

第 4 1 不活性ガス消火設備の計算例（二酸化炭素）

1 全域放出方式（高圧式）に関する想定

防護区画名：危険物屋内貯蔵所

貯蔵危険物：第四類第 1 石油類（トルエン）

設備方式：全域放出方式

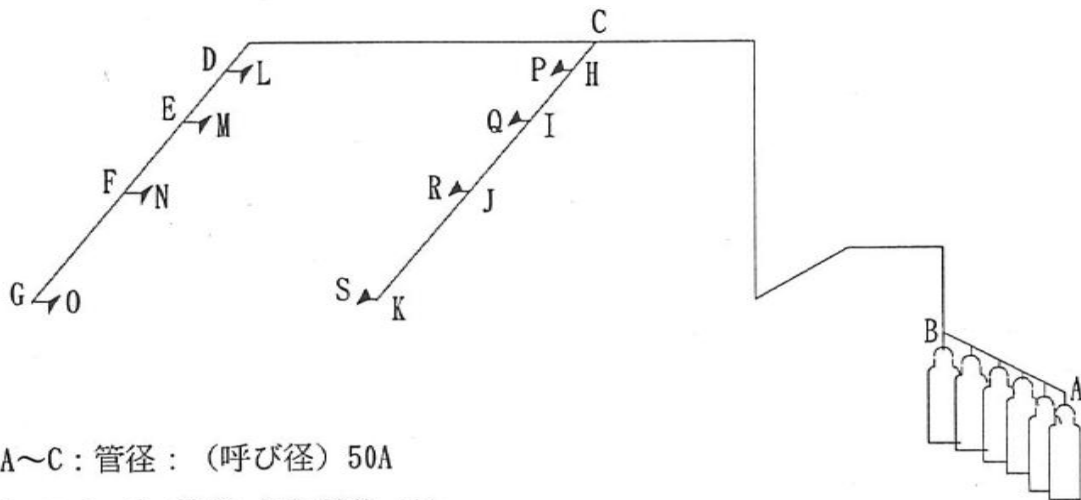
床面積： $9.0 \times 15.0 = 135.0$ [m²]

階高：6.0 [m]

防護容積： $135.0 \times 6.0 = 810.0$ [m³]

開口部面積：2.0 [m²]（自動閉鎖装置付）

配管系統：圧力配管用炭素鋼鋼管Sch80（JIS G 3454）



A～C：管径：（呼び径）50A

C～G, C～K：管径（呼び径）40A

ノズル管径：（呼び径）20A

落差：3.5m

第 8 - 4 - 1 図 想定図

2 ④式中の $\Delta P_n (P_2)$ の値については、充填比 ϕ ごとに第8-4-3図に示す。

$$A_d L Q^2 + B_d (Z (\Delta Y_n') - Z_{n-1}) Q^2 + \frac{\gamma L_h}{10} \text{ に対する値}$$

3 ⑤式中の $Z (\Delta Y_n')$ 及び Z_{n-1} の値については、第8-4-4図に示す充填比 ϕ に応じた n 区間の終端点及び出発点の圧力 $P (\Delta Y_n')$ 及び P_{n-1} に対する値

4 ⑥式中 γ の値については、第8-4-5図に示す充填比 ϕ に応じた配管立上がり基部の圧力 P に対する値

5 ⑤式及び⑥式中の A_d 及び B_d の値については、第8-4-3表に示す数値

6 ⑥式中 L の値については、第8-4-5表に示す数値

(3) 配管区間ごとの等価管長、消火剤流量

第8-4-1表 配管区間ごとの等価管長等

区 間 番 号	始 点 番 号	終 点 番 号	配 管 径 A	直 管 長 [m]	継 手 等 価 管 長 [m]	総 管 長 [m]	流 量 [kg/s]	管 継 手 等 個 数						立 上 り 高 さ [m]	ヘ ッ ド の 有 無 ○=有	薬 劑 量 [kg]
								エル ボ (45)	エル ボ (90)	ティ ー (直)	ティ ー (分)	ユニ オン フラン ジ 閉止弁	選 択 弁			
0	-	A	15	0.00	4.00	4.00	0.72									45
1	A	B	50	2.54	0.00	2.54	10.83	0	0	0	0	0	0	0.0		650.00
2	B	C	50	12.20	13.50	25.70	10.83	0	4	0	1	1	0	3.5		650.00
3	C	D	40	8.50	2.50	11.00	5.42	0	1	1	0	0	0	0.0		325.00
4	D	E	40	5.00	0.00	5.00	4.06	0	0	1	0	0	0	0.0		243.75
5	E	F	40	5.00	0.00	5.00	2.71	0	0	1	0	0	0	0.0		162.50
6	F	G	40	5.00	0.00	5.00	1.35	0	0	1	0	0	0	0.0		81.25
7	G	H	40	0.50	3.10	3.00	5.42	0	0	0	1	0	0	0.0		325.00
8	H	I	40	5.00	0.00	5.00	4.06	0	0	1	0	0	0	0.0		243.75
9	I	J	40	5.00	0.00	5.00	2.71	0	0	1	0	0	0	0.0		162.50
10	J	K	40	5.00	0.00	5.00	1.35	0	0	1	0	0	0	0.0		81.25
11	D	L	20	0.10	1.30	1.40	1.35	0	0	0	1	0	0	0.0	○	81.25
12	E	M	20	0.10	1.30	1.40	1.35	0	0	0	1	0	0	0.0	○	81.25
13	F	N	20	0.10	1.30	1.40	1.35	0	0	0	1	0	0	0.0	○	81.25
14	G	O	20	0.10	2.00	2.10	1.35	0	1	0	1	0	0	0.0	○	81.25
15	H	P	20	0.10	1.30	1.40	1.35	0	0	0	1	0	0	0.0	○	81.25
16	I	Q	20	0.10	1.30	1.40	1.35	0	0	0	1	0	0	0.0	○	81.25
17	J	R	20	0.10	1.30	1.40	1.35	0	0	0	1	0	0	0.0	○	81.25
18	K	S	20	0.10	2.00	2.10	1.35	0	1	0	1	0	0	0.0	○	81.25

(4) 計算

① $V_p / 2w$ の計算

V_p は、使用配管から73.780

$50A \times 14.74$ [m]

$$\frac{40A \times 39.0}{20A \times 0.8}$$

$$V_p = 73.780 \qquad V_p / 2w = 73.78 / (2 \times 650) = 0.055$$

② $P_2 - P_n$ の仮定

4 [kg/c m²] と仮定する。仮定にあたっては、各計算区間の $A_d L Q^2$ を合計しCA0線図[Ⅱ]から $P_2 - P_n$ を試算する。($\Sigma A_d L Q^2 = 3.082$ をCA0線図[Ⅱ]中の位置から $P_2 - P_n$ を読み取る。)

③ P_2 の決定

CA0線図[Ⅰ] $\phi = 1.5$ において $V_p / 2w = 0.055$ の曲線と②で仮定した $P_2 - P$ 曲線の交点から読み取った47.3 [kg/c m²] を P_2 として決定する。

④ $B_d (Z_2 - Z_1) Q^2$ 等の計算

各計算区間ごとの $B_d (Z_2 - Z_1) Q^2$ を計算する。

当該計算区間で Lh を有する場合は、 $\gamma^2 Lh / 10$ を計算する。

(各区間ごとの Z_2 及び Z_1 は、第8-4-4図により、 γ は第8-4-5図により求める。)

⑤ 圧力の決定

各計算区間ごとの終端圧力は、当該計算区間ごとの $A_d L Q^2$ 、 $B_d (Z_2 - Z_1) Q^2$ 及び $\gamma^2 Lh / 10$ の和よりCA0線図[Ⅱ]から読み取る。

※④及び⑤は、各計算区間ごとに計算等する。

⑥ 噴射ヘッドの噴口面積の計算

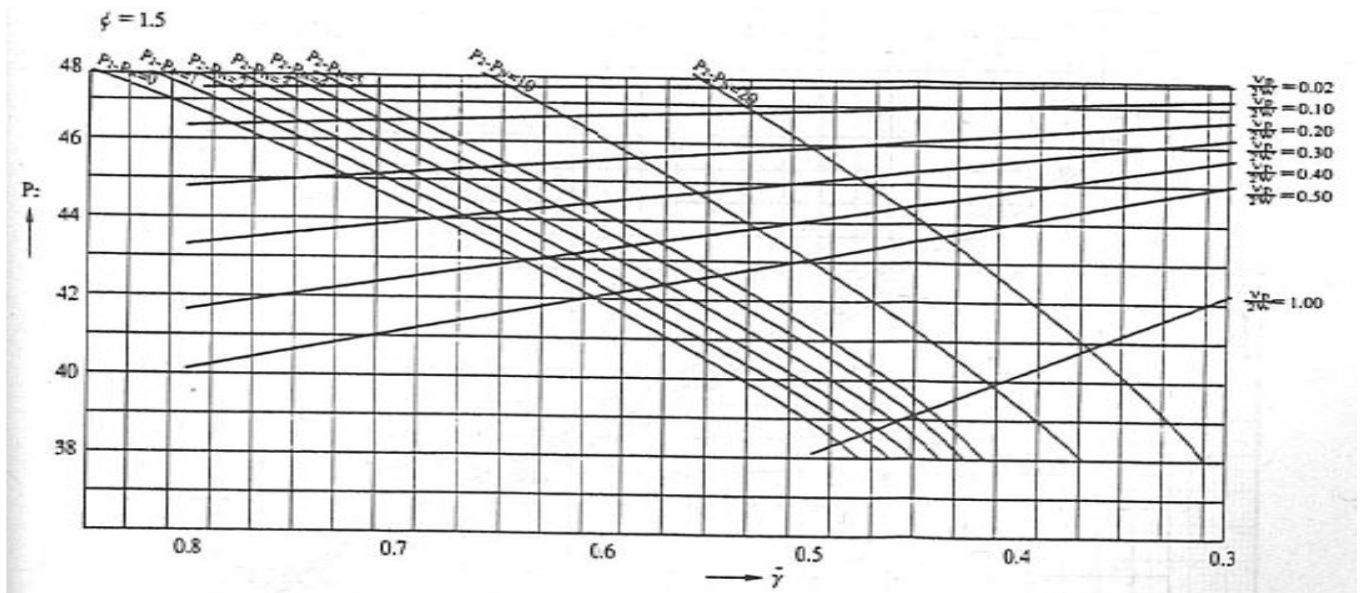
噴口面積は、第8-4-6図からノズル圧力 P_n に相当する流率 Q_a (kg/sec · c m²) を読み取り消火剤流量 Q を除する。

0点の圧力 (ノズル圧力 $P_n = 42.4$) により、第8-4-6図から $Q_a = 3.335$ を読み取る。

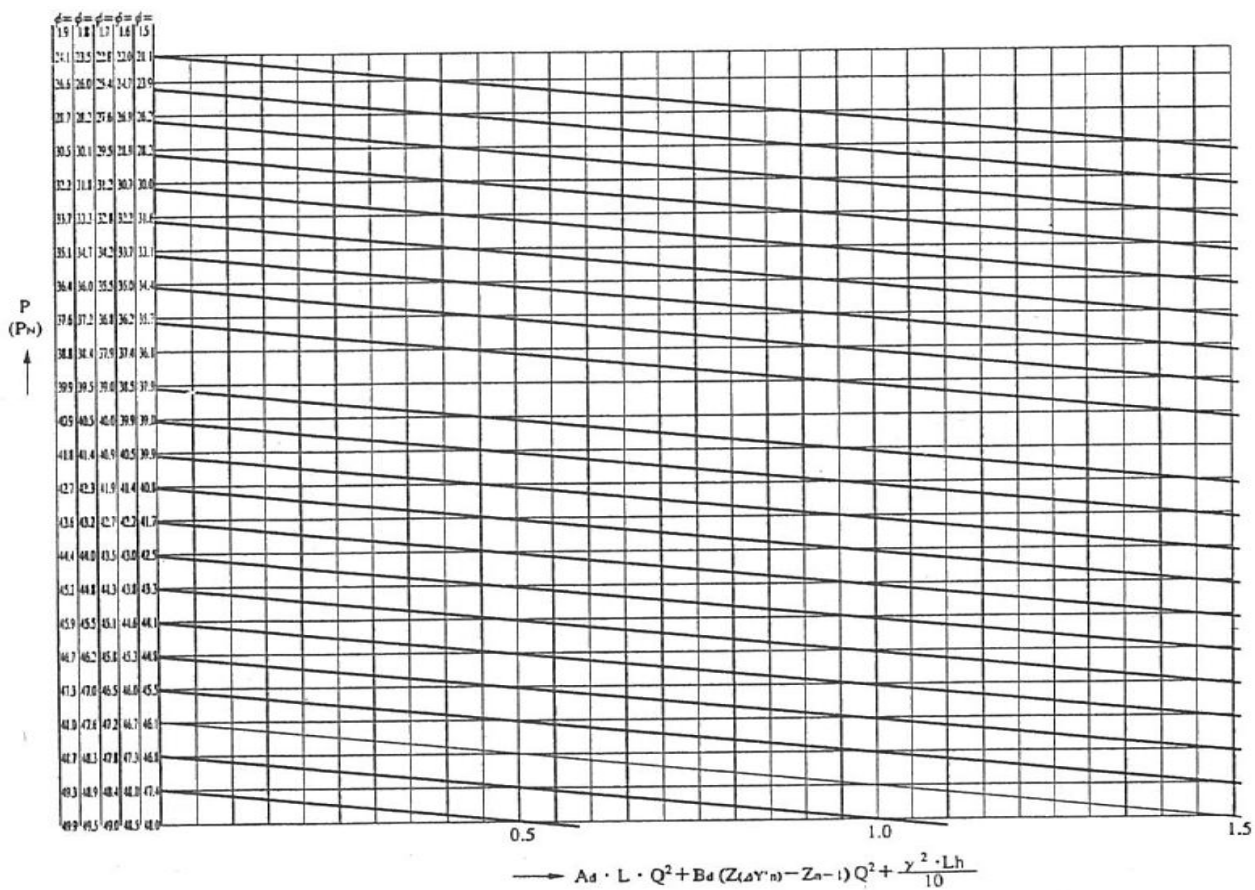
$$\text{0点のノズル噴口面積} = \frac{1.35}{3.335} = 0.406 \text{ [c m}^2\text{]}$$

第 8-4-2 表 配管区間ごとの圧力

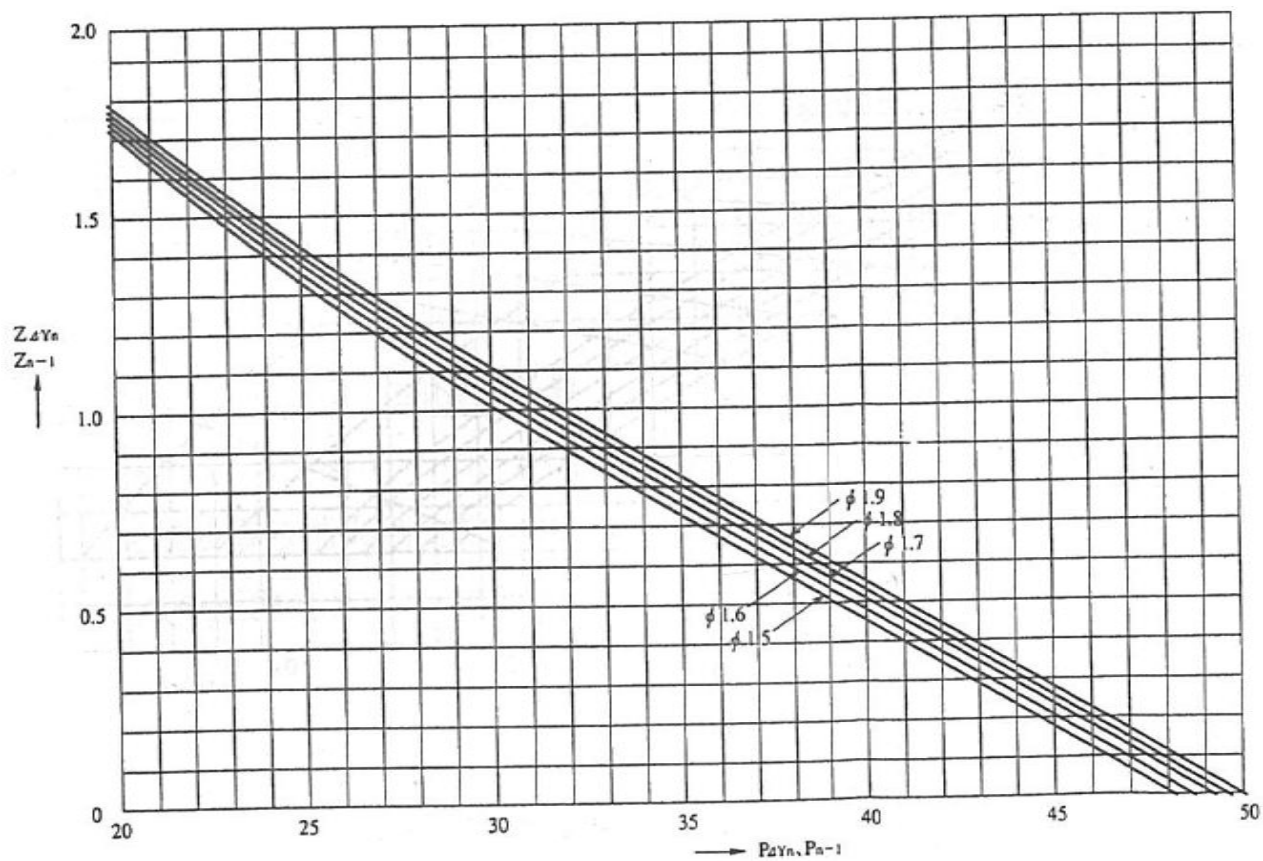
区 間 番 号	始 点 番 号	終 点 番 号	配 管 径 A	総 管 長 m	流 量 kg/s	AdLQ ²	Bd(Z ₂ -Z ₁) Q ²	ΔYh	終 点		圧 力 kgf/cm ²	流 率 kg/s/cm ²	等 価 噴 口 面 積 cm ²
									Y	Z			
0	—	A	15	4.00	0.72	0.670	0.003	0.000	1.334	0.092	46.3		
1	A	B	50	2.54	10.83	0.128	0.004	0.000	1.467	0.130	46.1		
2	B	C	50	25.70	10.83	1.296	0.043	0.199	3.006	0.223	44.0		
3	C	D	40	11.00	5.42	0.524	0.011	0.000	3.540	0.269	43.2		
4	D	E	40	5.00	4.06	0.158	0.002	0.000	3.700	0.286	42.9		
5	E	F	40	5.00	2.71	0.070	0	0.000	3.770	0.292	42.8		
6	F	G	40	5.00	1.35	0.017	0	0.000	3.788	0.303	42.6		
7	G	H	40	3.00	5.42	0.171	0.004	0.000	3.181	0.240	43.7		
8	H	I	40	5.00	4.06	0.158	0.002	0.000	3.340	0.251	43.5		
9	I	J	40	5.00	2.71	0.070	0.001	0.000	3.411	0.257	43.4		
10	J	K	40	5.00	1.35	0.017	0	0.000	3.429	0.263	43.3		
11	D	L	20	1.40	1.35	0.146	0.004	0.000	3.691	0.286	42.9	3.435	0.394
12	E	M	20	1.40	1.35	0.146	0.004	0.000	3.850	0.297	42.7	3.394	0.399
13	F	N	20	1.40	1.35	0.146	0.004	0.000	3.920	0.303	42.6	3.374	0.401
14	G	O	20	2.10	1.35	0.219	0.004	0.000	4.011	0.315	42.4	3.335	0.406
15	H	P	20	1.40	1.35	0.146	0.004	0.000	3.331	0.251	43.5	3.567	0.380
16	I	Q	20	1.40	1.35	0.146	0.004	0.000	3.491	0.269	43.2	3.499	0.387
17	J	R	20	1.40	1.35	0.146	0.004	0.000	3.562	0.274	43.1	3.477	0.389
18	K	S	20	2.10	1.35	0.219	0.004	0.000	3.653	0.280	43.0	3.455	0.392



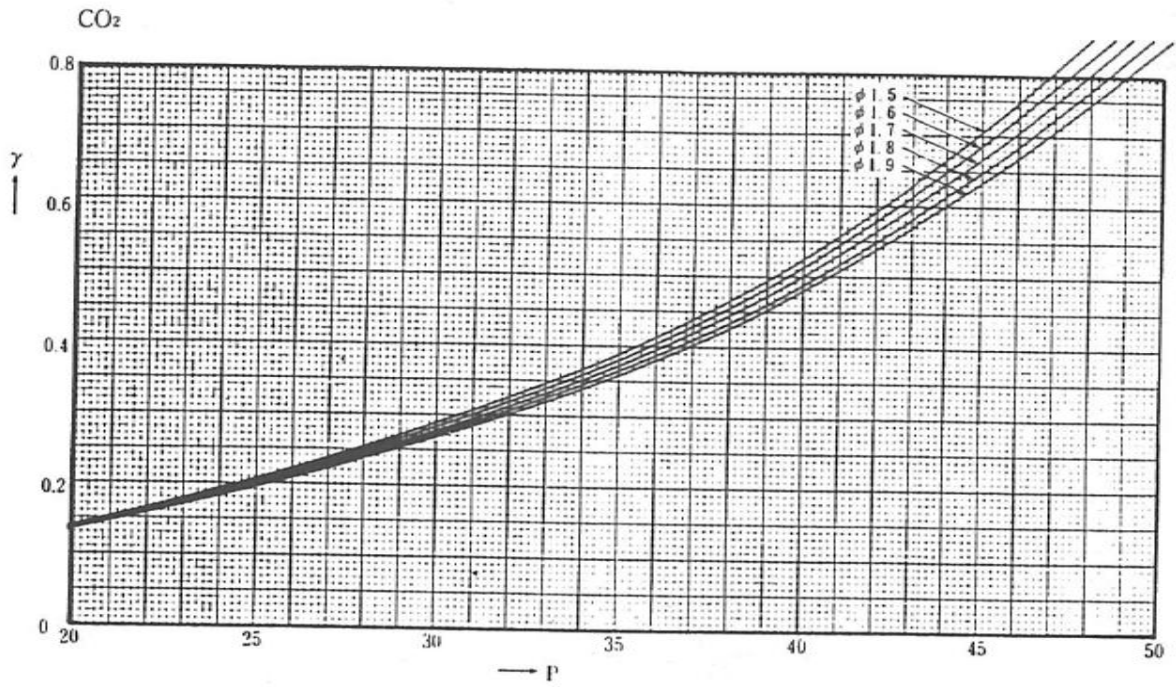
第 8-4-2 図 CAO線図 [I]



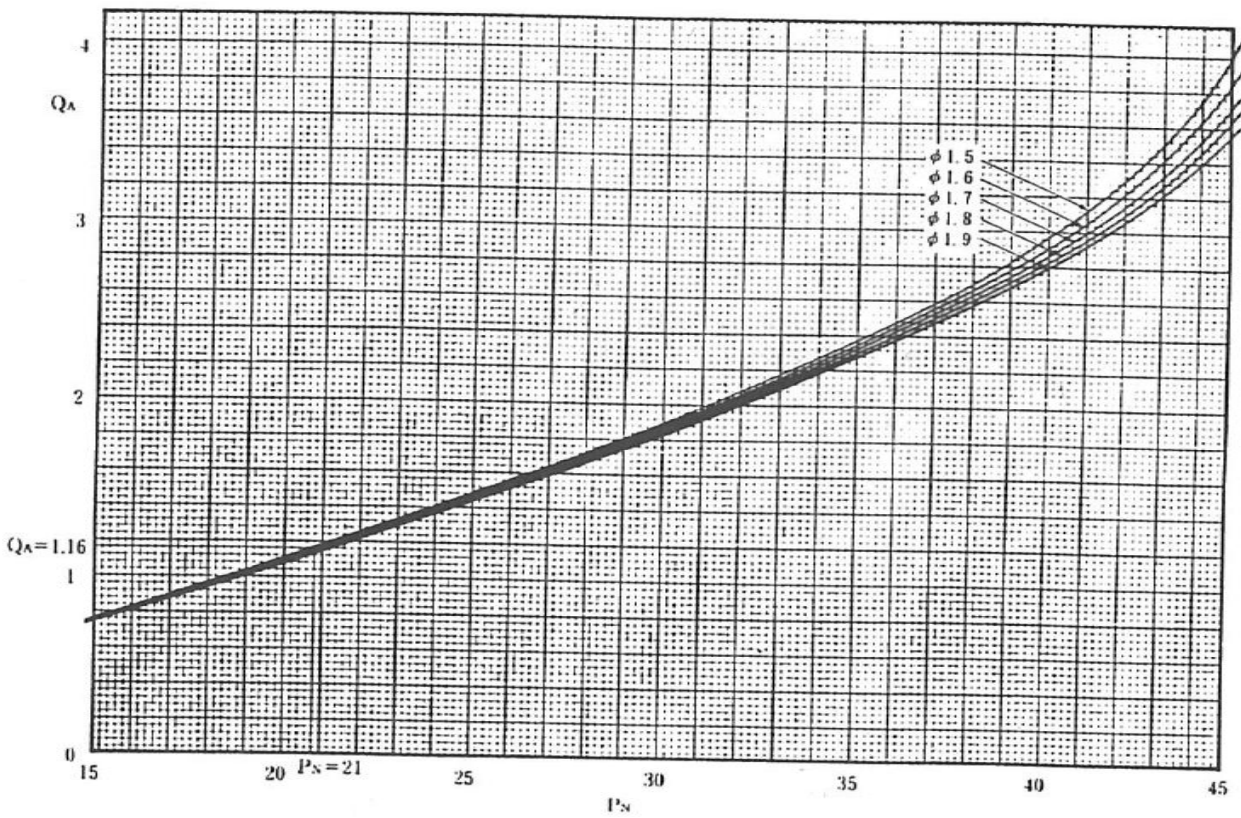
第 8 - 4 - 3 図 CAO 線図 [II]



第 8 - 4 - 4 図 P と Z の関係



第 8 - 4 - 5 図 P と γ の関係



第 8 - 4 - 6 図 P と Q_A の関係

第8-4-3表 Ad, Bdの値

呼び径	圧力配管用炭素鋼鋼管			
	Sch 40		Sch 80	
	Ad	Bd	Ad	Bd
15A	0.151	0.271	0.281	0.435
20A	0.343×10^{-1}	0.867×10^{-1}	0.572×10^{-1}	0.128
25A	0.980×10^{-2}	0.332×10^{-1}	0.152×10^{-1}	0.465×10^{-1}
32A	0.244×10^{-2}	0.114×10^{-1}	0.363×10^{-2}	0.155×10^{-1}
40A	0.112×10^{-2}	0.631×10^{-2}	0.162×10^{-2}	0.836×10^{-2}
50A	0.310×10^{-3}	0.236×10^{-2}	0.430×10^{-3}	0.303×10^{-2}
65A	0.966×10^{-4}	0.964×10^{-3}	0.130×10^{-3}	0.121×10^{-2}
80A	0.398×10^{-4}	0.489×10^{-3}	0.531×10^{-4}	0.610×10^{-3}
90A	0.188×10^{-4}	0.275×10^{-3}	0.250×10^{-4}	0.342×10^{-3}
100A	0.973×10^{-5}	0.166×10^{-3}	0.128×10^{-4}	0.205×10^{-3}
125A	0.320×10^{-5}	0.708×10^{-4}	0.409×10^{-5}	0.854×10^{-4}
150A	0.127×10^{-5}	0.350×10^{-4}	0.168×10^{-5}	0.432×10^{-4}

第8-4-4表 Sch40を使用する場合の直管相当長さ
圧力配管用炭素鋼鋼管 (JIS G 3454)

単位：m

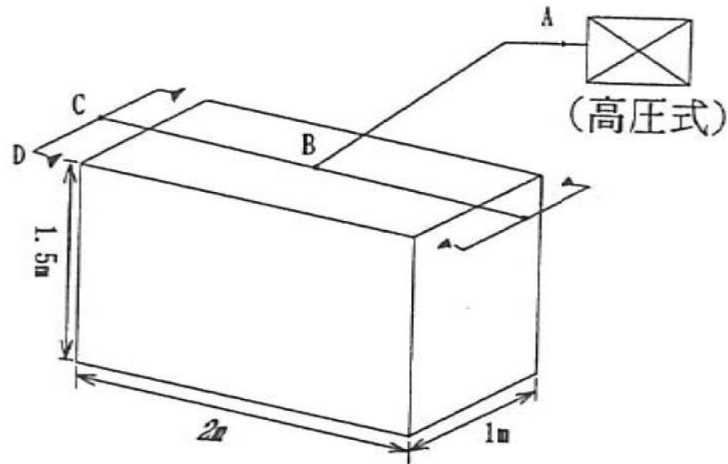
種別		呼び径	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
管継手	ねじ込み式	45° エルボ	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.4	1.7	2.0	2.3	3.0	3.7
		90° エルボ	0.6	0.8	1.1	1.5	1.8	2.4	3.2	3.9	4.7	5.4	7.0	8.7
		テ- (直)	0.3	0.5	0.6	0.9	1.0	1.4	1.8	2.2	2.7	3.1	4.0	5.0
		テ- (分)	1.1	1.5	2.0	2.8	3.3	4.5	5.9	7.3	8.6	10.1	13.1	16.2
		エノン・フランジ	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.5	1.9
	溶接式	45° エルボ	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.5	1.9
		90° エルボ	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.2	1.6	2.0	2.3	2.7	3.5	4.4
		テ- (直)	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.4	1.7	2.0	2.3	3.0	3.7
		テ- (分)	0.8	1.1	1.5	2.1	2.6	3.5	4.5	5.6	6.7	7.8	10.1	12.5
		エノン・フランジ	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.5	1.9

第8-4-5表 Sch80を使用する場合の直管相当長さ
圧力配管用炭素鋼鋼管 (JIS G 3454)

単位：m

種別		呼び径	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
管継手	ねじ込み式	45° エルボ	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.8	3.5
		90° エルボ	0.5	0.7	1.0	1.4	1.6	2.2	3.0	3.7	4.4	5.1	6.6	8.2
		テ- (直)	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.3	1.7	2.1	2.5	2.9	3.8	4.7
		テ- (分)	0.9	1.3	1.8	2.5	3.1	4.2	5.5	6.8	8.1	9.5	12.3	15.2
		エノン・フランジ	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.4	1.8
	溶接式	45° エルボ	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.4	1.8
		90° エルボ	0.2	0.2	0.5	0.7	0.8	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5	3.3	4.1
		テ- (直)	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.8	3.5
		テ- (分)	0.7	1.0	1.4	1.9	2.3	3.2	4.2	5.2	6.2	7.3	9.5	11.7
		エノン・フランジ	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.4	1.8

2 局所放出方式（高圧式：貯蔵圧力約53kgf/・、容積方式）で固定側壁でない場合の計算例



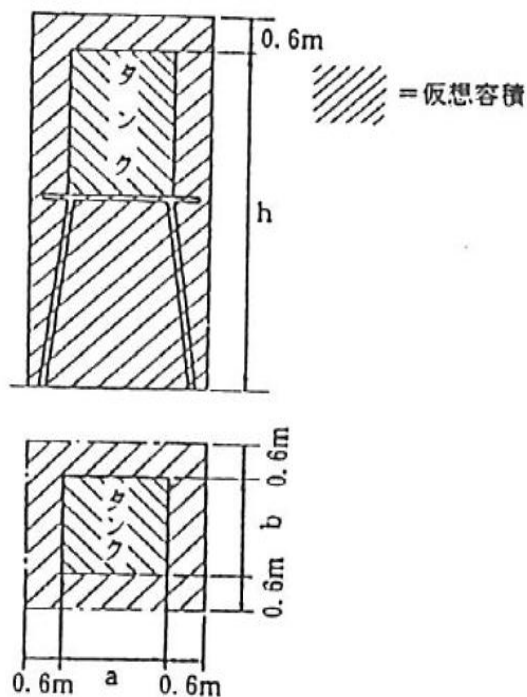
第8-4-7図 想定図

(なお、圧力損失計算にあつては、全域放出方式と同様であるので、省略する。)

(1) 防護対象物の容積 (V)

$$\begin{aligned}
 V &= (1.5 + 0.6) \times (2 + 0.6 \times 2) \times (1 + 0.6 \times 2) \\
 &= 2.1 \times 3.2 \times 2.2 \\
 &= 14.78 \div 15 \text{ [m}^3\text{]}
 \end{aligned}$$

なお、サービスタンク、ボイラーのバーナー等については、第8-4-8図及び第8-4-9図の方法等によって求める。



第8-4-8図 仮想容積(1)



第8-4-9図 仮想容積(2)

(2) 消火剤所要量(Q_0)

$$Q_0 = V \times \left(8 - 6 \times \frac{a}{A}\right) \times \alpha \times \beta$$

ここで、 V = 防護対象物の容積 = 15 [m³]

a = 防護空間の周囲に実際に設けられた固定側壁の面積
= 0

A = 防護空間の全周の側面積

$$= \{(2 + 0.6 \times 2) + (1 + 0.6 \times 2)\} \times 2 \times (1.5 + 0.6) \\ = 22.68 \text{ [m}^2\text{]}$$

α = 取扱う危険物による係数 (= 1.0 : 灯油)

β = 消火剤容器による係数 (高圧式 = 1.4, 低圧式 = 1.1)

よって、

$$Q_0 = 15 \times (8 - 6 \times 0 / 22.68) \times 1.0 \times 1.4 = 168 \text{ [kg]}$$