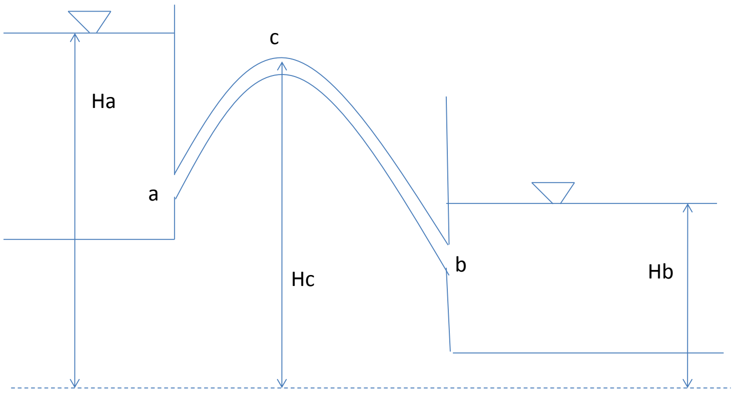
平成 21 年度水理 B 及び同演習試験（H21.7.29）

番号	名前

：注意：

電卓のみ持込可である．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．

$\boxed{1}$ 以下の図のようなサイフォンがある．管路の中間を c 点とするサイフォンについて下の問いに答えよ．



(1)上の図に動水勾配線を記述せよ．ただし，a から b までの管径は同じであり，入口損失，摩擦損失，出口損失を考慮する．

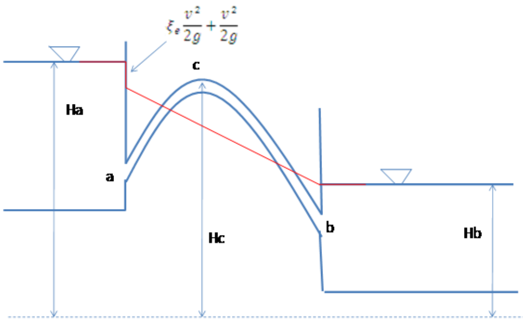
(2)サイフォンを結ぶ両端のタンクにおける水面高さが，基準面から Ha と Hb の場合，管内の流速 v はいくらか？　入口損失係数を ξe，摩擦損失係数を f，管径を D，a から b までの管長を l とし，曲がり損失は考慮しないものとする．また，水の密度をρ，重力加速度を g とする．

(3)c 点の基準面からの高さを Hc とするとき，c 点での管内の圧力はいくらか？

(4)今，両タンクの水位差を 5m，入口損失係数を 0.25，摩擦損失係数を 0.01，管径を 0.5m，a から b までの管長を 200m，管が負の圧力水頭 8m まで耐えられる場合，Hc は a 点よりどこまで上げることができるか？

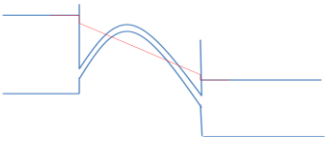
【解答例】

(1)



（10 点）

水面が起点終点になっていれば 3 点
線が段差なく b 水面にくれば 4 点
線が段差ありで a 水面から始まれば 3 点
その大きさが無記入だと-1 点



もっとも多いこの解答は 5 点

(2) a と c でベルヌイ式をたてると

$$Ha = Hb + \frac{v^2}{2g}(\xi_e + f\frac{l}{D} + 1),\quad v^2 = \frac{2g(Ha - Hb)}{(\xi_e + f\frac{l}{D} + 1)}$$

出口損失係数 1.がばければ-1 点（これは後の(3)(4）共通

$$v = \sqrt{\frac{2g(Ha - Hb)}{(\xi_e + f\frac{l}{D} + 1)}}$$

（5 点）

(3)a と c でベルヌイ式をあてると

損失を忘れて記述しているものは 1 点のみ

$$Ha = Hc + \frac{v^2}{2g}(\xi_e + f\frac{l}{2D} + 1) + \frac{P}{\rho g}$$

$$\frac{P}{\rho g} = (Ha - Hc) - \frac{v^2}{2g}(\xi_e + f\frac{l}{2D} + 1)$$

$$P = \rho g(Ha - Hc - \frac{\xi_e + f\frac{l}{2D} + 1}{\xi_e + f\frac{l}{D} + 1}(Ha - Hb))$$

(5 点)

(4)

$$\frac{P}{\rho g} = -8.0 < Ha - Hc - \frac{\xi_e + f\frac{l}{2D} + 1}{\xi_e + f\frac{l}{D} + 1}(Ha - Hb)$$

正しく不等式がかけていれば右辺が間違っていても 3 点

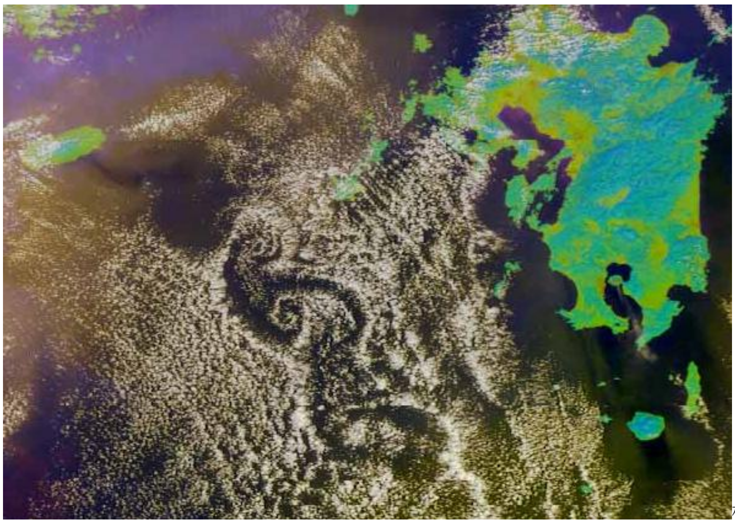
$$Hc - Ha < 8 - \frac{\xi_e + f\frac{l}{2D} + 1}{\xi_e + f\frac{l}{D} + 1}(Ha - Hb) = 8 - \frac{0.25 + 0.01\frac{100}{1.0} + 1}{0.25 + 0.01\frac{100}{0.5} + 1} \times 8$$

$Hc - Ha < 2.46\,\mathrm{m}$ (5 点)

平成 21 年度水理 B 及び同演習試験（H21.7.29）

番号	名前

2 線香やタバコの煙が上昇していくと，交互に楕円を築いた渦をみることができる．この渦のことをカルマン渦という．カルマン渦は，偏西風下の島の後背地でも見ることができる．下の写真は済州島の背後でみられたカルマン渦である．



梶川信宏氏作

この済州島に発生する渦の周期を知りたい．カルマン渦に関係する物理量は物体の大きさ a, 流速 V, 流体の粘性 μ と密度 ρ , 渦の発生周期 T である. 以下の問いに答えよ.

(1)得られる無次元量を全て記述せよ.

(2)今，実験で 1cm の物体に 5cm/s の風をあてたところ周期 1 秒でカルマン渦を生じた．済州島の規模を 50km，偏西風が 50m/s の場合，島の背後にできるカルマン渦の発生周期はいくらか？

【解答例】

(1)バッキンガムのπ定理より，

$$\pi 1 = a^x V^y \rho^z \mu^{-1} \quad L: x+y-3z+1=0,\ M: z-1=0,\ T: -y+1=0$$

$$\pi 2 = a^r V^s \rho^t T \quad L: r+s-3t=0,\ M: t=0,\ T: -s+1=0$$

よって

他の無次元数でもＯＫ．μT/ρa^{2}など．
バッキンガムの定理が記述されていれば１点

$$\pi 1 = \frac{v\rho a}{\mu}$$ ： レイノルズ数（$\mathrm{Re} = \frac{va}{\gamma}$）　（10点）

$$\pi 2 = \frac{vT}{a}$$ ： ストローハル数（$St = \frac{fa}{V}$）fは周波数　（10点）

(2)

$$\frac{vT}{a} = \frac{50 \times T}{50{,}000} = \frac{5.0 \times 1}{1.0} \quad \rightarrow$$ T=5,000s=1.38時間　（5点）

余計なことを書いて間違っていれば-1点

平成 21 年度水理 B 及び同演習試験（H21.7.29）

番号	名前

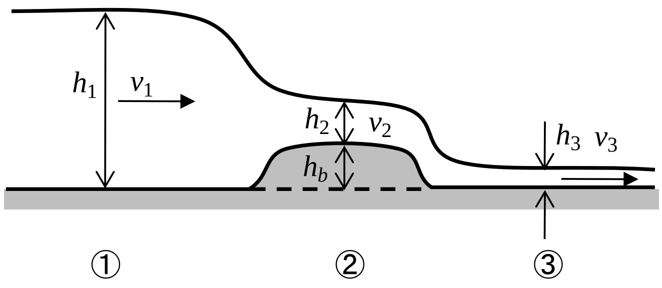
：注意：

電卓のみ持込可である．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．

$\boxed{3}$　下図に示すように，高さ h_b の凸部を持つ水路がある．断面①と③における水深がそれぞれ h_1=1.0[m]，h_3=0.40[m]のとき，以下の問に答えよ．なお重力加速度は 9.8[m/s^2]とし，摩擦は無視できるとする．

(1)　断面①と③における流速 v_1，v_3 をそれぞれ求めよ．

(2)　凸部上の断面②において，限界水深が生じている．このとき，断面②における水深 h_2 と流速 v_2 および凸部の高さ h_b を求めよ．



【解答例】

(1)　断面①と③において，

連続式：$h_1 v_1 = h_3 v_3$

ベルヌーイ式：$h_1 + \dfrac{v_1^{\,2}}{2g} = h_3 + \dfrac{v_3^{\,2}}{2g}$

ただし，h_1=1.0[m]，h_3=0.4[m]より

$v_1 = 0.4 v_3$，$v_3^{\,2} - v_1^{\,2} = 1.2g$

これを解くと，

$$v_1 = 0.4\sqrt{\frac{10}{7}g} = 1.50\text{[m/s]}$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{10}{7}g} = 3.74\text{[m/s]}$$

(2)　断面②で限界水深が発生しているので，

$$Fr = \frac{v_2}{\sqrt{g h_2}} = 1$$

が成り立っている．

また，断面①と②において，

連続式：$h_2 v_2 = h_1 v_1$

ベルヌーイ式：$h_2 + h_b + \dfrac{v_2^{\,2}}{2g} = h_1 + \dfrac{v_1^{\,2}}{2g}$

が成り立つ．(1)の解を考慮して，これらの 3 式を解くと，

$$v_2 = \sqrt[3]{1.5g} = 2.45\text{[m/s]}$$

$$h_2 = \frac{1.5}{v_2} = 0.612\text{[m]}$$

$$h_b = 1.0 - 0.612 + \frac{1}{2g}\left(1.5^2 - 2.45^2\right) = 0.1965\text{[m]}$$

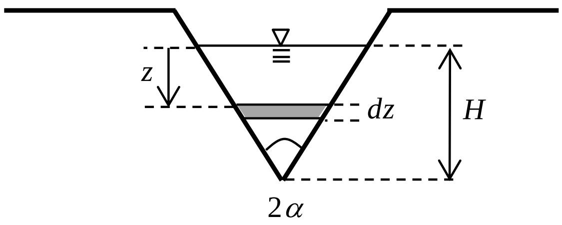
が得られる．

配点：v_1，v_3，h_2，v_2，h_b それぞれ 5 点．式が適切に立てられていれば，部分点 3 点ずつ．

平成 21 年度水理学 B 及び同演習試験（H21.7.29）

番号	名前

$\boxed{4}$ 図のように角度 2αを持つ三角堰がある．越流水深が H のときの流量 Q を求めよ．
なお，水深 z における越流流速 V が $V=\sqrt{2gz}$ で表されると仮定できるものとする．



【解答例】

流量を Q，z における堰の幅を B とすれば，

$$Q=\int_0^H BVdz \qquad ①$$

である．

問題に与えられた条件より $V=\sqrt{2gz}$ である．

また $B=2H\left(1-\frac{z}{H}\right)\tan\alpha$ である．

これらより，式①は以下のように変形し，計算することができる．

$$Q=\int_0^H\left[2H\left(1-\frac{z}{H}\right)\tan\alpha\right]\sqrt{2gz}dz \qquad ②$$

$$Q=\frac{8\sqrt{2g}}{15}H^{\frac{5}{2}}\tan\alpha \qquad ③$$

配点：①式＝5 点，②式＝10 点，③式＝10 点