

## 「日阪製ボール弁‘Duax®ボールバルブ’の進化」

### 1.はじめに

弁には様々な分類の仕方があり、主にグローブ弁（玉形弁）、ゲート弁、ダイヤフラム弁、バタフライ弁、チャッキ弁、ボール弁等々がある。これらには、各弁メーカーが実績や各種の検証結果を基に創意工夫が詰まっており、各社特長のあるものを提供している。弊社はボール弁を主体に製造販売しており、ボール弁の長所を活かし短所を克服できる Duax®を開発した。今回はボール弁として全く新しい考え方に基づき開発した Duax®を紹介すると共に、広がりつつある Duax®の世界についても紹介する。

### 2.ボール弁について

ボール弁は、流体を選ばず液体や粉粒体、スラリーラインにも採用されており、化学・鉄鋼・食品・医薬等の幅広い分野で使用されている。一般的なボール弁の長所と短所をまとめると以下の通りである。

#### 1)長所

##### ①フルボア

流路に遮蔽物がなく流体をスムーズに流すことができる。

##### ②開閉操作が容易

ボールバルブは 90 度回転でオンオフ出来る。

##### ③ボールとシートが密着した構造

シーリング良好

#### 2)短所

前項で述べたような、長所を持っている反面、高温・高圧条件下や開閉頻度が多い箇所などバルブの使用条件によって、または摩耗性・固着性・粘性がある粉粒体では流体特性によっては次のような問題が生じる場合がある。

##### ①作動トルク上昇

ボールとシートが密着しているため、粉粒体噛み込みによる作動トルクの上昇が発生する場合がある。また、自動弁の場合であれば、作動不良となる場合がある。

##### ②摩耗粉の発生/混入

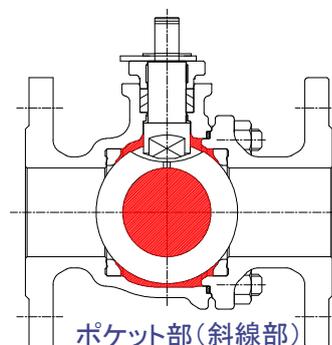
ボールとシートが摺動しながら開閉するため、シートの摩耗粉が発生し、混入する。流体が食品や不純物の混入が懸念される流体では摩耗粉の混入は異物混入として問題視される場合がある。

##### ③摺動傷による漏れ

ボールとシートの上に粉粒体を噛み込むと傷がついてしまい、シート漏れが起こる。【図-1】ボール弁の断面図  
また、一度傷がついてしまうとエロージョン摩耗が進行する場合もある。

##### ④ポケット部による影響

通常のボール弁は図-1 斜線部のように空間があり、流体が粉粒体などの固体の場合、そこに流体が堆積圧密する。固着性のある流体であれば、固着が原因で作動不良が発生する場合もある。



### 3.Duax®の構造と作動原理について

#### 3-1.「摺動」について

このバルブの特長を説明する時、「摺動しないボール弁です。」と紹介する。しかし、「摺動しない」という言葉とボール弁の構造とがうまく結びつかず、結局どういうことかと質問されることが多い。

ボール弁はシートとボールが常時密着した構造であり、バルブが開閉することでボールとシートがこすれる。つまり、摺動する。一方、Duax®はボールとシートが離れているため、ボール回転時はシートと接触していないので摺動しない。すなわち Duax®は摺動しないボール弁であると言える。

### 3-2.基本構造

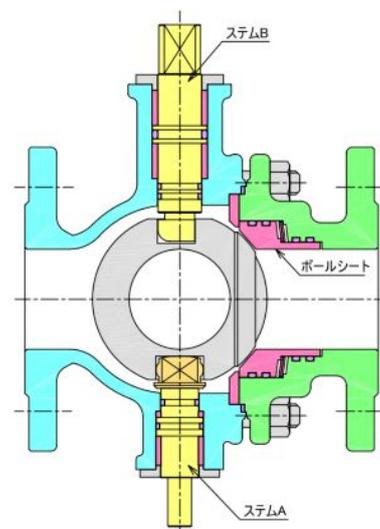
Duax®の命名由来は、「2」を意味する「Due」と「軸」を意味する「ax」を組み合わせ、2軸を有するボール弁からきている。ボールの回転動作を担う軸とボールをシートへ押し付けたり離したりする動作を担う軸とで役割を分担させている。それにより短時間で摺動せずに開閉することを可能にした。

### 3-3.作動原理

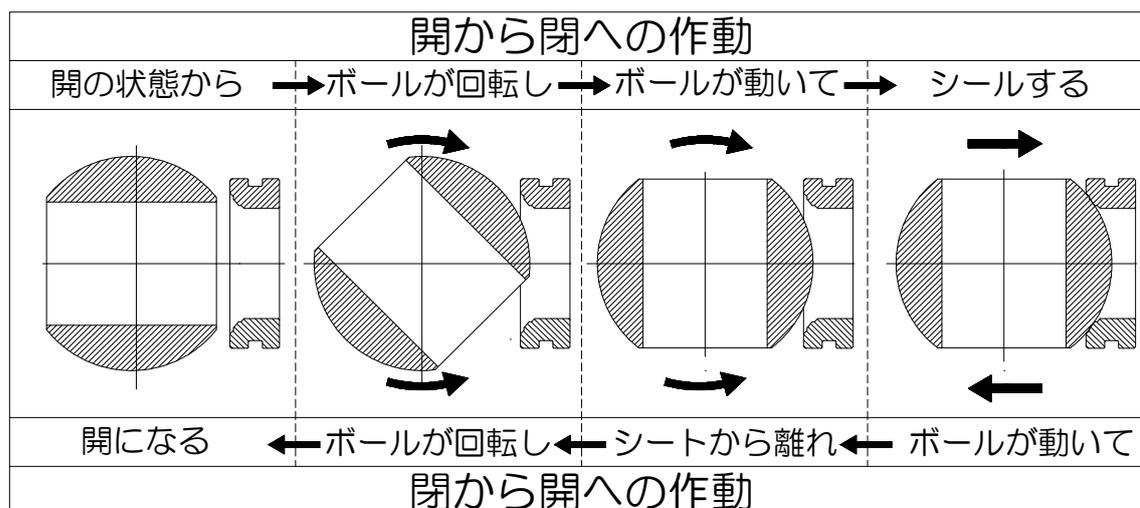
【図-2】は、Duax®が開から閉に作動するときの各段階におけるボールとシートの状態を示している。

まず、開から閉への作動については、開の状態ではボールとシートは接触していない(左)。次に、ボールはシートと非接触の状態回転し(左から2番目)、閉の状態になる(左から3番目)。この状態からボールがシート側に移動しシートに押し付けられて流体をシールする(右図)。

このように、開閉動作時にはボールとシートは接触せず、全閉時にのみボールとシートが接触してシールする。すなわち、ボールとシートは摺動しない。また、閉から開への作動はこの逆となる。



【図-2】Duax®の断面図



【図-3】 Duax®の作動原理

### 3-4.仕様

型式名称: DX 型ボール弁「Duax®(デュアックス)」

本体材質: ステンレス鋼或いはステンレス鋼鋳鋼、炭素鋼

圧力レーティング: 150#, 300#, 600#

適用温度: 常温~600°C

接続: フランジ接続(JIS, ASME, JPI 等)

口径: 50A~600A(2"~24")

駆動方法: エアークチュエータ(複動・単動)

シート材質: PTFE系を含む各種エンプラ系樹脂、ゴム、メタル、他

シート漏れ量: ASME class V(シート材質: メタルの場合)

漏れなし(シート材質: 樹脂、ゴムの場合)

### 3-5.特長

以下に Duax®の特長を述べる。

#### (1) ボールとシートが摺動しない

汎用のボール弁に比べて作動トルクが軽い。また、摺動によって傷や摩耗が発生しない為、シートの摩耗粉の発生を防止する効果があり異物(摩耗粉)の混入を嫌うラインでの使用にも有効。それによって、シール部品への負荷が軽減できるので長寿命化が図れる。

#### (2) ボールをシートに押し付けてシールする

このバルブは機械的な作用でシールする構造でありシール性への信頼性が高い。しかし、開閉時ボールとシートが離れている為ボールとシートの間に異物を噛み込み、隙間が生じると漏れが発生する恐れがある。その対策としてはオプションでパージノズルを設け、パージすることでボールとシート間の異物を除去できる。このパージについては後述する。このことから、シール性を要求されるラインでの使用も有効。

#### (3) 2 軸構造

ボールを回転させるステム A とボールをシートへ押し付けるステム B とがあり、2 軸にすることで、ステムにかかる負荷を分散させ耐久性を向上させることができる。

#### (4) エア回路による自動化機構

このバルブを自動弁として作動させる為には駆動部が2つ必要となる。駆動部はエアアクチュエータでは複動型・単動型ともに対応しており、電動アクチュエータにも対応している。2 軸構造のこのバルブは、この2つの駆動部を順次作動させる必要がある。この課題に対し、エア操作の場合、メカニカルスイッチと空気作動弁を使ったエア回路をバルブに組み込むことによって、従来のボール弁同様1つの電磁弁で開閉制御できる。

#### (5) シングルシート構造

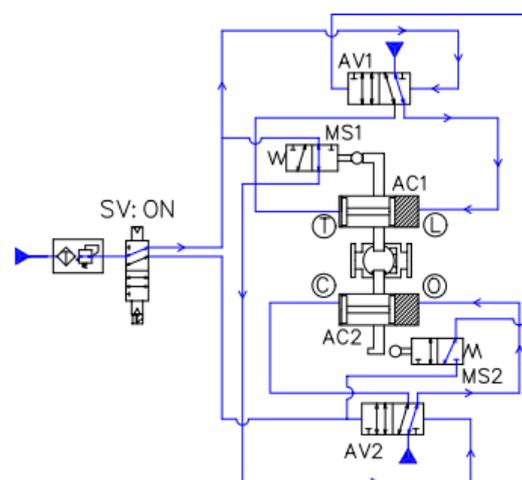
汎用のボール弁はシートが2枚ある為ポケット部(図-1 参照)が生じ、流体がポケット部に堆積して作動不良を引き起こす場合がある。しかし、Duax®は片側シートである為、ポケット部が無く流体が詰まることはない。

#### (6) 流れ方向

流れ方向については、どちらの方向からも対応できるようにシート部やその他の部品については打ち合わせ後に決定している。

#### (7) ゴムシートの採用

ゴムシートは弾力性があり、シール性・耐久性共に良好である。使用用途としては、シール性の要求されるスラリーラインや粉粒体の空気輸送ラインでの使用が有効である。通常ボールバルブはボールとシートが摺動して開閉作動する為、ゴムそのものをシートとして使用すると摺動抵抗が大きく使用できない。テフロンライニングしたゴムシートであれば汎用のボール弁でも使用可能であるが、ボールとシートが摺動するという面から、シートの耐久性は劣る。しかし、Duax®はボールをシートに押し付けてシールする為、シートが摩耗することはない。また、ゴムである為弾性があることから粉粒体噛みこみ時でも、弾性力により最小限の漏れで抑えることができ、また、噛み込みによってシートの表面が一時的に変形しても復元する。このように、Duax®だからこそゴムシートが採用でき、その長所を最大限に活かすことができる。



【図-4】エア回路図(複動型)

## (8) オプション機能

### ① パージ機構

Duax®はボールをシートに押し付けてシールするというシール機構である。すなわち摺動することがない。そのためシール部品に摺動による傷が付くことがなく耐久性の向上につながる。しかし、一方ではボールとシートが離れているためボールとシートの間に粉粒体が噛みこむという懸念があった。そこでシール面に存在する粉粒体を除去する目的で、オプションにてパージ機構を搭載できる構造を考案した。パージはガスに限らず液体でも可能で、仕様に応じて指定可能である。また、パージの種類もボールとシート間の粉粒体を除去することを目的として直接シール面にパージする方法とボールが回転するとき本体の側面からパージすることによってボール球面に付着した粉粒体を除去するパージ方法とがある。粉粒体の形状や含有水分量、粉粒体の量など仕様条件に合わせたパージ方法・圧力・流量の設定を行い、仕様条件に最適なパージができるよう設計できる。【写真①】エアリング付属の Duax®



### ② 硬化処理

ボール弁では、高温雰囲気や流体が粉粒体の時は主にメタルシートを選定し、そのとき、ボールは硬化処理を施工する。硬化処理には様々な種類（溶射や窒化処理）があり、ボール球面全球を施工する。しかし、Duax®では摺動しないことからボール球面全球の硬化処理は不要であり、シール面のみ施工すれば良い。硬化処理に用いられる金属は比較的高価な金属でありその費用も安価ではない為、全球施工から部分的施工になることでコストダウンが見込め、資源の有効活用のみならず地球にも優しいと言える。



【写真②】部分硬化処理（ボール球面）

## 4. 粉体別性能確認試験

ここで汎用のボール弁と Duax®による 2 種類の粉体（PP ペレット/セメント）に対する試験結果を紹介する。まず PP ペレットでは、汎用弁のテフロンシートの場合、ボールに傷は見られなかったがシートにへこみが見られ、汎用弁のメタルシートではボール・シート共に摺動傷が見られた。また、セメントの場合では PP ペレットのときよりも摩耗が激しく、PTFE シート・メタルシート共に、ボール・シート両方に摺動傷が見られた。しかし、Duax®の場合、PP ペレットでもセメントでもメタルシートであるにもかかわらずボール・シート共に傷やへこみは見られなかった。この結果からも「摺動しない」という Duax®の特徴が部品に与えるダメージを軽減し、それがシートの摩耗粉レスや耐久性の向上につながっているということが確認できた。また、シール性や作動トルクに関しても汎用弁ではトルク上昇や漏れが見られたにもかかわらず、Duax®ではトルクは安定しており、漏れも無く良好な結果となった。

## 5. Duax®の市場

ボール弁は優れた長所を持っている為、あらゆる業界で幅広く使用されていることは第 2 項で述べた。しかし、一方でまだまだ満足いかないままだうしようもなく汎用のボール弁を使用し、頻りに交換して使われている方がいることを私たちは Duax®の開発から販売へと進めていく過程で知ることとなった。まだまだ発展途上の Duax®の世界、しかし少しずつ実績をつけ多種多様な業界へと発信している。

汎用のボール弁では頻繁にメンテナンスが必要なラインで Duax® に注目が集まっている。ここでは開閉頻度が多く、シートが摩耗することによって引き起こされる問題や粉粒体等の固形物がボール・シート間に入り込むことにより傷が発生してシール性が低下する問題を解消するために現在使用されている Duax® の使用例をご紹介します。

#### 5-1. 摩耗粉の混入防止

粉粒体のラインでは流路に弁体がなく、フルポートで使用できるボール弁が多く使われる。しかし、高頻度でバルブを開閉されるラインではシートの摩耗粉が発生し流体に混入する。昨今 “食の安全性” に関して色々話題となっており消費者は非常に過敏になっている中、食品の製造ラインにおいて異物（摩耗粉）の混入は安全、安心の観点からあってはならない。製造者の立場からも異物（摩耗粉）の混入は問題視されており、規定範囲内で極力少なくしたいと言われている。従来はソフトシートのボール弁を使用されており、開閉作動によりシートの摩耗粉が製品に混入していた。ここで採用されたのが Duax® のメタルシートである。Duax® では、摺動によるシート摩耗粉の発生がない、また、メタルシートにすることで耐久性の向上を図った。結果、製品に摩耗粉の混入もなく、8 万回作動後もボール・シートともに摩耗や傷も無く良好な状態を保つことができた。



【写真③】8 万回作動後のボールとシート

#### 添付写真⑤5-2. 耐久性の向上

粉粒体の圧送ラインではシール性はあまり重視されないが、液体や気体を扱うラインや反応工程など、タンクの厳重な圧力管理が行われているところではシール性が求められる。

右写真④のような針金や番線などの硬い異物が混入している固形燃料 (RPF) が流体の場合や、右写真⑤のような金属粉が流体のラインでは、細かい異物を巻き込むことによってできる摺動傷や、大きな異物を挟み込むことによってシートやボールに損傷が起こる。これらのラインに使用されているボール弁はプロセスラインの圧力保持を担っており、その役割は重要である。漏れが発覚した時点でメンテナンスが行われるが、損傷状況はシートのみならず、ボールにも及んでいる。悪い時で 2 週間程度しか持たず、良くても半年だと言われている。大口径ともなると部品交換でさえ相当費用がかかる。また、高所に配管されている場合、クレーン車の手配が必要となり、高圧ガスのラインにおいては消防署への申請が必要となる。このように、バルブ 1 台の交換と言っても多大なランニングコストがかかる場合がある。

今回長寿命化により、部品交換によるランニングコストの低減を目的として Duax® の採用となった。摺動しないという特長から摺動傷の発生は防止できる。また、硬い異物を噛み込んでもシートやボールの負荷を軽減できるように、シートはゴムシートを採用。ボールはシール面のみ硬化処理を行うことで、番線等の固い異物を噛み込んだ時でもシール面を保護できるようにした。

その他、オプションでパージノズルを設ける構造とし、細かい異物がボール球面に残った場合もパージの効果により確実なシール性が得られる。



【写真④】RPF と混合物



【写真⑤】金属粉 (200 μm)

また採用にあたり、確認試験が必要な場合、その要望に応じて弊社で試験を実施している。実際 1000 回番線を噛みこませるといった過酷な耐久試験やバルブ 500℃での作動試験など実施し、立会い試験にてお客様の目でその性能を確認していただく場合もある。現在、樹脂ペレットや稲わら、壁材、金属シリコン、排ガス、燃焼灰、石灰等の様々な流体で使用されている。

### 5-3. Duax®の進化

2軸のボール弁である Duax®はその特長を生かし、実績・引き合いが増加している。構造面では今回紹介できなかったが、長寿命を目的とした増し締め構造やグランド部の構造変更などを行い着実に進化を遂げている。また、現在 18“(450A)の大口径を製造し性能確認試験を実施しており、温度変化の大きいプロセスでの使用など、Duax®の可能性を追求している。

### 6. おわりに

Duax®は、汎用のボール弁とは異なり、お客様の仕様に合わせた物作りを基本としている。今後、さらに実績を重ねることで、多くのお客様に満足していただける Duax®を提供していきたい。ボール弁を使用されている方に関わらず、このバルブを選択肢の一つとして検討していただくと幸いです。