

【整番】 FE-14-TM-013	【標題】 バルブの圧力損失係数
分類：流れ(気液 2 相流)／種別：設計メモ	作成年月：H21.6／改訂：Ver0.0(21.7)
	作成者：N.Miyamoto

全 17 枚

0. バルブの圧力損失係数は、弁メーカーの実測データによるのが最も確実であるが、手早くライン圧損の見積りを行う場合は、よほど特殊な弁構造でない限り、便覧/ハンドブック/工学資料の類いで済むことが多い。そこで本 TS では、次の 3 種類のデータを多少、見やすい形に整理してみた。

- ① R. D. Blevins 「Applied Fluid Dynamics Handbook」 6.5.4 Valves
- ② CRANE Co. 「Flow of Fluids—through Valves, Fitting, and Pipe」 A26~A29
- ③ JSME 技術資料「管路ダクトの流体抵抗」 4.5 弁およびコック

併せて、圧損データによらず既知の流量係数を用いて圧損係数を求める方法についても記しておく。

1. 「Applied Fluid Dynamics Handbook」の圧損係数データ

各種弁の圧損係数データを **Table 6 – 10** に示す。適用条件は次の通り。異径弁や層流には適用できない。

[入口側の口径=出口側の口径 & 管側レイノルズ数 $>10^4$]

適用の弁タイプは、汎用的な仕切弁,グローブ弁,アングル弁,チェッキ弁,ボール弁,バタフライ弁と、やや特殊な膨張タイプ弁。全開の場合と部分開(絞った状態)の場合について圧損係数 **K** が示されている。

弁の圧力損失 $\Delta P(\text{Pa})$ は、次式で計算する。

$$\Delta P = (1/2)K \rho U^2 \quad [\text{ここで } U = \text{管側平均流速}(\text{m/s}), \rho = \text{流体密度}(\text{kg/m}^3)]$$

なお、データの一部に、②の CRANE 社のデータが含まれている、念為。

2. CRANE 社の技術資料の圧損係数データ

CRANE 社の技術資料 Flow of Fluid に記載の圧損データを整理して**表 A**に示す。適用条件としては、

入口側口径 \leq 出口側口径

明確に定義はなされていないが、例題では接続管が層流の場合にも適用されているので、レイノルズ数に適用制限はないとみていいと思う。但しデータは全開の場合に限られている。

なお、チェッキ弁類には弁の前開に必要な最小流速式が与えられており非常に便利である。

また入口側口径 $<$ 出口側口径の場合、圧損係数式に“拡がり角 θ ”が含まれているが、これについては明確な定義がない。弁体出口面から出口側接続面までの拡がり角を安全側に見繕って計算するほかない。表の仕切弁のスケッチ図を参照のこと。

圧損係数には、次の 3 種類がある。

K = 出入口の流速が同じ弁あるいは出口流速だけで定義される弁の圧損係数(-)

K₁ = 入口側管平均流速(U_1)を基準とする圧損係数、**K₂** = 出口側管平均流速(U_2)を基準とする圧損係数
弁の圧損 $\Delta P(\text{Pa})$ は次式で計算する。

$$\Delta P = [(1/2)K \rho U^2, (1/2)K_1 \rho U_1^2, \text{ or } (1/2)K_2 \rho U_2^2]$$

ここで、 U = 接続管平均流速(m/s)、 U_1 = 入口側管平均流速(m/s)、 U_2 = 出口側管平均流速(m/s)、

3. JSME 技術資料の圧損係数データ

JSME 技術資料「管路ダクトの流体抵抗」記載の圧損データを整理して表 B に示す。適用条件は、
 入口側口径＝出口側口径
 である。レイノルズ数 Re については、“特に Re が小さい場合を除いては Re の影響は実用上無視できる” となっているので、制限は設けない。

なお、弁の圧力損失 ΔP (Pa) は、次式で計算する。

$$\Delta P = (1/2) K \rho U^2 \quad [\text{ここで } U = \text{管側平均流速(m/s)、} \rho = \text{流体密度(kg/m}^3\text{)}]$$

4. 流量係数を用いた圧損係数の算定

弁メーカーから提供される流量係数 (C または C_v) と実際流量の相関は、次式で与えられる。

$$C = (Q/A) / \{2\Delta P / \rho\}^{0.5} \quad (\text{通常、非圧縮性流れ}) \quad \text{----- (1)}$$

$$C_v = 1.17W / \{\Delta P^* G_1\}^{0.5} \quad (\text{液流れに対し}) \quad \text{----- (2)}$$

ここで ΔP = 弁前後差圧 (Pa)、 ΔP^* = 弁前後差圧 (kg/cm²)、 Q = 体積流量 (m³/s)、 W = 液質量流量 (t/hr)、
 G_1 = 標準状態の水に対する使用温度における液比重 (= ρ / ρ_w)、
 ρ = 使用温度での流体密度 (kg/m³)、 ρ_w = 標準状態の水密度 (= 1000 kg/m³)

もし任意の弁の流量係数がわかっているなら、以下の如く計算によって圧損係数を求めることができる。

(1) を変形すると $\Delta P = (1/2)(1/C^2) \rho (Q/A)^2 = (1/2)(1/C^2) \rho U^2$ 、一方、圧損式は $\Delta P = (1/2) K \rho U^2$ であるから、圧損係数は $K = 1/C^2$ となる。

(2) を変形すると、 $\Delta P^* = (1.17W)^2 / (C_v^2 G_1)$ これを圧損式と等値して、

$$(1.17W)^2 / (C_v^2 G_1) = (1/2) K (\rho / g) U^2 \times 10^{-4}$$

$$\rightarrow K = (1.17W)^2 \times 10^4 / (C_v^2 G_1 \times 0.5 \rho U^2 / g) = \{117W / (C_v U)\}^2 \{2g / (\rho G_1)\}$$

ここで、 $W = 3600 G_1 Q$ 、 $U = Q/A$ 、 $\rho = 1000 G_1$ であるから

$$K = \{117 \times 3600 G_1 Q / (C_v Q/A)\}^2 \{2g / 1000 G_1\} = \{(117 \times 3600)^2 \times 2 \times 9.81 / 1000\} (A/C_v)^2 = (58998A/C_v)^2$$

断面積 $A = (\pi/4) D^2$ であるから、

$$K = (46333D^2/C_v)^2 \quad (\text{あるいは } C_v = 46333D^2/K^{0.5})$$

以上の結果を要約すれば、非圧縮性流れに対する弁の圧損係数 K は次のようになる。

$$C \text{ に対して : } K = 1/C^2 \quad , \quad C_v \text{ に対して : } K = (46333D^2/C_v)^2$$

ここで、 C = 非圧縮性流れにおいて実際流量と (1) 式のような相関を持つ流量係数。

C_v = 液流れ (非圧縮性流れ) において実際流量と (2) 式のような相関を持つ流量係数。

[C_v 値は US ガロンで定義されたもの。UK ガロンではないので念為]

D = 接続管の内径 (m)

C や C_v の値は弁の流量テストから得られるもので、弁の開度を横軸に、 C や C_v の値を縦軸にして曲線の形で与えられている。任意の開度における圧損係数を知りたいときは、グラフからその開度に対応する C や C_v の値を読み取り、上記の式から任意の開度における圧損係数を計算することができる。

なお、(1)(2) 式は本来、液流れのような非圧縮性流れに適用される。しかし気体流れであっても、流速が低く (マッハ数 < 0.15 程度)、弁開度が緩いときは非圧縮性流れと見なして上記の式が適用できる。

Table 6-10 種々の弁の圧損係数 (1/4) <文献(1)より>

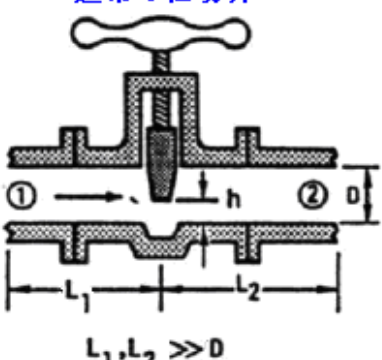
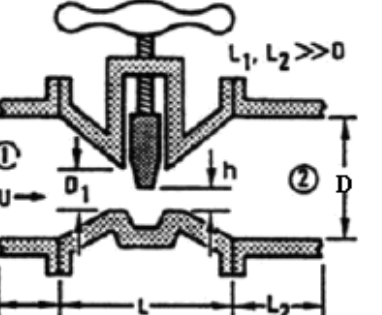
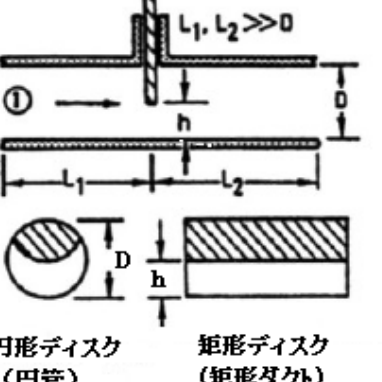
Description	全開 Fully Open Valve ($h=D$)	部分開 Partially Open Valve ($h < D$)																																																																																																																
	1. Conventional Gate Valve 通常の仕切弁  <p>$L_1, L_2 \gg D$</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">D (mm)</th> <th colspan="3">K</th> </tr> <tr> <th>Ref. A</th> <th>Ref. B</th> <th>Ref. C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12.5</td><td>0.50</td><td>0.81</td><td>0.29</td></tr> <tr><td>20.0</td><td>--</td><td>0.28</td><td>--</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.27</td><td>0.23</td><td>0.22</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.16</td><td>0.18</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>100</td><td>0.10</td><td>0.16</td><td>0.13</td></tr> <tr><td>150</td><td>0.09</td><td>0.15</td><td>0.12</td></tr> <tr><td>200</td><td>0.08</td><td>0.10</td><td>0.11</td></tr> <tr><td>300</td><td>--</td><td>0.047</td><td>--</td></tr> </tbody> </table> <p>Ref. A → 文献(6-4)のP52 Ref. B → 文献(6-93) Ref. C → 文献(6-94)のP2-9 Ref. D → 文献(6-39)のP360</p>	D (mm)	K			Ref. A	Ref. B	Ref. C	12.5	0.50	0.81	0.29	20.0	--	0.28	--	25	0.27	0.23	0.22	50	0.16	0.18	0.15	100	0.10	0.16	0.13	150	0.09	0.15	0.12	200	0.08	0.10	0.11	300	--	0.047	--	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">h/D</th> <th colspan="3">K</th> </tr> <tr> <th>Ref. A</th> <th>Ref. B</th> <th>Ref. D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.0</td><td>(a)</td><td>(a)</td><td>(a)</td></tr> <tr><td>0.90</td><td>0.2</td><td>--</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>0.4</td><td>0.74</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>1.2</td><td>--</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>2.0</td><td>3.2</td><td>5.3</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>3.5</td><td>7.1</td><td>12</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>9.0</td><td>23</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.0</td><td>∞</td><td>∞</td><td>∞</td></tr> </tbody> </table> <p>(a) See Fully Open Valve. Ref. B → 50mm弁</p> <p>絞り状態の仕切弁のK値(文献(6-93))</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">管口径 mm</th> <th colspan="6">Valve position (弁開度)</th> </tr> <tr> <th>0.125</th> <th>0.25</th> <th>0.375</th> <th>0.50</th> <th>0.75</th> <th>1.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12.5</td><td>370</td><td>54</td><td>18</td><td>7.7</td><td>2.2</td><td>0.81</td></tr> <tr><td>50.0</td><td>150</td><td>23</td><td>7.2</td><td>3.2</td><td>0.74</td><td>0.18</td></tr> <tr><td>150.0</td><td>87</td><td>17</td><td>6.0</td><td>2.6</td><td>0.52</td><td>0.15</td></tr> </tbody> </table>	h/D	K			Ref. A	Ref. B	Ref. D	1.0	(a)	(a)	(a)	0.90	0.2	--	0.3	0.75	0.4	0.74	1.2	0.60	1.2	--	2.8	0.50	2.0	3.2	5.3	0.40	3.5	7.1	12	0.25	9.0	23	30	0.0	∞	∞	∞	管口径 mm	Valve position (弁開度)						0.125	0.25	0.375	0.50	0.75	1.0	12.5	370	54	18	7.7	2.2	0.81	50.0	150	23	7.2	3.2	0.74	0.18	150.0	87	17	6.0	2.6	0.52
D (mm)	K																																																																																																																	
	Ref. A	Ref. B	Ref. C																																																																																																															
12.5	0.50	0.81	0.29																																																																																																															
20.0	--	0.28	--																																																																																																															
25	0.27	0.23	0.22																																																																																																															
50	0.16	0.18	0.15																																																																																																															
100	0.10	0.16	0.13																																																																																																															
150	0.09	0.15	0.12																																																																																																															
200	0.08	0.10	0.11																																																																																																															
300	--	0.047	--																																																																																																															
h/D	K																																																																																																																	
	Ref. A	Ref. B	Ref. D																																																																																																															
1.0	(a)	(a)	(a)																																																																																																															
0.90	0.2	--	0.3																																																																																																															
0.75	0.4	0.74	1.2																																																																																																															
0.60	1.2	--	2.8																																																																																																															
0.50	2.0	3.2	5.3																																																																																																															
0.40	3.5	7.1	12																																																																																																															
0.25	9.0	23	30																																																																																																															
0.0	∞	∞	∞																																																																																																															
管口径 mm	Valve position (弁開度)																																																																																																																	
	0.125	0.25	0.375	0.50	0.75	1.0																																																																																																												
12.5	370	54	18	7.7	2.2	0.81																																																																																																												
50.0	150	23	7.2	3.2	0.74	0.18																																																																																																												
150.0	87	17	6.0	2.6	0.52	0.15																																																																																																												
2. Gate Valve with Symmetric Contractions 絞り構造の仕切弁  <p>$L_1, L_2 \gg D$</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">D (mm)</th> </tr> <tr> <th>200</th> <th>250</th> <th>300</th> <th>300</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>D_1/D</td><td>0.75</td><td>0.80</td><td>0.67</td><td>0.67</td></tr> <tr><td>L/D</td><td>1.33</td><td>1.5</td><td>1.68</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>K</td><td>0.6</td><td>0.39</td><td>1.80</td><td>1.45</td></tr> </tbody> </table> <p>文献(6-39)のP360</p>		D (mm)				200	250	300	300	D_1/D	0.75	0.80	0.67	0.67	L/D	1.33	1.5	1.68	2.5	K	0.6	0.39	1.80	1.45																																																																																									
	D (mm)																																																																																																																	
	200	250	300	300																																																																																																														
D_1/D	0.75	0.80	0.67	0.67																																																																																																														
L/D	1.33	1.5	1.68	2.5																																																																																																														
K	0.6	0.39	1.80	1.45																																																																																																														
3. Disk-Type Gate Valve ディスクタイプの仕切弁  <p>円形ディスク (円管) 矩形ディスク (矩形ダクト)</p>	<p>K=0</p> <p>Ref. A → 文献(6-39)のP359 Ref. B → 文献(6-70)のP24</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">h/D</th> <th colspan="3">K</th> </tr> <tr> <th colspan="2">円管</th> <th>矩形ダクト</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Ref. A</th> <th>Ref. B</th> <th>Ref. A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.0</td><td>0</td><td>0.</td><td>0.</td></tr> <tr><td>0.9</td><td>0.06</td><td>0.05</td><td>0.09</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>0.17</td><td>0.16</td><td>0.39</td></tr> <tr><td>0.7</td><td>0.44</td><td>0.40</td><td>0.95</td></tr> <tr><td>0.6</td><td>0.98</td><td>0.95</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>2.1</td><td>2.0</td><td>4.0</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>4.6</td><td>4.5</td><td>8.1</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>10</td><td>10.0</td><td>18</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>35</td><td>27</td><td>45</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>98</td><td>85</td><td>--</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>--</td><td>--</td><td>190</td></tr> <tr><td>0.0</td><td>∞</td><td>∞</td><td>∞</td></tr> </tbody> </table>	h/D	K			円管		矩形ダクト		Ref. A	Ref. B	Ref. A	1.0	0	0.	0.	0.9	0.06	0.05	0.09	0.8	0.17	0.16	0.39	0.7	0.44	0.40	0.95	0.6	0.98	0.95	2.1	0.5	2.1	2.0	4.0	0.4	4.6	4.5	8.1	0.3	10	10.0	18	0.2	35	27	45	0.125	98	85	--	0.1	--	--	190	0.0	∞	∞	∞																																																					
h/D	K																																																																																																																	
	円管		矩形ダクト																																																																																																															
	Ref. A	Ref. B	Ref. A																																																																																																															
1.0	0	0.	0.																																																																																																															
0.9	0.06	0.05	0.09																																																																																																															
0.8	0.17	0.16	0.39																																																																																																															
0.7	0.44	0.40	0.95																																																																																																															
0.6	0.98	0.95	2.1																																																																																																															
0.5	2.1	2.0	4.0																																																																																																															
0.4	4.6	4.5	8.1																																																																																																															
0.3	10	10.0	18																																																																																																															
0.2	35	27	45																																																																																																															
0.125	98	85	--																																																																																																															
0.1	--	--	190																																																																																																															
0.0	∞	∞	∞																																																																																																															

Table 6-10. 種々の弁の圧損係数 (2/4)

<文献(1)より>

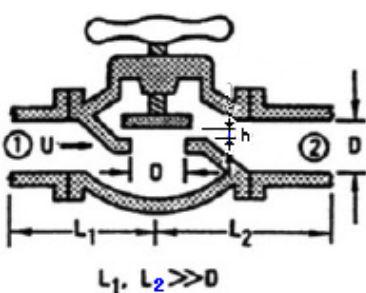
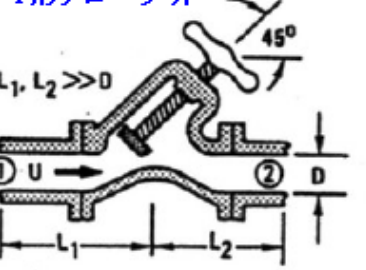
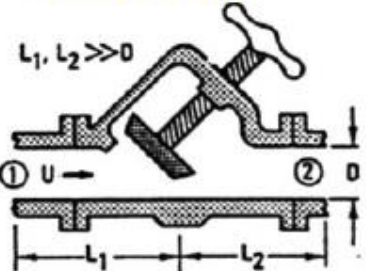
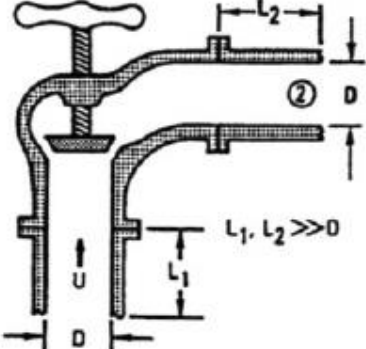
Description	全開 Fully Open Valve (h = D)	部分開 Partially Open Valve (h < D)																																																																								
<p>4. Conventional Globe Valve with 45° Dividing Walls</p> <p>通常のグローブ弁 (45° dividing Wall付き)</p>  <p>$L_1, L_2 \gg D$</p>	<table border="1" data-bbox="574 268 1005 593"> <thead> <tr> <th rowspan="2">D (mm)</th> <th colspan="3">K</th> </tr> <tr> <th>Ref. A</th> <th>Ref. B</th> <th>Ref. C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12.5</td><td>10.8</td><td>12</td><td>11.0</td></tr> <tr><td>25</td><td>7.2</td><td>6.4</td><td>7.5</td></tr> <tr><td>50</td><td>4.7</td><td>4.3</td><td>6.6</td></tr> <tr><td>100</td><td>4.1</td><td>3.9</td><td>--</td></tr> <tr><td>150</td><td>4.4</td><td>4.0</td><td>--</td></tr> <tr><td>200</td><td>4.7</td><td>4.2</td><td>--</td></tr> <tr><td>250</td><td>5.1</td><td>4.3</td><td>--</td></tr> <tr><td>300</td><td>5.4</td><td>--</td><td>--</td></tr> <tr><td>350</td><td>5.5</td><td>--</td><td>--</td></tr> </tbody> </table> <p>文献(6-49)は、Ref.Bにつき下記を提案している。</p> <p>シート面積 = 管断面積の70% → 上記の50%増し</p> <p>90° dividing wall 付きグローブ弁に対し <文献(6-39)></p> <table border="1" data-bbox="574 806 1005 884"> <thead> <tr> <th>D(mm)</th> <th>12.5</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K</td> <td>16</td> <td>11</td> <td>9.3</td> <td>8.6</td> <td>7.6</td> <td>6.9</td> </tr> </tbody> </table>	D (mm)	K			Ref. A	Ref. B	Ref. C	12.5	10.8	12	11.0	25	7.2	6.4	7.5	50	4.7	4.3	6.6	100	4.1	3.9	--	150	4.4	4.0	--	200	4.7	4.2	--	250	5.1	4.3	--	300	5.4	--	--	350	5.5	--	--	D(mm)	12.5	20	25	30	40	50	K	16	11	9.3	8.6	7.6	6.9	<table border="1" data-bbox="1093 324 1428 593"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Fraction Fully Open</th> <th>K</th> </tr> <tr> <th>Ref.B (D = 100 mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.0</td><td>4.1</td></tr> <tr><td>0.90</td><td>4.2</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>4.2</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>6.0</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>7.0</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>15.0</td></tr> </tbody> </table> <p>Ref.A → 文献(6-39)のP363 Ref.B → 文献(6-49)のP53 Ref.C → 文献(6-94)のP2-9</p>	Fraction Fully Open	K	Ref.B (D = 100 mm)	1.0	4.1	0.90	4.2	0.75	4.2	0.50	6.0	0.40	7.0	0.25	15.0
D (mm)	K																																																																									
	Ref. A	Ref. B	Ref. C																																																																							
12.5	10.8	12	11.0																																																																							
25	7.2	6.4	7.5																																																																							
50	4.7	4.3	6.6																																																																							
100	4.1	3.9	--																																																																							
150	4.4	4.0	--																																																																							
200	4.7	4.2	--																																																																							
250	5.1	4.3	--																																																																							
300	5.4	--	--																																																																							
350	5.5	--	--																																																																							
D(mm)	12.5	20	25	30	40	50																																																																				
K	16	11	9.3	8.6	7.6	6.9																																																																				
Fraction Fully Open	K																																																																									
	Ref.B (D = 100 mm)																																																																									
1.0	4.1																																																																									
0.90	4.2																																																																									
0.75	4.2																																																																									
0.50	6.0																																																																									
0.40	7.0																																																																									
0.25	15.0																																																																									
<p>5. Y Pattern Globe Valve</p> <p>Y形グローブ弁</p>  <p>$L_1, L_2 \gg D$</p>	<table border="1" data-bbox="614 929 917 1254"> <thead> <tr> <th rowspan="2">D (mm)</th> <th colspan="2">K</th> </tr> <tr> <th>Ref. A</th> <th>Ref. B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>--</td><td>4.2</td></tr> <tr><td>25</td><td>--</td><td>4.2</td></tr> <tr><td>50</td><td>2.7</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>100</td><td>2.2</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>150</td><td>1.9</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>200</td><td>1.7</td><td>--</td></tr> <tr><td>250</td><td>1.5</td><td>--</td></tr> <tr><td>300</td><td>1.4</td><td>--</td></tr> <tr><td>350</td><td>1.3</td><td>--</td></tr> </tbody> </table>	D (mm)	K		Ref. A	Ref. B	20	--	4.2	25	--	4.2	50	2.7	3.3	100	2.2	2.7	150	1.9	2.7	200	1.7	--	250	1.5	--	300	1.4	--	350	1.3	--	<p>Ref.A → 文献(6-39)のP363 Ref.B → 文献(6-94)のP2-9</p> <p>文献(6-49)のP53は下記を提案している。 ステム角度が60° なら損失は50%増し</p>																																								
D (mm)	K																																																																									
	Ref. A	Ref. B																																																																								
20	--	4.2																																																																								
25	--	4.2																																																																								
50	2.7	3.3																																																																								
100	2.2	2.7																																																																								
150	1.9	2.7																																																																								
200	1.7	--																																																																								
250	1.5	--																																																																								
300	1.4	--																																																																								
350	1.3	--																																																																								
<p>6. Direct Flow Globe Valve</p> <p>直流グローブ弁</p>  <p>$L_1, L_2 \gg D$</p>	<table border="1" data-bbox="598 1332 758 1568"> <thead> <tr> <th>D (mm)</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>25</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.73</td></tr> <tr><td>100</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>150</td><td>0.42</td></tr> <tr><td>200</td><td>0.36</td></tr> <tr><td>250</td><td>0.32</td></tr> </tbody> </table> <p>$K = 5.2/\sqrt{D}$ (D in mm), $25 < D < 250$</p> <p>文献(6-39)のP364</p>	D (mm)	K	25	1.4	50	0.73	100	0.50	150	0.42	200	0.36	250	0.32																																																											
D (mm)	K																																																																									
25	1.4																																																																									
50	0.73																																																																									
100	0.50																																																																									
150	0.42																																																																									
200	0.36																																																																									
250	0.32																																																																									
<p>7. Angle Valve</p> <p>アングル弁</p>  <p>$L_1, L_2 \gg D$</p>	<table border="1" data-bbox="598 1702 925 1993"> <thead> <tr> <th rowspan="2">D (mm)</th> <th colspan="2">K</th> </tr> <tr> <th>Ref. A (a)</th> <th>Ref. B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15</td><td>4.5</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>20</td><td>3.8</td><td>3.9</td></tr> <tr><td>25</td><td>3.2</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>50</td><td>2.2</td><td>3.7</td></tr> <tr><td>60</td><td>2.1</td><td>3.4</td></tr> <tr><td>100</td><td>1.9</td><td>--</td></tr> <tr><td>150</td><td>2.0</td><td>--</td></tr> <tr><td>200</td><td>2.1</td><td>--</td></tr> </tbody> </table> <p>(a) はシート面積 = パイプ断面積のときの値 シート面積がパイプ断面積の70%なら 上記のKは2倍になる。</p>	D (mm)	K		Ref. A (a)	Ref. B	15	4.5	5.5	20	3.8	3.9	25	3.2	3.5	50	2.2	3.7	60	2.1	3.4	100	1.9	--	150	2.0	--	200	2.1	--	<p>Ref.A 文献(6-49)のP54 Ref.B 文献(6-94)のP2-9</p>																																											
D (mm)	K																																																																									
	Ref. A (a)	Ref. B																																																																								
15	4.5	5.5																																																																								
20	3.8	3.9																																																																								
25	3.2	3.5																																																																								
50	2.2	3.7																																																																								
60	2.1	3.4																																																																								
100	1.9	--																																																																								
150	2.0	--																																																																								
200	2.1	--																																																																								

Table 6-10. Pressure Loss in Valves. ③/④ <文献(1)より>

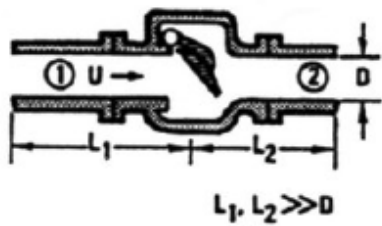
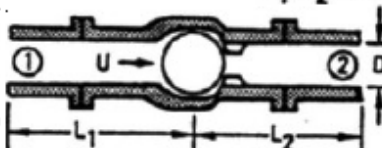
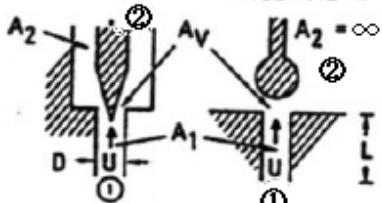
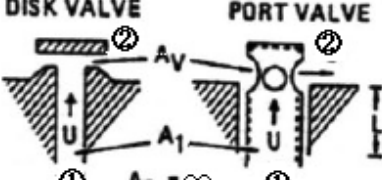
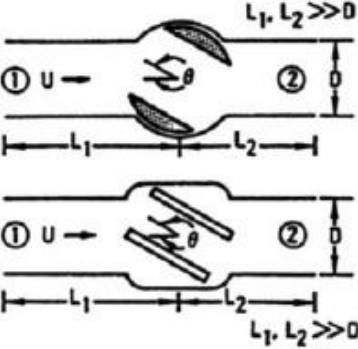
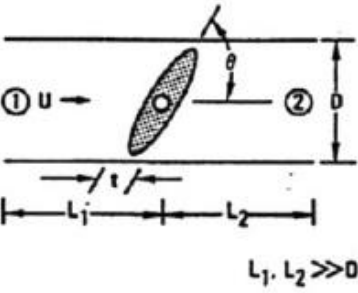
Description	全開 Fully Open Valve	部分開 Partially Open Valve																																			
<p>8. Conventional Swing Check Valve 通常のスイングチェック弁</p>  <p>$L_1, L_2 \gg D$</p>	<table border="1" data-bbox="550 302 941 593"> <thead> <tr> <th rowspan="2">D (mm)</th> <th>K</th> </tr> <tr> <th>文献(6-39)のP368</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>40</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>70</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>100</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>200</td><td>1.9</td></tr> <tr><td>300</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>500</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>750</td><td>2.9</td></tr> </tbody> </table> <p>文献(6-94)のP.A-30、(6-95)のP5-33では 典型的な通常チェック弁に対し$K=2.0$。</p> <p>文献(6-94)のP.A-30 及び文献(6-96)では clearwayタイプのスイングチェック弁に対し、 $K=0.5\sim 0.8$、文献(6-160)では$K=0.6\sim 2.3$</p>	D (mm)	K	文献(6-39)のP368	40	1.3	70	1.4	100	1.5	200	1.9	300	2.1	500	2.5	750	2.9	<table border="1" data-bbox="1061 302 1404 638"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Clapper Angle (deg)</th> <th>$K^{(a)}$ (D = 200 mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>∞</td></tr> <tr><td>10</td><td>16</td></tr> <tr><td>20</td><td>5.5-10.5</td></tr> <tr><td>30</td><td>3-6.5</td></tr> <tr><td>40</td><td>2-3.5</td></tr> <tr><td>50</td><td>1.5-2.</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.9-1</td></tr> <tr><td>70</td><td>0.5</td></tr> </tbody> </table> <p>(a)+Clearwayタイプスイングチェック、 文献(6-96)による。零アングルで 全開</p>	Clapper Angle (deg)	$K^{(a)}$ (D = 200 mm)	0	∞	10	16	20	5.5-10.5	30	3-6.5	40	2-3.5	50	1.5-2.	60	0.9-1	70	0.5
D (mm)	K																																				
	文献(6-39)のP368																																				
40	1.3																																				
70	1.4																																				
100	1.5																																				
200	1.9																																				
300	2.1																																				
500	2.5																																				
750	2.9																																				
Clapper Angle (deg)	$K^{(a)}$ (D = 200 mm)																																				
	0	∞																																			
10	16																																				
20	5.5-10.5																																				
30	3-6.5																																				
40	2-3.5																																				
50	1.5-2.																																				
60	0.9-1																																				
70	0.5																																				
<p>9. Ball Check Valve ボールチェック弁</p>  <p>$L_1, L_2 \gg D$</p>	$K = \begin{cases} 2.3 \rightarrow \text{文献(6-94)の P.A-3} \\ 0.5 \rightarrow \text{文献(6-96)} \end{cases}$	<p>弁を開状態に保持する上で必要な差圧: 水平設置の弁 : 0.25 psi 垂直設置の弁 : 2.3 psi</p>																																			
<p>10. Various Valves in Expansions 種々の膨張弁</p> <p>NEEDLE VALVE BALL VALVE</p>  <p>DISK VALVE PORT VALVE</p> 	<p>静圧変化=膨張による圧力上昇 +バルブ損失+入口管損失</p> $\frac{P_1 - P_2}{\frac{1}{2}\rho U^2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1 + K + \frac{fL}{D}$ <p>P_1 = Static pressure at 1 P_2 = Static pressure at 2 A_1 = Entry area, D_1 = Entry diameter A_V = Minimum valve area, $A_2 = A_2 = \text{Exit area}$</p>	<p>Needle 弁: $K = 0.5 + 0.15 (A_1/A_V)^2$ Ball 弁: $K = 0.5 + 0.15 (A_1/A_V)^2$ Disk 弁: $K = 1.3 + 0.2 (A_1/A_V)^2$ Port 弁: $K = 1.0 + 0.6 (A_1/A_V)^2$</p> <p>以上、文献(6-160)</p>																																			

Table 6-10. Pressure Loss in Valves. 4/4

<文献(1)より>

Description	全開 Fully Open Valve ($\theta = 0$)	部分開 Partially Open Valve																											
		K																											
11. Ball Valve and Spherical Valve ボール弁 球状弁 	$K = 0. \quad (\theta = 0)$ Ref.A → 文献(6-39)のP362 Ref.B → 文献(6-95)のP5-33 Ref.C → 文献(6-97) D=250mm	θ (deg)	Ball Valve		Spherical Valve																								
			Ref. A	Ref. B	Ref. C (D=200)																								
		5	0.05	0.05	0.08																								
		10	0.31	0.29	0.32																								
		15	0.88	—	0.56																								
		20	1.8	1.6	1.4																								
		25	3.5	—	2.1																								
		30	6.2	—	3.5																								
		35	11	—	4.8																								
		40	21	17	7.7																								
		45	41	—	12																								
		50	95	—	16																								
		55	275	—	24																								
		60	—	206	36																								
		65	—	—	58																								
		67	—	—	68																								
		90	—	—	—																								
12. Butterfly Valve バタフライ弁 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">t/D</th> <th colspan="2">K ($\theta = 0$)</th> </tr> <tr> <th>流線形弁体</th> <th>ずんぐり弁体</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1</td> <td>0.1</td> <td>0.16</td> </tr> <tr> <td>0.15</td> <td>0.15</td> <td>0.26</td> </tr> <tr> <td>0.20</td> <td>0.2</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>0.25</td> <td>0.3</td> <td>0.73</td> </tr> <tr> <td>0.30</td> <td>0.5</td> <td>1.20</td> </tr> <tr> <td>0.35</td> <td>0.75</td> <td>1.80</td> </tr> </tbody> </table> 文献(6-99)、(6-160)	t/D	K ($\theta = 0$)		流線形弁体	ずんぐり弁体	0.1	0.1	0.16	0.15	0.15	0.26	0.20	0.2	0.45	0.25	0.3	0.73	0.30	0.5	1.20	0.35	0.75	1.80	θ (deg)	K			
			t/D	K ($\theta = 0$)																									
流線形弁体	ずんぐり弁体																												
0.1	0.1	0.16																											
0.15	0.15	0.26																											
0.20	0.2	0.45																											
0.25	0.3	0.73																											
0.30	0.5	1.20																											
0.35	0.75	1.80																											
Ref. A	Ref. B	Ref. C	Ref. D																										
		5	0.24	—	—	0.23																							
		10	0.52	2.2	—	0.4																							
		20	1.5	3.7	1.7	1.3																							
		30	3.9	7.1	3.2	3.9																							
		40	11	15	6.6	10																							
		50	33	38	14	30																							
		60	120	130	30	100																							
		70	750	290	62	400																							
		90	—	—	—	—																							
		Ref.B はずんぐり弁体、 Ref.A/Dは薄い流線形弁体 Ref.Cは薄いフラップ状(flap)																											
		Ref.A → 文献(6-39)のP361、Ref.B → 文献(6-98) Ref.C → 文献(6-39)のP336、Ref.D → 文献(6-97)																											

<Table 6-10 の脚注>

(1) この表は、弁の前後の内径が等しく、レイノルズ数(=UD/v)が 10^4 を越えるときのデータである。
前後径が異なるとき、あるいはこれより低レイノルズ数で使用される場合はメーカーデータによる。

(2) 弁越しの圧力損失 ΔP (Pa)は次式で得られる。

$$\Delta P = (1/2)K \rho U^2 + (1/2) \{f(L_1 + L_2)/D\} \rho U^2$$

ここで、D=管の内径(m)、 L_1, L_2 =前後管長さ(m)、K=圧損係数(不可逆)、f=管摩擦損失係数、 ρ =流体密度(kg/m³)、U=管の平均流速(m/s)、

右辺第1項は弁に生じる圧損、第2項は前後接続管に生じる圧損。通常、弁に生じる圧損は弁体通過の際の前後差圧をとっているの、前後接続管の長さは弁の中心位置から取ればよいが、フレーム2. やフレーム7. では、弁の接続面間の差圧をもって弁に生じる圧損としているので、前後接続管からこの接続面間部分は除かれることになる。要は、弁の圧損の定義には、[弁体の圧損]と[接続面間の圧損]の2通りがある。殆ど大勢には影響しないが、念の為。

表 A 種々の弁の圧損係数 (1/5) <CRANE 資料による>

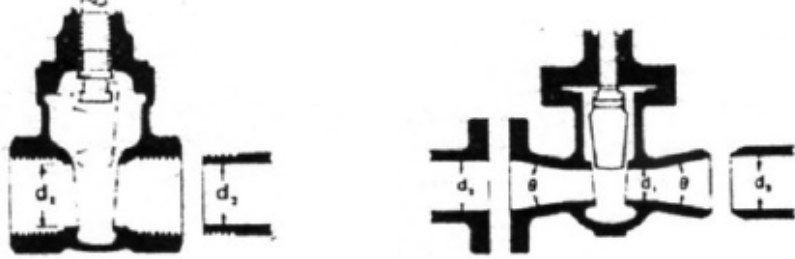
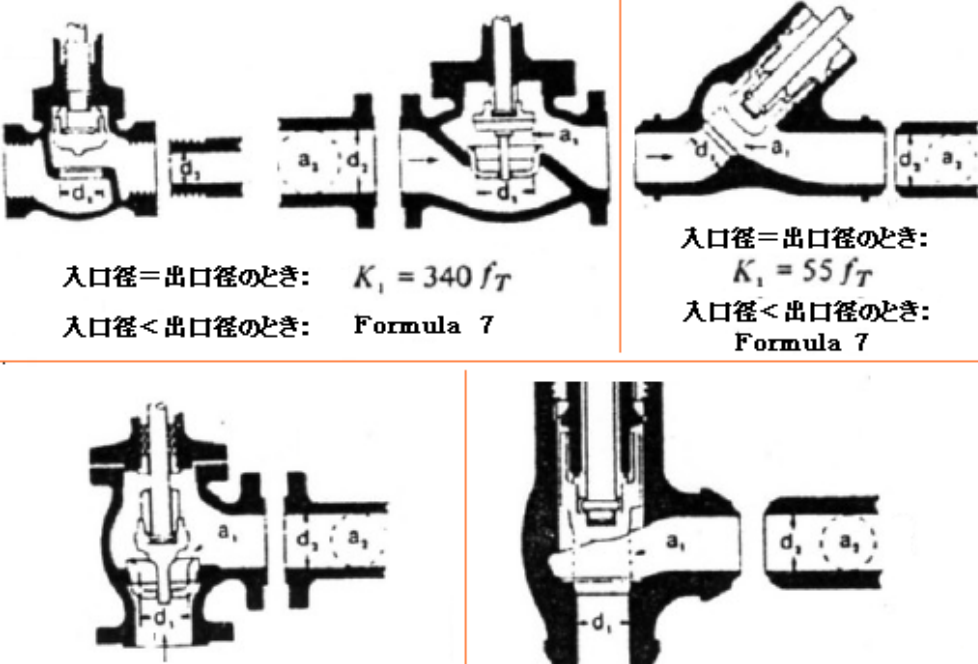
弁の種類/タイプ	全開状態 (Full opened)
<p>仕切弁 (GATE VALVES)</p> <p>Wedge Disc. Double Disc. Plug Type</p>	 <p> 入口径=出口径 & $\theta = 0^\circ$ のとき: $K_1 = 8 f_T$ 入口径<出口径 & $\theta < 45^\circ$ のとき: $K_2 = \text{Formula 5}$ 入口径<出口径 & $45^\circ < \theta < 180^\circ$ のとき: $K_2 = \text{Formula 6}$ </p>
<p>玉型弁 & アングル弁 (Globe & Angle valves)</p>	 <p> 入口径=出口径のとき: $K_1 = 340 f_T$ 入口径<出口径のとき: Formula 7 </p> <p> 入口径=出口径のとき: $K_1 = 55 f_T$ 入口径<出口径のとき: Formula 7 </p> <p> 入口径=出口径のとき: $K_1 = 150 f_T$ 入口径<出口径のとき: Formula 7 </p> <p> 入口径=出口径のとき: $K_1 = 55 f_T$ 入口径<出口径のとき: Formula 7 </p>

表 A 種々の弁の圧損係数 (2/5) <CRANE 資料による>

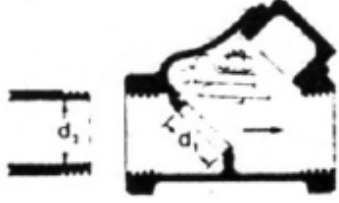
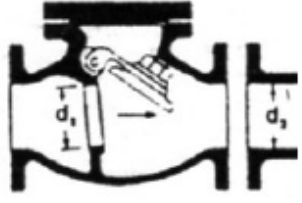


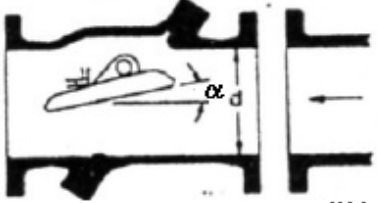
弁の種類/タイプ	全開状態 (Full opened)																
スウィングチェック弁 (SWING CHECK VALVE)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>入口径=出口径のとき: $K = 100 f_T$ 全開のための最小流速: $V_{min.} = 45\sqrt{5V}$ (m/s)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>入口径=出口径のとき: $K = 50 f_T$ 全開のための最小流速: $V_{min.} = 60\sqrt{5V}$ (m/s)</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(注) $V_{min.}$ の単位: m/s</p>																
リフトチェック弁 (LIFT CHECK VALVES)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>入口径=出口径のとき: $K_1 = 600 f_T$ 入口径<出口径のとき: $K_2 = \text{Formula 7}$ 全開のための最小流速: $V_{min.} = 50 \beta^2 \sqrt{5V}$ (m/s)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>入口径=出口径のとき: $K_1 = 55 f_T$ 入口径<出口径のとき: $K_2 = \text{Formula 7}$ 全開のための最小流速: $V_{min.} = 170 \beta^2 \sqrt{5V}$ (m/s)</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(注) $V_{min.}$ の単位: m/s</p>																
チルチングチェック弁 (TILTING DISC CHECK VALVE)	<div style="text-align: center;">  <p>(注) $V_{min.}$ の単位: m/s</p> <table border="1" data-bbox="667 1301 1430 1541"> <thead> <tr> <th>サイズ</th> <th>$\alpha = 5^\circ$</th> <th>$\alpha = 15^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2~8 inch</td> <td>$K = 40 f_T$</td> <td>$K = 120 f_T$</td> </tr> <tr> <td>10~14 inch</td> <td>$K = 30 f_T$</td> <td>$K = 90 f_T$</td> </tr> <tr> <td>16~48 inch</td> <td>$K = 20 f_T$</td> <td>$K = 60 f_T$</td> </tr> <tr> <td>全開のための最小流速</td> <td>$V_{min.} = 100 \sqrt{5V}$</td> <td>$V_{min.} = 40 \sqrt{5V}$</td> </tr> </tbody> </table> </div>		サイズ	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 15^\circ$	2~8 inch	$K = 40 f_T$	$K = 120 f_T$	10~14 inch	$K = 30 f_T$	$K = 90 f_T$	16~48 inch	$K = 20 f_T$	$K = 60 f_T$	全開のための最小流速	$V_{min.} = 100 \sqrt{5V}$	$V_{min.} = 40 \sqrt{5V}$
サイズ	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 15^\circ$															
2~8 inch	$K = 40 f_T$	$K = 120 f_T$															
10~14 inch	$K = 30 f_T$	$K = 90 f_T$															
16~48 inch	$K = 20 f_T$	$K = 60 f_T$															
全開のための最小流速	$V_{min.} = 100 \sqrt{5V}$	$V_{min.} = 40 \sqrt{5V}$															

表 A 種々の弁の圧損係数 $\textcircled{3/5}$ <CRANE 資料による>

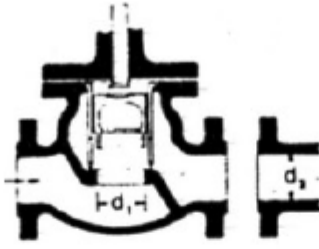
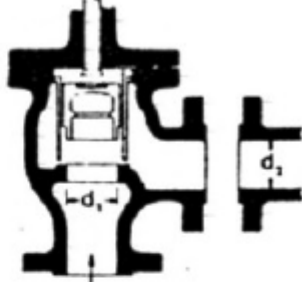

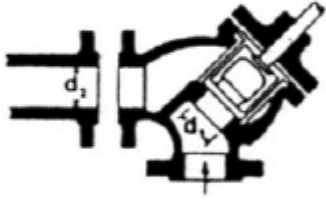
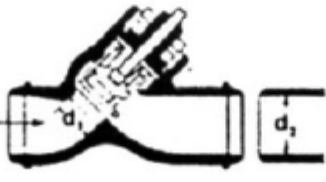
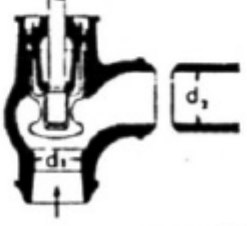
弁の種類/タイプ	全開状態 (Full opened)	
ストップチェック弁 STOP-CHECK VALVES (Globe and Angle Types)	 <p data-bbox="513 622 1007 750"> 入口径 = 出口径のとき: $K_1 = 400 f_T$ 入口径 < 出口径のとき: $K_2 = \text{Formula 7}$ 全開のための最小流速: $V_{\min.} = 70 \beta^2 \sqrt{SV}$ </p>	 <p data-bbox="1038 622 1532 750"> 入口径 = 出口径のとき: $K_1 = 200 f_T$ 入口径 < 出口径のとき: $K_2 = \text{Formula 7}$ 全開のための最小流速: $V_{\min.} = 95 \beta^2 \sqrt{SV}$ </p>
	 <p data-bbox="513 1048 1007 1176"> 入口径 = 出口径のとき: $K_1 = 300 f_T$ 入口径 < 出口径のとき: $K_2 = \text{Formula 7}$ 全開のための最小流速: $V_{\min.} = 75 \beta^2 \sqrt{SV}$ </p>	 <p data-bbox="1038 1048 1532 1176"> 入口径 = 出口径のとき: $K_1 = 350 f_T$ 入口径 < 出口径のとき: $K_2 = \text{Formula 7}$ 全開のための最小流速: $V_{\min.} = 75 \beta^2 \sqrt{SV}$ </p>
	 <p data-bbox="513 1444 1007 1572"> 入口径 = 出口径のとき: $K_1 = 55 f_T$ 入口径 < 出口径のとき: $K_2 = \text{Formula 7}$ 全開のための最小流速: $V_{\min.} = 170 \beta^2 \sqrt{SV}$ </p>	 <p data-bbox="1038 1444 1532 1572"> 入口径 = 出口径のとき: $K_1 = 55 f_T$ 入口径 < 出口径のとき: $K_2 = \text{Formula 7}$ 全開のための最小流速: $V_{\min.} = 170 \beta^2 \sqrt{SV}$ </p>

表 A 種々の弁の圧損係数 (4/5) <CRANE資料による>


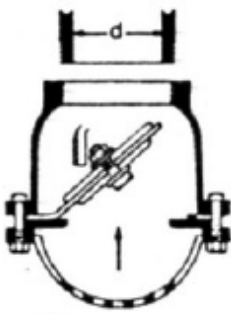
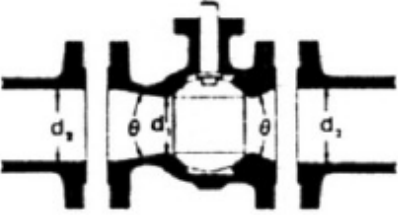
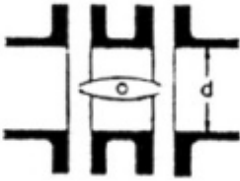
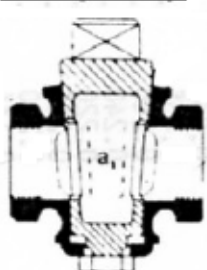
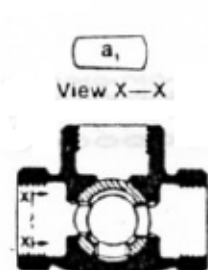
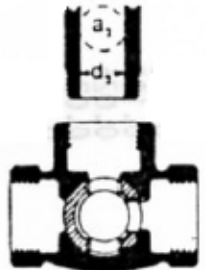
弁の種類/タイプ	全開状態 (Full opened)
ストレーナ付きフット弁 (FOOT VALVE WITH STRAINER)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Poppet Disc</p>  <p>$K = 420 f_T$</p> <p>全開のための最小流速: $V_{min} = 20 \sqrt{5V}$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Hinged Disc</p>  <p>$K = 75 f_T$</p> <p>全開のための最小流速: $V_{min} = 45 \sqrt{5V}$</p> </div> </div>
ボール弁 (BALL VALVE)	 <p> 入口径=出口径で $\theta = 0$ のとき: $K_1 = 3 f_T$ 入口径<出口径で $\theta < 45^\circ$ のとき: $K_2 = \text{Formula 5}$ 入口径<出口径で $45^\circ < \theta < 180^\circ$ のとき: $K_2 = \text{Formula 6}$ </p>
バタフライ弁 (BUTTERFLY VALVES)	 <p> Sizes 50 mm (2") to 200 mm (8")..... $K = 45 f_T$ Sizes 250 mm (10") to 350 mm (14")..... $K = 35 f_T$ Sizes 400 mm (16") to 600 mm (24")..... $K = 25 f_T$ </p>

表 A 種々の弁の圧損係数 (5/5) <CRANE 資料による>

弁の種類/タイプ	全開状態 (Full opened)		
プラグ弁およびコック (PLUG VALVE AND COCK)	<p style="text-align: center;">Straight-Way</p>  <p>入口径=出口径のとき: $K_1=18f_T$ 入口径<出口径のとき: $K_2=Formula\ 6$</p>	<p style="text-align: center;">3-Way</p> <p style="text-align: center;">View X—X</p>  <p>入口径=出口径のとき: $K_1=30f_T$ 入口径<出口径のとき: $K_2=Formula\ 6$</p>	 <p>入口径=出口径のとき: $K_1=90f_T$ 入口径<出口径のとき: $K_2=Formula\ 6$</p>

<表 A の脚注>

(1) 表の中で引用される“Formula”は下記の通り。

Formula 5 : $K_2 = [K_1 + \sin(\theta/2)\{0.8(1 - \beta^2) + 2.6(1 - \beta^2)^2\}] / \beta^4$

Formula 6 : $K_2 = [K_1 + 0.5\{\sin(\theta/2)\}^{0.5}(1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2] / \beta^4$

Formula 7 : $K_2 = [K_1 + \beta\{0.5(1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2\}] / \beta^4$

(2) 表中及び上記の Formula の記号定義は下記の通り。

K = 出入口の流速が同じ弁あるいは出口流速のみの弁の圧損係数(-)

 K_1 = 入口流速(U_1)を基準とする圧損係数(-)、 K_2 = 出口流速(U_2)を基準とする圧損係数(-) f_T = 基準としての摩擦損失係数 (下記による)

サイズ	mm	15mm	20	25	32	40	50	65,80
	inch	1/2	3/4	1	1・1/4	1・1/2	2	2・1/2, 3
f_T		0.027	0.025	0.023	0.022	0.021	0.019	0.018

サイズ	mm	100	125	150	200,250	300-400	450-600	
	inch	4	5	6	8,10	12-16	18-24	
f_T		0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	

 β = 入口/出口径比 = d_1/d_2 、 d_1 = 入口側管内径(mm)、 d_2 = 出口側管内径(mm) θ = 弁体から出口側への拡がり角(度)、 V_{min} = 弁体を全開状態にするに必要な最小入口流速(m/s)SV = 流体の比容積(m^3/kg)

表 B 種々の弁の圧損係数 $1/4$ <JSME資料による>

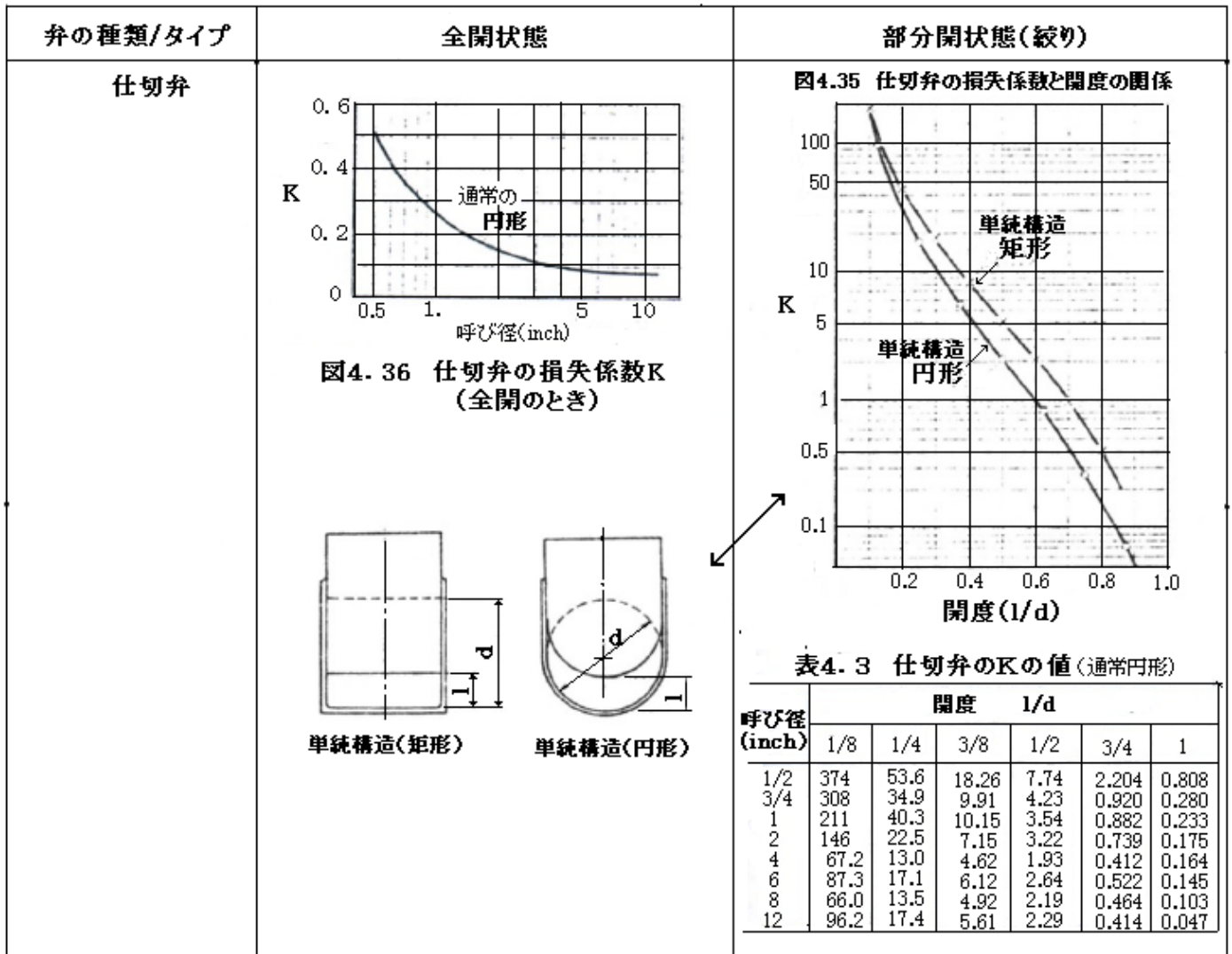


表 B 種々の弁の圧損係数 (2/4) <JSME資料による>

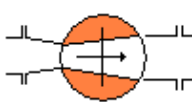
弁の種類/タイプ	全開状態	部分開状態(絞り)																																																																																																								
グローブ弁(玉型弁)	<p>表4.5 わじ込み玉型弁の全開時のK値</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>呼び径 (inch)</th> <th>d1 (mm)</th> <th>ウイスコンシン 大 学 実 験</th> <th>早稲田大学 実 験</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/2</td> <td>12.7</td> <td>12.6~14.6</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>3/4</td> <td>19.0</td> <td>6.19~6.76</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td>25.4</td> <td rowspan="2">5.90~6.17</td> <td>8.6</td> </tr> <tr> <td>22.0 19.5</td> <td>15.0 15.9</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td>51.0</td> <td rowspan="2">6.26~8.45</td> <td>5.8~8.8</td> </tr> <tr> <td>50.8 38.0</td> <td>6.8 16.5</td> </tr> </tbody> </table>	呼び径 (inch)	d1 (mm)	ウイスコンシン 大 学 実 験	早稲田大学 実 験	1/2	12.7	12.6~14.6	---	3/4	19.0	6.19~6.76	---	1	25.4	5.90~6.17	8.6	22.0 19.5	15.0 15.9	2	51.0	6.26~8.45	5.8~8.8	50.8 38.0	6.8 16.5	<p>表4.4 わじ込み玉型弁のK値</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>開度l/d1</th> <th>1/4</th> <th>1/2</th> <th>3/4</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K</td> <td>16.3</td> <td>10.3</td> <td>7.68</td> <td>6.09</td> </tr> </tbody> </table>	開度l/d1	1/4	1/2	3/4	1	K	16.3	10.3	7.68	6.09																																																																						
	呼び径 (inch)	d1 (mm)	ウイスコンシン 大 学 実 験	早稲田大学 実 験																																																																																																						
	1/2	12.7	12.6~14.6	---																																																																																																						
3/4	19.0	6.19~6.76	---																																																																																																							
1	25.4	5.90~6.17	8.6																																																																																																							
	22.0 19.5		15.0 15.9																																																																																																							
2	51.0	6.26~8.45	5.8~8.8																																																																																																							
	50.8 38.0		6.8 16.5																																																																																																							
開度l/d1	1/4	1/2	3/4	1																																																																																																						
K	16.3	10.3	7.68	6.09																																																																																																						
	<p>表4.6 玉型弁/アングル弁の全開時のK値</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">呼び径 (mm)</th> <th colspan="2">JIS 弁</th> <th colspan="2">ASA 弁</th> <th colspan="2">DIN 弁</th> </tr> <tr> <th>玉型弁</th> <th>アング ル弁</th> <th>玉型弁</th> <th>アング ル弁</th> <th>玉型弁</th> <th>アング ル弁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15</td><td>3.5</td><td>2.4</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td></tr> <tr><td>25(1")</td><td>4.2</td><td>2.2</td><td>12.5</td><td>4.5</td><td>4.0</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>32</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>4.2</td><td>3.0</td></tr> <tr><td>40</td><td>4.6</td><td>2.1</td><td>---</td><td>---</td><td>4.4</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>50(2")</td><td>4.7</td><td>2.6</td><td>8.5</td><td>2.4</td><td>4.5</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>65</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>4.7</td><td>3.7</td></tr> <tr><td>70</td><td>4.8</td><td>2.4</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td></tr> <tr><td>75(3")</td><td>---</td><td>---</td><td>7.0</td><td>2.2</td><td>---</td><td>---</td></tr> <tr><td>80</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>4.8</td><td>3.9</td></tr> <tr><td>100(4")</td><td>4.4</td><td>2.2</td><td>6.3</td><td>2.0</td><td>4.8</td><td>3.8</td></tr> <tr><td>125</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>4.5</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>130</td><td>4.1</td><td>1.9</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td></tr> <tr><td>150(6")</td><td>---</td><td>---</td><td>5.7</td><td>---</td><td>4.1</td><td>2.7</td></tr> </tbody> </table>	呼び径 (mm)	JIS 弁		ASA 弁		DIN 弁		玉型弁	アング ル弁	玉型弁	アング ル弁	玉型弁	アング ル弁	15	3.5	2.4	---	---	---	---	25(1")	4.2	2.2	12.5	4.5	4.0	2.8	32	---	---	---	---	4.2	3.0	40	4.6	2.1	---	---	4.4	3.3	50(2")	4.7	2.6	8.5	2.4	4.5	3.5	65	---	---	---	---	4.7	3.7	70	4.8	2.4	---	---	---	---	75(3")	---	---	7.0	2.2	---	---	80	---	---	---	---	4.8	3.9	100(4")	4.4	2.2	6.3	2.0	4.8	3.8	125	---	---	---	---	4.5	3.3	130	4.1	1.9	---	---	---	---	150(6")	---	---	5.7	---	4.1	2.7	
呼び径 (mm)	JIS 弁		ASA 弁		DIN 弁																																																																																																					
	玉型弁	アング ル弁	玉型弁	アング ル弁	玉型弁	アング ル弁																																																																																																				
15	3.5	2.4	---	---	---	---																																																																																																				
25(1")	4.2	2.2	12.5	4.5	4.0	2.8																																																																																																				
32	---	---	---	---	4.2	3.0																																																																																																				
40	4.6	2.1	---	---	4.4	3.3																																																																																																				
50(2")	4.7	2.6	8.5	2.4	4.5	3.5																																																																																																				
65	---	---	---	---	4.7	3.7																																																																																																				
70	4.8	2.4	---	---	---	---																																																																																																				
75(3")	---	---	7.0	2.2	---	---																																																																																																				
80	---	---	---	---	4.8	3.9																																																																																																				
100(4")	4.4	2.2	6.3	2.0	4.8	3.8																																																																																																				
125	---	---	---	---	4.5	3.3																																																																																																				
130	4.1	1.9	---	---	---	---																																																																																																				
150(6")	---	---	5.7	---	4.1	2.7																																																																																																				
<p>ボール弁</p> 		<p>表 4.2 ボール弁のK値 (流路断面の拡がりが角8°)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>θ°</th> <th>0</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">K</td> <td>拡がり</td> <td>0.23</td> <td>0.50</td> <td>0.99</td> <td>1.80</td> <td>3.2</td> <td>5.5</td> <td>8.8</td> <td>23</td> <td>58</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>逆向き</td> <td>-</td> <td>0</td> <td>0.28</td> <td>0.57</td> <td>1.3</td> <td>2.3</td> <td>4.0</td> <td>14</td> <td>53</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table> <p>弁体中央内径=6 inch 弁閉鎖時$\theta=70^\circ$</p>	θ°	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	K	拡がり	0.23	0.50	0.99	1.80	3.2	5.5	8.8	23	58	200	逆向き	-	0	0.28	0.57	1.3	2.3	4.0	14	53	250																																																																						
θ°	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60																																																																																																
K	拡がり	0.23	0.50	0.99	1.80	3.2	5.5	8.8	23	58	200																																																																																															
	逆向き	-	0	0.28	0.57	1.3	2.3	4.0	14	53	250																																																																																															

表 B 種々の弁の圧損係数 $\frac{3}{4}$ <JSME資料による>

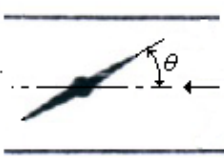
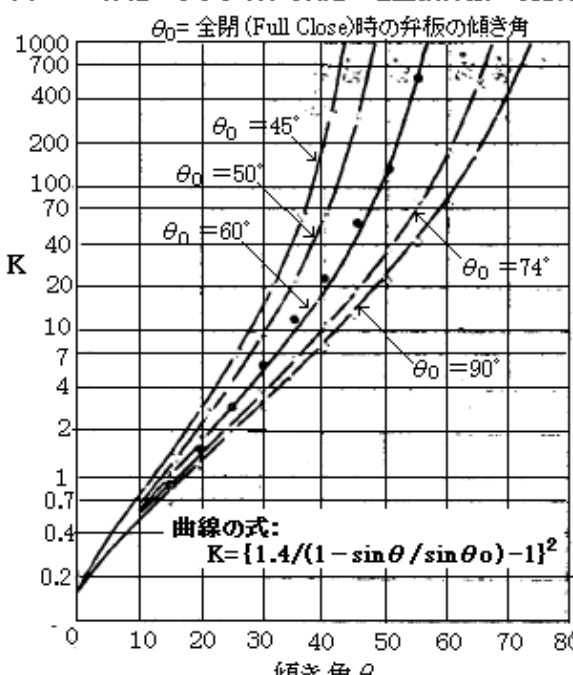
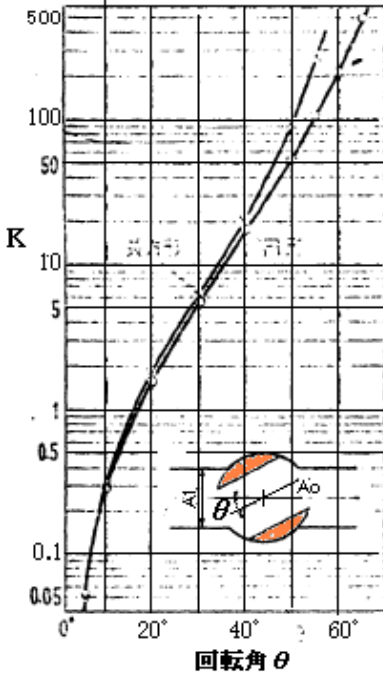
弁の種類/タイプ	全開状態	部分開状態(絞り)																																					
<p>バタフライ弁</p> 	<p>円形バタフライ弁 全開時の圧損: $K \approx t/d$ t=弁円板の厚さ、d=円板直径</p>	<p>表4.7 バタフライ弁のK値</p> <table border="1" data-bbox="941 369 1484 616"> <thead> <tr> <th>傾斜角 θ</th> <th>5°</th> <th>10°</th> <th>20°</th> <th>30°</th> <th>40°</th> <th>50°</th> <th>60°</th> <th>70°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>面積比 (A_0/A_1)</td> <td>0.91</td> <td>0.83</td> <td>0.66</td> <td>0.50</td> <td>0.36</td> <td>0.23</td> <td>0.13</td> <td>0.06</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">K</td> <td>円形</td> <td>0.24</td> <td>0.52</td> <td>1.54</td> <td>3.91</td> <td>10.8</td> <td>32.6</td> <td>118</td> <td>751</td> </tr> <tr> <td>矩形</td> <td>0.28</td> <td>0.45</td> <td>1.34</td> <td>3.54</td> <td>9.3</td> <td>24.9</td> <td>77.4</td> <td>368</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注記) 円形: $\phi 40\text{mm}$、矩形: $50 \times 25\text{mm}$ A_0=絞り断面積、A_1=入口断面積</p> <p>図4.39 矩形バタフライ弁の傾きθと圧損係数Kの関係</p> <p>θ_0 = 全開 (Full Close) 時の弁板の傾き角</p>  <p>曲線の式: $K = \{1.4 / (1 - \sin \theta / \sin \theta_0) - 1\}^2$</p>	傾斜角 θ	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	面積比 (A_0/A_1)	0.91	0.83	0.66	0.50	0.36	0.23	0.13	0.06	K	円形	0.24	0.52	1.54	3.91	10.8	32.6	118	751	矩形	0.28	0.45	1.34	3.54	9.3	24.9	77.4	368
傾斜角 θ	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°																															
面積比 (A_0/A_1)	0.91	0.83	0.66	0.50	0.36	0.23	0.13	0.06																															
K	円形	0.24	0.52	1.54	3.91	10.8	32.6	118	751																														
	矩形	0.28	0.45	1.34	3.54	9.3	24.9	77.4	368																														

表 B 種々の弁の圧損係数 (4/4) <JSME資料による>

弁の種類/タイプ	全開状態	部分開状態(絞り)																																													
コック		<p style="text-align: center;">表 4.8 コックのK値</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>傾き角 θ°</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>20</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>55</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>円形 A_0/A_1</td> <td>0.926</td> <td>0.850</td> <td>0.692</td> <td>0.535</td> <td>0.385</td> <td>0.250</td> <td>0.190</td> <td>0.137</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>0.05</td> <td>0.29</td> <td>1.56</td> <td>5.47</td> <td>17.3</td> <td>52.6</td> <td>106</td> <td>206</td> </tr> <tr> <td>矩形 A_0/A_1</td> <td>0.926</td> <td>0.819</td> <td>0.667</td> <td>0.520</td> <td>0.352</td> <td>0.188</td> <td>0.119</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>0.05</td> <td>0.31</td> <td>1.84</td> <td>6.15</td> <td>20.7</td> <td>95.3</td> <td>275</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	傾き角 θ°	5	10	20	30	40	50	55	60	円形 A_0/A_1	0.926	0.850	0.692	0.535	0.385	0.250	0.190	0.137	K	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	106	206	矩形 A_0/A_1	0.926	0.819	0.667	0.520	0.352	0.188	0.119	—	K	0.05	0.31	1.84	6.15	20.7	95.3	275	—
		傾き角 θ°	5	10	20	30	40	50	55	60																																					
		円形 A_0/A_1	0.926	0.850	0.692	0.535	0.385	0.250	0.190	0.137																																					
		K	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	106	206																																					
矩形 A_0/A_1	0.926	0.819	0.667	0.520	0.352	0.188	0.119	—																																							
K	0.05	0.31	1.84	6.15	20.7	95.3	275	—																																							
<p style="text-align: center;">図 4.40 コックの回転角とK値の関係</p>  <p style="text-align: center;">注記) 表4.8/図4.40のサイズは下記の通り 円形コック: $\phi 40\text{mm}$ 矩形コック: $50 \times 25\text{mm}$</p>																																															

【 補足説明 】

1. 文献(1)に、弁の圧損についてわかり易い説明があるので、以下に転記しておく。

弁の形式は可動弁体の作動形態によって分類される。即ち、

グローブ弁 → 中心の弁軸によって弁要部は支承され、弁座に密着される。

仕切弁(ゲート弁) → 弁が閉じるにつれて、弁要部が流れを割る形で垂直に下降する。

バタフライ弁 → 弁要部は管に直交軸をもち、回転してフローエリアを開閉する。

球形弁、ボール弁、止めコック → 小さな円筒断面が弁の中で回転する。

ボールチェッキ → ボールが弁座上を浮動し流れの方向によって開閉する。

スイングチェッキ → 一端が丁番で止められた可動ゲートが差圧によって開閉する。

一般に、弁の抵抗は次の要因で起きる。

(1)弁体の形状、(2)弁の表面粗さ、(3)弁要部のポジション、(4)レイノルズ数、(5)流れ方向

流れ方向の影響は、出入口の径が等しくとき、通常無視される。逆に出入口の径が異なるときは面積変化によって圧力の増減が起きる。

一般に全開状態で流れがスムーズに流れる時、圧力降下は最小になる。しかし弁の多くは、どの状態であれ当該圧力に対し十分シール性が確保できるよう設計されるため、全開状態であってもスムーズな流れを妨げるような弁体/弁座を持っている。これらの弁の流れ抵抗は大きい。殊に、玉型弁の場合は尋常ではなく、全開の場合であっても接続管径の400倍の管長に相当する摩擦損失が発生する。

弁の設計には多様性がある上、同一タイプの弁であっても形状的な相似性に欠如があり、また下流の影響を考慮したデータが不足するので、実際の弁の流れ抵抗には、かなりの不明部分が含まれている。

レイノルズ数 $>10^4$ では弁径の増加と共に流れ抵抗が減少する傾向が文献(6-94)に示されている。この傾向には、直管の場合と同じような、径の増加に伴う相対粗さ(ϵ/D)の減少による影響が含まれている。

Table6-10のK値は特定の設計に適用されたとき±15%内の精度があると思われる。しかし表からわかるように各データには一貫性がなく、略2倍の誤差が生じることになる。低レイノルズ数の流れや表に記載されない弁についてはオリフィスや収縮+膨張を模擬して近似できる。

弁の抵抗は、弁を絞るにつれて増加する。部分的に閉じられた弁の抵抗は、弁のポジション(開度)とサイズに依存する。例えばゲート弁では下記のようなになる。開度が下がるにつれ、指数関数的に抵抗が増加し、サイズが増えるにつれて抵抗が減少する。

管径(mm)	損失係数(K)					
	弁のポジション(開度)					
	0.125	0.25	0.375	0.50	0.75	1.0
12.5	370	54	18.0	7.7	2.2	0.81
50.0	150	23	7.2	3.2	0.74	0.18
150.0	87	17	6.0	2.6	0.52	0.15

引用文献)

- (1) R. D. Blevins 「Applied Fluid Dynamics Handbook」 6.5.4 Valves (Van Nostrand Reinhold Co.)
 (2) CRANE Co. 「Flow of Fluids—through Valves, Fitting, and Pipe」 A26~A29 (1980)
 (3) JSME 技術資料「管路ダクトの流体抵抗」 4.5 弁およびコック

文献(1)Table 6-10 に引用される文献は下記の通り

- 6-4. Miller, D. S., *Internal Flow Systems*, BHRA Fluid Engineering, Cranfield, England, 1978.
- 6-39. Idel'chik, I. E., *Handbook of Hydraulic Resistance*, U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service, Report AEC-TR-6630, 1960 (translated from Russian).
- 6-49. Ito, H., "Pressure Losses in Smooth Pipe Bends," *J. Basic Eng.* 82, 131-143 (1960).
- 6-70. *SAE Aerospace Applied Thermodynamics Manual*, Society of Automotive Engineers, Inc., New York, 1969.
- 6-93. Corp, C. I., "Experiments on Loss of Head in Valves and Pipes of One Half to Twelve Inches Diameter," University of Wisconsin Engineering Experimental Station, Bulletin of the University of Wisconsin, Engineering Series, Vol. 9, No. 1, 1922.
- 6-94. "Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipes," Technical Paper 410, Crane Co., Chicago, Illinois, 1969.
- 6-95. Perry, J. H. (Ed.), *Chemical Engineers Handbook*, 4th Ed., McGraw-Hill, New York, 1963.
- 6-96. Nece, R. E., and R. E. DuBois, "Hydraulic Performance of Check and Control Valves," *Boston Soc. Civil Engrs.* 42(3), 263-286 (1955).
- 6-97. Guins, V. G., "Flow Characteristics of Butterfly and Spherical Valves," *ASCE J. Hydraulics Div.* 94, 675-690 (1968).
- 6-98. McPherson, M. B., et. al., "Butterfly Valve Flow Characteristics," *ASCE J. Hydraulics Div.* 83(1), paper 1167-1 (1957).
- 6-99. Ball, J. W., and J. P. Tullis, "Cavitation in Butterfly Valves," *ASCE J. Hydraulics Div.* 99, 1303-1318 (1973); see also errata, *ASCE J. Hydraulics Div.* 100, 620 (1974).
- 6-160. Lyons, J. L. (Ed.), *Lyons's Valve Designer's Handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1982.