

|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--|
| 有明工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 開講年度 | 平成30年度 (2018年度)                             |                                                                               | 授業科目                                                                                                       | 基礎塑性力学                                                                         |  |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                    | 0067                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |                                             | 科目区分                                                                          | 専門 / 選択                                                                                                    |                                                                                |  |
| 授業形態                                                                                                                                                                                                                                    | 授業                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |                                             | 単位の種別と単位数                                                                     | 学修単位: 2                                                                                                    |                                                                                |  |
| 開設学科                                                                                                                                                                                                                                    | 機械工学科                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                             | 対象学年                                                                          | 5                                                                                                          |                                                                                |  |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                     | 後期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |                                             | 週時間数                                                                          | 後期:1                                                                                                       |                                                                                |  |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                  | 教科書： 基礎からわかる塑性加工；長田 修次, 柳本 潤共著／コロナ社参考書： 基礎塑性加工学；川並高雄, 関口秀夫, 斉藤正美編著／森北出版 基礎塑性力学；野田直剛, 中村 保共著／日新出版 金属塑性加工学；加藤健三著／丸善出版 基礎から学ぶ塑性加工；木内 学／工業調査会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                    | 南 明宏                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 1. 塑性加工とはどのような加工法か, また, 日常の身近な生活品の中に塑性加工を利用した製品が数多くあることを認識し, これらの製品が塑性加工の中でもどのような加工法で作られているのかを理解し, 説明できる.<br>2. 塑性力学の基礎を学習し, 塑性加工(変形)を施す際に必要な加工応力, 加工荷重を適切に計算することができる.<br>3. 実際の塑性加工の例として鍛造加工, 引抜き加工, 押出し加工に塑性力学を適用して, 加工応力や加工荷重が計算できる. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| ルーブリック                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         | 理想的な到達レベルの目安                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                                             | 標準的な到達レベルの目安                                                                  |                                                                                                            | 未到達レベルの目安                                                                      |  |
| 評価項目1                                                                                                                                                                                                                                   | 塑性加工とはどのような加工法か, また, 塑性加工を利用した製品がどのような加工法で作られているのかを理解し, 正しい語句を使用して詳細に説明できる.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |                                             | 塑性加工とはどのような加工法か, また, 塑性加工を利用した製品がどのような加工法で作られているのかを理解し, 説明できる.                |                                                                                                            | 塑性加工とはどのような加工法か, また, 塑性加工を利用した製品がどのような加工法で作られているのかを理解していない. あるいは説明できない.        |  |
| 評価項目2                                                                                                                                                                                                                                   | 塑性力学の基礎を学習し, 塑性加工(変形)を施す際に必要な加工応力, 加工荷重を適切に計算することができ, 応用問題まで正しく計算できる.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                             | 塑性力学の基礎を学習し, 塑性加工(変形)を施す際に必要な加工応力, 加工荷重を適切に計算することができる.                        |                                                                                                            | 塑性力学の基礎を学習し, 塑性加工(変形)を施す際に必要な加工応力, 加工荷重を適切に計算することができない.                        |  |
| 評価項目3                                                                                                                                                                                                                                   | 実際の塑性加工例として,鍛造加工, 引抜き加工, 押出し加工を取り上げ,これらに塑性力学を適用して, 加工応力や加工荷重に関して, あらゆる発展問題まで計算することができる.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |      |                                             | 実際の塑性加工例として,鍛造加工, 引抜き加工, 押出し加工を取り上げ,これらに塑性力学を適用して, 加工応力や加工荷重に関して, 計算することができる. |                                                                                                            | 実際の塑性加工例として,鍛造加工, 引抜き加工, 押出し加工を取り上げ,これらに塑性力学を適用して, 加工応力や加工荷重に関して, 計算することができない. |  |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 学習・教育到達度目標 B-2                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                      | 自動車, 航空機・ロケット, 造船, 鉄道車輛, 重機械, 電気・電子部品製造装置, 家電機器, 携帯電話, コピー機等のOA機器, パソコン機器等の様々な分野において, 塑性加工による部品が随所に使用されている. 塑性加工の主な種類だけでも圧延加工法, 鍛造法, 曲げ加工法, せん断加工, 引抜き加工, 押出し加工, 板成形加工(絞り加工, 張出し加工, スピーニング加工)等がある.<br>本教科の第1の目標は, 塑性加工とはどのような加工法か, また, 日常の身近な生活品の中に数多くある塑性加工製品がどのような加工法で作られているのかを理解することである.<br>第2の目標は塑性力学の基礎を学習し, 塑性加工(変形)を施す際に必要な加工応力, 加工荷重を適切に見積ることができることである. そのためには, 弾性力学(本校のカリキュラムでは材料力学Ⅰ, Ⅱに相当)の知識は勿論のこと, 塑性力学特有の体積一定条件, 流動方程式(応力とひずみあるいは応力とひずみ速度の関係式), ミーゼスやトレスカの降伏条件式等を新たに学習し, フックの法則(弾性領域における応力とひずみの関係とを照らし合わせながら理解できることである).<br>第3の目標は実際の塑性加工例として鍛造加工, 引抜き加工, 押出し加工にこれらの塑性力学を適用して, 加工応力や加工荷重が計算できることである. |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                               | 講義(パワーポイントと板書)を中心とし, 毎週, 課題プリントを提出する.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                     | 塑性力学を理解するためには材料の弾性領域を主に取り扱う材料力学Ⅰ, Ⅱにおける応力, ひずみあるいは応力とひずみの関係(フックの法則)等の知識が土台となる. また, 塑性域でのミーゼスやトレスカの降伏条件式, 偏差応力-ひずみ(ひずみ速度)関係を示すLevy-Misesの流動方程式等を理解する上で数学の基本的な微積分や対数指数の知識も必要である.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
| 授業計画                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                             |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 週    | 授業内容                                        |                                                                               | 週ごとの到達目標                                                                                                   |                                                                                |  |
| 後期                                                                                                                                                                                                                                      | 3rdQ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1週   | 塑性加工の意義と種類(塑性加工とは, 塑性加工事例)                  |                                                                               | 塑性加工とはどのようなものなのかを他の機械加工法(切削加工, 鍛造+溶接=溶融加工)と対比しながら説明ができる.                                                   |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2週   | 塑性加工の意義と種類(塑性加工の特徴と分類)                      |                                                                               | 様々な塑性加工法の種類(鍛造, 打ち抜き, 曲げ, 押出し, 引き抜き, 圧延, 深絞り等)と特徴や用途が説明でき, 分類もできる.                                         |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3週   | 金属材料の塑性変形と降伏応力・変形抵抗(応力-ひずみ)                 |                                                                               | 弾性・塑性変形, 弾性限度, 比例限度, 降伏点(上下降伏点), 耐力等の基礎用語の意味が分かり, 線図上で説明できる. また, 公称応力, 真応力, 公称ひずみ, 真ひずみの関係式が分かり, 使い分けができる. |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4週   | 金属材料の塑性変形と降伏応力・変形抵抗(降伏応力, 変形抵抗, 偏差応力と静水圧応力) |                                                                               | 降伏応力と変形抵抗(流動応力), 偏差応力と静水圧応力について理解し, 説明することができる.                                                            |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5週   | 塑性力学の基礎理論(フックの法則とロイスの方程式, ミーゼスの降伏条件式: 相当応力) |                                                                               | 弾性力学で使用するフックの法則を発展させたロイスの方程式およびミーゼスの降伏条件式を理解し, 両式を用いて計算ができる.                                               |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 6週   | 塑性力学の基礎理論(Levy-Misesの流動方程式)                 |                                                                               | レヴィ・ミーゼスの流動方程式の導き方を理解し, この式とミーゼスの降伏条件式を用いて塑性に関する計算ができる.                                                    |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 7週   | 塑性力学の基礎理論(基礎事例演習)                           |                                                                               | 塑性力学に関する基礎演習問題を体積一定条件, ミーゼスの降伏条件式(相当応力)およびLevy-Misesの流動方程式を利用して計算できる.                                      |                                                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 8週   | 後期中間試験                                      |                                                                               |                                                                                                            |                                                                                |  |

|      |     |                          |                                                                                                                                                                                            |
|------|-----|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4thQ | 9週  | 塑性力学の基礎理論(応用事例演習)        | 塑性力学に関する応用演習問題を体積一定条件、ミーゼスの降伏条件式(相当応力)およびLevy-Misesの流動方程式を利用して計算できる。                                                                                                                       |
|      | 10週 | 鍛造加工(鍛造加工の効果と分類、鍛造加工の基礎) | 鍛造の特徴、鍛造金型の違いによる分類{自由鍛造、型鍛造(半閉塞鍛造、閉塞鍛造、押出し)}、材料の変形形態による分類{(据込み、延伸、押出し(直接押出し、間接押出し、前後方押出し))、型鍛造、回転鍛造}あるいは温度または素材の形態による分類(溶湯鍛造、熱間鍛造、温間鍛造、冷間鍛造、等温鍛造、粉末鍛造)等が分かります。熱間鍛造、温間鍛造、冷間鍛造の長短所を簡潔に表現できる。 |
|      | 11週 | 鍛造加工(鍛造理論)               | 直方体および円柱ブロックの据込み鍛造における加工荷重、加工応力を求める計算式をスラブ法にて誘導できる。その際、力の釣り合い方程式の立て方、変数分離形を応用した積分、境界条件の入れ方をも理解できる。                                                                                         |
|      | 12週 | 鍛造加工(鍛造機械)               | 各種鍛造機械{液压プレス、機械プレス(クランクプレス、エキセンプレス、ナックルプレス、フリクションプレス)、ハンマ}の機構と特徴を理解できる。                                                                                                                    |
|      | 13週 | 引抜き(引抜き加工、引抜き理論)         | 引抜き加工の種類と特徴を理解し、引抜き力や荷重の計算ができる。                                                                                                                                                            |
|      | 14週 | 押出し(押出し加工、押出し理論)         | 押出し加工の種類と特徴を理解し、押出し力や荷重の計算ができる。                                                                                                                                                            |
|      | 15週 | 後期末試験                    |                                                                                                                                                                                            |
|      | 16週 | テスト返却と解説                 |                                                                                                                                                                                            |

#### モデルコアカリキュラムの学習内容と到達目標

| 分類    |          | 分野    | 学習内容 | 学習内容の到達目標                                   | 到達レベル | 授業週                  |
|-------|----------|-------|------|---------------------------------------------|-------|----------------------|
| 専門的能力 | 分野別の専門工学 | 機械系分野 | 工作   | 塑性加工の各加工法の特徴を説明できる。                         | 3     | 後1                   |
|       |          |       |      | 降伏、加工硬化、降伏条件式、相当応力、及び体積一定則の塑性力学の基本概念が説明できる。 | 4     | 後2,後3,後4,後5,後6,後7,後9 |
|       |          |       |      | 平行平板の平面ひずみ圧縮を初等解析法により解くことができる。              | 4     | 後10,後11,後13,後14      |
|       |          |       |      | 軸対称の圧縮を初等解析法により解くことができる。                    | 4     | 後10,後11,後13,後14      |
|       |          |       | 材料   | 引張試験の方法を理解し、応力-ひずみ線図を説明できる。                 | 4     | 後3,後4                |
|       |          |       |      | 塑性変形の起り方を説明できる。                             | 4     | 後1,後2,後3             |
|       |          |       |      | 加工硬化と再結晶がどのような現象であるか説明できる。                  | 4     | 後1,後2,後3             |
|       |          |       |      |                                             |       |                      |

#### 評価割合

|         | 試験 | 発表 | 相互評価 | 態度 | ポートフォリオ | その他 | 合計  |
|---------|----|----|------|----|---------|-----|-----|
| 総合評価割合  | 65 | 0  | 0    | 0  | 35      | 0   | 100 |
| 基礎的能力   | 0  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 0   |
| 専門的能力   | 65 | 0  | 0    | 0  | 35      | 0   | 100 |
| 分野横断的能力 | 0  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0   | 0   |