

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/00

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 1 安全弁

【適用分野】 一般工業分野

【技術内容】

安全弁は広義には、安全弁、逃し弁、安全逃し弁に区分される。図 1 に代表的な安全弁を、図 2 に逃し弁を示す。

1. 安全弁の種類

(1) 構造による分類

おもり安全弁を図 3 に、てこ安全弁を図 4 に、ばね平衡形安全弁を図 5 に示す。

ばね安全弁は弁体に直接荷重をかける安全弁で、近年最も多く使用され一般的に安全弁といえばこの構造を指している。

(2) 様式による分類

単式安全弁、複式安全弁、三連式安全弁、二つ組安全弁、三つ組安全弁に区分される。図 6 に複式安全弁の構造を示す。

(3) 形式による分類

安全弁の形式は流量を制限する機構によって、揚程式と全量式に区分され、揚程式安全弁には、低揚程式、高揚程式、全揚程式がある。ばね安全弁の発展過程は、低揚程式から逐次リフトが増加し、全量式へと進歩したものである。

2. 安全弁の作動性能

JIS B 8210 では、安全弁の要求性能として、設定圧力として吹出し圧力を要求するか、吹始め圧力を要求するかによって、表 1 のように区分する。なお、要求性能記号 S のものを S 種安全弁、G のものを G 種安全弁と略称している。

3. 安全弁の構造

図 7 は、米国 D 社安全弁の構造を示したものであるが、部品番号 1 が Base (通称 Body) となっていることを除いては一般的な名称である。典型的な安全弁として図 8 にその主要部品と構成を示す。

(1) 弁箱 (Body)

安全弁が作動すると、弁箱内部は多量の吹出し流体により、急激な温度変化とそれによる熱応力を受ける。さらに、大容量の吹出しに伴う大きな反動力を受けることになる。したがって、弁箱はこれらに耐える頑丈な構造と高度な気密保持のために精密な加工が要求される。

(2) 弁座 (Seat 又は Nozzle Seat)

弁座面は当然のことながら、精密なすり合わせが施されている。また、高温高圧用安全弁では、吹出し時の高速流体による浸蝕に対して、最も抵抗力の大きいステライトが溶着されている。

(3) 弁体

弁体は、閉止時はばね荷重により弁座に押し付けられ、すり合わせ面で内部流体の漏洩を防止している。

(4) アッパーリング

アッパーリングは、上部調整輪とも呼ばれ、弁座口から激しく吹き上げる流体の流れの方向を下向きに変えさせる輪状の部品である。

(5) ロアリング

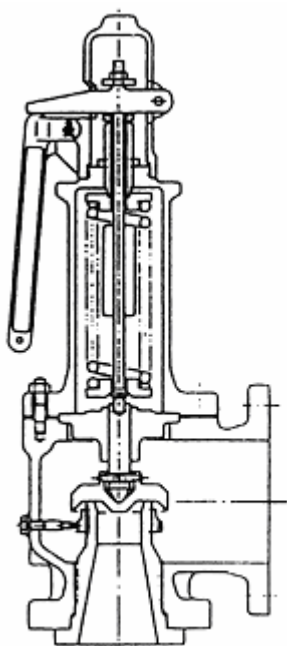
下部調整輪またはノズルリングとも呼ばれている。

(6) 弁棒

ステムとも呼ばれ、ばね荷重を受けて、弁体にこれを伝え、弁体に弁座を押し付けている。

【図】

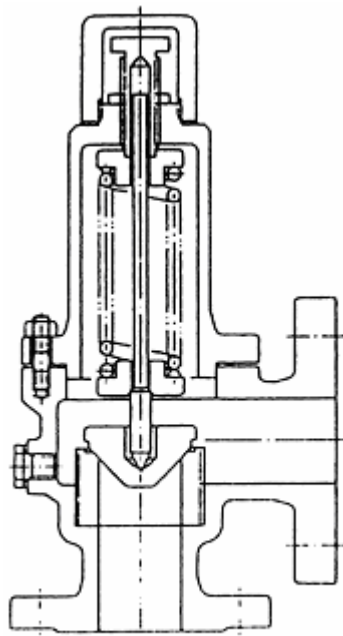
図 1 安全弁



第 1 図 安全弁

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.36 No.13 139 頁」,「1994 年 11 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

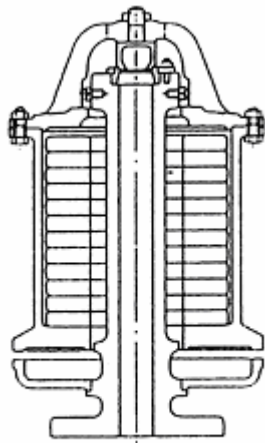
図 2 逃し弁



第 2 図 逃し弁

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.36 No.13 139 頁」,「1994 年 11 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

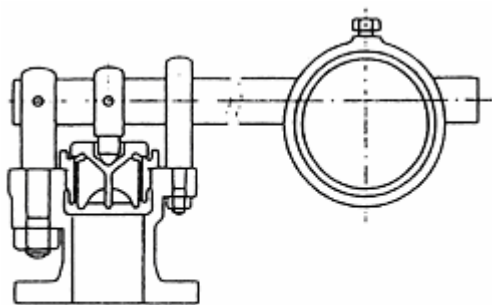
図3 おもり安全弁



第4図 おもり安全弁

出典：「安全弁」、「配管技術 VOL.36 No.13 141 頁」、「1994 年 11 月 1 日」、「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」、「日本工業出版株式会社発行」

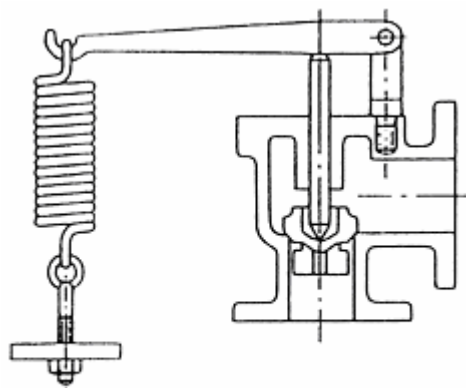
図4 てこ安全弁



第5図 てこ安全弁

出典：「安全弁」、「配管技術 VOL.36 No.13 141 頁」、「1994 年 11 月 1 日」、「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」、「日本工業出版株式会社発行」

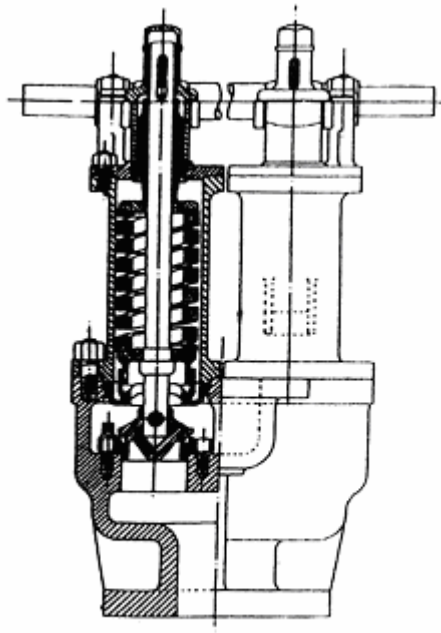
図5 ばね平衡形安全弁



第6図 ばね平衡形安全弁

出典：「安全弁」、「配管技術 VOL.36 No.13 141 頁」、「1994 年 11 月 1 日」、「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」、「日本工業出版株式会社発行」

図 6 複式安全弁



第 9 図 複式安全弁

出典：「安全弁」，「配管技術 VOL.36 No.13 142 頁」，「1994 年 11 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

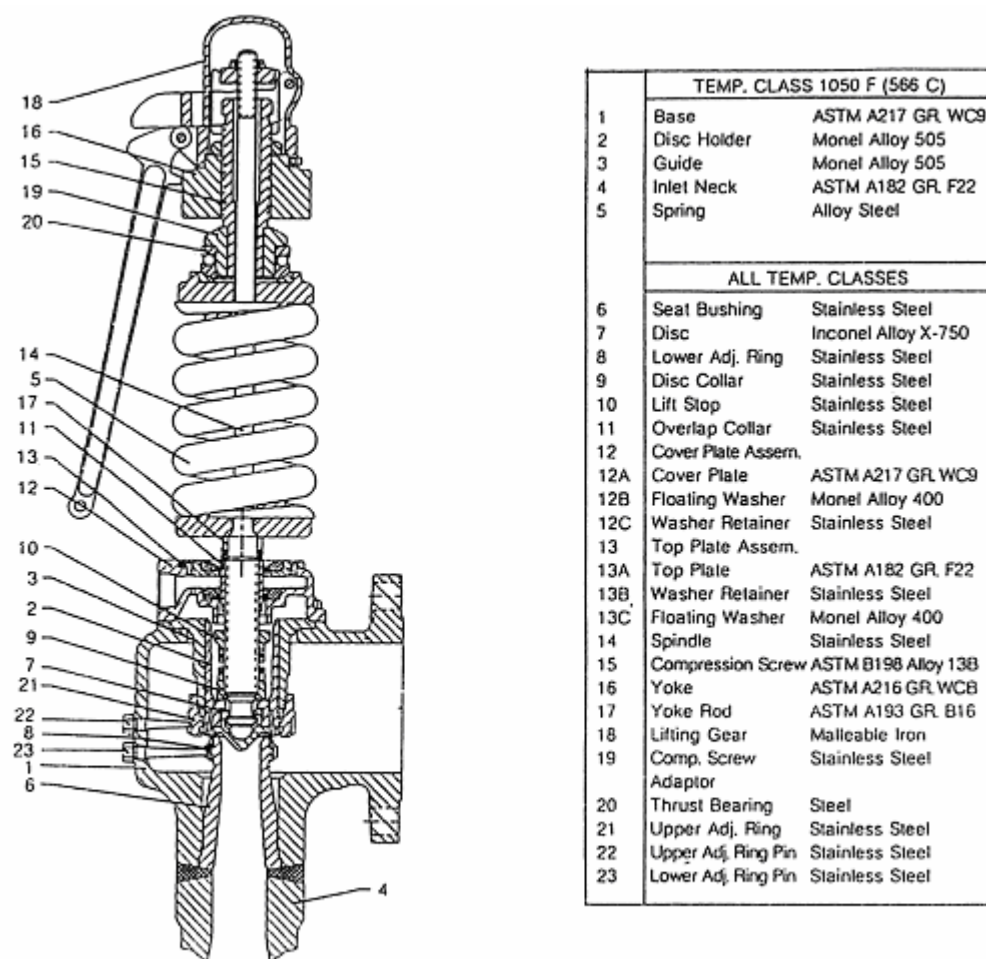
表 1 安全弁の要求性能

第 1 表 安全弁の要求性能

要求性能の記号	要 求 性 能	備考（主な用途）
S	吹出し圧力を要求するもの	蒸気用
G	吹始め圧力を要求するもの	ガス用

出典：「安全弁」，「配管技術 VOL.37 No.1 132 頁」，「1995 年 1 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

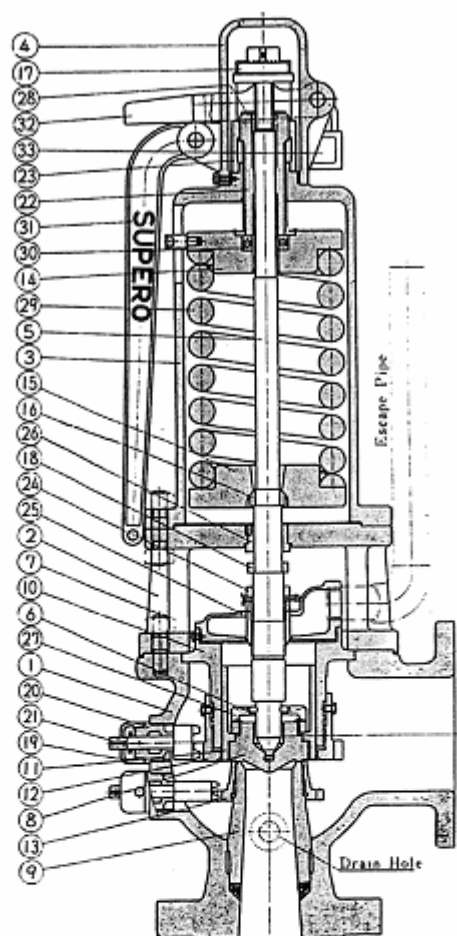
図 7 部品名称



第1図 部品名称 (英文名)

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.37 No.3 138 頁」,「1995 年 2 月 1 日」,「笹原敬史 (岡野工事株式会社) 著」,「日本工業出版株式会社発行」

図 8 安全弁の構成部品



No.	Parts	No.	Parts
1	Body	17	Stem Nut
2	Cooling Spool	18	Stem Collar
3	Spring Case	19	Cap Nut
4	Cap	20	Lead Bush
5	Stem	21	Lead Pin
6	Cross Pin	22	Adjusting Screw
7	Joint Bolt	23	Lock Sleeve
8	Valve Disc	24	Adjusting Collar
9	Nozzle Seat	25	Guide Cap
10	Guide	26	Neck Bush
11	Disc Socket	27	Disc Nut
12	Upper Ring	28	Dust Cover
13	Lower Ring	29	Spring
14	Upper Spring Seat	30	Thrust Ball Bearing
15	Lower Spring Seat	31	Easing Lever
16	Step Collar	32	Fork Lever

第 4 図 曲型的安全弁の構成部品

出典：「安全弁」，「配管技術 VOL.37 No.3 139 頁」，「1995 年 2 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 VOL.36 No.13 138 - 145 頁」，「1994 年 11 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

「配管技術 VOL.37 No.1 132 - 144 頁」，「1995 年 1 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

「配管技術 VOL.37 No.3 137 - 143 頁」，「1995 年 2 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/00 F16K25/00

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 2 安全弁

【適用分野】 一般工業分野

【技術内容】

安全弁各部について構造、強度計算式などについて記述する。

(1) 弁箱

弁箱の形状は単純ではなく、出口側は流体吹出し後の圧力で入口側より低くなっており、肉厚を正確に決定するのは難しい。弁箱の断面形状については、球形状より円筒形状の方が作動時の上下方向の衝撃力による変形量は少ないと考えられる。図 1 にこの形状の違いを示す。

(2) 弁体

安全弁に限らずバルブにおいては、本来の性能を発揮させるために、弁座部の構造・寸法がそのバルブ設計の基本になる。特に安全弁においては、吹出し量の保証、各種作動圧力の許容範囲の規定、漏洩防止などに対する特別の配慮が必要である。弁体形状は、ソリッドジスクと呼ばれる一体形の弁体のほかに、弁体が圧力を受ける円板状の下部と筒状の案内部（ジスクホルダ）から成るビルトジスクとがある。前者は、主に圧力 30kgf/cm² 程度以下で、後者はそれ以上の圧力の安全弁に使用される。フェザージスクやサーモジスクはビルトジスクに含まれる。ソリッドジスク弁体を図 2 に示す。弁座面には硬度の高い材料を使用し流体による浸食を最小限にし、漏洩を防ぐ配慮が払われる。図 3 にフェザージスクの一例を、図 4 にサーモジスクを示す。

(3) 弁座

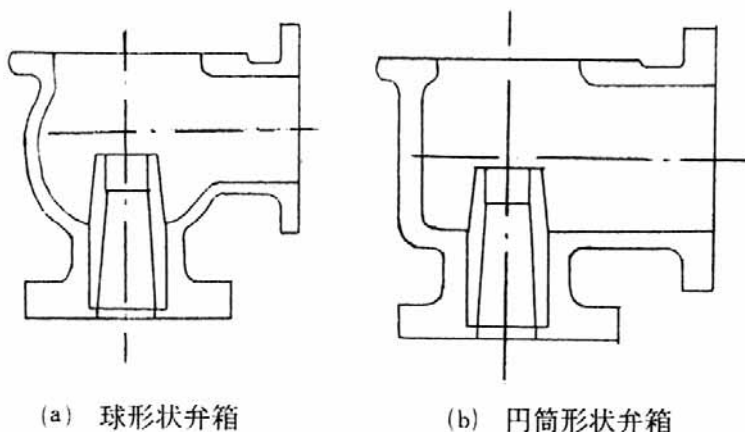
弁座は通常シートと呼ばれるが、安全弁においてはセミノズルシート、フルノズルシートとも呼ばれ、弁箱にねじ込み、または溶接などで取り付けられている。図 5 にフルノズルシートを、図 6 にセミノズルシートを示す。

(4) ガイド

ガイド部設計上のポイントは、ガイドの長さおよび弁体との摺動部の隙間である。ガイド部の長さは図 7 に示すように弁体とガイドがオーバーラップしている長さ L であるが、この長さが長いほど弁体の調心性には有効である。

【図】

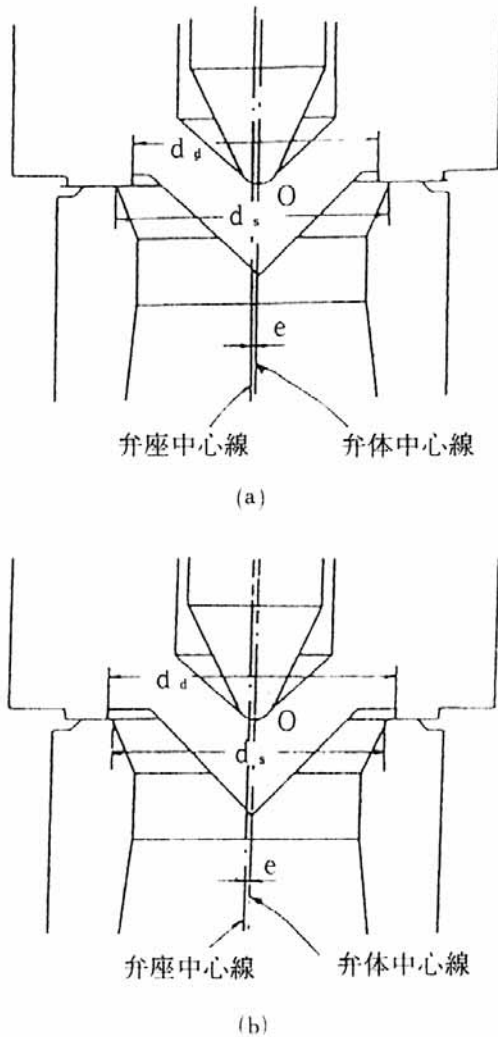
図 1 弁箱形状



第 2 図 弁箱形状

出典：「安全弁」、「配管技術 VOL.37 No.4 135 頁」、「1995 年 3 月 1 日」、「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」、「日本工業出版株式会社発行」

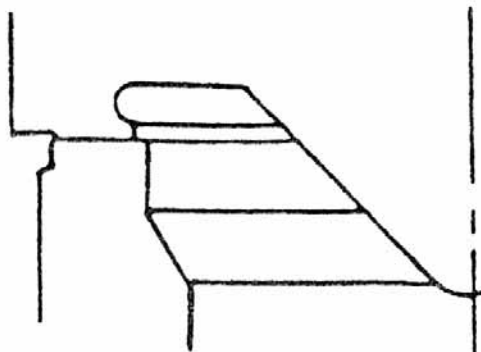
図2 ソリッドディスク弁体



第7図 弁体・弁座の当たり面内径の関係

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.37 No.4 138 頁」,「1995 年 3 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

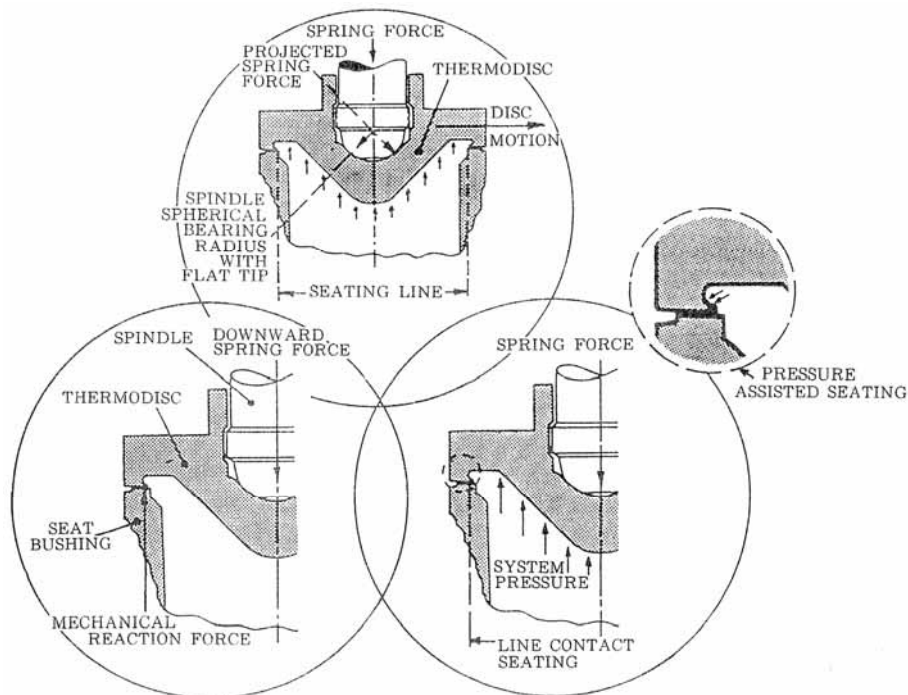
図3 フェザージスク弁体部分図



第10図 可撓性弁体の一例

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.37 No.4 140 頁」,「1995 年 3 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

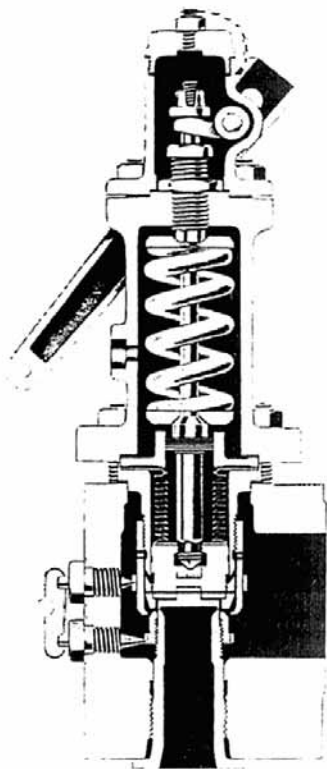
図 4 サーマジスク弁体



第11図 ドレッサー社 サーマジスク

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.37 No.4 140 頁」,「1995 年 3 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

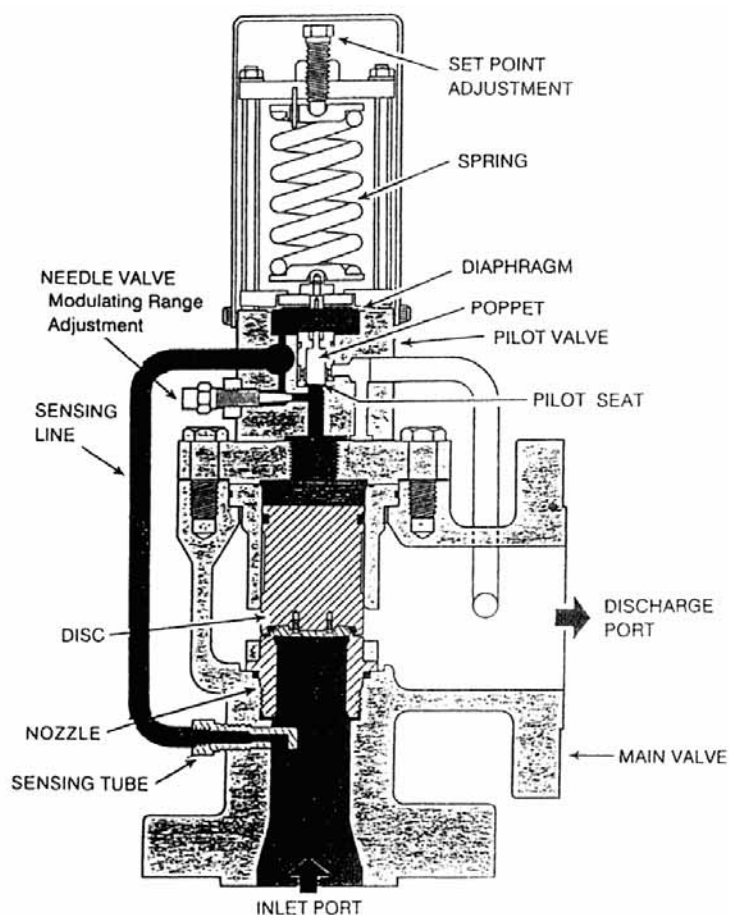
図 5 フルノズルシート



第15図 ねじ込み形フルノズルシート

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.37 No.4 142 頁」,「1995 年 3 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

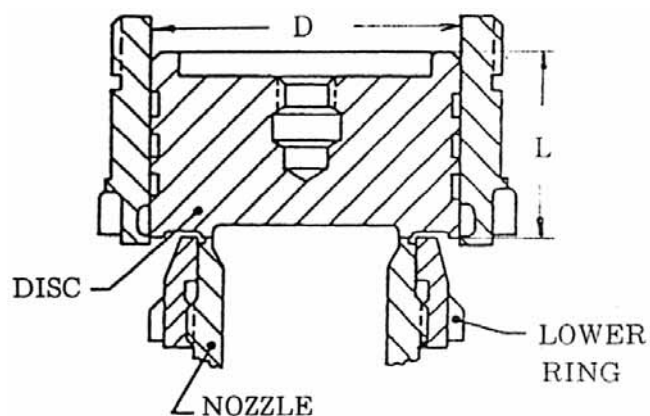
図 6 セミノズルシート



第16図 ねじ込み形セミノズルシートをもつパイロット式安全弁

出典：「安全弁」，「配管技術 VOL.37 No.4 142 頁」，「1995 年 3 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

図 7 ガイド部長さ



第25図 ガイド部長さ

出典：「安全弁」，「配管技術 VOL.37 No.4 145 頁」，「1995 年 3 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 VOL.37 No.4 134 - 145 頁」，「1995 年 3 月 1 日」，「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」，「日本工業出版株式会社発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/00

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 3 安全弁

【適用分野】 一般工業分野

【技術内容】

安全弁各部について構造、強度計算式などについて記述する。

(1) アッパーリング

アッパーリングは、上部調整輪またはガイドリングとも呼ばれ、図 1 のようにねじによって回転することで上下移動する。この位置によって図 2 のように流体の噴出角度とロアーリングの間の面積が変化するので、流体の揚力が変わることになる。

(2) ロアーリング

ノズルリングともよばれるロアーリングは、弁座の外周にねじで結合されている。ロアーリングの調整は弁座面を基準にして下方側へのみにしか移動しない。通常、移動量は非常に少ないので、3 ~ 5mm も移動できるように設計すれば十分と考えられる。

(3) 弁棒

(4) ばね

安全弁に用いるばねは、その設計および製作上の良否が直ちに安全弁そのものの性能の優劣に影響するといっても過言ではない。安全弁用ばねの設計に関しては、JIS B 8210 の本文および解説に詳細に述べられている。

(5) ばね座金

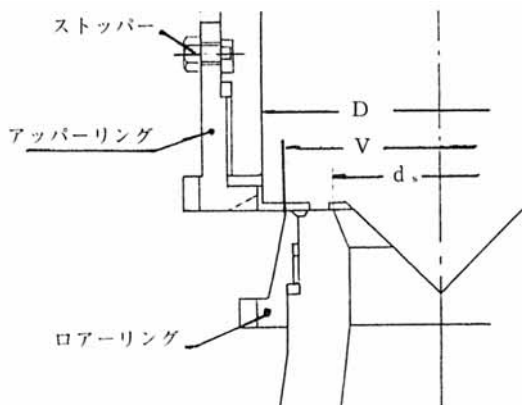
ばねとばね座金との関係は、通常、図 3 のように、ばねは 1 ~ 1.5 巻の座巻を持ち、先端の厚さは $0.15 \sim 0.25 d$ として装着されている。上部座金は、ばね圧縮調整ねじに接しているが、ばね荷重が増加すると調整のための回転力が大きく手動が困難となるので、図 3 および図 4 のように、上部座金にベ어링を挿入し回転を容易にしている。

(6) 揚弁装置

ボイラ用安全弁では吹出し圧力の 75% 以上のとき、手によって弁体を揚げられるもので、手を放したとき弁体が閉止の位置に戻る揚弁装置が必要である。一般に、てこ式のレバーによって引き上げられる構造になっている。

【図】

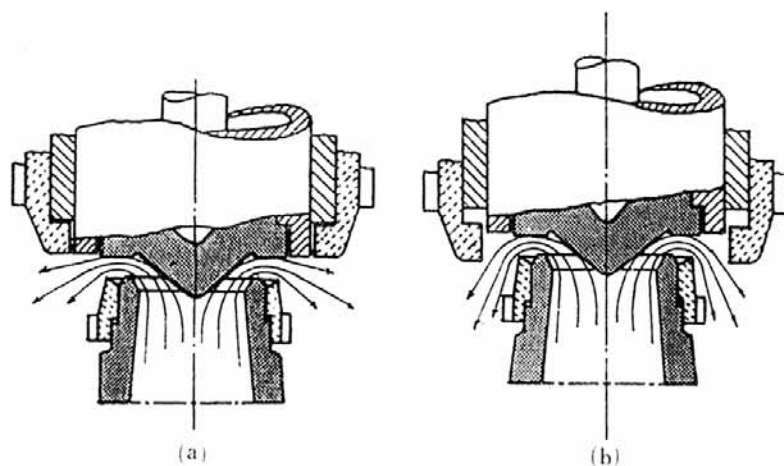
図 1 アッパーリングとロアーリング



第28図 アッパーリングとロアーリング

出典：「安全弁」、「配管技術 VOL.37 No.5 139 頁」、「1995 年 4 月 1 日」、「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」、「日本工業出版株式会社発行」

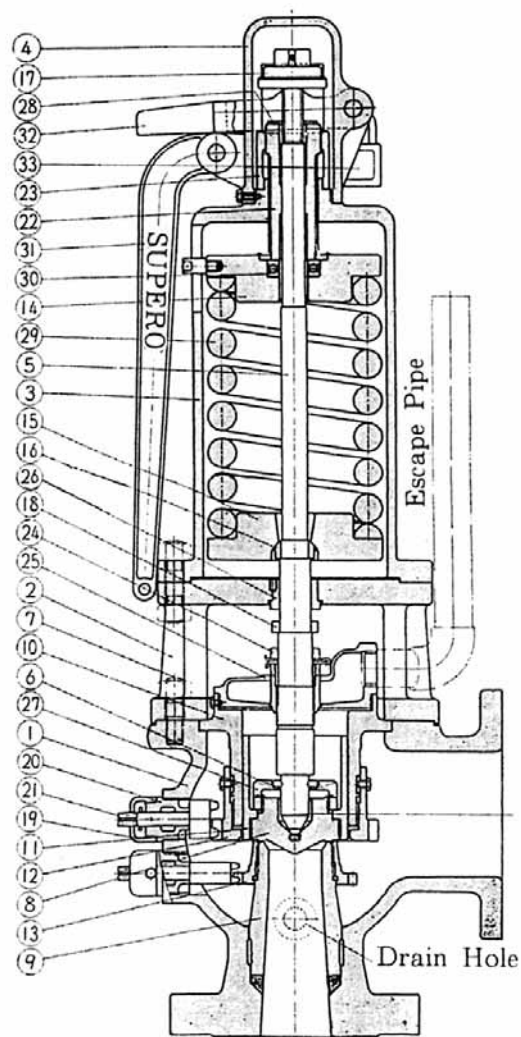
図 2 アッパーリング調整位置



第29図 アッパーリング調整位置

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.37 No.5 139 頁」,「1995 年 4 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

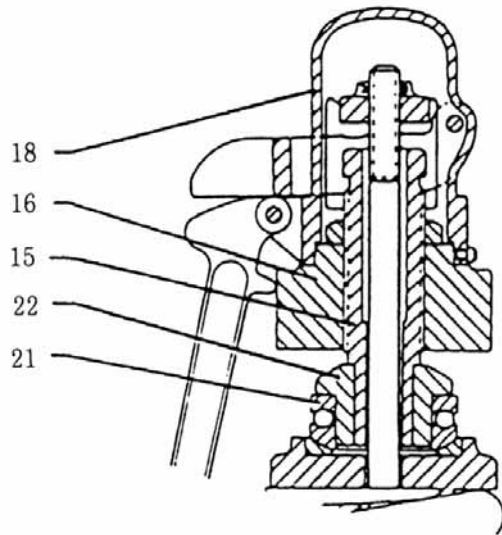
図 3 ばね座金構造例



第33図 ばね座金構造例

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.37 No.5 144 頁」,「1995 年 4 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

図 4 上部ベアリング入りばね座金



第35図 上部ベアリング入りばね座金

出典：「安全弁」,「配管技術 VOL.37 No.5 144 頁」,「1995 年 4 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 VOL.37 No.5 139 - 145 頁」,「1995 年 4 月 1 日」,「笹原敬史（岡野工事株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/04@A

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 4 ばね式安全弁

【適用分野】 一般工業分野

【技術内容】

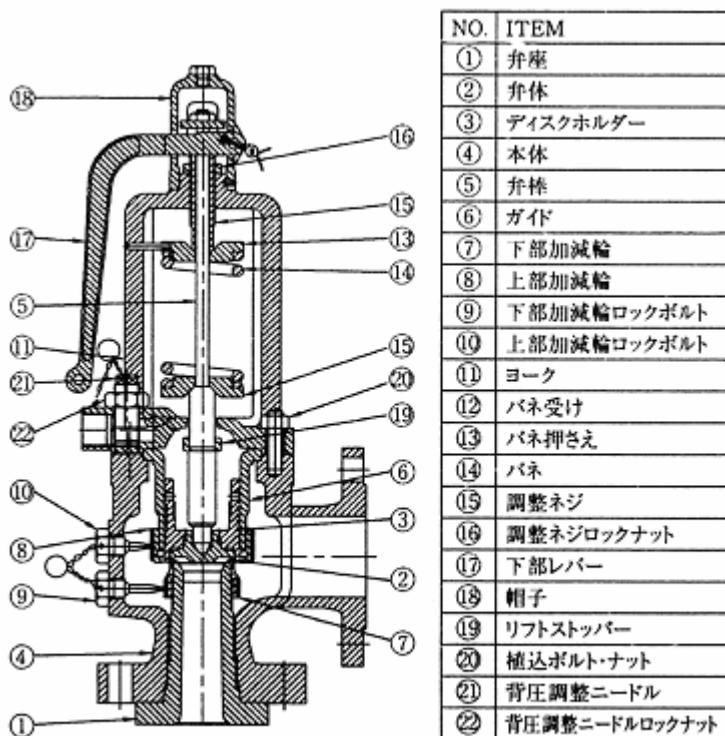
安全弁は、圧力容器類の内部圧力が規定値を超えて上昇するのを防止し、容器・付属器の損傷、爆発等による災害を防止する最終的な安全装置である。安全弁のほとんどは、ばね式安全弁で、種々の法規・規格などもこれを対象に定められている。ANSI / ASME コードでは、安全弁、安全逃し弁、逃し弁の 3 種に分類されている。図 1 に蒸気用安全弁を、図 2 に安全逃し弁を示す。安全弁では構成部品点数は約 30 点と少ないがそれら部品は表 1 に示す多様なメカニズムと機能を有している。

弁体は、ビルド・ディスク構造であっても、表 2 に示す固定型 (弁体とホルダーが固定) とフレキシブル型では後者の方が、シート漏れ / 前漏れで有利である。

中低圧蒸気用安全弁では、図 3 に示すフェザーリップ・ディスクが使用される。シート先端部が柔軟性を持つリップ形状で吹出し蒸気の温度と圧力を利用して正確な作動特性と密閉性を有する。材料は SUS630 (320 以下) を使用している。高温・高圧ボイラー用安全弁では、図 4 に示すサーマル・ディスクが使用される。一次側圧力が吹出しポイント近くになると、シート部先端が立ち上がり、シート当たり面が小さくなることで面圧が逆に大きくなり、吹出し直前まで前漏れのないデザインとなる。逆に一次側圧力がない場合、強大なばね荷重によるリップ先端の変形を防止するため先端背面をディスクセンターでサポートしている。材料はインコネル (320 以上) を用いている。

【図】

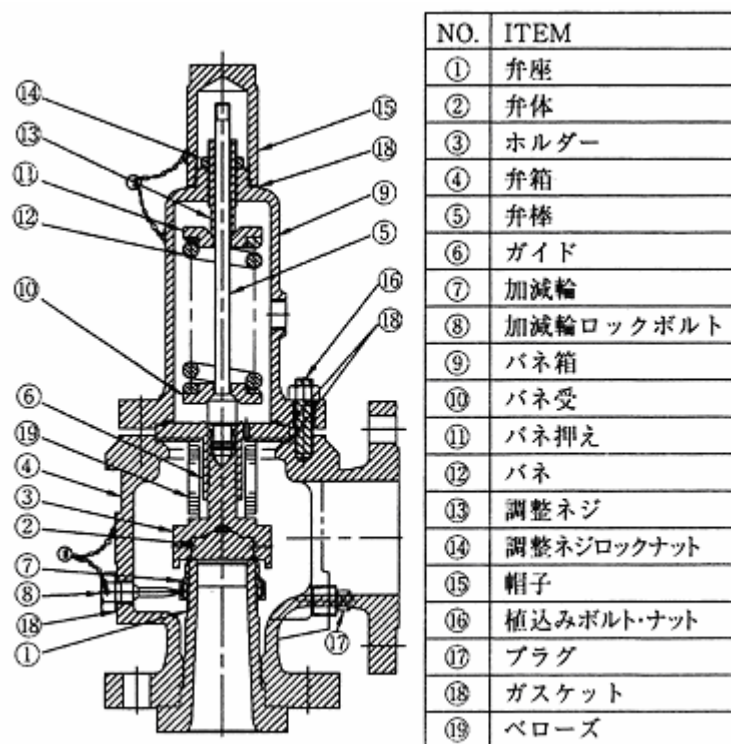
図 1 蒸気用安全弁



第 1 図 蒸気用安全弁 (SL 型・中低圧蒸気用)

出典: 「ばね式安全弁」, 「配管技術 VOL.46 No.9 68 頁」, 「2005 年 8 月 1 日」, 「長谷川千尋 (株式会社福井製作所) 著」, 「日本工業出版株式会社発行」

図 2 安全逃し弁



第3図 安全逃し弁 (RE型)

出典：「ばね式安全弁」配管技術 VOL.46 No.9 69頁、「2005年8月1日」長谷川千尋（株式会社福井製作所）著、「日本工業出版株式会社発行」

表 2 弁体構造比較

第2表 弁体構造比較対照

固定型	フレキシブル型	メリット
(1) ジスクとホルダーがジスクナットにより結合固定されている。	(2) ジスクとホルダーが分離、弁棒によりジスクを結合している。	
		シート漏れ／前漏れの原因に、バネ傾きによる横押し荷重が挙げられる。 (1) 固定型の場合 バネの横押し荷重等の影響で弁体ホルダー外周とガイド内周とは一方向で接触する部分が出る。ホルダーはこの接触により、シート面を中心とした回転モーメントを受ける。 この回転モーメントが大きいとシート面圧は不均一となり、蒸気が漏れやすくなる。 (2) フレキシブル型の場合 フレキシブル型の場合ジスクとホルダーは別部品で、部品間に僅で0.3mm程度の隙間があるためホルダーに回転モーメントが生じてその影響はジスクに及ばない。故に、シート面圧の均一性が保持されるため、固定型に較べて蒸気が漏れにくい。

出典：「ばね式安全弁」配管技術 VOL.46 No.9 72頁、「2005年8月1日」長谷川千尋（株式会社福井製作所）著、「日本工業出版株式会社発行」

表 1 安全弁部品のメカニズムと機能

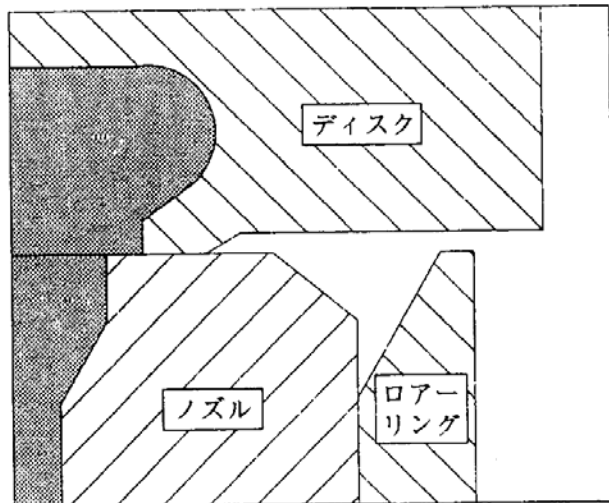
第1表 機能

部品番号 (※備考)	部品名	メカニズムと機能
1 1 1	弁座	安全弁で最も重要な部品で、装置内圧を常時この部分で受けている。また、この形状は、吹出し容量にも大きく影響する。 フルノズル型を採用しており、セミノズル型と比較して、鋳物材である本体入口側が一次側流体に接しないため本体鋳物欠陥である巣、割れなどによる漏れがない。 蒸気用の材質については、本体の材質と同等材料にすることにより、材質の熱膨張差によるシート面の歪が出ない。 シート面にはステライト盛がされている。
2 & 3 2 & 3 2 & 3	弁体& ホルダー	ビルド・ディスク構造。 蒸気用弁体には、フェザー・ディスクとサーマル・ディスクの2つの方式が準備されている（5章参照）。
4 5 4	本体 (弁箱)	二次側配管の過荷重にも耐える肉厚と歪を受けにくい強固な構造。内部は、死角も生じず流体の集合・拡散は円滑である。中圧&高圧蒸気用については、強固な球形構造を採用。
5 6 5	弁棒	数百キロから数トンにもおよぶ、ばね推力を伝達する弁棒の接点では、この推力を保持し、耐磨耗性を高めることと、ばね推力を垂直方向にしかも弁座の中心に正しく伝えることが重要である。 又、摺動性を良くするため表面硬度を上げるか、硬い材質のものを採用することが必要であり、表面の加工精度と曲がりには注意することが必要である。 当社では、これらの条件を満たす材料の選択と加工精度をしている。
6 7 6	ガイド	シリンダー形状で、焼付き防止と耐磨耗性を高めるために、ガイド表面を硬化熱処理している。 又、ISO4126では、耐食性も要求している。
7 8 7	下部加減輪 (ローリング)	ポップ作動を行わせるためのもので、ワンリングタイプ（RE型）のものは、ブロードウンの調整も兼ねている。
8 9 -	上部加減輪 (アッパーリング)	吹出し流体の流れを変えて、弁体に反動力を与え、さらに、この部品の上下移動の調整で、フルリフトさせると同時に、その反力を利用調整することにより吹下がり調整する。
11 17 9	ヨーク (ばね箱)	●ヨーク式 中低圧蒸気用安全弁にはヨーク構造を採用、ばねをヨークの間に収容して大気開放冷却をし、また吹出し蒸気が直接ばねに当たらない構造になっている。 ●シリンダー式 高圧蒸気用安全弁に採用。 コイルばねを保護し、耐共振・振動性の強度を高めるとともに、ばね荷重による変形を防止するために円筒状のケースを採用している。
14 21 12	ばね	圧力に関わりなくたわみ指数を一定にし、偏心荷重を修正し寸法精度の高い円筒コイルばねを採用。 ばね材料には、耐疲労性、加工性、焼入れ性などの優れた合金鋼を採用している。
15 23 13	調整ねじ	ばねの圧縮量を調整し、弁体に加わる荷重を調整することにより、安全弁の吹出し圧力を調整する。
- 22 -	ばね押さえ	高圧力安全弁となると、そのばねの圧縮荷重が大きく、スラストボールベアリングを入れることにより、作業を容易にするとともに、調整ねじが噛り付きを起こさないようにしている。
21 16 -	背圧調整ニードル センタースロットル	安全弁吹出し時に、弁体ホルダーとガイドの間隙をとおり、弁体背後に生じる背圧をコントロールして、作動の安定性を高め、吹下がり調整する装置機構である。この機構により、作動の鋭敏性と吹下がり調整が確保できる。
- 12 & 16 -	クーリングスプール	本体とばね箱の間にクーリングスプールを設け、ばねの大気冷却を図るとともに、本体からの熱伝導及び放射熱によるばねのヒートアップ防いでいる。同時にこのクーリングスプール中心部分に、背圧調整機構であるセンタースロットルを装着しており、吹下がり調整を容易にしている。

※備考 部品番号の順序は、SL型（中・低圧用／第1図）、SL型（高圧ボイラ用／第2図）、RE型（第3図）の順で記載。

出典：「ばね式安全弁」、「配管技術 VOL.46 No.9 71頁」、「2005年8月1日」、「長谷川千尋（株式会社福井製作所）著」、「日本工業出版株式会社発行」

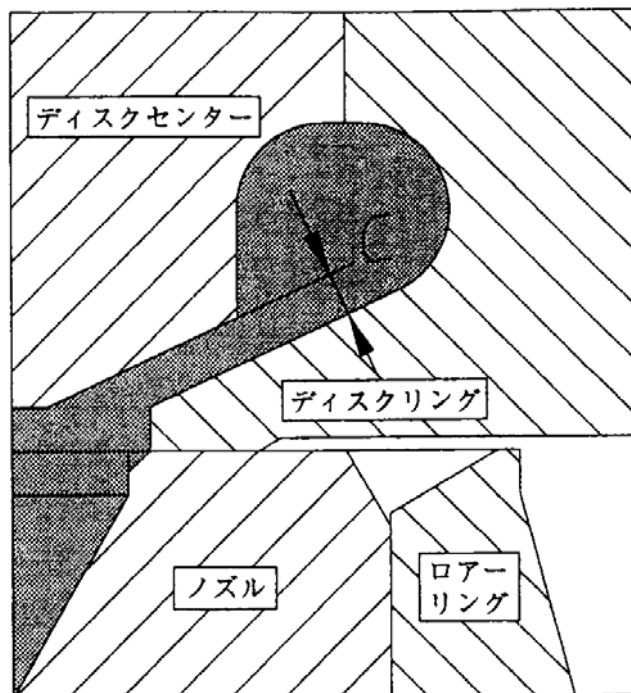
図3 フェザーリップ・ディスク



第5図 フェザーリップ・ディスク

出典：「ばね式安全弁」,「配管技術 VOL.46 No.9 72 頁」,「2005 年 8 月 1 日」,「長谷川千尋（株式会社福井製作所）著」,「日本工業出版株式会社発行」

図4 サーマル・ディスク



第6図 サーマル・ディスク

出典：「ばね式安全弁」,「配管技術 VOL.46 No.9 73 頁」,「2005 年 8 月 1 日」,「長谷川千尋（株式会社福井製作所）著」,「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 VOL.46 No.9 68 - 74 頁」,「2005 年 8 月 1 日」,「長谷川千尋（株式会社福井製作所）著」,「日本工業出版株式会社発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/04@Z

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 5 主蒸気逃がし安全弁

【適用分野】 プラント一般

【技術内容】

沸騰水型原子力発電所 (BWR) の過圧過渡事象発生時における原子炉圧力の上昇を抑制するために格納容器内に設置される主蒸気逃がし安全弁 (以下、MSSRV という) の設置員数は、プラント出力の増大に伴い増加している。原子炉施設に使用する安全弁は、通商産業省令により、円筒形コイルばねによる直動式のものを使用するように規定されている。

MSSRV の設置員数の増加に伴う格納容器内配置の制約と、保守点検作業の増加を抑制するための、大容量 MSSRV (従来より 16% の容量増) について記述する。本大容量 MSSRV は、従来の MSSRV と同様、シングルスプリング構造、ウィングディスク、弁体リップシール構造等を採用したばね式直動式安全弁にピストン・シリンダーによる強制開装置を設けた逃がし安全弁とし、弁箱、弁体、スプリング、ベローズ、シリンダー等を大型化し、大容量化を図っている。ただし、シリンダーに高圧窒素ガスを送る電磁弁、安全弁の開度検出器等は容量的に支障がないので、従来のものを使用している。その構造を図 1 に示す。試験は、大型化による部品の基礎データを取るための要素試験及び吹出し係数の測定並びに大容量 MSSRV の機能・性能を確認するための実機サイズ試作弁による機能・性能試験において、所定の機能を有するとともに、窒素ガスと蒸気の吹出し圧力の相関性、耐久性、作動安定性、耐弁座漏えい性等は現行の MSSRV と同等の性能を有することが確認されている。

大容量 MSSRV の仕様を以下に示す。

型式：背圧平衡型ばね式安全弁 (補助作動装置付き)

最高使用圧力：8.62MPa

最高使用温度：302

吹出し圧力：7.92 ~ 8.20MPa

流 体：飽和蒸気

容 量：約 460t / h

吹出し時最大背圧：最高使用圧力の 40%

操作空気圧力：1.13 ~ 1.37MPa

操作時間：入口圧力 6.93MPa 以上で逃がし弁操作を行った場合の応答時間

電磁弁信号 ON から弁開始め：0.1 秒以内

電磁弁信号 ON から弁全開まで：0.2 秒以内

入口径：160mm

のど部の径：126mm

弁座口の径：145mm

リフト：最小 29mm

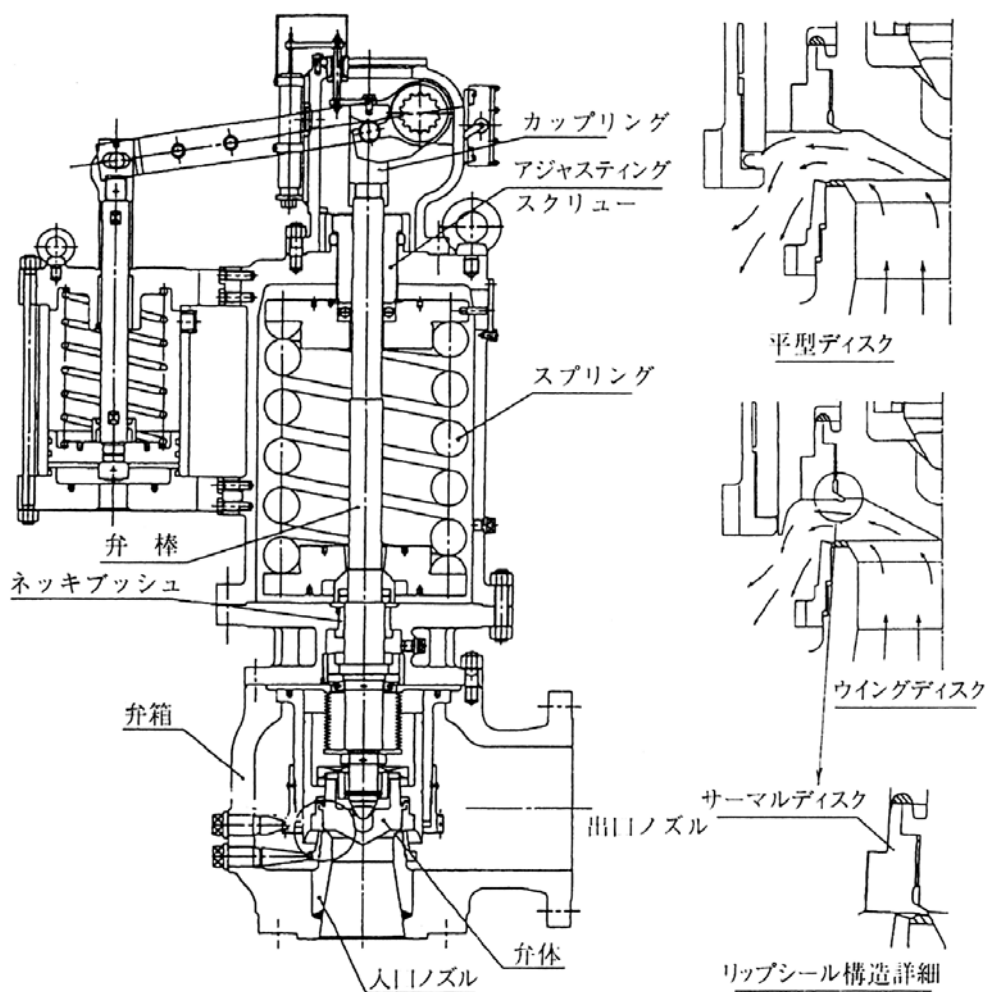
出口径：236mm

入口フランジ：口径 150A ANSI 1500LB

出口フランジ：口径 250A JIS 30K

【図】

図 1 主蒸気逃がし安全弁構造図



第1図 主蒸気逃がし安全弁構造図

出典：「大容量主蒸気逃がし安全弁の開発」、「配管技術 VOL.42 No.2 7頁」、「2000年2月1日」
「竹島菊男（株式会社日立製作所） 高崎潔（電源開発株式会社） 浜田信善（岡野バルブ製造株式会社）著」、「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 VOL.42 No.2 6 - 9 頁」、「2000年2月1日」、「竹島菊男（株式会社日立製作所）
高崎潔（電源開発株式会社） 浜田信善（岡野バルブ製造株式会社）著」、「日本工業出版株式会
社発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/00

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 6 安全弁設置

【適用分野】 一般工業分野

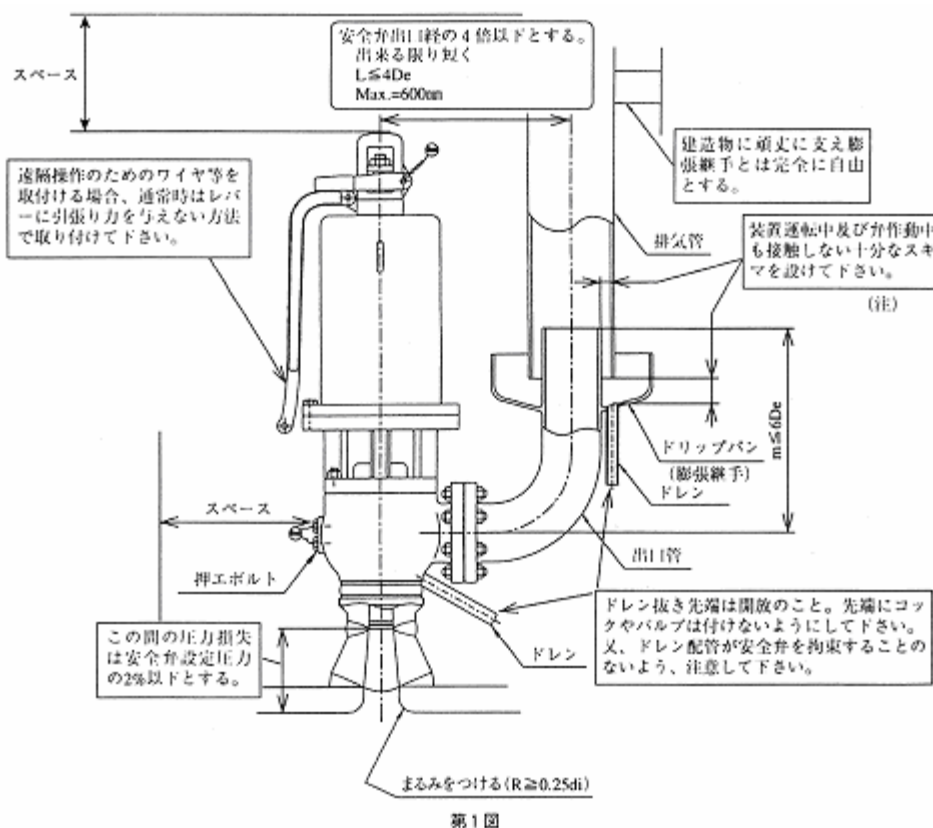
【技術内容】

安全弁の弁座シート面圧は一般の止め弁にくらべ極めて小さく、僅かな歪や塵を噛み込みでもシート漏れを生じる。また、シート面はメタルタッチで精密ラッピング仕上げにより表面粗度 0.1μ 以下の鏡面仕上げがされるなど非常に高精度で組み立てられている。そのため、選定、設置、取扱の方法を誤ると安全弁本来の機能を損ない、様々なトラブルを引き起こす。そこで、安全弁設置にまつわる不具合について記述する。図 1 は、蒸気用安全弁の取付けのメーカーリコメンド一例であり、これらを守ることが重要である。

安全弁取付け配管の注意事項が、図 2 に安全弁吹出しによる反動力計算、図 3 に安全弁取付け管台例、図 4 に振動発生例、図 5 に安全弁を取付けるエルボ、図 6 に配管上への安全弁の取付けに示されている。安全弁メーカーによっては、弁吹出しの際、弁体背後に回ってくる蒸気圧を作動調整に利用、背圧調整機構を設けているものがある。図 7 に示すように背圧調整の蒸気逃がしベントは常に大気開放としておく必要がある。安全弁は 1 年又は隔年ごとに定期点検、メンテナンスを実施する必要がある、分解・点検・調整・テストなどのために、安全弁周辺には作業のできるスペースを広くとっておくとともに、安全に作業ができるようにしなければならない。

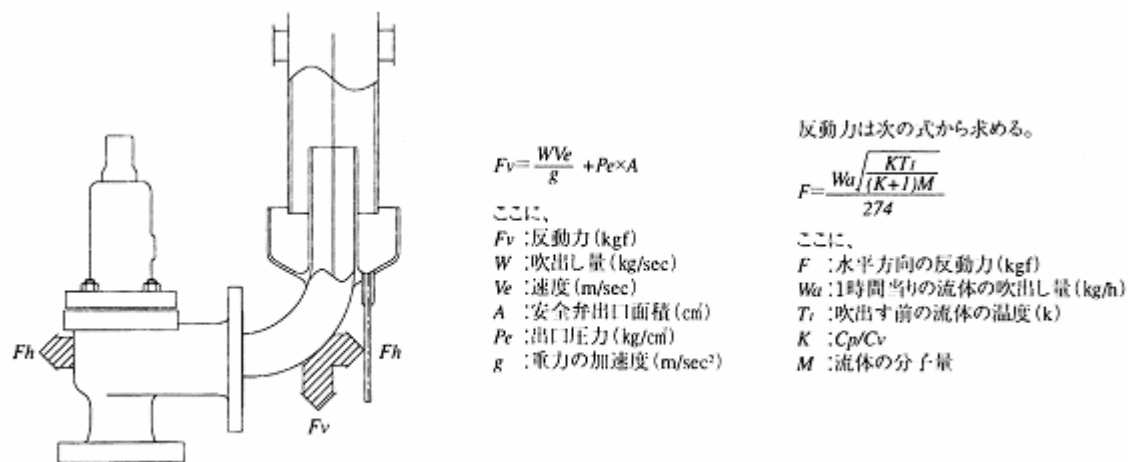
【図】

図 1 蒸気用安全弁の取付けリコメンド一例



出典：「安全弁設置について」,「配管技術 VOL.42 No.6 51 頁」,「2000 年 5 月 1 日」,「長谷川千尋 (株式会社福井製作所) 著」,「日本工業出版株式会社発行」

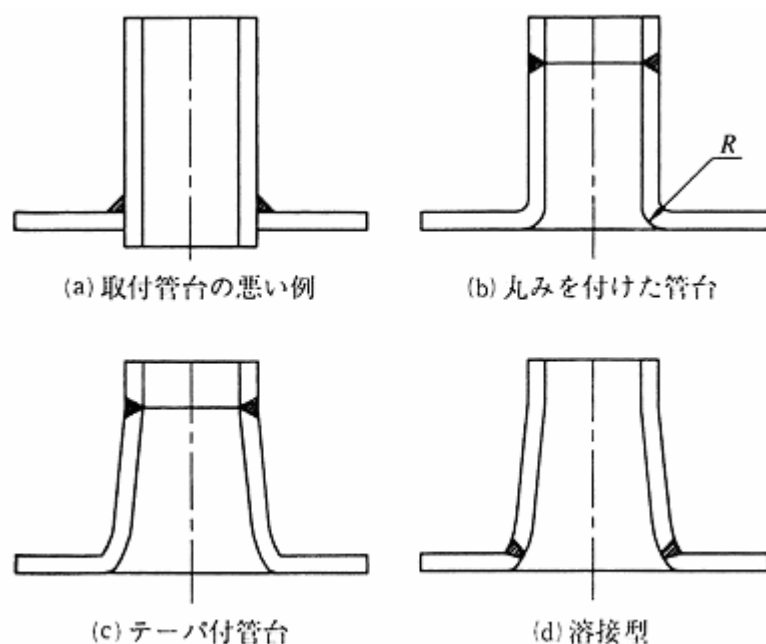
図 2 安全弁吹出しによる反動力計算



第2図 安全弁吹出しによる反動力計算

出典：「安全弁設置について」 「配管技術 VOL.42 No.6 52 頁」 「2000 年 5 月 1 日」 「長谷川千尋（株式会社福井製作所）著」 「日本工業出版株式会社発行」

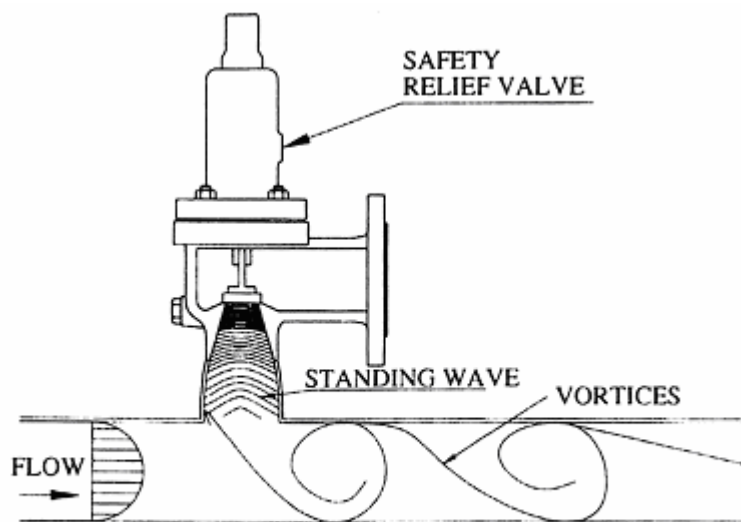
図 3 安全弁取付け管台例



第3図 安全弁取付け管台例

出典：「安全弁設置について」 「配管技術 VOL.42 No.6 52 頁」 「2000 年 5 月 1 日」 「長谷川千尋（株式会社福井製作所）著」 「日本工業出版株式会社発行」

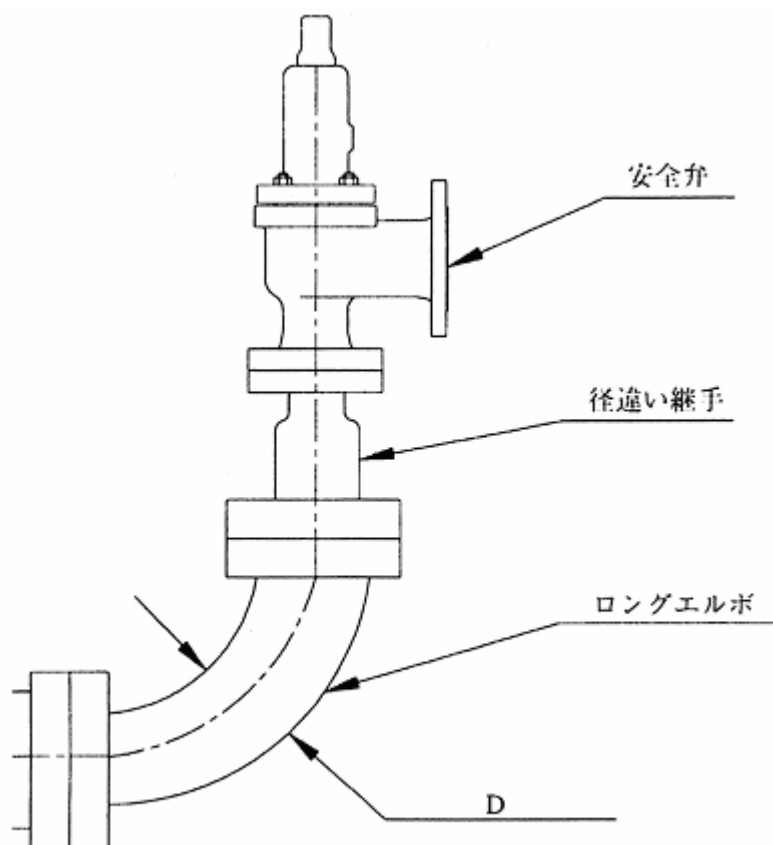
図 4 振動発生例



第 4 図 配管上における安全弁入口による音速振動発生例

出典：「安全弁設置について」 「配管技術 VOL.42 No.6 52 頁」 「2000 年 5 月 1 日」 「長谷川千尋（株式会社福井製作所） 著」 「日本工業出版株式会社発行」

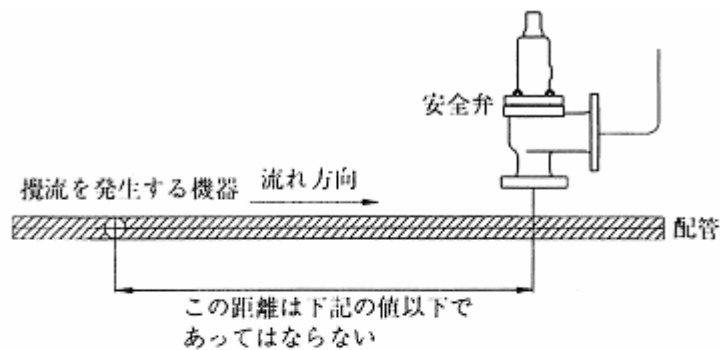
図 5 安全弁を取付けるエルボ



第 5 図 安全弁を取付けるエルボ

出典：「安全弁設置について」 「配管技術 VOL.42 No.6 53 頁」 「2000 年 5 月 1 日」 「長谷川千尋（株式会社福井製作所） 著」 「日本工業出版株式会社発行」

図 6 配管上への安全弁取付け



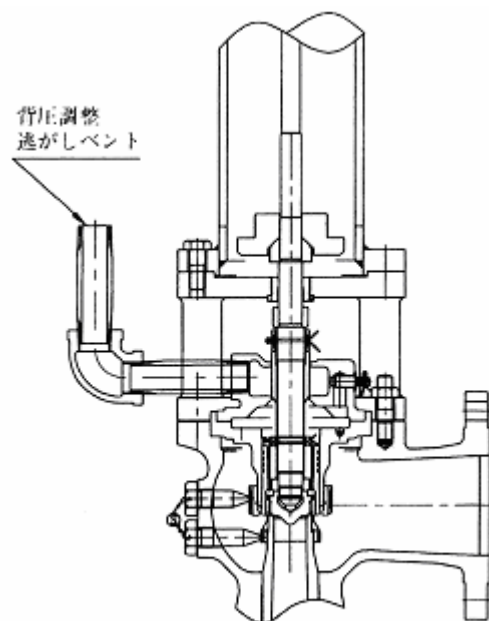
攪流を発生する機器	配管径の倍率
① レギュレーター、玉型弁.....	25
② 同一平面上にない、2 個のエルボもしくはベント...	20
③ 同一平面状にある、2 個のエルボもしくはベント...	15
④ エルボもしくはベント.....	10
⑤ 脈流防止装置.....	10

配管上に取付けた安全弁及び安全逃し弁入口側の攪流を避ける取付け方の例（APIRP520より抜粋）

第 6 図 配管上への安全弁の取付け

出典：「安全弁設置について」 「配管技術 VOL.42 No.6 53 頁」 「2000 年 5 月 1 日」 「長谷川千尋（株式会社福井製作所） 著」 「日本工業出版株式会社発行」

図 7 背圧調整逃がしベント



第10図 背圧調整逃がしベント

出典：「安全弁設置について」 「配管技術 VOL.42 No.6 57 頁」 「2000 年 5 月 1 日」 「長谷川千尋（株式会社福井製作所） 著」 「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 VOL.42 No.6 50 - 58 頁」 「2000 年 5 月 1 日」 「長谷川千尋（株式会社福井製作所） 著」 「日本工業出版株式会社発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/04@C F16K17/04@F

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 7 前漏れ無しの大口径安全弁

【適用分野】 一般工業分野

【技術内容】

安全弁のサイズ選定は、安全弁作動時の安全性・シール性・生産性等の問題から、一般的に 300 ミリ (12 インチ) ぐらいが上限と考えられている。安全弁吹出量が 300 ミリを超えるような安全弁が必要な場合、普通は安全弁を複数個取り付け、その要求吹出し量をカバーするように設計される。

前漏れ無しの状態でしかも、作動後の漏れもゼロを特徴とする 450 ミリの安全弁について記述する。

(1) 安全弁作動時に生じる反動力に対する考慮

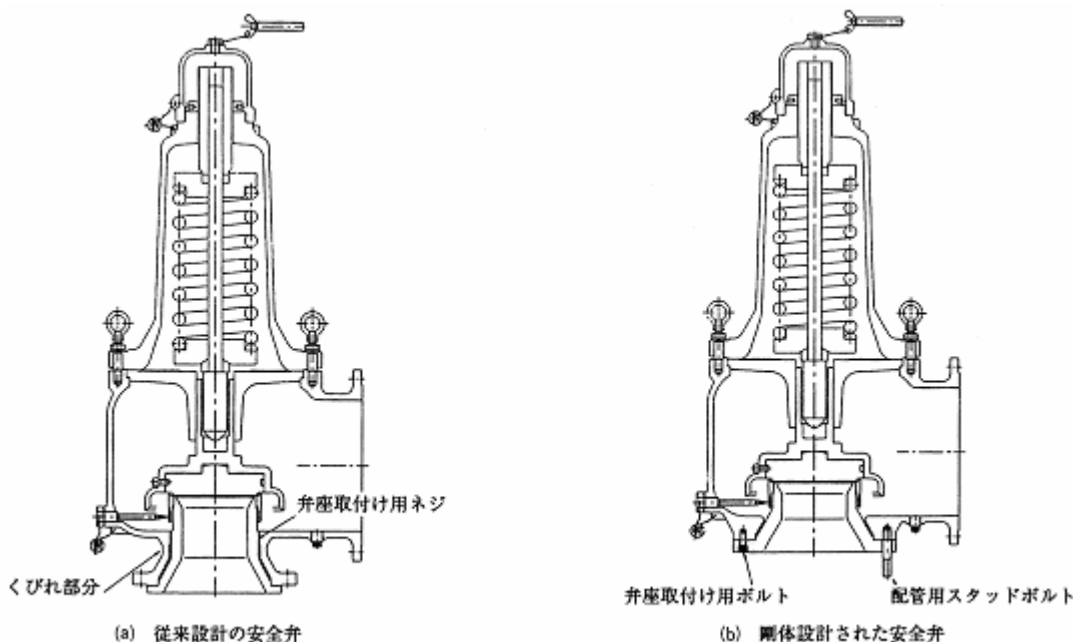
安全弁作動に伴う反動力は安全弁の取り付け側ネック部に曲げモーメントを加え、変形或いは破損・作動後の漏れ等の原因になる場合が多い。そこで、安全弁の取り付けフランジ部分のくびれを無くし、安全弁の弁箱下部に配管用ボルトを直接取り付ける構造とし、安全弁そのものを剛体設計としている。従来設計の安全弁との比較図を図 1 に示す。

(2) シール部分の平面研磨

表面粗さおよび平坦度データの比較を図 2 に示す。従来品は、研磨面がわずかに球面になっており、弁座・弁体を組むと、図 3 (a) に示すように線の接触によるシールがされる。平坦度を向上させたもので組み立てると図 3 (b) のような状態になり、流体圧力による力とバネの荷重がバランスし、吹始め (前漏れ) 現象が生じようとする時にもシール部分が面であるため、両部品のシール面部分が外れることなく、吹始め現象を抑える。

【図】

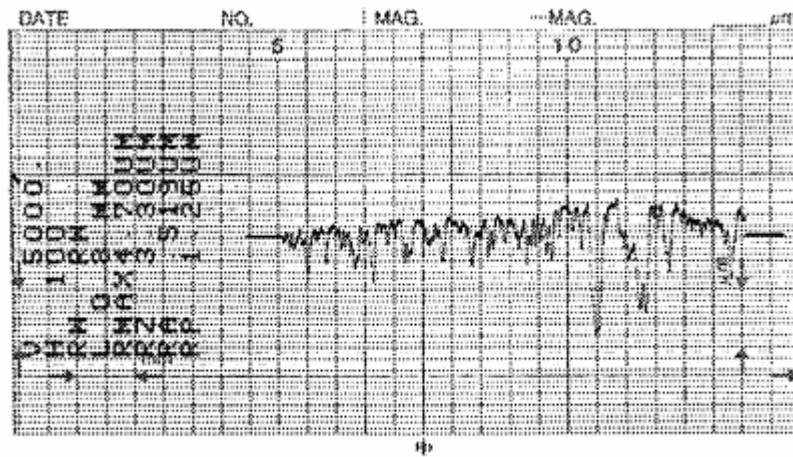
図 1 従来設計と剛体設計された安全弁との比較図



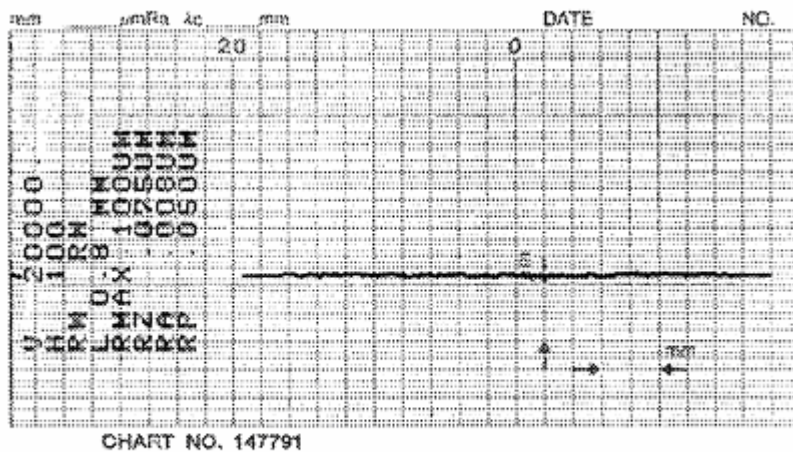
第 2 図 比較図参照

出典：「前漏れ無しの大口径安全弁」, 「配管技術 VOL.47 No.5 79 頁」, 「2005 年 4 月」, 「宮崎治彦 (株式会社ミハナ製作所) 著」, 「日本工業出版株式会社発行」

図 2 表面粗さ測定データ



(a) 当社従来品のデータ

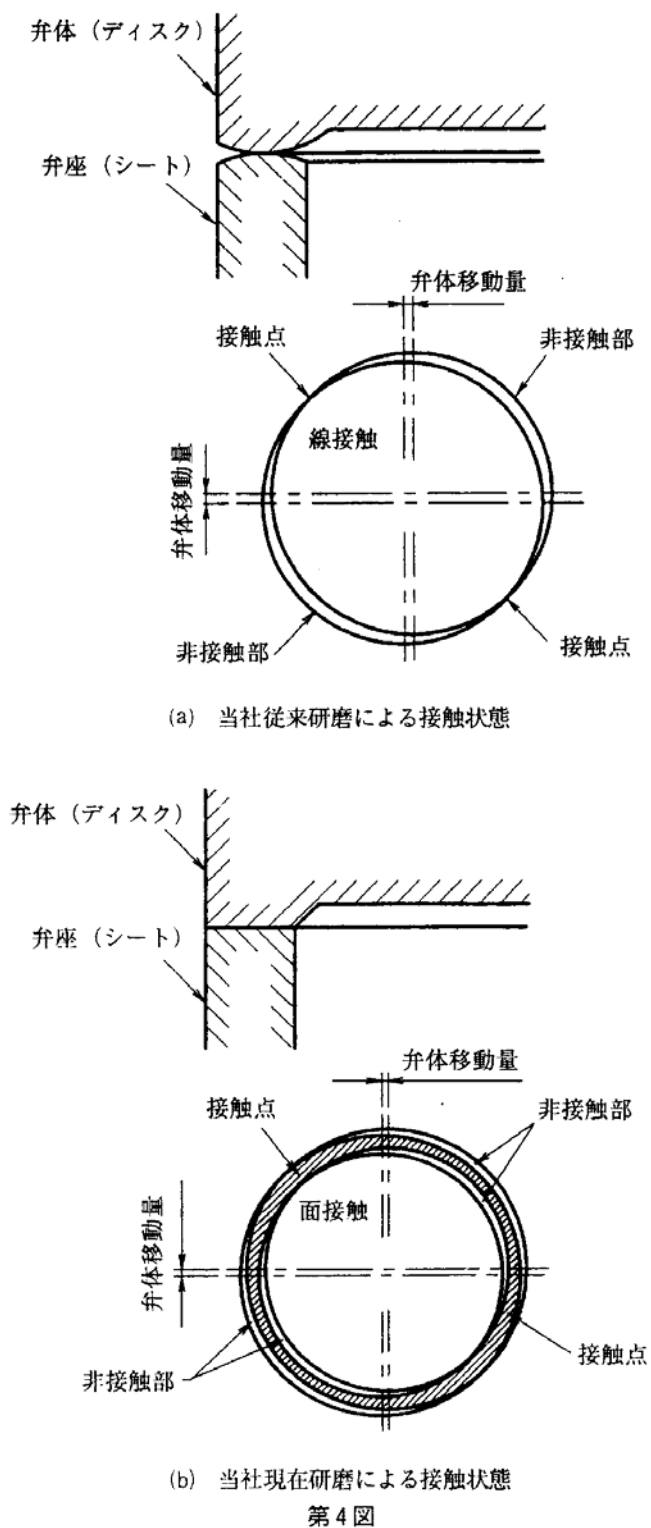


(b) 当社現状品のデータ

第 3 図

出典：「前漏れ無しの大口径安全弁」,「配管技術 VOL.47 No.5 80 頁」,「2005 年 4 月」,「宮崎治彦（株式会社ミハナ製作所）著」,「日本工業出版株式会社発行」

図 3 接触状態図



出典：「前漏れ無しの大口径安全弁」, 「配管技術 VOL.47 No.5 81 頁」, 「2005 年 4 月」, 「宮崎治彦（株式会社ミハナ製作所）著」, 「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 VOL.47 No.5 78 - 81 頁」, 「2005 年 4 月」, 「宮崎治彦（株式会社ミハナ製作所）著」, 「日本工業出版株式会社発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/02@Z

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 8 シール部にMR流体を用いた磁気式安全弁

【適用分野】 一般工業分野

【技術内容】

安全弁は、バネの反発力等の機械的な力によって弁を弁座に押しつけることでシール性を確保するため、内部流体圧力の上昇に応じて弁座面圧が低下することが物理的に避けられず、吹出し圧力付近での漏洩防止に限界がある。そこで、磁場に応答して見掛けの粘度が変化するマグネトロロジ流体（以下、MR流体と呼ぶ）によって弁をシールする磁気式安全弁を試作した。その構造を図1に示す。ディスクと本体に組み込まれた希土類磁石による吸引力で吹出し圧力までディスクを保持し、本体とディスクとの間隔にMR流体を充填し漏洩を防止している。しかし、この安全弁は、磁気回路が閉じていないこと、一部に鉄を使用していることなど実用上改善すべき点が多く、さらにシール部で流体の不均一が生じる問題があった。これらの問題を解決できる新しい磁気式安全弁の構造として図2に示す構造を考案している。

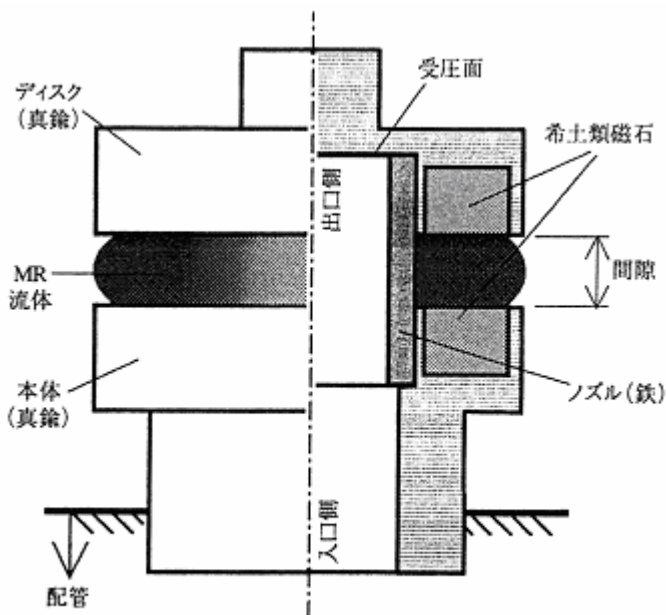
この弁では、ディスクとノズルのシール面に流体を塗布し両者を押付けたのち、磁石とヨークを取り付ける。これにより、磁界の印加されていない流体が均一に広がり、均一なシールが実現できる。さらに、閉磁路が構成されるためより高い圧力に耐えることが可能となる。

また、磁気回路部にはSUS430を使用し、耐腐食性の改善が検討されている。

配管ジョイントへの応用については、図3に示すような、従来の機械的シールの外側に磁気式シールを構成したものを検討している。この配管ジョイントに、機械的シールと磁気式シールとの間に形成される空間内の状態（例えば、圧力や流体）を計測するセンサーを設置すれば、この信号を解析することでシール部の破損や劣化を監視することが可能となり、漏洩を生じる前にジョイントの交換といった対応が出来る。

【図】

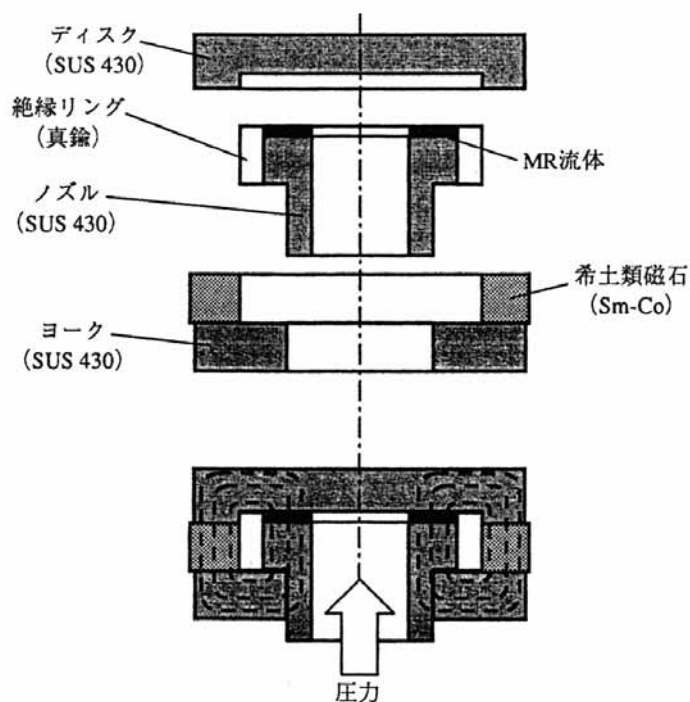
図1 試作安全弁の構造



第1図 試作した安全弁の構造

出典：「シール部にMR流体を用いた磁気式安全弁の開発」、「配管技術 VOL.45 No.13 43 頁」、
「2003 年 11 月」、「齋藤剛（独立行政法人産業安全研究所）著」、「日本工業出版株式会社発行」

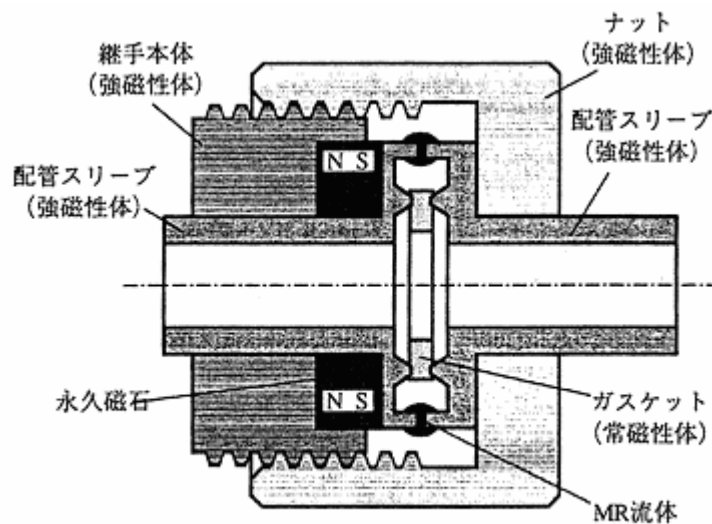
図 2 改良型安全弁の構造



第10図 改良型安全弁の構造

出典：「シール部にMR流体を用いた磁気式安全弁の開発」,「配管技術 VOL.45 No.13 48 頁」,
「2003 年 11 月」,「齋藤剛 (独立行政法人産業安全研究所) 著」,「日本工業出版株式会社発行」

図 3 磁気式シールの配管ジョイントの構造



第11図

出典：「シール部にMR流体を用いた磁気式安全弁の開発」,「配管技術 VOL.45 No.13 48 頁」,
「2003 年 11 月」,「齋藤剛 (独立行政法人産業安全研究所) 著」,「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 VOL.45 No.13 43 - 49 頁」,「2003 年 11 月」,「齋藤剛 (独立行政法人産業安全研究所) 著」,「日本工業出版株式会社発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/04@A F16K25/00

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 9 蒸気用ボイラ安全弁

【適用分野】 プラント一般

【技術内容】

安全弁に対する技術の発達と歴史的背景ならびに現状と将来について記述する。安全弁の製作には、非常に多くの経験的ノウハウと最新技術が重要である。ノウハウに関する部分はバルブメーカーの貴重な財産であり、公開されることも少なく、これに関する文献も限られている。

歴史的には、蒸気を動力源に使用する知恵が生まれた時から、まさかの時に容器内の圧力を自動的に低下させる圧力逃し装置が考案された。弁体を押さえ込む荷重は、当初は重錘であった。蒸気の吹出しは、上部排出から下部排出へと発達し、図 1 に示す肘形の弁箱は現代の安全弁や逃し弁にも受け継がれている。蒸気圧力が高くなり、重錘から、「引張りばね」と「てこ」で弁体に荷重を直接加える方法に変わり、さらに現在の圧縮コイルばね方式に移行した。

安全弁は吹出した時に弁体が弁座から、どれだけ上がる(リフト又は行程という)かで吹出す蒸気量が決まる。このリフトを大きくする工夫は安全弁の技術発達史の中で非常に重要な位置を占める。1848年に英国人技術者の Charles Ritchie が図 2 に示したような弁座の外周にくぼみを設けるとともに、弁体の外周にも反り返った溝を設けた構造を考案した。この構造は吹出した蒸気の反動力を利用することで、より大きなリフトを得るという画期的な発明であった。この考えを発展させた図 3 に示す調整環は現在の安全弁にも採用されている。弁体の外側に設けた円筒状リングを上下に移動させることで噴出蒸気の角度変更を行い、ポップオープン特性や全開位置の持続性確保の機能も担っている。近代の安全弁においては、吹出し圧力の正確性が重視されており、蒸気が吹出す直前における受圧面積が弁体シートの最も内側に移行する構造が採用されている。この例として、圧力がない時のばね荷重を支える工夫を採用した例を図 4 に示す。そのほか、図 5 に示す下部調整環(ノズルリング)を弁座の外周に設ける方法が採用されている。これにより、弁座の微少スキマから漏れ出す蒸気の溜まり室(ハッドリング室)が設けられ、ここに貯まった圧力を利用し一気に吹出し動作に移行させる技術が開発され、ほとんどの蒸気用安全弁に採用されている。

【図】

図 1 重錘式肘形弁箱安全弁

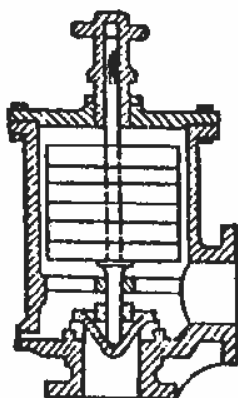


図 3 重錘式安全弁(肘形弁箱型)

出典:「蒸気用ボイラ安全弁の技術的発達と現状と将来」,「バルブ技報 VOL.16 No.1 40 頁」,
「2001 年 3 月 30 日」,「武田貞男(東亜バルブ株式会社)著」,「社団法人 日本バルブ工業会
発行」

図 2 弁体・弁座構造

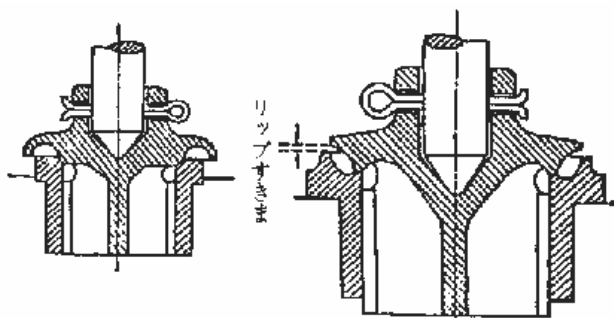


図10 弁体・弁座構造

出典：「蒸気用ボイラ安全弁の技術的発達と現状と将来」、「バルブ技報 VOL.16 No.1 43 頁」、
「2001 年 3 月 30 日」、「武田貞男（東亜バルブ株式会社）著」、「社団法人 日本バルブ工業会
発行」

図 3 調整環付安全弁

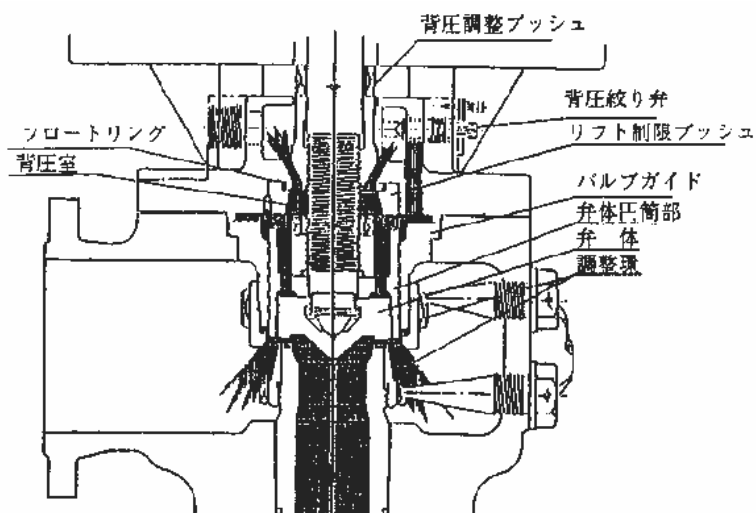


図14 調整環付安全弁

出典：「蒸気用ボイラ安全弁の技術的発達と現状と将来」、「バルブ技報 VOL.16 No.1 43 頁」、
「2001 年 3 月 30 日」、「武田貞男（東亜バルブ株式会社）著」、「社団法人 日本バルブ工業会
発行」

図 4 弁体リップの構造

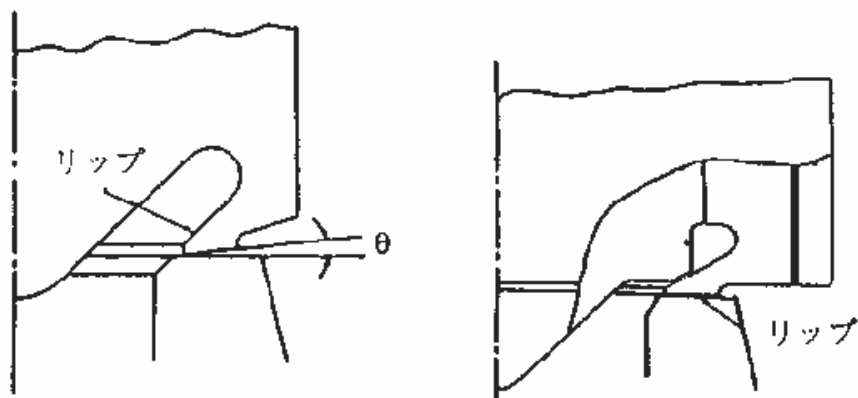


図18 弁体リップの構造

出典：「蒸気用ボイラ安全弁の技術的発達と現状と将来」、「バルブ技報 VOL.16 No.1 47 頁」
「2001 年 3 月 30 日」、「武田貞男（東亜バルブ株式会社）著」、「社団法人 日本バルブ工業会
発行」

図 5 下部調整環

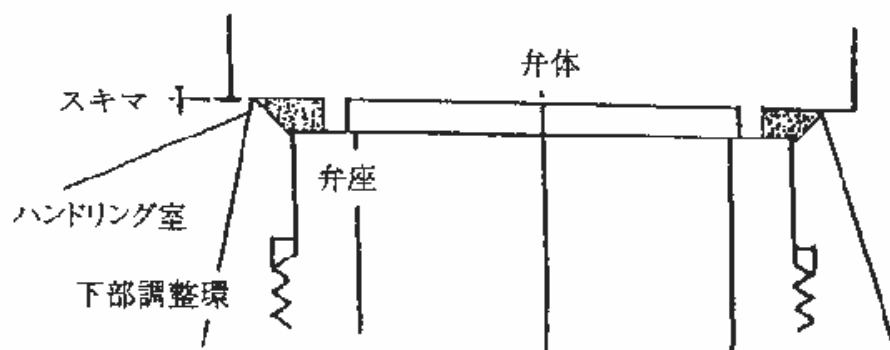


図19 下部調整環の形状

出典：「蒸気用ボイラ安全弁の技術的発達と現状と将来」、「バルブ技報 VOL.16 No.1 47 頁」
「2001 年 3 月 30 日」、「武田貞男（東亜バルブ株式会社）著」、「社団法人 日本バルブ工業会
発行」

【出典 / 参考資料】

「バルブ技報 VOL.16 No.1 39 - 49 頁」、「2001 年 3 月 30 日」、「武田貞男（東亜バルブ
株式会社）著」、「社団法人 日本バルブ工業会発行」

【技術分類】 1 - 2 - 4 バルブの機能向上 / 機能の拡大 / 流れを逃がす (安全弁)

【 F I 】 F16K17/06@A F16K17/06@B

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 1 0 蒸気用安全弁の前漏れ防止装置

【適用分野】 プラント一般

【技術内容】

自家発電用ボイラには小口径の安全弁が使用されるが、大口径安全弁に比べ弁体の着座が悪く設定圧力以下での漏洩（前漏れ）が多い。既設の安全弁に取付けることができ、電力や空気圧などの外部動力源が不要な前漏れ防止装置（安全弁アダプタ）について記述する。

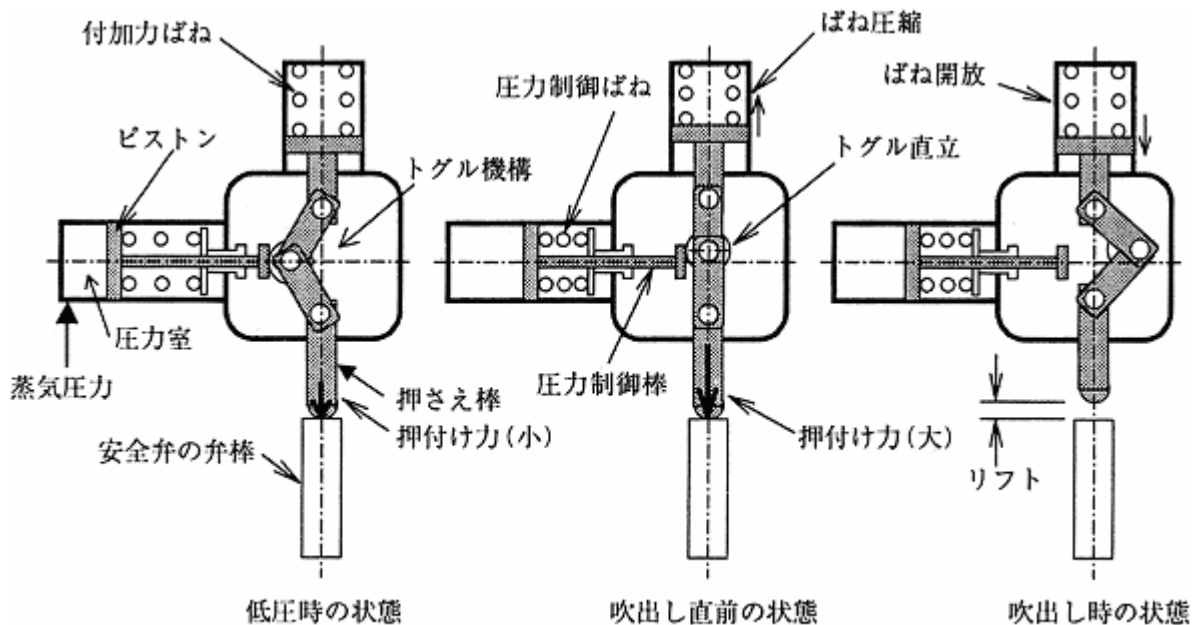
安全弁アダプタの作動原理を図 1 に示す。蒸気圧力が低い状態では、図 1 左のごとくトグルは左側に曲がっている。吹き出し直前状態では図 1 中央のとおり直立状態に近づく。蒸気圧がさらに上昇し吹き出し圧力に到達するとトグル機構が右方向に反転する。これにより安全弁の弁棒上端を押さえていた付加力ばねの圧縮力が瞬時に解放され、安全弁が吹き出し作業を開始する。安全弁アダプタを安全弁の上部に取付けた設置例を図 2 に示す。

図 3 は安全弁アダプタの前漏れ防止効果について、飽和蒸気による試験結果を示している。安全弁に安全弁アダプタが無い場合には漏れ始め圧力が吹き出し圧力より 0.1～0.5MPa 以上低いのにに対し、安全弁アダプタを設置した場合にはこの圧力差が無く前漏れの無いことが分る。

安全弁アダプタのペローズの破損や摺動部の固着などによりトグル機構が反転できなくなった場合、安全弁は吹き出し圧力の 1.03 倍以下の圧力で吹き出す。この 3% の付加力の取扱いを含め、アダプタの使用に際しては発電用火力設備の技術基準に基づく認可が必要である。

【図】

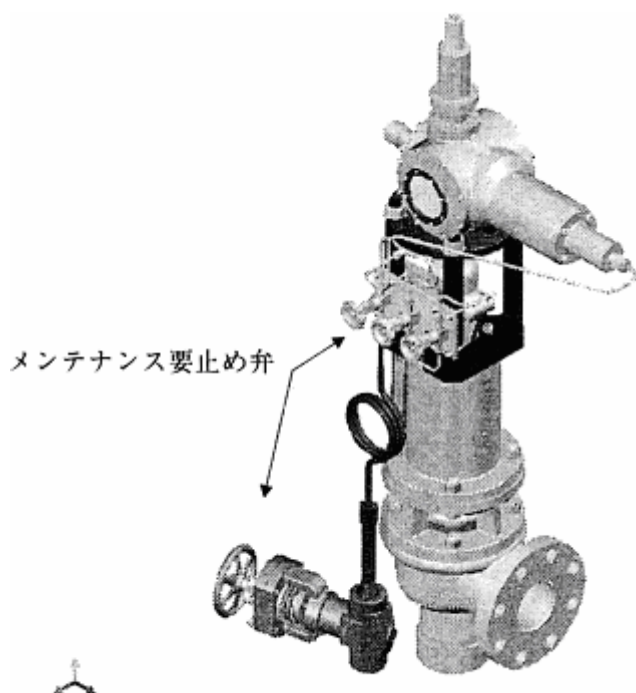
図 1 安全弁アダプタの作動原理



第2図 安全弁アダプタの動作原理（トグル機構の動き）

出典：「安全弁の前漏れ防止によるCO₂排出量削減 蒸気用安全弁の前漏れ防止装置の紹介」,「配管技術 Vol.46 No.10 30 頁」,「2004 年 9 月 1 日」,「田中孝治（岡野バルブ製造株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

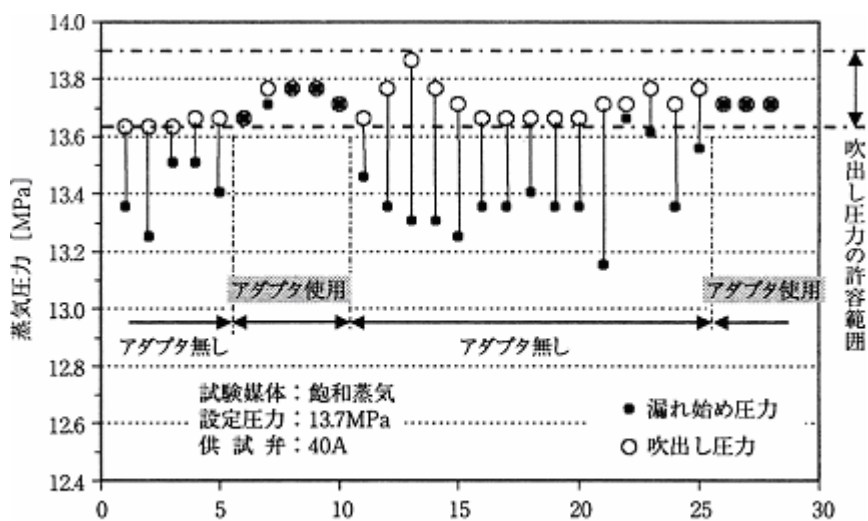
図 2 安全弁アダプタの設置例



第 4 図 安全弁アダプタの設置例

出典：「安全弁の前漏れ防止によるCO₂排出量削減 蒸気用安全弁の前漏れ防止装置の紹介」,「配管技術 Vol.46 No.10 30 頁」,「2004 年 9 月 1 日」,「田中孝治（岡野バルブ製造株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

図 3 安全弁アダプタの前漏れ防止効果



第 7 図 安全弁アダプタの効果

出典：「安全弁の前漏れ防止によるCO₂排出量削減 蒸気用安全弁の前漏れ防止装置の紹介」,「配管技術 Vol.46 No.10 31 頁」,「2004 年 9 月 1 日」,「田中孝治（岡野バルブ製造株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」

【出典 / 参考資料】

「配管技術 Vol.46 No.10 28 - 32 頁」,「2004 年 9 月 1 日」,「田中孝治（岡野バルブ製造株式会社）著」,「日本工業出版株式会社発行」