

科 目		必・選	担 当 教 員	学年・学科				単位数	授 業 形 態				
流 体 力 学 (Fluid Dynamics)		必	早坂 良	4 年生 知能機械工学科				2	通年 週 2 時間				
授業概要	水・空気に代表される「流体」の特性とその流れの力学の基本的事項を理解する。流体の粘性、圧縮性が運動に果たす役割、静止流体の圧力や浮力、流体運動を支配する連続の方程式、運動方程式、エネルギー方程式を学習する。												
到達目標	流体力学のエネルギー保存則を表すベルヌーイの定理を理解し、実際の管路設計等に応用できる能力を身に付ける。また、ナビエ・ストークスの運動方程式の意味がわかるレベルに到達する。												
評価方法	4回の定期試験(15+20+15+20=70%)、課題レポート(10%)、総合レポート(20%)で評価する。 ・授業の終盤に課題レポートを配布し、6日後までに提出してもらう。 ・定期試験前に総合レポートを課す。定期試験直前の授業は総合レポートの解説を行う。												
教科書等	[教科書] 坂田光雄・坂本雅彦著 流体の力学 コロナ社 参考書 例えば 加藤宏編 例題で学ぶ流れの力学 丸善												
内 容										学習・教育目標			
第 1 週	Orientationと流体力学・流体力学の概説									C-1			
第 2 週	理想流体の運動	流れの観察、連続の方程式							C-1				
第 3 週	理想流体の運動	オイラーの運動方程式							C-1				
第 4 週	理想流体の運動	流線と流れ関数							C-1				
第 5 週	理想流体の運動	ベクトルの内積と外積							C-1				
第 6 週	理想流体の運動	流体の変形と回転							C-1				
第 7 週	理想流体の運動	速度ポテンシャル							C-1				
第 8 週	第1回総合レポート問題解説									C-1			
第 9 週	試験の講評：	ポテンシャル流れ							C-1				
第10週	質量保存	連続の式、検査面							C-1				
第11週	エネルギー保存	ベルヌーイの定理							C-1				
第12週	エネルギー保存	ベルヌーイの定理の応用と問題							C-1				
第13週	運動量の法則	運動量の法則とその応用							C-1				
第14週	運動量の法則	運動量の法則の応用							C-1				
第15週	第2回総合レポート問題解説									C-1			
第16週	試験の講評；	運動量の法則のまとめ							C-1				
第17週	角運動量の法則									C-1			
第18週	粘性流体の運動	応力について 応力と速度の関係							C-1				
第19週	粘性流体の運動	ナビエ・ストークスの運動方程式							C-1				
第20週	粘性流体の運動	ナビエ・ストークス方程式の幾つかの解							C-1				
第21週	粘性流体の運動	ナビエ・ストークス方程式の幾つかの解							C-1				
第22週	次元解析	考え方							C-1				
第23週	第3回総合レポート問題解説									C-1			
第24週	試験の講評；	次元解析 (バッキンガムの π 定理)							C-1				
第25週	相似則	概念、代表的な無次元数							C-1				
第26週	管路内の流れ	層流、乱流							C-1				
第27週	速度分布	遷移、速度分布							C-1				
第28週	圧力損失	管摩擦損失係数、管路の諸損失							C-1				
第29週	管路系の総損失、ポンプ動力									C-1			
第30週	第4回総合レポート問題解説									C-1			
(特記事項)			JABEEとの関連										
			JABEE	a	b	c	d1	d2a)d)	d2b)c)	e	f	g	h
			本校の学習 ・教育目標	A	A	C-1	C-1	C-2	B	B	D	C-3	B

1. 合格ラインについて、特に記載の無いものは、60点以上を合格とします。

2. 定期試験について、特に記載の無いものは、評価配分を均等とします。(【例】年4回定期試験を実施した場合の各定期試験の評価配分は、特に記載の無いものは、25%ずつになります。)

流体力学 4年

流体とは、水や空気に代表されるように変形が自由な物質である。自動車、電車あるいは飛行機は空気中を移動する。また、様々な流体をポンプや送風機を用いて輸送することは、工業において重要なことである。流体力学は流体と物体との相互作用や各種装置内の流れを扱う学問である。

第1週

水力学での学習内容の復習とこれから学ぶ流体力学の概説を行う。

第2週～第9週

理想流体（非圧縮非粘性）の運動を中心に考えながら、流体の観察方法（流れの可視化）について解説する。水や空気は透明でその運動を目で見ることができない。そこで流れに煙や微少粒子を挿入して、それらトレーサの動きから流体運動を理解する方法である。次に流体の加速度、流線、渦度、循環など流体運動を表す重要な物理量を解説する。また、理想流体の幾つかの流れは、流れ関数や速度ポテンシャルによって比較的簡単に扱えることを示す。これらを組み合わせると、複素関数論（複素ポテンシャル）で扱うことが出来ることも紹介する。

第10週～17週

実在流体の運動や工学的な基本問題の扱いを学習する。質量保存則である連続の式とエネルギー保存則であるベルヌーイの定理の理解とその活用法が重要である。管路内の流れ（ ρ ；流体密度、 u ；平均流速、 A ；断面積）に対して、連続の式とベルヌーイの定理は

$$m = \rho u A = \text{一定} \quad [\text{kg/s}]$$

$$\frac{u^2}{2} + g z + \frac{p}{\rho} = \text{一定} \quad [\text{J/kg}]$$

である。工学的な問題として、流体輸送における管路系やポンプの設計にはこれらが基礎となるので、十分理解する必要がある。一般には粘性によるエネルギー損失、ポンプや水車による流体外部とのエネルギーの授受があるので、これらの事を含めて上記定理の拡張も紹介する。

流体と物体との相互作用による力は運動量の法則により計算できる。噴流が壁面や水車に及ぼす力の計算法について説明する。

第18週～22週

流体の流動状態を詳細に理解し、対策を講じようとするためにはナビエ・ストークス方程式を解き、速度分布や圧力分布を求める必要が生じる。そこで、ナビエ・ストークスの運動方程式の導出と幾つかの厳密解について紹介する。

第23週～26週

大形のポンプや水車などの流体機械の性能、橋梁や建物まわりの流れなどは模型実験によって実験室内で再現し、実物大での流れを予測する。この時、模型実験と実物との流れの関係が必要となり、この関係を相似則（law of similarity）という。よく知られた例は、航空機の風洞実験である。この時、形は全く同一にして寸法だけを変え（幾何学的相似）、更に模型と実物との間に対応する力の比を同一にする（力学的相似）ことが要求される。具体的にはレイノルズ数を同じにして実験する。流体工学では寸法比、速度比、力の比等、幾つかの無次元数があり、考える現象に対応する無次元数を同一にすることにより実物まわりの流れを模型実験で置き換えることが可能になる。

第27週～30週

流体の流れ方には層流と乱流の2種類がある。これらは単に流れ方が違うだけでなくエネルギー損失が全く異なる。特に乱流では変動成分の積がせん断応力として作用する（レイノルズ応力）。そのため、流体の流れ方を識別して、エネルギー損失の評価に対処しなければならない。

管内流れの基本的事項（層流の速度分布と圧損、乱流の速度分布と圧損、各種の管付属品の圧損）を理解し、流体輸送に必要なポンプ動力を算出できるようにする。