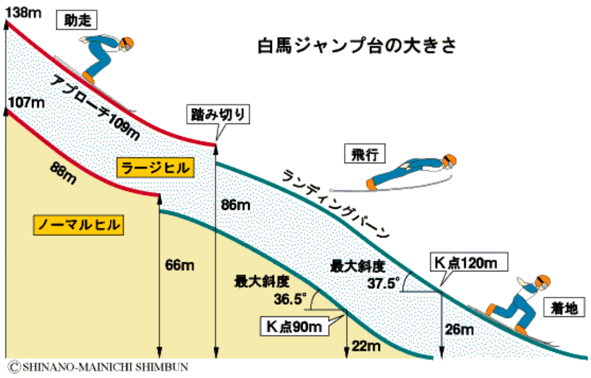
平成 23 年度水理 B 及び同演習試験（H23. 8. 3）

番号	名前

：注意：

1 問の解答は問題用紙の裏表を使ってすること．2 枚以上必要な場合は申し出ること．全ての解答用紙に学籍番号と名前を記入すること．

1　スキージャンプは斜面を飛び出して，遠くに飛ぼうとする競技である．札幌オリンピック 70m 級の金銀銅メダルや長野オリンピックラージヒルと国別対抗の金メダルを取るなど日本のお家芸である*．ジャンプ台は下図のような構造をしており，飛距離 L に関連する物理量は，人間の体長 d，飛び出し速度 v，空気密度 ρ，空気の粘性係数 μ であるとする．下の問に答えよ．



（信濃毎日新聞）

* 問題に直接関係ないので知らない場合は無視してよい．

(1) 得られる無次元量を全て記述せよ．

(2) 上で得られた無次量による相似則が成立する場合，身長 1m の小学生が 40m の飛距離を出す場合，身長 2m の北欧選手の飛距離はいくらになるか？

【解答例】

(1) $L = f(d, v, \rho, \mu)$

$$L = L^x \cdot (LT^{-1})^y \cdot (ML^{-3})^z \cdot (ML^{-1}T^{-1})^\alpha$$

1=x+y+3z-α,

0=-y-α

0=z+α

よって，y=α，z=-α，x=1-α

$$L = kd^{1-\alpha} v^{-\alpha} \rho^{1-\alpha} \mu^{\alpha}$$

$$\frac{L}{d} = k\left(\frac{\rho d v}{\mu}\right)^{-\alpha}$$ 1 つかければ 5 点．計 10 点.

(2) $\frac{L_1}{d_1} = \frac{L_2}{d_2}$ より $L_2 = \frac{L_1}{d_1} d_2 = \frac{40}{1} 2 = 80$

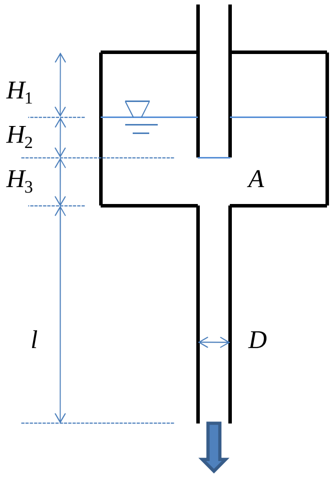
80m （15 点）

平成 23 年度水理 B 及び同演習試験（H23. 8. 3）

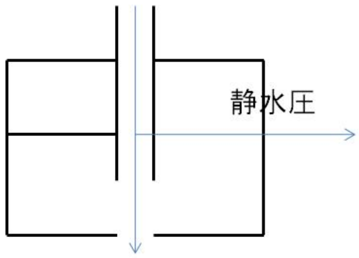
番号	名前

$\boxed{2}$　右図のようなマリオット瓶がある．瓶底から H_3 まで上部管が入っており，さらにその上の H_2 まで水が存在する．上部管は，上側が大気中につながっており，下側は下端に水面がある．一方，瓶内では，水面から瓶上端まで H_1 の部分には空気が存在している．上部管，下部管とも直径は D，下部の管長は l，瓶内の水平面積は A であり，十分に大きいとする．

この状態のときについて以下の問に答えよ．



(1)この瓶内の静水圧分布を下の図に記せ．



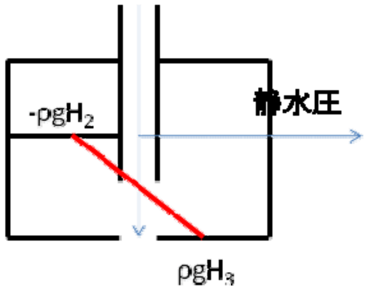
(2) 入口損失係数を ζ_e，摩擦損失係数を f，重力加速度は g のとき，下部管から放出される水の流速はいくらか？

(3) 瓶底から計った水面位置が，H_2+H_3 から H_3 まで低下する際の経過時間はいくらか？

(4) 瓶底から計った水面位置が, H_3 からゼロ（瓶底）まで変化する際の経過時間はいくらか？

【解答例】

(1)



正圧部分 3 点，負圧部分 2 点．計 5 点.

(2)

$$H_3 + l = \left(\varsigma_e + f\frac{l}{D} + 1\right)\frac{v^2}{2g}$$

$$v = \sqrt{\frac{2g(H_3 + l)}{\varsigma_e + f\dfrac{l}{D} + 1}}$$

ベルヌイ式がどんな形であれ成立していたら 5 点．完全な形で 10 点

(3) $AH_2 = \dfrac{\pi D^2}{4} vT$,　$T = \dfrac{4AH_2}{v\pi D^2}$,　$T = \dfrac{4AH_2}{\pi D^2 \sqrt{\dfrac{2g(H_3 + l)}{\varsigma_e + f\dfrac{l}{D} + 1}}}$

積分の形まであれば 3 点．完答で 5 点.

(4)

$$-A\frac{dH}{dt} = \frac{\pi D^2}{4} v \ ,\quad -A\frac{dH}{dt} = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{2g}{\varsigma_e + f\dfrac{l}{D} + 1}} \cdot (H + l)^{1/2}$$

$$-\int_{H_3}^{0} (H + l)^{-1/2} dH = \frac{C}{A}\int dt \qquad C = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{2g}{\varsigma_e + f\dfrac{l}{D} + 1}}$$

$$t = \frac{8A}{\pi D^2}\sqrt{\frac{\varsigma_e + f\dfrac{l}{D} + 1}{2g}} \cdot (H_3 + l)^{1/2}$$

積分の形で 2 点．完答で 5 点.

平成23年度水理B及び同演習試験（H23.8.3）

番号	名前

$\boxed{3}$　等流の平均流速公式に関して以下の問に答えよ．

(1) 次の文章の①から⑤に入る適切な語句，記号または数式を答えよ．

等流の平均流速公式の代表的なものに，マニングの式とシェジーの式がある．
前者は，マニングの＿①＿n を用いて，＿②＿のように流速 v が記述される．ここで，R は＿③＿，I は＿④＿である．後者は，シェジー係数 C を用いて，＿⑤＿と表される．

(2) n と C の関係式を導出せよ．

(3) n と摩擦損失係数 f の関係式を導出せよ．

(4) 幅広水路において，水路床勾配 I_0 および単位幅流量 q と n を用いて等流水深 h_n を表す式を導出せよ．

【解答例】

(1) ①粗度係数，②$v = \dfrac{1}{n} R^{2/3} I_e^{\ 1/2}$，③径深，④エネルギー勾配，⑤$v = C\sqrt{RI_e}$

（各 2 点）

(2) 前問の②と⑤を比較して，$C = \dfrac{R^{1/6}}{n}$ が得られる．（5 点）

(3) ダルシー・ワイスバッハの式より，$I_e = \dfrac{f}{4R}\dfrac{v^2}{2g}$ であるので，マニングの式を I_e について解いた式と比較をすれば，$f = \dfrac{8gn^2}{R^{1/3}}$ が得られる．（5 点）

(4) 広幅水路なので, 径深と水深が等しいと見なせるので, マニングの式は $v = \dfrac{1}{n} h_n^{\ 2/3} I_e^{\ 1/2}$ とできる．また単位幅流量 $q = hv$ であるので，$\dfrac{q}{h_n} = \dfrac{1}{n} h_n^{\ 2/3} I_e^{\ 1/2}$ である．さらに，等流ではエネルギー勾配と水路床勾配が等しいので，$h_n = \left(\dfrac{nq}{\sqrt{I_0}} \right)^{3/5}$ となる．（5 点）

平成 23 年度水理 B 及び同演習試験（H23. 8. 3）

番号	名前

$\boxed{4}$　矩形断面の水路床にマウンド（凸部）がある場合の流れについて，以下の問に答えよ．

(1)高さ 0.2m のマウンドがある（図 1 参照）．単位幅流量が 2.0m^2/s，で，マウンドから十分離れた上流側の水深が 2.0m であった．重力加速度の値を 9.8m/s^2 とし，摩擦は無視できるとして，マウンド上で水面はどのように変化するか述べよ．

(2) マウンドの高さが z_b，マウンド上流での水深が h_0，単位幅流量が q とする（図 2 参照）．マウンド上で限界流が発生するとき，これら 3 つの変数の関係式を求めよ．

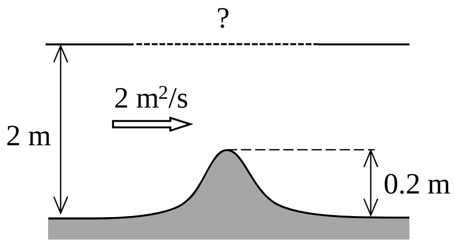


図 1

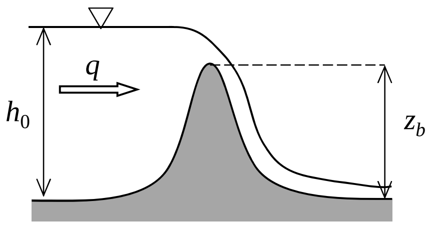


図 2

【回答例】

(1)　フルード数で，常流であるか射流であるかにより評価できる．

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gh}} = \frac{2.0/2.0}{\sqrt{9.8\text{エ}2.0}} = \frac{1}{\sqrt{19.6}} < 1$$

常流であるので，水面が下がる．（10 点）

(2)　上流側の水路床を基準にとれば，全水頭 H について

$$\frac{q^2}{2gh_0{}^2} + h_0 = H$$

である．またマウンド上で生じる限界水深 hc について，比エネルギーを Em とすれば，

$$h_c = \frac{2}{3}E_m = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

である．

さらに，

$$H = E_m + z_b$$

である．

これらの式から

$$\frac{3}{2}\sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} + z_b = \frac{q^2}{2gh_0} + h_0$$

が得られる．

（15 点）