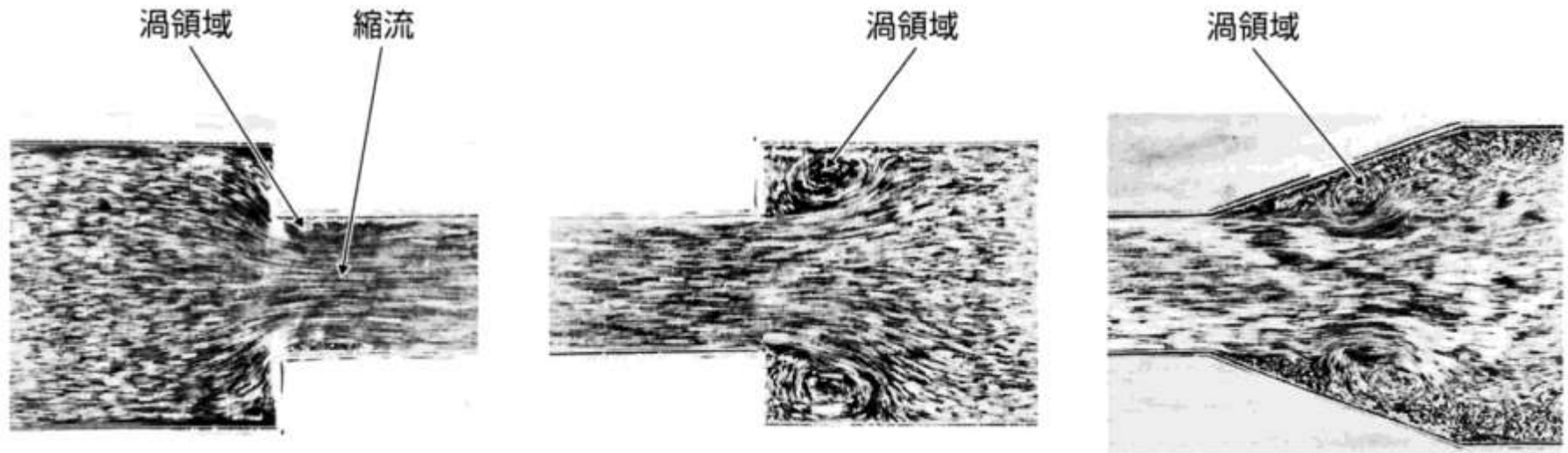


第5章 管路および水路の流れ

この章のポイント

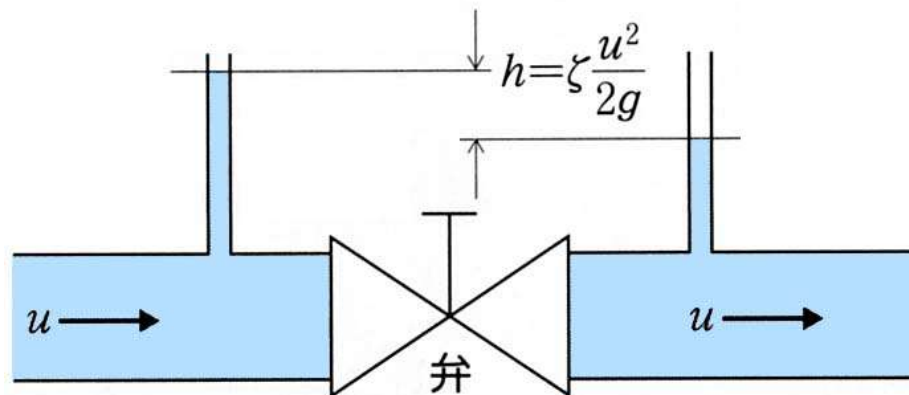
- ① 急拡大や急縮小管、弁などが取り付けられている管路全体の圧力損失を理解する。

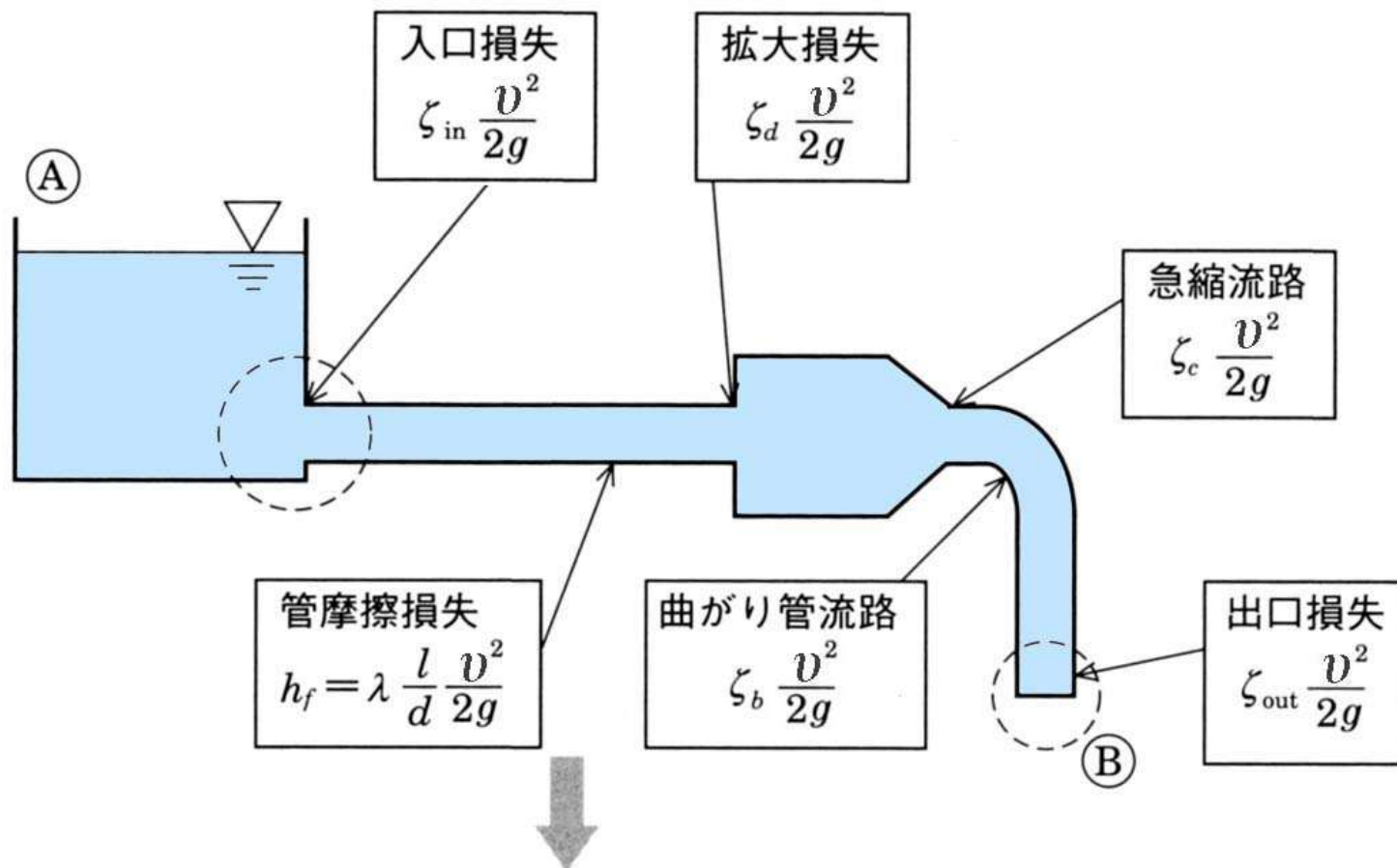
5.1 管路における損失ヘッド (p124)



ジータ

ζ は損失係数といい、実験的に定めた値を利用する。
損失係数 ζ が大きいほど流体抵抗が大きいと考えられる。





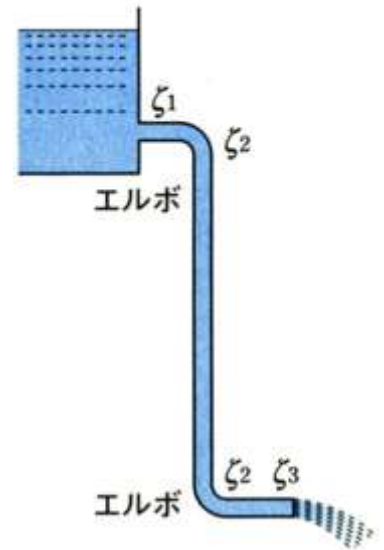
① → ② の損失（全体の損失）は上記をすべて足し合わせたもの

$$\text{圧力損失} = \text{入口} + \text{出口} + \text{管摩擦} + \text{拡大} + \text{急縮} + \text{ベンド} + \dots$$

- ・ 損失は動圧に各部の係数を掛けて求める。
- ・ それぞれを足し合わせると全体の損失が得られる。

〔練習問題 1〕

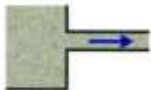
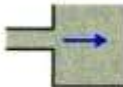
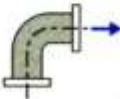
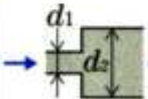
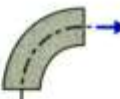
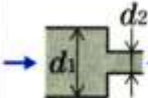
図のような水槽から管路を通して放水している。
管路の全長 12 m , 途中にエルボが 2 個ある。
管の内径 100 mm , 流速を 4.0 m/s として, 全損失
ヘッド H_ℓ を求めなさい。
ただし、管摩擦係数 $\lambda = 0.03$ とする。

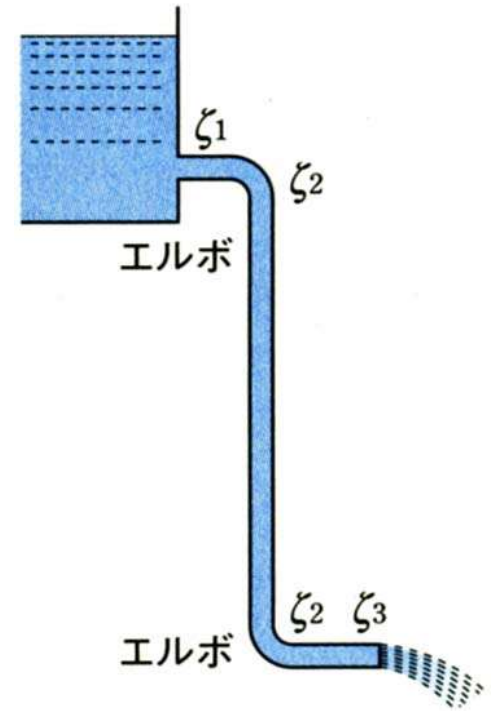


〔解〕

全損失ヘッド $H_\ell = \text{管摩擦損失 } h_f + \text{管路形状による損失ヘッド } h_s$

$$H_\ell = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v^2}{2g} + \zeta \frac{v^2}{2g} \quad [m]$$

管路の形状			損失係数 ζ	管路の形状			損失係数 ζ
流入口	角端		0.5	流出口		1.0	
	エルボ		1.0		急広がりの場合		$\left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\right]^2$
90°曲がり	ベンド		0.2~0.3	急せばまりの場合		$\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 0.1 \sim 0.9$ のとき 0.41~0.036	
	フート弁	ストレーナ付	1.5(大) ~2.0(小)	放流		1.0	
逆止め弁 仕切弁	全開時	0.6(大) ~1.5(小) 0.05(大) ~0.17(小)					



管路形状による損失係数は

$$\zeta = \zeta_1 + 2\zeta_2 + \zeta_3 = 0.5 + 2 \times 1.0 + 1.0 = 3.5$$

$$H_\ell = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v^2}{2g} + \zeta \frac{v^2}{2g} = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \zeta \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$= \left(0.03 \times \frac{12}{0.1} + 3.5 \right) \times \frac{4.0^2}{2 \times 9.8} = 5.8 [m]$$

第6章 流体測定法 (p165～215)省略

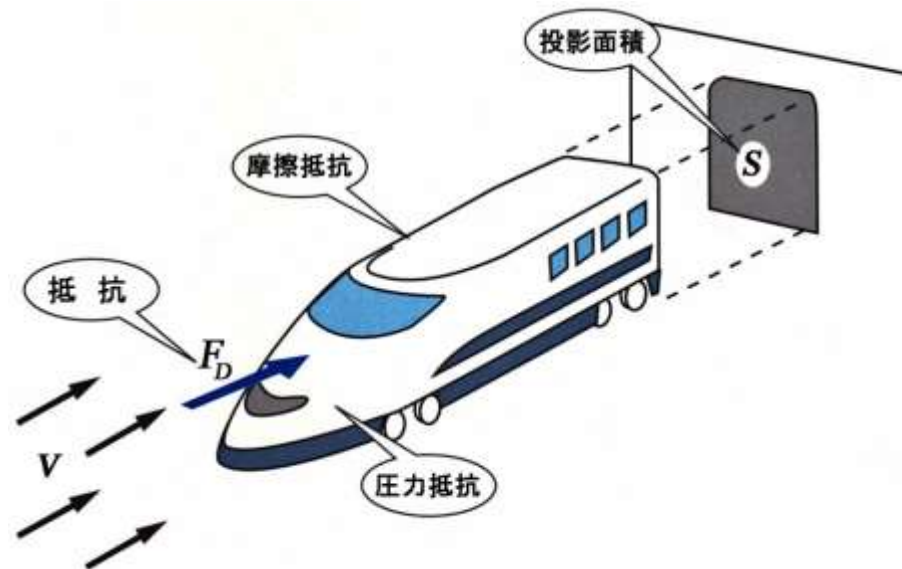
第7章 物体の抵抗と翼

この章のポイント

- ① 流れの中に置かれた物体に作用する抗力を理解する。

7.1 流れの中にある物体の抵抗(p216)

流体中の物体には、物体表面の圧力による圧力抵抗と物体表面の摩擦による摩擦抵抗の和である抵抗(抗力)が発生する。



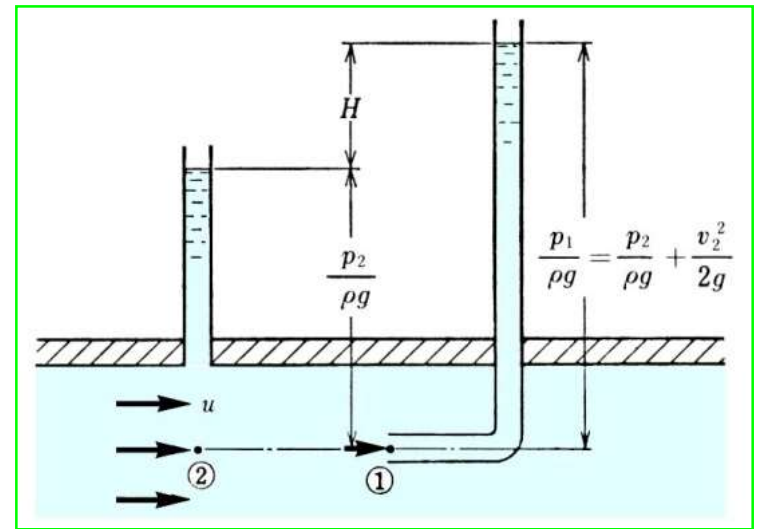
抗力 F_D は, 流体の密度 ρ , 速度 V , 流れに垂直な面に投影した物体の面積 S , 抵抗係数 C_D とすれば

$$F_D = C_D \frac{\rho V^2}{2} S \quad [N] \quad (7.4)$$

ピトー管 (p59)

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \quad \because z_1 = z_2$$

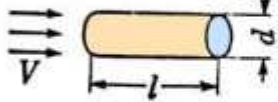
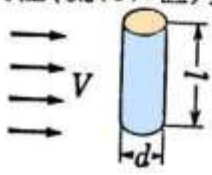
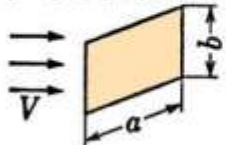
点①において流れはせき止められ、
この点をよどみ点といい、速度は
 $v_1 = 0$, また $v_2 = u$ となる



$$p_1 = p_2 + \frac{\rho}{2} u^2 \quad (3.22)$$



表 7.1 三次元の抵抗係数(p218)

物 体	寸法の割合	基 準 面 積	抵 抗 係 数 $c_D = F_D / (1/2 \rho V^2 S)$
円柱(流れの方向) 	$l/d =$ 1 2 4 7	$\frac{\pi}{4} d^2$	0.91 0.85 0.87 0.99
円柱(流れに直角) 	$l/d =$ 1 2 4 10 18 ∞	dl	0.63 0.68 0.74 0.82 0.98 1.20
長方形板(流れに直角) 	$a/b =$ 1 2 4 10 18 ∞	ab	1.12 1.15 1.19 1.29 1.40 2.01
半球(底なし) 	I (凸) II (凹)	$\frac{\pi}{4} d^2$	0.34 1.33
円すい 	$\alpha = 60^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	$\frac{\pi}{4} d^2$	0.51 0.34
円板 		$\frac{\pi}{4} d^2$	1.2

〔例題1〕p218

直径 $1m$, 高さ $6m$ の煙突が風速 $30 m/s$ の風によって受ける抵抗を求めよ。ただし抵抗係数は 1.2 , 空気密度は $1.226 kg/m^3$ とする。

〔解〕

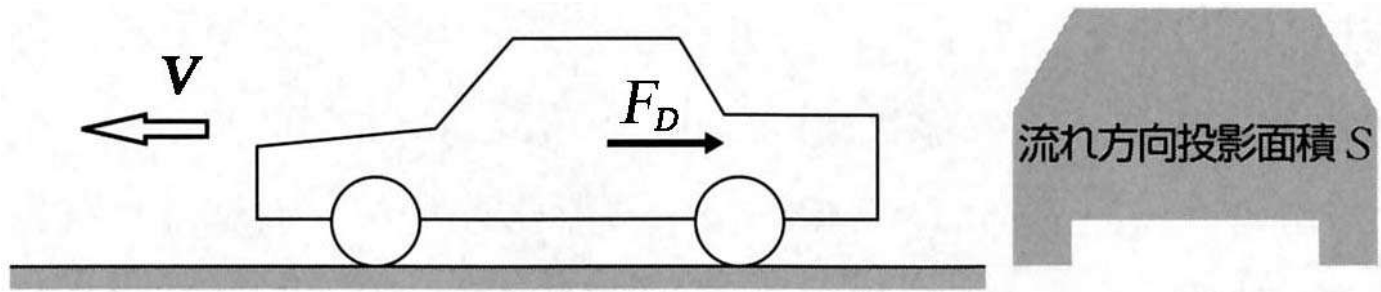
$$F_D = C_D \frac{\rho V^2}{2} S \quad \text{に, } C_D = 1.2, S = 1 \times 6 = 6 m^2, \rho = 1.226 kg/m^3,$$

$V = 30 m/s$ を代入すれば

$$F_D = C_D \frac{\rho V^2}{2} S = 1.2 \times \frac{1.226 \times 30^2}{2} \times 6 = 3972[N] = 3.97[kN]$$
$$(= 405[kgf])$$

〔練習問題 1〕

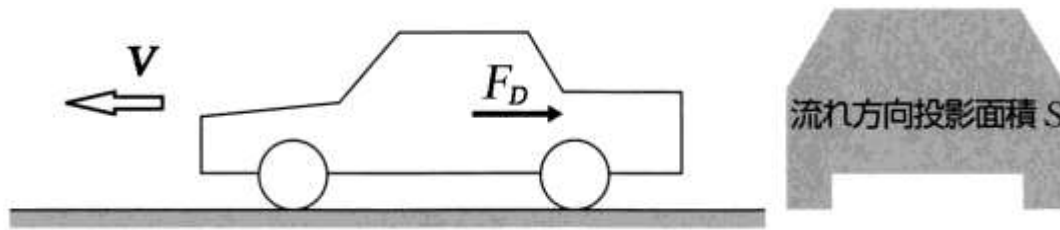
車体の投影面積 $S = 2.5 \text{ m}^2$, 抗力係数 $C_D = 0.4$ の自動車が時速 $V = 50 \text{ km/h}$ で静止空气中を直進するときの抗力を求めよ。
また、 10 m/s の向かい風が吹いているときの抗力が、静止空气中の抗力の何倍になるか計算せよ。空気の密度 1.2 kg/m^3 とする。



自動車の種類	抵抗係数: C_D
乗用車	0.3~0.5
トラック	0.4~0.6
バス	0.5~0.8
二輪車	0.6~0.9
アドバンス・カー	0.15~0.3



エアディフレクター



〔解〕 流速 $V = 50 \text{ km/s}$ の一様な空気流中に自動車が静止している状態と同じであるから、

$$V = 50 \text{ km/h} = 50 \times 10^3 / 3600 = 13.9 \text{ m/s}$$

$$F_D = C_D \frac{\rho V^2}{2} S = 0.4 \times \frac{1.2 \times 13.9^2}{2} \times 2.5 = 116 \text{ [N]}$$

また、向かい風が 10 m/s で吹いている場合の抗力は、向かい風の速度を流速に加算すればよいので

$$V = 13.9 + 10 = 23.9 \text{ m/s}$$

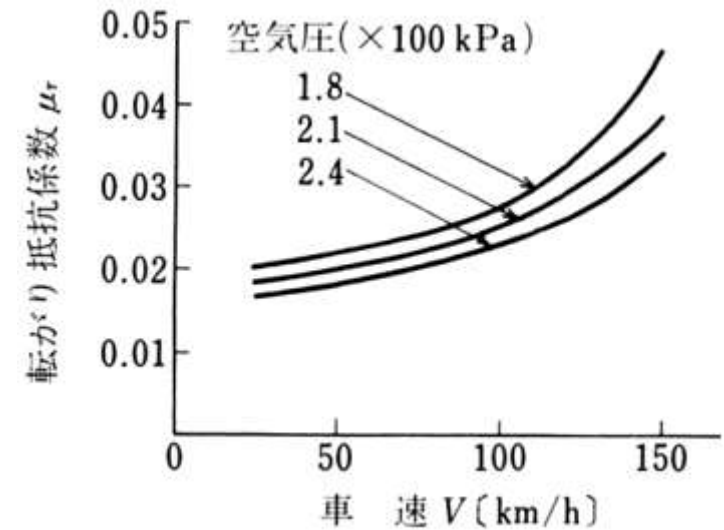
$$F_D = C_D \frac{\rho V^2}{2} S = 0.4 \times \frac{1.2 \times 23.9^2}{2} \times 2.5 = 343 \text{ [N]}$$

よって、抗力は3倍に増加することがわかる。

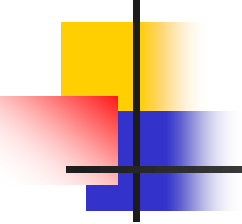
参 考

$$\text{抗 力 } F_D = C_D \frac{1}{2} \rho V^2 S \quad [N]$$

$$\text{損失動力 } P_D = F_D \cdot V = C_D \frac{1}{2} \rho V^3 S \quad [W]$$



- 50km/h のとき $\rightarrow F_D = 116[N], P_D = 1.6[kW] = 2.2[PS]$
 - 100km/h のとき $\rightarrow F_D = 463[N], P_D = 12.9[kW] = 17.5[PS]$
 - 150km/h のとき $\rightarrow F_D = 1041[N], P_D = 43.4[kW] = 59.0[PS]$
 - 200km/h のとき $\rightarrow F_D = 1852[N], P_D = 102.9[kW] = 139.9[PS]$
 - 250km/h のとき $\rightarrow F_D = 2894[N], P_D = 200.9[kW] = 273.3[PS]$
- $\therefore 1kW = 1.36PS, 1PS = 0.735kW$



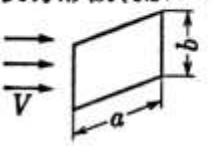
演習問題 (p258)

問 2, 3

演習問題 2 (p.258)

高さ 20 m , 幅 40 m の建物に, 風速 20 m/s の台風が真横に吹き付けるとき, 建物の受ける抵抗は幾らか。ただし、空気の密度は 1.2 kg/m^3 , 建物の抵抗係数は長方形板の抵抗係数と同じとする。

〔解〕 抵抗係数は表 7.1 p218から

物 体	寸法の割合	基 準 面 積	抵 抗 係 数 $c_D = F_D / (1/2 \rho V^2 S)$
 長方形板(流れに直角)	$a/b = 1$	ab	1.12
	2		1.15
	4		1.19
	10		1.29
	18		1.40
	∞		2.01

$$a/b = 40/20 = 2$$

$$\downarrow$$

$$1.15$$

$$F_D = C_D \frac{\rho V^2}{2} S \quad \text{に, } C_D = 1.15, S = 20 \times 40 = 800\text{ m}^2,$$

$\rho = 1.2\text{ kg/m}^3, V = 20\text{ m/s}$ を代入すれば

$$F_D = 1.15 \times \frac{1.2 \times 20^2}{2} \times 800 = 221 \times 10^3 [\text{N}] = 221 [\text{kN}] (= 22.6 [\text{t f}])$$

演習問題 3 (p.258)

重量 588 N (60 kgf) の人間が直径 5.2 m のパラシュートを利用して降下する場合の終速度を求めよ。ただし、空気の密度 1.226 kg/m^3 、パラシュートの重さは無視しできるものとし、全開の場合の抵抗係数 $C_D = 1.2$ とする。

〔解〕 体重 W と抗力 F_D が等しいと考える

$$\begin{aligned} W &= F_D = C_D \frac{\rho V^2}{2} S = C_D \frac{\rho V^2}{2} \frac{\pi}{4} d^2 \\ &= C_D \frac{\rho V^2 \pi d^2}{8} \\ \therefore V &= \sqrt{\frac{8W}{C_D \rho \pi d^2}} = \sqrt{\frac{8 \times 588}{1.2 \times 1.226 \times \pi \times 5.2^2}} = 6.14 [\text{m/s}] = 22.1 [\text{km/h}] \end{aligned}$$

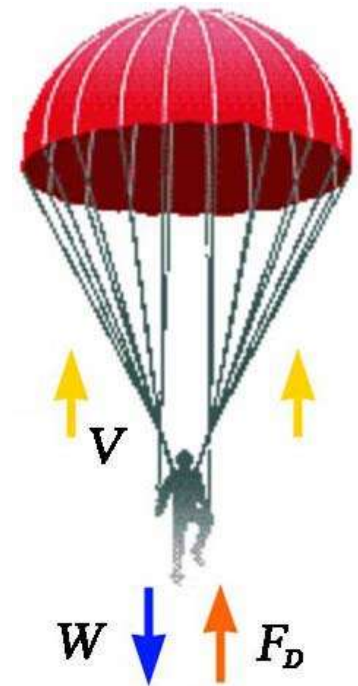
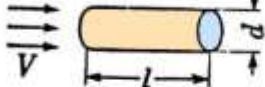
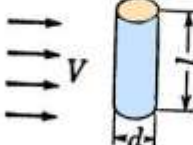
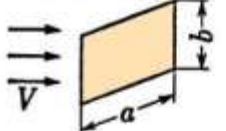


表 7.1 三次元の抵抗係数(p218)

物 体	寸法の割合	基 準 面 積	抵 抗 係 数 $c_D = F_D / (1/2 \rho V^2 S)$
円柱(流れの方向) 	$l/d =$ 1 2 4 7	$\frac{\pi}{4} d^2$	0.91 0.85 0.87 0.99
円柱(流れに直角) 	$l/d =$ 1 2 4 10 18 ∞	dl	0.63 0.68 0.74 0.82 0.98 1.20
長方形板(流れに直角) 	$a/b =$ 1 2 4 10 18 ∞	ab	1.12 1.15 1.19 1.29 1.40 2.01
半球(底なし) 	I (凸) II (凹)	$\frac{\pi}{4} d^2$	0.34 1.33
円錐 	$\alpha = 60^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	$\frac{\pi}{4} d^2$	0.51 0.34
円板 		$\frac{\pi}{4} d^2$	1.2