

バルブダイジェスト

2025



前書き

－2025年版の改訂にあたり－

バルブは、私たちの暮らしに欠かせないものであり、
社会や生活の変化とともに発展を続けてきました。

本書では、身近な場所で使用されているバルブを中心に、
まず「知ってもらうこと」を重視して内容を構成しています。
また、より見やすく、わかりやすいダイジェストとなるよう、
ビジュアル面も大きく改訂を加えました。

本書は、バルブ初級研修の副読本として作成しましたが、
ちょっとした確認をしたい方にもご活用いただけるよう、
ワーキンググループのメンバー一同、心を込めて取り組んでまいりました。

本書が、皆さまのご活躍の一助となれば幸いです。

2025年11月18日

一般社団法人日本バルブ工業会
バルブダイジェスト改訂WG メンバー 一同

バルブダイジェスト 2025について

1. このダイジェストにはバルブに関する情報が、全て網羅されている訳ではありません。より深い情報を参照されたい方は（一社）日本バルブ工業会の刊行物（バルブ便覧など）や、同会主催のバルブ初級研修の講義テキストを参考ください。
2. 文中にバルブ便覧の記述がある箇所は、新版バルブ便覧：第二版（2021年6月15日発刊）を参照ください。
3. 4文字以上のカナ表記の長音符は削除しています（例：ウェハー → ウエハ　スラリー → スラリ）。
4. 慣用語：分野ごとに慣用されている語句を尊重し、あえて統一していません（例：弁箱・本体・胴・ボディ）
5. 外来語：外国語の術語・人名・地名は、原則としてカタカナ表記していますが、日本語として確定しているものがある場合はこの限りではなく、幾つかの表記ゆれがあります（例：グローブ弁 ⇌ 玉形　プラグ ⇌ 弁体）
6. 免責事項：本書に掲載されている指針、数値、計算式などの運用は、読者各位の責任で行っていただきますようお願いいいたします。これら情報の正確さには万全を期していますが、読者がこれらを用いて行う一切の行為について、本書の発行者と執筆者は一切の責任を負いかねます。その使用ならびに閲覧の結果生じた読者の損害及び読者が第三者に与えた損害について、本書の発行者と執筆者は責任を一切負いかねます。

目次

○バルブの市場規模と特徴	P.1~7
○バルブの基本知識と一般弁の種類・構造	P.8~24
○バルブの関連法規・規格	P.25~29
○自動弁について	P.30~31
○調節弁	P.31~40
○調整弁	P.41~46
○電磁弁	P.46~52
○電動弁	P.53~57
○安全弁	P.58~64
○スチームトラップ	P.65~75
○給水装置と給水用具	P.76~94

バルブの市場規模と特徴（バルブ便覧 pp.600-747）

1. はじめに

本章ではバルブの市場やその市場で使用される主要なバルブの紹介を行う。

詳細につきましては、バルブ初級研修やバルブ便覧のご参照をお願い致します。

2. バルブの市場規模と特徴



バルブ産業のサプライヤとしては欧州、アジア、アメリカ等の世界中の多岐に渡る。

参考として 2010 年度の世界のバルブ産業の状況を下図に示す。



図 1. 世界のバルブサプライヤ状況図（新版バルブ便覧<初版>巻末付録より引用）

国内使用されるバルブを市場分野別にみると下図の円グラフのような割合になり、細かく分けてみると様々な分野で使用されていることがわかる。各市場分野で使用されるバルブには各市場分野に合わせた機能を持たせたバルブも多く存在する（3.各市場分野で要求されるバルブの特徴にて言及する）。

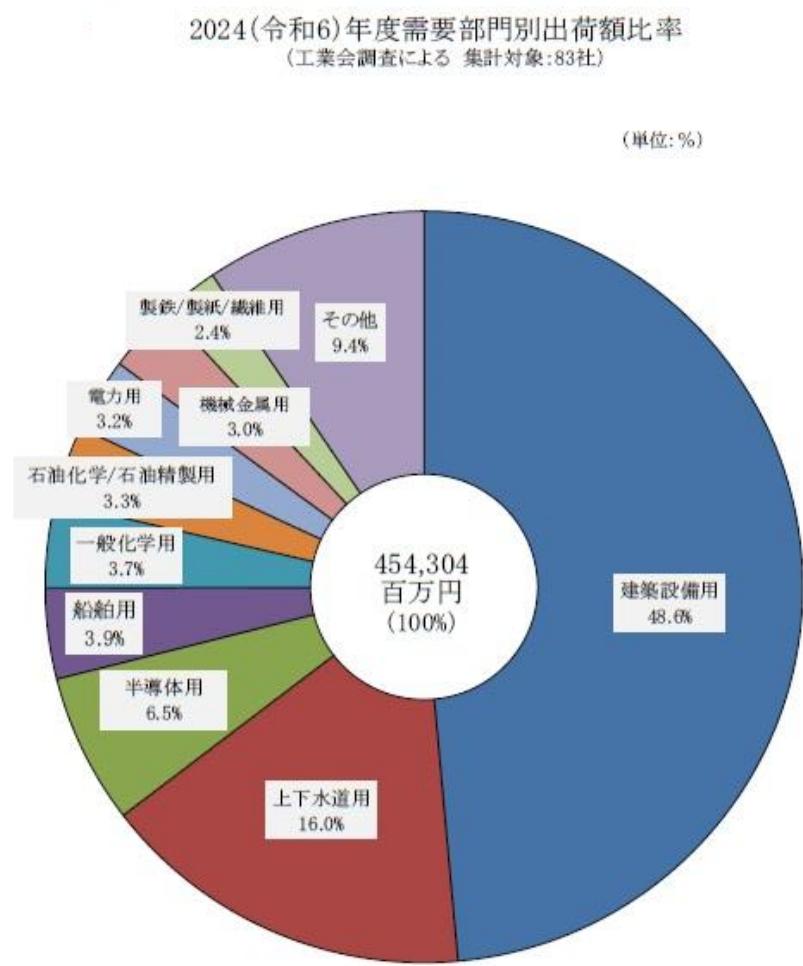


図 2. 国内使用されるバルブの市場分野別の割合

バルブ市場の特徴として、基盤産業に用いられることが多い為、世界情勢や景気による浮き沈みは少ない市場であることが挙げられる。

※リーマンショック、新型コロナウイルスの蔓延時にも大きく市場が沈むことが無かった

バルブ産業は素材産業やユーザ業界との関係性があり、下図のような立ち位置となる。

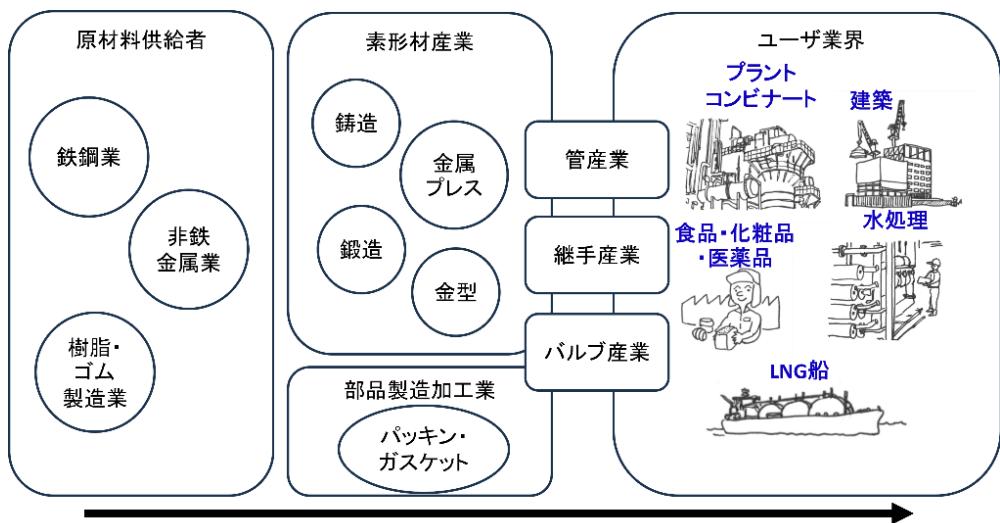


図3. バルブ産業の立ち位置

3. 各市場分野で要求されるバルブの特徴

下図は各市場分野（主要産業）で要求・使用される主なバルブのイメージ図となる。市場分野によっては特定のバルブが多く使用される。

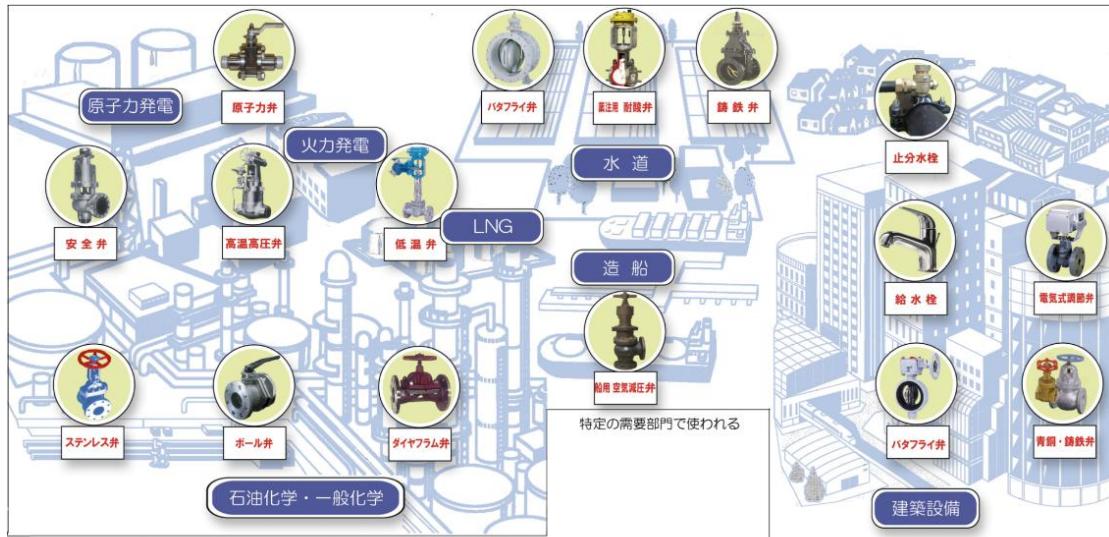


図4. 各市場分野（主要産業）で要求・使用される主なバルブのイメージ図

3. 1 汎用弁と特殊弁

バルブはあらゆる産業・市場に利用されており、汎用弁と特定の使用方法を想定した、特殊弁の2つに分けられる。

- 汎用弁

広い用途に用いるバルブの総称。特定の条件や用途向けのものではない。

低圧の汎用流体（水・油・ガス）などに大量に使われる一般的な低圧バルブ。

- 特殊弁

ユーザのニーズに合わせてカスタマイズされたものや特定条件において使用されたり、

汎用弁と比較して付加価値を付けたバルブ。

汎用弁は様々な市場（建築設備・各種工業）で用いられるが、汎用弁では要求仕様・規格を満たさない場合に特殊弁が用いられる。特殊弁の特徴として、「高圧・高温・低温・ガス・石油・半導体・医薬品」などで用いられ、特注品として生産されることが多い。高温や低温など過酷な環境で使用されるため、強度が高い材質（ステンレス鋼）などが選択される傾向がある。

下図のように汎用弁、特殊弁どちらも各市場（主要産業）で要求されることがある。



図 5. 汎用弁・特殊弁の関係性

3. 2 各主要産業におけるバルブの特色

本項では各主要産業で使用されるバルブの特色について記載する。

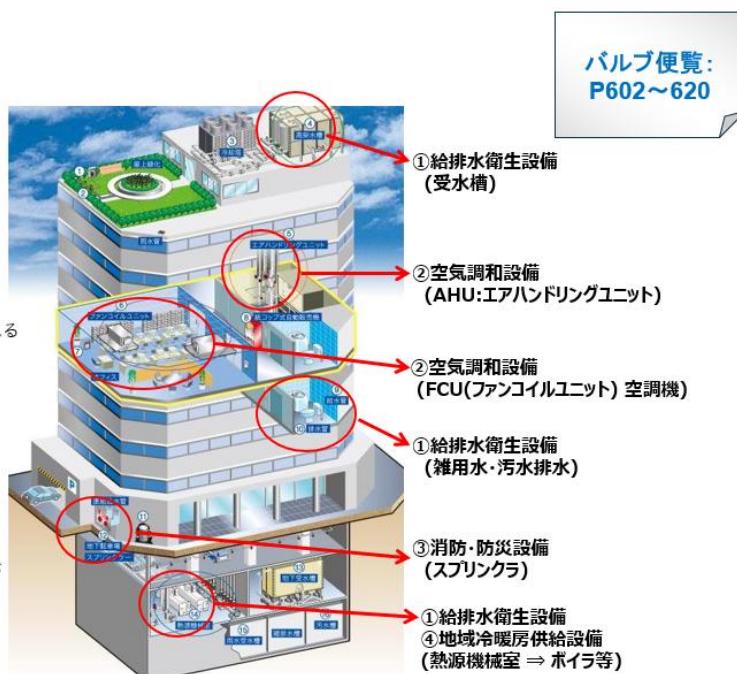
● 建築設備

建築設備における主な流体は水・湯・蒸気・冷媒・燃料油・燃料ガスなど多種多様であり、機能や大きさの異なる多種多様なバルブが利用されている。

建築設備では主に下記設備にバルブが使用される

- ①給排水衛生設備
(受水槽)
- ②空気調和設備
(AHU:エアハンドリングユニット)
- ③空気調和設備
(FCU(ファンコイルユニット) 空調機)
- ④給排水衛生設備
(雑用水・汚水排水)
- ⑤消防・防災設備
(DHC : District Heating and Cooling)
- ⑥工場施設(建屋)とユーティリティ設備

耐用年数は手動バルブは会計処理上15年と決められているが、実用的には10年から30年程度とかなりばらつきがある。自動バルブは手動弁に比べ圧倒的に開閉頻度が高いため、ON-OFF弁で10万回、制御弁では20~30万回程度が一般的である。



● 上・下水道

上水とは飲むことができる水を供給する水道および設備全般を指す。

浄水一配水一給水の流れで浄水場から家庭へ供給される。

下水とは雨水や生活排水などの汚水などを、地下水路などで終末処理場に集約し処理されたのち、公共用水域へ排出するしくみを指す。

浄水場から排水管までを水道施設と呼び、設置されるバルブは制水弁・空気弁・逆止め弁・減圧弁・自動制御弁・バタフライ弁などである。

既設の給水装置や配水管から建物屋内に引き込まれる管を排水管と呼び、設置されるバルブは様々であるが主なものは、分水栓・止水栓・ボールタップ・逆止め弁などである。

バルブ便覧:
P640~652



● 石油・化学・電力産業

石油・化学・電力産業には主に「石油採掘・精製」「医薬品・プラスチック・染料・化粧品」「火力・原子力発電」などがあげられる。各産業の有名会社としては下記があげられる。

石油産業:「エクソンモービル Exxon Mobil(米国) ロイヤルダッチシェルSHELL(英蘭) ブリティッシュペトロリアルBP(英)」

化学産業:「三菱ケミカル 住友化学 信越化学工業」

電力産業:国内火力発電「JERA」水力発電「東京電力リニューアブルパワー」原子力発電「東京電力ホールディングス」



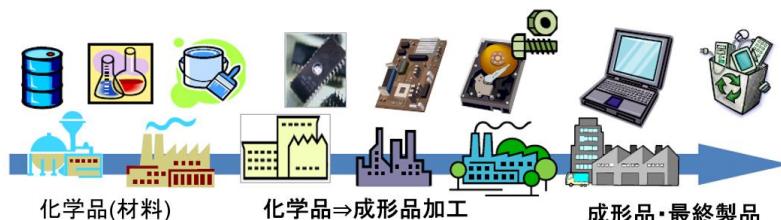
石油プラント図(出典:資源エネルギー庁)

石油産業ではAPI(米国石油学会)規格を基準とし、高温高圧で使用できるバルブが使用される。主に石油輸送には開閉が素早く行える、ボール弁が多く使われる。



火力発電(出典:資源エネルギー庁)

ゲート弁・グローブ弁・チャッキ弁など、高温・高圧で使用されるため、金属シールで止められるバルブが採用されやすい。また、調節弁などの流量調整バルブも使用される。



特殊弁の種類

石油・化学・電力産業では、使用用途・設置箇所によって弁種を使い分ける。

ゲート弁・グローブ弁・チャッキ弁

高温・高圧に耐えられるようジスクシートに高硬度の別金属を盛ることがある。また、バルブと配管を溶接するものや、チャッキ弁では異物対策としてスプリングを内蔵するものもある。

ボール弁

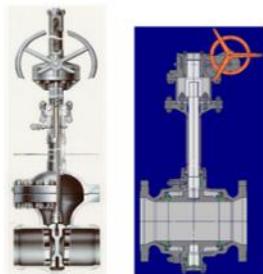
流体抵抗が小さく、開閉操作が90°回転となるため自動化しやすい。基本的には樹脂シートだが、特殊弁ではメタルシートもあり、流路がL字形になっているものや固体物や粘性が高いものでも使用できるようにボールが三日月形状のものもある。

バタフライ弁

他バルブと比べて、大口径で軽量・コンパクト。特殊弁では高温用にメタルシートのものや、ジスクシートが偏心している「偏心形」があり、用途によっては、二重偏心形や三重偏心形が使用されることもある。



バルブ便覧:
P661~680



超低温用 ゲート・ボール弁

低温流体(LNG等)を流す場所ではシール材の適正温度で使用する為にボンネット部を伸ばした形状としている



- その他

その他の特殊弁

水道用(配水本管)

配管口径が大きいため一般に“バタフライ弁”や“ゲート弁”が使用され、最大口径が2mを超えるものもある。また、流体温度が高くないためゴムシートが多く採用される。

高温・高圧用(火力・原発)

材料は銅製(鋳鋼又は鍛鋼)が主体となり低・高合金鋼やステンレス鋼など割れない材料が使用される業界やユーザー独自の要求仕様があり(ファイヤーセーフ、帯電防止、スルーコンジット)
流体がら「高圧ガス」指定(規制)が多い

医薬・食品用

人の口に直接入る食品や肌に直接付ける医薬・化粧品を流体とするため、高度な清浄性、洗浄性、無菌性などが要求される。そのため、材料はステンレス鋼で表面はバフ研磨で光沢仕上げをしているものが多い

半導体用(真空弁)

半導体製造(ガス系)の配管やバルブは、ステンレス鋼棒材からの削り出しで製作されている
高圧の危険(毒性)ガスに用いるため、バルブは“高圧ガス認定品”となり、危険ガスが漏れてはいけないため、高度なシール性能が要求される。ただし、一般に配管の口径は極細い。

バルブ便覧:
P699～747



医薬・食品用



水道用(配水本管)

高温・高圧用(火発・原癬)



半導体用(真空弁)

以上は代表的な主要産業で用いられる主なバルブについての説明となります。詳細についてはバルブ便覧または初級研修等でご確認願います。

バルブの基本知識と一般弁の種類・構造 (バルブ便覧 pp.2-30)

1. はじめに

バルブは JIS B 0100 (バルブ用語)において「流体を通したり、止めたり、制御したりするため、通路を開閉することができる可動機構を持つ機器の総称」として定義されている。

本項ではバルブの基本的な知識、及び種々ある分類のうち、特に使用頻度の高い一般弁の種類、構造について説明する。

2. 呼び径

呼び径とは JIS B 0100 (バルブ用語)において「バルブの大きさを表すための呼び寸法」と定義され、JIS B 2001 「バルブの呼び径及び口径」に規定されている。

呼び径は A 呼称 (ミリメートル基準) 及び B 呼称 (インチ基準) などを用い、A,B 符号を各々の数字後に付けて区分する (例 : 50A, 2B)。

なお、ASME 規格では A 呼称相当として「DN」を、B 呼称相当して「NPS」を使用する (例 : DN 50, NPS 2)。

表 1. A 呼称及び B 呼称の例

A	6	8	10	15	20	25	32	40	50
B	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2

A	65	80	100	125	150	200	250	300	350
B	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14

3. 圧力・温度基準 (P-T レイティング) と呼び圧力

3. 1 圧力・温度基準

圧力・温度基準とは JIS B 0100 (バルブ用語)において「弁箱、蓋などの耐圧部材料によって決まる、温度に対する許容圧力の基準」と定義されている。

一般に材料の強度は温度が上昇するに従って材料特性によって低下していく。よって、バルブを経済的かつ安全に使用するには、それぞれの使用温度における最高許容応力を知る必要がある。

圧力・温度基準はバルブの使用温度と許容圧力との相関関係を材料グループあるいは弁種毎に数値またはグラフにより段階的に表したものである。

圧力・温度基準は複数の規格において規定されている。

- ASME B 16.34 (Valves-Flanged, Threaded and Welding End)
- JEAC 3706 (圧力配管及び弁類規定)
- JPI-7S-65 (フランジ及びバルブの P-T レイティング)
- JIS B 2071 (鋼製弁) etc…

3. 2 呼び圧力

呼び圧力とは JIS B 0100 (バルブ用語) において「バルブの圧力区分を呼称するための表示」と定義されている。

圧力・温度基準で規定されたバルブの圧力区分の表示に使用し、JIS 規格で 10K, 20K 等と表し、ASME 規格をベースとする規格においてはクラス 150, クラス 300 等と表される。

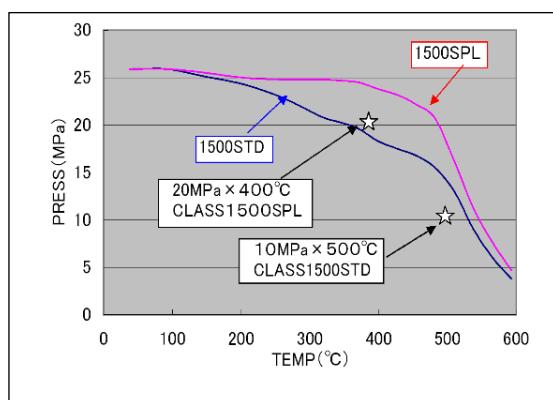


図 6. P-T レイティング例

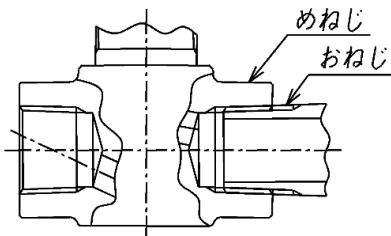
4. 管との接続方式

バルブは管と接続し、配管系を形成し始めて機能する。代表的な接続方式を示す。

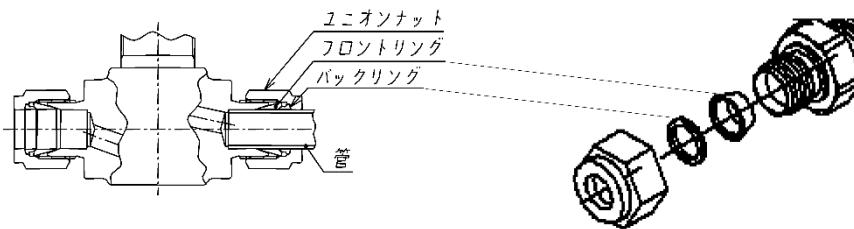
一般的にねじ込み形、くい込み形は低圧弁に多く使用され、差込み溶接形や突合せ溶接形は高温高圧弁に使用される。

フランジ形は低压から高压まで対応可能であり、バルブの接続としては最も広く使用されている。

- ねじ込み形：端部にねじ山をもつ形式

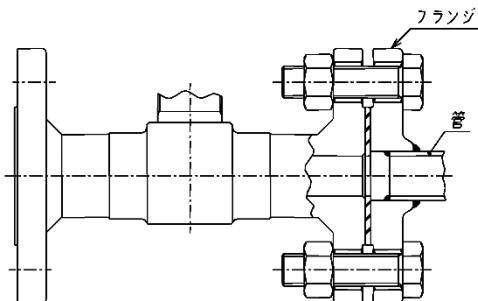


- くい込み形：管継手の位置部品が管に食い込んで抜け止め、シールする形式。

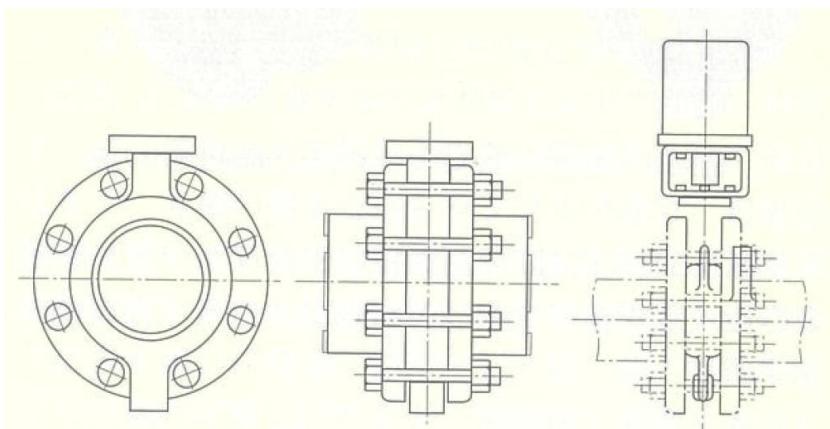


- 法兰形：端部が法兰である形式。

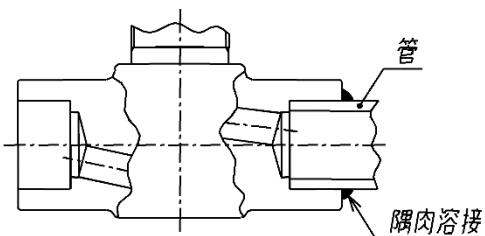
全面座、平面座、はめ込み形、溝形、リングジョイント形があり、JIS 規格、ASME 規格等が多く使用される。



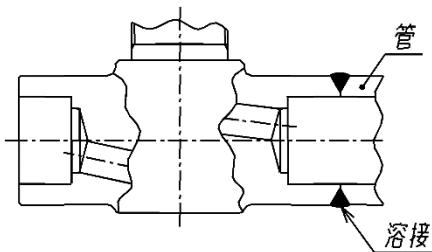
- ウェハ形：管法兰の間に弁箱を通し、ボルトなどによって挟み込む形式。



- 差込み溶接形：端部が差込み（ソケット）溶接で管と接合される形式。



- 突合せ溶接形：端部が突合せ溶接で管と接合される形式。



5. 要部材料（表面硬化肉盛り）

火力発電や化学プラントでの高温高圧蒸気、高圧ガス、超低温の液化ガス等に設置する弁の弁箱付き弁座面及び弁体付き弁座面には気密面の形成を目的に、合金鋼を表面硬化肉盛りとして施工され、要部材料に分類される。

これら表面硬化肉盛りは高温域において弁棒摺動部の表面硬化材としても用いられる。

表面硬化肉盛りの施工により弁は様々な流体、温度範囲に使用可能となる。

一般的な表面硬化肉盛りの使用範囲は下記の通りである。

- 220°C以上の蒸気またはガス
- 約350°C以上の高温流体
- 高速流体、スラリ、スラッジ等エロージョンの大きな流体
- 約-30°C以下の低温または超低温の液化ガス (LPG、LNGなど)

6. バルブの材料

弁箱、弁蓋に使用する材料は流体、温度、接続配管材を考慮し選定する。

なお、鋼材の製法として、鋳型に溶解した金属を流し込んで製作する鋳造と熱した金属を金型で打って製作する鍛造手法もある。

弁箱、弁蓋は一般的に耐圧部材と規定され、弁座面や弁棒、ふたはめ輪等に使用される材料は要部材料（トリム材）と規定される。詳細は適用する規格を参照する必要がある。

6. 1 バルブに使用される金属の例

非鉄金属：プラスチック（硬質塩化ビニル等）

金属：銅合金（青銅、黄銅等）、鋳鉄（ねずみ鋳鉄、ダグタイル鋳鉄等）、鋳鍛鋼（炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼等）

7. シール材

流体の外部漏えい防止としてバルブには主に以下のシール材を用いる。

- パッキン：回転及び往復運動などの摺動部の軸封として用いる運動用シール
- ガスケット：弁箱と弁ふたとの締結部などの静止部分に用いる固定用シール

使用するシール材は圧力、温度、使用流体を考慮し、適切な型式を選定する。

一般的には膨張黒鉛系やPTFE系が用いられる。膨張黒鉛系は耐熱性能に優れ、PTFEは耐薬品性に優れている。

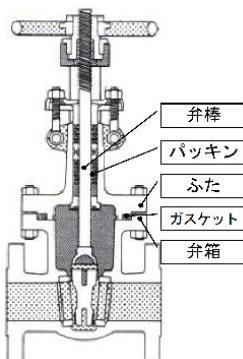


図7. バルブでの使用例

8. 試験・検査

バルブには一般的に以下に示す試験・検査の実施が要求される。

詳細は適用の規格により異なるため、そちらを参照する必要がある。

- 材料検査（主に耐圧部材に適用）
- 外観検査
- 尺寸検査
- 非破壊検査
 - 浸透探傷試験（PT）、超音波探傷試験（UT）、磁粉探傷試験（MT）、放射線透過試験（RT）など
- 圧力検査
 - 弁箱耐圧試験、弁座漏れ試験、逆座漏れ試験、（気密試験）
- その他要求される検査、性能試験
 - 作動検査、低温試験、流量試験、塗装試験等がある。

9. 圧力損失

圧力損失とは、流体がバルブ内部を通過する際に、流路形状の変化や部品との干渉、流速の変化などによって生じるエネルギーの損失により、下流側で圧力が低下する現象を指す。

これは主に摩擦損失および局所損失によって構成され、バルブの構造や開度、流体の性質に大きく影響される。圧力損失は、系全体の流量制御やポンプ動力の設計において重要な設計パラメータの一つとされる。

9. 1 バルブの圧力損失の比較

前項の通り圧力損失はバルブの構造が影響する。バルブは型式、サイズにより固有の弁抵抗係数があり、これにより圧力損失が異なる。

フルボアタイプのボールバルブを通過する流体の圧力損失を 1 とした場合の比較（概念図）は以下の通りとなる。※数字が大きくなるほど圧力損失が大きくなる。

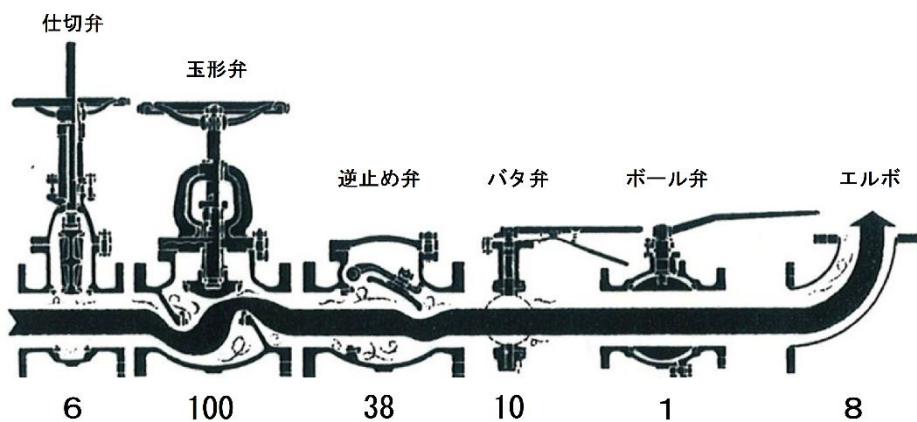


図 8. バルブ圧力損失比較（ボール弁が 1 として基準となっている）

9. 2 フラッシングとキャビテーション

9. 2. 1 フラッシング

流体の流れが弁の縮流部において流速が速くなり静圧が蒸気圧程度まで低下したとき、液体の一部が蒸発して二次側の圧力がその液体の蒸気圧よりも低い場合、液体は縮流部の出口より蒸気化する。この現象をフラッシング現象と呼ぶ。

フラッシングすると水滴を含む蒸気が弁内部で衝突し、エロージョンへ繋がる場合がある。

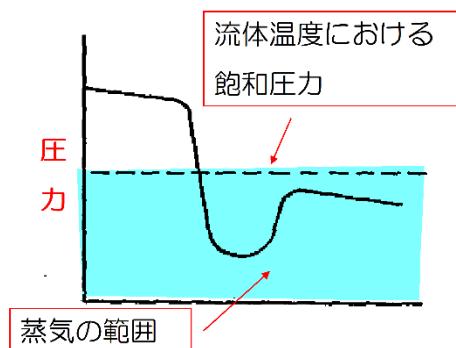


図 9. フラッシングのイメージ図

9. 2. 2 キャビテーション

弁の二次側圧力は流体温度に相当する飽和圧力より高いが、縮流部の降下圧力が飽和圧力を下回った場合、縮流部で液体が蒸気化し、弁出口で再び液体に戻る現象が生じる。

これをキャビテーションと呼ぶ。

キャビテーションの発生有無は以下式で算出されるキャビテーション係数により評価し、発生が懸念される場合は弁側への特別な考慮が必要となる。

キャビテーション係数は種々文献に発表されているが、同じ弁型式で必ずしも同一ではなく、メーカーのノウハウも含まれる。

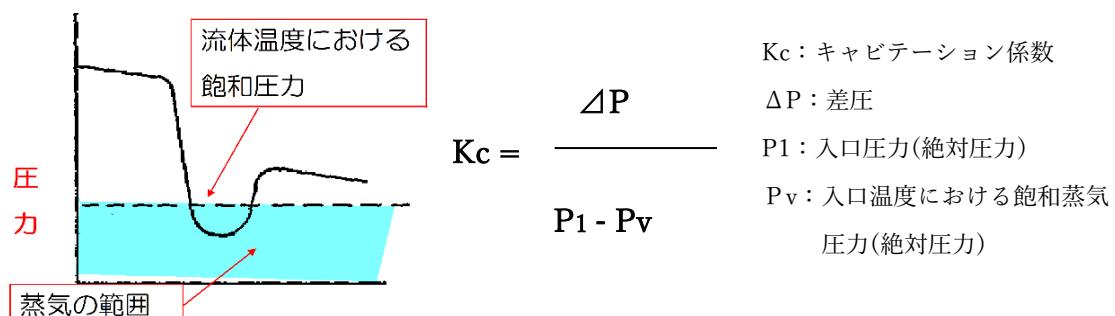


図 10. キャビテーションのイメージ図

10. バルブの流量特性

バルブは型式により異なる流量特性を有する。

型式毎の流量特性を理解することにより、最適なバルブの選定が可能となる。

以下に代表的なバルブの流量特性を示す。

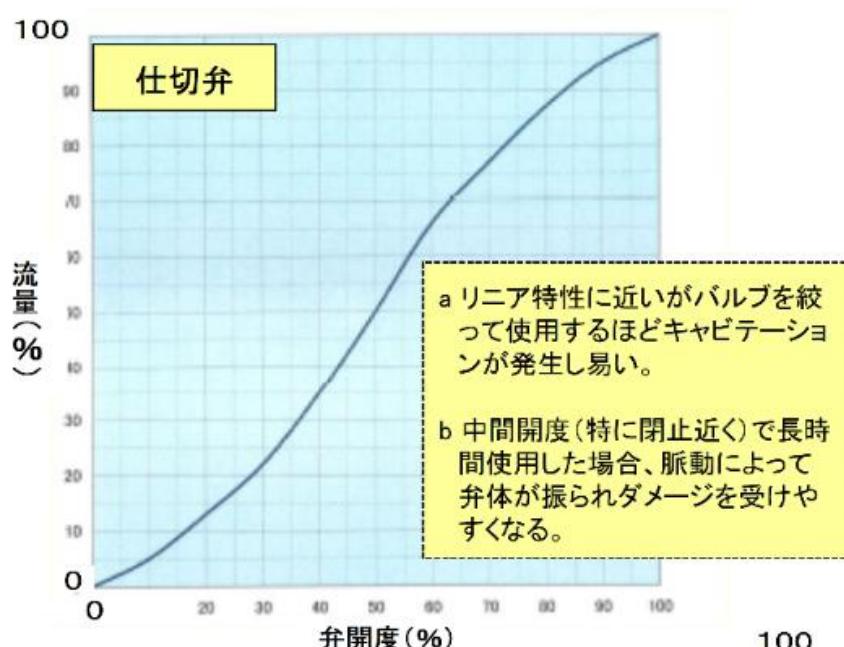


図 11. 仕切弁の流量特性図

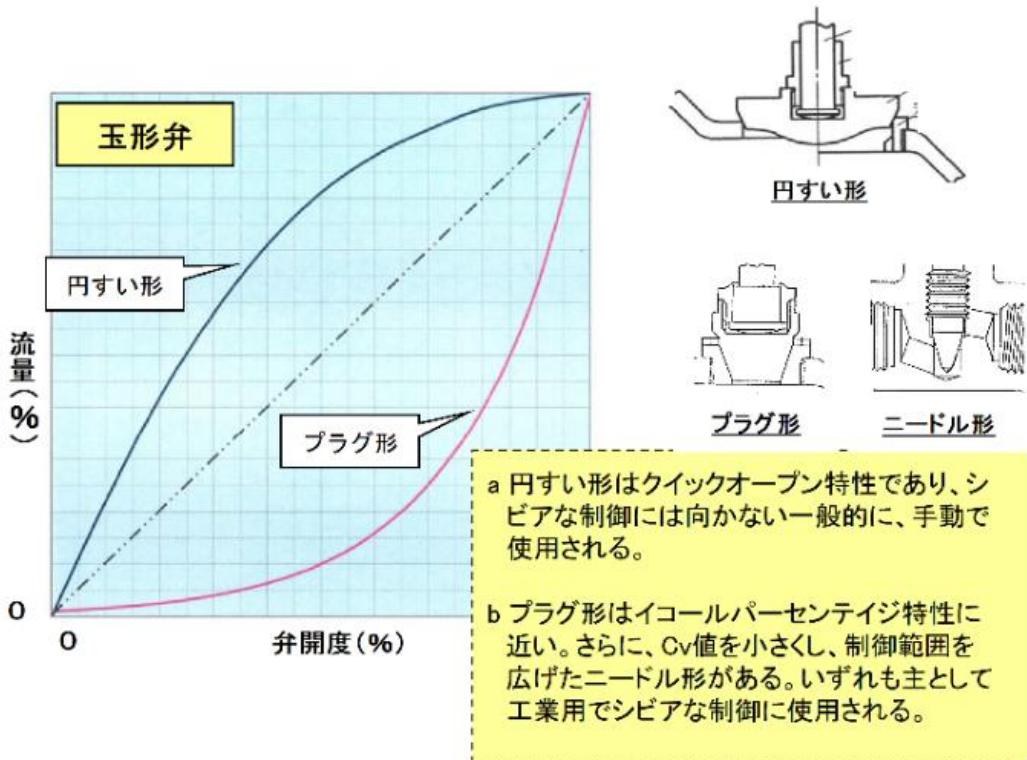


図 12. 玉形弁の流量特性図

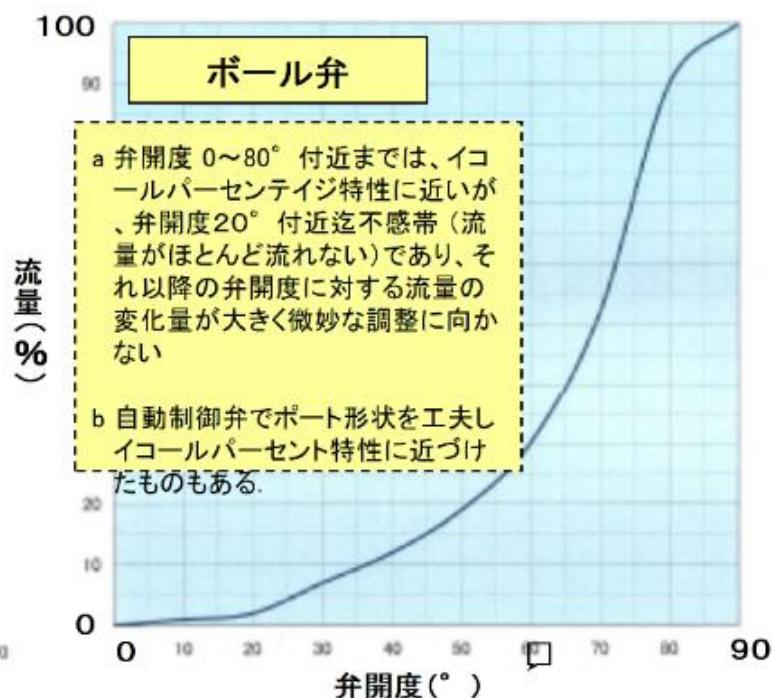


図 13. ボール弁の流量特性図

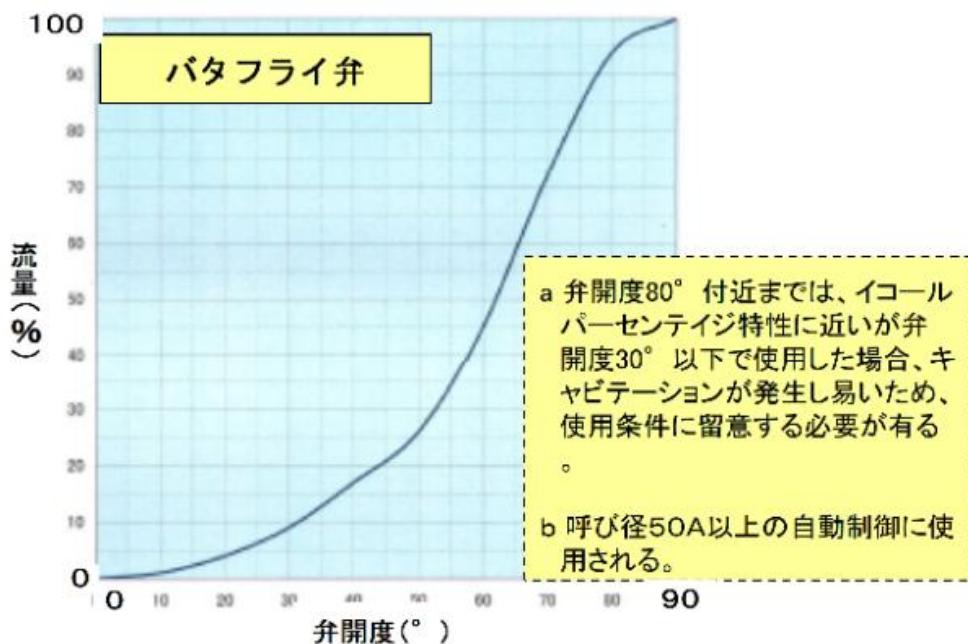


図 14. バタフライ弁の流量特性図

11. バルブの種類

バルブの開閉操作をする際には、後述する玉形弁のように流体に逆らい、もしくは流体の流れを利用して流れを押し付ける方法や、仕切弁のように流体圧力（差圧）を利用しスライドする方式等がある。これらは弁棒の往復運動により動作する。

また、ボール弁やバタフライ弁のように回転運動により弁体を動作させ流体を止める構造がある。

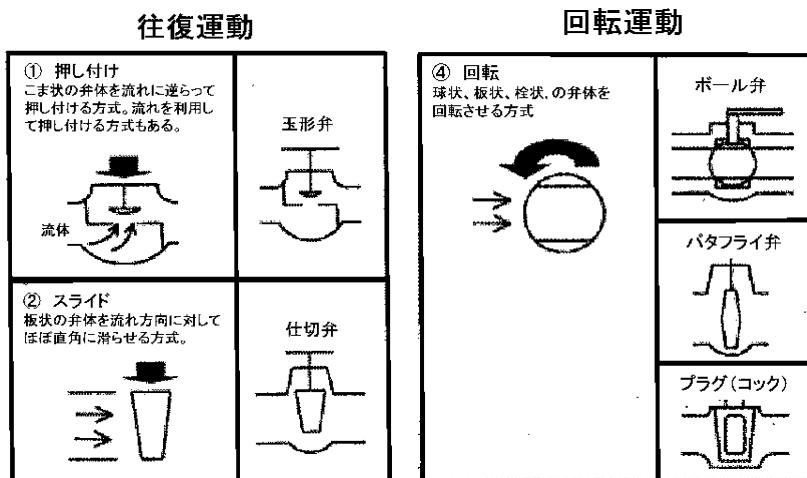


図 15. バルブの開閉操作の種類

11. 1 仕切弁

仕切弁は JIS B 0100 (バルブ用語)において「弁体が流体の流路を垂直に仕切って開閉を行い、流体の流れが一直線上になるバルブの総称」と定義されている。

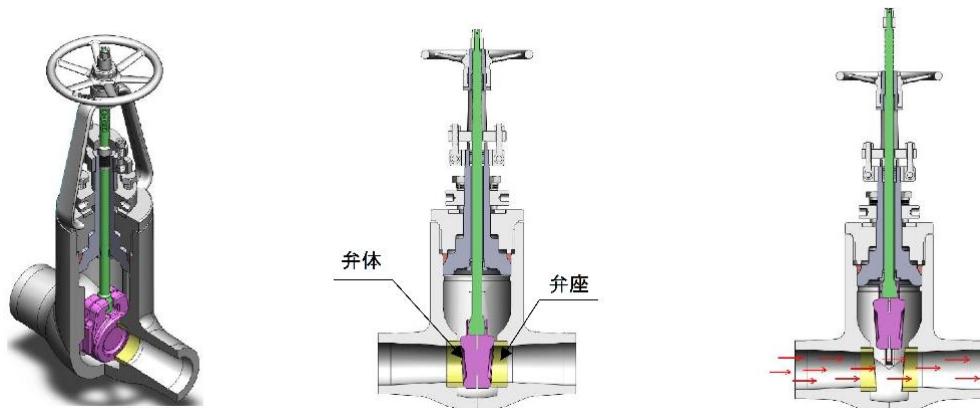


図 16. 仕切弁の構造

● 特徴

仕切弁は流路が配管に対し水平であるため、流体抵抗が小さくなり圧力損失を少なくてすむことができる。

また、流体の圧力を利用し弁体を弁座に押し付けて止める方法が一般的であり、開閉操作に必要な力が玉形弁と比較し小さく、大口径弁への対応も有利である。

仕切弁を中間開度で使用した場合、流体の影響を弁体で直接受けること、及び弁体背面に渦流が生じ流体抵抗が増加して振動を起こすことがあり、弁体等の損傷に起因するため、全開または全閉での使用が必須である。

また、仕切弁の弁体はソリッドディスク、フレキシブルディスク、ダブルディスク等があり、使用条件によって使い分ける。

● 使用箇所

圧力損失が少なく、大口径の対応が可能であることから主蒸気配管、再熱器配管、給水配管等の主要配管の止め弁として設置される。

11. 2 玉形弁

玉形弁は JIS B 0100 (バルブ用語)において「一般に球形の弁箱をもち、入口の中心線と一直線上にあり、流体の流れが S 字状となるバルブ」と定義されている。

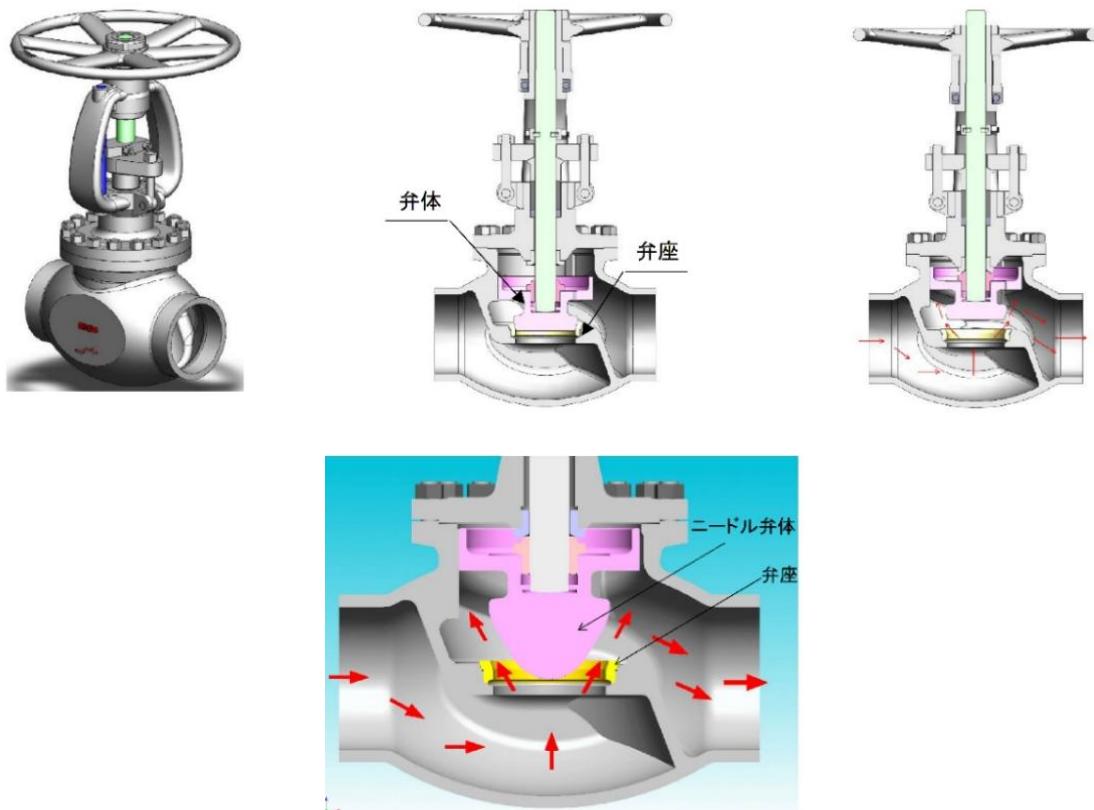


図 17. 玉形弁の構造

● 特徴

玉形弁は弁体を弁座に押付け流体を止める構造であり、流体差圧を利用して止める仕切弁と比較し閉止能力に優れている。

また、中間開度で使用可能であり、弁体を針状（ニードル形状）にすることにより任意の圧力や流量を確保する調整が可能となる。

流体が S 字上に流れることから流体抵抗は大きく、圧力損失は多くなり、弁抵抗係数は仕切弁の 10 倍以上の値となる。

流体の流れに反し操作力で押付けて止める構造であることから、必然的に大きな開閉操作力が必要となり、仕切弁と比較すると大口径弁の製作に不向きである。

● 用途

中間開度での運用が容易であるため、ドレン配管や給水配管等の流量調整や圧力調整が必要な場合に主に使用される。

また、構造上、開閉の際に流体の抵抗を大きく受けやすい。大口径になると開閉の際の操作力が大きくなるため、圧力損失の影響が少ない小口径弁に用いられることが多い。

● 種類

流体が S 字上に流れる玉形弁の他、流れ方向を直角となるアングルタイプ、流路形状を S 字上より滑らかにすることにより流体抵抗を少なくする Y型タイプがある。

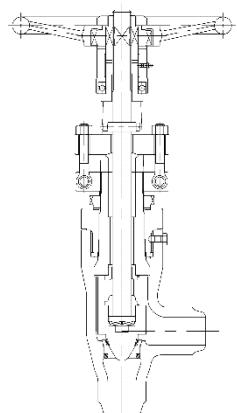


図 18. アングルタイプ

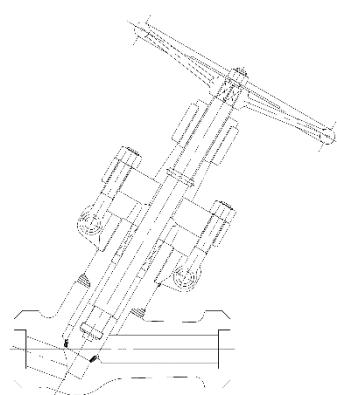


図 19. Y型タイプ

11. 3 逆止め弁

逆止め弁は JIS B 0100（バルブ用語）において「弁体が流体の背圧によって逆流を防止するように作動するバルブの総称」と定義されている。

逆止め弁はリフト型、スイング型に大別される。

また、逆止め弁は慣用語として「逆止弁」と呼ばれる。

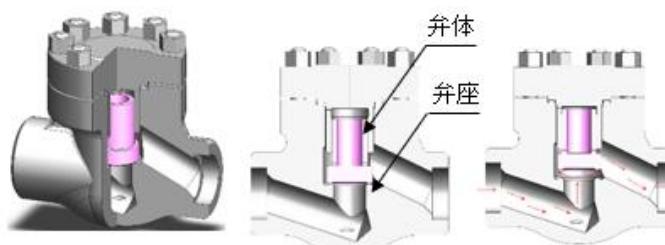


図 20. 逆止め弁の構造（リフト型）

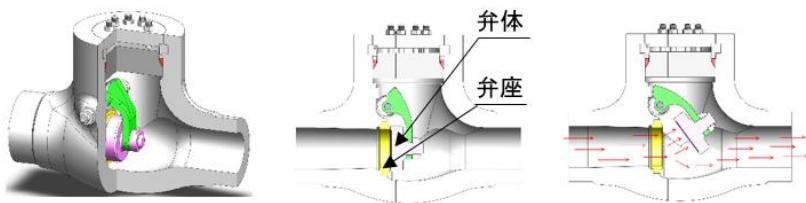


図 21. 逆止め弁の構造（スイング型）

● 特徴

リフト型は流路が玉形弁と同様に S 字状であり、流体抵抗が大きくなり圧力損失も多くなる。

スイング型は仕切弁と同様に流路が配管に対し水平であるため、流体抵抗はリフト型と比較し小さいが、弁開度が小さくなると圧力損失が急激に大きくなるため、一般的に弁開度は $40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ となるように設計される。

● 用途

ウォーターハンマなどのハンマ現象が発生した場合の逆流による機器の損傷防止を目的に、主蒸気配管や再熱器配管、給水配管等の主要配管へ設置される。

11. 4 ダイヤフラム弁

ダイヤフラム弁は JIS B 0100 (バルブ用語)において「ゴムなどの伸縮可とう性のダイヤフラムで流路を開閉する構造をもつバルブ」と定義されている。

● 特徴

操作機 (ハンドルやアクチュエータ) を操作することでダイヤフラムが上下することでバルブの開閉を行う。操作機がダイヤフラムによって流路 (接液部) から完全に遮断される為、気密性に優れ、耐薬品性等に優れる。構成部品も比較的少なく、メンテナス性にも優れる。

ライニングやゴム材質を用いることが多い為、耐熱性能が低いことがある。

● 用途

外部からの気密性に優れ、ダイヤフラムに耐食性の高いゴム材質等や弁箱にライニングを施したりすることもあるため、耐食性が必要なところで用いられることが多い。化学メーカー等で用いられることがある。

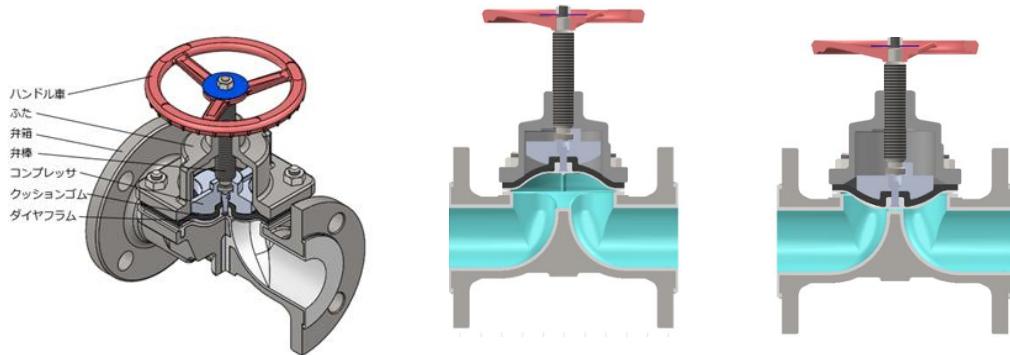


図 22. ダイヤフラム弁構造

11. 5 ボール弁

ボール弁は JIS B 0100(バルブ用語)において「弁箱内で弁棒を軸として球状の弁体が回転するバルブの総称。弁体には、全面球及び半面球がある。」と定義されている。

● 特徴

操作器を操作することでボールが回転して開閉操作を行う。仕切弁や玉形弁と異なり、ボールを 90° 回転させることで開閉操作を行う為、自動化した場合の開閉速度が速い傾向がある。シート材質に樹脂等を用いることもあり、シール性が良い。

ボール弁には主に、ボール（弁体）をボールシート（弁座）で支持し、弁閉止時に流体の圧力をボールで受け、その力でボールを二次側の弁座に押し付けて封止する機構のフローティング構造（下図 24）と、ボールをトラニオン（上下の弁棒）で支持する機構のトラニオン構造（下図 23）の 2 種類がある。フローティング構造は比較的低圧かつ中口径程度まで、トラニオン構造は比較的大口径高圧で使用される。

● 用途

仕切弁と同様に全開・全閉で用いられる場合に使用される。弁体を 90° 回転させることで開閉が可能なため、比較的操作頻度が高い場所に用いられる。シール性が必要な場合にも使用されやすい。加えて自動化もしやすいために自動弁としても用いられることが多い。

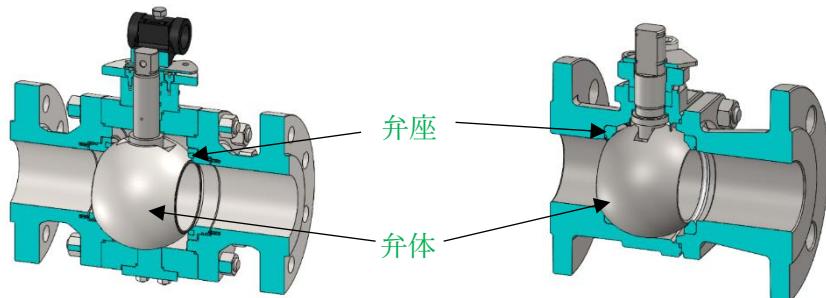


図 23. トラニオン構造

図 24. フローティング構造

11. 6 バタフライ弁

バタフライ弁は JIS B 0100 (バルブ用語)において「弁箱内で弁棒を軸として円板状の弁体が回転するバルブの総称。」と定義されている。

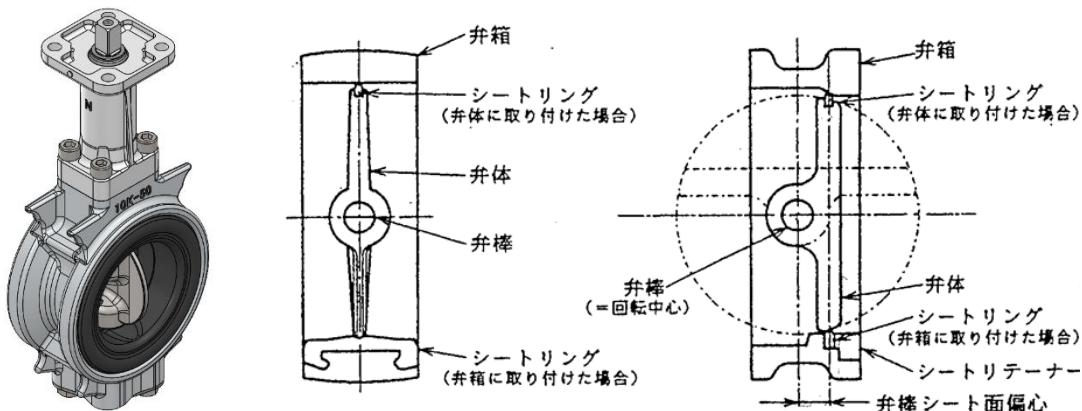


図 25. バタフライ弁の構造

● 特徴

操作器を操作することで弁体が回転して開閉操作を行う。ボール弁と同様に、弁体を90°回転させることで開閉操作を行う。構造によってグローブ弁と同様に流量調整に適しているものもある。接続方式がウェハ形のものが多く、面間が短い。

● 用途

比較的に圧力の低いところで用いられ、小口径から大口径まで製作できる。ウェハ接続の場合、バルブを開けるときに弁体が弁箱からはみ出すため、取付け方法・位置には注意が必要である。構造がシンプルであり重量が軽いため大口径でも用いられる。ウェハ接続形は漏れのリスクがあるため比較的低圧で使用されることが多い。法兰接続形は高圧でも使用される。

11. 7 ストレーナ

ストレーナはバルブとは異なり、JIS 規格においてもバルブとしては定義されていない。ストレーナは液体や気体等の流体内に含まれる固形物を除去する為に用いられ、ろ過機のような役割を果たしている。エアコン等のフィルタ等も同じような役割を果たし、身近なものにも多く使用されている。

ここで紹介するストレーナは工業用で配管や機器等に接続して使用するストレーナの説明を行う。

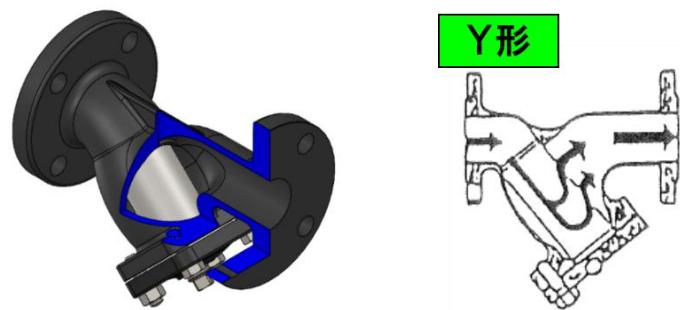


図 26. ストレーナ

● 特徴と用途

内部に搭載された、メッシュ（網）や多孔板等に流体を通することで配管や機器の内部に含まれている不純物を取り除く為に用いられる。メッシュの網目や多孔板の穴の大きさにより、取り除ける不純物の大きさが異なる。細かくしすぎると流れにくくなり、直ぐに目詰まりしたり、メッシュ（網）や多孔板の破損にも繋がる為、必要以上にメッシュの網目や多孔板の穴の大きさを小さくする必要はない。

流れ方向や取付姿勢について制限が設けられていることが多いため、使用する場合には注意が必要である。

12. バルブの種類と基本特性

表 2. バルブの種類と基本特性

		1	2	3	4	5	6	7	8
運動		シール性	流量調整	流れ易さ	高圧流体	高温流体	粘性流体	スラリー	大口径
往復	玉形弁	◎	◎	△	◎	◎	△	—	△
	仕切弁	◎	△	◎	◎	◎	△	△	◎
	ダイヤフラム弁	○	△	○	—	—	○	○	—
回転	ボール弁	◎	△	◎	○	△	○	△	○
	バタフライ弁	◎	○	○	△	△	△	△	◎
	プラグ弁	○	○	○	○	○	△	△	○
—	逆止め弁	—	—	○	◎	◎	△	△	◎
—	ストレーナ	—	—	—	○	○	△	—	○

◎：優れている、○：一般に適用する、△：条件により適用する、—：適用しない

13. 用語集（バルブの基本知識と一般弁の種類・構造）

1	DN	公称直径：Diameter Nominal の略称。
2	NPS	公称パイプサイズ：Nominal Pipe Size の略称。
3	ASME	アメリカ機械学会：The American Society of Mechanical Engineers の略称。
4	JEAC	電気技術規程：Japan Electric Association Code の略称。
5	JPI	日本石油学会規格：Japan Petroleum Institute の略称。
6	シール	バルブ内部の流体が漏れない様に封止をすること。
7	スラリ	液体中に固体の微粒子が均一に分散した状態の混合物。
8	スラッジ	液体の中に浮遊・沈殿する泥状の固形物の総称。
9	エロージョン	液体や気体、固体粒子などによる機械的な力で材料の表面が繰り返し侵食され、削り取られて減肉する現象。
10	PTFE	ポリテトラフルオロエチレン：Poly Tetra Fluoro Ethylene の略称。一般的に耐食性に優れるが樹脂材質の為、高温で使用する際には注意が必要。
11	ハンマ現象	配管内を流れる流体が急激に変化した際に、強い圧力の衝撃波が発生し、「ドン」という大きな音を立てる現象。
12	ダイヤフラム	膜状の部品の一種。弾力性に富む材質が選ばれことが多い。
13	ライニング	物体の表面や内部に、耐食性、耐摩耗性、耐熱性などの機能を持たせるために、塗装より比較的厚い膜で覆う表面処理。

バルブの関連法規・規格（バルブ便覧 pp.22-25）

1. はじめに

バルブに関する法規・規格は多岐に渡って存在し、使用される場面によって適用される法規・規格は異なる。

本章では、法規と規格の簡単な説明とバルブに関する内容の説明を行う。各法規・規格の詳細については国または省庁、関連規格団体等が発行している刊行物または、バルブ初級研修、バルブ便覧をご参照願います。

2. 法規・規格とは

2. 1 法規

国や国同士等で決められた取り決めで、秩序の安定や災害などを事前に防ぐことを目的としていることが多く、遵守義務が発生する。法規で細部まで規定しているものもあるが、どちらかと言うと大局的な部分を規定しているものが多く、詳細な指示については各規格や解釈例等を引用する場合がある。

※法規例 道路交通法、製造物責任法（PL法）、大気清浄法（米国）等々

2. 2 規格

製品や部品等を選択する際の基準／指標となったり、ある一定の基準を設けて、汎用性や部品の互換性を持たせていたりする場合にも引用される。全てメーカ標準となると互換性や汎用性が失われ、使用者にとって不利益になることもある。

※規格例 ネジ規格（M16,M20：メートルネジ等）、JIS 規格等

法規には順守義務が発生し、遵守しない場合には罰則や法的制限を受けることがある一方、規格自体には遵守義務は無いが、使用者の意向等で規格に適合したものとの要求を受けたりすることがある。使用環境や使用方法を考慮して、どの法規に該当するか、どの規格を採用するのが最適であるかを検討する必要がある。

3. バルブに関する法規・規格

バルブは様々な用途で用いられる。前述したように使用される場面で関連する法規や規格が異なる為、製品や各部品においてどのような法規・規格が要求されるか理解した上で選定をする必要がある。

3. 1 バルブに関する法規の例

下表はバルブに関する法規の一例である。この他にも電気事業法、ガス事業法、船舶安全法やメーカーとして順守が必要な製造物責任法（PL法）、独占禁止法等がある。

表 3. バルブに関する法規の例

法令名	規制項目および認証	概略内容
高压ガス保安法	高压ガス製造設備、 検査設備の事業所認定 材料別の温度／圧力の制限	高压ガス設備や付帯配管等に接続するバルブに適用され、 バルブの耐圧性能、気密性能、肉厚等の制限がある。 経済産業省大臣が認定する事業所で 認定範囲で設計・製造・品質管理を行う方式と、 大臣認定と個別で設備検査を受ける方式の二つがある。
消防法	材料の制限、 性能認証（検定・認定）	開閉弁、止水弁及び逆止め弁では JIS B 2011、 B 2031 若しくは B 2051 に適合するもの 又はこれらと同等以上の性能の要求がある。 炭素鋼鑄鋼品、ねずみ鑄鉄、球状黒鉛鑄鉄、黒心可鍛鉄、 若しくは銅及び銅合金鑄物、銅合金連続铸造物などで 基本的には JIS マーク品を使用する。
水道法	水質基準（浸出試験等）	水道設備を適切に設計・施行及び維持管理する為にあり、 水質基準が設けられている。 バルブには水質基準を満足する材質や構造を要求される。 個別に都道府県や市町村の条例等でも規制される場合がある。
産業標準化法 (旧工業標準化法)	JIS 表示認証等	互換性、生産効率の向上、品質の確保、安全の確保、 企業の競争力の強化、貿易の促進などのそれぞれの観点から、 技術文書として国レベルの「規格」を制定し、 全国的に「統一」又は「単純化」したもの。 バルブや配管材についても 圧力クラスや検査内容等幅広い規定がある。
労働安全衛生法	第二種圧力容器、ボイラ、 防爆基準等	化学設備等で使用するバルブの接合部からの漏れや誤操作防止、 条件に応じた耐久性のある材料の使用や、 安全弁の設置等を規定している。

適用される法規については基本的には使用者から指定されるが、バルブに限らず、製造者や輸出する際に考慮が必要な法規についてはメーカー側で遵守が必要となる。

3. 2 バルブに関連する規格例

規格には個別の部材に対する局所的な規定を行うものから、国際規格、国家規格、団体規格等のように包括的に規定する規格がある。本項では規格の種類の例、関連性、バルブに適用される規格例を説明する。使用される国や地域、プラントや設備等の実際に使われる環境を考慮して、制定された規格と規格の代表例として以下がある。

<代表例>

- ・国際規格
- ・国家規格
- ・団体規格
- ・ユーザ、メーカ規格（社内規格）

例えば、国際規格では ISO、IEC 等、国家規格では JIS、団体規格としては JV（日本バルブ工業会の制定規格）等が代表例として挙げられる。これらの規格は特定の部品や一部の材料等限定で言及した規格とは異なり、製品全体や関連するものに対しての規定なども含まれており、包括的に制定されている。一方で製品／部品の標準化や国際、国家、団体規格等の要求事項を満足させる為には個別の部品や材料等に対しての指示も必要であり、個別の製品や部品、材料や検査等を規定した規格も存在する。

<製品を構成する為に必要な規格の例>

- | | |
|-------|-------|
| ・製品規格 | ・材料規格 |
| ・検査規格 | ・要素規格 |
| | 等々 |

※製品規格・・・JIS B 2011 青銅弁、IEC 60534 調節弁等があり、仕様（レーティング、サイズ等も含む）や性能について規定されており、準拠品として販売する為には各規格で要求される仕様・性能を満足する必要がある。

※要素規格・・・製品規格とは異なり、各構造部品等の規格またはその集合体として用いられる。製品としてバルブを構成する為には様々な構成部品が存在し、代表例として接続仕様（フランジ仕様等）、締結仕様（ボルト仕様）等があり、これらが要素規格に該当する。

包括的な規格と個別指定を行う規格との関係性は下図のようになる。

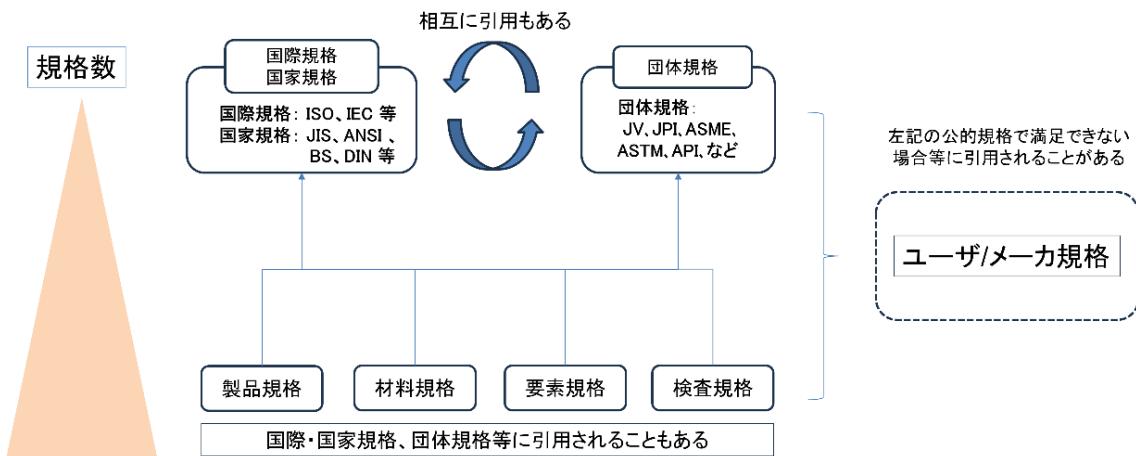


図 27. 包括的な規格と個別指定を行う規格との関係性

規格は異なるが引用元が同じであったり、同じ規格の中で引用し合ったりすることもある。規格で規定されていない、あるいは要求事項を満足できない場合にはユーザ／メーカー等で独自に基準を設けて、法規や規格とは別に基準として設けることがある。

一方でバルブの弁種毎、各部材、材料、検査等の個別に指定する規格も存在し、バルブに関連する規格について、模式図としたものは下図となる。

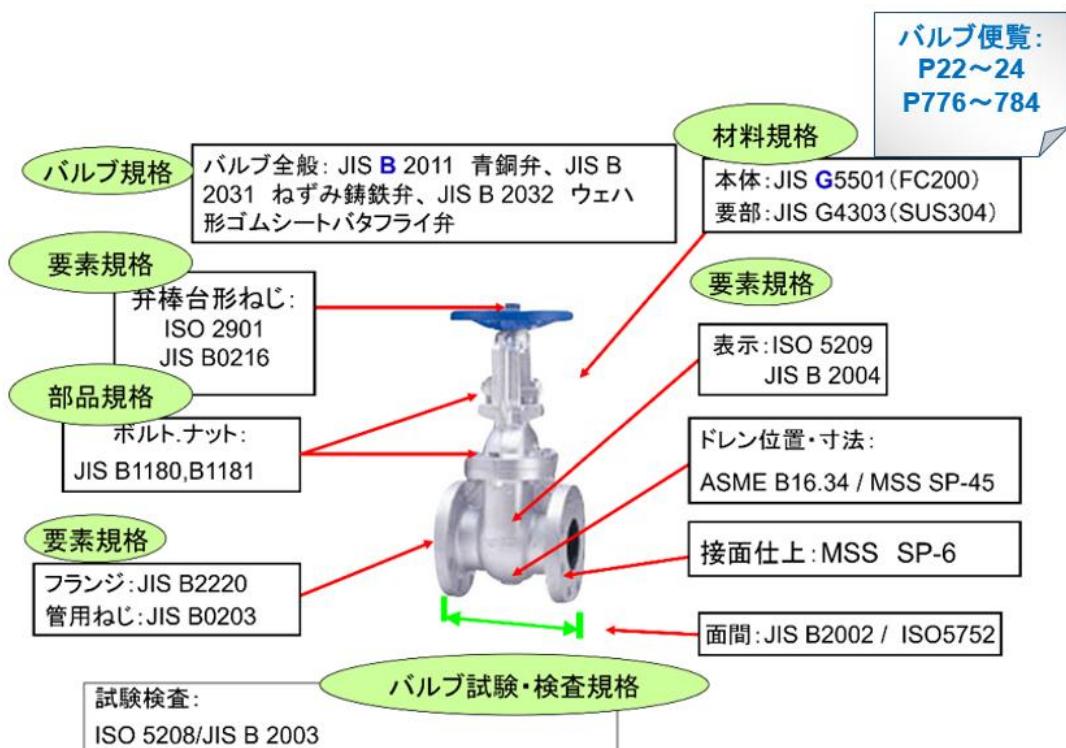


図 28. バルブに関する規格例

その他にも、電気・電子制御を行う調節弁に対する規格や使用箇所、使用材質により、規定がある存在することもある為、下表にて代表例を記載する。

表 4. 電気・電子制御を行う調節弁に対する規格

規格名称	概要
SIL (IEC 規格)	SIL (=Safety Integrity Level 安全性の目標としての安全度水準) 電気・電子やコントロールを伴う調節弁などが規定されている。 国際規格では IEC 61508、 JIS 規格では JIS C 0508 に規定されている。
NACE 規格	NACE International (formerly known as National Association of Corrosion Engineers) の略称。 石油や燃料ガスなどの材料に関する要求規定。 掘削・輸送（パイプライン）・精製工程におけるサワーガス（硫化水素 H2S）環境での感受性対応。炭素鋼やステンレス鋼材料に対する硬度規定を設けている。
ヒュージティブ (ローエミッション規定) (API 624、ISO など)	石油ガスの代表的な流体であるメタンガスは二酸化炭素の 18 倍の温室効果ガスとされており、粒子系の小ささからパッキンから漏れやすく、API 624, 641 規格ではバルブのパッキンなどから外部漏洩を防ぐことが義務付けられている。 そのための技術基準、検査・評価方法などが記載されている。

上記は参考例となるが、各部品や構造等に対しても様々な規格が存在する。規格によって要求事項が異なる場合もある為、どの規格を選択するか等は製品の開発時に市場やニーズに合わせて最適な選択をしていく必要がある。

4. 用語集（バルブの関連法規・規格）

1	レーティング	規格などに定められた、バルブが使用可能な温度や圧力の範囲を示す値。
2	JIS	日本産業規格の略称。日本の製品やサービスの品質・性能・安全性などを統一・確保するために制定された国家規格。
3	ISO	国際標準化機構の略称。製品やサービスの品質・安全性・互換性などを世界的に統一し、同じ品質レベルのものを国際的に提供できるようにするための国際規格。
4	IEC	国際電気標準会議の略称。電気・電子機器やシステムの安全性、性能、互換性などを確保するために制定された国際規格。

自動弁について (バルブ便覧 pp.87-345)

1. はじめに

本章では自動弁についての説明を行う。

自動弁の代表例として調節弁・調整弁・電磁弁・電動弁についても説明を行う。

2. 自動弁とは

自動弁はバルブの操作を外部エネルギー又は配管内を流れる流体(内部エネルギー)から受け可動・制御するバルブの総称であり、調節弁と調整弁に分けられる。調節弁の中には制御方式や駆動源等で更に細分化され、調整弁は圧力調整弁、流量調整弁等に分類される。※下図は自動弁のイメージ図

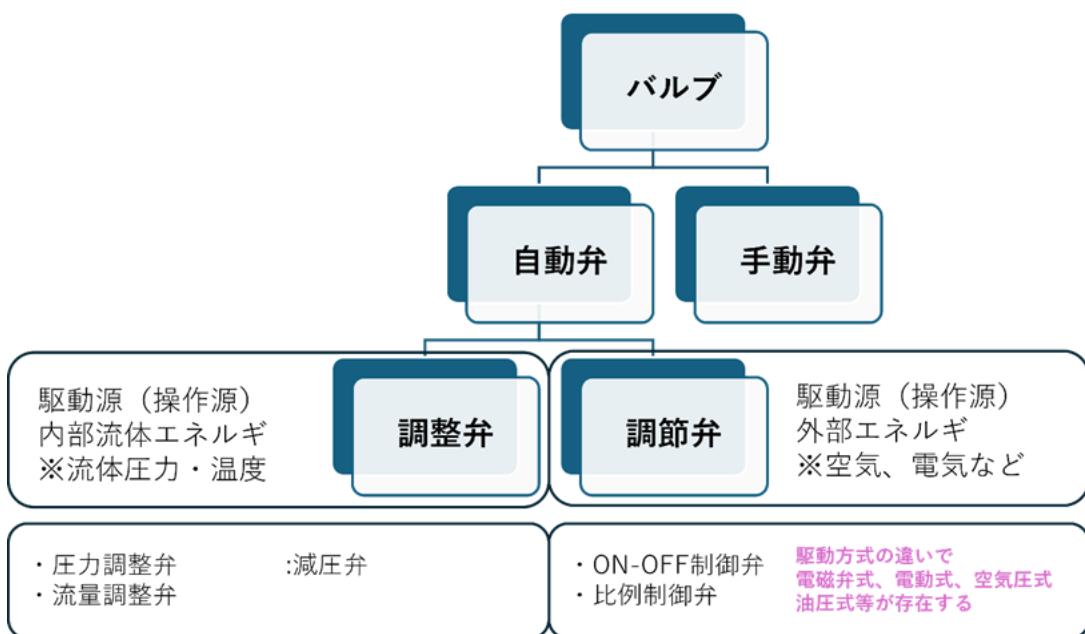


図 29. 自動弁のイメージ図

自動弁は以下のような要望がある場合に用いられることが多い。

- ・省力化・省人化したい
 - ・自動、遠隔操作したい
 - ・人がアクセスしづらいまたはできない場所でも、バルブの操作がしたい 等々
- 一方で調節弁として使用するためには、動力源だけでなく駆動部や補助機器等も必要になることがあり、費用やスペースの面でも手動弁よりも多く必要となる傾向がある。
- 調整弁の方が影響度合いは低いが手動弁と比較すると高価であることが多い。

上記を考慮して、自動弁を採用する箇所、手動弁として採用する箇所を決めて、自動弁を選定することが好ましい。

3. 調節弁

調節弁は JIS B 0100（バルブ用語）において自動弁に分類されており、自動弁には外部から指令信号と動力源を得ている他力式調節弁や、制御流体圧などを動力源とする自力式調整弁などが含まれる。調節弁は調整弁に比べより高度で精密な調節ができることが利点である。

本稿では他力式調節弁の概要、及び選定に関わる基礎的な内容について説明する。調節弁に係る詳細な情報、例えば適用される規格について確認したい場合は IEC 60534 (JIS B 2005 「工業プロセス用調節弁」) 等を参考すると良い。

3. 1 概要

3. 1. 1 調節弁を使用する目的

調節弁はプロセス制御における操作端であり、プロセス配管内の流量調整機構として機能する。調節弁は様々なプラントで製造される商品の製造プロセスに必要な圧力・温度・流量・液位を適切な状態に調節することが最大の目的である。

3. 1. 2 調節弁の構造

例として、図 30 に空気式操作器及びポジショナを搭載した調節弁を示す。調節弁は本体部、駆動部に加え、ポジショナ（開度調節器）を組付けて使用するのが一般的である。ポジショナはコントローラ（分散制御システム等）から出力された調節弁の弁開度の目標値と実際の弁開度との偏差がゼロになるように調節弁を調節するために搭載される。空気式の場合は、駆動源となる空気圧をレギュレータ等で減圧して圧力の変動を抑えたものをポジショナに供給しており、ポジショナはコントローラからの信号に応じて駆動部へ出力する空気圧を調整している。参考として、電空ポジショナを使用した場合の調節弁の制御ブロック線図を図 31 に示す。

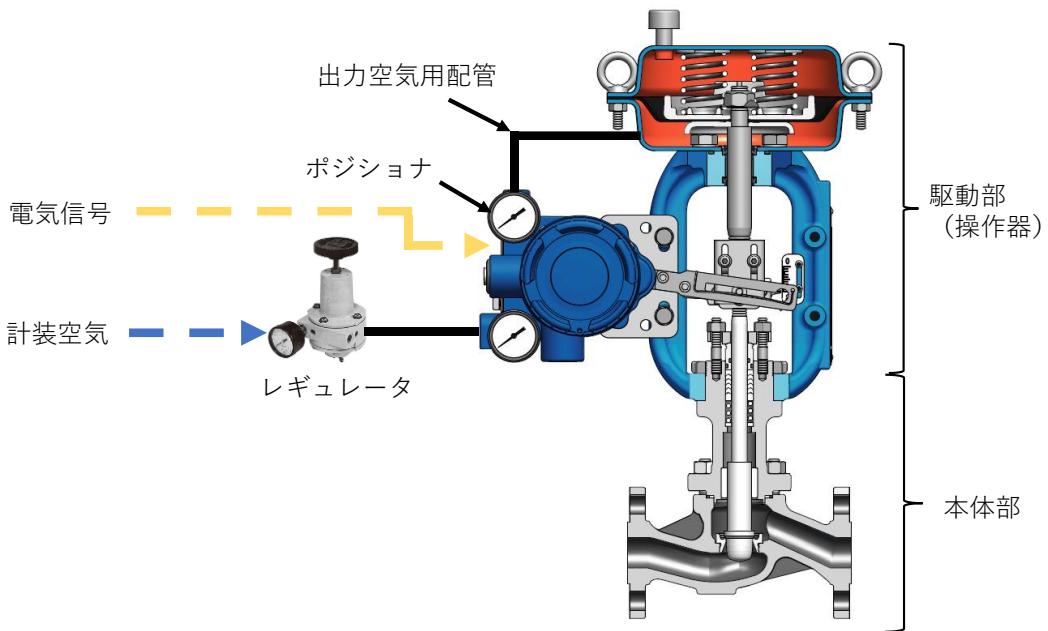


図 30. 空気式調節弁の構造

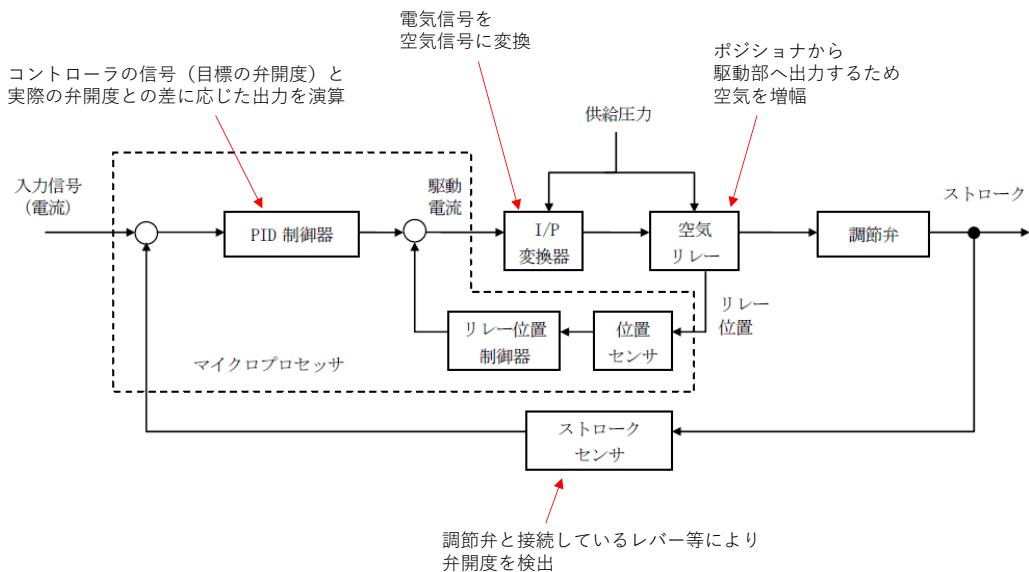


図 31. 調節弁の制御ブロック線図（電空ポジショナ + 空気式調節弁）

3. 2 調節弁の種類

調節弁の種類はグローブ弁・アングル弁・三方弁・回転弁など様々だが、ここでは主に調節弁として広く用いられるグローブ弁形式について紹介する。

3. 2. 1 単座形調節弁（図30、図32左）

調節弁としては最も多く採用される構造の調節弁である。主にバルブ内部の流れを調節したり、止めたりするプラグとシートリングが1組の調節弁を指し、全閉時の弁座漏れ量が少ないことが利点である。また、他の調節弁と比較して安価でメンテナンス性も良いが、バルブ前後の差圧がプラグに直接働くため、バルブ前後の差圧が大きい場合は比較的大型の駆動部が必要となる。

3. 2. 2 複座形調節弁（図32中央）

バルブシートが二つある調節弁であり、単座弁と比較して出力の小さい駆動部を選定することができるが、プラグに働く流体力のバランスが不安定のため、常用の差圧には注意を要する。また、バルブシートが二つあるため、両方のバルブシートを同時に密着させることができ理想だが、実際にはシート面とプラグとの間に隙間が生じる。そのため、単座形と比較して弁座漏れ量が大きい。

3. 2. 3 ケージ形調節弁（図32右、図33）

流体による力を緩和するためのバランスポートがプラグに設けられており、動的安定性・耐キャビテーション・低騒音化に優位性を持ち、駆動部を小型化することができ、高差圧対応に比較的向いた構造である。ただし粘性の高い流体やスラリを含む流体の場合には詰まりが生じるリスクがあるため適さない。その他の特徴として主に高差圧プロセスにおけるキャビテーションの抑制や低騒音化を目的とした、内部流路形状に工夫を施したケージ弁が調節弁メーカーではラインナップされている例もある（図34）。

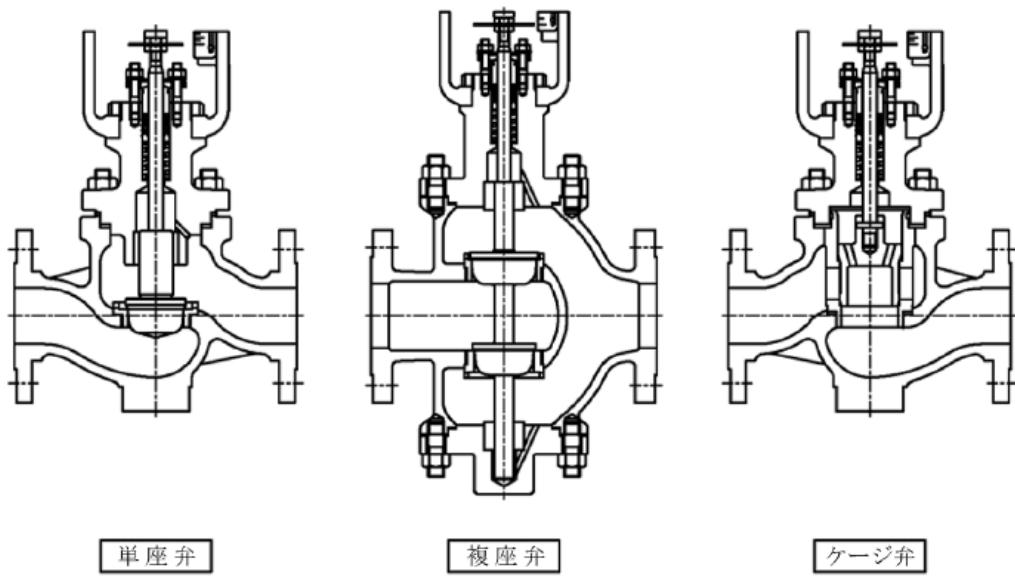


図32. 調節弁の種類

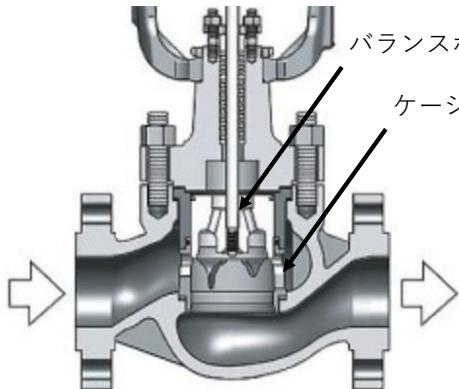


図 33. ケージ弁詳細



図 34. 低騒音化トリム

3. 3 調節弁の選定

調節弁の選定時に考慮すべき項目について図 35 に示す。図は選定の大枠を示したものであり、必ずしもこの限りではない。必要に応じて IEC 60534-7 (JIS B 2005-7 工業プロセス用調節弁－第 7 部：調節弁データシート) で規定されているデータシート等を参考にすること。本章では図 35 の内、太字で示している項目について簡単に説明する。

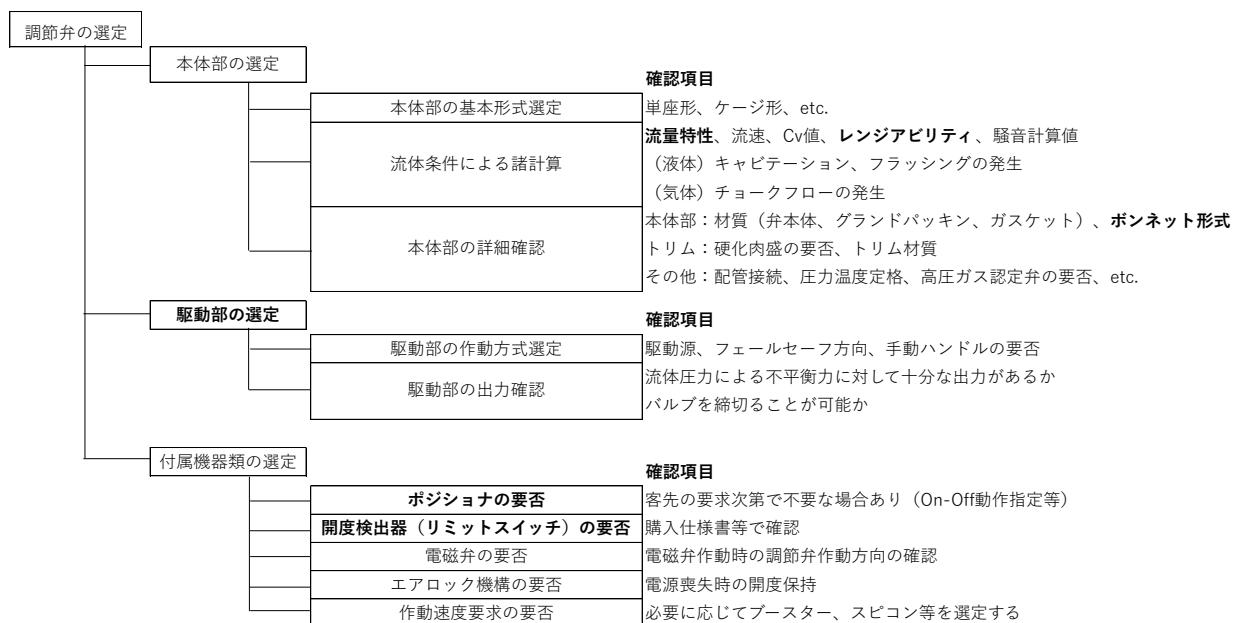


図 35. 調節弁の選定項目

3. 3. 1 流量特性

調節弁の流量特性は主に調節弁の絞り部によって決まり、代表的なものとしてリニア、イコールパーセンティジ、クイックオープンの 3 つの特性がある。それぞれ以下の場合に適用するケースが多い。

- リニア特性：バルブ前後の差圧がほぼ一定なとき、又は差圧が大きいとき
- イコールパーセンテイジ特性：配管系の摩擦損失が大きいとき、又は弁開度に応じてバルブ前後の差圧が大きく変わるととき
- クイックオープン特性：主に On-Off 弁として調節弁を使用したいとき

単座形および複座形調節弁の場合はプラグの先端形状、ケージ弁ではケージ窓部の形状を変化させることにより、任意の流量特性を得ることができる。

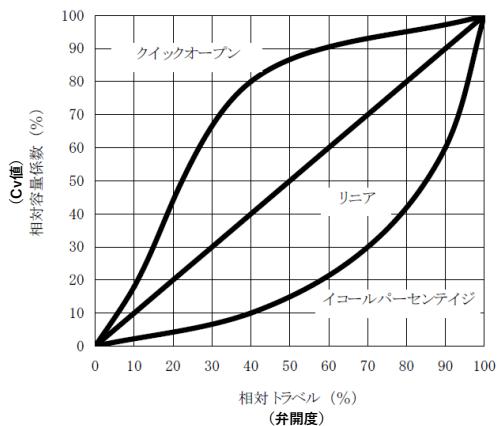


図36. 流量特性

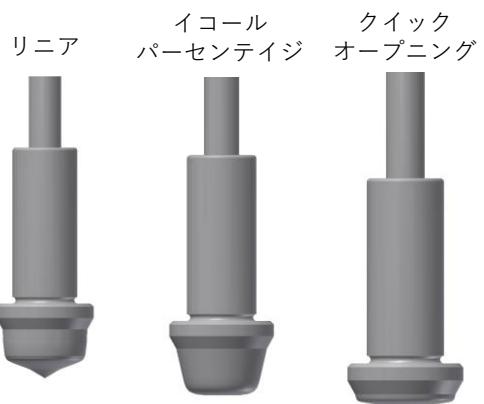


図37. 単座形プラグの形状

3. 3. 2 レンジアビリティ

レンジアビリティは、プロセスの負荷変動などによりバルブ前後にかかる差圧が変化する場合に、差圧が最小となる状況下で調節弁が流せる最大流量と、差圧が最大となる状況下で制御が可能な最小流量の比で表す。つまり調節弁によって制御可能な流量の範囲を表すものであり、調節弁を選定する際の重要な項目の1つである。一般的な調節弁メーカーでは差圧が一定の環境下におけるレンジアビリティ（固有レンジアビリティ）を提示しており、バルブ形式にもよるが、おおよそ 20:1～50:1 程度である。

3. 3. 3 駆動部

駆動部は調節弁のプラグを駆動させるための力を発生し、かつ必要な位置決めをする部分である。駆動部の分類としては、主に運動方向（直動 or 回転）や操作源（空気 or 電気）によって分かれ、空気式ではスプリングを用いた単動式、シリンドラ構造の複動式に大別される。

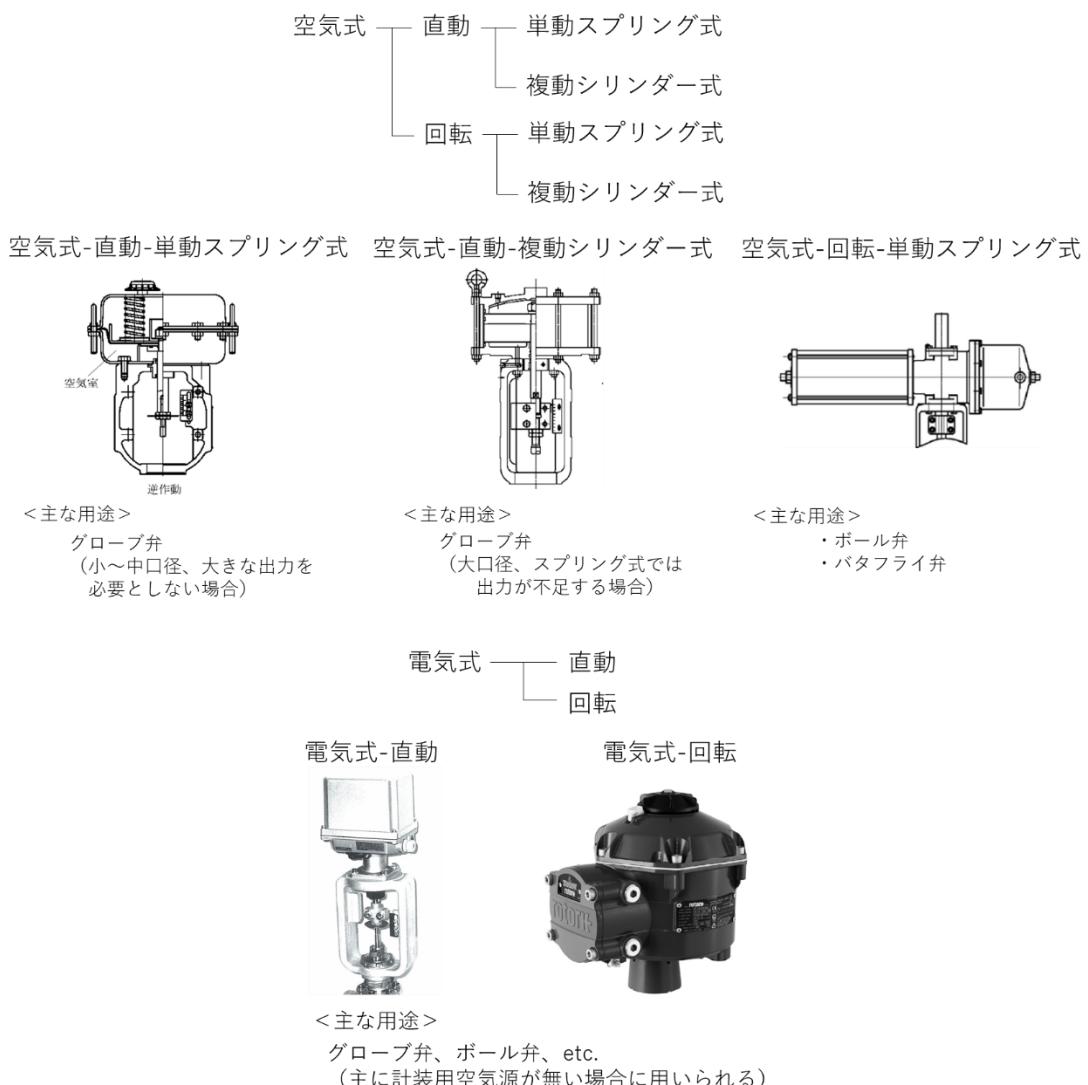


図 38. 駆動部の種類

空気式操作器では、各空気室内に入る空気圧により生じる力と、スプリング等の反力のバランスが釣り合うことで位置が決まる。駆動部として特に重要な機能については以下の通りである。

- 駆動部の可動範囲：調節弁のフルストローク以上の可動範囲を満足すること
- 緊急時の動作：動力源が喪失したときに、調節弁を全閉もしくは全開に作動させる（確実にプラントが安全な状態となる側へ動作させるため）
(ロックアップバルブを用いることで、緊急時の一時的な開度保持も可能)
- 出力：バルブ内部を流れる流体からプラグにかかる力と操作機の出力を比較し、操作機の出力が高くなるものを選定すること（十分に余裕を持つこと）

3. 3. 4 ボンネット形式

ボンネット（上蓋）は本体部を構成する部品の一部であり、主に弁本体と駆動部とを繋ぐ役割を持っている。流体に直接触れる部品のため、流体が上部の部品（駆動部やポジショナ、グランドパッキン等）に及ぼす影響を低減させる目的で、流体が高温、又は低温の場合はボンネットを長くしたり、放熱フィンを付けたりすることがある。また、毒性や発火性の高い流体が流れる調節弁では、グランド部からの外部漏れを防ぐためにトリム部にベローズを組み込むことがあります、それに応じてボンネットを延長する。

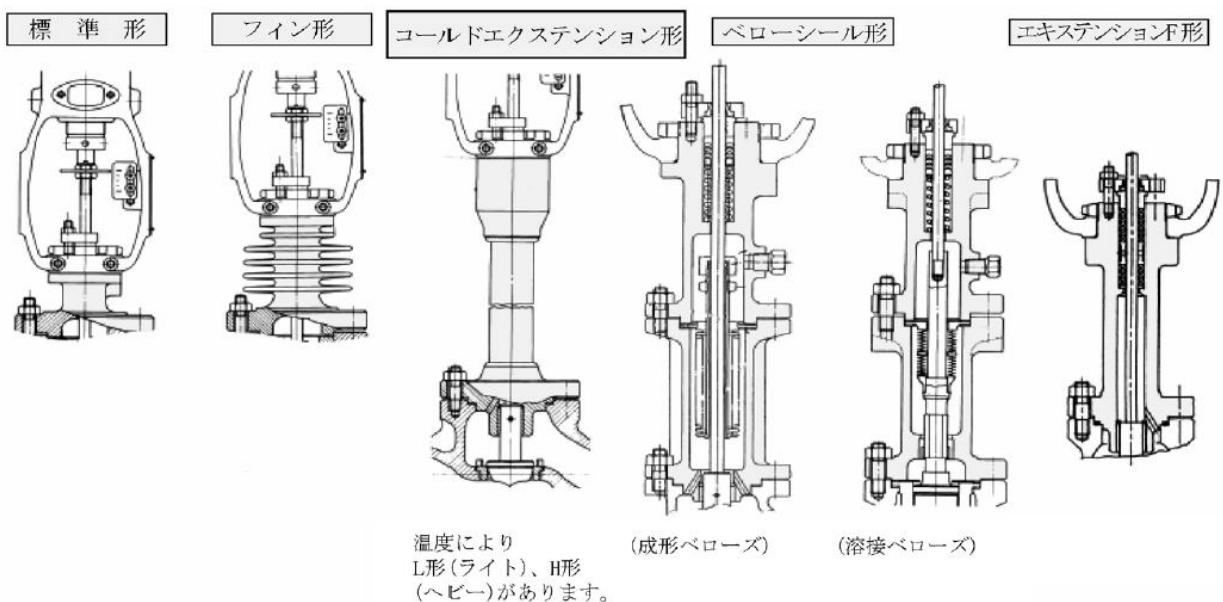


図39. ボンネットの種類

3. 4 付属機器類

3. 4. 1 ポジショナ

電空ポジショナの例を図40に示す。3.1.2項で述べた内容に加え、ポジショナを使用する主な目的を簡単に記述する。

- グランドパッキンの摩擦力、プラグが流体から受ける不平衡力の影響がある場合でも弁開度を精度よく制御したいとき（静特性の改善）
- コントローラの入力信号に対して迅速に調節弁を作動させ、制御したいとき（動特性の改善）

3.1.1項で述べた通り、調節弁を使用する最大の目的としてはプロセスの状況に応じて流量を調整するためであり、入力信号に対して適切かつ素早い応答が求められるケースが多い。また、プロセス配管内の圧力変動が調節弁に対して外乱として働くため、これに追従するために重要な役割を果たしている。近年ではポジショナにマイクロプロセッサを搭載することで、制御パラメータの自動調整やバルブの各種故障診断など、付加価値を持ったスマ

ートバルブポジショナが普及している。スマートバルブポジショナの構造例について図 41 に示す。

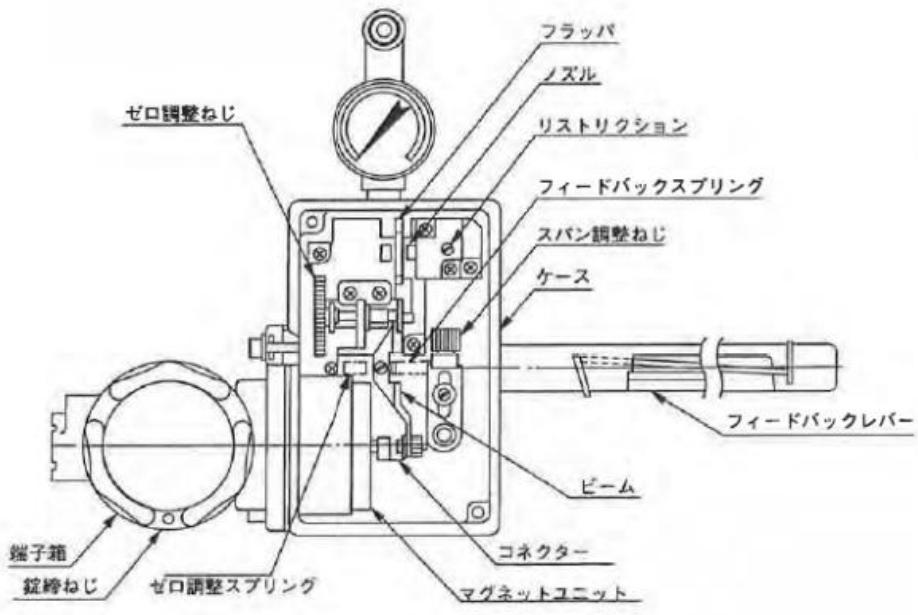


図 40. 電空ポジショナの例

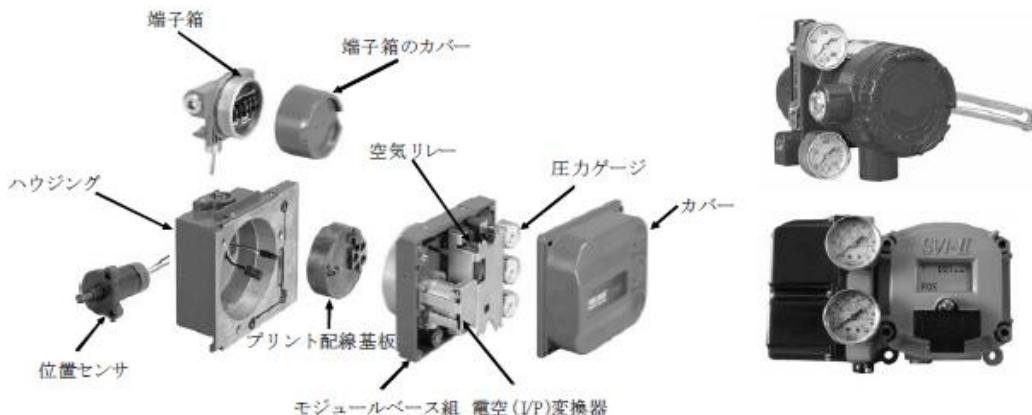


図 41. スマートバルブポジショナの構造例

3. 4. 2 フィルタ付レギュレータ（減圧弁）

調節弁を作動させるために空気圧を減圧して圧力を一定にし、ポジショナへ供給する役割を持つ調整弁のことであり、通常は各種プラントで生成しているコンプレッサからの空気圧を利用している。減圧弁には、二次側の圧力を早く大気中に排気させるリリーフ機構を持つものも存在する。エアフィルタはポジショナ内部へのごみの侵入を防止することができ、計装空気の清浄化を図ることができる。

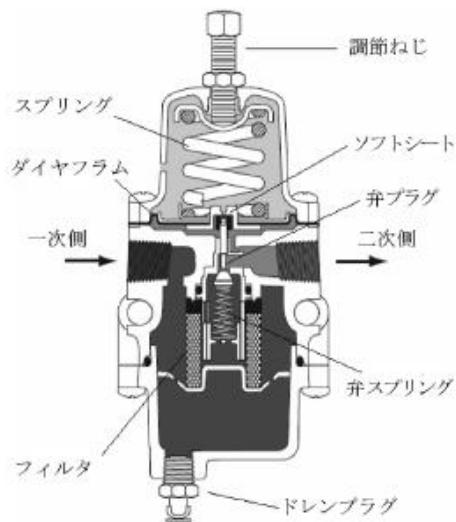


図42. フィルタ付レギュレータの構造

3. 4. 3 リミットスイッチ

空気式調節弁用のリミットスイッチは、取付けられたバルブの位置(開又は閉)を検出し、電気信号として遠隔地に送る機器である。単に開閉信号を送りランプを点灯させるだけでなく、リミットスイッチの接点信号を利用し、他の機器を制御する場合などにも用いられる。

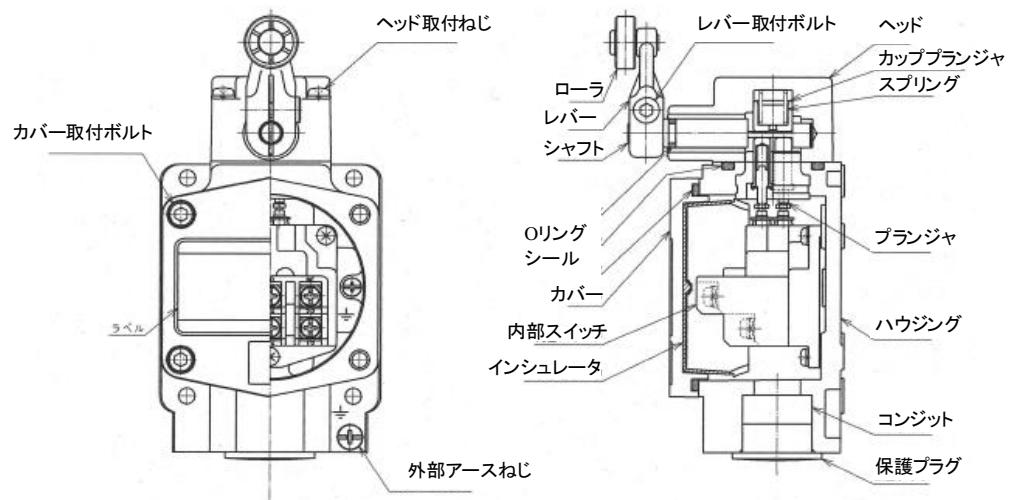


図43. リミットスイッチの構造

3. 4. 4 用語集（調節弁）

1	分散制御システム	工場やプラントなどの自動制御を行うためのシステム。従来の集中型制御システムと異なり、制御機能を分散して配置することで、柔軟性・信頼性・拡張性を高めている。DCS (Distributed Control System) とも呼ぶ。
2	プラグ	流体を制御する栓のこと。
3	シートリング	弁本体に取付けられる弁座のこと。ねじ込み形、はさみ込み形などがある。
4	On-Off弁	弁を開く（オン）または完全に閉じる（オフ）の二つの状態のみで制御する弁のことを表す。通常、ポジショナは取り付けずに電磁弁等を用いて駆動部を操作し、リミットスイッチを用いて開閉の状態を検出することが多い。
5	チョークフロー	流体が絞り部で音速に達し、それ以上圧力差を増やしても流量が増加しなくなる現象。
6	フェールセーフ	機器やシステムが故障や異常を起こしたときでも、できる限り安全な状態になるよう設計する考え方や仕組み。
7	ブースター	調節弁では、信号を受けて出力される空気流量を增幅・促進する機器のことを指す。主に駆動部の容量が大きい場合や、信号用の配管距離が長い場合に動作速度を増加する目的で使用する。その他、空気圧を増圧させる機器についても同様にブースターを呼ぶことがある。
8	スピコン	スピードコントローラの略称で、駆動部の速度を調整するための流量調整弁のこと。作動速度の要求がある調節弁の空気配管ラインに取り付けて使用する。
9	ベローズシール形 (ベローシール形)	調節弁の内部を流れる流体が毒性、高価な場合、揮発性が高い等外部漏洩を確実に避けるために、システム等に金属状のジャバラ（ベローズ）を取付けたタイプを指す。通常、ベローズを内蔵するためにボンネットを延長することが多い。
10	電空ポジショナ (電気式ポジショナ)	コントローラからの電気信号（4-20mA 等）を受けて空気圧に変換し、駆動部を制御するポジショナ。

4. 調整弁

4. 1 概要

4. 1. 1 調整弁を使用する目的・特徴

調整弁を使用する目的は、3章の調節弁と同様に、流体の圧力・温度・流量・液位を適切な状態に調整する為に用いられる。

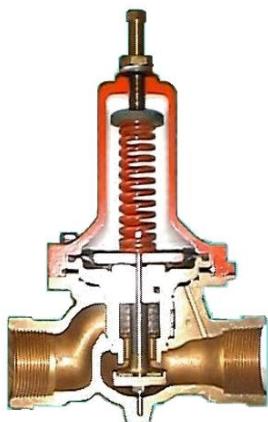
特徴として、バルブの開閉に外部エネルギーが不要なため、エネルギーを供給する機器や設置場所・配置などを考慮する必要がなく、調節弁よりも設置個所等の制限を受けにくく、配管にバルブを取り付けるだけで機能を発揮する。調節弁と同じく自動で流量調整を行うが、大きく違うところは外部エネルギーが不要であることである。

使用用途として配管内の圧力を調整したり、配管内を流れる流量を調整したりするのに用いられ、前者では減圧弁などが該当し後者では、流量調整弁が該当する。その他にも温度調整やタンク内の液面を調整するような調整弁がある。

4. 1. 2 調整弁の構造

調整弁が設置される配管内のエネルギー〔流体圧・温度・流速（流量）〕を利用して、弁体を上下させてバルブの開閉操作を行う。減圧弁を例に説明すると、減圧弁内部にスプリングが搭載されていることにより、弁体を押し上げるにはエネルギーが必要になり、エネルギーが消費され流体が持つ圧力が下がり設定した圧力まで減圧される。

図44 パイロット式のように1次側又は2次側の配管内部のエネルギーを利用して設定した圧力調整を行う。



直動式（減圧弁）



パイロット作動式（減圧弁）

図44. 減圧弁構造例

4. 2 調整弁の種類

調整弁は以下の種類に分類され、ここでは基本的な構造を説明する。

4. 2. 1 圧力調整弁

任意の圧力に設定したい場合に用いられる。減圧させて、配管内の圧力を一定にしたい場合に用いられる減圧弁や必要な圧力まで昇圧する昇圧弁などがあげられる。その他の圧力調整弁としては下記のようなものがあげられる。

- ・減圧弁：通過する流体そのものの圧力のエネルギーにより弁体の開度を変化させ、
高い一次側圧力 > 二次側圧力に減圧する圧力調整弁である。
蒸気に使用する減圧弁を蒸気用減圧弁といい、空調用の熱交換機や温水器に送られる蒸気の減圧に使用される。水に使用する減圧弁は水用減圧弁といい、高置水槽やポンプから送られる飲料水・温水などを減圧に使用される。
その他にも空気やその他ガスにも減圧弁は使用されており、ガス（气体）用減圧弁もある。
- ・背圧弁：一次側圧力を自動的に常に一定に保つ機能を有し、一般にポンプの吐出圧力を一定に保つポンプのバイパス用に使用される。
- ・差圧調整弁：二か所の圧力を検出してその差圧を一定にする調整弁。下図に使用例を示す。
※差圧 1 次側が 0.5MPa、2 次側が 0.3MPa の場合、差圧は 0.2MPa
1 次側が 0.3MPa、2 次側が 0.5MPa の場合でも差圧は 0.2MPa
- ・真空調整弁：容器などの内部圧力を大気圧以下の一定の真空に制御する調整弁。

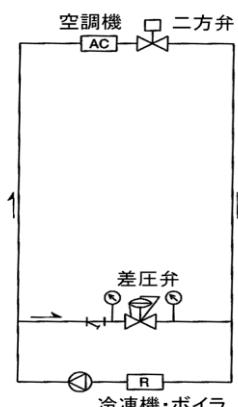


図 45. 差圧調整弁の使用例

4. 2. 2 温度調整弁

感熱部の温度上昇により弁体が閉じる加熱用と弁体が聞く冷却用がある。加熱用温度調整弁は熱交換器、ストレージタンク等に用いられ、冷却用温度調整弁は冷却流体を供給する機器や設備に用いられ、流量の制御を行うことで対象物の温度を一定に保つ。

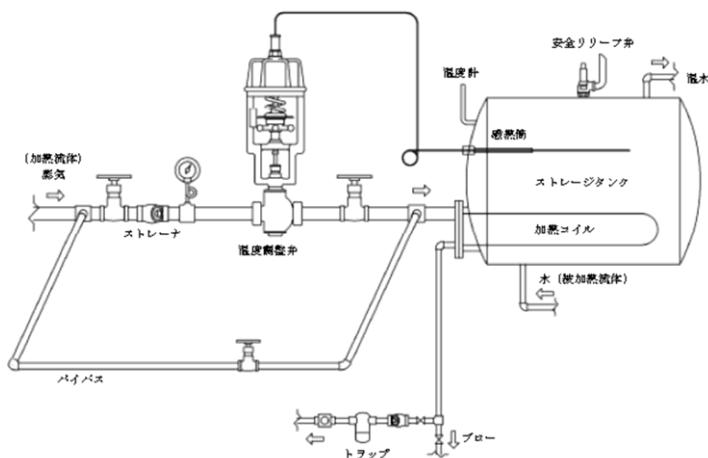


図 46. 温度調整弁の配管例

4. 2. 3 流量調整弁

流体がオリフィス（流路の内径を小さくするもの）などの絞りを通過するときその前後の圧力差により流量は変化する。そこでバルブ前後の圧力差に応じてバルブの絞り具合を調整して一定の流量にするのが流量調整弁である。

4. 2. 4 液位調整弁

水槽やタンクに入れられた液体の液面位置を一定に保つように自動的に液体の流入量あるいは流出量を制御する。液面位置の検出にはフロート（浮子）が一般的に使われており、フロートにレバーなどを介して連結されたバルブを開閉して液位を制御する。

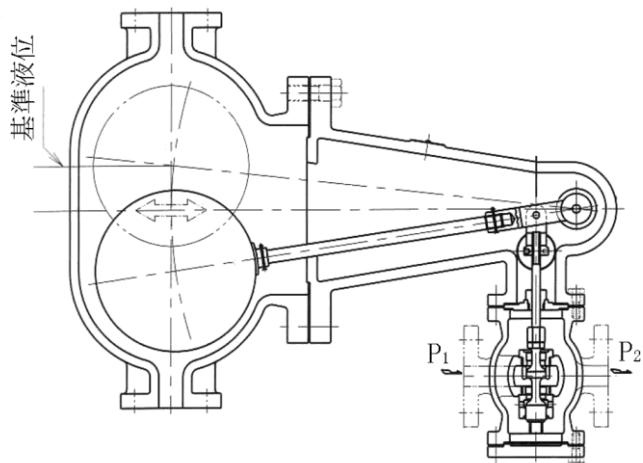


図 47. 液位調整弁の構造

調整弁は使用用途によって以下の分類がされる。

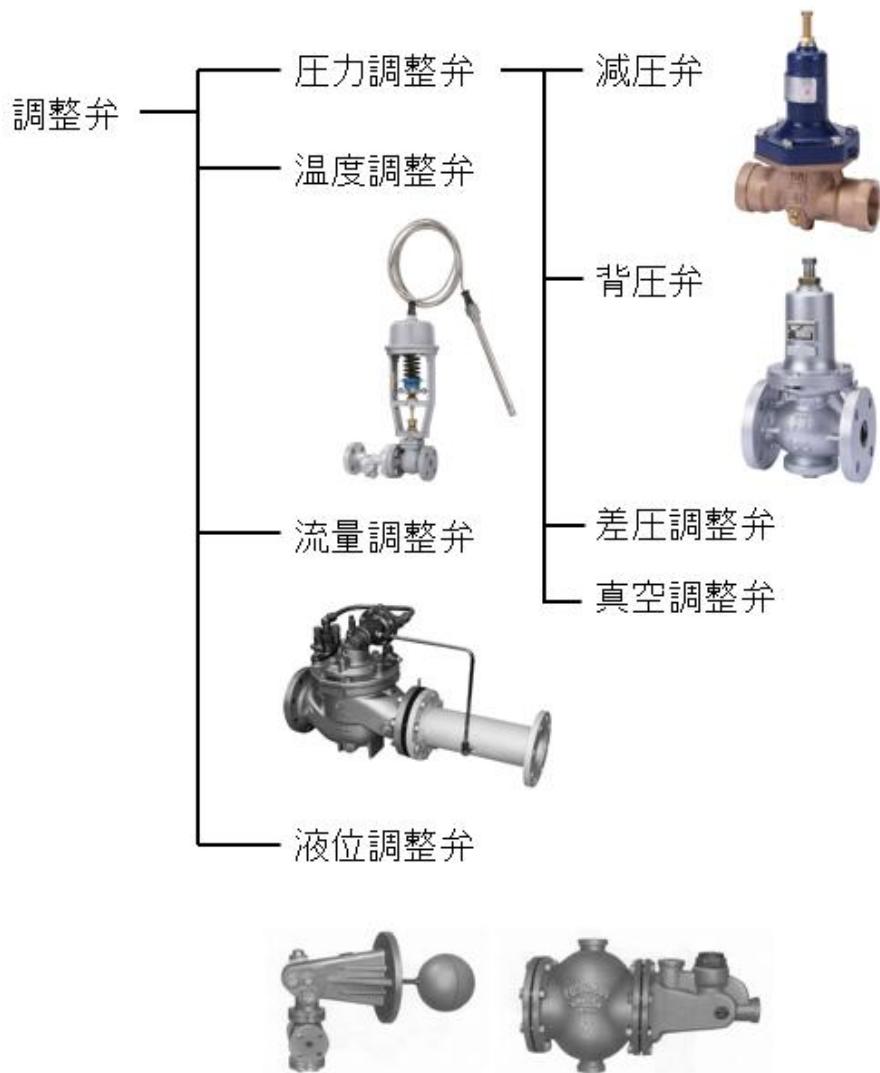


図 48. 調整弁の種類

4. 3 選定方法

調整弁は流体の種類ごとに使用できる圧力範囲や弁の容量が決まっているため、カタログなどからメーカースペックをもとに選定する。選定の際に作動を安定させるためには、最小調整可能流量・圧力・温度を満足させる必要がある。(選定条件の一例として図 49) また、配管内の流速などのパラメータについてはバルブユーザガイドを参考にして、推奨される流速などのパラメータに入ることを確認して選定すること。

図 50 に減圧弁の流量特性の例を示す。オフセット（制御偏差）と締め切り昇圧を許容値以内とし、最小調整可能流量以上の流量における作動は安定している必要がある。オフセットを小さく抑えたい場合は弁のサイズアップを行う。呼び系の径の選定では必要な最大流量に対して余裕のある定格流量をもつ呼び径を選定する。

調整弁は調節弁のような検出・調節・操作機器を個別に配置したシステムと比較して調節機能や制御精度の面で制約があり、自動制御や高い制御精度を必要としない場合に適用される。調整弁の構造・作動原理は単純であるが、調整弁の特徴を理解して最適な機種・呼び径の選定をするとともに使用方法にも配慮することが必要である。



図 49. 調整弁の選定条件の例

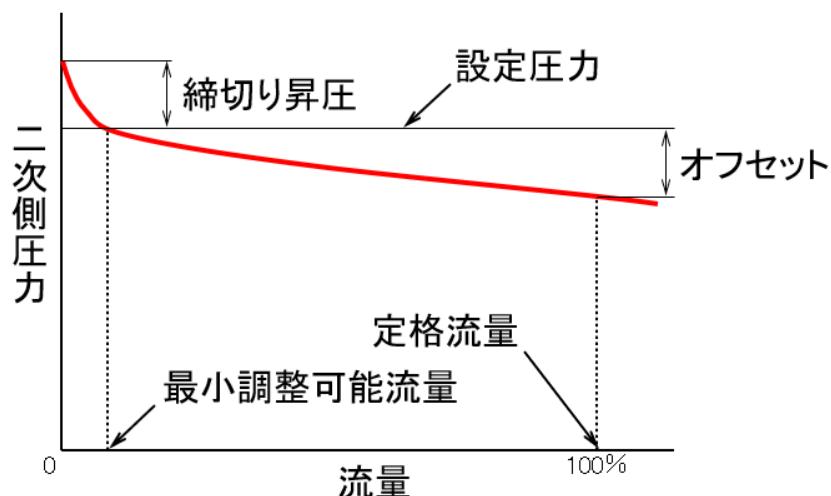


図 50. 減圧弁の流量特性

4. 4 用語集（調整弁）

1	直動式	スプリングなどの機械的要素で直接弁体を動かす方式。
2	パイロット作動式	一次側または二次側の圧力をを利用して弁体を動かす方式。
3	オリフィス	流路の途中に設置する絞り部品。金属製の薄い円板に丸い穴を開けたものなどがある。流体が穴等を通過することで、圧力損失が発生し、圧力降下が起き、圧力差が発生する。
4	フロート	液位調整弁で液面位置を検出するための浮子。
5	オフセット	設定値と実際の値の差。
6	締切り昇圧	バルブが閉じたときに二次側圧力が上昇する現象。
7	定格流量	バルブが安定して流せる最大流量。
8	最小調整可能流量	バルブが安定して調整できる最小流量。
9	バイパス	流体を主流とは別に迂回させる為に設けられた配管。
10	熱交換器	熱エネルギーの異なる2つの流体間で熱エネルギーを交換するための装置。基本的に温度の異なる2種類の流体が金属の板で隔てられている構造のものがある。
11	ストレージタンク	貯蔵槽。液体やガスなどの流体を大量に貯蔵することができる。

5. 電磁弁

5. 1 概要

電磁弁（「ソレノイド弁」又は「ソレノイドバルブ」ともいう）とは電磁石を利用して弁を開閉するバルブの総称である。

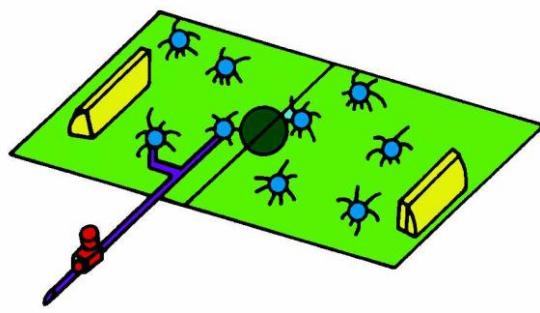


5. 2 電磁弁を使用する目的と使用用途

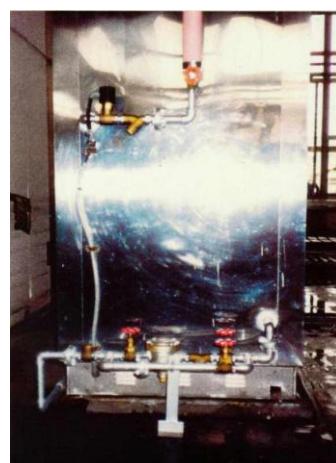
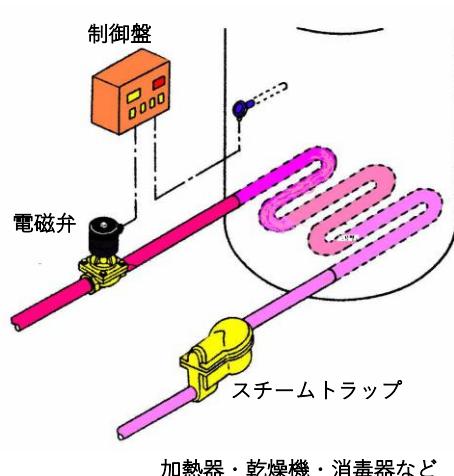
電磁弁は素早い応答性から、主に水・空気・蒸気・油などの流体を制御するために使用される。使用用途としては身近なところでは洗濯機の給水やトイレなどで見かける自動水栓、工業分野では加熱器、乾燥機などの温度制御、空圧・油圧シリンダの駆動流体制御など多岐にわたる用途に使用されている。

<使用例>

- 散水・噴水



- 温度制御



5. 3 電磁弁の作動方式

電磁弁の作動方式は直動式、パイロット式がある。

5. 3. 1 直動式電磁弁

電磁石のみの力で弁を開閉させるため一般的に小口径や低圧、小流量で使用される場合が多い。

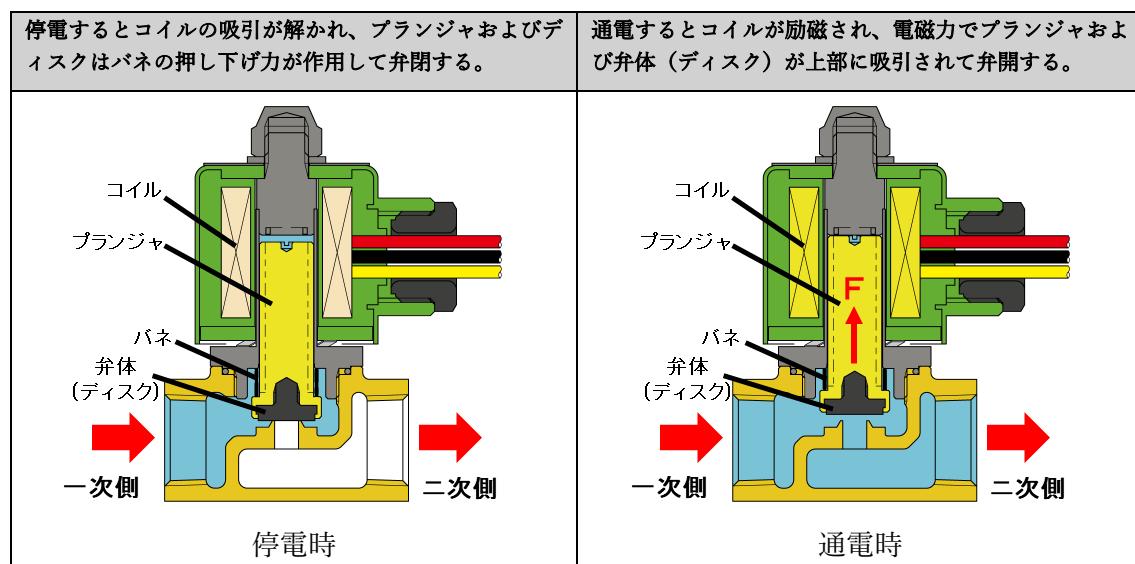


図 51. 直動式電磁弁の作動

5. 3. 2 パイロット式電磁弁

電磁石の力によりパイロット部のパイロット弁を開閉し、流体の圧力によって主弁を開閉する電磁弁である。そのため少ない電磁力でも比較的大きな主弁を開閉させることができあり、主に大口径や高圧、大流量と幅広い用途で使用されている。

図 52 はパイロット作動式の例である。①の構造では流体の圧力によってバルブを開閉させるため差圧が無い場合は作動することができないが、②の構造においてはパイロット弁と主弁を繋ぐバネが入っており、流体の圧力がない場合でも弁開することができ、差圧が得られない場合でも使用することができる。

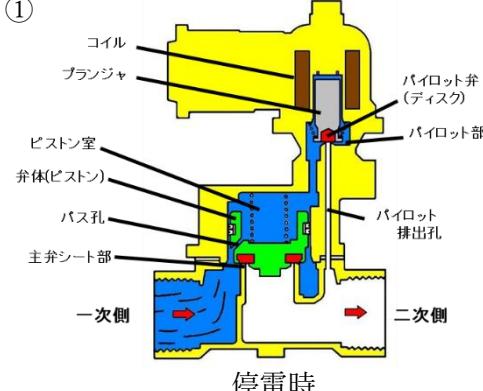
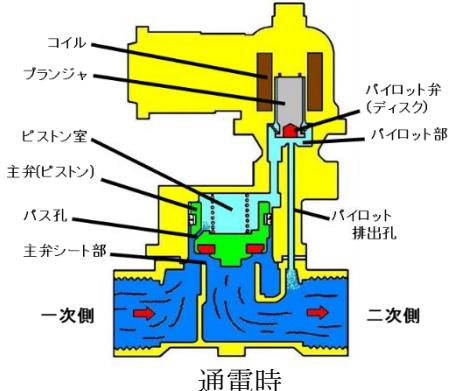
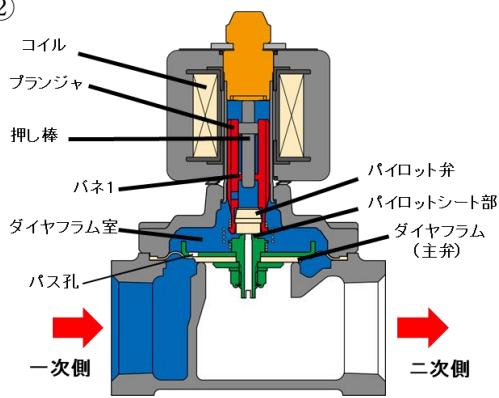
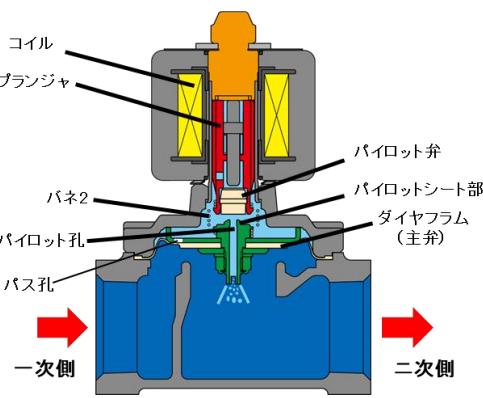
<p>停電すると電磁力による吸引が解かれプランジャが降下しパイロット弁が弁閉する。このとき、流体はバス孔を通りピストン室内の圧力が一次側圧力と同圧になり、主弁（ピストン）の押下げ力として作用し弁閉する。</p>	<p>通電するとコイルの電磁力でプランジャが吸引されパイロット弁が開きピストン室内の圧力は二次側に排出され一次側より低くなる。そのため主弁（ピストン）は一次側圧力により押し上げられ弁開する。</p>
 <p>①</p>	 <p>①</p>
<p>停電すると吸引が解かれプランジャが降下しパイロット弁が弁閉する。このとき、一次側圧力はバス孔を通りダイヤフラム室に入りダイヤフラムの押下げ力として作用し主弁も弁閉する。流体圧力が無い場合は、押し棒を介してバネ1の荷重でパイロット弁を閉じると共に主弁全体を下部に押し下げて弁閉する。</p>	<p>通電するとコイルの電磁力でプランジャが吸引されパイロット弁が弁開しダイヤフラム上側の圧力は二次側に排出され一次側より低くなる。このとき、ダイヤフラムは一次側圧力に下側から押し上げられ主弁が弁開します。また圧力が殆んど無い場合は、プランジャとパイロット部を結ぶバネ2で引上られ弁開するため流体圧力がない場合でも弁開する。</p>
 <p>②</p>	 <p>②</p>

図 52. パイロット式電磁弁の作動例

5. 4 電磁弁の選定

5. 4. 1 使用する流体の条件

流体の種類・温度・圧力・流量等によって作動方式や材質を検討する必要があるため、各メーカーの製品仕様から適切なものを選定する。

5. 4. 2 使用する環境の条件

設置箇所の電源や環境によって電磁石の電圧・保護構造・防爆構造などを選定する必要が

ある（詳細はバルブ便覧 p.207～）。

5. 5 電磁弁と電動弁との違い

5. 5. 1 電磁弁と電動弁との違いについて

電磁弁は電気で駆動する自動弁であるが、同様に電気で駆動する自動弁には電動弁も存在する。電動弁は駆動部に電動機（モータ）を使用し、回転運動を歯車・リンク機構等の減速機を用いて弁体を操作する弁である。

5. 5. 2 電動弁の使用用途と特徴について

電動弁は自動制御や、遠隔地の集中操作等の遠隔操作等に使用される。また、比例制御によって弁の開度を調整できることから、流体の流量や圧力を精密に制御することが可能であり、高精度な制御が求められるシステム等で活用されている。



表 5. 電磁弁と電動弁の特徴

特徴	電磁弁	電動弁
作動原理	電磁石	モータ
制御方式	ON-OFF 制御（2 位置）	ON-OFF 制御（2 位置）／比例制御
応答速度	速い	遅い
流量・圧力調整	限定期	連続的に調整可能
用途	高頻度の作動が求められる場面	圧力、流量調整などで精密な調整が求められる場面

5. 5. 3 電磁弁の配管例

電磁弁の配管例として水用電磁弁の例を図 53 に示す。

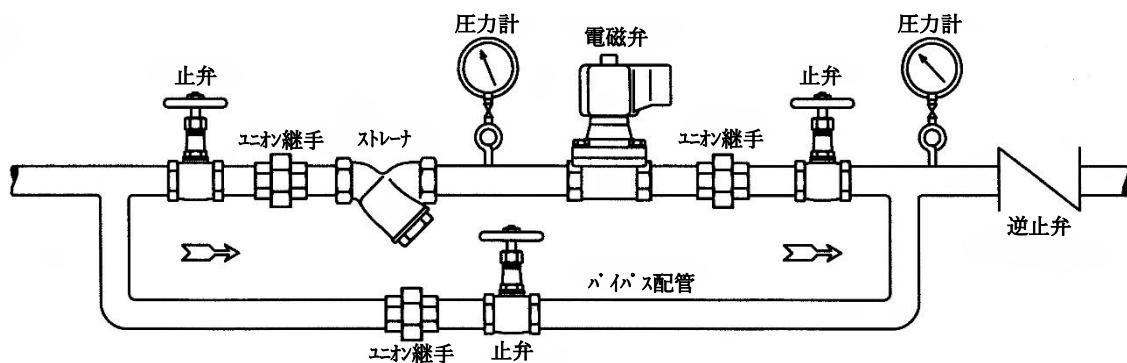


図 53. 水用電磁弁の配管例

- 配管は、図のように止弁・ストレーナ・圧力計・バイパス管を設ける。
- 保守点検のために、ユニオン継手（フランジ継手）を設ける。

※電磁弁の不具合は、配管施工時の異物やスケールによる場合が大半である。

電磁弁を設置する前に管内を充分フラッシングして異物を取り除き、ストレーナを設置する（国土交通省仕様は 80 メッシュ以上）。

電動弁については次章にて説明する。

5. 5. 4 用語集（電磁弁）

1	直動式電磁弁	電磁力によって直接弁体を開閉するもの。
2	パイロット作動式電磁弁	電磁力によってパイロット弁を作動し、弁体上部圧力と入口側圧力との圧力差で弁体を開閉するもの。
3	定格電圧	製造業者が構成部品、装置又は機器に指定した動作及び性能特性に関する電圧の値。
4	定格周波数	機器が正常に動作するよう設計された周波数。
5	電磁石（ソレノイド）	電気を流すことによって磁力を発生させる磁石。
6	起動電流（突入電流）	機器を起動させたときに一時的に流れる大きな電流。
7	時間定格	機器が特定の時間だけ安全に使用できる性能・条件を表す定格。連続通電でもコイルが焼損しない“連続定格”のほか、使用条件に応じて 1 時間定格、15 分定格、10 分定格、5 分定格などの短時間定格がある。
8	保護構造	電磁弁が水・粉塵・衝撃などの外的要因からどれだけ守られているかを示す構造上の設計。IP コード (IP 等級) で表すことが多い。
9	IP コード (IP 等級)	防水や防塵の程度を示すもの。日本産業規格 JIS C 0920:03 電気機械器具の外郭による保護等級及び IEC 60529:01 Degrees of protection provided by enclosures で規格化されている。
10	絶縁種別	電気機器の絶縁材料が耐えられる最高温度（許容温度）によって分類される種別。JIS C 4003 で規格化されている。
11	通電時弁開 N.C（ノーマルクローズ）	電磁コイルが通電した際に電磁弁が開状態になるもの。
12	通電時弁閉 N.C（ノーマルオープン）	電磁コイルが通電した際に電磁弁が閉状態になるもの。
13	防塵形	全面を閉鎖し、粉塵が存在する中で使用しても有害な影響のないもの。
14	防滴形	鉛直から 15° の範囲で落ちてくる水滴によって有害な影響のないもの。
15	防雨形	鉛直から 60° の範囲で落ちてくる水滴によって有害な影響のないもの。
16	防沫形	いかなる方向からの水の飛沫によっても有害な影響のないもの。

6. 電動弁

6. 1 概要

6. 1. 1 電動弁を使用する目的

プラントでは多くの弁が設置されており、手動操作は非効率なうえに困難な場合もある。そこで遠隔操作が用いられ、空気式・電気式・油圧式・電磁式などが使い分けられるが、最も一般的なのは電動操作機による電動弁である。電動弁は発電所や上下水道、石油精製所など幅広い産業で使用され、プラントの省力化・効率化・安全運転に貢献している。電気で駆動する自動弁には電磁弁と電動弁があるが、電動弁は、駆動部に電動機(モータ)を使用し、回転運動を歯車・リンク機構等の減速機を用いて弁体を操作する弁である。

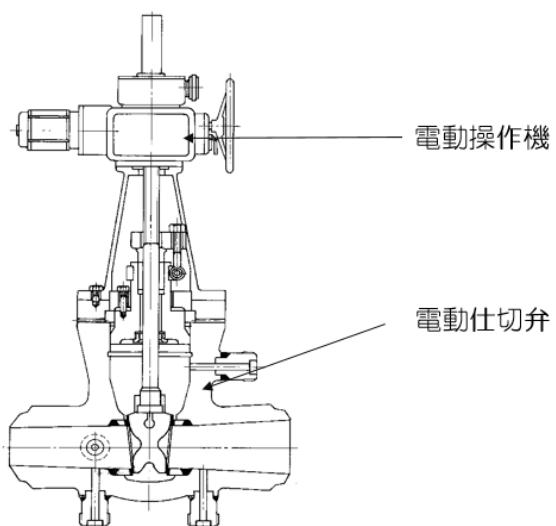


図 54. 電動弁の例

6. 1. 2 電動弁の特徴

遠隔操作弁の駆動装置には、弁の必要操作力量を十分に満足する駆動力量を有し、かつ、弁が損傷しないように過大な力量が負荷されないことが求められる。なかでも、電動操作機は電気モータの駆動力が減速ギアを介して駆動軸に伝達され、駆動軸にバルブのステムを接続することによってバルブを開閉する構造であり、開閉の位置制御や過負荷保護機構が電気信号による構造であることから、以下のような特徴を有している。

表 6. 電動弁の特徴

長所	<ul style="list-style-type: none"> ・ギアの減速比を変えることによって、高出力が得られやすくなる。 ・制御が電気回路でできるためシーケンスが組みやすく、遠距離でも、信号伝達が早い（タイムラグが小さい）。 ・制御装置の組合せが可能で、弁や駆動部の保護装置の装備や弁の制御、自己診断が可能である。 ・空気圧式と比べてコンパクトである。 ・空気圧式と比べ比例制御、並列操作がしやすい。
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・モータに負荷がかかり過ぎた場合、モータコイルの温度が著しく上昇し、モータが止まってしまうことがある（アイドリングが必要）。 ・開閉作動が遅い（回転運動を直線運動に変えるため）。 ・作動時間がモータ回転数やギアの減速比によって決まってしまうため、空気圧式のように付属品で任意に変えにくい。 ・電源設備の用意が必要。 ・雰囲気の耐熱・耐食・防塵・防爆性に弱いため、これらに対応するためには価格が割高になる。

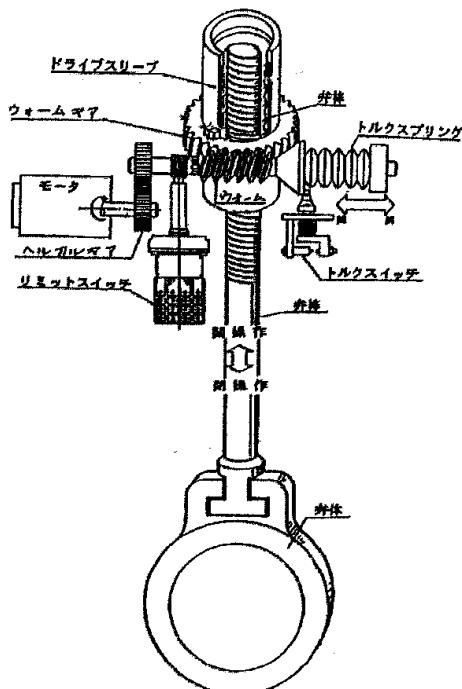
6. 2 電動弁の構造

6. 2. 1 代表的な電動弁の構造および作動原理

①モータトルクは、ヘリカルギアを介し、ウォームへ伝達する。

②ウォームは、ウォームギアヘトルク伝達する。

③ウォームギアが回転するとドライブスリーブが回転する。ドライブスリーブの回転によりドライブスリーブに固定されているステムブッシュが回転し弁棒が上下運動する。



注) ポール弁、バタ弁の場合は 2 次減速機を介した動作。

図 55. 代表的な電動弁作動原理

6. 2. 2 電動弁の停止方法

弁の停止方法には次の 2 つがある。

- ・ポジションシーティング方式

弁のストロークが予め設定された位置（ポジション）に達した時に機械的に操作回路中のリミットスイッチの接点が開き、電流を遮断することでモータを停止させる方法。

- ・トルクシーティング方式

弁の操作トルクが、予め設定された値に達した時に、機械的に操作回路中のトルクスイッチの接点が開き、電流を遮断することでモータを停止させる方法。玉形弁の閉側のシーティング方式は、弁体を弁座に押し付ける必要があるため、必ずこのシーティング方式が採用されている。

6. 3 電動弁の選定

電動弁は、弁の開閉がモータにより自動的に行われるため、電動操作機の選定が過小評価された場合は、バルブの開閉操作不能となり、動作途中で止まる等の現象が発生する。また、電動操作機の出力が過大評価された場合には弁の強度上の問題が生じ、システム強度の不足による折損や座屈、弁箱への損傷など弁部品を破損させる場合もある。従って、正しく必要なトルクを推定し、適切な電動操作機を選定する事が非常に重要である。

6. 3. 1 一般的な電動操作機選定の手順

電動操作機の選定は以下の手順により行う。

詳細なサイジングフローチャートは図 56 を参照。

- ① 弁締め切り時及び弁開時の必要なスラスト（軸方向）荷重とトルクを求める。
- ② 弁中間開度時の必要なトルクを求める。
- ③ ①で求めたトルク・スラスト荷重を満足できる操作機（電動操作機）を選出する。
- ④ 指定操作時間から、モータと総合ギア比の組み合わせを求める。
- ⑤ 操作機の最大出力トルク > 弁必要最大トルク及びモータ定格出力トルク > 弁中間開度時に必要なトルクを同時に満足することを確認する。
(但し、海外製操作機の場合は定格出力の計算はしない)
- ⑥ 操作機の最大出力時に弁各部の強度が問題ないことを確認する。

注 1：電動操作機にメーカに弁の開閉、中間開度における必要なスラスト荷重・トルクを伝達することでメーカーにて操作機（電動操作機）選定することも可能である。

注 2：作動時間は原則としてモータ回転数、減速機やその他種々のギア比、弁のリフトにより決定するため、選定の際に具体的な数値の設定が不要な場合は、呼び径に沿って操

作時間を想定し、選定することも可能である。

選定が難しい場合はメーカに選定モータ、ギア比、弁リフト、ねじピッチを連絡することで操作時間を選定することも可能である。

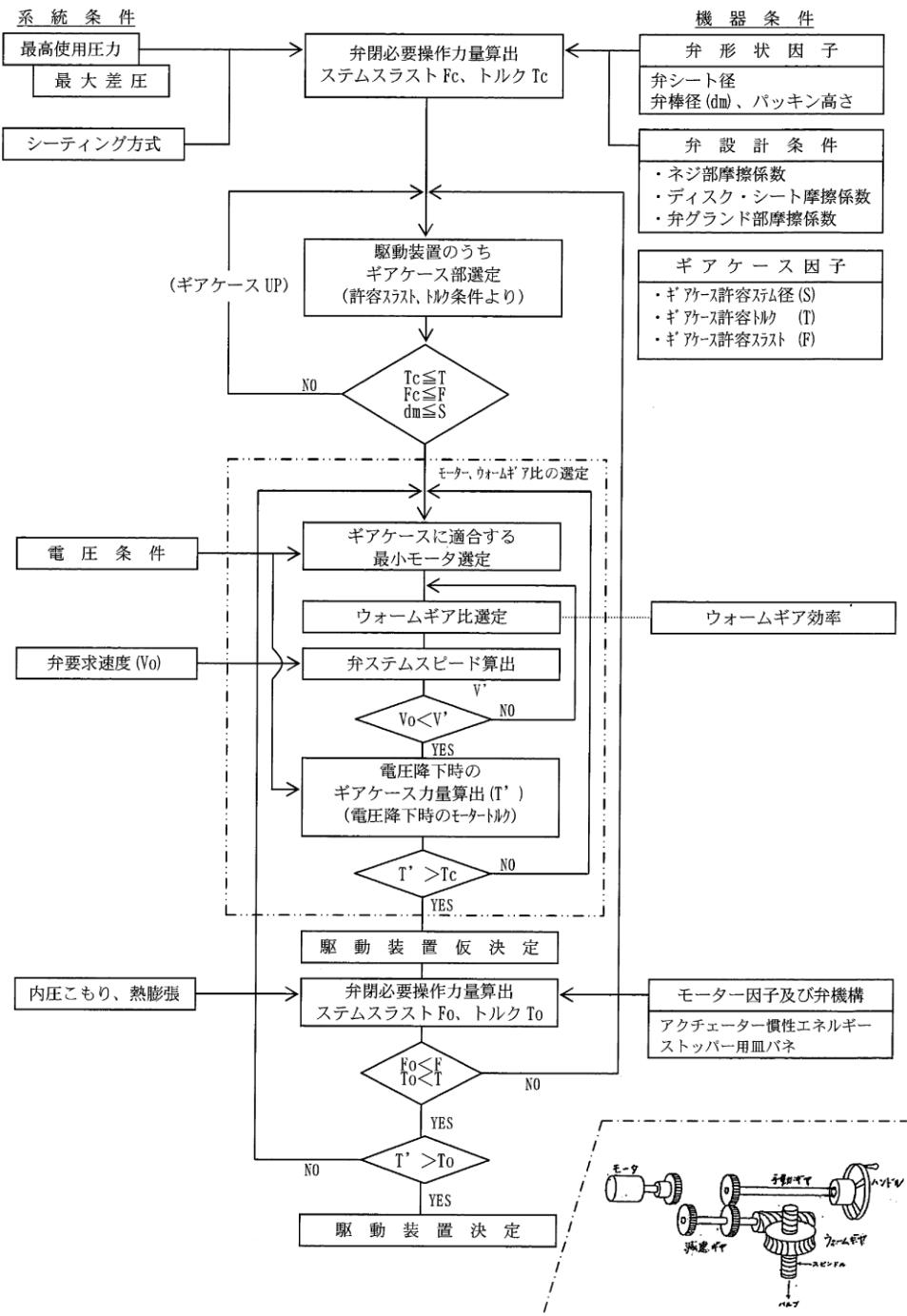


図 56. 電動駆動機サイジングフローチャート

6. 3. 2 電動操作機の選定に必要な仕様

電動操作機を選定する場合には、以下の仕様が必要である。この場合、弁の仕様（弁種、クラス、口径、流れ方向 etc.）は既に決まっているものとする。

①操作機指定メーカーの有無	⑬シーケンス指定の有無
②駆動部選定差圧（設計条件と同一でない場合）	⑭開度発信機の要否
③モータ電源（AC or DC、電圧）	⑮電線接続方式指定の有無
④制御電源（AC or DC、電圧）	⑯操作頻度又はインチング操作の有無
⑤周波数（Hz）	⑰手動切替方式指定の有無
⑥電圧降下（%）	⑲リミットスイッチの接点数の指定の有無
⑦モータの絶縁種の指定	⑳塗装の指定の有無
⑧耐圧防爆指定（含む等級）の有無	㉑潤滑油の指定の有無
⑨周囲温度（℃）	
⑩開閉時間又は弁棒昇降速度の指定の有無	
⑪電動操作機取付方向	
⑫開閉停止方法（シーティング方式）	

※太字の4項目は、メーカー標準にて選定する場合、最低限必要な仕様の項目として挙げられるが、

詳細は使用する駆動機メーカーに確認すること。

6. 3. 3 用語集（電動弁）

1	ヘリカルギア	和名：はすば歯車。 基準歯すじがつるまき線（円筒又は円すい上に巻いた曲線で、その接線が円筒又は円すいの軸に対して一定の角度で傾いているもの）である円筒歯車（基準面が円筒である歯車）(JIS B 0102-1)。
2	ウォーム	ウォームホイール（食い違い軸歯車対としてウォームの歯面と線接触することができる歯面をもつ歯車）とかみ合うねじ状の歯をもつ、円筒形又は鼓形の歯車 (JIS B 0102-1)。
3	ウォームギア	食い違い軸間でかみ合うウォーム及びウォームホイールからなる歯車対 (JIS B 0102-1)。

安全弁（バルブ便覧 pp.173-202）

1. はじめに

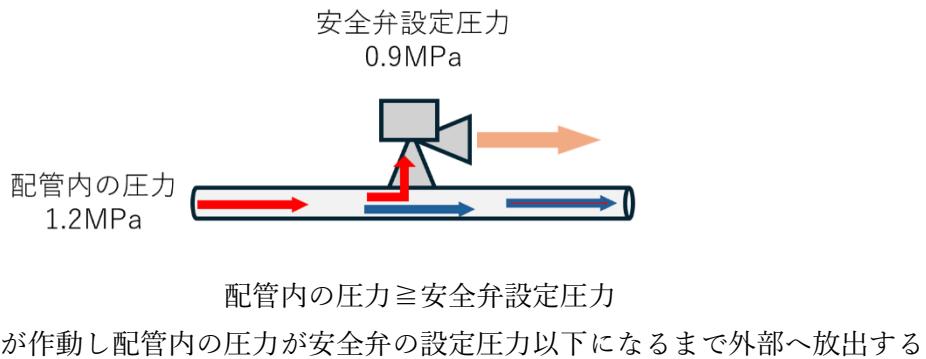
安全弁は JIS B 0100（バルブ用語）において「主として蒸気又はガスの発生装置、圧力容器及び配管で、入口側の圧力が上昇してあらかじめ定められた圧力になったとき自動的に弁体が開き、圧力が所定の値に降下すれば、再び弁体が閉じる機能をもち、公称吹出し量を排出する能力をもつバルブの総称。」として定義されている。

2. 安全弁とは

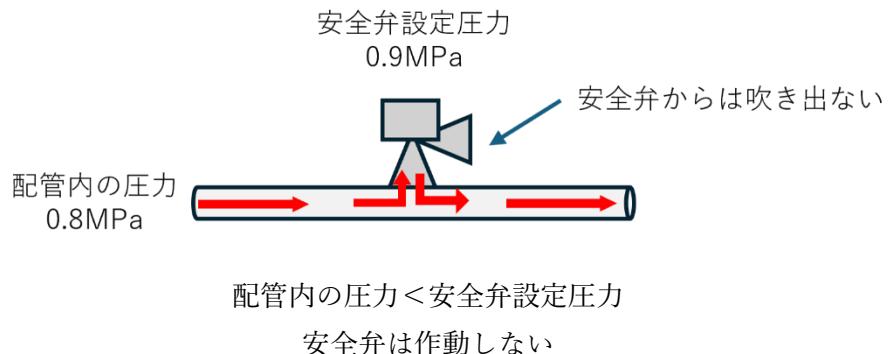
配管や機器などに所定の圧力以上の圧力が加わった際に配管あるいは機器内の流体を外部に放出し、機器の破損などを防ぐ為に用いられる。安全弁は設置される機器内部流体の圧力と安全弁のバネ以外のいかなる動力の補助もなしで作動が可能である。正常な使用圧力状態に回復した後、再び閉止して、それ以上の流体を放出しないように設計した弁と定義されている。下記はそのイメージ図になる。

尚、高圧ガス保安法、冷凍保安規則、労働安全衛生法等の一部の法規では機器や用途によって、安全弁の設置が義務付けられている為、注意が必要である。

- 配管/機器の圧力が安全弁の設定圧力より高い場合



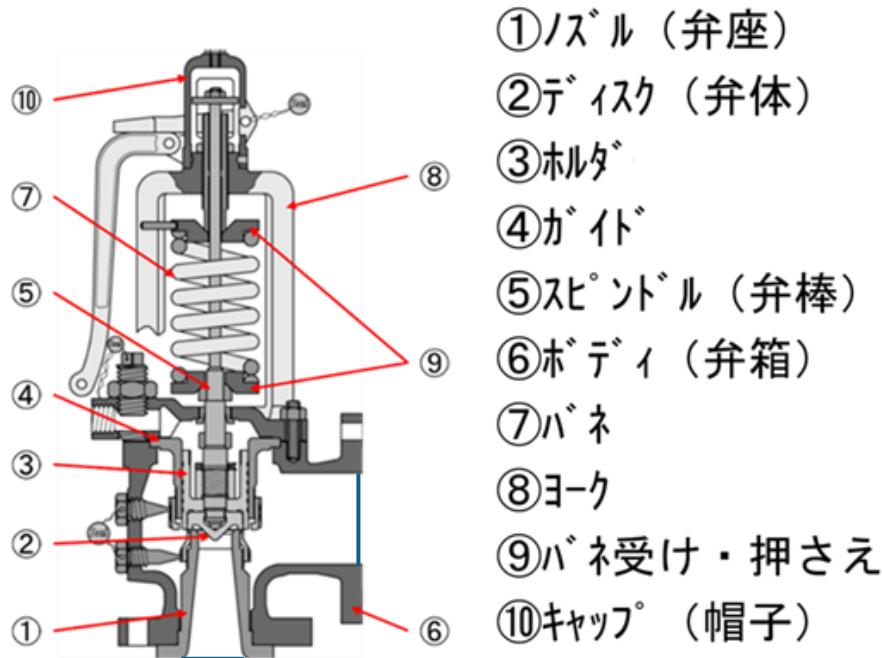
- 配管/機器の圧力より安全弁の設定圧力の方が高い場合



3. 構造・種類

3. 1 構造および作動原理

下記はスプリング式安全弁の一般的な構造である。



⑥ボディ下部の入口フランジが配管や機器と接続され、⑦バネの圧縮荷重を⑤スピンドルを介して②ディスクに伝達し、②ディスクを①ノズルに密着させて封止している。配管や機器の内圧による上向きの荷重が⑦バネ荷重よりも大きくなると②ディスクが上部に持ち上がり、⑥ボディの右側の出口フランジから流体が流出することで配管や機器の圧力を下げることが出来る。配管の圧力が⑦バネ荷重よりも小さくなると、再度、②ディスクは①ノズルに密着して封止する。

3. 2 種類

安全弁の種類は構造と形式によって、下記のように分けられる。

<構造による分類>

- 開放形安全弁・・・主として蒸気用
- 密閉形安全弁・・・主としてガス・液体用
- 平衡形安全弁・・・主として金属ベローズを使用
- 非平衡形安全弁・・・一般的なばね式安全弁

尚、安全弁は構造による制限も設けられており、下記を満足する必要がある。

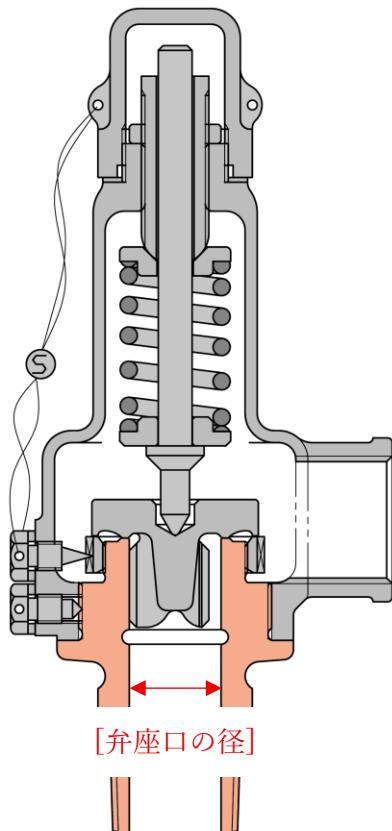
<構造による制限例>

- 安全弁はその一部が破損しても十分な吹き出し量が得られなければならない
- バネが破損しても弁体などが外部へ抜け出ない構造でなければならない
- みだりに圧力調整できないよう封印出来る構造でなければならない
- 毒性又は可燃性ガスに使用する安全弁は開放型としてはならない
- 取付け部は排気による反動力に対し十分な強度がなければならない

<形式による分類>

- 揚程式安全弁

安全弁のリフトが弁座口の径の $1/40$ 以上 $1/4$ 未満のもので、
弁体が開いたときの弁座口の流体通路面積が最小となるよう設計された弁。
※全量式と比較して弁体の上昇が緩やかになる。

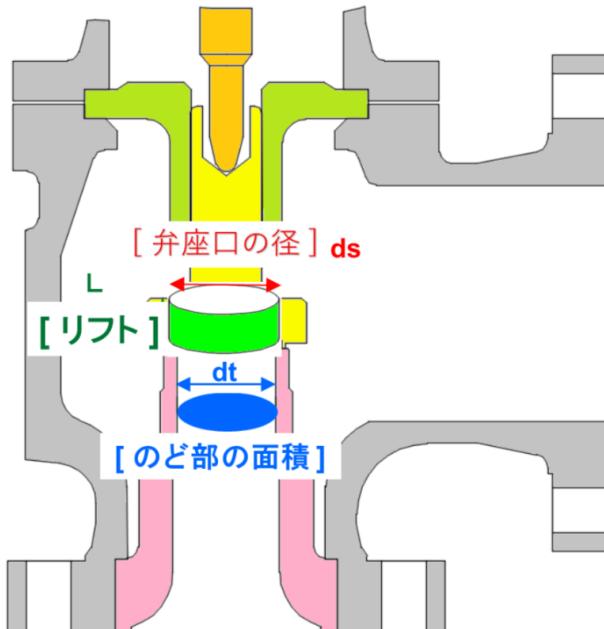


$$\frac{[\text{弁座口の径}]}{40} \leqq [\text{リフト}] < \frac{[\text{弁座口の径}]}{4}$$

- 全量式安全弁

弁座口の流体通路面積がノズルのど部の面積より十分大きくなるようなリフトが得られるよう設計された弁。

※一気に全開となる為、急激な圧力変化にも対応できる



$$[\text{流体通路面積}(\pi \times d_s \times L)] > [\text{のど部の面積}(\frac{\pi}{4} dt^2)]$$

安全弁には他のバルブとは異なり、作動や性能を表す指標が存在する為、下記にて一部紹介する。

<安全弁に使用される主な用語 (JIS B 8210) >

- 吹始め圧力

入口側の圧力が増加して、出口側で流体の微量な流出が検知される時の入口側の圧力。
※目視や聴音、出口開口部に張った石けん水の膜などで明確に検知されるときの流出をさし、弁座からの漏れではない

バルブ初級研修テキスト/バルブ便覧では“シンマ”：安全弁が吹始めから吹出しに至るまでの状態を言う。この時の流体の流出量は測定できない程度に微量であるとも定義されている。

- 吹出し圧力

安全弁が急速開作動（ホッピング）する時の入口側の圧力。ホッピング圧力ともいう。

※ホッピングとは、安全弁のリフトが瞬間的に増大し、内部の流体を吹き出す動作

バルブ初級研修テキスト/バルブ便覧では上記に付随して、流体が蒸気やガスの場合は、

流体圧力が設定圧力近くになり、安全弁が前吹きを始めると、瞬時に弁が開き一気に全開に至る場合がある（クリアポップの発生）との記載もあり。下図 57 にてイメージを記載する。

- 吹止り圧力

弁体が弁座と再接触するか、又はリフトがゼロとなるとき（出口側の流体流出が止まった時）の入口側の静的圧力。再着座圧力ともいう。

- 吹下り

吹出し圧力と吹止り圧力の差

バルブ初級研修テキスト/バルブ便覧では吹始め圧力と吹止り圧力の差との記載もあり。

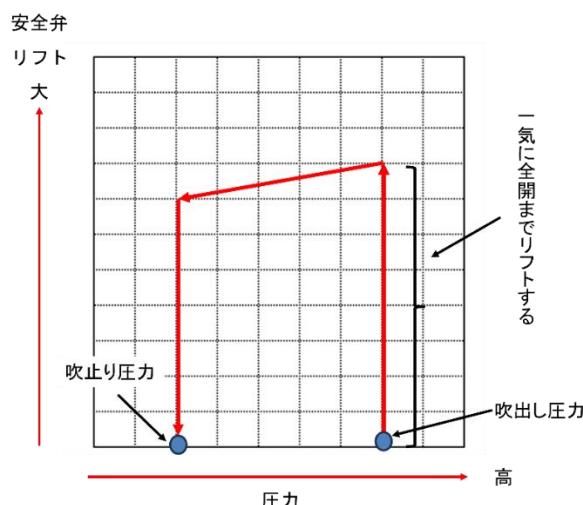


図 57. クリアポップ作動例

- 後引き

JIS 規格の用語の定義では明確な記載は無いが、バルブ初級研修テキスト/バルブ便覧において安全弁が吹出し後、吹止まりとなり完全に密閉に至るまでの状態と記載あり。

- 呼び圧力について

JIS B 8210:1986 までは P-T レーティング 110%未満として規定されていたが、現在では ISO 規格と整合性を取る為に改訂され、JIS B 8210:1986 の P-T レーティング表は無くなかった。製造者によって区分するとの変更になっている為、注意が必要。

※構造や各リフトの詳細等については初級研修テキスト又はバルブ便覧にてご確認下さい

- 公称吹き出し量 (JIS B 8210 引用)

安全弁の選定において使用する吹き出し量で、次のいずれかによって求められる。

※計算で算出される値。メーカーでは吹き出し量を型式毎に公開していることがあり、そちらを参考にして選ぶことが多い。

<公称吹き出し量>

- 測定された吹出し量×降格係数
- 理論吹出し量×吹出し係数×降格係数
- 理論吹出し量×公称降格吹出し係数
- 附属書 JA によって決定される吹出し量

● 理論吹出し量

安全弁の吹出し面積に等しい断面積をもつ理論的理想ノズルを流れる質量単位、又は容積単位で表す計算流量。

● 吹出し係数

試験によって求めた実際の吹出し量と、計算によって求めた理論吹出し量との比。

● 公称降格吹出し係数

公称吹出し量を算出するときに使用する吹出し係数であって、吹出し係数と降格係数との積で表した値。降格係数は、公称降格吹出し係数と吹出し係数との比で、通常 0.9 以下とする。

4. 選定方法

安全弁は使用用途や流体使用等によって仕様が大きく異なる為、基本的には安全弁メーカーへ必要事項を伝達の上で選定して貰うことが好ましい。下記は一般的な安全弁を選定する際にメーカーへの伝達すべき内容の一例を示す。

● 型式の選定

全量式：急激な圧力変化に対して一気に流体を放出する必要がある場合

揚程式：圧力変化に対して緩やかに流体の放出が必要な場合

● 設定圧力

安全弁の作動圧力の設定。安全弁が設置される機器の設計圧力または最高使用圧力を考慮する必要がある。

● 呼び径

使用する機器や配管サイズを元に呼び径を決める。ただし、警報用として用いられる場合は減圧弁サイズの 1~2 サイズ小さい呼び径を選定することがある。

● 流体の種類と温度

流体の物性値・性状・吹き出し温度によって、安全弁の構造や口径および使用材質を

選択する必要がある為、依頼する前に必ず抑えておく必要がある。

- 吹下り（圧力）

安全弁の設定圧力からどれくらい圧力が下がった場合に閉となる圧力で、機器の設計圧力や最高使用圧力を理解した上で設定する必要がある。設定が難しい場合はメーカーに使用条件やその他制約事項等を伝達して選定することを推奨する。

安全弁は圧力上昇に伴う機器の破損、人的・環境被害を防ぐ目的で設置される為、本資料だけでなく、バルブ便覧やバルブ初級研修、専門家等から正しい知識を得て選定願います。

スチームトラップ（バルブ便覧 pp.218-229）

1. 蒸気の基礎

1. 1 蒸気とは？

広辞苑では、蒸気は『物質が液体や固体の状態から蒸発したり昇華したりして気体になったもの』と定義している。しかし、この定義に従えば、身の回りのあらゆる気体が蒸気に該当することとなり、紛らわしい。そのためか、一般的には常温で気体ではない物質が気体になった状態が「蒸気」と呼ばれることが多い。その中でも日常会話の中で「蒸気」といえば、気体の H_2O 、すなわち水蒸気を指すのが一般的である。

蒸気は動力源として産業革命をもたらしたが今日、動力源の主流は内燃機関や電力に移行しており、動力源としての蒸気は主に発電所や工場での利用に限られている。現代において、蒸気の主な用途は加熱であるが、動力源としての蒸気も加熱源としての蒸気もその本質はボイラで発生させた水蒸気であることに変わりはない。

1. 2 蒸気の性質

大気圧下において水を加熱すると、水温が上昇し、 $100^{\circ}C$ に達すると沸騰が始まる。この沸騰に至るまでの温度上昇に必要な熱を「顕熱（けんねつ）」と呼び、大気圧下では $0^{\circ}C$ から $100^{\circ}C$ までの温度上昇に約 419kJ/kg の顕熱を要する（図 58）。

沸騰が始まった水（飽和水）をさらに加熱すると、水温は $100^{\circ}C$ を維持したまま蒸発が進行する。この飽和水と蒸気が混在した状態を「湿り蒸気（または、湿り飽和蒸気）」と呼ぶ。さらに加熱を続け、飽和水がすべて気体となった状態が「乾き蒸気（または、乾き飽和蒸気）」である。

飽和水が蒸発して蒸気に変化する際に必要な熱は「潜熱」と呼ばれ、この蒸発は大気圧下では約 2257kJ/kg の潜熱を必要とする。

蒸気システムにおいては、この潜熱を利用した加熱が一般的である。

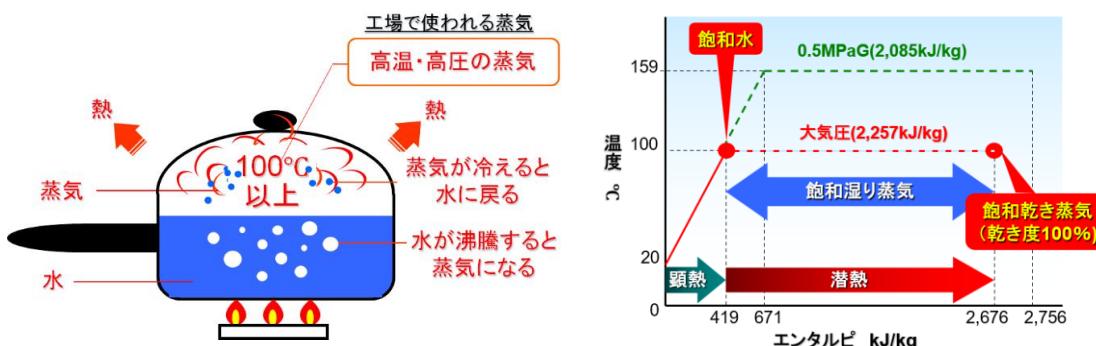


図 58. 大気圧下における水の状態変化

1. 3 産業界で熱源として蒸気が多く使われる理由

- 安定した温度で均一な加熱ができる ⇒ 品質向上
- 加熱速度が速く高い生産性が得られる ⇒ 生産性向上
- ドレン回収により再利用ができる ⇒ 低コスト化・省エネ性の向上

1. 3. 1 均一な加熱

ジャケット釜を例に、蒸気加熱と温水加熱の違い（図 59）を説明する。

蒸気加熱の場合、「圧力が一定であれば温度も一定」という特性がある。そのため、ジャケット釜の入口と出口において蒸気の温度差はほぼ生じない。このように加熱源の温度ムラがないことが、被加熱物を均一に加熱できるという利点につながる。一方、温水加熱の場合は、温水が持つ熱エネルギーを被加熱物に伝達する方式であるため、ジャケット釜の入口と出口において温水の温度差が生じる。これは加熱源に温度ムラが存在することを意味し、結果として被加熱物の加熱も不均一になる。

このように、蒸気を用いた加熱方法は、均一な加熱を実現し、製品の品質向上に寄与する。

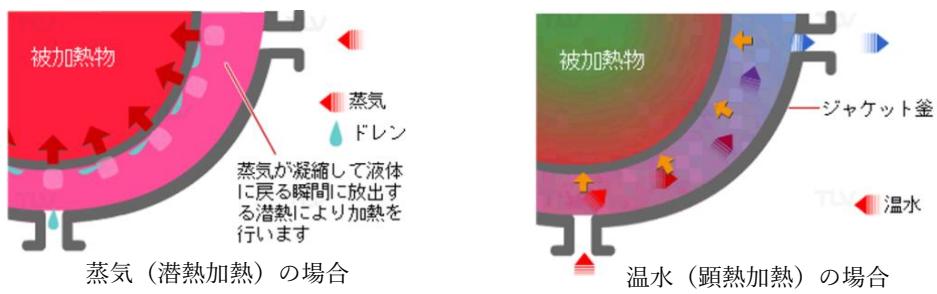


図 59. 加熱源の違い

1. 3. 2 加熱速度

蒸気は、気体から凝縮して液体であるドレンに変化する際、大量の熱量（潜熱）を放出し、素早く熱を伝えることができる。例えば、乾き飽和蒸気の潜熱は、同じ重さの飽和水の顯熱と比較して、5倍以上の熱量を有している。この熱量が凝縮の際に瞬時に放出される。

下図のような熱交換器においては、蒸気が熱を放出した後、凝縮して水（ドレン）に変化する。このドレンを速やかに排出し、蒸気システム（熱交換器など）を最適な状態で運転するためには、スチームトラップが必要不可欠である（※ドレン排出の必要性については、2. 1 項にて説明する）。

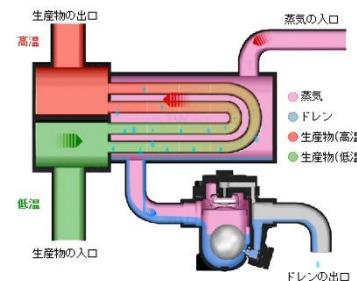


図 60. 蒸気を使用した熱交換器

2. スチームトラップの基礎

2. 1 ドレン排出の必要性～ドレンが引き起こす問題について～

2. 1. 1 機器の効率低下

伝熱面にドレンや空気が滞留すると、加熱効率（生産性）は著しく低下する。

装置内にドレンが溜まると、有効な伝熱面積が減少し、熱伝達の効率も悪化する。熱伝導率を比較すると、ドレンである水の値は炭素鋼の約1/90と極めて低く、熱を伝えにくい性質を有している。さらに、空気の熱伝導率は水よりも低いため、装置内に空気が残存すると、蒸気の熱が一層伝わりにくくなる。

したがって、蒸気の熱を効率的に利用するためには、ドレンおよび空気の確実な排除が不可欠である。

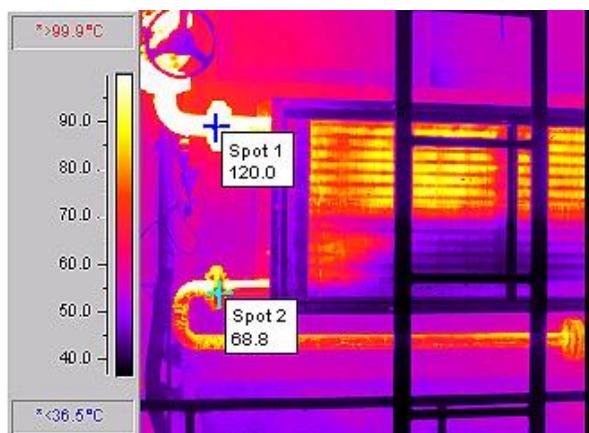


表 7. 物質の熱伝導率の例

物質名	熱伝導率 λ [W/(m · K)]
水	0.6
炭素鋼	50
銅	330
ステンレス鋼	16
空気	0.025

図 61. 热交換器の入口および出口配管表面温度
(Spot1：入口配管、Spot2：出口配管)

2. 1. 2 機器での加熱ムラ

ドレンが滞留すると、製品（生産物）の加熱ムラの原因となる。

蒸気加熱は潜熱を利用するが、ドレン（水）の状態では顯熱による加熱へと変わるために、時間の経過とともに温度が低下する。例えば、下図のようなジャケット釜（二重釜）において、蒸気で加熱されている部分の温度が飽和温度の120°Cであるのに対し、ドレンが滞留している部分の温度は95°Cまで低下することがある。この場合、25°Cもの温度差が生じ、釜の上下で加熱ムラが発生し、製品の品質に影響を及ぼす可能性がある。

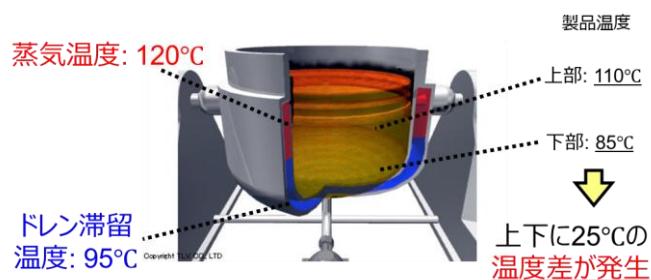


図 62. ジャケット釜による加熱

2. 1. 3 ウォーターハンマ

ウォーターハンマとは、ハンマで配管を叩くような衝撃音と振動が発生する現象を指す。このウォーターハンマには、主に二つの発生原因がある。

一つ目は、ドレンが塊となって発生するケースである。蒸気の流速はドレンよりもはるかに速く（例：ドレンの流速が2~3m/sに対し、蒸気の流速は30m/s）、高速の蒸気がドレンを巻き込み、塊状にして流動させる。また、配管下部に滞留していたドレンが蒸気に押され、大きな塊となって配管やバルブに衝突することでもウォーターハンマが発生する。

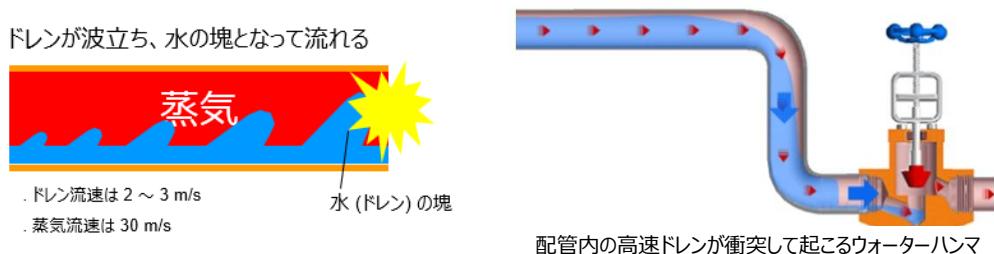


図 63. ドレンの塊によるウォーターハンマの発生

二つ目は、蒸気の急激な凝縮によるものである。高温の蒸気が低温の環境に流入すると、急激に凝縮して体積が約1/1600にまで収縮する。この体積減少により局所的な圧力低下が生じ、周囲のドレンが引き寄せられ、ドレン同士が激しく衝突することでウォーターハンマが発生する。

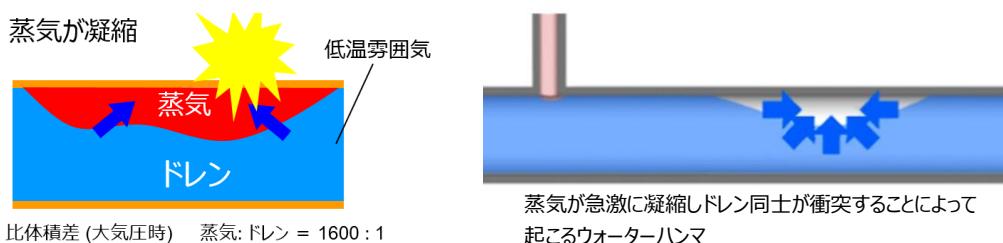


図 64. ドレンの凝縮によるウォーターハンマの発生

ウォーターハンマが発生すると、瞬間的に10MPaを超える大きな衝撃力が発生し、配管、バルブ、フランジなどの設備を破損させる危険性がある。

2. 2 スチームトラップの種類

スチームトラップは作動原理によって大きく3種類に分類される。

表に作動原理と分類されるスチームトラップを示す。

表 8. スチームトラップの分類

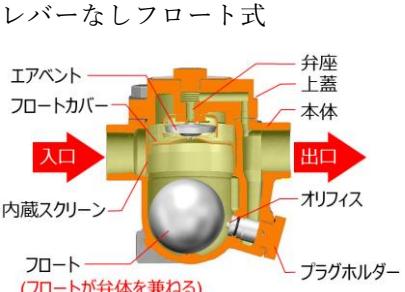
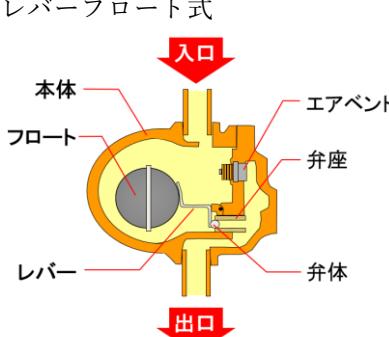
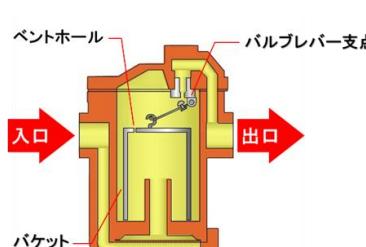
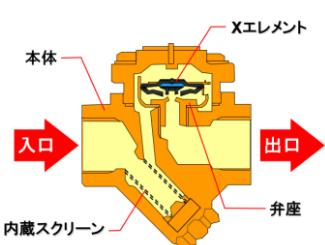
メカニカルトラップ（蒸気とドレンの密度差）	
 <p>レバーなしフロート式</p>	<p><特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> 複雑な機構を持たないため、構造がシンプル。 二次側の圧力が高くても圧力差があれば排出が可能 大容量の場合、比較的ボディが大きくなる。 取付け方向に制限がある。 <p>【主な使用用途：蒸気輸送配管用、蒸気使用装置用】</p>
 <p>レバーフロート式</p>	<p><特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> レバーなしフロート式とほぼ同様な特徴をもつ。 レバーによる「てこの原理」で開弁力が拡大されるので、大きな弁口を開閉でき、大容量のドレンにも 対応できる。 一方、レバー機構のためボディが大きくなることがある。
 <p>下向きバケット式、上向きバケット式</p>	<p><特徴></p> <ul style="list-style-type: none"> 蒸気とドレンの密度差で作動するので、背圧の影響を受けない。 ドレンの滞留と排出を繰返す間欠的な作動によって、作動状態の正常・異常を判別しやすい。 バケットを浮上させて閉弁を維持するために、常時 最小限のドレンが必要。 スチームロッキング/空気障害からの自動復旧が可能。

表8. スチームトラップの分類（続き）

サーモスタティックトラップ（蒸気とドレンの温度差）

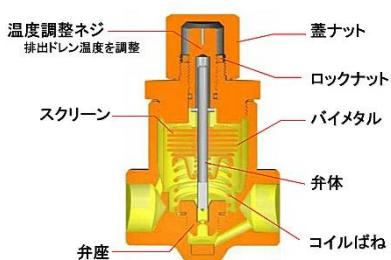
ダイヤフラム式



<特徴>

- 飽和温度より低い温度でドレン排出するため、作動時の蒸気の巻込みがない。
- 部品点数が少なく、保守点検が容易。
- コンパクトで、機器・装置への取付けに適している。
- 一機種で低圧域から高圧域まで広範囲に使用可能である。これにより予備品の在庫が削減できる。

バイメタル式



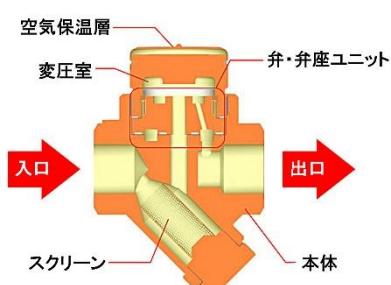
<特徴>

- 開閉弁温度を外部から調整でき、用途や圧力に応じた設定が容易にできる。
※ただし、蒸気圧力により開閉弁温度が変わるために最適な使用を行うには、使用圧力に応じた開閉弁温度の設定が必要。
- バイメタルの作動が緩慢なため開閉弁温度を飽和温度近くにすると蒸気漏れが発生しやすく、反対に飽和温度よりも低くしそぎるとドレン滞留が生じる。
- 弁を出口側に配した構造では閉弁力が小さく、確実な閉弁が確保しにくい。
- スチームトレースではドレンの顯熱利用が図れる。

【主な使用用途：スチームトレーシング用】

サーモダイナミックトラップ（蒸気とドレンの熱力学的特性）

ディスク式



<特徴>

- 可動部品がディスク弁だけの簡単な構造で、小型軽量、また比較的安価。
- 耐温・耐圧が高く、高温・高圧用とウォーターハンマーに強い。
- 作動原理上、閉弁時に蒸気の流出を伴うので蒸気の漏洩が比較的多い。
- 外気温度や雨天などの気候や背圧の影響を受けやすい。
- 間欠作動するためドレン滞留の恐れがある。
- 変圧室に不凝縮ガスが入ると開弁できなくなる。空気障害を起こす恐れがある。
- 一機種で低圧域から高圧域まで広範囲に使用可能である。これにより予備品の在庫が削減できる。

3. スチームトラップの選定

選定においては以下の項目を確認すべきである。

- スチームトラップの用途
- 蒸気使用装置の名称
- 蒸気圧力、蒸気温度
- スチームトラップの出口圧力（背圧）
- スチームトラップの作動圧力差
- ドレン発生量（最大時・通常時）
- スチームトラップの接続口径、接続方式
- スチームトラップの本体材質

3.1 用途別選定の基本

※本資料の選定例は一般的な参考情報である。用途や使用条件、メーカーにより最適な型式は異なる場合があるため、個別の条件に応じて各メーカーの技術資料や担当者に確認のうえ、選定を行うこと。

表 9. スチームトラップの用途別選定について

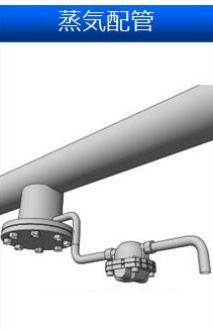
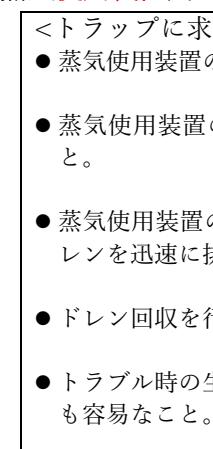
蒸気輸送配管用	<選定可能な製品>	
	<トランクに求められる機能>	<ul style="list-style-type: none">● ウォーターハンマを防止するためにドレンを時間遅れなく排出できること。● 初期の立ち上げ時間を短くするために初期空気と初期の大量のドレンを迅速に排出できること。● 通常運転では放熱による僅かなドレン発生量になるので少量のドレンでも高いシール性を有すること。
	<u>フロート式トラップ</u>	<u>温調式トラップ</u>
	<注意が必要な選定>	
	乾き度の低下やドレン滞留による ウォーターハンマ発生のリスク	
蒸気使用装置用	<選定可能な製品>	
	<トランクに求められる機能>	<ul style="list-style-type: none">● 蒸気使用装置の加熱効率を最大限に発揮させるためにドレンを遅滞なく迅速に排出すること。● 蒸気使用装置の伝熱面の温度を均一にして加熱ムラを防止するためにドレンを滞留させないこと。● 蒸気使用装置の立ち上げ時間、バッチ時間を短くするために初期空気と初期の大量に発生するドレンを迅速に排出できること。● ドレン回収を行なうことが一般的なため背圧の影響を受けにくいくこと。● トラブル時の生産停止を最小限にするために信頼性が高く、長寿命であり、故障時のメンテナンスも容易なこと。
	<u>フロート式トラップ</u>	<u>温調式トラップ</u>
	<注意が必要な選定>	
	乾き度の低下やドレン滞留による ウォーターハンマ発生のリスク	

表9. スチームトラップの用途別選定について（続き）

スチームトレーシング用						
 <p>トレース</p> <p><トラップに求められる機能></p> <ul style="list-style-type: none"> ● トレース母管内の流体や計器の温度維持のために必要以上にドレンを滞留させないこと。特に高温用ではドレン滞留させない。 ● スチームトラップが詰まっても容易にメンテナンスができること。 ● 計装トレースなどは銅チューブを使用するため、軽量で取り付け方向に制約を受けないこと。 ● 100°C以下の低温加熱の場合には顯熱を利用できるようにドレン排出温度を調整できること。蒸気使用装置の加熱効率を最大限に発揮させるためにドレンを遅滞なく迅速に排出すること。 						
<p>高温トレース用 (※トレース部の温度を100°C以上、蒸気の飽和温度近くに保つ)</p> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><選定可能な製品></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><注意が必要な選定></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><u>フロート式トラップ</u></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><u>温調式トラップ</u></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">加熱温度ムラや温度不足発生の恐れ</td> </tr> </table>	<選定可能な製品>	<注意が必要な選定>	<u>フロート式トラップ</u>	<u>温調式トラップ</u>	加熱温度ムラや温度不足発生の恐れ	
<選定可能な製品>	<注意が必要な選定>					
<u>フロート式トラップ</u>	<u>温調式トラップ</u>					
加熱温度ムラや温度不足発生の恐れ						
<p>低温トレース用 (※トレース部の温度を100°C以下の低温に保つ=ドレン排出温度の調整が必要)</p> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><選定可能な製品></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><u>温調式トラップ</u></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">※注意点として、温調式トラップは被加熱物の温度調整はできない。 調整できるのは、温調トラップから排出されるドレンの温度であることに注意！</td> </tr> </table>	<選定可能な製品>	<u>温調式トラップ</u>	※注意点として、温調式トラップは被加熱物の温度調整はできない。 調整できるのは、温調トラップから排出されるドレンの温度であることに注意！			
<選定可能な製品>						
<u>温調式トラップ</u>						
※注意点として、温調式トラップは被加熱物の温度調整はできない。 調整できるのは、温調トラップから排出されるドレンの温度であることに注意！						

3. 2 排出流量と安全率

適正なドレン排出能力を有するスチームトラップを選定するためには、発生ドレン量の最大値を求めるとともに適切な安全率を適用する必要がある。

安全率とは、ドレン発生量の理論計算値と実際との差異や、ドレン発生量の変動に対して、スチームトラップのドレン排出能力に余裕を持たせるためのものである。

この安全率が必要とされる理由は、排出能力表に示された数値と、実際の運転時におけるドレン排出量との間に差が生じるためである。また、トラップの作動方式に関わらず、安全率を確保しておくことには重要な意味がある。

その意味とは、計画以上のドレンが発生した場合でも、装置の運転に対する影響を最小限に抑えることである。例えば、仕込み時の被加熱物の温度が想定より低かった場合や、目標温度までの昇温時間が短縮された場合には、ドレン発生量は増加する。このような変動に対応するために安全率を設ける必要がある。

特に、間欠作動であるディスク式やバケット式のトラップにおいては、安全率の確保が重要である。カタログ等に記載された排出能力は、連続的なドレン排出を前提としたグラフで示されている。間欠作動のトラップは、ドレン排出後に閉弁し、再びドレンが溜まってから開弁するため、カタログ通りの排出能力を發揮することはない。したがって、実際の蒸気使用量に安全率を乗じた値以上の排出能力を持つトラップを選定する必要がある。

なお、スチームトラップの種類別に考慮すべき安全率については、以下の表に示す。

表 10. 各スチームトラップにおける安全率

種類	安全率
フロート式	1.5～2.0
バケット式	2.0～3.0
ダイヤフラム式	2.0～5.0
バイメタル式	3.0～5.0
ディスク式	2.0～3.0

4. スチームトラップの設置上の注意点

4. 1 スチームトラップの入口管

スチームトラップは自力でドレンを引き込む機能を持たないため、ドレンが自然に流れ込みやすいよう、適切な配管設計を行う必要がある。具体的には、以下の点に留意して配管および設置を行うこと。

- ドレン溜まりを防止するため、スチームトラップは配管の最下部に設置すること。
- ドレン取り出し口にできるだけ近い位置に設置すること。
- ドレン抜き管は、適切な配管径を選定し、曲がりを少なく配管すること。
(配管内の蒸気とドレンのスムーズな入れ替えを目的とする)
- 入口管に立ち上がり配管を設けることは避けること。
- 入口管は可能な限り大口径とし、曲がりを少なく配管すること。

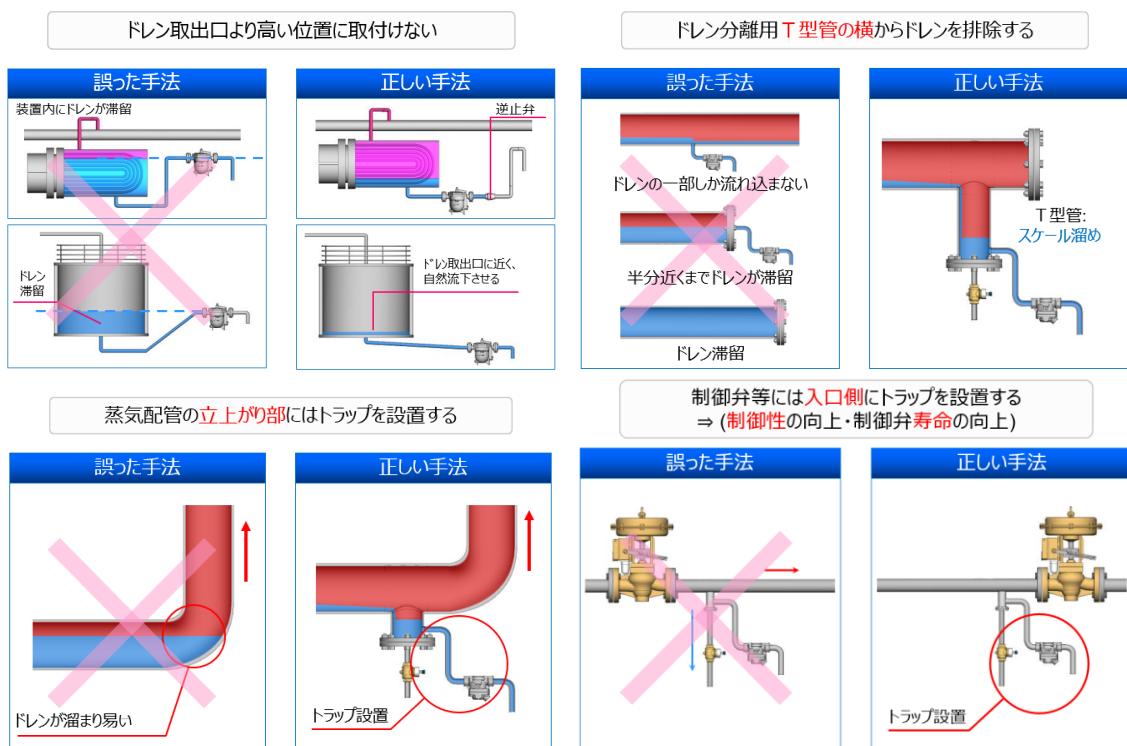


図 65. スチームトラップの設置上の主な注意点

4. 2 スチームトラップの出口配管

スチームトラップの出口配管においては、背圧の低減とドレンの逆流防止策が重要である。以下の点に留意して配管および設置を行うこと。

- 出口配管は、可能な限り大口径とし、曲がりを少なくすること。
- 出口配管を立ち上げる場合や、ドレン回収配管に接続する場合には、スチームトラップの出口側に逆止弁(チャッキバルブ)を設置し、ドレンの逆流を防止すること。
- 出口配管の排出口は、ドレン回収槽などの水面下に浸からないように処理すること。

4. 3 バイパス管

バイパス管とバイパス弁は、主に以下の目的で設置するものである。

- 早期立ち上げ

通気開始時にバイパス弁を開放することで、配管内の空気および初期ドレンを迅速に排出し、装置の立ち上がり時間を短縮することができる。

- 配管清掃

新設配管時にバイパス管を介して、スケールのブロー作業を実施することで、スチームトラップへの異物混入を防止し、故障のリスクを低減することができる。

- メンテナンス性向上

スチームトラップが故障した場合においても、バイパス弁から一時的にドレンを排出することにより、蒸気使用装置等の運転を停止させることなく、スチームトラップの修理や交換作業を実施することが可能である。

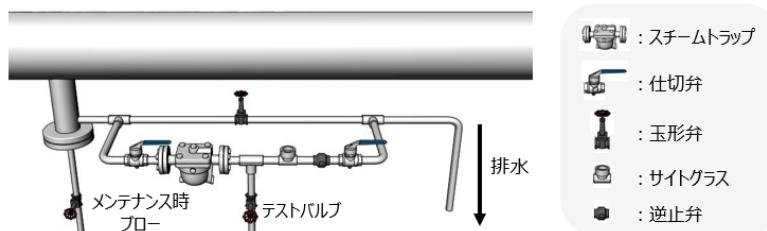


図 66. メンテナンス時のフローについて

4. 4 グループトラッピング

複数の装置に対して 1 つのトラップでドレンを排出する「グループトラッピング」は避けるべきである。下図に示す装置を例にすると、グループトラッピングを行った場合、ドレンが配管内に滞留し、出口側の被加熱物の温度が不安定になるのみならず、ウォーターハンマが発生して熱交換器を破損させるおそれがある。

一方、各装置に個別のスチームトラップを設置することで、装置ごとの圧力変動の影響を受けることなく効率的にドレンを排出でき、被加熱物の温度を安定させるとともに装置の破損リスクを低減することができる。



図 67. グループトラッピングについて

給水装置と給水用具（バルブ便覧 pp.251-325）

1. はじめに

水道には上水道と下水道とがあり、人の飲用を含む生活用水を供給するのは、上水道である。水源で取水し、貯水・導水・浄水・放水・配水および給水の過程を経て、需要者に供給される。

そこで使用されるバルブは、飲料水を扱うので、水道用として特有の規定がなされている。本章では、上水道で使用されるバルブについて主に水道の末端に設置される「給水栓」と主に地中に埋設されて設置される「給水装置用バルブ」の説明を行う。

2. 給水装置

給水装置とは、水道用配水管から分岐した給水管及びこれに直結した給水用具（バルブ・継手など）の末端までの装置（図 68）と定義されている。具体的には配水管に取り付けられたサドル付分水栓などの分岐用具から各戸の給水栓末端までが給水装置と捉えられている。

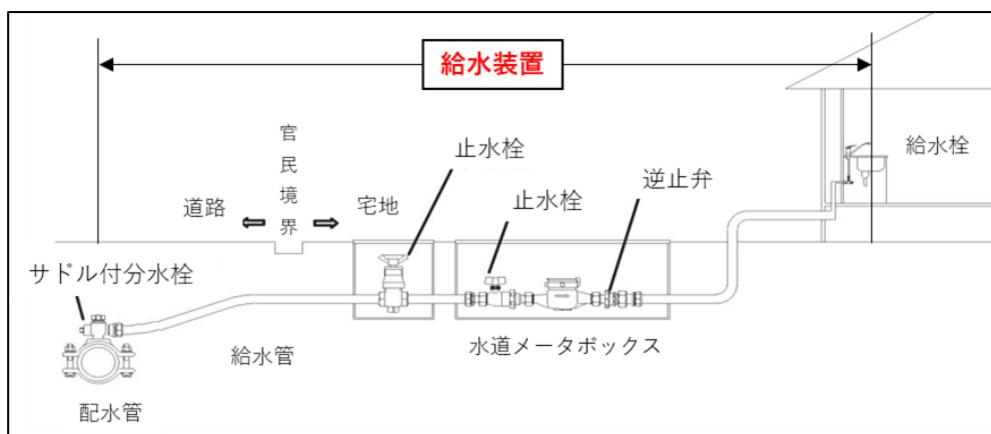


図 68. 給水装置の範囲

2. 1 規格と基本性能

給水用具の基準は、水道法施行令第 5 条の“給水装置の構造及び材質に関する基準”によって、平成 9 年厚生省令第 14 号にその基本性能基準 7 項目が定められている。さらに、JIS S 3200 に性能 7 項目の試験方法が規定されている。

給水用具は、基本性能 7 項目のほか、個々の器具の個別性能、機能などをさらに詳細に規定した製品規格、仕様書がある。通常これらの器具個別性能は、その器具の特性によって ISO・JIS・JWWA・JV などの規格や、水道事業者・製造業者の独自規格、仕様書などによって規定されている。また、器具の個別性能は、これらの規格を入手して確認することができる。

2. 2 使用条件

- ・使用流体：器具に使用する流体で、水道水をいう。
- ・常温：JIS Z 8703 20°C±15°C
- ・使用圧力：給水用具の使用圧力は、0.75 MPa 以下とされている場合が多い。

2. 3 選定

水道事業体（水道局など）ごとに仕様が異なるため、各事業体の仕様に従う。

2. 4 主要な給水用具と設置例

図69、70は戸建住宅と集合住宅の給水装置の概要である。給水装置に使用されるバルブは、配水管から末端までの流れに沿ってサドル付分水栓、止水栓、逆止防止弁、減圧式逆止防止器、減圧弁、給水栓などで構成される。

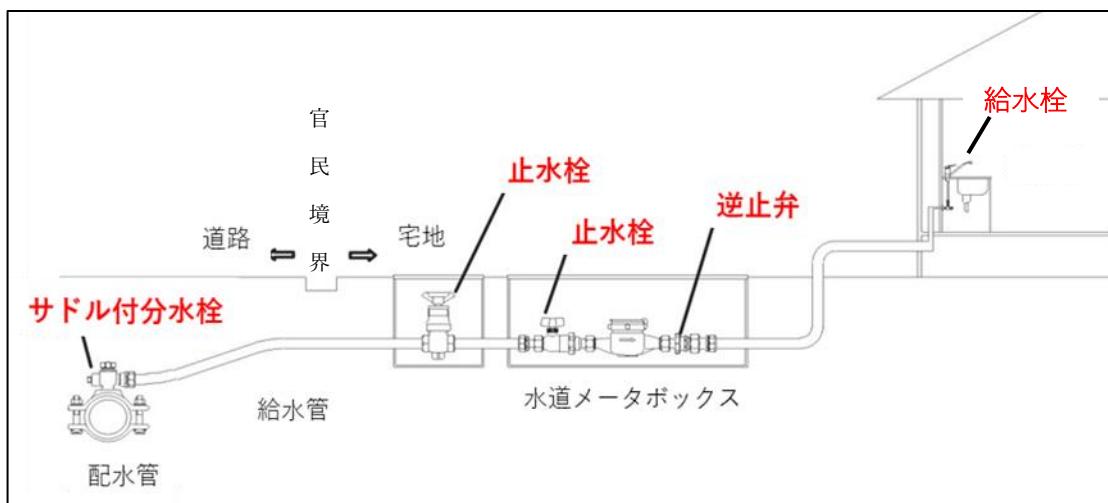


図 69. 戸建住宅の配管例

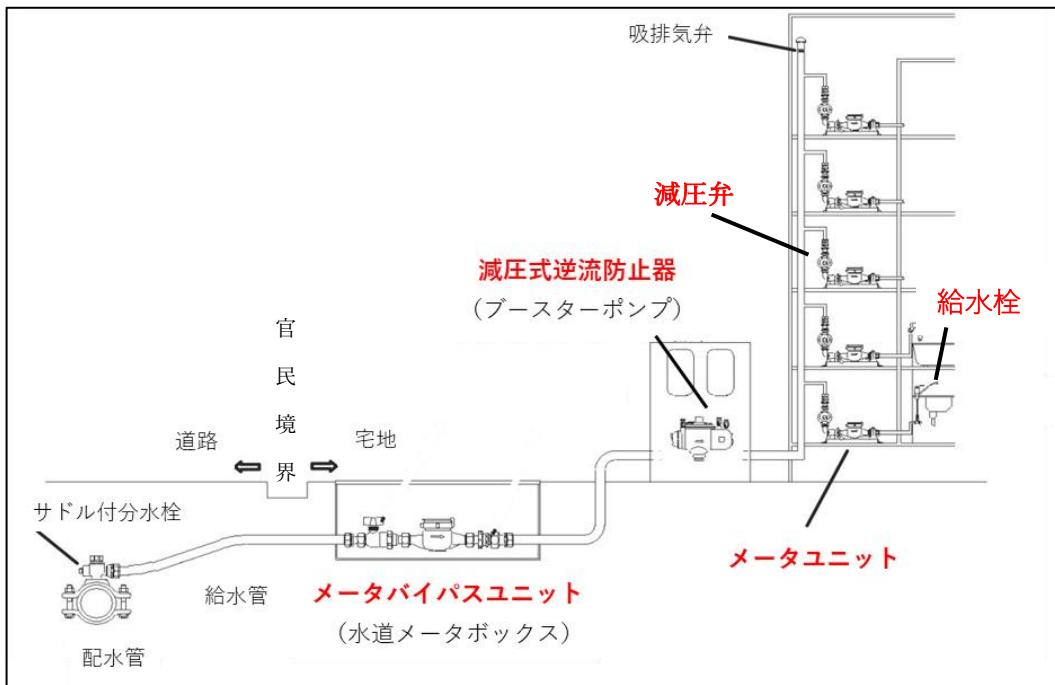


図 70. 集合住宅の配管例

3. 給水栓

3. 1 種類・構造・作動原理

3. 1. 1 給水栓の種類

この項では、給水栓にはどんな種類があるのか、また、各々の給水栓はどのような構造でどのように作動するのかを写真や図を用いて説明する。

図 71 は一般的な戸建住宅で、給水栓が設置されている場所を示している。1階では、浴室・台所・洗面所・トイレに、2階ではトイレに単水栓や湯水混合水栓等の給水栓が設置されている。また、屋外にも水栓柱がある。

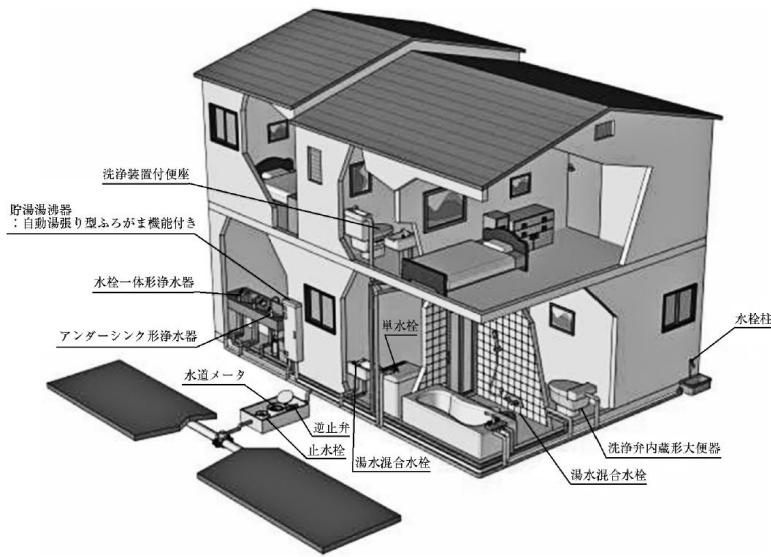


図 71. 家庭における給水栓

図 72 に主な給水栓の種類を示す。湯水混合水栓については、その機能から 4 種類に分類される。

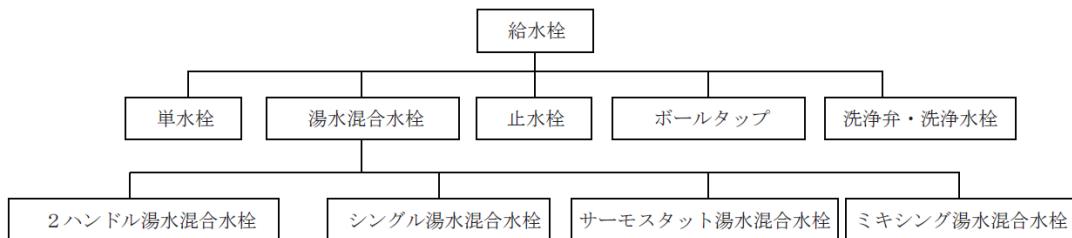


図 72. 給水栓の種類

3. 1. 2 給水栓の構造と作動原理

止水構造・温度調整の種類として、コマ式・セラミック式・カム式・SMA 式などがある。特に SMA 式は圧力変動による急な熱湯となることを防止するため、浴室用で採用される。

① 単水栓

単水栓は、水あるいは湯だけの吐水・止水に用いる給水栓であり、トイレの手洗いや洗濯機用水栓などに用いられる。一般的な単水栓（図 73、74 は横水栓）の部品の名称を図 73 に、構造と作動原理を図 74 に示す。



図73. 単水栓の各部の名称

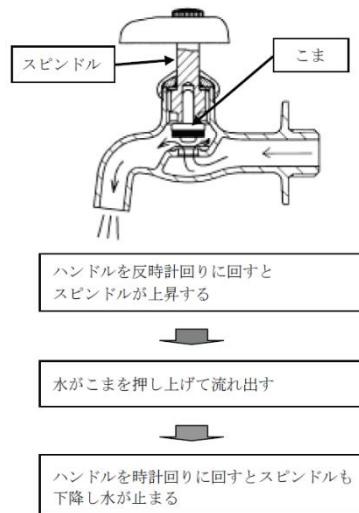


図74. 単水栓の構造と作動原理

② 2ハンドル湯水混合水栓

湯水混合水栓は、水と湯を混合して使用する構造の給水栓である。図75に2ハンドル湯水混合水栓の各部の名称を示す。図76は、2ハンドル湯水混合水栓のシャワーバス切替水栓の構造と作動手順であり、水側シート、湯側シートを通過した水と湯は混合室で混合され、切替ハンドルを操作することでシャワーと吐水口を選択することができる。

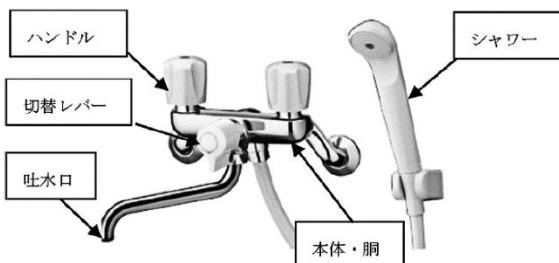


図75. 2ハンドル湯水混合栓の各部の名称

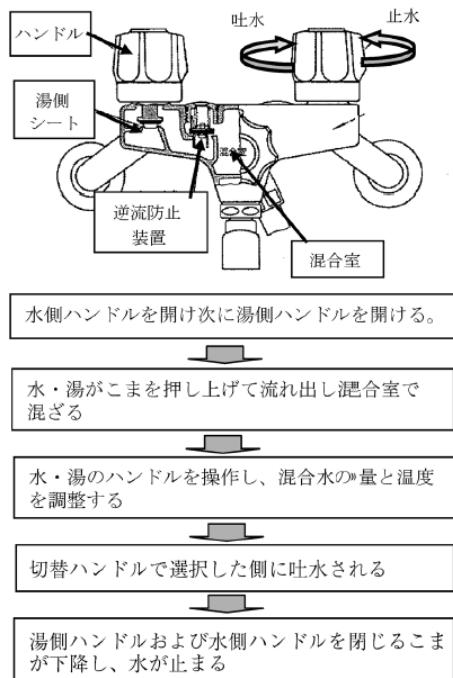


図76. 2ハンドル湯水混合栓の作動原理

③ シングル湯水混合水栓

シングル湯水混合水栓は1本のレバーハンドルで吐水・止水、吐水量の調整、吐水温度の調整ができるため、2ハンドル湯水混合水栓と比べて操作性が非常に良い。図77に各部の名称を、図78に作動原理を示す。1本のレバーハンドルでの操作を可能にしている構造がシングルのバルブ部であるシングルカートリッジであり、2枚のセラミックディスクに開いた穴の位置関係を変えていくことで吐水・止水、吐水量の調整、吐水温度の調整を行っている。この動きについて図79に示す。

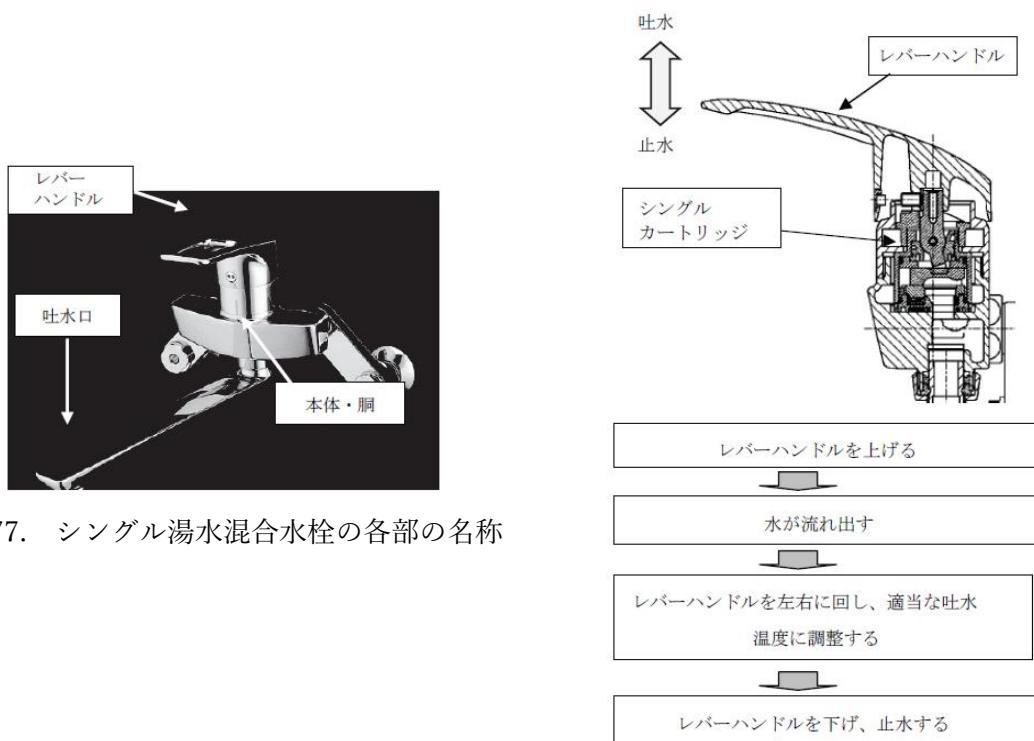


図77. シングル湯水混合水栓の各部の名称

図78. シングル湯水混合水栓の作動原理

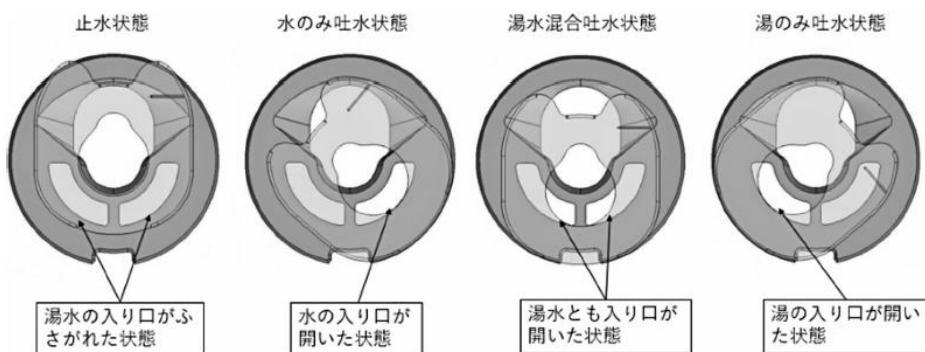


図79. シングルカートリッジのセラミックディスクの動き

また、従来の水栓においては、よく使われるレバー中央部での吐水は湯水が混ざって出るため、湯を必要としない場合でも意図せず給湯機が作動してガスや電気を無駄に消費していた。

節湯型は、図 80 のようにレバー中央部から右側は水だけができる構造とし、無駄な消費を抑制できる。

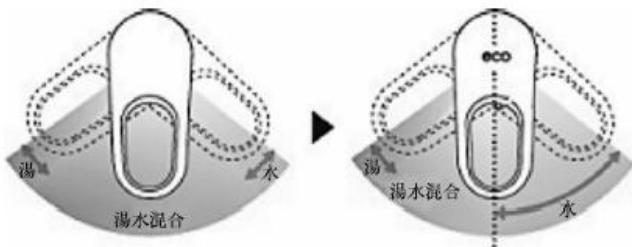


図 80. 節湯型シングルレバー水栓のハンドル動作の例

④ サーモスタット湯水混合水栓

サーモスタット湯水混合水栓は温度調整ハンドルの目盛りをあわせることで安定した吐水温度を得られるため、特に浴室のシャワー水栓で多く用いられている。各部の名称と作動原理を図 81 に示す。

温度を安定させるためにサーモスタットバルブには湯水の温度変化に伴いリニアに伸縮あるいは発生力が変化する感温部とそれに追従して動くバルブから構成された自動温度調整機構が内蔵されている。感温部については、従来ワックス式が主流であったが、現在は形状記憶合金ばね (SMA ばね) 式が主流となっているが、本書ではその説明は割愛する。



図 81. サーモスタット湯水混合水栓の名称と作動原理

湯水混合水栓の説明の最後にそれぞれの特徴を表 11 にまとめる。

	2ハンドル湯水混合水栓	シングル湯水混合水栓	サーモスタッフ湯水混合水栓
温度調整	△2つのハンドルで調整するので難しい	○レバーハンドル1本で調整できるため容易	○自動温度調整するので、簡単・確実
安全性	△水圧・水量の変動などにより温度変化が大きい	△水圧・水量の変動等により温度変化が大きい	○水圧・水量の変動などによる温度変化は少ない
操作性	△温度調整・流量調整が難しい	○レバーハンドル1本で温度調整・流量調整できる	○温度調節と流量調整が別ハンドル操作
吐水量	○2つの開閉バルブだけなので通水抵抗が小さい	△流量調整・温度調整を一つのバルブで行うため抵抗が大きい	○サーモスタッフバルブの通水抵抗がある。
使用最適場所	洗面・浴室	台所・洗面	浴室・シャワー室

表 11. 湯水混合水栓 各タイプの特徴比較

- ・2ハンドル湯水混合水栓は、見た目で操作手法が分かりやすいため、ホテル等の不特定多数が使用する場所で多く用いられる。
- ・シングル湯水混合水栓は、1本のレバーハンドルで吐水・止水、吐水量の調整、吐水温度の調整ができ、ハンドルを握らなくても操作できるなど操作性が非常に良く、頻繁に操作する台所や洗面所での使用に適している。
- ・サーモスタッフ湯水混合水栓は、温度調整ハンドルで温度設定することにより安定した吐水温度を得られるため、浴槽へのお湯張りや急な温度変化による火傷防止の観点からもシャワー水栓で多く用いられている。

⑤ 電気開閉式水栓

電気開閉式水栓は一般的に自動水栓と呼ばれ、水栓に組み込まれたセンサが人の手を感じて吐水・止水を自動的に行う水栓で、給水栓に手を触れずに手洗いができるため衛生的であり、且つ吐水し続けることが無いため特に公共のトイレなどで設置されていることが多い。図 82 に洗面器に設置した状態と各部の名称を示す。図 83 に構造と作動原理を示す。

バルブはダイヤフラム弁を電磁石で操作する電磁弁を用いている。センサは、赤外線の光電センサが使われることが多い。特に流量調整機構を設けず、定流量弁で吐水量を決まった値に制御している。

センサが手を感じている時だけ吐水することと、定流量弁を設けてすることで節水効果があり、衛生性と併せて大きな特徴となっている。

センサや電磁弁の電源は、DC タイプ・AC タイプに加えて水流で発電する自己発電タイプがある。自己発電タイプはセンサや電磁弁の開閉に必要な電気を発電してまかうので電源や電池交換が必要ない。



図 82. 電気開閉式水栓の各部の名称

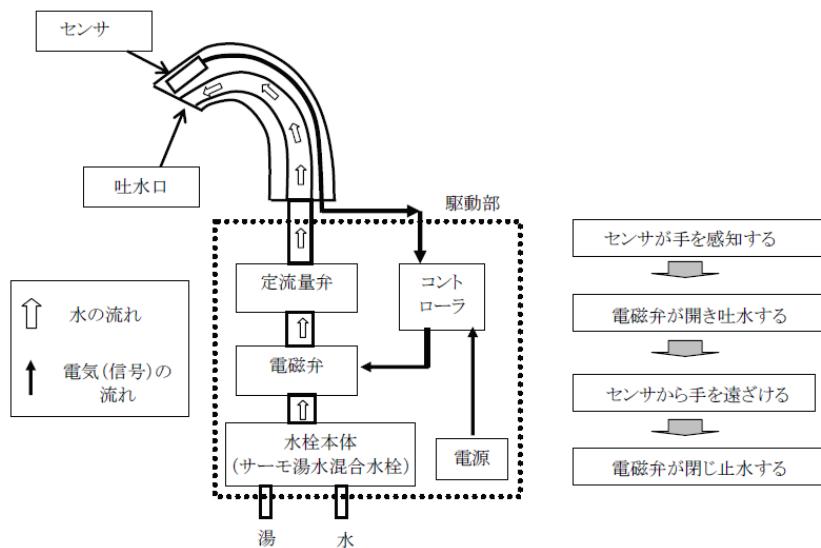


図 83. 電気開閉式水栓の構造と作動原理

⑥ ボールタップ

ボールタップは浮玉（フロートとも呼ぶ）の浮力をを利用して一定の水位で自動止水するバルブであり、トイレのロータンク（図 84）の内部によく使われている。

ボールタップが設置されるロータンクの作動原理は、ロータンクの横のレバーハンドルを回すと水が流れ汚物を流し、ロータンクの水が流れ終わると排水弁が閉まり自動的にタンクに水が溜まる。浮玉は、ロータンク内の水面に浮いているため水位が下がると浮玉も下がり、水位が上がると浮玉もあるが。ボールタップはこの浮玉の動きを利用してバルブの開閉を行う給水栓である。JIS B 2061 横形ロータンク用ボールタップ、立形ロータンク用ボールタップ、横形ボールタップの種類がある。また、トイレの洗浄タンクに使用される小口径のものから受水槽等に使用される大口径のものがあり、水を一定量貯めるために使用する。

ボールタップは構造から単式及び複式に分けられ、複式は単式よりも高圧、大口径に適している。近年の一般家庭用のトイレでは、パイロット弁を用いたダイヤフラム構造で止水するボールタップが普及し、止水時水位の精度向上やボールタップの小型化が進んでい

る。図 85 にダイヤフラム式ボールタップの各部の名称と作動状態及び代表的な構造を示す。また図 86 にトイレ以外の使用用途として受水槽の構造を示す。

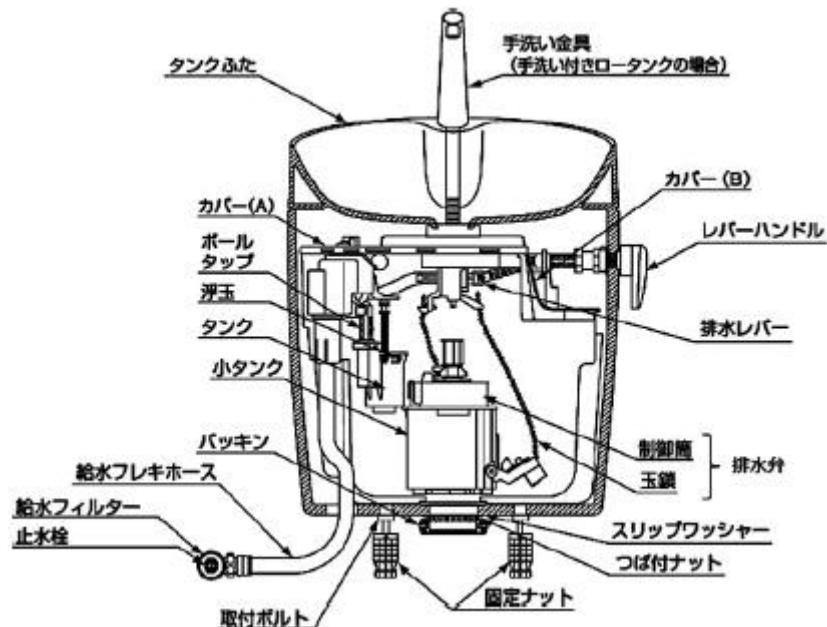


図 84. ボールタップとロータンクの構造と名称

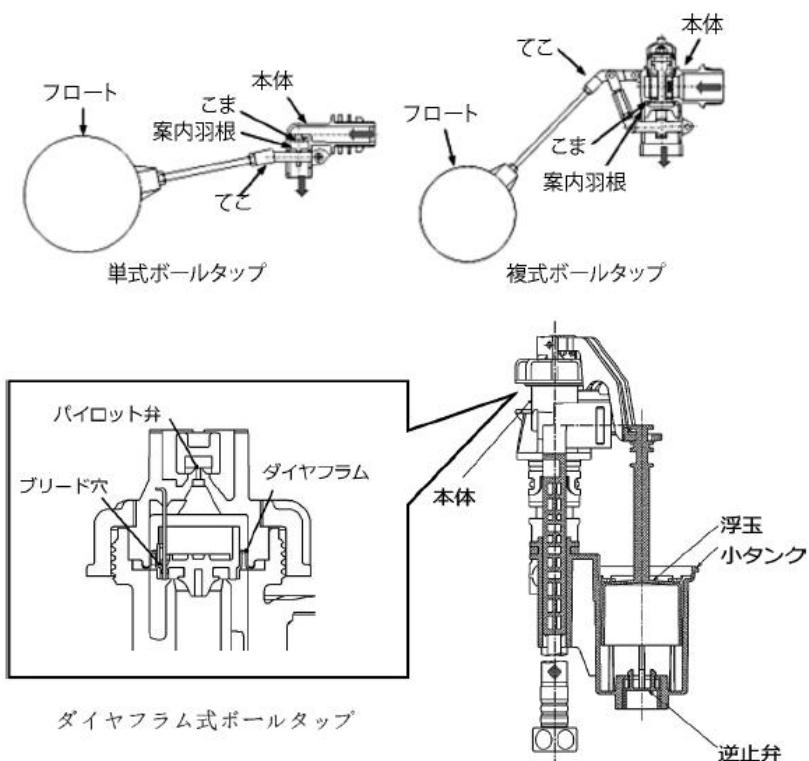


図 85. 代表的なボールタップの構造

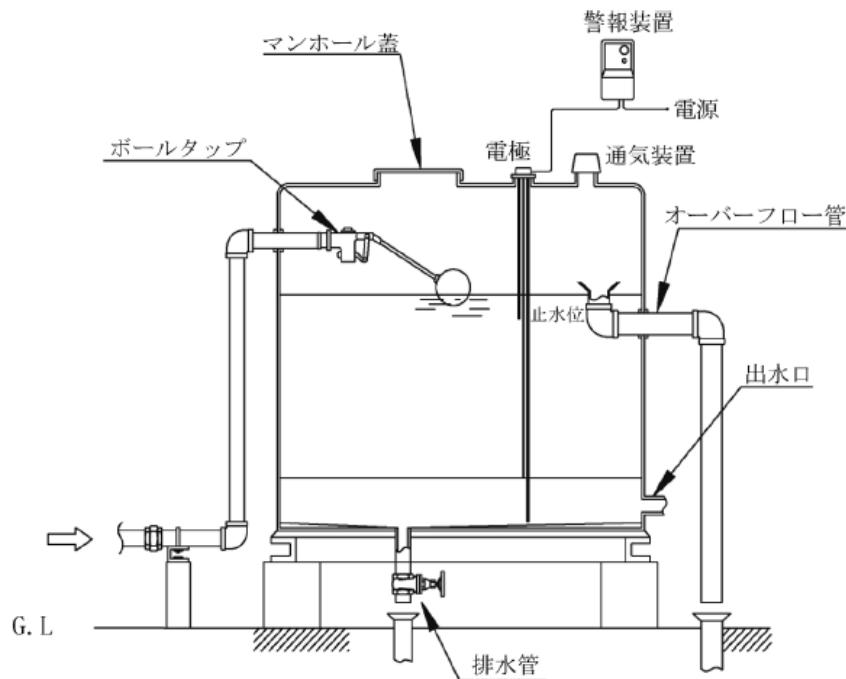


図 86. ボールタップの受水槽の構造

⑦ 洗浄弁

洗浄弁は、一般的にフラッシュバルブと呼ばれており、大便器用と小便器用に分類され主に公衆トイレで使用されている。公衆トイレにおいては、多人数が連続してトイレを使用できるようにするために、ロータンクではなく貯水時間がかかるない水道直結のフラッシュバルブが普及している。

図 87 にフラッシュバルブの各部の名称を、図 88 にフラッシュバルブの作動原理を示す。レバーハンドルを押すと心棒が傾き圧力室の水が抜ける一定量の水が排水管をとおり便器に流れ汚物を流す。レバーハンドルを戻すと心棒の傾きが戻り、圧力室に小穴から流入した水が充満され自動的に水が止まる。流量調節ねじを回すことでバルブの移動量が変化し、洗浄 1 回分のトータル流量を調節することができる。

排水管は便器と直結しているため、バキュームブレーカを設置することが義務付けられている。バキュームブレーカは、水が流れているときは水圧でシートが閉まり、水が流れていない状態ではシートは開いている。

近年、衛生性を考慮し非接触で自動吐水、止水する電気式のフラッシュバルブが普及している。図 89 に電気式フラッシュバルブがセットされた状態を示す。便器に着座したことを感知する着座センサと用をたした後、水を流すことができる手かざしセンサを設けている

図88の手動式のフラッシュバルブでは、レバーハンドルを押すことにより圧力室の水を抜く構造であったが、電気式の場合は電磁弁を用いて圧力室の水を抜く構造となっている。手かざしセンサが手を感じると電磁弁が開き圧力室の水が抜け便器に水が流れる。電磁弁が閉じれば、手動式フラッシュバルブと同じく、圧力室に小穴から水が浸入し一杯になるとバルブが閉じる構造になっている。

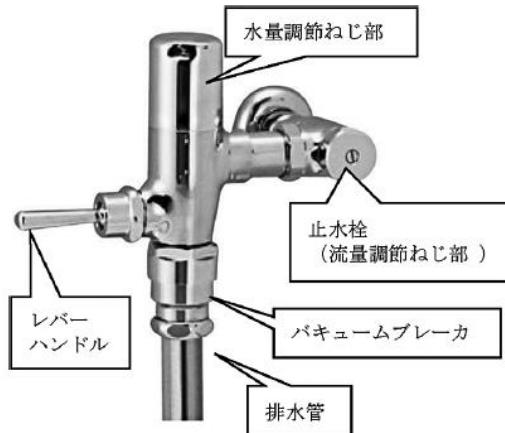


図87. フラッシュバルブの各部の名称



図89. 電気式フラッシュバルブ

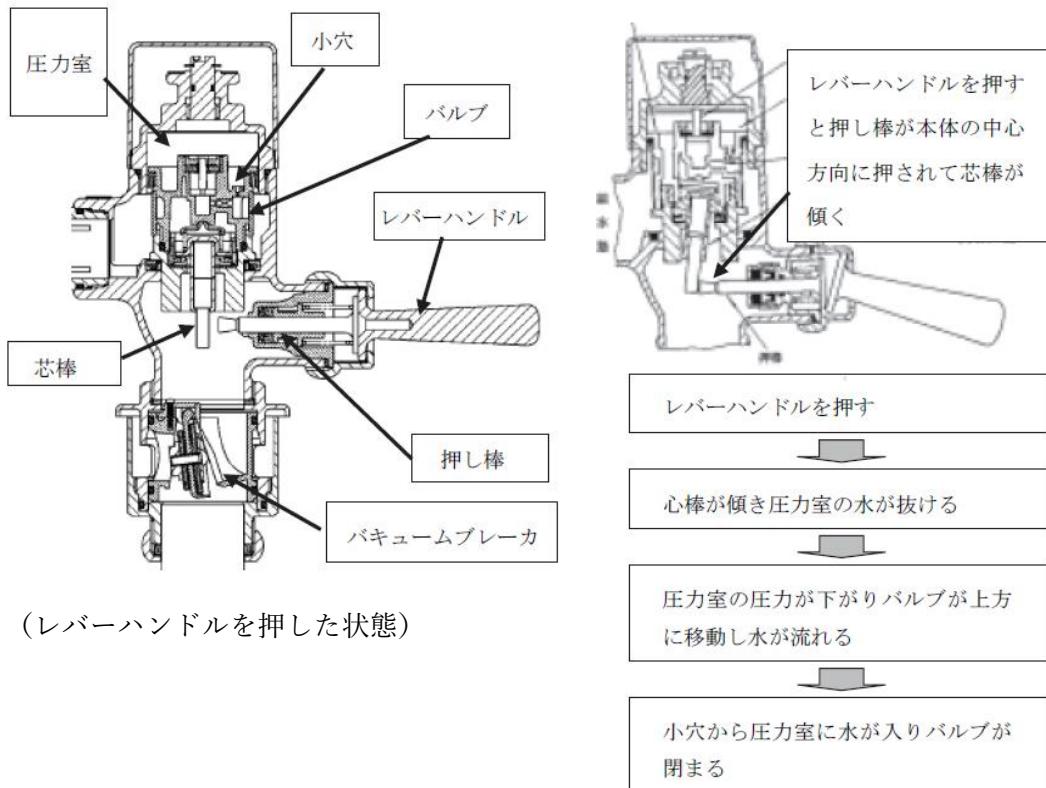


図88. フラッシュバルブの作動原理

4. 給水装置用バルブ

4. 1 種類・構造・作動原理

4. 1. 1 給水装置用バルブの種類

この項では、給水装置用バルブにはどんな種類があるのか、また、各々の給水装置用バルブはどのような構造でどのように作動するのかを写真や図を用いて説明する。

① サドル付分水栓

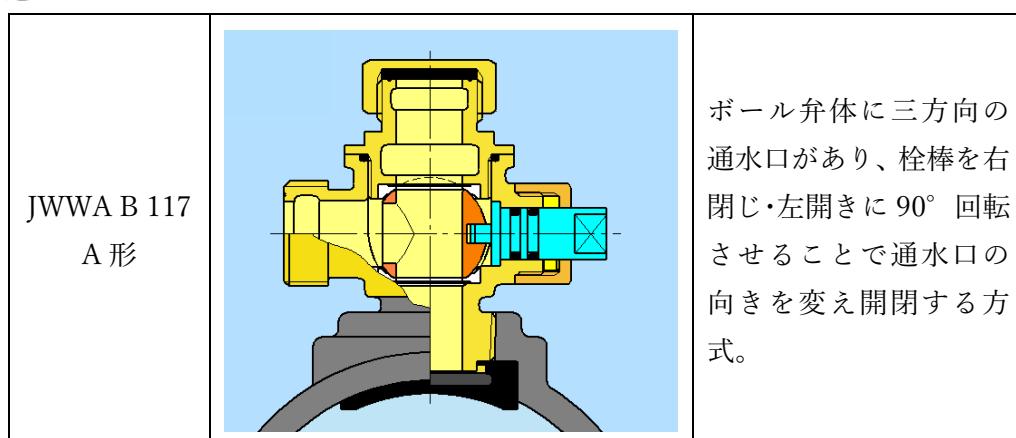
・使用場所

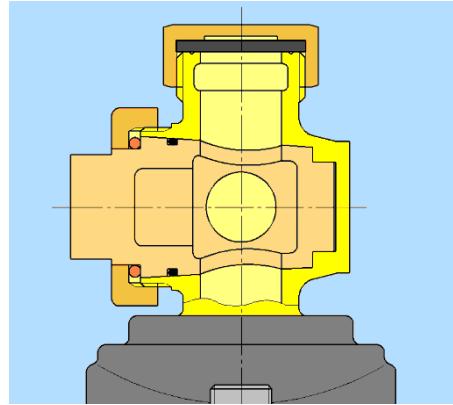
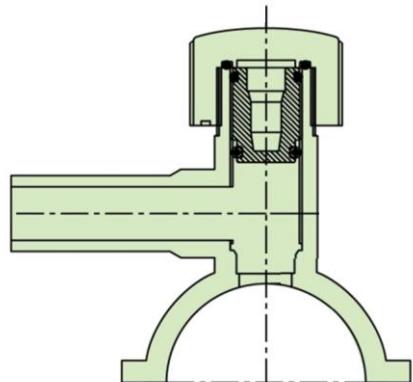
道路下に埋設されている水道配水管から各家庭やマンションなどに給水管を分岐する際に用いる給水用具。

・種類



・構造



JWWA B 117 B形		コックに三方向の通水口があり、コックを90°回転させることで、通水口の向きを変え開閉する方式。
分水 EF サドル		コマを上下させることで開閉する方式。

② 止水栓

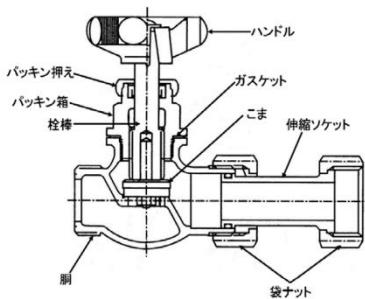
・使用場所

配管途中や水道メータ手前で水を止める給水用具。主に甲形止水栓（こま式）とボール式止水栓がある

・種類

甲形止水栓（こま式）	ボール式止水栓
	

・構造

甲形止水栓（こま式）	
	弁体がこま式の止水栓。ハンドル操作により栓棒を上下させることで開閉操作を行う。 流量調整が可能。構造上、流れ方向が決まっている。 上部の着脱が可能であるため止水栓を外すことなくメンテナンスが可能である。
ポール式止水栓	
バルブ便覧を参照してください。	

③ 逆流防止弁

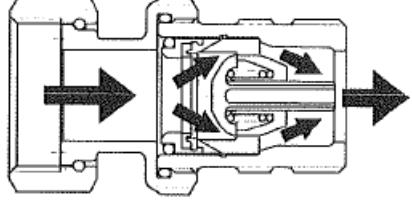
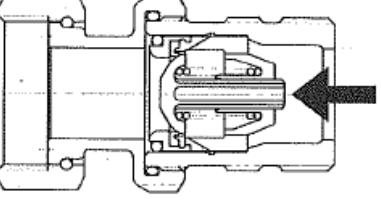
・使用場所

配水管への逆流防止を目的として水道メータの前又は後に設置される給水用具。

・種類



・構造

単式逆流防止弁	
通水時	逆圧時
	
通水時は、水圧で弁体が開き通水する。 水が逆流した場合は、弁体がパッキンに押し当てられ逆流を防止する。	

自重式逆止弁

バルブの基本知識と一般弁の種類・構造の章を参照してください。

④ 減圧弁

- 使用場所

高い一次側圧力から所定の低い二次側圧力に減圧するための給水用具。

ビル設備の水用減圧弁	集合住宅の戸別給水用減圧弁
ビルなどの高層建築は屋上に設けられた高置水槽から給水するが、下層階では水圧が高くなるため、途中に水用減圧弁を取り付け減圧する。	集合住宅の給水は、戸別給水用減圧弁が各住戸に設置されて 0.2MPa 程度の使いやすい圧力に減圧している場合が多い。

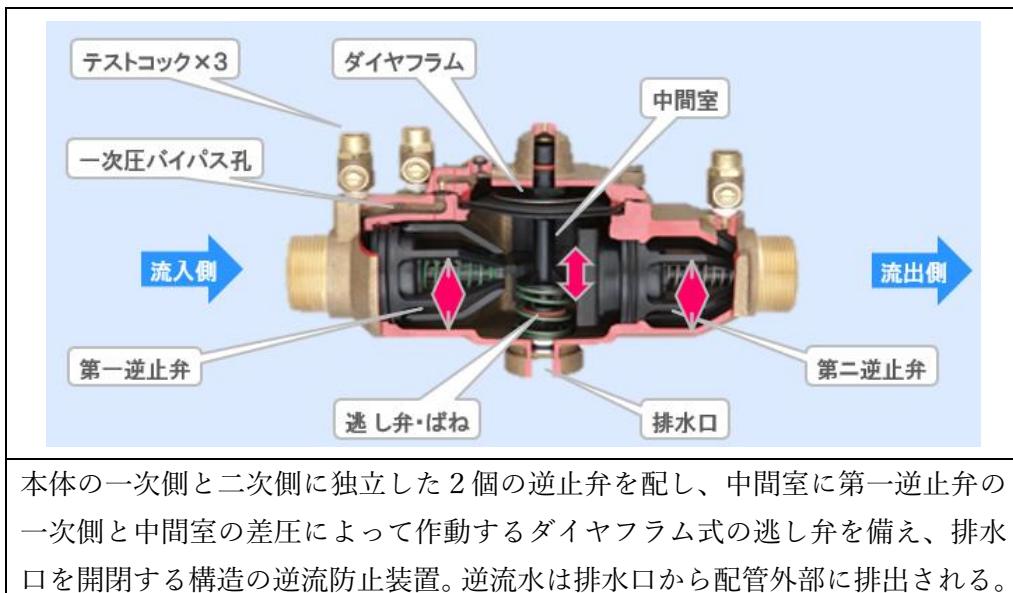
・種類・構造は、自動弁の章（調整弁）を参照ください。

⑤ 減圧式逆流防止器

- 使用場所

主に集合住宅、建物配管の給水ポンプなどの近辺に設置し、配水管への逆流による汚染防止を確実にするための給水用具。

・構造

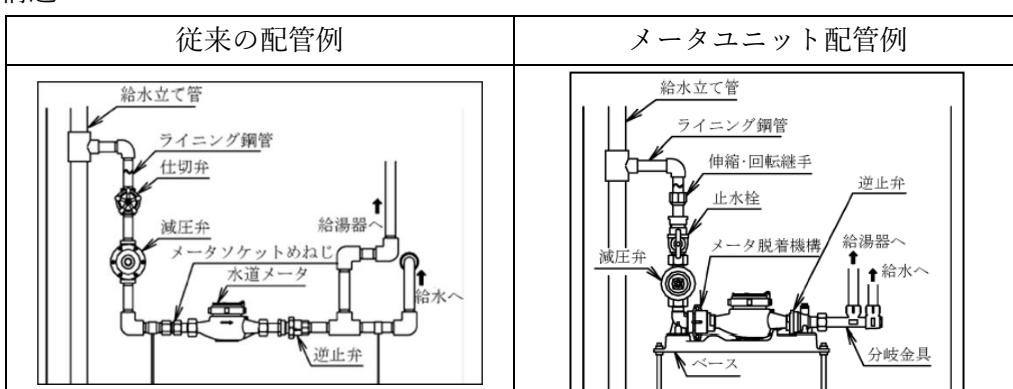


⑥ メータユニット

・使用場所

水道メータを短時間で容易に交換するための給水用具。

・構造



メータユニットは、マンションなどの集合住宅パイプシャフト内の配管・器具の施工・保守点検等を改善するため、給水用具をユニット化したものである。基本的な構造としては、長尺の金属製のベースに一次側からボール式止水栓（戸別給水用減圧弁）、メータ脱着機構、逆止弁をユニット化したものである。

メリットとして、メータ交換時の配管の芯ずれ解消と前後の配管への負荷軽減、一体化による省スペース化、漏水箇所の削減、防食、配管作業の簡略化などがある。

⑦ メータバイパスユニット

・使用場所

末端給水用具の使用頻度が高く、断水することが困難な場所で、バイパス管を通してことにより断水せずに水道メータ交換作業を可能とする給水用具。

・構造（以下の器具がベースで、メータボックスと一体化したもの）

流路切換弁：通水とバイパス及び止水機能を有する止水栓（切換弁は、開閉防止型の3方ボール止水栓）
メータ接続器：水道メータを取付けるためハンドル回転で左右に動きメータを固定する。
仕切弁：バイパス時、水道メータ側への流れの遮断及び使用者での止水操作。 合流管：バイパス管と主管との合流及びパイロット管への通水。

通常時		流路切換弁のバイパス側を閉じ、開状態で水道メータを通じて流れる。
止水時		流路切換弁の一次側を閉じ、止水する。
バイパス時		流路切換弁の水道メータ側を閉じ、仕切弁を閉じることで、通水しながら水道メータ交換が可能。

5. 用語集

1	ISO	国際標準化機構の略称。製品やサービスの品質・安全性・互換性などを世界的に統一し、同じ品質レベルのものを国際的に提供できるようにするための国際規格。
2	JIS	日本産業規格の略称。日本の製品やサービスの品質・性能・安全性などを統一・確保するために制定された国家規格。
3	JWWA 規格	日本水道協会規格の略称。水道事業で使用される資機材などの標準化を目的とし、日本水道協会が定めた自主規格。
4	水道メータ	水道水の使用量を計測するための計器。計量法により有効期間が8年と定められており、有効期間満了までに交換する必要がある。



一般社団法人日本バルブ工業会
Japan Valve Manufacturers' Association



バルブダイジェスト 2025
読者アンケート



(一社) 日本バルブ工業会
公式ウェブサイト



バルブのイメージキャラクター
ばるちゃん
©一般社団法人日本バルブ工業会

2025年07月07日発行
2025年07月08日修正
2025年11月18日修正
2026年01月05日修正

本書はバルブ初級研修の共通テキストに記載されている
内容・図・表を基に改訂しております

バルブ初級研修の共通テキストに掲載されている素材以外で
本書に提供のご協力をいただいた企業（順不同）
金子産業(株)／積水化学工業(株)

バルブダイジェスト改訂 WG メンバー企業（順不同）
(株)キッツ／(株)ティエルブイ／アズビル(株)／岡野バルブ製造(株)／
(株)クボタ／(株)光明製作所／(株)ベン

禁無断転載 ／ Not for Sale

本誌の内容の一部あるいは全部を無断で転載することは、出版者の権利の侵害となりますので、その場合は予め当会の許諾をもとめてください。

20260105