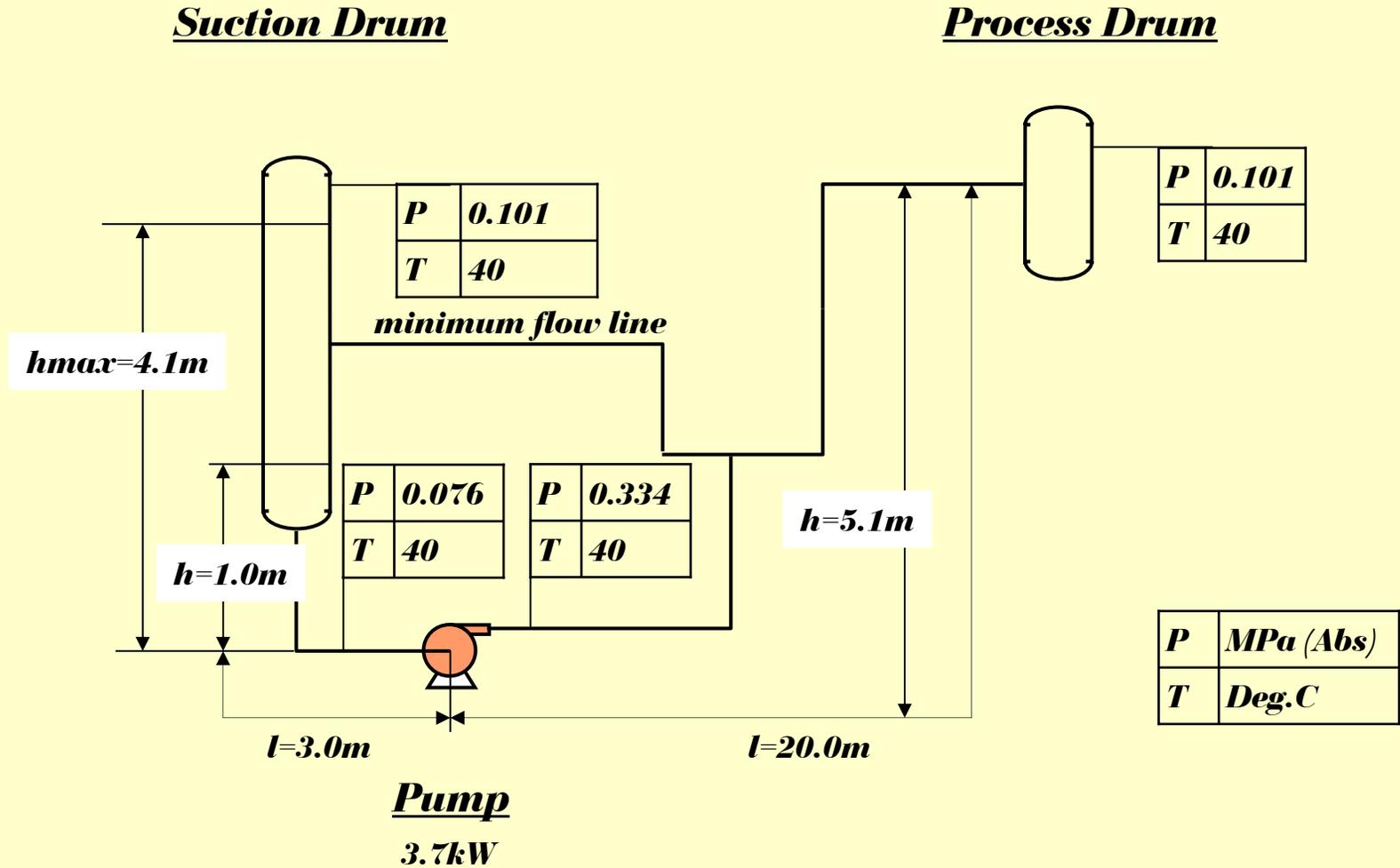




ポンプのプロセス設計

ポンプ周りのプロセスフロー





ポンプのプロセス設計

基本仕様と必要データ(1)

	項目	単位	ポンプ 吸込側	ポンプ 吐出側
基本仕様	流量： G	kg/h	$12,000^{*1}$	$10,000$
	流量： Q	m^3/h	12.09	12.09
	温度	$deg.C$	40	40
	密度： ρ	kg/m^3	992.2	992.2
	粘度： μ	$mPa\cdot s^{*2}$	0.65	0.65
	蒸気圧： P_v	kPa	7.4	7.4
圧損計算	機器圧力： P_q	$kPaA$	101.3	101.3
	機器最高圧力： $P_{q_{max}}$	$kPaA$	111.3	148.0
	通常液面高さ： h	m	1.0	5.1
	最高液面高さ： h_{max}	m	4.1	

*1：ミニマムフロー $2,000kg/h$ を含んでいる。

*2： $1mPa\cdot s = 10^{-3}kg/(m\cdot s)$



ポンプのプロセス設計

基本仕様と必要データ(2)

	項目	単位	ポンプ 吸込側	ポンプ 吐出側
配管情報	配管径（公称）	<i>A</i>	50	40
	内径： <i>d</i>	<i>mm</i>	52.7	41.2
	粗さ： <i>f</i>	<i>mm</i>	0.046^{*1}	0.046^{*1}
	直管長さ： <i>l</i>	<i>m</i>	3.0	20.0
	機器圧損： <i>dp₁</i>	<i>kPa</i>	0.0^{*2}	0.0^{*2}
	ストレーナ圧損： <i>dp₂</i>	<i>kPa</i>	20.0^{*3}	0
	制御弁圧損： <i>dp₃</i>	<i>kPa</i>	0.0	30^{*4}
	流量計圧損： <i>dp₄</i>	<i>kPa</i>	0.0	20^{*5}

***1：標準値として使用。概ねSUS配管を仮定した数値。**

***2：熱交換器などの機器で、10～30kPa/基を採用すれば良い。**

***3：標準値として20kPaを採用。**

***4：標準値として30kPaを採用。 *5：標準値として20kPaを採用。**



ポンプのプロセス設計

基本仕様と必要データ(3)

	項目	速度ヘッド	配管 : <i>Fitting</i> 個数 F_i	
		$K_i^{*1} [m]$	吸込側	吐出側
配管継手 <i>Fitting</i>	90°エルボ	0.75	3	5
	45°エルボ	0.35	0	0
	ティー (直線)	0.40	1	3
	ティー (曲がり)	1.00	0	0
	Uベンド	1.50	0	0
	逆止弁	2.00	0	1
	仕切り弁	0.17	0	0
	玉形弁	9.00	1	5
	バタ弁	0.52	0	0
	アングル弁	2.00	0	0
	拡大	0.50	0	1
	縮小	0.50	1	0

***1 : Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6-18, Table 6-4**



ポンプのプロセス設計

プロセス計算(1)：圧損計算

	等価長さ(m)	圧損(Pa)
直管部	$4f*ls/d*(v^2/2)$	$4f*ls/d*(v^2/2) * \rho$
配管継手	$\Sigma(Ki*Fi)*(v^2/2)$	$\Sigma(Ki*Fi)*(v^2/2) * \rho$
合計	$4f*ls/d*(v^2/2)+\Sigma(Ki*Fi)*(v^2/2)$	$dp_5 = 4f*ls/d*(v^2/2)+\Sigma(Ki*Fi)*(v^2/2)} * \rho$

配管圧損合計	dp_5
機器圧損	dp_1
ストレーナ圧損	dp_2
制御弁圧損	dp_3
流量計圧損	dp_4
圧損合計： dp_t	$dp_1+dp_2+dp_3+dp_4+dp_5$



ポンプのプロセス設計

プロセス計算(2)：揚程計算とNPSHAと軸馬力

吸込圧力： P_s	$Pq_s + \rho * g * h_s + \rho * v_s^2 / 2g - dp_{ts}$
吐出圧力： P_d	$Pq_d + \rho * g * h_d + \rho * v_d^2 / 2g + dp_{td}$
揚程： H	$P_d - P_s$

NPSHA	$Pq_s - Pv + \rho * g * h_s - dp_{ts}$
-------	--

軸馬力： N	$\rho * Q * g * H / \eta_p$ $[kg/m^3] * [m^3/s] * [9.8m/s^2] * [m] = [J/s] = 10^3 [kW]$
----------	--



ポンプのプロセス設計

プロセス計算結果(1)：圧損計算(1)

	吸込側	吐出側
流速： v	$v_s = (Q_s [m^3/h] / 3600) / \{ (d_s [mm] / 1000)^2 * \pi / 4 \}$ $= (12.09 / 3600) / \{ (52.7 [mm] / 1000)^2 * \pi / 4 \} = 1.54 \text{ m/s}$	$v_d = (Q_d [m^3/h] / 3600) / \{ (d_d [mm] / 1000)^2 * \pi / 4 \}$ $= (10.08 / 3600) / \{ (41.2 [mm] / 1000)^2 * \pi / 4 \} = 2.10 \text{ m/s}$
Re	$Re = \rho [kg/m^3] * v_s [m/s] * (d_s [mm] / 1000) / \mu [kg/m-s]$ $= 992.2 * 1.54 * (52.7 / 1000) / (0.65 * 10^{-3}) = 1.24E+05$	$Re = \rho [kg/m^3] * v_d [m/s] * (d_d [mm] / 1000) / \mu [kg/m-s]$ $= 992.2 * 2.10 * (41.2 / 1000) / (0.65 * 10^{-3}) = 1.32E+05$
摩擦係数： f	0.00431	0.00425
直管部等価長： $l(vh)$	$l_s(vh) = 4f * l_s / d_s * v_s^2 / 2$ $= 4 * 0.00431 * 3.0 / 0.0527 * 1.54^2 / 2$ $= 1.16$	$l_d(vh) = 4f * l_d / d_d * v_d^2 / 2$ $= 4 * 0.00425 * 20.0 / 0.0412 * 2.10^2 / 2$ $= 1.34$
継ぎ手部等価長： $m(vh)$	$m_s(vh) = \sum (K_i * F_i) * (v_s^2 / 2)$ $= (0.75 * 3 + 0.35 * 0 + 0.40 * 1 + 1.00 * 0 + 1.50 * 0 + 2.00 * 0 + 0.17 * 0 + 9.00 * 1 + 0.52 * 0 + 2.00 * 0 + 0.50 * 0 + 0.50 * 1)$ $= 12.15 * 1.54^2 / 2 = 14.41 [m]$	$m_d(vh) = \sum (K_i * F_i) * (v_d^2 / 2)$ $= (0.75 * 5 + 0.35 * 0 + 0.40 * 3 + 1.00 * 0 + 1.50 * 0 + 2.00 * 1 + 0.17 * 0 + 9.00 * 5 + 0.52 * 0 + 2.00 * 0 + 0.50 * 1 + 0.50 * 0)$ $= 52.45 * 2.10^2 / 2 = 115.65 [m]$



ポンプのプロセス設計

プロセス計算結果(2)：揚程計算

	吸込側	吐出側
直管部圧損： dp_5	$dp_{s5} = [l_s(vh) + m_s(vh)] [m]$ $* \rho [kg/m^3] / 1000$ $= 1154 Pa = 1.15 kPa$	$dp_{d5} = [l_d(vh) + m_d(vh)] [m]$ $* \rho [kg/m^3] / 1000$ $= 18054 Pa = 18.05 kPa$
その他圧損： $dp_1 + dp_2 + dp_3 + dp_4$	$dp_{ts} = dp_{1s} + dp_{2s} + dp_{3s} + dp_{4s} + dp_{5s}$ $= 35.45 kPa$	$dp_{td} = dp_{1d} + dp_{2d} + dp_{3d} + dp_{4d} + dp_{5d}$ $= 182.80 kPa$
吸込圧力と吐出圧力： P_s & P_d	$P_s = P_{qs} + \rho * g * h_s - dp_{ts} + \rho * v_s^2 / 2g$ $= 101.3 + 992.2 * 9.80665 * 1.0 / 1000$ $- 35.45 + 1.54^2 / 19.6 / 1000$ $= 75.70 kPa$	$P_d = P_{qd} + \rho * g * h_d - dp_{td} + \rho * v_d^2 / 2g$ $= 101.3 + 992.2 * 9.80665 * 5.1 / 1000 +$ $182.80 + 2.10^2 / 19.6 / 1000$ $= 333.95 kPa$
揚程： H	$H = (P_d - P_s) [kPa, 10^3 kg/m-s^2] / \{ \rho [kg/m^3] * g [m/s^2] \}$ $= (333.95 - 75.70) * 10^3 / (992.2 * 9.80665)$ $= 26.54 [m] \rightarrow 32.0 [m] とする！$	



ポンプのプロセス設計

プロセス計算結果(3)：軸馬力計算

軸馬力： N @ 計算揚程	$N = \rho * Q * g * H / \eta_p$ $= 992.2[\text{kg}/\text{m}^3] * 12.09/3600[\text{m}^3/\text{s}] * 9.80665[\text{m}/\text{s}^2] * 26.54[\text{m}] / 54.3\%$ $= 1795[\text{J}/\text{s}] = 1.80[\text{kW}]$
軸馬力： N @ 設定揚程	$N = \rho * Q * g * H / \eta_p$ $= 992.2[\text{kg}/\text{m}^3] * 12.09/3600[\text{m}^3/\text{s}] * 9.80665[\text{m}/\text{s}^2] * 32.00[\text{m}] / 48.3\%$ $= 2160[\text{J}/\text{s}] = 2.16[\text{kW}]$