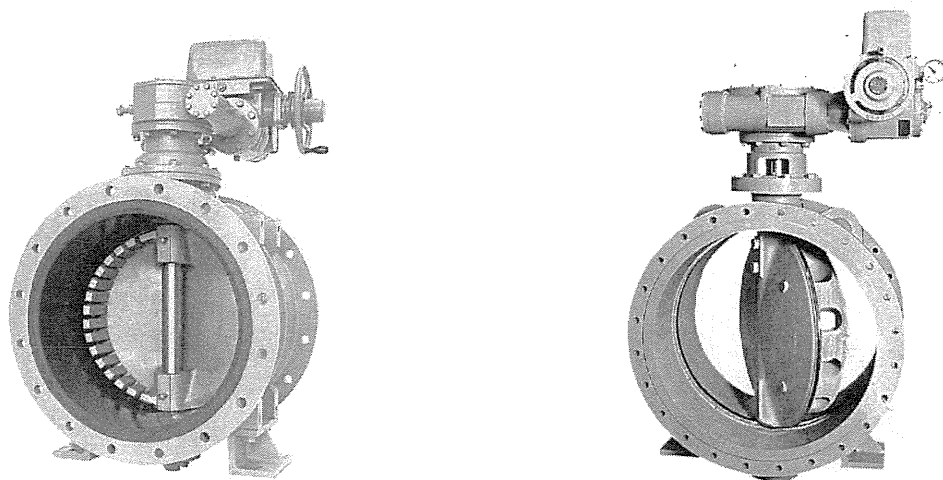


### g. キャビテーション抑制形バタフライ弁

キャビテーション抑制形バタフライ弁は、弁体の特異な形状として絞り運転時のキャビテーションの発生を軽減する機能を持たせたバタフライ弁で、昭和59年頃に国内の各バタフライ弁メーカーから開発された。それまでは、複数台のバタフライ弁で少しずつ絞り運転するか、または高価な制御専用のバルブによる方法しかなかっただけに、寸法・形状がバタフライ弁と同一なキャビテーション抑制形バタフライ弁は、数多く使用されている。このバルブは幾つかの弁体形式あるのが、そのうちの2例を【写真15】に挙げた。



【写真15 キャビテーション抑制形バタフライ弁（例）】

筆者も、キャビテーション抑制形バタフライ弁の開発を手がけたが、思い通りの性能にならず、弁体のスクラップばかりを作っていた。

たぶん、この形式のバルブ開発者は、私と同じようなことをされたと思う。

キャビテーション抑制性能を確認する方法は、実硫試験以外考えられないが弁体を取り替え引き替え試験することになるので、大きな口径でやるとなると、これはもう、頭脳労働ではなく肉体労働になる。体力勝負である。

実硫試験を行っていたときの話になるが、いつものように流れの様子を目視によって観察していた時のこと、夢中になってしまって管内圧力が危険な  $0.35 \text{ Mpa}$  になったのも気づかず透明なアクリル樹脂製の弁箱を破裂させてしまった。口径  $600\text{mm}$  なので瞬時に実験室が水浸しである。幸いに誰にも怪我は無かったが、実験者の半数はずぶ濡れである。上司に報告したときは、苦い顔をされないように高価な弁箱のことは触れず、実験者に一人の怪我もなかったことを強調し、そして、懲りずに“もう一度アクリル樹脂製の弁箱による実験を続けたい。お願いします。”

本稿はバタフライ弁のみに絞って述べてきた。それにしてもバタフライ弁の祖先というか、原型であるダンパーの起源が解らないのは、非常に残念である。

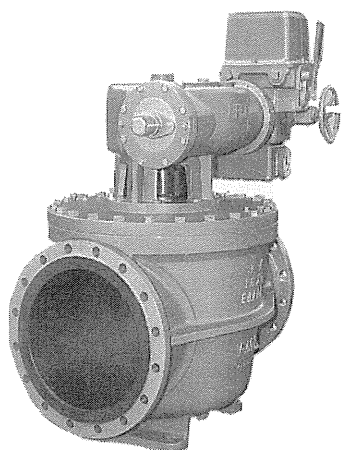
## III章 水道に使用される規格外のバルブ

本章では水道用バルブのなかでも規格外となるバルブについて述べる。筆者も規格の堅苦しい話は不得意なので、少し肩の荷を下ろして進めたい。

### Ⅲ. 1 ロート弁

ロート弁は、米国のステファン・モルガンが水車の付属弁として発明したものである。アリス・チャーマー社（米国）が1959年にその特許を買収し、ポンプ用出口弁として製造販売を開始した。その後、アリス・チャーマー社は、バルブ部門をAC Valve・Incに売却したが、その会社が破産したためにロドニー・ハント社（米国）が権利と技術を買取り現在に至っている。国内では、昭和43年（1968年）にポンプメーカーのE社とD社がアリス・チャーマー社よりこの弁の技術導入をし、ポンプの吐出弁や流量、圧力の制御弁として今までに数千台が納入された。この弁は大口径も製造され、なかには口径2400mmのものも国内で作られているが、現在は新たに使用されることは少なくなった。

技術導入したメーカーに話を聞いたところ、導入当初は弁棒部にカジリを生じやすく弁の開閉に影響が出るなどの問題を生じ、導入先に問題解決を依頼したが対応してくれずかなり苦勞して自社で解決したとのことである。



【写真16 電動式ロート弁（例）】

このバルブの特徴について簡単に説明すると、一般にはコーンバルブと称し、形状はコックの親玉と考えればよい。ただ回転する前に弁体をわずかに浮き上がらせてから回転して全開（閉）ではまたおろすところが普通のコックと違っている。この操作機構は、弁体の昇降と開閉とを相ついでに行わせるために特に工夫こらした独特のものである。廃棄された手動式ロート弁の分解に立ち会ったところ、操作機構は、バタフライ弁等に使用されているウォーム歯車と違い、うんざりするほど複雑であるにもかかわらず意外と丈夫で異常は認められなかった。

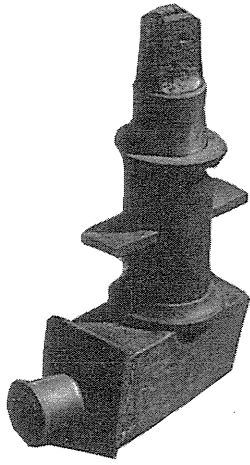
また、ロート弁の半開時は、流体によるダイナミックトルクが閉まり勝手に働くために、水道用のポンプ

吐出弁の例では、油圧、水圧操作のシリンダ式として（電動仕切弁）＋（逆止弁）の機能を持たせているものが多い。そのために欧米では、ポンプ緊急停止後のウォータハンマー防止のために、緩閉式逆止弁も兼ねて多く用いられているが、国内では形状が大きく高価であることや性能の良い緩閉式逆止弁が出来たこと等から、一時のように使用されなくなった。

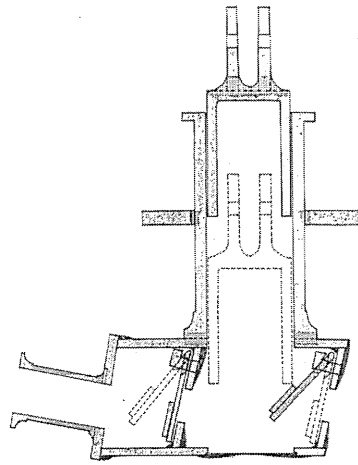
### Ⅲ. 2 逆止弁

Ⅰ. 2 バルブの発展で、筆者はバタフライ弁のファンと述べた。実はこの逆止弁も好いていて、この弁の知識もあまりないのに“隠れファン”でもある。

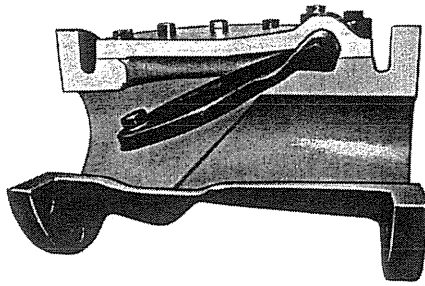
逆止弁は、コックと共に化石のように歴史の長いバルブでもあり、水道用逆止弁の話に入る前に時代を遡ったところから入りたい。第1回目に少し触れた通り、この弁は今から3500年以前に送風用フイゴに使用されたと言われている。しかし、この時代では未だ木製で、約2000年前のローマ時代になった頃から金属製のものが製造された。【写真17】はローマで発掘された青銅製ポンプの写真で、内部の構造は【図16】から解るようにシリンダーと逆止弁で構成され、【図17】にあるような現代の弁棒無しスイング式逆止弁とほぼ同じである。



【写真17 ローマ時代のポンプ】



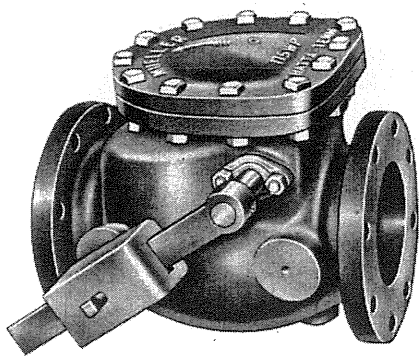
【図16 ポンプの構造】



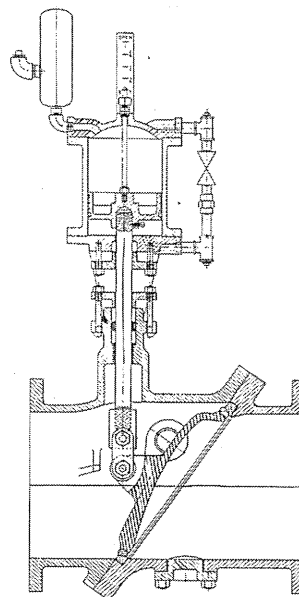
【図17 弁棒無しスイング式逆止弁（例）】

この少し後には、同様にしてポンプにリフト式逆止弁も使用されているが、スイング式にしてもリフト式にしても、逆止弁を管路内に単体で用いたのはかなり後のことである。

近代になって動力ポンプが使用されるようになると、それまでの簡素なスイング式やリフト式の逆止弁では弁の閉じる時に生ずる衝撃を防止出来なくなり、欧米に急閉式【写真18】や緩衝式【図18】の機能の向上した逆止弁が登場してきた。



【写真18 急閉式逆止弁（例）】

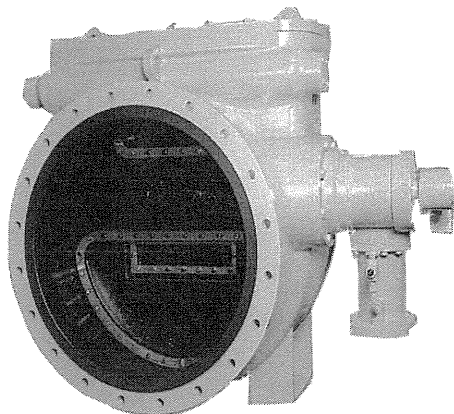


【図18 緩衝式逆止弁（例）】

急閉式逆止弁は、ポンプ停止後に写真にあるようなウエイト等で強制的に弁を閉じさせ、逆流による弁閉鎖の衝撃を防ぐ方式である。この方式の弁は1950年以前に既に製造されていたが、出所と開始時期ははっきりしない。

緩衝式逆止弁は、逆流させながらダッシュポットにより徐々に弁を閉じさせ、弁閉鎖時の衝撃を防ぐ方式になる。【図18】は、1950年頃に米国のチャップマン社が開発したチルチング式の弁で、同社によると、従来のスイング式逆止弁はダッシュポットを付けたとしても弁閉鎖の衝撃が吸収出来ないために、弁棒の位置をずらした偏心形バタフライ弁の様な逆止弁にしたとある。また、チルチング式は、スイング式と同様にウエイトを付けることによって急閉式逆止弁にも出来る。当初は緩衝式を目的に作られたが、その後にダッシュポットの働きを改良してウオータハンマーを防止する緩閉式も作ることが可能になり、このチルチング式逆止弁は現在でも海外で多く製造されている。

さて、我が国では明治に入ってから金属製バルブが作られ、そして明治18年（1885年）に初めてのバルブ専門工場が出来た。この後に、水道事業が横浜、函館、長崎、広島、大阪、東京などの各地で始まり、バルブの発展を促したのである。当時のバルブ専門工場によって作られていた水道用のバルブは青銅製小形弁が主であり、明治後期になってようやく管路に設置されるような铸铁製の逆止弁も製造されるようになった。



【写真19 親子弁方式の緩閉式逆止弁（例）】

昭和20年代に入ると、高い圧力（高揚程）の鉱山用排水ポンプを多く使用することになり、ポンプ停止後の逆止弁によるウオータハンマーが問題になってきたのである。この問題に対処するために、昭和26年（1951年）頃から国内のポンプメーカーH社によるウオータハンマーを防止する逆止弁の研究が進められた。当時のH社の研究論文（昭和26年～31年）を見ると、バイパス弁を使いゆっくり弁を閉鎖させる研究が行われ、かなり苦勞してウオータハンマーを防止している。その成果を基にバルブメーカーは、昭和40年（1965年）頃から水道に使いやすい親子弁方式の緩閉式逆止弁【写真19】を作るようになってきた。

なお、緩衝式逆止弁と緩閉式逆止弁の違いについて、緩衝式逆止弁が弁閉鎖時に生じる衝撃防止を主としているのに対し、緩閉式逆止弁は、弁閉鎖時の衝撃防止とウオータハンマー防止を狙いにしている。したがって、高揚程のポンプに使用した場合は、弁閉鎖時間も長く出来る構造の緩閉式逆止弁が必要だ。欧米では、日本のような親子弁方式の緩閉式逆止弁は見あたらず、水道でも高揚程ポンプに使用する場合は前述の油圧源装置を使ったロート弁やチルチング式の緩閉式逆止弁を設置してウオータハンマーを防止している。

規格について述べると、昭和33年（1958年）にねずみ铸铁弁の一つとしてスイング逆止弁がJIS B 2031に、昭和34年（1959年）に青銅弁の一つとしてスイング逆止弁及びリフト逆止弁がJIS B 2011に、昭和38年（1963年）に铸铁弁10K、20Kスイング逆止弁がJIS B 2071に、昭和53年（1978年）に可鍛铸铁10Kねじ込み形弁の一つとしてスイング逆止弁及びリフト逆止弁がJIS B 2051に、JIS規格（日本工業規格）として制定された。その後にこれらの規格は、平成6年（1994年）のSI単位導入で改正されたが、内容は殆ど変わっていない。しかし、これらのJIS規格に

制定された逆止弁は、弁閉鎖が弁体の自由落下によるものに限られていて、いままで述べてきたような閉動作の調節を出来るものは規格化されていない。

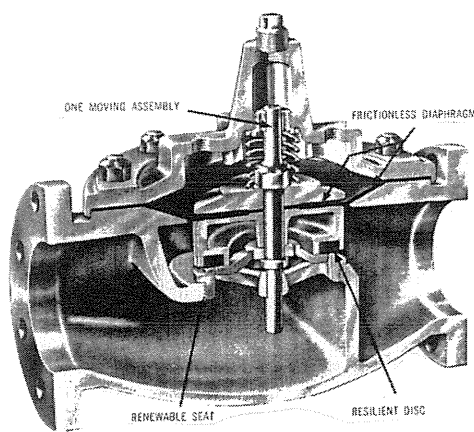
それにしても筆者が残念に思うのは、弁本体を変えずに急閉式や緩閉式に出来る応用性の高いチルチング式逆止弁がなぜ日本では製造されないか、逆止弁がどうして人気のないバルブになっているのかと  
言うことである。

### III. 3 減圧弁

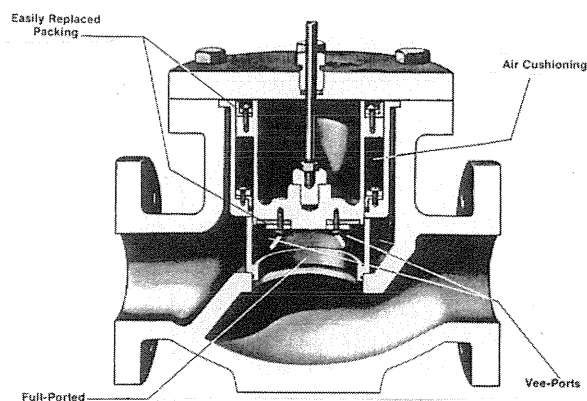
ここで述べる減圧弁は、給水管等に設置される簡易な小形なものではなく、配水管等で使用されるオート弁を云う。

減圧弁は、1936年（昭和11年）にクレイトン社の米国人グリスワールドによって開発された。その後クレイトン社のバルブ部門は、グリスワールドによって引き継がれクラバル社として現在も減圧弁を製造販売している。減圧弁は、管内圧によって作動する自動弁で使いやすく、開発されて以降は、各国のバルブメーカーによって作られるようになった。

国内のバルブメーカーが、減圧弁に取り組み出したのは、昭和25年（1950年）頃より米軍施設に設置された米国製減圧弁を修理することから始まる。そして、それらより得られたノウハウや購入した米国製減圧弁の研究から、昭和28年（1953年）に国産の減圧弁の製造を開始した。減圧弁の弁本体（主弁）の構造は、ダイヤフラム式【図19】によるものと差圧シリンダー式【図20】によるものに分かれているが、作動の理屈は同じである。米国で最初に開発された減圧弁はダイヤフラム式によるもので、国内の最初に作られた減圧弁は差圧シリンダー式になる。



【図19 ダイヤフラム式の減圧弁（例）】



【図20 差圧シリンダー式の減圧弁（例）】

この弁の特長は、今まで述べてきた他力弁と異なり管内の水圧によって自力駆動する主弁構造にある。それゆえ、減圧弁は主弁と動作指示を出すパイロットバルブから構成されているが、主弁構造の持つ特性から、パイロットバルブの変更やオプションの追加によって減圧弁以外の、例えば水位制御、流量制御、1次圧制御等のオート弁が古くから国内外共に作られた。特に日本は、地形の高低差がある所が多いため多数の減圧弁が使用され、現在ではメーカーも約10社になっている。

しかし、減圧弁を含むこの種のオート弁は、便利なようでも設置条件や使用状況により“じゃじゃ馬”に豹変することがある。配水管には、他にもオート弁が付けられていることが多く、弁の開きが小さな（小開度）時はそのような弁と干渉してハンチングを発生する場合もあるので注意しなければならない。特に管内に空気が残存している場合は要注意である。筆者も何回かこの“じゃじゃ馬”に遭遇して調整、

と言うよりも調教に手を焼いたことがあった。現在の国内製オート弁は、小開度の流量特性を改良した構造や小開度になってからの閉鎖速度を遅くする機構を取り入れて、ハンチングの発生を少なくしている。

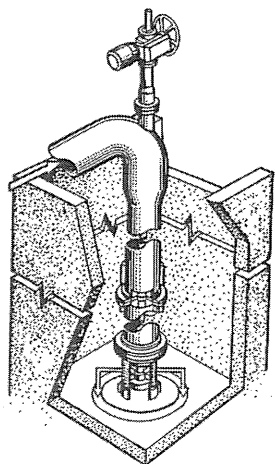
### Ⅲ. 4 制御弁

制御弁の定義は、「広辞苑」によると機械や設備が目的通りに作動するための調節バルブとなるが、それでは範囲が広すぎるので、ここに述べる水道用制御弁を筆者の独断と偏見で次のように限定した。本稿で扱う制御弁は、絞り運転時もキャビテーションを生じにくく、流量特性が優れ、ヒステリシスの少ない、多頻度の作動に耐えられる弁とした。前述の減圧弁も入るのであろうが、オート弁として一分類に扱われているのでこの制御弁には入れていない。この様に考えて、水道用の代表的制御弁を取り上げてみる。

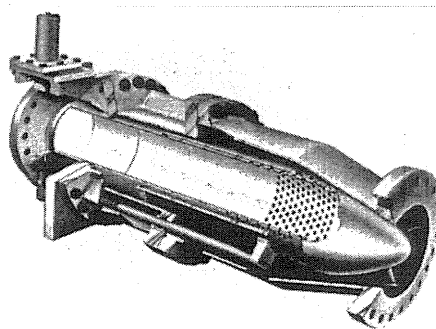
#### Ⅲ. 4. 1) スリーブ弁

スリーブ弁は、米国南カリフォルニア州水道組合（MWD）によって開発されたが正確な時期ははっきりしない。ただ、MWDのW・Paul Winnがこの研究論文を1974年にAWWAで発表していることから、開発時期はそれより数年前であろう。

スリーブ弁は、水量の調節する所が2重のスリーブ（筒）構造になっていて片側のスリーブは小さなポート（孔）が多数設けられている。ふたが被さる部分に多数のポート（孔）がある茶筒を思い浮かべて頂きたい。ふたを移動すると、ポートの数が増減して茶筒内の水量を調節するようなものである。最初の開発は減勢槽に放流する形式のもの【図21】で、この後に管路に設置するインライン形スリーブ弁【図22】が同じく米国で開発された。減勢槽式は水流がスリーブの中側から外側へ流出し、インライン形は逆にスリーブの外側から内側へ流出する構造になっている。



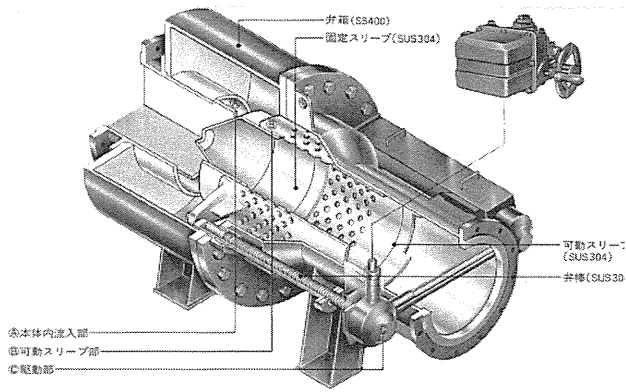
【図21 減勢槽形式のスリーブ弁】



【図22 インライン形スリーブ弁（例）】

国内の状況は、昭和50年（1975年）にバルブメーカーK社によって減勢槽形式のスリーブ弁を技術導入したのが始まりである。ちょうど昭和45年（1970年）頃からバルブの水量調節や減圧で生じるキャビテーションについてうるさく云われ、昭和51年（1976年）には他のバルブメーカーも製造を始めた。

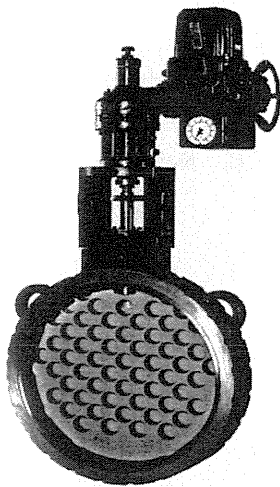
スリーブ弁は、水流を小さなポートから水中に噴出させてエネルギーを分散させるので、従来のバルブに比べキャビテーションが生じにくく、ポートの孔径や孔のピッチなどを変えることによって流量特性を変えることが出来るなど他に無い特長を持っている。



【図 2 3 洗浄機能付きインライン形スリーブ弁】

### Ⅲ. 4. 2) 多孔オリフィス弁

多孔オリフィス弁は仏国のアルストーム社によって開発され、その後、国内のバルブメーカーK社によって技術導入されたのが始まりである。そして、昭和60年（1985年）には、国内で最初の製品が製造された。



【写真 1 9 多孔オリフィス弁（例）】

6年）頃からインライン形スリーブ弁に取って代わってきた。しかし、この弁も、もっと手軽に使用出来る 5. II. で述べた g キャビテーション抑制形バタフライ弁に変わりつつある。

一方、通水部は小さなポートのために固形物のつまりが生じやすい欠点も持つ。このため、1978年にはこの欠点を解決するインライン形スリーブ弁【図 2 3】が国内のバルブメーカーM社によって開発された。この弁は、スリーブを全開から全閉の開度以外へ移動させると、ポートへの水流が通常と逆になることを利用してポートの目詰まりを洗浄する仕組みになっている。どちらにせよ、インライン形スリーブ弁は、他に適切な制御弁が無い昭和60年（1985年）頃まで水道用制御弁として多用された。

最初にこの【写真 1 9】を見た時は、弁体の動きがすぐに予想出来なかった。外観形状はバタフライ弁のように見えるが、弁体は多数の孔があいているのでどのような機構で水量調節するのか分かりにくいのである。この弁は、水量の調節部分が同径で同数の多数ポート（孔）を持つ2枚の平板で構成されており、その1枚（弁体）をスライドさせるとポートの面積が変化して水量調節を行う構造になっている。通水箇所は、ポートであるためにキャビテーションが生じ難く、水量の調節精度も高いうえに全開から全閉までの弁体移動距離はポートの径と同じで外観形状が大きくなる。なんと云ってもこの弁は、スリーブ弁に比べ安価で形状もフランジレスバタフライ弁なみに小さい特長を持ち昭和61年（198

## 参考文献

- ・ G・H・ピアソン：弁の設計 日本弁工業会 1961
- ・ (社) 日本バルブ工業会：バルブダイジェスト 2000
- ・ (社) 日本バルブ工業会：バルブダイジェスト わが国のバルブ産業 — 1995
- ・ (社) 日本バルブ工業会：バルブダイジェスト バルブ工業の歩み 1974
- ・ バルブ便覧：日刊工業新聞社出版、1969
- ・ ヴイトルト・リプチンスキ：ねじとねじ回し 早川書房 2003
- ・ 三輪 修三：ものがたり 機械工学史 オーム社
- ・ 日本水道協会：水道用バルブハンドブック 1987
- ・ 平凡社：万有百科大辞典 (GENR JAPONICA) P248~P249
- ・ バルブ講座編纂委員会：初歩と実用のバルブ講座 日本工業新聞社
- ・ 下間 頼一：技術文化史 1 2 講 森北出版株式会社 1983 年
- ・ 解体新書編集部：モノの歴史・技術の歩み 日刊工業新聞社 1998 年
- ・ 岡田 愿二：水道用バルブの変遷 水道協会雑誌 第 7 9 0 号
- ・ (社) 日本水道協会：日本水道協会規格の変遷
- ・ 嶋田 隆雄：水道用バルブのはなし 水道用ソフトシール仕切弁
- ・ 水道協会：水道用制水弁規格 水道用排気弁規格 昭和六年第二十八回上水協議会決定
- ・ 東京消防庁：東京の消防百年の歩み
- ・ 横浜市水道局：横浜市水道史
- ・ 古津 靖久：コントロールバルブ 日刊工業新聞社 1963 年
- ・ キーストン・ガデリウス社：会社案内
- ・ 渡辺 清：水道用バルブの変遷と将来の課題 (社) 日本バルブ工業会 バルブ技報 No 28
- ・ 上野 義郎：開閉弁の弁種関連性の研究 (社) 日本バルブ工業会 バルブ技報 No 43
- ・ 上野 義郎：二動作開閉弁の研究 (社) 日本バルブ工業会 バルブ技報 No 53
- ・ 小松 公栄：ゴムのおはなし 日本規格協会
- ・ 鋳鉄バルブ編纂委員会：鋳鉄バルブ
- ・ Roma pipe and valves petrolieri D' ITALIA
- ・ Chapman 社：資料 1956 年
- ・ CLA-VAL 社：資料 1965 年、1971 年
- ・ JIS B 2031-1994：ねずみ鋳鉄弁
- ・ JIS B 2051-1994：可鍛鋳鉄 10K ねじ込み形弁
- ・ JIS B 2071-2000：鋼製弁
- ・ JIS B 2011-2003：青銅弁
- ・ 日本工業出版社：鋳鉄バルブ -バルブの実務再入門-
- ・ 日本水道協会：水道用バルブハンドブック 1987 年
- ・ 寺前博：日立評論 第 3 3 卷 5 号 チェックバルブ付渦巻ポンプにおけるウオータハンマーについて 昭和 26 年 6 月
- ・ 日立評論：第 3 5 卷 1 号 昭和 27 年度に於ける日立技術の成果 昭和 28 年 1 月
- ・ 堀田正雄：日立評論 第 3 5 号 第 4 卷 渦巻ポンプ系におけるウオータハンマー防止法に就いて 昭和 28 年 4 月
- ・ 寺田進：日立評論：第 3 7 卷 1 0 号 坑内排水ポンプを対象とした水撃防止法の研究と実績 昭和 30 年 1 0 月
- ・ 寺田進：日立評論 別冊第 1 9 号 2200HP 炭坑用主排水ポンプ
- ・ 水口保：日立評論 別冊第 1 9 号 最近の上下水道用ポンプ
- ・ (株) 荏原製作所 資料
- ・ (株) クボタ 資料
- ・ (株) 栗本鐵工所 資料
- ・ 前澤工業 (株) 資料



## 「水道用バルブの歴史的な話」

発行日 2006年4月  
著者 沼田真人  
発行 水道バルブ工業会  
〒102-0074  
東京都千代田区九段南4-8-9  
日本水道会館内  
Tel 03-3264-0385  
印刷 株式会社 東京文久堂