

第 1 章

配管材料を選択する

配管・装置はさまざまな圧力、温度、性状、の流体と接触する。そのため、使用する材料は、接する流体に応じて、高温あるいは低温に対する強度、^{じん}韌性、耐食性 (Corrosion と Erosion)、などが要求される。

そして、配管材料には、金属材料 (炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼、ほか)、プラスチック、有機、無機のライニングなどがあり、それぞれに流体条件に対し得手、不得手があり、コスト的にも大きな開きがある。

流体の種類、使用条件、などに応じて、適切な、そしてコストパフォーマンスのよい材料を選ぶことは、配管設計の最初の重要な仕事のひとつである。

1. 配管材料を選択する

1.1

配管材料 / 炭素鋼系鋼管



配管材料を選択するポイントと、最もよく使われる炭素鋼系鋼管の特徴を知る。管の材料が決まれば、それに準じて、芋づる式に、管継手、バルブ、スペシャルティの耐圧部材料も決まる。配管材料の基本的知識と炭素鋼系鋼管の基礎知識を学ぶ。

1 多様な流体種類と使用条件

配管材料に入る前に、本書がこれから扱う配管がどのような運転条件、またどのような流体を扱うのかを、明らかにしておく必要がある。

配管はあらゆる産業に使われており、配管が使用される圧力、温度など、運転条件の最大包絡線は、温度は $-270 \sim +630$ ℃程度で、将来は 800 ℃程度（火力発電）までいくと考えられ、圧力はほぼ真空に近い -0.1 MPa から $+31$ MPa ゲージ程度と非常に幅がある。

図 1.1.1 に、高温から低温までの温度域で、どのような鋼種が使えるかを示す。最も多く使われるのはコストの最も低い炭素鋼である。

ステンレス鋼は温度的に高温から低温まで使え、耐食的にも優れているので、高価であるが、炭素鋼に次いで使われている。

図 1.1.2 に主にステンレス鋼材の脱不動態化 pH を示す。脱不動態化 pH とは、それ以上 pH が小さくなると（酸性になると）、安定した耐食性を示せない限界の pH である。

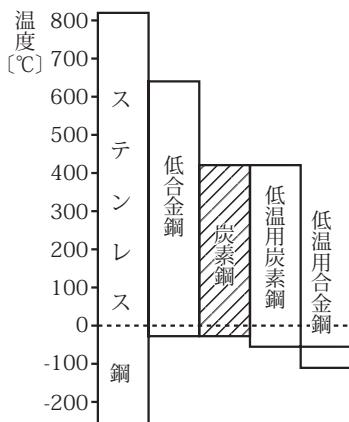


図 1.1.1 配管鋼種と使用温度

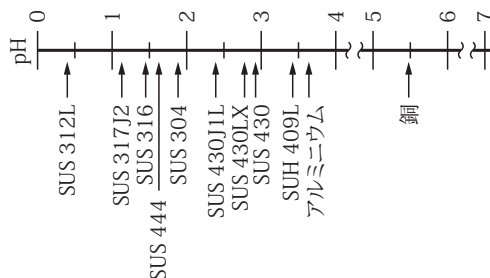


図 1.1.2 酸性溶液に使える材料の脱不動態化 pH
(出典：小野山ら「防食技術」28 巻 p.522、1979)

耐食性配管材料としては、ステンレス鋼のほかに、銅合金、ニッケル合金、チタンなどが、流体、温度、環境に応じて使われる。

2 管の材料

鋼管には、鋼塊から継目なく作る継目なし鋼管（シームレス管ともいう）、と鋼板を巻き、長手継手を溶接して作る溶接鋼管（シーム管ともいう）がある。

鋼管以外の金属管では、銅、銅合金（黄銅、丹銅、キュプロニッケルなど）、およびアルミニウム、アルミニウム合金管などがある。

また、非金属管では、硬質塩化ビニル管、一般用ポリエチレン管、ポリブデン管、遷移強化プラスチック管、などがある（1.3 節参照）。

3 水・蒸気系の配管材料

もっとも一般的な水・蒸気系の配管材料選択例を図 1.1.3 に示す。STPT、SB 材は 450 ℃まで使えることになっているが、 427 ℃以上で長時間使用すると、黒鉛化により、もろくなる性質がある。

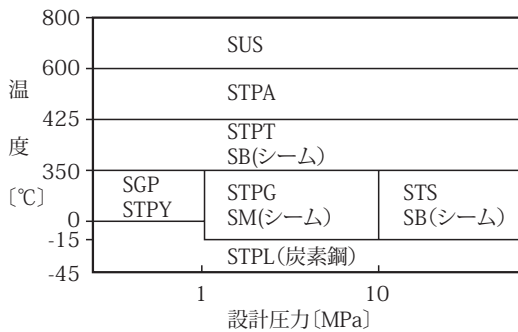


図 1.1.3 水・蒸気系の配管材料選択例

● 主な炭素鋼鋼管

配管に使われる主な炭素鋼鋼管に次のような種類がある。

SGP：配管用炭素鋼管 低圧の水、油、ガスおよび空気などに使用。継目のない管はない。亜鉛めっきした白管としない黒管がある。

STPY：配管用アーク溶接炭素鋼鋼管 SS400の板を巻いて作る STPY400 一種類のみ。ストレートシームとスパイラルシームがある。

STPG：圧力配管用炭素鋼鋼管 STPG370、410、480 がある。数字は最小引張強さ〔MPa〕を示している。SGPの適用範囲を超えるところに使用される。継目なしと電気抵抗溶接管がある。

STPT：高温配管用炭素鋼管 STPT370、410、480 がある。Siキルド鋼（粗粒組織）を用いて継目なく製造するか、または電気抵抗溶接によって製造する。ただし、STPT480は継目なく製造する。

350℃を超える温度で使用する配管に用いる。427℃以上で長時間使用の場合は、黒鉛化による脆化ぜいに注意する。

STS：高圧配管用炭素鋼管 STS370、410、480 がある。Si-Alキルド鋼（整細粒組織）から継目なく製造される。350℃以下で使用圧力が高い配管に用いる。

STPL：低温配管用鋼管 STPL380（炭素鋼）、450（3.5 Ni 鋼）、690（9 Ni 鋼）がある。LNG

用など、さらに低い温度用にはオーステナイトステンレス鋼が使われる。

なお、STPGの使用範囲で500A以上のパイプが必要な場合は、SM400、SM490の板を巻き、長手継手のある溶接管を使用する。また、STS、STPGの使用範囲で500A以上のパイプが必要な場合は、SB410、SB450、SM480の板を巻き、長手継手のある溶接管を使用する。

これらの溶接鋼管は製造、試験、寸法公差などを定めたJISがないので、JPI規格の管を使うか、JPI、ASTMなどを参考に、製造仕様書を独自に作成して発注する必要がある。

溶接管の長手継手は、完全溶込み溶接にして100%放射線透過試験に合格すれば、溶接効率1とし、強度的に継目なし鋼管と同等となる。

● 主な低合金鋼鋼管

合金鋼管は、耐食性や高温強度を高めるため合金元素Cr、Mo、Ni、などを1種類以上添加した鋼で、低合金鋼は0.5%～9%のCr、0.5%～1%のMoを含んでいる。Crは耐食性、耐酸化性（高温で耐酸化性が高まれば、高温強度が上がる）を高め、Moも微量で高温強度を増す。配管用の主なクロムモリブデン鋼を表1.1.1に示す。

表 1.1.1 配管用の主なクロムモリブデン鋼

種類記号	合金成分 (%の中心値で示す)	主な用途
STPA12	0.5Mo	やや高温用
STPA22	1Cr-0.5Mo	高温用
STPA23	1.25Cr-0.5Mo	高温、耐食
STPA24	2.25Cr-1Mo	高温、耐食
STPA25	5Cr-0.5Mo	耐食用
STPA26	9Cr-1Mo	耐食用
火 STPA28	9Cr-1Mo Nb、V	高温用
火 STPA29	9Cr-1.8W、Nb、V	高温用

〔備考〕火 STPA28はSTPA26（9Cr-1Mo）の改良材で少量のNb、Vが添加されている。
火 STPA29は9Cr-1.8Wに少量のNb、Vが添加されている。いずれも、火力発電プラントの特に高温の主蒸気管などに使用される。

1. 配管材料を選択する

1.2

オーステナイト系ステンレス鋼管



18% Cr、8% Niの合金、いわゆる18-8ステンレスに代表される、オーステナイト系ステンレス鋼は、耐食性に優れていることから、配管によく使われる鋼種である。しかし、弱点も持っているため、ステンレス各鋼種の特徴を理解する。

1 ステンレス鋼管の特長

ステンレス鋼（略号で表すときは“SUS”）は錆びにくい合金鋼である。それはCr（クロム）を主体にNi（ニッケル）、Mo（モリブデン）などが加えられているからである。鉄にCrを添加すると、表面に非常に薄い不働態被膜をつくり、周辺環境と反応し難くなる。

ステンレス鋼には、オーステナイト系、オーステナイト・フェライト系（二相系）、フェライト系、マルテンサイト系がある。配管にもっともよく使われるのはオーステナイト系である。

● オーステナイト系

〔代表的合金成分〕18Cr-8Ni（18% Cr、8% Ni）
〔代表鋼種〕SUS304系、SUS316系
〔特徴〕磁石がつかない。比較的耐食性に優れ、配管類にもっとも多く使われているが、応力腐食割れや海水による孔食を起こす。

● オーステナイト・フェライト系（二相系）

〔代表的合金成分〕25Cr-4.5Ni-2.5Mo
〔代表鋼種〕SUS329J1
〔特徴〕オーステナイト鋼とフェライト鋼系との中間の物理的性質を示す。Cr含有量が多いため、耐海水性、耐応力腐食割れ性に優れる。

● フェライト系

〔代表的合金成分〕17Cr
〔代表鋼種〕SUS430系
〔特徴〕磁石がつく。耐食性はオーステナイト系に劣る。塩化物応力腐食割れは発生しない。

● マルテンサイト系

〔代表的合金成分〕13Cr
〔代表鋼種〕SUS420系
〔特徴〕硬いのが特徴。バルブの弁棒や弁座に使われる。

2 オーステナイト系ステンレス鋼管

配管用管、管継手にもっともよく使われるオーステナイト系ステンレス鋼管の代表的な鋼種を表1.2.1に示す。

18Cr-8NiのSUS304TPは、その中の代表格である。SUS316TPはさらにNiを増やし、Moを加えたもので、耐孔食性を改善したものであるが、克服はしていない。

SUS312LTBはさらに、Cr、Ni、Moを増量したものでスーパーステンレスとも呼ばれ、耐塩化物応力腐食割れや耐孔食性を改善している。

表 1.2.1 配管によく使われるオーステナイト系ステンレス鋼管

鋼種	化学成分の特徴	特徴・用途
SUS304TP	18Cr-8Ni	オーステナイト鋼の基本材料
SUS316TP	16Cr-10Ni-2Mo	耐孔食性材料（10.4節参照、p.160）
SUS304LTP	18Cr-9Ni-低C	耐粒界腐食割れ（10.4節参照、p.160）
SUS316LTP	16Cr-12Ni-2Mo-低C	冷間加工性と耐粒界腐食割れ
SUS312LTB	20Cr-18Ni 6Mo-0.7Cu-0.2V 低C	スーパーステンレス、耐海水用
SUS317TB	18Cr-12Ni-3.5Mo	耐孔食性材料
SUS317LTB	18Cr-12Ni-3.5Mo、低C	耐粒界腐食性材料

1.3

プラスチック管



プラスチック管は、近年めざましく各産業分野に普及してきている。鋼管に比べ、安価、工事が簡単などのメリットがあるが、鋼管とは著しく物性値が異なるので、プラスチックの特性をよく理解したうえで、使用する。

1 プラスチック管の特徴

プラスチック管は、金属管に比べ一般に耐熱性、耐圧性に劣るが、軽量、弾性に富み、施工が簡単、コストが安いことなどから、建築設備、上水道、都市ガスなどの配管用に多量に使用されている。

プラスチック管の一般的特徴を鋼管と比較した場合、表 1.3.1 のようになる。

2 代表的なプラスチック管

代表的なプラスチック管と特徴を説明する。

ポリ塩化ビニル管 (PVC) 「塩ビ管」の名で親しまれている。使用限界温度は 60℃で、他の汎用プラスチックに比べ引張強さが大きい。管の接続方法は接着接合かゴム輪接合であるが、内圧のかかる管は、ゴム輪接合だと内圧により脱け出す可能性があるため、推力防護処置 (11.2 節参照、p.178) を使う必要がある。

表 1.3.1 鋼管と比較したプラスチック管の物性

項目	プラスチック管は鋼管と比較して
重さ	軽い
強度	弱い
クリープ	常温でクリープする
ヤング率	1/100 ~ 3/100 程度
耐熱性	使用限界 60 ~ 90℃
絶縁抵抗	大きい
線膨張率	5 ~ 10 倍、あるいはそれ以上
熱伝導率	小、保温効果あり
発錆	さびない
耐薬品性	耐酸、耐アルカリなど
耐紫外線	弱い
コスト	安い

塩素化ポリ塩化ビニル管 (CPVC) 塩化ビニル樹脂の水素の一部を塩素に置換したもので、PVC に比べ軟化する温度が高くなり、限界使用温度は 85℃となる。高温特性を生かし給湯管に使用される。

ポリエチレン管 ポリエチレン管は柔軟なたわみ性により地震に強いことが証明され、水道管、都市ガス管で近年多量に使われている。ポリエチレンの密度によって、高密度ポリエチレン (HDPE) と低密度ポリエチレン (LDPE) とがある。

一般に密度が高くなると剛性、強度が高くなり、密度が低くなると柔軟性、伸びが大きくなる。HDPE は都市ガス、上水道、下水道に、LDPE は都市ガス、下水道に使われる。

主に水道用に制定された JIS K 6761 一般水道用ポリエチレン管の 1 種管 (PE50) は LDPE、2 種管 (PE80) は HDPE にほぼ該当する。

繊維強化プラスチック管 (GRP 管) ガラス繊維 (炭素繊維も可) に、エポキシ樹脂をコーティングしながら筒状に巻き上げたもので、軽く、強度と柔軟性に富んでいる。外国で大径管の埋設管によく使われている。

3 プラスチック管の強度の特徴

プラスチック管の強度で気をつけなければ、いけないのは常温近くの温度の違いによっても強度が大きく変わるということと、常温近くでも時間とともに引張強度が下がっていくクリープという現象があることである。

プラスチック管は、ある温度におけるクリープ試験を行い、延性が失われる時間とそのときの応力から、寿命と許容応力を決める。

1. 配管材料を選択する

1.4

バルク材としての管、管継手



どの産業、どの事業所、どのプラントにおいても、配管設備において、もっとも多く使用される配管材料は、管、管継手、バルブであろう。これらを材料管理の面から、バルク材と称する。バルク材についての基礎知識を習得する。

1 バルク材とは

プラントで使用される配管部材はバルク材とスペシャルティ（特殊品）に分類される。

バルク材は、使用可能な配管クラス（1.5 節参照）であれば、どこに使用しても差し支えない部材のことであり、管、管継手、フランジ、一般弁、ガスケット、ボルト・ナットなどである。

ここではバルク材としての管、管継手、ガスケットについて、説明する。

2 管

継目なし管は 600A までできるが（ステンレス鋼管は 200A まで）、コストを考え、500A 前後以上は溶接鋼管が使われることが多い。

鋼管メーカより納入されるときは管端部（エンド）形状として、プレ加工（スクエアカ

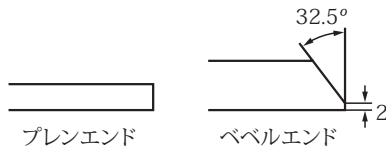


図 1.4.1 入荷時の管端部の形状

ットともいう)、ベベル加工、およびねじ加工がある（図 1.4.1）。

プレンドの管は、口径が小さい 50A、または 65A 以下の差し込み溶接（ソケット溶接ともいう）用と、突合せ溶接用でも、自社標準の開先をとる場合などに指定される。ベベルエンドは突合せ溶接用の管である。低圧の水用の垂鉛めっき管で、小口径（100A ないし 150A 以下）の管には、ねじ込接続が使われる。

突き合わせ溶接で、溶接後の放射線透過試験が行われる場合は、開先合わせしたとき、開先ルート部の内径に段差があると、合否判定ができなくなるので、表 1.4.1 に示すような、定められた内径 C まで削り込む。その C 寸法は、次の 3 通りが考えられるが、いずれも一長一短がある。好ましくない、起こり得るケースを図 1.4.2 に示す。このようなことが起こった場合の対処法を決めておくのがよい。通常、②または③の C 寸法が採用される。

3 継手、管継手

継手 (Joints) とは、管と管、管と管継手、

表 1.4.1 C 寸法とその長所・短所

	加工内径 C の式	長所	短所
① 最大径基準	$C = OD_{max} - 2t_{min} - 0.25$ 注: t_{min} は製造公差を考えた最小厚さ	内径が常に削れるので、内径の不一致が発生しない。	外径が - 公差のとき、加工後の厚さが t_{min} を割り込む可能性。
② 呼び径基準	$C = OD_{nom} - 2t_{min} - 0.25$	①と③の双方の短所が起こる可能性があるが、起こる確率は小さくなる。	
③ 最小径基準	$C = OD_{min} - 2t_{min} - 0.25$	加工後、常に t_{min} が確保される。	外径が + 公差、肉厚が - 公差のとき、内径が削れない可能性。

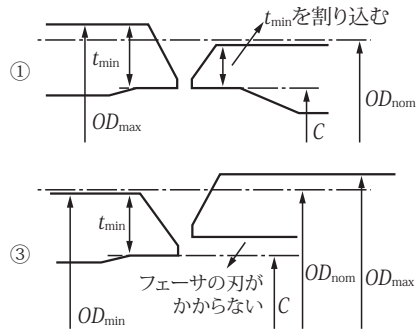


図 1.4.2 内径削りで起こり得るケース