

2025 年度（令和 07 年度） 統一テスト

（理数基礎学力到達度テスト）

＜問題冊子①＞必答問題

大問 1（数学①）

試験時間 1 時間

＊解答開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません＊

【解答する際の注意】

1. 大問 1 専用の解答用紙 1 枚（裏面もあり）を用いること.
2. マーク式解答と記述式解答の混合なので注意すること.
3. 解答の仕方に特に指示が無い場合は，問題文の空欄

A1

，

A2

，・・・にあてはまるものを該当する解答群（選択肢）から選び，選択肢の番号①，②・・・で答えること．同じ選択肢が複数回あてはまることもある．
4. 空欄の中には通常の様式では不要な「1」「-1」「0」が当てはまることもある．その場合も，式が成り立つために必要なものとして選択し，解答すること．
5. 問題に関する質問は，汚損で読めない等以外は原則認めない．

大問 1（数学①） 必答問題

植物が道管を通して水を吸い上げたり，土中で地下水面よりも上に地下水が上昇したりする現象を，毛管現象という．この現象は，管，溝，2枚の板の間などの微細な隙間内で，気液界面における液体側と気体側の圧力差を無くそうとして起こる．例えば水の場合，隙間の内壁が親水性であれば，水は隙間に吸い込まれ，内壁が疎水性であれば水は隙間から押し出される．

私たちは日常生活の中で，毛管現象を無意識に利用している．例えば，テーブルにこぼれたお茶をタオルで拭き取るときや，ペンで紙に何かを書くときである．いずれも，毛管現象により，タオルや紙の微細孔にお茶やインクが吸い取られる．本問では，親水性の内壁を持つ管や孔の中に吸い込まれた水の運動を考える．

まず，図 1-1 のように水溜りに鉛直に立てた細いガラス

円管の中に吸い込まれた水の運動方程式を考える．次に，その式を細かい空孔を多く含む多孔体に拡張する．水溜りは十分に大きく，水が管や孔に吸い込まれても，水溜り表面の位置変化は無視できるほど小さいとする．

ここで，円管や多孔体の軸方向を z 軸とし，水溜りの表面の位置を $z = 0$ とおく．ある時刻 t において水面は位置 z にあり，その移動速度は dz/dt である．この速度は平均流速 $\bar{v}$ に等しい．位置 z における水圧を P とする．円管や多孔体の下端を水に浸けたとき（ $t=0$ で $z=0$ ），水柱（ $z \geq 0$ ）の運動を考える．

水柱に作用する z 方向の力は，表面張力による力 F_s ，粘性による力 F_v ，重力による力 F_g の 3 つである．力 F_s は，水面の大気側と水側に圧力差 ΔP_s を生じさせる．力 F_v と F_g は，各々，水柱の下端と上端に圧力差 ΔP_v と ΔP_g を生じさせる．これら 3 つを合わせて全体の圧力差 ΔP となる．

なお，次の寸法や特性は一定であるとする．

円管：半径 a [m]

水：密度 ρ [kg/m³]，粘性 μ [Pa s]，表面張力 γ [J/m²] = [N/m]，固体との接触角 θ [rad]

系：大気圧 P_0 [Pa]，重力加速度 g [m/s²]

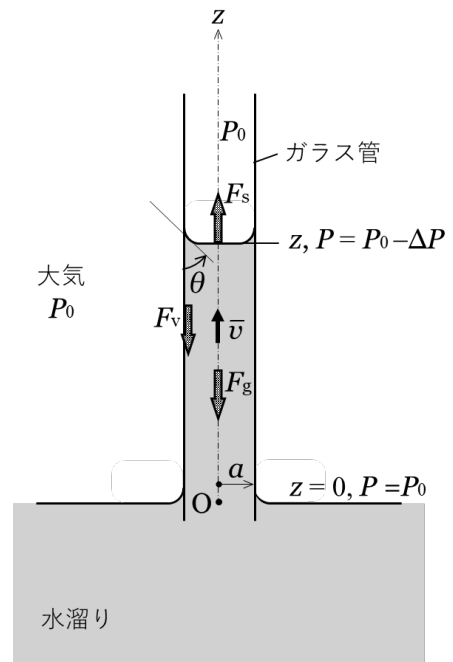


図 1-1 細管における毛管現象

1. 円管における毛管現象の支配方程式を立てる.

水柱の断面積は A1 で、水面の位置が z のときの水柱の質量は A1 A2 である. 水の移動速度は水面の移動速度 dz/dt と同じである. 水の移動速度だけでなく質量も時間とともに変化するため、運動方程式の時間項としては、質量と加速度の積と同等である「運動量の時間変化」を用いる. 力の正方向を z 軸の正方向とすると、運動方程式を次のように立てられる.

$$\frac{d}{dt} \left(\text{A1} \text{A2} \frac{dz}{dt} \right) = F_s - F_v - F_g \quad (1-1)$$

(1) 表面張力による上向きの力 F_s と圧力差 ΔP_s を考える.

図 1-2 のように、水面が半径 R の部分球面で近似でき、部分球面の表面積は球面全体のうち β の割合を占めるとする. 表面張力 γ は単位面積あたりのエネルギーであるので、部分球面に蓄えられたエネルギーは A3 A4 A5 となる. これは、半径 R に依存するポテンシャルエネルギー U と考えられるので、球の中心に向かう力は $F = -\partial U / \partial R = -$ A6 A7 A5 である. よって、水面における気液間の圧力差 ΔP_s が導出される.

$$\Delta P_s = \frac{2\gamma}{R} = \frac{2\gamma \cos \theta}{a} \quad (1-2)$$

ガラスは親水性なので、水面では水圧が大気圧よりも A8. その差を埋めようと水が管に吸い込まれて水面が上昇する. つまり、表面張力が毛管現象の駆動力である.

式(1-2)を用いると、表面張力による力 F_s を次式で得る.

$$F_s = \text{A9} \text{AX} \gamma \cos \theta$$

この式より、表面張力を単位長さあたりの力と考えることもできる. 図 1-2 のように、表面張力 γ は水面と管内壁の接触長さ A9 AX に渡って作用しているので、その鉛直成分が F_s である.

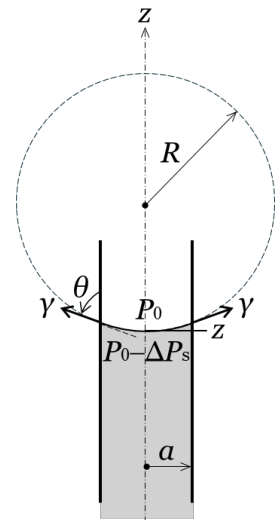


図 1-2 水面に作用する表面張力 γ

--- A1 ~ AX の選択肢 -----

- ① 1 ② 2 ③ 4 ④ 8 ⑤ β ⑥ γ ⑦ $\beta\gamma$ ⑧ ρ ⑨ z ⑩ ρz
 ⑪ R ⑫ πR ⑬ πR^2 ⑭ a ⑮ πa ⑯ πa^2 ⑰ 高い ⑱ 低い

(2) 粘性による下向きの抵抗力 F_v と圧力差 ΔP_v を考える.

水には粘性 μ があるため, 流れることにより抵抗が生じる. よって, 円管内の粘性流れを考える. 水柱の上部より下部の水圧が **B1** ければ, 水は上向きに流れる. 径方向の位置 r (管の中心軸で $r = 0$) において, 粘性によるせん断応力は $-\mu(\partial v / \partial r)$ であるとする. 図 1-3 のように, 円管と同軸の半径 r の水柱を仮定すると, このせん断応力は円周 **B2** と長さ **B3** に渡って作用している. よって, 半径 r の水柱に作用する粘性抵抗力 $F_v^*(r)$ は, 次式となる.

$$F_v^*(r) = \text{B4} \Delta P_v = \text{B2} \text{B3} \left(-\mu \frac{\partial v}{\partial r} \right)$$

この式より得る $\partial v / \partial r$ の式を r で積分する. 壁では流れない境界条件 $v(\text{B5}) = 0$ を適用して, 速度 $v(r)$ を次式で得る.

$$v(r) = \frac{\Delta P_v}{4\mu z} (a^2 - r^2) \quad (1-3)$$

式(1-3)より, 速度 $v(r)$ は位置 r に依存しており, $r = \text{B6}$ で最大となる放物線を描く分布であることがわかる.

ここで, 図 1-3 の断面図のように, r と $r + dr$ の間の微小幅 dr の円環を考える. 水は, 円環の面積 **B7** **B8** を速度 $v(r)$ で流れる. したがって, 円環を流れる微小体積流量は $dQ = v(r) \text{B7} \text{B8}$ なので, この式に式(1-3)を代入し, $r = 0$ から **B5** まで積分すると体積流量 Q を得る.

$$Q = \frac{\text{B9}}{8\mu} \frac{\Delta P_v}{z}$$

よって, 時間 t で位置 z に水面があるときの平均流速 $\bar{v}$ を得る.

$$\bar{v} = \frac{\text{BX}}{8\mu} \frac{\Delta P_v}{z}$$

ここで $\bar{v} = dz/dt$ なので, 円管においては, 粘性抵抗による圧力差 ΔP_v は次式で表される.

$$\Delta P_v = \frac{8\mu z}{\text{BX}} \frac{dz}{dt} \quad (1-4)$$

したがって, 粘性による抵抗力 F_v を得る.

$$F_v = 8\pi\mu z \frac{dz}{dt}$$

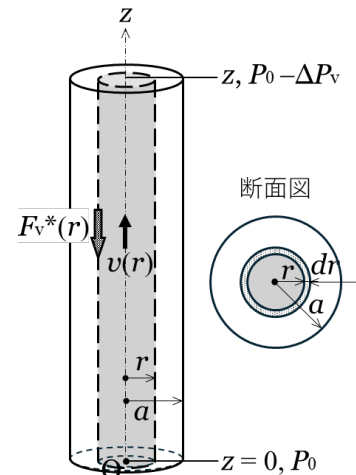


図 1-3 粘性による抵抗力

(3) 重力による下向きの力 F_g と圧力差 ΔP_g を考える.

図 1-4 のような水柱を考える. 水柱の質量に重力加速度 g がかかるので, 重力による力 F_g は次式となる.

$$F_g = \boxed{\text{A1}} \boxed{\text{A2}} g$$

よって, 重力による圧力差 ΔP_g は次式で表される.

$$\Delta P_g = \boxed{\text{A2}} g \quad (1-5)$$

つまり, 重力によって水柱の底面にかかる水圧は水面の位置が上がるほど高くなる.

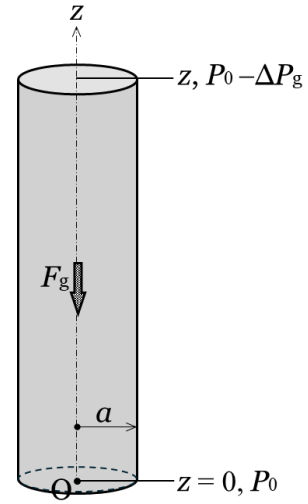


図 1-4 水柱に作用する重力

(4) 円管内の水の運動の支配方程式を得る.

式(1-1)に, 上で求めた 3 つの力を代入することで, 水柱の運動方程式を得る.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\boxed{\text{A1}} \boxed{\text{A2}} \frac{dz}{dt} \right) \\ = \boxed{\text{A9}} \boxed{\text{AX}} \gamma \cos \theta - 8\pi\mu z \frac{dz}{dt} - \boxed{\text{A1}} \boxed{\text{A2}} g \end{aligned}$$

この式を整理することで円管内の水の運動の支配方程式を得る.

$$\frac{d}{dt} \left(z \frac{dz}{dt} \right) = -\frac{8\mu}{\rho a^2} z \frac{dz}{dt} - gz + \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho a} \quad (1-6)$$

---- $\boxed{\text{B1}} \sim \boxed{\text{BX}}$ の選択肢 -----

- ① r ② a ③ z ④ dr ⑤ da ⑥ dz ⑦ $2\pi r$ ⑧ $2\pi a$ ⑨ r^2 ⑩ a^2
 ⑪ πr^2 ⑫ πa^2 ⑬ r^4 ⑭ a^4 ⑮ πr^4 ⑯ πa^4 ⑰ 高 ⑱ 低 ⑲ 0

次に、微細な空孔が数多く存在する多孔体における水の運動を考える。以下の寸法や特性は一定であるとする。

孔径 d [m], 断面積 S [m²], 長さ L [m]

空隙率 ϕ [-]: 多孔体において気相が占める体積割合

比表面積 σ [m²/m³]: 多孔体の単位体積あたりの表面積

定数 k [-]: 孔管の断面形状の不整形度合や孔管の屈曲度合

2. 円管における毛管現象の支配方程式を多孔体に拡張する。

前問で得た円管における毛管現象の支配方程式を、多孔体に拡張する。図 1-5 左のように、位置 z まで水が浸み込んだ長さ L の多孔体を考える。いくつもの空孔が連続して形成される孔管（流路）は、様々な形状や大きさの断面を持つ。断面の不整形を形状係数 h で表す。加えて、孔管は曲がりくねっている。よって、円管とは異なり、多孔体では流路に沿って浸み込む長さ z_e は水面の位置 z に一致しない。本問では多孔体の空孔網を、図 1-5 右のような長さ L_e の直円管の集合体と仮定する。ここで、 $z_e/z = L_e/L$ であり、多孔体の長さ L に対して孔管（流路）に沿った長さ L_e が何倍かを表している。

このような多孔体における平均流速 $\bar{v}$ は次式で与えられる。

$$\bar{v} = \frac{\phi^3}{\sigma^2} \frac{h^2}{8(L_e/L)^2} \frac{\Delta P_v}{\mu z} \quad (1-7)$$

式(1-7)中の $8(L_e/L)^2/h^2$ は定数なので k とおく。ここで、 $\bar{v} = dz/dt$ を式(1-7)に代入して整理すると、多孔体における粘性抵抗による圧力差 ΔP_v の式を得る。

$$\Delta P_v = \frac{k\sigma^2}{\phi^3} \mu z \frac{dz}{dt} \quad (1-8)$$

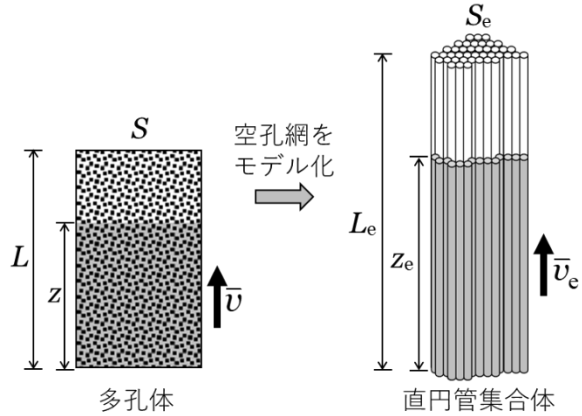


図 1-5 多孔体の空孔網のモデル化

多孔体の場合も、表面張力および重力による圧力差 ΔP_s と ΔP_g は円管の場合と同じである。ここで、空孔が一様に存在すると仮定すると、単位長さの多孔体の断面において、空孔の面積は ϕS 、水と孔壁との接触長さは σS と求められる。以上より、多孔体内の水の運動方程式は、次のように求められる。

$$\frac{d}{dt} \left(\phi S \rho z \frac{dz}{dt} \right) = \sigma S \gamma \cos \theta - \frac{k\sigma^2 S}{\phi^2} \mu z \frac{dz}{dt} - \phi S \rho z g$$

この式を整理すると、多孔体における水の運動の支配方程式を得る。

$$\frac{d}{dt} \left(z \frac{dz}{dt} \right) = \frac{\sigma \gamma \cos \theta}{\rho \phi} - \frac{k\sigma^2}{\rho \phi^3} \mu z \frac{dz}{dt} - g z \quad (1-9)$$

3. 円管と多孔体における水の運動方程式をまとめる.

式(1-6),(1-9)の表記を簡単にするために, 定数となる部分を次のように置き換える.

$$\frac{d}{dt}\left(z \frac{dz}{dt}\right) = -Bz \frac{dz}{dt} - gz + A \quad (1-10)$$

$$\text{円管: } A = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho a}, \quad B = \frac{8\mu}{\rho a^2}, \quad \text{多孔体: } A = \frac{\sigma \gamma \cos \theta}{\rho \varphi}, \quad B = \frac{k\sigma^2 \mu}{\rho \varphi^3}$$

この式 of 取扱いを簡単にするために, 水面の移動がゆっくりであるとし, 式(1-10)の左辺を無視する. よって, 次式を得る.

$$z \frac{dz}{dt} = -\frac{g}{B}z + \frac{A}{B} \quad (1-11)$$

式(1-11)の左辺の次元, 右辺の A , B の次元は, 各々, [長さ]²[時間]⁻¹, C1 C2, C3 である.

----- C1 ~ C3 の選択肢 -----

- ① 無次元 ② [質量] ③ [長さ] ④ [時間] ⑤ [質量]⁻¹ ⑥ [長さ]⁻¹ ⑦ [時間]⁻¹
 ⑧ [質量]² ⑨ [長さ]² ⑩ [時間]² ⑪ [質量]⁻² ⑫ [長さ]⁻² ⑬ [時間]⁻²
-

4. 水平にした管や多孔体における水の運動の支配方程式を解く.

円管や多孔体を水平にした場合, 重力の影響を無視できる. このとき, 式(1-11)の重力項は 0 になるので, 解くべき微分方程式は次式である.

$$z \frac{dz}{dt} = \frac{A}{B} \quad (1-12)$$

解答用紙裏面の記述欄 1 に, 横軸 z , 縦軸 $\bar{v}$ の座標系が印刷されているので, 式(1-12)を満足する, 水面の位置 z と移動速度 $\bar{v} = dz/dt$ の関係を表すグラフの概略を描きなさい. ただし, ここでは位置 z の単位を cm とし, $A/B = 1.54 \text{ cm}^2/\text{s} \approx (1.24)^2 \text{ cm}^2/\text{s}$ とおく.

式(1-12)を解くと, 一般解を得る. 水面の初期位置は 0 なので, 水面の位置を時間の関数として得る.

$$z = \sqrt{\frac{2A}{B}} t \quad (1-13)$$

この式より, 水は管や孔の中に吸い込まれ続けることがわかる.

5. 鉛直に立てた管や多孔体における水の運動の支配方程式を解く.

円管や多孔体を鉛直にする場合は, 重力の影響を無視できないので, 式(1-11)が解くべき微分方程式である. 式(1-11)を再掲する.

$$z \frac{dz}{dt} = -\frac{g}{B} z + \frac{A}{B} \quad (1-11)$$

$$\text{円管: } A = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho a}, B = \frac{8\mu}{\rho a^2}, \text{ 多孔体: } A = \frac{\sigma \gamma \cos \theta}{\rho \varphi}, B = \frac{k\sigma^2 \mu}{\rho \varphi^3}$$

重力の影響があると, 水の上昇に限界がある. 水の移動が止まる位置を z_∞ とおく.

鉛直の場合の式(1-11)を満足する, 水面の位置 z と水面の移動速度 $\bar{v} = dz/dt$ の関係を表すグラフを考える. 鉛直の場合のグラフは, 水平の場合のグラフを C4 だけ $\bar{v}$ 軸の C5 方向に平行移動させたものである.

(1) 水面の上昇が止まる位置を求める.

水柱に作用する力が釣り合って水面の移動が止まるときは, 式(1-11)の左辺が 0 になる. よって, 水の移動が止まる位置 z_∞ を次式で得る.

$$z_\infty = \frac{A}{g} \quad (1-14)$$

よって, 円管では半径が C6 ほど, 多孔体では比表面積が C7 ほど, また空隙率が C8 ほど, 高い位置まで水が上昇する.

(2) 鉛直の場合の水の運動の支配方程式(1-11)を解く.

式(1-11)に式(1-14)を代入し, 微分方程式を変数分離する.

$$\left(1 - \frac{z_\infty}{z_\infty - z}\right) dz = -\frac{g}{B} dt \quad (1-15)$$

式(1-15)を積分して, 式(1-11)の一般解を得る. 初期条件 $z(0)=0$ を適用すると, 時間を水面の位置の関数として得る.

$$t = \frac{Bz_\infty}{g} \left(-\frac{z}{z_\infty} + \ln \frac{z_\infty}{z_\infty - z} \right) \quad (1-16)$$

式(1-16)において, 括弧の中は無次元で, Bz_∞/g の次元は[時間]である. Bz_∞/g の値がグラフの立ち上がりの緩急を決める.

解答用紙裏面の記述欄 2 の上半分に, 式(1-11)から式(1-15)を経て式(1-16)に至る導出過程を記述しなさい.

---- C4 ~ C8 の選択肢 -----

- ① A/g ② g/A ③ B/g ④ g/B ⑤ A/B ⑥ B/A
 ⑦ 大きい ⑧ 小さい ⑨ 正 ⑩ 負

(3) 式(1-16)のグラフの開始直後の挙動を考える.

初期挙動を調べるために, 式(1-16)を $z=0$ まわりでテイラー展開して近似式を求める. 式(1-16)の括弧中において, 第 1 項は原点を通る直線なので近似する必要はなく, 第 2 項の対数曲線を近似する.

一般に, 関数 $f(x)$ の $x=b$ まわりのテイラー展開は次式で与えられる.

$$f(x) \approx f(b) + \frac{f'(b)}{1!}(x-b) + \frac{f''(b)}{2!}(x-b)^2 + \cdots + \frac{f^{(n)}(b)}{n!}(x-b)^n$$

関数 $f(x) = \ln(1+x)$ の 1, 2, ..., n 次の導関数は次の通りである.

$$f'(x) = \boxed{\text{C9}} (1+x)^{\boxed{\text{CX}}}, \quad f''(x) = \boxed{\text{D1}} (1+x)^{\boxed{\text{D2}}}, \\ \cdots, \quad f^{(n)}(x) = (-1)^{\boxed{\text{D3}}} (\boxed{\text{D4}}) (1+x)^{\boxed{\text{D5}}}$$

したがって, $f(x) = \ln(1+x)$ の $x=0$ まわりのテイラー展開は次式となる.

$$\ln(1+x) \approx \sum_{n=\boxed{\text{D6}}}^{\infty} \frac{(-1)^{\boxed{\text{D3}}} \boxed{\text{D4}}}{\boxed{\text{D7}}} x^n = \sum_{n=\boxed{\text{D6}}}^{\infty} \frac{(-1)^{\boxed{\text{D3}}}}{n} x^n \quad (1-17)$$

ここで, 式(1-17)を利用するために, 式(1-16)中の対数項を変形する.

$$\ln \frac{z_{\infty}}{z_{\infty} - z} = -\ln \left(1 - \frac{z}{z_{\infty}} \right) \quad (1-18)$$

式(1-17),(1-18)より, 対数項の $z=0$ まわりのテイラー展開を得る.

$$\ln \frac{z_{\infty}}{z_{\infty} - z} \approx - \sum_{n=\boxed{\text{D6}}}^{\infty} \frac{(-1)^{\boxed{\text{D3}}}}{n} \left(-\frac{z}{z_{\infty}} \right)^n = \sum_{n=\boxed{\text{D6}}}^{\infty} \frac{1}{n} \left(\frac{z}{z_{\infty}} \right)^n \quad (1-19)$$

式(1-19)を式(1-16)に代入すると, 式(1-16) のテイラー展開を得る.

$$t = \frac{Bz_{\infty}}{g} \sum_{n=\boxed{\text{D8}}}^{\infty} \frac{1}{n} \left(\frac{z}{z_{\infty}} \right)^n \quad (1-20)$$

よって, 式(1-16)のテイラー2次近似は次式となる.

$$t \approx \frac{B}{2gz_{\infty}} z^2 = \frac{B}{2A} z^2 \Rightarrow z \approx \sqrt{\frac{2A}{B}} t \quad (1-21)$$

式(1-21)は, 水平のときの式(1-13)と同じである. つまり, 管や多孔体を鉛直に立てるときでも, 初期挙動は重力を考慮しない場合と同じになる. この理由を, 解答用紙裏面の記述欄 2 の下半分に 30 字以内で記述しなさい.

---- $\boxed{\text{C9}} \sim \boxed{\text{D8}}$ の選択肢 -----

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ -1 ⑤ -2 ⑥ -3 ⑦ 0 ⑧ $n-1$ ⑨ n ⑩ $n+1$
 ⑪ $-(n-1)$ ⑫ $-n$ ⑬ $-(n+1)$ ⑭ $(n-1)!$ ⑮ $n!$ ⑯ $(n+1)!$

6. 具体的な数値を用いて水面の位置および移動速度のグラフを描く．

高い吸水性を持つ市販のスポンジを用いた実験と理論式を比較する．スポンジは、親水性のポリビニルアルコール(PVA)製であり、かつ、孔径 $d = 60 \mu\text{m}$ の空孔を多数持つ．図 1-6 のように、水で湿らせた短冊状スポンジを吊るして下端を水溜り（水温 15°C ）に浸けた．水面の位置の時間変化を測定し、さらに移動速度を計算した．実験結果を図 1-7 にプロットする．

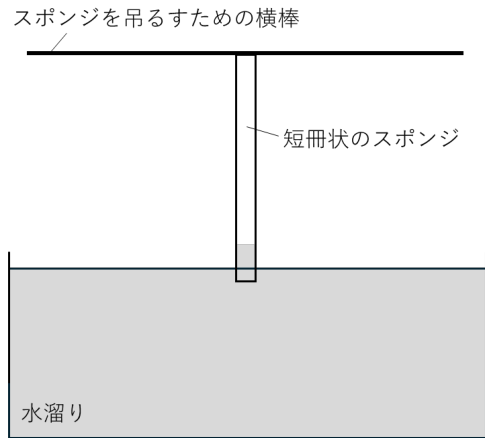


図 1-6 実験の模式図

理論式(1-13),(1-16)に入れる値は次のようにした．水の物性値は 15°C における値を用いた．PVA 上の水の接触角を $\theta = 0^\circ$ と見なした．定数 k は、実験結果に基づいて見積もった．式(1-14)より、理論的には $z_\infty = 8 \text{ cm}$ と求められる．したがって、水平および鉛直の場合の水面の位置 z と時間 t の関係式を得る．

$$\text{水平の場合：} z = \sqrt{2 \times 1.54 t} \Rightarrow t = 0.325 z^2 \quad (1-22)$$

$$\text{鉛直の場合：} t = 42 \left(-\frac{z}{8} + \ln \frac{8}{8-z} \right) \quad (1-23)$$

ただし、ここでは位置 z の単位を cm とする．これらの式より、水面の移動速度 $\bar{v} = dz/dt$ と時間 t の関係式も得られる．

図 1-7(a)には水平の場合の理論グラフ、図 1-7(b)には水平および鉛直の場合の理論グラフも描かれている．水平の場合と鉛直の場合の理論グラフは、問 5(3)で考察したように、 $t=0$ 近傍では接している．

鉛直の場合の理論式(1-23)からは、次のことがわかる（必要に応じて、概数値 $\ln 2 = 0.7, \ln 3 = 1.1, \ln 5 = 1.6, \ln 7 = 1.9, \ln 11 = 2.4$ を用いてよい）．スポンジの下端を水に浸けた直後は、急速な吸水により D9 s 程度で水面が 4 cm まで上昇する．しかし、このときまでに移動速度が著しく低下する．それでも、約 27 s で 6 cm に到達する．その後、水面の位置の変化は鈍化して、およそ DX s で z_∞ の 99% 、約 350 s で $z_\infty = 8 \text{ cm}$ に到達する．

解答用紙裏面の記述欄 3 に図 1-7(a)が印刷されているので、同じ図上に鉛直の場合の理論式(1-23)のグラフを描きなさい．なお、開始から 60 s 程度までは、水面の位置は理論グラフより実験プロットの方が少し小さい値を取る．

---- D9 ～ DX の選択肢 -----

- ① 2 ② 4 ③ 6 ④ 8 ⑤ 10 ⑥ 12 ⑦ 14 ⑧ 16 ⑨ 18 ⑩ 20
⑪ 30 ⑫ 40 ⑬ 50 ⑭ 100 ⑮ 150 ⑯ 200 ⑰ 250 ⑱ 300 ⑲ 350

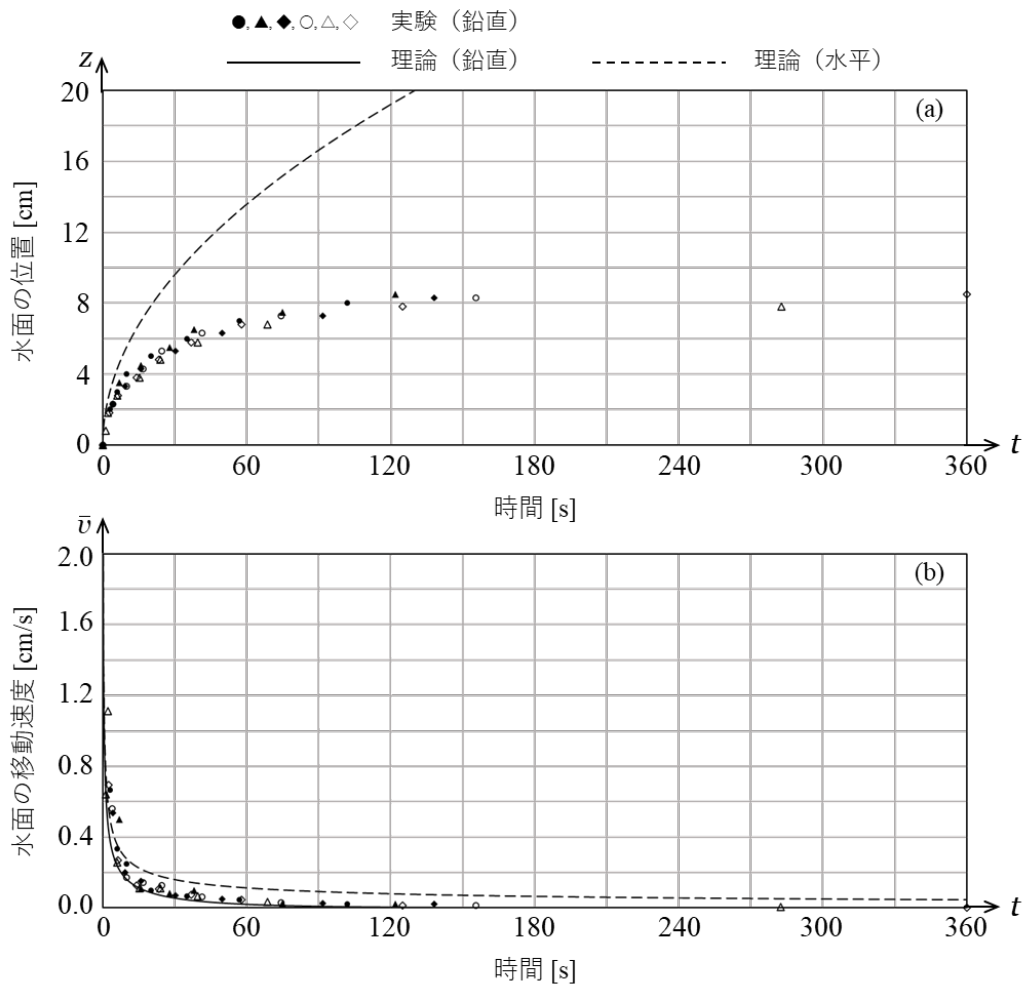


図 1-7 湿らせた PVA 製スポンジにおける水の毛管現象 (水温 15 °C)

(参考資料) 本問で用いた数値データおよび留意事項を示しておく。

重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

水：密度 $\rho = 999.1 \text{ kg/m}^3$, 粘性 $\mu = 1.138 \times 10^{-3} \text{ Pa s}$, 表面張力 $\gamma = 73.5 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$

水で湿らせた PVA 製スポンジ：

断面積 $S = 6.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ (厚み 3 mm×幅 20 mm), 長さ $L = 230 \text{ mm}$

空隙率 $\phi = 0.61$, 比表面積 $\sigma \sim (1-\phi)/d = 6.5 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{m}^3$

(ϕ ：乾いた時と湿らせた時の質量と水および PVA の密度を用いて算出)

孔管の断面形状の崩れ度合いと屈曲度合を表す定数 $k = 8(L_e/L)^2/h^2 = 24$

* 外装に記載の使用方法に従い、スポンジを実験前に水で湿らせた (水に全体を浸けてから絞った)。PVA と水の接触角は $\theta = 36^\circ$ という報告があるが、水で湿らせたことで孔壁に水分子が付着していると考えて $\theta = 0^\circ$ と見なした。

* 空孔網のモデル化では、多孔体の下面から上面まで貫く空孔管が何本もあり、どの空孔管も途中で分岐も合流も無い、と仮定している。

＜学生のみなさんへ＞

統一テストの大問1は工学的総合問題です。みなさんは、大学に入ってからすぐに学科の専門科目を学びたいのだと思いますが、専門科目を学ぶためには高校までに学ぶ内容に加えて、さらに高度な数学・物理学・化学が必要です。大問1の工学的総合問題は、大学で学ぶ理数系基礎科目の内容が工学の中でどのように使われるのかを、簡単な例を用いて段階的に示しています。式が具体的に何を表わしているかを、是非意識するようにしましょう。

＊統一テストの内容に関する意見を工学教育院の問合せメールアドレスにお寄せください。

工学教育院 HP <http://www.iee.eng.tohoku.ac.jp/>

問合せメールアドレス eng-edu@grp.tohoku.ac.jp