材規格として、1994年に建築構造用圧延鋼材 (JIS G 3136) が制定された。これは、大地震の際などに十分な塑性変形能力をもつように、B種及びC種に対して降伏比を80%以下、そして降伏点の上下限の幅を120 N/mm<sup>2</sup>と規定されている。また、P及びSの規定をより厳しくしている。

### 3.2 高張力鋼

高張力鋼とは、低炭素鋼に少量の合金元素を加えて強さを大きく (通常、引張強さが490 N/mm<sup>2</sup>以上である。引張強さが980 N/mm<sup>2</sup>以上のものを超高張力鋼という) した構造用低合金鋼であり、溶接性が特に考慮されている (軟鋼と比較すると、高張力鋼の方が溶接性は劣る)。これは、溶接構造物の重量軽減、性能向上及び溶接施工の能率化を図り、また、製作コストの低減を目的としている。

高張力鋼は、強さ、切欠き靱性、添加元素、熱処理、板厚及び用途などによって分類されている。

強さによる分類としては、保証しうる引張強さで表示して、HT490~HT980のように書くか、WES規格のように降伏強さを基準にして、HW355~HW885のように書く。

表3.3 主要高張力鋼の規格の概要

| 規格名                          | 記号       | 最小降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------------------------------|----------|-----------------------------|---------------------------|
| JIS G 3106<br>溶接構造用圧延鋼材      | SM490    | 315                         | 490~610                   |
|                              | SM490Y   | 355                         | 490~610                   |
|                              | SM520    | 355                         | 520~640                   |
|                              | SM570    | 450                         | 570~720                   |
| JIS G 3115<br>圧力容器用鋼板        | SPV315   | 315                         | 490~610                   |
|                              | SPV355   | 355                         | 520~640                   |
|                              | SPV410   | 410                         | 550~670                   |
|                              | SPV450   | 450                         | 570~700                   |
|                              | SPV490   | 490                         | 610~740                   |
| JIS G 3128<br>溶接構造用高降伏点鋼板    | SHY685   | 685                         | 780~930                   |
|                              | SHY685N  |                             |                           |
|                              | SHY685NS |                             |                           |
| JIS G 3114<br>溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材 | SMA490W  | 355                         | 490~610                   |
|                              | SMA490P  |                             |                           |
|                              | SMA570W  | 450                         | 570~720                   |
|                              | SMA570P  |                             |                           |
| WES 3001<br>溶接構造用高張力鋼板       | HW355    | 355                         | 520~640                   |
|                              | HW390    | 390                         | 560~680                   |
|                              | HW450    | 450                         | 590~710                   |
|                              | HW490    | 490                         | 610~730                   |
|                              | HW550    | 550                         | 670~800                   |
|                              | HW620    | 620                         | 710~840                   |
|                              | HW685    | 685                         | 780~930                   |
|                              | HW785    | 785                         | 880~1030                  |
|                              | HW885    | 885                         | 950~1130                  |

板厚により最小降伏強度の異なるものは板厚16~40 mmの値を記載

切欠き靱性については、JIS規格ではA、B及びCの3段階に分けており、WES規格では板厚の4区分に従って分けている。主要高張力鋼の規格の概要を表3.3に示す。

添加元素による分類としては、Si、Mn、Ni、Cr、Mo、Co、VそしてTiなどの添加によって、例えばSi-Mn系とか、Mn-Mo系などと主要成分を表示する。

熱処理による分類としては、圧延のまま、焼ならし、焼戻し、焼入れ・焼戻しなどがある。一般には、焼入れ・焼戻し材を調質高張力鋼 (調質鋼)

と呼び、これ以外を非調質高張力鋼（非調質鋼）と呼んでいる。

板厚による分類としては、通常約3mm以下を薄板、約3~25mmを中厚板、約25~50mmを厚板、約50mm以上を超厚板と呼んでいる。

用途による分類としては、大別して常温用、低温用、そして高温用に分けられ、また耐食用、耐摩耗用、その他特殊用途用などにも分けられる。

高張力鋼では、特に耐溶接割れ性が重要であるため、化学成分及び機械的性質以外に溶接性の指標として、溶接割れ感受性組成（ $P_{CM}$ ）又は炭素当量（ $C_{eq}$ ）を規定している。WES3001“溶接構造用高張力鋼板”の $P_{CM}$ の規定値を表3.4に示す。

調質鋼は、非調質鋼と比べると降伏点（又は、耐力）が高く、さらに低炭素焼戻しマルテンサイトと呼ばれる特有の組織のため、切欠き靱性が極めて優れているうえに、合金元素の添加による溶接性の劣化が少ないという特長がある。欠点としては、溶接熱による軟化のため継手の強さが低下したり、また、溶接ボンド部がぜい化するため、

溶接入熱に注意が必要になったり、又は熱間加工が制限されることがある。

図3.1に、焼入れのまま650℃で焼戻しをしたHT780の機械的性質に及ぼす焼入れ冷却時間の影響を示す。焼入れ冷却時間が速すぎても遅すぎても破面遷移温度は高くなり、冷却時間が5~30秒程度で最も低く、切欠き靱性に対して最適冷却時間が存在することが分かる。この現象は、図3.2(a)、(b)及び(c)に示す焼入れ状態のマイクロ組織（模式図）と密接な関係がある。冷却速度が大きすぎると図3.2(a)のように典型的な低炭素ラス（針状の組織をいう）で構成されるマルテンサイトとなり、一つのラス束の寸法は靱性に影響を及ぼす。最適な冷却速度では、図3.2(b)に示すように微細ベイナイトの生成によってマルテンサイトが分割され、ラス束の寸法が微細化し、優れた靱性とともな十分な強さも確保できる。更に冷却速度が小さくなると、図3.2(c)のように粗大な組織（ベイニティックフェライト）が生成し、C原子が濃縮された未変態オーステナイトが低温でC

表3.4 WES3001“溶接構造用高張力鋼板”の $P_{CM}$ の規定値

| 製造方法          | A     |               |                |        |              |        | B                   |        |               |                |        |              |
|---------------|-------|---------------|----------------|--------|--------------|--------|---------------------|--------|---------------|----------------|--------|--------------|
|               | 焼入焼戻し |               |                | 熱加工制御  |              |        | 圧延のまま<br>又は<br>焼ならし | 焼入焼戻し  |               |                | 熱加工制御  |              |
| 厚さ mm         | 50以下  | 50超え<br>100以下 | 100超え<br>150以下 | 50以下   | 50超え<br>75以下 | 50以下   |                     | 50以下   | 50超え<br>100以下 | 100超え<br>150以下 | 50以下   | 50超え<br>75以下 |
| 種類<br>の<br>記号 | HW355 | 0.26以下        | 0.27以下         | 0.28以下 | 0.26以下       | 0.27以下 | 0.32以下              | 0.24以下 | 0.25以下        | 0.26以下         | 0.24以下 | 0.25以下       |
|               | HW390 | 0.27以下        | 0.28以下         | 0.29以下 | 0.27以下       | 0.28以下 | 0.34以下              | 0.25以下 | 0.26以下        | 0.27以下         | 0.25以下 | 0.26以下       |
|               | HW450 | 0.28以下        | 0.30以下         | 0.30以下 | 0.28以下       | 0.30以下 | 0.35以下              | 0.26以下 | 0.28以下        | 0.28以下         | 0.26以下 | 0.28以下       |
|               | HW490 | 0.28以下        | 0.30以下         | 0.30以下 | 0.28以下       | 0.30以下 | 0.39以下              | 0.26以下 | 0.28以下        | 0.28以下         | 0.26以下 | 0.28以下       |
|               | HW550 | 0.30以下        | 0.32以下         | —      | 0.30以下       | —      | —                   | 0.28以下 | 0.30以下        | —              | 0.28以下 | —            |
|               | HW620 | 0.31以下        | 0.33以下         | —      | 0.31以下       | —      | —                   | 0.29以下 | 0.31以下        | —              | 0.29以下 | —            |
|               | HW685 | 0.33以下        | 0.35以下         | —      | 0.33以下       | —      | —                   | 0.30以下 | 0.32以下        | —              | 0.30以下 | —            |
|               | HW785 | 0.35以下        | 0.37以下         | —      | —            | —      | —                   | 0.33以下 | 0.35以下        | —              | —      | —            |
|               | HW885 | 0.36以下        | 0.38以下         | —      | —            | —      | —                   | 0.34以下 | 0.36以下        | —              | —      | —            |

備考：1.  $P_{CM}$ の計算式は、次のとおりとする。

$$P_{CM}(\%) = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

2. 種類の記号は、次により表示する。

種類の記号      製造方法の記号       $P_{CM}$  等級  
HW○○○      R, N, Q または TMC      A 又は B

ここで製造方法の記号は、次のとおりとする。

圧延のまま：R      焼ならし：N  
焼入焼戻し：Q      熱加工制御：TMC

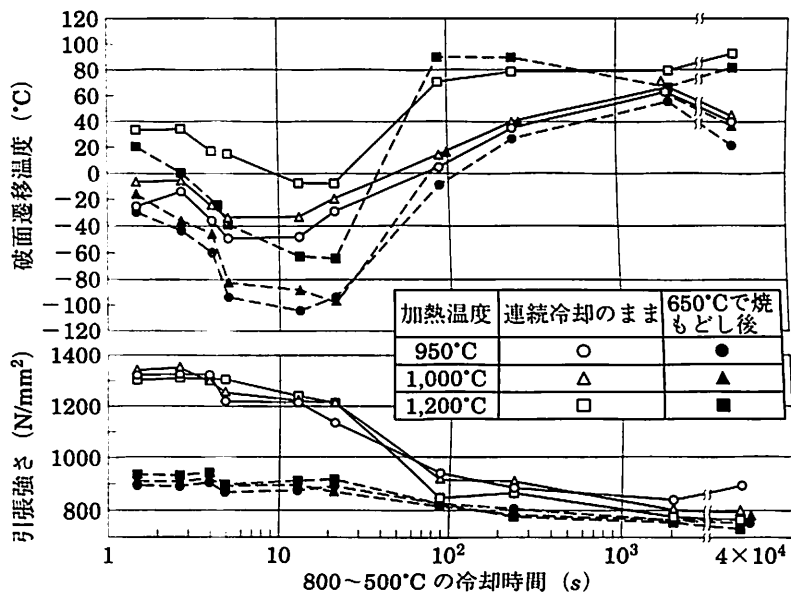


図3.1 焼入れのままと650°Cで焼戻しをしたHT780の機械的性質に及ぼす800~500°Cの冷却時間の影響

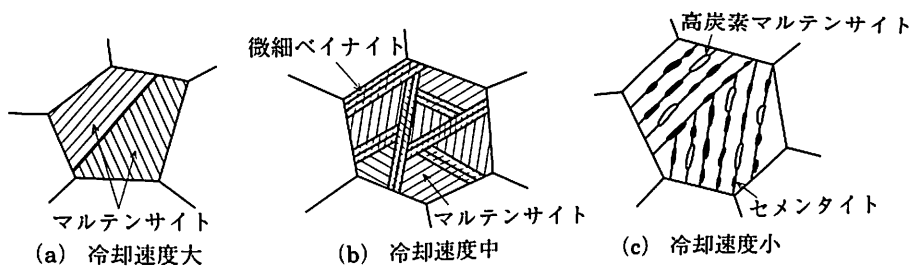


図3.2 焼入れ状態のマイクロ組織の模式図

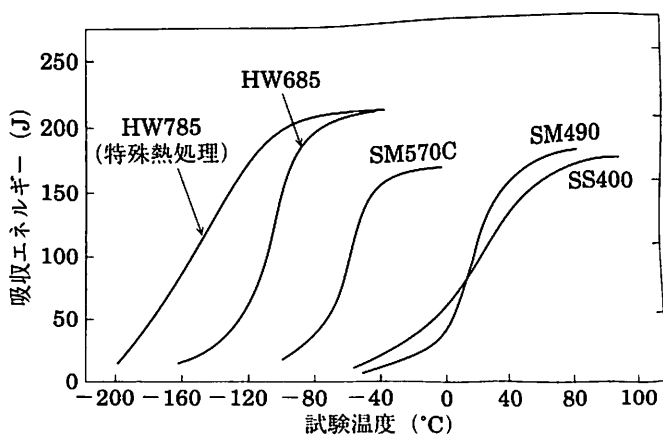


図3.3 各種鋼のシャルピー遷移曲線

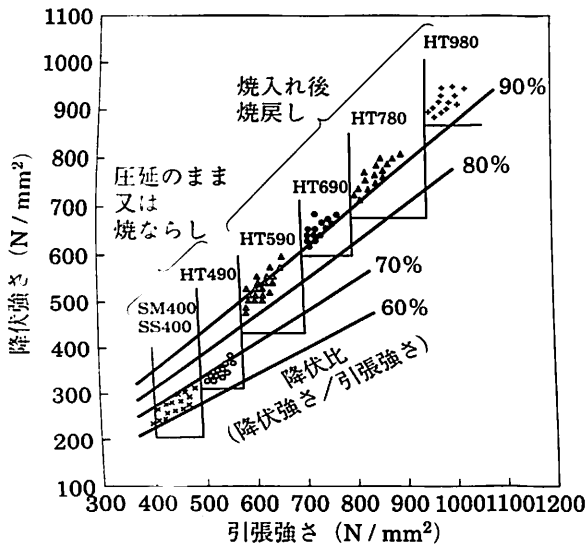


図3.4 降伏強さと引張強さとの関係

濃度の高い島状マルテンサイトに変態し、不均一な組織になるため、低温靱性も劣化する。

図3.3に、各種鋼のシャルピー遷移曲線を示す。このように、高張力鋼はSS400と比べるとかなり遷移温度が低く、優れた切欠き靱性をもっている。

高張力鋼では強さが増大するとともに、降伏比（降伏点又は耐力と引張強さの比）が大きくなる傾向がある。図3.4に降伏強さと引張強さの関係を示す。降伏比が大きくなると一様伸び（局部収縮を起こすまでの伸び）が減少する傾向があり、これは構造物の安全性からは好ましくない。このため、降伏比の高い鋼では、降伏点又は耐力に対して許容応力を少し低めにするように配慮している。また、耐震性の観点からは、降伏点を小さくした鋼材も使用されるようになっている。

高張力鋼は、球形タンク、石油貯槽、ボイラ、原子炉、圧力容器、船舶、橋梁、建築、配管、導管、その他各種産業用機械などに用いられている。

### 3.3 低温用鋼

低温用鋼とは、常温より特に低い温度で使用す

る目的で作られている鋼であり、アルミキルド鋼、低合金高張力鋼、低Ni鋼、9%Ni鋼及びステンレス鋼に分類される。

低温用鋼は、低温における使用性能、特に切欠き靱性が優れていることが必須条件である。また、構造物に組み立てる際の加工（冷間、熱間）による材質変化が小さいことが望ましい。さらに、溶接性が良好であると同時に、経済性も具備すべき要件である。

低温容器などでは、貯蔵する液化ガスの大気圧における沸点で貯蔵するのが普通である。図3.5に各種液化ガスの沸点とそれの貯蔵に適した材料を示す。

アルミキルド鋼は低炭素のSi-Mn鋼であり、キルド鋼のAl添加量を少し増して（0.04~0.08%Al）、AlによるNの安定化と結晶粒の微細化を図ったものである。焼入れ・焼戻しによって-60℃まで使用可能なものがある。低合金高張力鋼は強さを高める目的で各種の合金元素を添加してあり、切欠き靱性が優れているため、大容量のLPG圧力容器には欠かすことができない。炭素鋼の成分にNiを加えていくと、Niはフェライトに固溶し、低温靱性は向上する。

低Ni鋼の実用鋼としては2.5%Ni鋼（最低使用温度：-60℃）及び3.5%Ni鋼（最低使用温度：-101℃）があり、熱処理は主として焼ならしが行われている。焼入れ・焼戻しを行った3.5%Ni鋼は-110℃まで使用できる。また、9%Ni鋼は超低温（最低使用温度：-196℃）で使用でき、オーステナイト系ステンレス鋼又はアルミニウム合金に比べて強さが大きく、しかも値段が安いのが特長である。しかし、溶接材料の選択に注意を払う必要がある。図3.6に0.02%C鋼の熱間圧延材のシャルピー衝撃特性に及ぼすNi量の影響を示す。Ni量が増大するとともに、遷移温度が低下している様子が認められる。

この他に、-100℃以下の超低温材料としては、アルミニウム合金、オーステナイト系ステンレス鋼やインバー合金（36%Ni-Fe合金）など

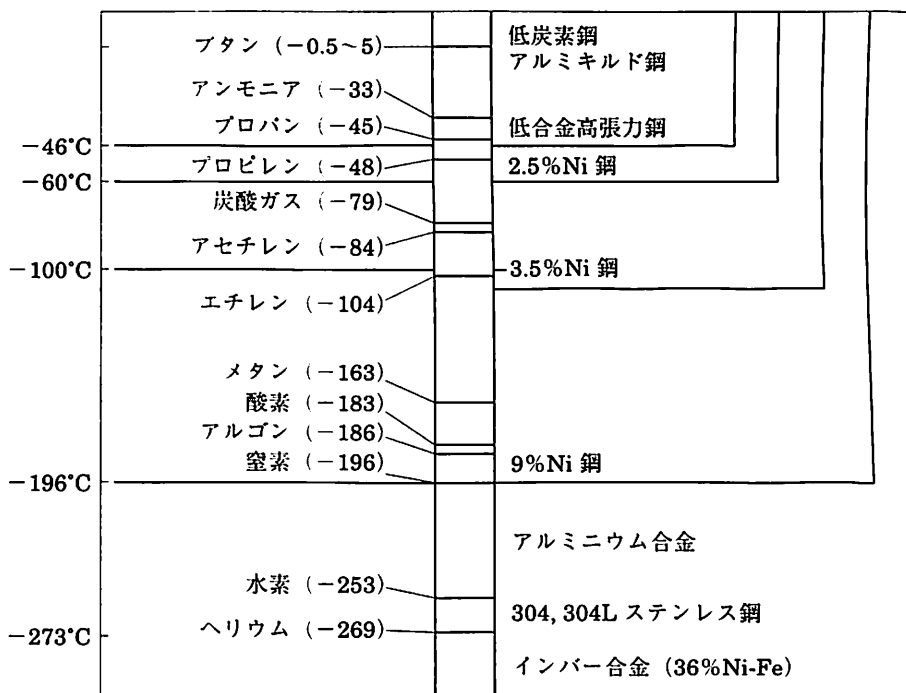


図3.5 各種液化ガスの沸点とその貯蔵に適した材料

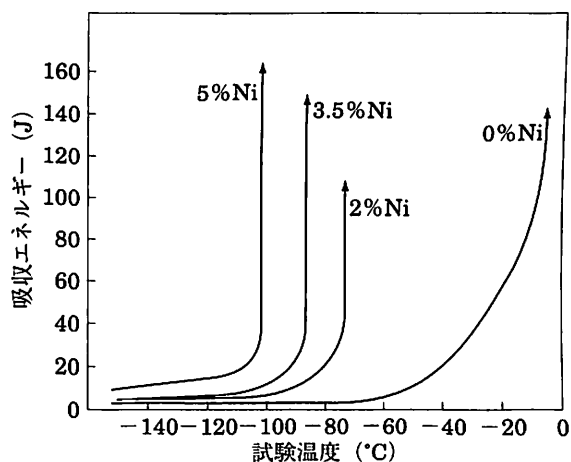


図3.6 衝撃特性に及ぼす Ni 量の影響

がある。これらの材料は面心立方金属であるため優れた低温靱性をもっているが、強さの点で制約がある。

### 3.4 ステンレス鋼

ステンレス鋼は、Cr系ステンレス鋼及びCr-Ni系ステンレス鋼に大別される。表3.5に代表的なステンレス鋼の化学成分を示す。Cr系ステンレス鋼はその金属組織から、マルテンサイト系(SUS410が代表的である)及びフェライト系(SUS430が代表的である)に分類される。Cr-Ni系ステンレス鋼は、常温でもオーステナイト組織を示すオーステナイト系ステンレス鋼に代表される。SUS304をはじめとして、Moを添加して更に耐食性を改善したSUS316、極低炭素にしたSUS304L、Nb又はTiを添加した安定化鋼(これらの元素の添加によって炭化物を安定化し、炭化物の粒界析出を防いで耐食性を向上させたもの)のSUS347又はSUS321などがある。このほかに、フェライト・オーステナイト2相系(Niを抑えてCrを増すことによって、フェライトと

表3.5 代表的なステンレス鋼の化学成分 (質量%)

| 分類     | 鋼種                 | C       | Si     | Mn     | P       | S       | Ni              | Cr              | Mo              | その他             |                              |
|--------|--------------------|---------|--------|--------|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
| Cr系    | マルテンサイト系<br>SUS410 | ≦ 0.15  | ≦ 1.00 | ≦ 1.00 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | —               | 11.50<br>~13.50 | —               | —               |                              |
|        | フェライト系<br>SUS405   | ≦ 0.08  | ≦ 1.00 | ≦ 1.00 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | —               | 11.50<br>~14.50 | —               | Al 0.10~0.30    |                              |
|        | SUS430             | ≦ 0.12  | ≦ 0.75 | ≦ 1.00 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | —               | 16.00<br>~18.00 | —               | —               |                              |
| Cr-Ni系 | オーステナイト系<br>SUS304 | ≦ 0.08  | ≦ 1.00 | ≦ 2.00 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | 8.50<br>~10.50  | 18.00<br>~20.00 | —               | —               |                              |
|        | SUS304L            | ≦ 0.030 | ≦ 1.00 | ≦ 2.00 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | 9.00<br>~13.00  | 18.00<br>~20.00 | —               | —               |                              |
|        | SUS316             | ≦ 0.08  | ≦ 1.00 | ≦ 2.00 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | 10.00<br>~14.00 | 16.00<br>~18.00 | 2.00<br>~3.00   | —               |                              |
|        | SUS321             | ≦ 0.08  | ≦ 1.00 | ≦ 2.00 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | 9.00<br>~13.00  | 17.00<br>~19.00 | —               | Ti<br>5 × C%以上  |                              |
|        | SUS347             | ≦ 0.08  | ≦ 1.00 | ≦ 2.00 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | 9.00<br>~13.00  | 17.00<br>~19.00 | —               | Nb<br>10 × C%以上 |                              |
|        | 二相系<br>SUS329J1    | ≦ 0.08  | ≦ 1.00 | ≦ 1.50 | ≦ 0.040 | ≦ 0.030 | 3.00<br>~6.00   | 23.00<br>~28.00 | 1.00<br>~3.00   | —               |                              |
|        | 析硬化型               | SUS630  | ≦ 0.07 | ≦ 1.00 | ≦ 1.00  | ≦ 0.040 | ≦ 0.030         | 3.00<br>~5.00   | 15.50<br>~17.50 | —               | Cu 3.00~5.00<br>Nb 0.15~0.45 |
|        |                    | SUS631  | ≦ 0.09 | ≦ 1.00 | ≦ 1.00  | ≦ 0.040 | ≦ 0.030         | 6.50<br>~7.75   | 16.00<br>~18.00 | —               | Al 0.75~1.50                 |

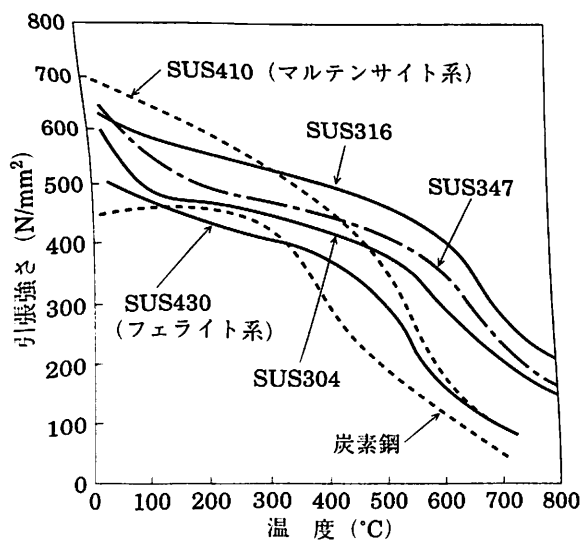


図3.7 各種ステンレス鋼の引張強さと温度との関係

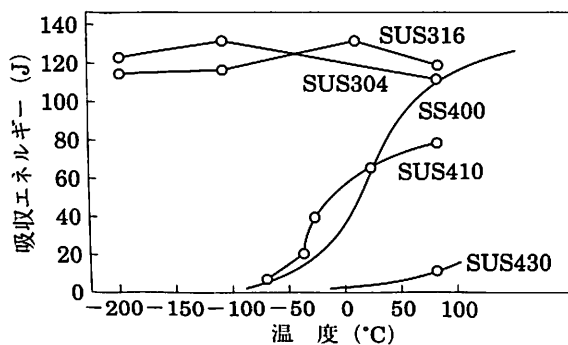


図3.8 各種ステンレス鋼の吸収エネルギーと試験温度との関係



オーステナイト2相の微細な混合組織にしたもの)及び析出硬化形ステンレス鋼(Al又はNbなどを添加してあり、種々の熱処理によって金属間化合物を析出させて高温強さを向上させたもの)もある。

図3.7及び図3.8に、各種ステンレス鋼の引張強さ及び吸収エネルギーと温度との関係を示す。引張強さは常温ではマルテンサイト系が最も大きい。高温になるとオーステナイト系が最も大きくなる。また、吸収エネルギーはマルテンサイト系及びフェライト系では軟鋼よりも劣るが、オーステナイト系では遷移現象は認められず、極低温でも常温と同様に良好な性能をもっている。この性質を利用して、オーステナイト系ステンレス鋼は石油精製及び原子力プラントなどの高温用途から、LNG及び液体窒素などの低温容器まで広い温度範囲で使用されている。

オーステナイト系ステンレス鋼は、変態点がないため、熱処理によって機械的性質を改善したり、結晶粒の調整をすることができない。組織はオーステナイトであるため、軟らかくて加工性に優れ、板、棒、線などに容易に加工できる。オーステナイト系ステンレス鋼の代表例であるSUS304は、一般には非磁性体と考えてよいが、冷間加工すると一部強磁性のフェライト(加工誘起マルテンサイトという)が生じるため、磁石に吸引されるようになる場合がある。この鋼の欠点としては、耐食性を良くする効果があるCrがCと結合すると鋼中に固溶しているCr量が減少するため、粒界腐食が起きやすくなったり、塩化物の雰囲気では応力腐食割れを起こしやすいこと、熱膨張係数が普通の鋼の約1.5倍あること、そして熱伝導度及び電気伝導度が普通の鋼の約1/4程度であることである。また、海水及び硝酸などに対する耐食性は優れているが、硫酸(SUS304においては、濃度が約6%以下の場合と、約80%以上の場合だけは耐食性はよい)、塩酸並びにSを含むガス及び水溶液中での使用には適さない。さらに、ハロゲンイオンを含む環境(液中の溶存

酸素も必要である)では、孔食(腐食が金属表面の局部だけに起こり、孔状の腐食を起こしたものをいう)が起こりやすい(これは、全面腐食を起こすような環境では起こらない)。

### 3.5 その他の鉄鋼材料

- ①工具鋼：切削及び加工工具鋼で、炭素工具鋼、合金工具鋼、高速度工具鋼など種類が多い。
- ②耐熱鋼：高温強さ、耐酸化性又は耐高温腐食性をもたせた鋼で、フェライト系(低Cr-Mo鋼、ステンレス鋼、Si-Cr系耐熱鋼など)、オーステナイト系(ステンレス鋼、高Mn-高Cr系耐熱鋼など)、及び超合金(Ni基合金、Co基合金、Mo基合金など)がある。
- ③軸受鋼：高C-低Cr鋼などの合金鋼で、軸受に使用される。
- ④ばね鋼：炭素鋼系、Si-Mn鋼系、Mn-Cr鋼系、Cr-V鋼系などがあり、熱処理をして、ばねに使用される。
- ⑤快削鋼：S、Pb、P、Se、Teなどを添加して、切削性を良くした鋼である。
- ⑥高マンガン鋼：10%~20%のMnを主合金成分とし、非磁性体で、耐摩耗性に優れている。

铸铁は、もろくて熱間加工などを行うことはできないが、複雑な形状の铸件を容易に、安価に製造することができ、通常、炭素含有量が2.5%~4.5%の範囲で、ねずみ铸铁、球状黒鉛铸铁、可鍛铸铁などの铸铁铸件として使用されている。

また、形状別に分類すると、棒鋼、線材、鋼板、鋼帯、鋼管、鍛鋼品、铸件などに分けることができる。

### 3.6 鋼板及び鋼管

本節では、鋼板及び鋼管を使用する側において