

## 平成 29 年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[流体力学]

- 1 図 1 に示すように、断面積  $A$  の水槽の下部に内径  $d$  の円管が水平に取り付けられており、円管の端部から大気中に水が流出している。円管の中心軸から測った水槽の水面までの高さ（水深）は  $H$  である。水深  $H$  は円管の内径  $d$  よりも十分に大きいとする。円管の断面積に対して水槽の断面積は十分に大きいため、水深  $H$  の時間変化は十分に緩やかであると考えるよい。また、水の密度  $\rho$  と粘度  $\mu$  は一定とする。円管内では管摩擦が無視でき、流速が一様であるとして、以下の設問に答えよ。

【50点】

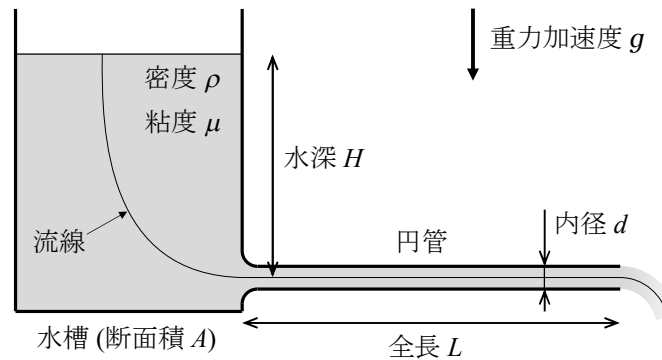


図 1

- (1) 図 1 に示すように、水面から円管出口に至る流線に着目すると、この流線上の任意の点 P において以下の関係式が成り立つ。

$$H = \frac{(\text{ア})}{(\text{イ})g} + \frac{(\text{ウ})^2}{2g} + (\text{エ}) + \Delta h$$

ここで  $g$  は重力加速度である。また、 $\Delta h (>0)$  は粘性摩擦やその他の要因によって生じる損失ヘッドである。(ア)～(エ)に入る物理量として適切なものを以下の選択肢①～⑥の中から選べ。

- ①水槽の断面積  $A$
- ②円管の内径  $d$
- ③水の密度  $\rho$
- ④円管の中心軸から測った点 P の高さ  $z$
- ⑤点 P における流速  $u$
- ⑥点 P における圧力（ゲージ圧）  $p$

(次頁へ続く)

- (2) 損失ヘッド  $\Delta h$  が無視できるとき、円管内の流速  $u_0$  を求めよ。
- (3) 損失ヘッド  $\Delta h$  が無視できるとき、水深  $H$  を時間  $t$  の関数として求めよ。ただし、時刻  $t=0$  における水深を  $H_0$  とし、水面が円管よりも十分上方にあると考えてよい。
- (4) 円管の入口（水槽に接続されている部分）において損失が生じている場合を考える。入口損失係数を  $\zeta$  とすると、損失ヘッドは

$$\Delta h = \zeta \frac{(\text{オ})^2}{2g}$$

と表される。(オ)に入る物理量として適切なものを以下の選択肢①～⑤の中から選べ。

- ①水槽の断面積  $A$
- ②円管の内径  $d$
- ③水の密度  $\rho$
- ④円管内の流速  $u_0$
- ⑤円管の入口における圧力（ゲージ圧）  $p_i$

- (5) 円管の入口損失を考慮した場合の円管内の流速  $u_0$  を求めよ。ただし、入口損失係数を  $\zeta$  とする。

2 問1と同様に、図1に示した系を考える。ただし、管摩擦による損失が無視できず、円管内には速度分布が生じているものとする。管摩擦による損失ヘッドは以下のダルシー・ワイスバッハの式で与えられる。

$$\Delta h = \lambda \frac{L}{d} \frac{\bar{u}^2}{2g}$$

ここで、 $\lambda$ は管摩擦係数、 $L$ は円管の全長、 $\bar{u}$ は円管内の平均流速である。管摩擦係数  $\lambda$  は図2に示すムーディー線図から求められる。このとき以下の設問に答えよ。

【50点】

- (1) 一般に、円管内の流れの様相はレイノルズ数  $\text{Re}$  によって変化する。流れの代表速度として平均流速  $\bar{u}$ 、代表長さとして円管の内径  $d$  を用いたとき、レイノルズ数  $\text{Re}$  を数式で表せ。

(次頁へ続く)

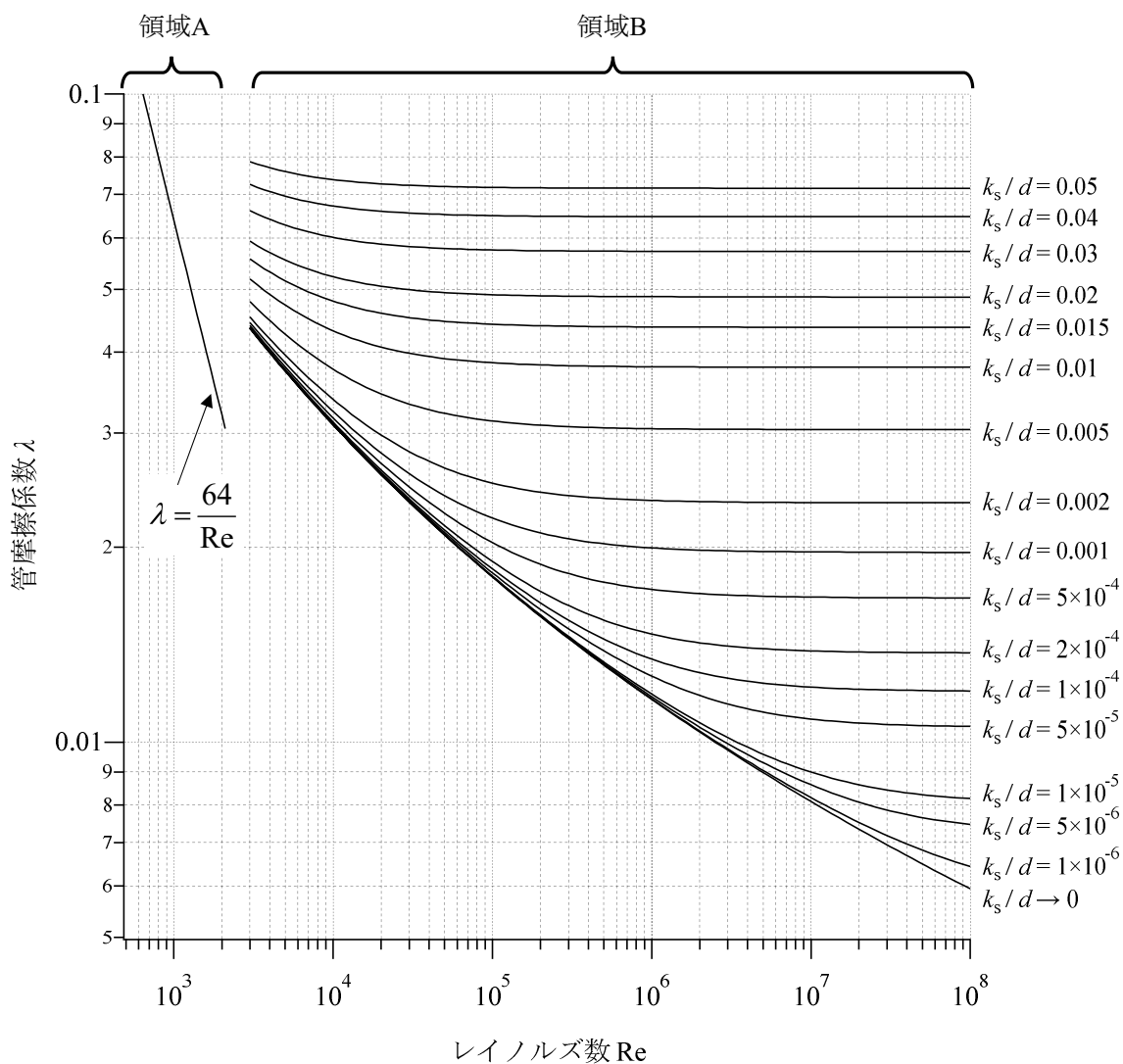


図 2

(2) 図 2 に示したムーディー線図において、管摩擦係数  $\lambda$  のレイノルズ数  $Re$  に対する変化は領域 A と領域 B で異なる傾向を示している。このような差異が生じる理由を説明せよ。さらに、領域 A と領域 B のそれぞれの場合について、円管内の速度分布として適切なものを図 3 の①～④の中から選べ。

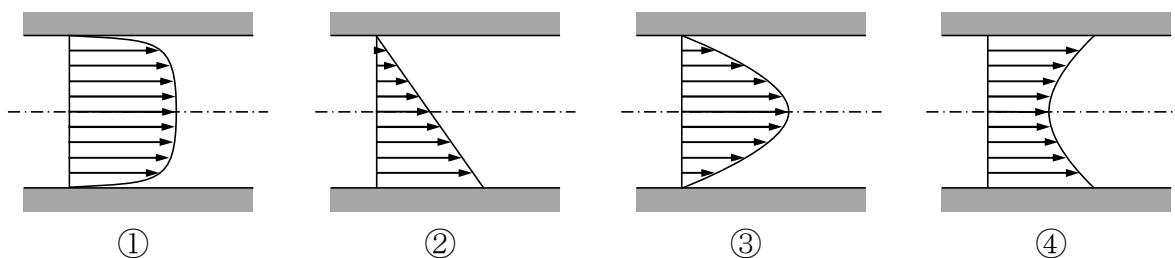


図 3

(次頁へ続く)

- (3) ムーディー線図の領域Bでは、同じレイノルズ数  $Re$  であっても、パラメータ  $k_s/d$  に依存して管摩擦係数  $\lambda$  は異なる値をとる。このパラメータ  $k_s/d$  の物理的意味を説明せよ。
- (4) 円管の内径  $d$  が 10 mm、円管の全長  $L$  が 50 m であるとする。円管内の平均流速  $\bar{u}$  が 0.1 m/s 及び 1 m/s となる水深  $H$  をそれぞれ有効数字 1 桁で求めよ。ただし、水の密度  $\rho$  は 1000 kg/m<sup>3</sup>、水の粘度  $\mu$  は 0.001 Pa·s、重力加速度  $g$  は 10 m/s<sup>2</sup>、ムーディー線図におけるパラメータ  $k_s/d$  は 0.03 とする。流れの損失としては管摩擦損失のみを考慮し、円管の入口損失は無視できるとしてよい。