

= 低温割れ (その1)・・・炭素鋼の分類、鋼の溶接部マクロ組織 =

本話より低温割れについて述べる。

既に、第155話の表155-02に低温割れの分類と特長について記しましたが、今一步突っ込んだ形で、溶接関連書籍*1) (第155話掲載分に同じ)などに記載した文献などを参考にして、低温割れについて理解を深めていきたい。

一般に溶接性とは、以下のように定義されている*1)。

- ①「欠陥のない健全な溶接ができるか」という、材料を溶接するときの難易の程度を表わす溶接性 (狭義の溶接性)。
- ②「溶接後の継手性能が、構造物の使用目的を満足させることができるか」という使用性能に関する溶接性 (広義の溶接性)

本話の対象である低温割れは、①の狭義の溶接性に分類され、通常、溶接時の急熱、急冷によって鋼材の溶接熱影響部は母材より硬い組織をもっており、これが溶接部における特性劣化の一つの要因になっている。また、鋼材の低温割れ感受性は硬い組織ほど高く、熱影響部が硬くなりやすい鋼材はそれだけ溶接が難しい。

では、なぜ鋼材の溶接熱影響部は硬い組織になるか、について考えてみたい。

その前に、鋼材の分類を含めた概要について触れる。

表166-01に鋼材の大分類として鉄、鋼および鋳鉄の区分を示す。鉄はFeの総称であり高炉で鉄鉱石 (酸化鉄)をコークスで還元して高炭素の銑鉄を取り出す。但し学術的には表に示すように炭素C約<0.03%の純鉄を指す。一方、鋼は上記高炭素の銑鉄の炭素Cを除きかつ不純物・ガスも抜き、鍛錬を繰り返し熱処理して使用する。炭素は0.05~1.5%のものが多用される。

表166-01 鉄鋼材料の分類 (学術的)

分 類	C %	一般に多用されるC%
鉄	約 <0.02	<0.03
鋼	0.02~2.14	0.05~1.5
鋳 鉄	約 >2.14	2.5~3.8

表166-02に鋼の種類を示す。鋼の分類は炭素鋼 (普通鋼)と合金鋼 (特殊鋼)に分類され、炭素鋼は含有炭素量に応じて低~高に区分される。

炭素鋼は鋼の五元素として、それら成分に炭素C、ケイ素 (Si)、マンガン (Mn)、リン (P)、硫黄 (S)を必ず含有している。

さらに特殊鋼はこれらの五元素のほかにクロム (Cr)、ニッケル (Ni)、モリブデン (Mo)などを添加して、機械設備や装置で普通鋼では短寿命となってしまう部品をその要求特性に合致させた鋼としている。主な特殊鋼は以下のように分類できる。

- ***構造用鋼**：機械構造部品としてシャフトや歯車として広く使用されている。S C、S C r、S C M
- ***耐食鋼**：ステンレス鋼としてC r活用した鋼で食器、薬品、医療機器、化学向け。S U S
- ***耐熱鋼**：N i、C r系の合金鋼で自動車および航空機のエンジンや排ガス部品。S U H、N C F
- ***工具鋼**：高硬度の耐摩耗性を有した合金で、鋼の切削や塑性加工用の治具・工具。S K H、S K D
- ***その他**：ばね鋼S U P、快削鋼S U M、軸受鋼S U J、電磁材料S U Y B、不変鋼などがある。

なお、この表には示していないが**高張力鋼**（記号H T）がありC量<0.15%，M n,S iで固溶強化，組織微細化などの特長を有している。

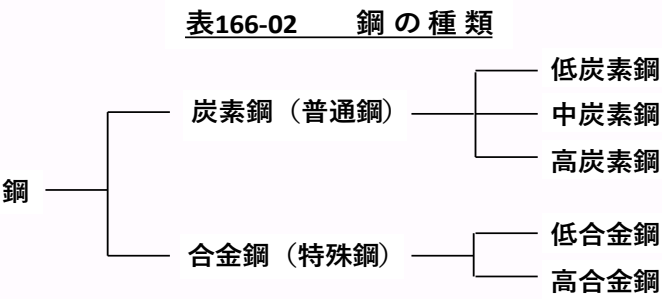
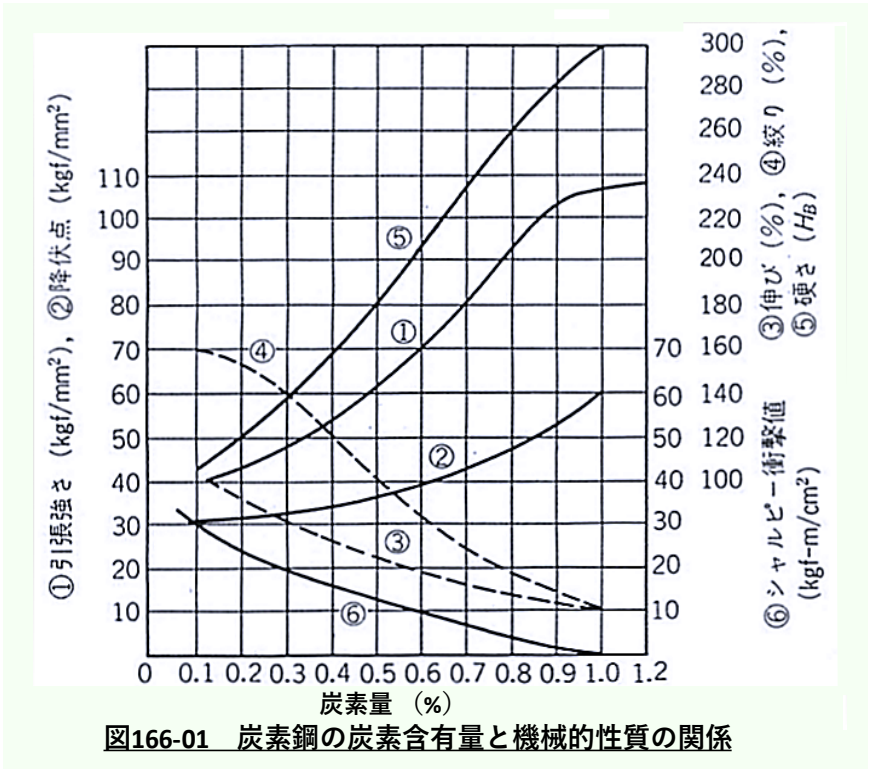


表 166-03 に炭素鋼の分類を示す。表では代表的な鋼種名と炭素量の概略を示している。これらの表からもわかるように**炭素鋼**はFe-C系合金であり現在では、既に膨大な知識の集約がなされている。

表166-03 炭素鋼の分類		
分 類	C %	鋼材の一例
低炭素鋼	<0.3	SS400, SM400, SM490
中炭素鋼	0.3～0.5	S35C, S45C, S48C
高炭素鋼	0.5<	S55C

図 166-01 にみるように、炭素鋼では炭素量が増えると、強く硬く、もろくなることが分かる。

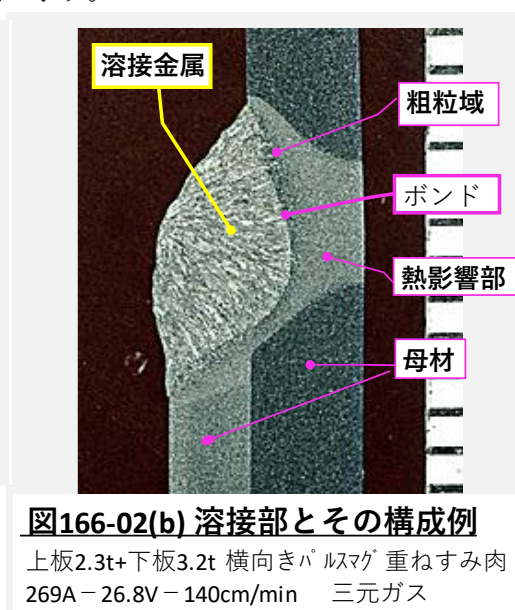
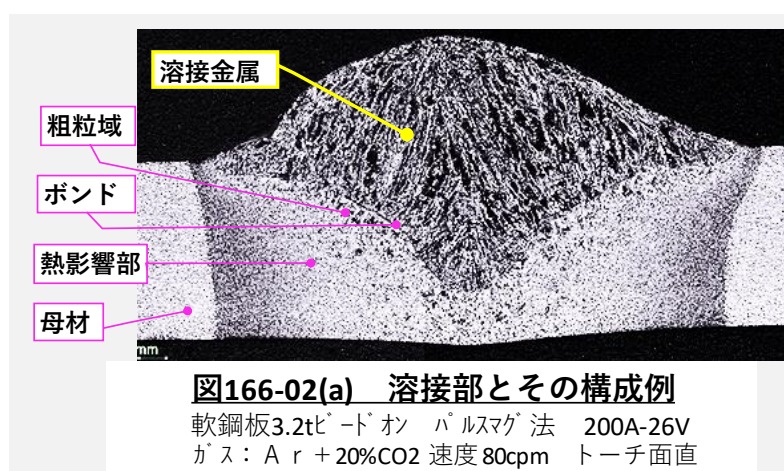


筆者がしばしば「低温割れ」の品質課題に出会った対象は、表 166-03 に示す中炭素鋼のものです。しかし炭素量が低い 0.30% の比較的厚肉の溶接品の熱影響部で割れ発生を経験したこともあります。お客様の中で、このように炭素量が 0.3% を超える機械構造用炭素鋼やさらには Cr、Mo などが添加された機械構造用合金鋼が溶接対象品である場合は、必然的に定められた作業および品質規格の中で対応されることが求められます。

そのためにも溶接熱影響部の硬さに着目して、炭素以外の元素の影響や冷却速度の影響も考慮しつつ、割れの原因となる硬化に対する考えを十分理解した上で、溶接施工管理へ対応されることが望ましい。

改めて、ここで溶接熱影響部についてみてみましょう。

図 166-02(a) に溶接部のその構成例として 3.2t 軟鋼板にビードオンプレートした横断面マクロ組織写真を、図 166-02(b) に普通鋼板の重ねすみ肉溶接部マクロ組織写真を夫々示す。



両写真とも軟鋼板、自動車鋼板の比較的炭素含有量の低い対象の溶接部横断面マクロ組織で、ビード中央から

母材に向かって 溶接金属部→ボンド部→粗粒域などを含む熱影響部→母材部 の夫々を示している。

なお、これらはマクロ組織のため熱影響部の細かな組織観察はできないが、溶接金属部と熱影響部の境い目にはボンド部が存在すること、およびボンド部に引き続き最も高温に母材部が加熱され粗大化した「粗粒域」と称する組織を有することがおよそ観察できる。

これらの「粗粒域」は当然結晶粒が大きく成長しているため凝固過程で冷却作用もその分だけ強く受ける結果、炭素量あるいは炭素当量が高い鋼になればなるほどマルテンサイトと称する硬化組織を呈しやすくなる。

これらの詳細な説明を次話では技術図書の力も借りながら、「溶接熱影響部の組織」について記述します。

以上。