

# 第 1 章

## 配管計画

配管はよく心臓と多数の臓器をつなぎ、血液を循環させる血管だまに喩えられます。血管のように、施設内にはりめぐらされた配管網は、臓器のような機器・装置類とは設計の進め方、手順などがかなり異なります。

本章では、そのことを念頭に置きながら、配管技術とは何か、配管技術者は何を学ぶべきか、配管設計者の心構え、配管設計の手順、配管レイアウトを実施するときの原則などについて学びます。

## 1-1 ● 配管技術とは

---

### (1) 配管と配管技術

「配管」は英語の“Piping”に相当し、必要な機能を満たすように設計、製作、据付けられた、流体を輸送する管路をいいます。そして配管は、(2)で説明する配管コンポーネントにより構成されます。

配管の一例を図 1-1 に示します。

配管技術 (Piping Engineering) とは、配管を設計し、製作・据付けし、装置を運転、保守点検する技術です。

配管技術者 (Piping Engineer) は配管を計画、設計、施工管理、保守する技術者です。

配管技術が支える産業分野は極めて広範囲で、主な分野は図 1-2 のよ

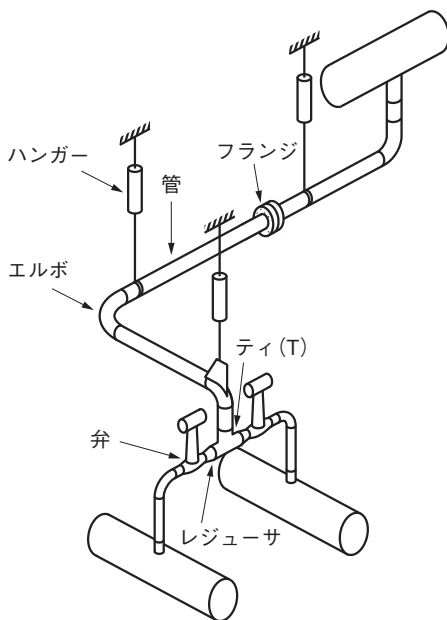


図 1-1 配管の例

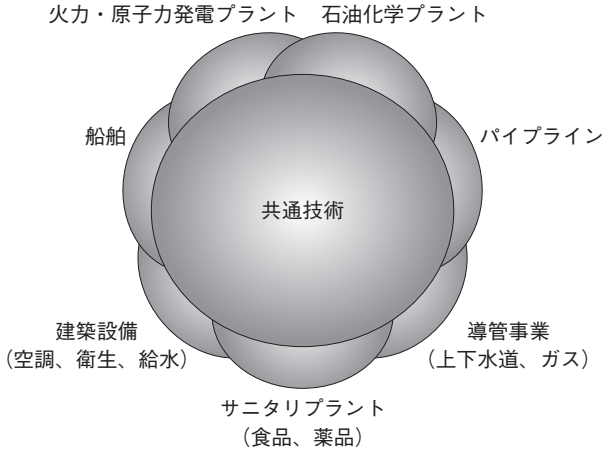


図 1-2 配管技術が支える主な産業分野

うになります。

「プラント配管」といえば、石油化学/石油精製プラントと電力プラントが入りますが、主として前者の配管を指すことが多いです。

## (2) 配管を構成するコンポーネント

配管を構成するもの (Component) には、管 (Pipe)、管継手 (Fitting)、弁 (Valve)、スペシャルティ (Specialty)、配管支持装置 (Hanger・Support)、などがあります。

配管を構成するコンポーネントの代表的なものを、表 1-1 に示します。

## (3) 配管技術者に求められるもの

配管技術者に求められ、習得しておくべき主な工学、知識、経験を表 1-2 に示します。

ほかの職業も同じですが、配管技術者にとって、個々の配管設計業務を自ら体験することが重要です。特に、配管レイアウトはその経験を蓄積することが不可欠です。

配管技術者の仕事に対する心構えとして何が大切か、筆者の経験を踏

表 1-1 配管を構成するコンポーネント

コンポーネント	主な品目
管	継目なし管（シームレス管）、継目管（シーム管）
管継手	エルボ、T（ティ）、レジューサ、マイタバンド、キャップ、フランジ、フルカップリング
弁	仕切弁、玉形弁、アングル弁、逆止弁、バタフライ弁、ボール弁、調節弁、安全弁
スペシャルティ	ストレーナ、スチームトラップ、検流器、ラプチュアディスク、フレームアレスタ
配管支持装置	リジッドハンガ、バリアブルハンガ、コンスタントハンガ、防振器、レストレイント
伸縮管継手	ペローズ式、フレキシブルチューブ
計器（計装品）	流量計、温度計、圧力計

表 1-2 配管技術者に必要な工学・知識

基礎・応用工学	数学、物理学、化学、水力学、機械力学、材料力学、熱力学、伝熱工学、基礎工学の応用
製品知識	管、管継手、バルブ、スペシャルティ、ハンガ・サポート、保温、腐食・防食、規準・code、関連設備（計装、ポンプ、塔槽・熱交換器、空調、ケーブル、土木建築、など）
設計ノウハウと経験	プロットプラン、配管レイアウト、サポート計画、トラブルシューティング、など

まえて挙げさせてもらえば、次のようなことになります。

### ① 直感的に捉える

現象、事象を理解するとき、直感的、感覚的な捉え方が重要です。直感的な把握の1つのやり方は、その現象をイメージ化することです。フリーハンドの図や絵、ポンチ絵、マンガを使って現象を表します。

### ② 想像を働かせる

アメリカの先進的な構造設計技術者、レフ ツェトリンの言葉「私はあらゆることに注意を払い、惨事を思い浮かべようと思っている。私はい

つも恐怖に襲われる。技術者にとって、想像力と恐怖心は悲劇を避ける最良の道具の1つです」は含蓄のある言葉です。

### ③ 仮想演習を行う

「仮想演習」なる言葉は、「失敗学」の畑山洋太郎氏が最初に言い出した言葉ではないかと思います。「仮想演習」は、検討しようとする製品、システムに対し、設計に問題点が残っていないか、起こり得るさまざまな状況を想定して、図面や紙面の上で、仮想的に機械・装置を動かし、力をかけて何が起こるかを考えることです。

### ④ 検証は論理的に、定量的に

評価・検証は計算、実験・試験、過去の実績評価など、論理的、定量的に行い、後に説明責任を果たせるようエビデンスを残します。

### ⑤ 失敗の真因追及

失敗したら、同じ失敗の再発防止のため、真の原因究明が不可欠です。失敗により人間も技術も進歩します。

### ⑥ トラブルは記録する

「過去を記憶しないものは誤りを繰り返すよう運命づけられている」というアメリカの哲学者、ジョージ サンタヤナの言葉があります。失敗や事故は必ずまだ熱いうちに記録に残し、関係者の間に公開することです。

### ⑦ 現場・現物主義

設計者であっても、こまめにサイトへ出向き、サイトへ行ったら作業服に着替え、現場に入ること。「こんなに大きいとは思わなかった」、「こんな感じは予想外だった」という感覚は現場でのみ得ることができます。そういう経験を積み重ねることにより、図面を見ただけで、実物の大きさや空間の感じを掴みとることができるようになります。

### ⑧ 天は自ら助くるものを助く

「自分の力で努力する人には天が援助を与え、成功に導いてくれる」という意味のこの言葉は、真実を言い当てているように思います。

## 1-2 ● 配管設計の手順

石油化学プラントや石油精製プラントにおいては、プロセス配管とユーティリティ配管の2つに分類することができます。

プロセス配管とは、プラントにある機器相互をつなぐ、製品製造に直接かかわる配管で、装置へ原料を供給する配管、装置から出る製品を送り出す配管、ポンプ、塔、ドラム、熱交換器などの機器相互を連絡する配管、などから成ります。

ユーティリティ配管とは、水、空気、蒸気、燃料、窒素配管などです。

プラント配管における一般的な配管設計手順を、図 1-3 に示します。

**プロットプラン**：プラント内の機器、架構、その他諸設備の配置図のことです。主要配管ルートも含まれます。最初は機器などの外形図が揃わず、概念的な図面ですが、資料が揃ってくるにつれ、より詳細かつ確定的なものとなってゆき、最後に、完成したプラントの図となります。

**P&ID**：流体の流れを機器、計装とともに示した配管・計装線図。

**配管仕様書**：配管の設計、製造、据付け、材料調達、などにおいて守

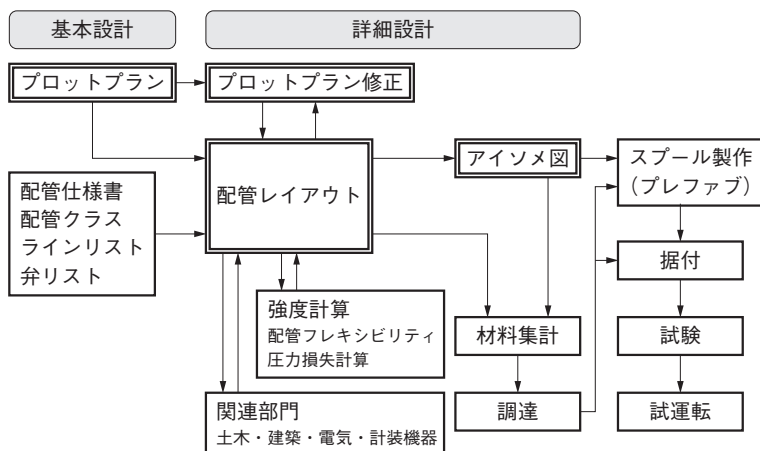


図 1-3 配管設計の流れ

るべき法規・規格、標準、などを明示し、配管全般、および各ラインに対する遵守事項、禁止事項を明らかにします。

**配管クラス**：プラントの配管を、重要度、設計圧力・温度などによりクラス分けし、クラスごとに使用する配管コンポーネントのタイプ、材質 Sch.No (7-3 参照)などを規定したもの。標準的な配管クラスにグループ化することにより、プラントごと、ラインごとに各コンポーネントの仕様を決めたり、記述する労力が省けます。

**ラインリスト**：P&IDには各配管ラインに、識別番号としてライン番号がついています。そのライン番号ごとに管の口径、厚さ、設計圧力/温度、配管クラス、保温/保冷の有無、などを記した一覧表です。

**配管レイアウト**：配管ルートを計画すること、および配管ルートの示された図をいう。配管レイアウトは、プラントの土建や諸設備の設計部門に情報を与えるという重要な任務を負っています。配管のほかに、配管ルートを計画するうえで必要な情報はすべて本図に含まれます。すなわち、建屋壁、柱、パイラック、開口部、機器、ケーブルトレイ、空調ダクト、通路、プラットフォーム、機器引抜き代、等々。配管ルートの引き方の原則については、本章 1-3 参照。

**アイソメ図**：工場でスプールを製造、また、現地で配管を据付けるための図面で、ライン No. ごとに配管を等角投影で描く。通常、not to scale (縮尺どおりでない)で描かれる。

図には、溶接開先、材料表、備考などが示されています。

**プレファブ**：本設の工場、または現場の仮設工場で、スプールを製作すること。現場の工数を減らすため、工場でかなり大きなユニットに組んでから、現場へ搬入することもあります。

**スプール**：プレファブされる配管の 1 単位。輸送や現場搬入が可能な大きさとなります。

**強度計算**：第 2 章参照。

**配管フレキシビリティ**：第 3 章参照。

**圧力損失計算**：第 4 章参照。

## 1-3●配管レイアウトの原則

---

### (1) 配管は空間設計

配管設計が他の機械の設計と大きく異なるのは、その空間設計にあります。

空間設計は、プラントの空間において配管と共存し、設計、据付けなどが同時進行してゆく、土木、建築、各種機器・塔槽、電気・計装、空調などと協調し、調和をはかりつつ、運転しやすい、保守点検に便利な、そして消費エネルギーと建設コストにむだのない、配管レイアウトを実現してゆくことです。そのためには、配管設計者には、4大力学（材料力学、水(流体)力学、機械力学、熱力学）、配管固有の技術・知識のほか、関連設備に関する幅広い知識、そしてほかの事業者や他部門との協調の精神が求められます。空間設計の最も基本となるプロットプラン（機器配置）は配管レイアウトの構想を具体的に構築しつつ作成されます。

配管レイアウトは、P&ID、プロットプラン、建屋図、機器外形図、等々により計画を進めますが、その際、考慮することとして、

- ① ラインの目的、機能を理解し、それらを満足させるものであること
- ② 運転・操作・アクセス（必要箇所へ近よること）に問題のないこと
- ③ 耐圧、熱膨張応力、振動など、強度上問題のないこと
- ④ 配管据付け上問題のないこと
- ⑤ 安全に対し問題のないこと
- ⑥ 保守・点検に問題のないこと
- ⑦ むだがなく、コストの低減化が図られていること
- ⑧ 美観が考慮されていること

などがあります。

プラントには多種多様な機器が設置されており、各機器のそれぞれの機能を満足させるため、その機器に接続する配管には、その機器特有の配慮が必要なことが多い。その説明はあまりに多岐にわたるので、ここ



では、配管レイアウトを計画するにあたり、共通的なごく基本的な事項について説明します。

## (2) パイプラック配管の原則

パイプラックは、配管を集中的に通すメイン通路であり、配管はここに集まり、またここから出て行きます。

パイプラックは鉄骨構造の、空間に渡した棚のようなもので、通す配管の量により、棚は1段の場合と2段またはそれ以上の場合があります(図1-4参照)。

ラックの下を通路とする場合は、最下段の梁はりの下面、配管が最下段の棚の下を抜けるときは管の最下面が、原則2.1m以上となるようにラックの高さを決めます。

ラック上の配管配置の注意点は、

- ① 同じ梁上では、梁の強度上、径の大きな重い配管はラックの柱近くに、径の小さい軽い配管は梁の中央付近に置く
- ② 配管用ラックが2段以上になる場合は、配管が漏えいし、下の配管に掛かっても危険のない流体の配管を上段に置く。したがって、ユーティリティ配管を上段に、プロセス配管を下段に置くのが一般的です。ケーブルは最上段のラックに置く(図1-5参照)

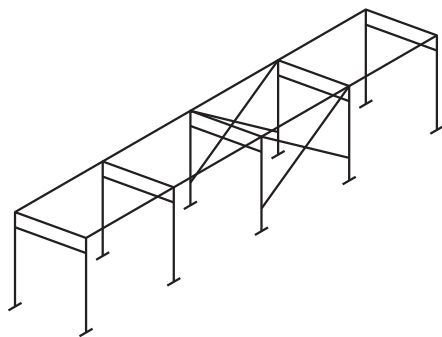


図1-4 パイプラック

- ③ ラックの右側の機器へ接続される配管はラックの右側に、左側の機器へ接続される配管はラックの左側に置く方がシンプルな配管となります（図 1-5 参照）

などです。

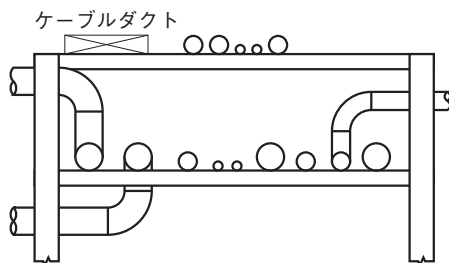


図 1-5 ラック上の配管（側面図）

### （3）配管ルートの一般原則

- ① 建屋内の配管については、空の航路のように配管ルートの通行規制を設けておくと、整然とした配管配置とすることができます。すなわち、各フロアごとに、東西方向と南北方向に走る配管の設置高さを変え、交差するとき、干渉しないようにする（図 1-6 の（イ）参照）
- ② 配管はなるべくまとめて走らせる。その結果、サポートを共通化でき、スペースを効率よく使うことができます
- ③ 配管はなるべく壁に沿って、また柱の近くを走らせる。これによりスペースとサポートを効率化できます
- ④ 通路、プラットホーム（操作台）上にある配管はその下面の高さが原則 2.1 m 以上あること
- ⑤ 大径配管と勾配のある配管や斜めの配管は他の配管に先駆けて、ルートを決める。後から配管の間を縫って斜め配管のルートを探すのは難しい場合が多い（図 1-6 の（ロ）参照）
- ⑥ 飽和蒸気配管は、ドレンの滞留防止のため、一般に 1/50 以上の下りドレン勾配をつける

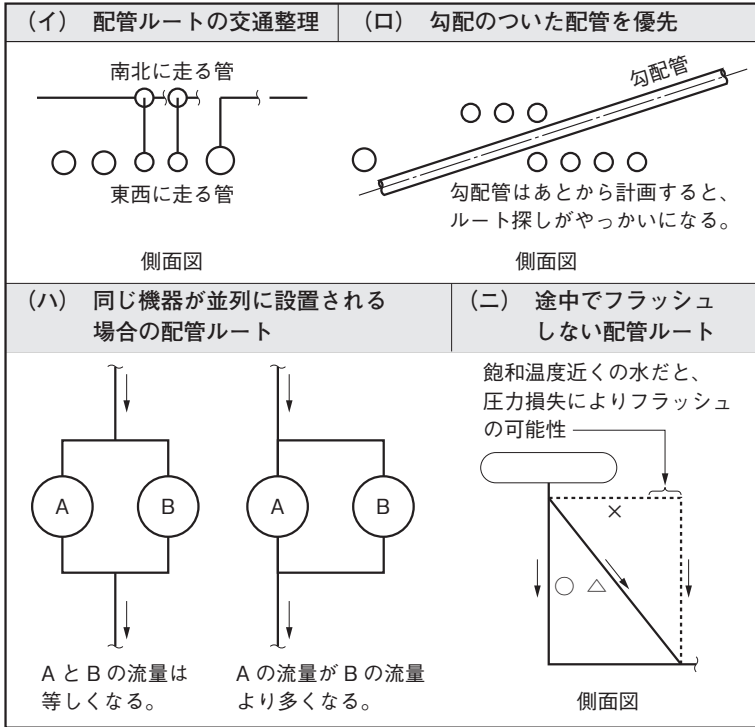


図 1-6 配管ルートの一般原則の例

- ⑦ 管径は保温、保冷の厚さを加味した径で計画のこと。隣接する管、機器、構造物との最小間隔を確保する（その際、配管熱膨張や地盤沈下、さらにフランジボルトの取外しなど考慮）
- ⑧ 壁、床に近い配管は現場での配管溶接作業に支障のないスペースを確保する
- ⑨ タイミングよく、電気・計装部門と、ケーブルダクトとの干渉を含め、スペースの調整をしておく
- ⑩ パトロール通路、弁操作、計器点検、などの作業場、また、機器・弁など分解点検のためのスペースをとっておく
- ⑪ 熱応力が許容値内に入る適度なフレキシビリティ（3-4 項参照）

のある配管とする。しかし、「過ぎたるは及ばざるがごとし」のとえのとおり、過度なフレキシビリティは配管が不安定となり、振動や揺れを招きやすいので要注意

- ⑫ 配管の始点から終点までスルーして眺めてエレベーション的に問題のないこと（例えば、逆勾配、エアポケット、ドレンポケット、フラッシュしそうな箇所など）
- ⑬ ポンプキャビテーション防止の観点からポンプ吸込み配管は圧力損失をできるだけ小さくする。そのため、曲りを少なく、最短距離で配管する（特に水槽がポンプより下にある場合や水槽が負圧になる場合）
- ⑭ ポンプ性能の低下を防止するため、ポンプ吸込み配管は空気だまりのない配管とする
- ⑮ 同じ機器が並列に設置されている場合は、流量が均等に流れるように要求される場合があります。このようなケースでは、分岐管の部分は対称（シンメトリック）になる配管ルートとする（図 1-6 の（ハ）参照）
- ⑯ フラッシュが危惧されるような流体では、キャビテーション防止のため、機器を出たら水平に配管せず、垂直または急勾配で下げるような配管ルートとし、圧力損失が大きくなる前に静水頭をかせぐこと（図 1-6 の（ニ）参照）

### 豆知識

#### スプール（13 頁）の語源

Spool は糸巻きのこと。元来は糸巻きに形状が似た、両端にフランジのあるプレファブ管を指しましたが、現在はフランジの有無に関係なく、プレファブされたピースを指します。