

水理学演習

選択 2 単位 開講期：3 期 ・水 1

担当：鷲見哲也 准教授

概 要

水の流れの基本的特性を学ぶ「水理学」の理解を深めるために、流れの基礎現象に関する設問を取り上げ、具体的な問題の解決につながる演習を行う。

主な内容は、流れの基礎原理、静止流体の力学、管路の定常流、および開水路の定常流に関する設問とその解法である。

授業では、「水理学」の復習にも力点を置き、問題を解くために必要な知識を整理した解説も行う。

学習到達目標

- 1) 静止流体が平面・曲面に作用する圧力および作用点を計算することができる
- 2) 連続の式やベルヌーイの式が理解できる
- 3) 摩擦損失や形状損失を式で表現できる
- 4) ベルヌーイの式などを使って管路や堰の問題を解くことができる
- 5) 開水路における流れの特徴（常流と射流）が理解できる
- 6) 層流と乱流の違いが説明できる

授業の内容

第 1 週	4 月 09 日(水)	ガイダンス・単位について
第 2 週	4 月 16 日(水)	質量・重量・圧力の単位系と計算
第 3 週	4 月 23 日(水)	側圧管による水圧の計算
	4 月 30 日(水)	休日
第 4 週	5 月 07 日(水)	水中の平面作用する水圧の計算
第 5 週	5 月 14 日(水)	水中の曲面に作用する水圧の計算
第 6 週	5 月 21 日(水)	連続式を用いた流量・流速の算定
第 7 週	5 月 28 日(水)	中間小テスト
第 8 週	6 月 04 日(水)	ベルヌーイ式とピトー管等の原理
第 9 週	6 月 11 日(水)	オリフィス・堰の流量計算
第 10 週	6 月 18 日(水)	層流・乱流の分類・抵抗則と平均流速公式
第 11 週	6 月 25 日(水)	管路での摩擦・形状損失の算定
第 12 週	7 月 02 日(水)	管路 - 貯水池系での流量・水圧計算(1)
第 13 週	7 月 09 日(水)	管路 - 貯水池系での流量・水圧計算(2)
第 14 週	7 月 16 日(水)	開水路の常流・射流の分類
第 15 週	7 月 23 日(水)	期末試験

試験（小テスト）はレポート課題の一部を参考に出題される。

成績評価 出席を前提とし、レポート 20%及び試験（中間・期末）80%の総合評価

教科書 「水理学」 玉井信行ほか共著（オーム社） 講義「水理学」でも指定。
このほか問題集等の資料を適宜配布する。次回以降も持ってくること。

参考書 「絵とき 水理学」 国澤正和ほか共著（オーム社）
「基礎水理学」林 泰造著（鹿島出版会）

教育・養成目標： 教育目標 社会基盤施設デザイン能力：90%，養成目標 情報活用能力：10%

授業方法について

授業評価の基本：レポートでの演習（黒板での輪番演習はしない。）

「水理学」の授業とは殆ど重複するが、演習に集中する。一部は演習が先行する。

1 回の授業のスタイル

- ・ 前回出題レポートの提出
- ・ 提出レポートの解答の解説
- ・ 次回レポート問題の出題
- ・ 次回レポートに関連する水理学の復習
- ・ 次回レポート問題の類題の講義・解説

出題を先にするので、できる人は、その時間内に解いて、レポート作成してしまってもよい。

レポート作成用に、レポート用紙（A4）を持ってくること。

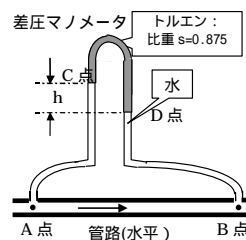
レポート作成のスタイルは以下の通りとする。

水理学演習 レポート（2008 年 月 日提出） 学籍番号 氏 名 1/2

レポート作成時間：XX 分

問題 -

トルエンとの境界を C 点、D 点とおくと



注意 1：表紙はつけない。1 ページ目の上段に、タイトル、日付、学籍番号、氏名、レポート作成時間を書くこと。

注意 2：裏面には書かないこと。（レポートをスキャナにかけるため）

注意 3：2 ページ以上になる場合には、右上にページ番号「学籍番号・氏名 1/2」をつけること。

ホチキス止めはしないこと。（スキャナにかけやすくするため。）クリップ止めは OK。

注意 4：答えの数値には単位をつけること。（つけるべきものには。）

注意 5：問題は書き写さなくてよい。図は書き写すこと。

注意 6：計算の途中経過を書いていないものは、採点しない。

ほとんどが水理学の復習になってしまうので、できる学生にはつまらない科目かもしれない。レポート出題には、やや難解な応用の問題も出すことがある。これを解いてきた解答の正答部分には加点評価するので良い成績を狙う学生は取り組んで欲しい。

質問等への対応

オフィスアワー：月曜 3 限 13:00-14:30 および水曜昼休み 12:10-12:50。

その他も在室時には質問等に応ずる方針。

E-mail: t-sumi@daido-it.ac.jp

本授業の HP: <http://godos2.daido-it.ac.jp/kpage/sumi/enshu/enshu.htm>

SI 単位系について

単位接頭語：k (キロ=1000 倍), M (メガ=1000000 倍), 例：1kg=1000g
h (ヘクト=100 倍), m (ミリ=0.001 倍), など. hPa=100Pa (パスカル), mm=0.001m
教科書 p.10 「ポイント」を参照のこと.

質量 m : (単位 kg, g など)

質量は、物体の量そのもの。基本的に自己増減しない。

質量は重量 (重さ) とは違う。

力 F など : (単位 N (ニュートン))

1 N は、1kg のものを加速度 1m/s^2 で加速するのに必要な力。

(1kg の物体の速度を毎秒 1m/s ずつ加速するのに必要な力。)

$1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ < = この単位の変換は覚える。
--

重量 (重さ) : 単位 N

重さはその質量が、地球上で重力によってかかる力のこと。

物体の重力=質量 m × 重力加速度 g

重力加速度 $g=9.8\text{m/s}^2$ (地球の地表での値。月面はその約 $1/6$)

重量の単位は力の単位 N。kg は質量で、重量は昔は kg 重 (kgf) と呼んでいた。

SI 単位系では、質量 1kg の物体の重量は 9.8N である。

圧力 p : (単位 $\text{N/m}^2=\text{Pa}$ (パスカル))

単位面積あたりに作用する力。(圧力水頭とは異なる)

だから、単位は、力の単位 / 面積の単位 となる。

・水圧の場合、ある位置において、作用する向きよって変化しない。(せん断力はゼロ)

・作用する面積をかけると、力になる。たとえば、「板に作用する全水圧」とは、ある水圧 (の分布) がある面積の板に作用しているのだから、全水圧の単位は力。

密度 ρ : 単位 kg/m^3 単位体積あたりの流体の (水の) 質量のこと。

流体の種類 (や温度) で決まる。

比重 s 水の密度との密度比。ある流体の比重 s = その流体の密度 / 水の密度。

流体の種類 (や温度) で決まる。単位は無次元

水の密度を ρ とすると、比重 s の流体の密度は、 $s\rho$ である。

単位体積重量 γ : 単位 N/m^3 、 $(\text{kg}\cdot\text{m/s}^2)/\text{m}^3$

流体 (水) の単位体積に作用する重量 (重さ = 力)。

その定義から、単位は力 / 体積となり、つまり N/m^3

水の単位体積重量を γ とすると、比重 s の流体の単位体積重量は、 $s\gamma$ である。($\gamma=\rho g$ より)

エネルギー・仕事（仕事量，仕事のエネルギー） W または E ：単位 J（ジュール）= Nm 、 $=\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
 仕事（量）は，例えばある力 $F(\text{N})$ で物体に距離 $L(\text{m})$ だけ動かした場合，「作用した力は， $F \times L$ ($\text{Nm}=\text{J}$) だけ仕事をした」と言う． 力に距離をかけた単位．
 エネルギーとは，簡単に言うと，そうした仕事をする事が出来るだけ蓄えられ，未だ使われていない仕事である．
 J（ジュール）は N（ニュートン）とメートルの掛け算で表す単位．

仕事率 P ： 単位 W （ワット）= J/s 1 秒当りの仕事量（またはエネルギー）
 電気製品ではよく使われるが，力学でも同じ．

参考：そのほかの基本単位：

長さ： 単位 m （メートル）， km （キロメートル）， mm （ミリメートル）など
 体積： 単位 m^3 （立方メートル）， l , L （リットル= $0.001\text{m}^3=1000\text{mL}$ ）
 時間： 単位 s ， sec （どちらも秒）， min （分）， hr （時間）など

例 1：「仕事率」と「馬力」

まったくエネルギー損失のないポンプを考える．毎秒 1L （リットル）= 0.001m^3 の水を 1m だけ上げる場合の必要な仕事率を考えると，密度 $\rho=1000\text{kg}/\text{m}^3$ の水が $V=0.001\text{m}^3$ ，つまり $m=1\text{kg}$ の質量の水に重力加速度 $g=9.8\text{m}/\text{s}^2$ に逆らって持ち上げる．作用する力は $F=mg=9.8\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2=9.8\text{N}$ である．これを毎秒 1m だけ持ち上げるのであるから，その仕事率，つまり 1 秒にする仕事は，力 \times 距離/時間= $9.8\text{Nm}/(1\text{s})=9.8\text{J}/\text{s}=9.8\text{W}$ 約 10W となり， 20W 電球の半分の電力を必要とする．逆に言えば毎秒 1L の水を 2m の落差で理想的に発電すれば， 20W 電球 1 個を灯し続けられる．

ちなみに自動車などで使う「馬力」の単位は，1 馬力（1 PS）= $735.5\text{W}=0.7355\text{kW}$ である（1 馬力の場合）．これや 75kg のものを 1 秒で 1m ずつ持ち上げる仕事率に相当するが，本当の馬の瞬間的な最大出力はその 10 倍程度と言われる．

例 2：自転車と電球

体重 60kg の人間が，まったくエネルギー損失のない状態で自転車に乗り，坂を，高さ方向に毎秒 10cm づつ（ $v_z=0.1\text{m}/\text{s}$ ）に登りつづける，その仕事率は $P=mgv_z = 60\text{kg} \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 \times 0.1\text{m}/\text{s}=58.8\text{kgm}/\text{s}^2 \cdot \text{m}/\text{s}=58.8\text{N} \cdot \text{m}/\text{s}=58.8\text{J}/\text{s}=58.8\text{W}$ となる．つまり 60W の電球と大差ない仕事である．