

プロセス設計指針

[PDSCQ : Process Design Standard by ComtecQuest]

件名 設計圧力と設計温度の決定（簡便法）
分類 PDSCQ-001-2007
作成年月日 2007年03月15日
更新年月日 2008年02月08日

目次

1. 設計圧力の決定.....	2
1.1 設計圧力と最高運転圧力.....	2
1.2 容器の設計圧力.....	3
1.3 ポンプの設計圧力.....	4
2. 設計温度.....	5
3. 最高運転圧力と最高運転温度.....	5
参考資料 「PROCESS DESIGN in NORSOK STANDARD 1999 & 1994」	6

1. 設計圧力の決定

1.1 設計圧力と最高運転圧力

設計圧力は通常運転（通常起動および停止も含む）および異常運転（緊急停止など）も含め、予想される最高の運転圧力以上でなければならない。また、設計圧力は最高運転圧力(MPaG)に対して、+0.1MPa あるいは+ 10% のどちらか大きい数値とする。

最高運転圧力を推定することが出来ない場合、通常の運転圧力は既知であるが、緊急停止などにおける運転圧力が不明の場合には、通常運転における運転圧力を最高運転圧力と見なすことが出来る。この場合、設計圧力は先ほどの余裕（最高運転圧力 MPaG に対して+0.1MPa あるいは+ 10%のどちらか大きい数値)を持たなければならない。

また、通常の運転圧力以外に最高の運転圧力を設定しなければならない場合には、設計圧力の95%（安全弁の精度が良好な場合には 98%）を最高運転圧力として設定することも出来る。この関係を図 1.1 に示した。

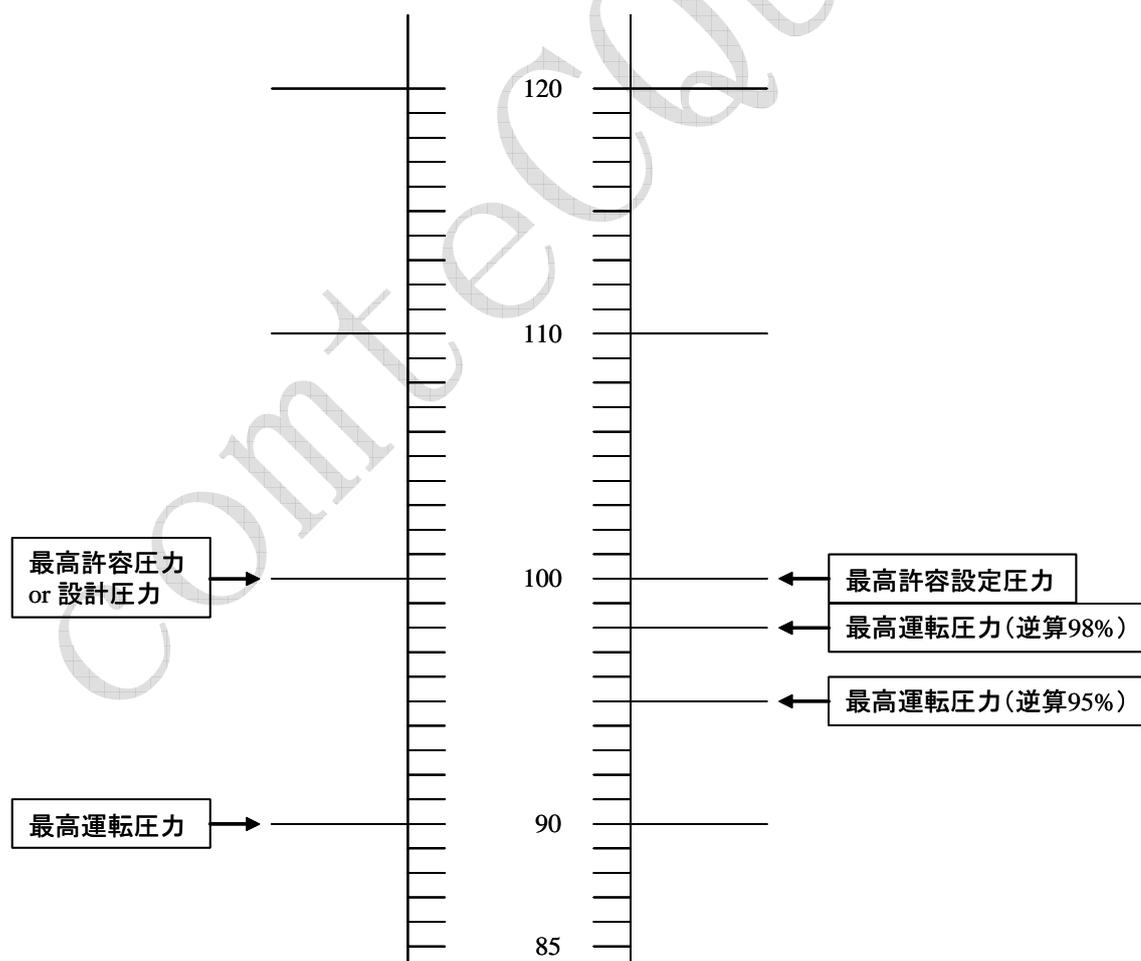


図1.1 設計圧力

1.2 容器の設計圧力

例えば、通常時の運転圧力が 3.1MPaG の容器[A]と、0.1MPaG の容器[B]の設計圧力を求めてみる。ただし、計算した数値は小数点下一桁で切り上げとします。

(a) 機器[A]の設計圧力

$$3.1 \text{ MPaG} \times 1.1 (110\%) = 3.41 \text{ MPaG} \rightarrow 3.5 \text{ MPaG}$$

(b) 機器[B]の設計圧力

$$0.1 \text{ MPaG} + 0.1 \text{ MPa} = 0.2 \text{ MPaG}$$

または

$$0.1 \text{ MPaG} \times 1.1 = 0.11 \text{ MPaG}$$

故に

$$0.2 \text{ MPaG}$$

各エンジニアリング会社は設計条件に決め方についてそれぞれ独自の規格・標準を持っている。ここでは参考としてノルウェーの大手石油会社であるノルスクヒドロ社の“PROCESS DESIGN in NORSOK STANDARD 1999”を表 1-1 に紹介します。この資料はインターネットでも入手可能ですので検索して見て下さい。この表 1-1 に示す指針と先ほどの指針を比較し、その結果を表 1-2 に示します。

表 1-1 NORSOK STANDARD

運転圧力 MPaG	設計圧力	備考
0~3.5	+0.35MPa	
3.5~7.0	+ 10%	
7.0~20.0	+ 8.5%	Min.0.7 and max.1.0
20.0~	+ 5.0%	

表 1-2 機器[A]と機器[B]の設計圧力

	運転圧力 MPaG	設計圧力 @ PDSCQ	設計圧力 @ NORSOK
機器[A]	3.1	3.1 × 1.1 = 3.41 MPaG → 3.5MPa(G)	3.1 + 0.35 = 3.45MPa(G) → 3.5MPa(G)
機器[B]	0.1	0.2MPa(G)	0.45MPa(G)

1.3 ポンプの設計圧力

また、ポンプの吐出側の設計圧力は予想される最高圧力、すなわち締切圧力に等しくする。この締切圧力は以下の前提条件において計算する。

- (1) 密度が最大なる流体
- (2) 締切時揚程を通常運転時の 20%増
- (3) 最高吸込圧力

例えば、表 1-3 に示す運転性能を持つポンプは通常時ではメタノールを扱うが、起動時には水運転を行うので、密度が大きい水をベースに締切圧力を計算する。また、最高締切圧をポンプ吸込側に設置されているドラムなどの設計圧力 (0.2MPaG) に等しくすると、

- (1) 通常運転時の揚程 (39.2m) から水運転における吐出圧力を計算する。

$$39.2\text{m} \times 0.0980665\text{MPa}/10\text{m} + 0.0300\text{MPaG} = 0.414\text{MPaG}$$

- (2) 締切時における揚程を通常時の 1.2 倍として吐出圧力を求める。

$$(0.414 - 0.030) \times 1.2 + 0.030 = 0.461 + 0.030 = 0.491\text{MPaG}$$

- (3) 最高吸込圧力をもとに吐出圧力 (締切圧力) を求める。

$$0.461 + 0.200 = 0.661\text{MPaG}$$

	通常運転時	起動時
流体名と比重	メタノール 0.78	水 1.0
吸込圧力 MPa(G)	0.050	0.030(0.200)
吐出圧力 MPa(G)	0.350	0.414
圧力差 MPa	0.030	0.384
揚程 m	39.2	39.2
締切圧力 MPa(G)		0.661

2. 設計温度

設計温度は通常運転（通常起動および停止も含む）および異常運転（緊急停止など）も含め、予想される最高の運転温度以上でなければならない。

最高運転温度を推定することが出来ない場合には、通常運転時における運転温度に余裕を加え、これを最高運転温度とみなして設計温度として決定する。

この余裕の取り方としては、通常時の運転圧力を P1、運転温度を T1、設計圧力を P2、設計温度を T2 とすると流体が気体の場合には次式が成立する。ただし、設計圧力を運転圧力の 10%増しと考えると P2 / P1 を 1.1 となり、気体の比熱比 k を 1.2~1.41 とする。

$$\begin{aligned} T2 &= T1 \times (P2 / P1)^{(k-1)/k} = T1 \times (P2 / P1)^{(0.17 \sim 0.29)} \\ &= T1 \times 1.1^{(0.17 \sim 0.29)} = T1 \times 1.016 \sim 1.028 \end{aligned}$$

よって、余裕として運転温度(K)に対して 3%を設定し、T1 として、0~100℃、100~400℃、400~800℃、800℃以上の 4 ケースを考え、以下のように設定する。

運転温度		余裕
<100	100℃未満	10℃
100< t <400	100℃以上から 400℃未満	20℃
400< t <800	400℃以上から 800℃未満	30℃
t > 800	800℃以上	40℃

3. 最高運転圧力と最高運転温度

設計圧力あるいは設計温度は通常運転（通常起動および停止も含む）および異常運転（緊急停止など）も含め、予想される最高の運転圧力あるいは運転温度以上でなければならない。

この最高運転圧力と最高運転温度は、そのプラントにおける全ての運転状態を把握する必要がある。しかし、設計条件を決定する段階ではプラントはまだ動いていないのであるから、全ての運転状態を実際に知ることは出来ない。そのためには、プロセスシミュレーターなどを使ってプラントの全ての運転状態を推定する必要がある。

この作業を行うにはプロセスそのものだけでなく、運転に関する知識やノウハウ、あるいは緊急異常時におけるプラントの挙動などを把握する必要がある。この作業はかなり繁雑で時間もかかるので、別途、プロセス設計指針 (PDSCQ) 「最高運転条件の推定方法」を作成する予定なので、そちらを参考にしていきたい。

参考資料 「PROCESS DESIGN in NORSOK STANDARD 1999 & 1994」

設計圧力の決定指針を下記に示す。

最高運転圧力 (MOP)	設計圧力 (DP)
0 ~ 3.5MPaG	MOP + 0.35MPa
3.5 ~ 7.0MPaG	MOP + 10%
7.0 ~ 20.0MPaG	MOP + 8.5% but min.0.7MPa and max.1.0MPa
20.0MPaG 以上	MOP + 5%

また、この NORSOK STANDARD と PDSCQ による設計圧力の違いを下図に示す。

