

◇ 特集：「バルブと信頼性」 ◇

自動調節弁のメンテナンス

浅倉 利博*

1. はじめに

自動調節弁（以下調節弁とする）とはどのような弁なのか、そのアウトラインを説明する（図1参照）。

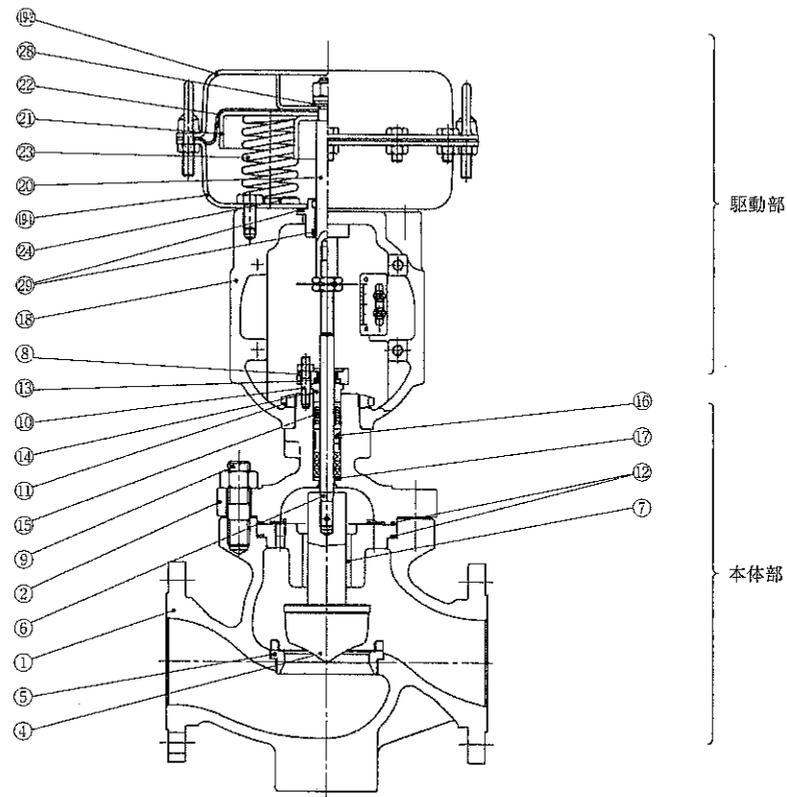
調節弁とは、流体と接触し、プロセス変数（圧力、温度、流量、液位、PHなど）を直接制御する機械である。調節弁の構造は大きく三つの部分に分けられる。

一つ目は直接流体と接触し耐圧部でもある弁本体部分（ボディ、ボンネット、要部）である。工業プロセス用の場合、多様な相の流体（液体、粉体、ガ

ス、ペーパー、スチーム、固液、気液）を低温から高温まで、あるいは真空から高圧まで取り扱うので、この弁本体部分の設計（材料、形状、制御性、シール性能など）は非常に重要である。これ如何で後のメンテナンスに多大な影響を及ぼしかねない。

二つ目は弁本体内部を動かすアクチュエータである。要部を直線運動させるリニア式と、ジスクを60°や90°回転させる回転式がある。駆動エネルギーが空気の場合は、リニア・回転いずれのアクチュエ

符号	部品名称
①	ボディ
②	ボンネット
④	バルブプラグ
⑤	シートリング
⑥	バルブステム
⑦	ガイドブッシング
⑧	グランドフランジ
⑨	スタッドボルト
⑩	グランドボルト
⑪	ヨークナット
⑫	ガスケット
⑬	ワイバ
⑭	グランドフォロウ
⑮	グランドパッキン
⑯	ランタンリング
⑰	パッキンリング
⑱	ヨーク
⑲-1	ダイヤモンドカバー
⑲-2	ダイヤモンドケース
⑳	アクチュエータシステム
㉑	ダイヤモンドプレート
㉒	ダイヤモンドゴム
㉓	ダイヤモンドゴム
㉔	スプリングシート
㉕	ダイスタット、ダイスレット
㉖	O-リング、シールパッキン



#3889 トップガイドコンタクトプラグ形グローブ弁

図1 自動調節弁

* 榊山製作所

ータにも、受圧部分にダイヤフラムと呼ばれるゴム膜と反力用のスプリングを内蔵したものが、業界では標準的に使用されている。ピストンシリンダではなく、ダイヤフラムが多用されてきたのは、調節弁にはそれだけ制御に精度を求められる理由があるからである。

三つ目は付属機器である。調節弁に付属される機器はポジションのほかにはフィルター付減圧弁、リミットスイッチ、電磁弁、プースタリレー、スピードコントローラ等があり、制御回路の要求に従い付属される。特に調節弁にはほとんどの場合、ポジションが搭載される。コントローラやDCSから信号を受けアクチュエータを動かし、要部の位置つまり弁開度を保持するのがポジションの役目である。このポジションによってはじめて調節弁としての命が与えられるといっても過言ではない。

2. 調節弁のメンテナンスについて

調節弁に限らず、機械にはメンテナンスが必要である。このメンテナンスを怠ると、機械自身の調子が悪くなるだけでなく、装置全体の操業に重大な影響をおよぼすことになりかねない。

またメンテナンス計画は基本的には、ユーザー殿にそのイニシアティブがある。というのも、上で述べたように様々な用途で使用されるだけに、メーカーではメンテナンスについては、その情報を整理統合出来にくいからである。従って日常点検や経験に基づく定期的な保全計画に従い、メンテナンスして頂いているのが実状である。製品に関する情報としては、納入仕様書、カタログ、取扱説明書、技術資料などが存在するが、メンテナンスについては取扱説明書を十分に参考にしていきたい。

3. 点検修理ガイドラインについて

次に点検修理のガイドラインを説明する。メンテナンス計画を立てる際の参考にして頂ければ幸いである。

調節弁が、製造業のあらゆるプラントで用いられ、計器からの制御信号を操作量に変換する操作端としての重要な役割を担っているのは周知の通りである。それ故に調節弁は、運転中に異常が発生すると経済的な損失を発生させるばかりでなく安全を脅かすこともある。これを未然に防ぎプラントの健全性

を確保するために、効果的な日常点検と定期検査が求められている。

3-1 調節弁の保守点検

調節弁を長期にわたり安全かつ安定して使用し、プラント運転を経済的に行なうために、調節弁の保守点検には、その運用管理が必要である。保守点検は、点検内容に応じて下記のように分類される。

3-1-1 日常点検

プラントの運転担当者が、決められた時間と順路を巡回し、目視または簡単な道具を使い点検を行なうことが日常点検である。点検項目は、異常音、漏洩、振動、熱など、通常と異なった状況を把握することである。この段階で異常を発見することが調節弁の保守点検管理の基本であり、最も効果的な保全作業と言える。また日常点検での異常発見は、発見の頻度、増減の傾向から定期修理の点検内容の見直しと深く関係しており、運転の信頼性を上げるために重要なものである。

3-1-2 定期点検

主に保全部門の担当者が運転中の調節弁に非破壊検査を実施するものである。検査項目と検査周期は、調節弁の重要度、故障経歴、使用環境などにより決められる。この定期点検により、調節弁故障の早期発見、合理的な定期修理計画などが可能となり、予知保全に非常に有効である。

3-1-3 定期修理

日常点検と定期点検の結果は、全て定期修理（以下定修とする）に反映させることが重要である。定期修理は、定期的に法令に基づき点検検査をプラント全体にわたり行なうもので、日常点検や定期点検で実施出来なかった項目、あるいは発見されなかった不適合を、分解点検をすることにより処置するものである。分解点検の目的は、運転停止後に調節弁の作動試験やシート洩れ試験を実施して、異常や故障の兆候などを発見することであり、定修コストの低減や工期の短縮に大いに貢献している。

定修は、運転中のため整備が出来なかった内容と消耗部品の交換を中心に実施することになるので、消耗部品は定修工事に入る前に準備する必要がある。また分解に先立ち、必要な部品を予め用意することは勿論、従って高負荷弁などの重要な調節弁は、予測される損傷に対して、常に予備部品を用意することをお勧めする。

3-2 定修時の調節弁整備と補修
 定修時の調節弁整備と補修方法は、作業する場所と工期を考慮して次のように分けられる。

3-2-1 現場での補修と整備
 現場での補修と整備の内容は、比較的軽微なものに限られる。また以下のような場合が適用になる。

- ① 補修内容がグランドパッキンやボルト類の交換などで、簡単な補修の場合
- ② 取り外しや運搬が困難な調節弁

表1 調節弁の重要度レベル^{注1)}

重要度レベル	評価点A	影響
A	1	プラントの全面停止 プラントの大規模な停止
B	2	プラントの部分停止 (大) 大幅なフィードダウン
C	3	プラントの部分停止 (小) 小規模なフィードダウン
D	4	プラント運転に影響なし

表4 簡易判定法 (代表例)

点検部品	判定方法	処置 (損傷有り/損傷無し)	注意事項
ボディ	目視、肉厚測定	補修または交換/再使用	必要によりガスケット座加工、接液部の摩耗
ボンネット	目視	交換/再使用	必要によりガスケット座加工、スタフリングボックスの内面状態、接液部の摩耗
ボトムカバー	目視	交換/再使用	必要によりガスケット座加工、接液部の摩耗
ガイドプッシング	目視寸法測定	補修または交換/再使用	傷の程度により補修可能、片減り、摩耗の有無
バルブプラグ	目視寸法測定	補修または交換/再使用	傷の程度により補修可能、片減り、摩耗の有無
シートリング	目視寸法測定	補修または交換/再使用	傷の程度により補修可能、シートリングネジの緩みの有無 内径変形の有無
バルブシステム	目視	補修または交換/再使用	曲がりの有無、傷の程度により補修可能
溝付ピン	目視	必ず交換	再使用は原則として不可
スタッドボルト/ナット	目視	交換/再使用	ネジ部の腐食の有無
グランドボルト/ナット	目視	交換/再使用	ネジ部の腐食の有無
グランドフランジ	目視	交換/再使用	腐食の有無
グランドフォロワ ランタンリング パッキンリング	目視	交換/再使用	腐食の有無
グランドパッキン	目視	必ず交換	
ガスケット	目視	必ず交換	
アクチュエータダイヤフラム	目視	交換/再使用 (注)	クラックの有無
アクチュエータO-リング	目視	交換/再使用 (注)	シール部からの洩れの有無、グリスの補給
アクチュエータシステム ガイドプッシング	目視寸法測定	交換/再使用	片減り摩耗の有無、O-リングの傷の有無 組込時にO-リングに傷付け注意
付属品	目視作動試験	補修または交換/再使用	性能の再現性
アクチュエータスプリング	目視 寸法測定 (径) 錆びの有無 亀裂、PT検査	交換 腐食、痩せ交換/再使用 除去、再塗装/再使用 交換/再使用	再組立時の錆び止め塗装のこと 逆作動駆動部は、雨水侵入の点検をし、必要により雨水侵入対策

注) 調節弁の重要度、運転頻度、その他の要因と点検基準に合わせて交換する場合がある。

表2 調節弁の信頼度レベル^{注1)}

信頼度レベル	評価点B	基準
A	2	実績多い標準品のため、故障率は低い
B	1	特殊設計品のため、標準品に比べ信頼度は低い

表3 調節弁の定修周期 (参考)^{注1)}

重要度レベル	信頼度レベル	定修周期
A	A	2年
A	B	1年
B	A	4年
B	B	2年
C	A	6年
C	B	4年
D	AまたはB	故障時

注1) 上記の表は、調節弁メーカーの一般的な考えを示すもので、保証期間を示すものではない。実際には、プラントの負荷、運転年数、故障頻度なども考慮されて定修計画が立てられ、プラント毎にその周期が決められるのが普通である。

③ 突発的な事故などで取り外せない場合。または時間的な制約がある場合

3-2-2 ショップやサイトでの補修

ショップやサイトでの補修と整備は、製造元工場での整備に比較すると、処置出来る内容に制約があるが、通常は十分な整備内容である。

- ① バルブボディの分解点検
- ② 部品の補修および交換
- ③ パッキン面の機械加工補修
- ④ シート面の補修や肉盛作業
- ⑤ 気密テスト
- ⑥ 作動テスト

3-2-3 製造元工場での補修

製造元工場での補修は、現地での補修が困難なレベルのもの、重要弁や法的な規制のあるものなど、高い整備技術の必要なものに限定される。整備の信

頼性に問題はないが、工期には十分配慮が必要である。

3-3 調節弁の定修計画

調節弁の定修計画は、法的規制に依る点検周期と、調節弁の重要度レベルおよび信頼度レベルにより決定される。表1は運転条件により定まる重要度レベルを示し、表2は、調節弁の材質、設計、使用実績、故障経歴、運転条件などにより定まる信頼度レベルを示す。表3は、この重要度レベル、信頼度レベルにより定修周期を算出した例である。表3の定修周期は、原則で有り、その時点における運転条件、調節弁の補修条件などにより定修周期及び点検項目は弾力的に運用し決定される。

3-4 簡易判定方法と調節弁の整備・補修

定修時または突発事故などで、調節弁を分解点検、修理する場合の簡易判定方法について代表的な例を

表5 現象とキーワード

キーワード		診断項目	現象
A	流体の外部漏洩	A-1	ボディ部からの洩れ
		A-2	溶接部より洩れ
		A-3	エロージョン・コロージョン
		A-4	ガスケット部からの洩れ
		A-5	グランド部からの洩れ
B	弁座漏れが大きい（全閉しない）	B-1	バルブシステムが全閉の位置にある
		B-2	バルブシステムが全閉の位置まで動かない
C	弁の作動が鈍い	C-1	作動時間が長い
		C-2	ストロークが往復共に鈍い
		C-3	ストロークの一方のみ鈍い
D	弁の作動が不安定	D-1	全閉位置の近くでハンチングする
		D-2	供給圧が時々変動する
		D-3	信号圧がハンチングする
		D-4	信号や供給圧が一定でもハンチングする
		D-5	シール部から空気がもれる
E	弁が全然作動しない	E-1	信号、供給圧とも来ない
		E-2	供給空気圧のみ来ない（信号は上がる）
		E-3	信号のみ来ない（供給空気圧は来ている）
		E-4	ポジションナの出力がない
		E-5	アクチュエータに作動圧が入ってるが作動しない
		E-6	シートの一部に異物が噛んでいる
		E-7	その他
F	弁から異音がある	F-1	どの開度でも振動し激しく騒音が出る
		F-2	全閉近くでプラグがシートをたたく
		F-3	弁開度50～80%で振動する
		F-4	ある開度でのみ振動し、音が出る
		F-5	弁出口でのみ衝撃波が発生している
G	その他	G-1	制御位置が変わり制御範囲が小さい
		G-2	弁ストロークのヒステリシスが大きい
		G-3	弁が一定ストローク以上動かない

表6 調節弁の点検要領基準

キーワード	診断項目	現象	重要度	要因(点検箇所)	判定方法	処置
A 流体が外部に漏洩	A-1	ボディからの外部漏れ	A	鑄造欠陥	PT検査	溶接補修または交換
	A-2	溶接部からの外部漏れ	A	溶接欠陥	PT検査	溶接補修または交換
	A-3	エロージョン・コロージョン	A	材料の選定	肉厚測定	交換
	A-4	ガスケット部からの外部漏れ	B	ガスケットの老朽化	目視	ガスケットの交換
				ナットの緩み		増し締め
				ガスケット面の傷、腐食、浸食		補修加工
	A-5	グラント部からの外部漏れ	D	グリスが入っていない	目視	グリスの注入
				ナットの締め付け不足		増し締め
				グラントパッキンの挿入不良		入れ替え
				グラントパッキンの硬化		交換
弁軸の腐食、浸食、摩耗、傷				補修または交換		
スタフイングボックスの腐食、摩耗				軽微な場合は補修またはグラントの改造		
B 弁座漏れが多く全閉しない	B-1	弁軸が動かない	A	シート部の腐食、浸食、傷	目視	シート部を再度ラッピング、シート部の再加工または弁座の交換
				ボディ隔壁からの漏れ		溶接補修または交換
	B-1	弁軸が動かない	A	シートリングねじ部の腐食	目視	シートリングの交換
				ガイド部の摩耗	寸法測定	補修または交換
				アクチュエータの空気漏れ	目視	空気配管接合部の増し締め
				操作圧力の不足		出力空気圧力の確認
				シートの着座確認		開度調整確認
				シートの老朽化	寸法測定	シートの再加工または交換
	シートの傷	目視				
	B-2	弁が全閉しない	A	シートにかかる圧力が大きい	目視	アクチュエータの出力を上げる
シートへの異物噛み込み				分解または清掃		
ガイドポストの焼き付き				補修または交換		
C 弁の作動が鈍い	C-1	作動時間が長い	A	供給空気圧力の低下	目視	規定圧力を供給
				空気配管の圧力損失が大きい		空気配管をサイズアップ
				配管の絞り部の詰まり		配管内の掃除
	C-2	ストローク作動が鈍い	B	ガイド部の詰まり	目視	分解清掃または改造
				ピストンO-リングの摩耗、破損		O-リングの交換
	C-3	ストロークの片側のみ遅い	B	ダイヤフラム部またはピストン部からの漏れ	目視	ダイヤフラムゴムまたはO-リングの交換
				アクチュエータシステムのシール部より漏れ		O-リングの交換
				アクチュエータの容量が大きい		ポジションまたはブースタリレーの取り付け
				アクチュエータからの圧力漏れ		アクチュエータのシール部の点検
D 弁の作動が不安定	D-1	全閉付近でハンチングする	C	ポートサイズが大きすぎる	目視	トリムの交換
				流れ方向がフローチャッキ		流れ方向を反対にする
	D-2	供給圧力が時々変動する	C	他で空気を使い過ぎる	目視	アキュムレータの設置
				減圧弁の故障		減圧弁の点検と修理
	D-3	電流信号または信号圧力がハンチングする	C	抵抗や容量が不適當	目視	タンクや絞りを入れる
				調節計のゲインが不適當		調節計の点検修理
	D-4	信号と供給空気圧力が一定のハンチングをおこす	C	ポジションを含むハンチング	目視	各部の摩擦を点検
				ポジションの不良		パイロットなどの点検
バルブシステムの摩擦が大きい				パッキン及びバルブシステムの曲がり点検		
ポジション出力圧力のハンチング				ポジションの点検修理		
				流体の波動と共振		差圧を減らすかアクチュエータのサイズアップ

表6つづく

表6 調節弁の点検要領基準 (つづき)

キーワード	診断項目	現象	重要度	要因 (点検箇所)	判定方法	処置
	D-5	シール部から空気が漏れる	C	シール部のナット緩み	目視	ナットの増し締め
				Oリングやガスケットの破損		アクチュエータの分解と点検
				シール面に傷が発生		サンドペーパーで補修または交換
E 弁が全然作動しない	E-1	信号と供給空気圧力が共にこない	C	コンプレッサ電源の故障	目視	コンプレッサ電源の点検
				空気配管からリーク		配管と継手の点検
	E-2	供給空気圧力のみがこない	B	空気配管の詰まりまたはリーク	目視	空気配管と継手の点検
				減圧弁の故障		点検修理
				フィルタの詰まり		フィルタの清掃
	E-3	信号空気圧力のみがこない	B	信号配管の詰まりまたはリーク	目視	空気配管と継手の点検
				ダイヤフラムやOリングの破損		新品と交換
				ポジション受信部の漏れ		ベローズとダイヤフラムの交換
	E-4	ポジションの出力がでない	B	パイロットバルブの故障	目視	パイロットの修理や交換
				ダイヤフラムやOリングの破損		新品と交換
	E-5	アクチュエータに圧力が入っても作動しない	B	バルブステムやガイド部の嚙り	目視	分解、点検し補修や加工
				ポート部に異物の噛み込み		分解点検
	E-5	アクチュエータに圧力が入っても作動しない	B	バルブステムの曲がり	目視	修理または交換
アクチュエータの故障				分解と作動点検		
E-6	シートリングの一部が噛み込んでいる	B	シート部に異物の噛み込み	目視	分解と点検	
E-7	その他	B	信号位置に到達しない	目視	出力の点検	
			ストロークが完全に戻らない		開度調整	
			ヒステリシスの増大		グランドパッキンの交換	
			ガイドポストに付着物		分解と点検	
F 弁に作動騒音がある	F-1	どの開度でも振動・騒音がでる	A	配管が振動している	目視	配管サポートの強化
				サポートの不安定		弁のサポートを強化
				ガイドポスト部の摩耗		寸法測定
			A	アクチュエータとバルブステム接続の緩み	視聴	緩み箇所の増し締め
				弁出口でキャビテーションが発生		弁型式の変更
				弁の付近に振動源がある		原因を取り除く
	F-2	全開付近でプラグがシートをたたく	A	フローチャッキに流している	視聴	流れ方向を換えるまたは弁CVを下げる
	F-3	中間開度で振動する	A	複座弁	目視	弁型式の変更
	F-4	特定開度で振動・騒音が発生する	A	配管と共振	視聴	配管の容量を変える
				サポート部を強化		配管サポート部を強化
圧力条件の変更				内弁形状の変更		
F-5	弁出口で衝撃波が発生	A	ポート部が振動している	目視	弁CV値を変える	
			ボデーサイズが小さい		ボデーサイズを上げる	
G その他	G-1	制御位置が変わり制御範囲が狭くなった	B	プラグ特性部のエロージョンやコロージョン	目視	トリムの交換
	G-2	弁ストロークのヒステリシスが大きい	C	バルブステムやガイド部の芯が合わない	目視	バルブステムの曲がり点検
				グランドパッキンの硬化		パッキンの交換
				シートリングに異物の噛み込み		分解と点検
G-3	弁が一定ストローク以上動かない	B	シート部にスラリや固形物が付着	目視	分解と点検	
					目視	供給圧力の点検

表7 部品の子測寿命

部品NO	部品名称	予測寿命	備考
1	ボディ	10	当初のボディ肉厚より10%減肉した時交換のこと
2	ボンネット	10	上に同じ(ガイドブッシングはバルブプラグと同じ)
3	ボトムカバー	10	上に同じ(ガイドブッシングはバルブプラグと同じ)
4	バルブプラグ	5	ガイド部クリアランスが規定値より+0.3mmで交換
5、6	シートリング	5	
7	バルブステム	5	
8	スタッドボルト	5	ナットも同じ
10	ガスケット	2	分解時交換のこと
11	パッキンリング	10	
12	グランドパッキン	2	分解時交換のこと
13	ランタンリング	10	
14	グランドフォロウ	10	
15	グランドフランジ	10	
16	グランドボルト	5	ナットも同じ
18	ヨークナット	10	
19	ワイパー	5	傷ついたものは交換のこと
20	ヨーク	10	
21、22	ダイヤフラムケース、カバー	10	
23	アクチュエータシステム	10	
24	ダイヤフラムプレート	10	
25	ダイヤフラムゴム	5	
26	スプリング	5	
27	スプリングシート	10	
28	シートベアリング	5	
29	アジャストスクリュー	5	
43	ダイスレット	5	分解時には必ず交換のこと
	アクチュエータ用O-リング	5	1年程度で給油のこと

注) 但し、調節弁(新規納入品)および交換部品の保証期間は1年である。なお消耗品は保証対象外であることに注意されたい。

表4に示す。

3-5 調節弁の点検要領の概要とキーワード

表5に現象とそのキーワードを、表6に点検要領基準を挙げる。また重要度(A~D)の内容は以下の通りである。

- A: 運転を止めて対応を必要とするもの、または、部品あるいは代品を準備してからのもの。
- B: 現状のまま運転継続するとトラブルを起こす可能性が高いもの。
- C: 直接運転停止に結び付かないが、対応処置の必要なもの。
- D: 日常の保守点検で実施出来ないようなもの。

4. 調節弁の子測寿命について

ダイヤフラムアクチュエータを搭載した一般的な玉型調節弁で、中低負荷用の各部品の予測寿命を表7に示す。ここに挙げた数値は、一応の目安であり、

使用圧力、温度、頻度、重要度、環境などに応じ交換時期を決定することが肝要である。

5. おわりに

以上、メンテナンスについて概説したが、調節弁中心の説明となってしまった。多機能ポジションナを利用した予知保全などについては、機会があれば報告させて頂く。調節弁メーカーの一方的な考え方の傾向もあり、諸先輩からの叱正も甘んじて受ける覚悟である。

<参考文献>

- 1) (株)日本バルブ工業会、「バルブユーザーガイド JV 3-1991」
- 2) (株)モトヤマ、「点検修理ガイドライン」, 2000
- 3) (株)本山製作所、「バルブの定修点検技術基準 EBI-31-07」, 2001
- 4) (株)本山製作所、「グローブ形調節弁 基本取扱説明書」, 2003
- 5) (株)本山製作所、「本山の調節弁エンジニアリングハンドブック」, 2004