

2022年度「金属・材料工学」プログラム 講義概要

講義概要一覧

| No. | 講義名 | 講師 | 概要 |
|-----|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 社会に関わる マテリアル | 大阪公立大学工学研究科 物質化学系専攻 教授 中平 敦 | 我々が生活する社会では、金属やセラミックス、高分子、半導体材料など多様なマテリアルが利用されている。特に、建築物や橋梁など社会基盤を支えるインフラや機能性デバイスなどには先端的な金属やセラミックスから構成される各種素材が利用される。そこで、このように我々の生活を支えるマテリアルの過去から現在に至る状況を概説し、マテリアルの社会的位置付けを考える。さらに以降の授業を効率的に進める為に必要なイントロダクション的な講義を行う。 |
| 2 | 科学・工業と産業 | 川崎重工業(株) 技術開発本部材料研究部 主席研究員 亀井 裕次 | 「金属・材料工学」プログラムの受講を通じて、科学・工学という学問的知識を再学習することの意義について、産業界に身を置く技術者の立場から講述する。産業界で必要となる材料の知識は多岐にわたる。「金属、セラミックス、プラスチック」など材料の種類は多種多様である。しかも、実際の使用環境下で、材料が示す複雑な挙動（特性）の解釈に難渋することもまれではない。「金属・材料工学」プログラムでは、材料に関する膨大な知識を科学・工学の方法で整理した理論体系を学ぶ。この理論体系は、材料を使いこなす上で強力な指南役となる。本講義では、重工メーカーにおいて、環境・エネルギー機器、船舶・艦艇、鉄道車両などに関する材料技術の研究開発に二十余年にわたり従事した経験をもとに、金属・材料工学を学ぶことで得られる“ご利益”を紹介する。 |
| 3 | 化学結合 | 関西大学化学生命工学部 化学・物質工学科 教授 幸塚 広光 | 金属材料や無機材料の性質や機能を根源的に支配しているのは、原子と原子を結びつける化学結合の特徴にあると言っても過言ではない。化学結合を大きい視点で眺める素養をもっていなければ、理解できる材料の性質が限定されてしまう。例えば、金属結合についての概念しかもっていなければ、セラミック材料の性質を大きく見誤る恐れがある。本講義では、共有結合、金属結合、イオン結合のそれぞれを基礎的に振り返り、まず、化学結合の強さが材料の性質を決定する上で果たす役割について説明する。次に、金属材料とセラミック材料が著しく異なる機械的性質をもつ理由を、化学結合の視点でどのようにとらえ、また理解することができるかについて説明する。さらに、金属材料と半導体の電気伝導機構がどのように異なっており、それが化学結合の視点でどのようにとらえることができるかについて説明する。化学結合の種類の違いは、材料の外観（色や透明性）にも影響を与えるので、これについても理解を深める。 |
| 4 | 鉄鋼・非鉄製錬・熱力学 | 大阪大学工学研究科 マテリアル生産科学専攻 助教 中本 将嗣 | 鉱石から金属を得る製錬プロセスは、各種金属の主として熱力学的な特性に従って特徴的な原理に基づき行われている。そのため、個々の製錬過程の熱力学や関連する基礎物性との関係を理解することが大切である。また、現代では、金属材料の原料は必ずしも天然の鉱石とは限らず、日本のような工業先進国では、「都市鉱山」と呼ばれる資源を有しており、金属材料のリサイクルについても、製錬技術と併せて理解することが求められる。さらに、製錬プロセスの設計・評価に欠かせない物質・状態の安定性の検討、エネルギー収支や化学反応の解析に必要な熱力学は、その基本的考え方を理解するのに非常に時間がかかる学問の一つであるが、材料物性の多くは熱力学の法則に負うところが大きく、基礎的な理解は不可欠である。本講義では、工業材料として主要な金属である鋼、アルミニウム、チタンなどの製錬プロセスとその基本的な原理を概説するとともに、「都市鉱山」に関する話題も紹介する。加えて、金属・合金・セラミックス等を対象に熱力学量である比熱、エンタルピー、エントロピー、自由エネルギーの基本的意味、合金の熱力学量、特に活量の物理的意味について説明する。また、化学反応における考え方、製錬プロセスでの活用例を紹介し、金属材料工学における熱力学の役割について述べる。 |

2022年度「金属・材料工学」プログラム 講義概要

講義概要 一覧

| No. | 講義名 | 講師 | 概要 |
|-----|-------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | 材料組織学 | 関西大学化学生命工学部 化学・物質工学科 教授 池田 勝彦 | <p>「材料組織学」という科目で扱う内容は非常に幅広く、「結晶構造・格子欠陥」、「状態図」、「凝固」、「拡散」、「拡散変態および析出」、「マルテンサイト変態」、「回復・再結晶・粒成長」等が挙げられている。もちろん、これらを理解するためには、「3. 化学結合」や「7. 熱力学」の知識も重要である。本講義では、この広い領域の中から「拡散および熱処理（時効も含む）」についてできる限り分りやすく説明することで、「熱処理とそれに伴う相変態」についての理解（再理解）の端緒となることをめざしている。</p> <p>まず、拡散の基礎（原子移動、空格子点、Fickの法則等）について概説する。</p> <p>次に、熱処理による相変態の例として、鉄-炭素合金を取り上げ、焼入れ状態からの熱処理による組織変化で重要である等温変態線図（TTT線図）および連続冷却変態線図（CCT線図）を説明する。</p> <p>さらに非鉄金属の代表であるアルミニウム合金の時効挙動についても分かりやすく説明を行う。</p> |
| 6 | 材料結晶学 | 兵庫県立大学工学研究科 材料・放射光工学専攻 教授 足立 大樹 | <p>材料の持つ性質は、その多くが結晶構造に強く依存している。金や銀などは高い延性を示すが、これらと結晶構造の異なるマグネシウムは延性に乏しい。本講義では、金属の持つ3つの基本的な結晶構造（面心立方構造、体心立方構造、六方最密構造）を中心に、それら結晶の幾何学的な特徴として、原子配置、配位数（最近接原子の数）、原子充填率（単位胞体積に占める剛体球原子の体積比）について説明する。</p> <p>また、結晶面と方向は指数を使って表現され、それぞれの指数は、結晶の単位胞を表す3つの座標軸に基づき決定されること、結晶学的方向と面の同質性は原子の線密度と面密度に関係していること等を説明する。</p> <p>さらに、結晶性固体の内部に存在する様々な格子欠陥が材料の機械的性質にどのような影響を及ぼすのかを学習する。</p> |
| 7 | 状態図 | 近畿大学理工学部 機械工学科 教授 仲井 正昭 | <p>金属材料は、熱処理によって所望の機械的性質に調製して使用される。ただし、熱処理によって、直接、機械的性質を制御できるのではなく、組織を制御することによって所定の機械的性質を付与している。金属材料の組織と機械的性質とは密接に関係しており、組織の形成過程はその合金系の状態図と深くかかわっている。すなわち、状態図が読めるとその合金の組織を推測することができ、熱処理方法を考案することができる。</p> <p>なお、状態図を利用した組織制御の実際は「5. 材料組織学」で、状態図の基礎となる相平衡の概念は「4. 鉄鋼・非鉄製錬・熱力学」で学ぶ。また、状態図の見方や考え方は、「11. 鑄造工学」、「12. 溶接工学」を理解するうえでも不可欠である。</p> <p>本講義では、主として2元系状態図（2成分系合金の状態図）について取り扱う。</p> <p>はじめに、状態図の基本構成、すなわち相、相領域と相境界、固相線、液相線、溶解度線ならびに相変態の概念を示す。つぎに、2元系状態図の実例を挙げ、多くの状態図が、全率固溶型、共晶型（共析型）、包晶型（包析型）の組み合わせで表されることを示し、それぞれの状態図の特徴を学ぶ。状態図は、金属材料を熱処理する際の情報を得るために用いられる。そこで、共晶型（共析型）状態図を例に、特徴的な相変態を示す組成を選択し、それらの組成での冷却過程における相変化、組織変化、温度変化の様子を詳しく見ていく。</p> |
| 8 | 結晶塑性学・材料強度学 | 大阪大学工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授 中野 貴由 | <p>金属材料のマクロな強度や延性は、結晶中のミクロな格子欠陥、主として転位の運動によって支配される。転位は原子配列の乱れによるひずみ場であり、この転位の運動を制御することが、材料の力学特性を決定すると言っても過言ではない。</p> <p>本講義では、(1) 格子欠陥の種類と特徴、(2) 各種転位の構造と特徴、(3) 転位の分解と反応、(4) 結晶の降伏現象と転位の運動、(5) シュミット因子とシュミットの法則、等について説明する。講義を通じて、結晶中の格子欠陥の種類と特徴を理解するとともに、転位の構造・運動といった原子論的立場から結晶の強度、変形といった巨視的現象を理解することを目指すとともに、金属・合金の強化機構等の実用的に重要な事項についても転位論的な立場から理解を深める。</p> |

2022年度「金属・材料工学」プログラム 講義概要

講義概要一覧

| No. | 講義名 | 講師 | 概要 |
|-----|---------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | 計算機材料工学 | 大阪大学工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授 小泉 雄一郎 | 科学や工学における計算の果たす役割は極めて大きく、コンピュータの高速化・大容量化とともにその重要性は加速的に増大している。金属・材料工学の分野では、CALPHAD法による熱力学自由エネルギー計算に基づく状態図の作成や、熱流体力学計算による鋳造シミュレーションによる鋳型の設計等が行われてきた。近年では分子動力学法による相転移や塑性変形の機構解明、量子力学に基づく第一原理計算による非経験的な構造や物性の予測もされてきた。特に最近では、経験科学、理論科学、計算科学に続く新たな科学(第四の科学)として注目されるデータ科学的手法を用いて多量の実験データや計算データを解析することで新材料創出を効率的に進めるマテリアルズ・インフォマティクスが注目されている。 本講義では、金属・材料工学の分野で用いられる計算手法の基礎について概説するとともに、計算機シミュレーションの具体的な活用事例を紹介する。また、国内外で展開されている関連のプロジェクトの動向についても触れる。 |
| 10 | 耐熱材料学 | 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 物質系専攻 教授 御手洗 容子 | 自動車エンジン、ジェットエンジン、などの高温機器や、火力発電所、化学プラントなど高温で使われる材料を耐熱材料と呼ぶ。耐熱材料に必要な特性として、環境に対する耐性(酸化、腐食など)と高温での力学特性(高温強度、クリープ)について説明する。特に高温での力学特性については、「8. 材料強度学」で学んだことをベースに、室温で使用する材料とは異なる高温特有の強化機構について解説する。 また、高温力学特性向上のためには組織制御が重要である。「5. 材料組織学」で学んだ組織が高温力学特性に与える影響を、耐熱鋼、Ti合金、Ni基超合金、セラミックス複合材料など、実用耐熱材料の例を解説しながら、説明する。 |
| 11 | 鋳造工学 | 近畿大学理工学部 機械工学科 教授 浅野 和典 | 機械工作法の1つである鋳造加工は人類が早くから会得した成形技術で、大小かつ複雑な製品を一連の工程で多量生産できるという特徴を持っており、鋳造品は自動車、一般産業用機械器具、航空機、宇宙機器、電気・電子部品、環境・生活用品など産業と生活を支えるいろいろな部品や製品として広く用いられている。 本講義では、まず原料地金の溶解から鋳造品の仕上げまでの工程の流れを説明するとともに、鋳造加工法の特徴を他の成形加工法と比較する。 次に、主要な鋳造用合金の材質と特性、鋳型内の熔融金属の凝固収縮挙動、鋳造品の材質に及ぼす化学成分や冷却速度などの影響について説明する。さらに、鋳造品の設計・製作の際に考慮すべき鋳型の湯口方案や押湯方案に関する基礎理論、砂型鋳造における鋳物砂の種類・性質とその造型法、金型材料とその設計・製作に関する基礎事項、ダイカストによる鋳造方式、特殊鋳造法、鋳造品の破損事例についても説明する。 |
| 12 | 溶接工学 | 関西大学化学生命工学部 化学・物質工学科 教授 西本 明生 | 溶接・接合技術は建築、橋梁、船舶、自動車、航空機、圧力容器、パイプライン、家電、飲料缶、パソコン、携帯電話などあらゆる工業製品の製造に用いられ、生産技術のキーテクノロジーである。これらの溶接・接合技術により、高効率かつ高信頼性の「ものづくり」が発展してきた。 本講義では、まず被覆アーク溶接、ガスタングステンアーク溶接(TIG)、ガスマタルアーク溶接(MIG, MAG)等の工業的に用いられているアーク溶接法について概要を説明する。次に、レーザ溶接、電子ビーム溶接、ろう付、拡散接合および摩擦攪拌接合について紹介する。さらに鉄鋼材料溶接部に形成される溶接金属と溶接熱影響部(HAZ)の金属組織の形成機構について説明し、溶接用連続冷却変態(CCT)図を用いることによる溶接金属組織の予測などを溶接冶金の立場から理解を深める。また、溶接残留応力の除去や材質の改善を目的として行われる溶接後熱処理(PWHT)についても紹介する。さらに溶接構造物の破損事例についても紹介し、今後の材料開発・製品開発・設計等への指針についても考えていきたい。 |

2022年度「金属・材料工学」プログラム 講義概要

講義概要 一覧

| No. | 講義名 | 講師 | 概要 |
|-----|----------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13 | 腐食・防食工学 | 関西大学化学生命工学部 化学・物質工学科 教授 春名 匠 | 製造業で使用される多くの機械・機器や部品は金属材料で構成されるが、湿潤環境で使用されるために腐食が発生して劣化・故障することが多く、また、材料への配慮の足りない熱処理や溶接による組織変化のために腐食が加速される場合もあり、このことが大事故にもつながり、社会的損失の大きな要因となっている。しかしながら、腐食・防食工学の知識を持つ人材は少ないため、適切な防食技術を適用できていない場合が多い。そこで、本講義では腐食・防食工学の基礎知識の修得を目的とした講義を行う。 すなわち、受講生が(1)電気化学に基づいた腐食科学の基礎として、電位と反応電流の関係(分極曲線)を理解すること、(2)一般的な腐食形態(全面腐食、局部腐食(孔食、すきま腐食、粒界腐食、応力腐食割れ、水素脆化)など)を理解すること、(3)腐食形態に応じた評価技術を理解することを目標とする。 |
| 14 | 塑性加工学 | 大阪大学工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授 宇都宮 裕 | 金属材料は、圧延、押し出しなどの一次加工を経て板・形・管・棒材などの素形材に加工され、さらに鍛造・引抜き・プレス成形やなどの二次加工を経て所望の形状に成形され、使用される。本講義では、代表的な塑性加工プロセスを紹介し、加工中の材料の変形挙動、負荷特性について説明する。その際の摩擦と工具磨耗を低減するための潤滑方法についても説明する。加えて、塑性加工にともなう組織・特性の変化や欠陥の形成・破壊についても紹介する。 |
| 15 | 3D造形について | 大阪大学工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授 中野 貴由 | 3Dプリンティング(Additive Manufacturing)は、切削加工が材料を削りながら加工していく「引き算」のプロセスに対して、付加製造と呼ばれるように、材料を添加しながら結合・接合していく技術であり「足し算」のプロセスといえる。同時に、デジタル時代におけるIoTの申し子ともいべき手法であり、カスタマイズ設計・生産に対応可能なデジタルツイン技術を生かした最先端プロセスである。中でも金属3Dプリンティングは、金属材料を局所的に溶融/凝固することで複雑形状の付与のみならず、原子レベルでの結晶配向をも制御可能であり、形状・材質の同時設計による造形物の高機能化を可能とする。そのため、医療・エネルギー関連・航空宇宙・自動車などの様々な社会基盤分野での応用、さらには高付加価値化の手段として期待されている。本講義では金属3Dプリンティングのうち粉末床溶融結合(PBF)法を中心に基礎原理と原子レベルでの組織制御による造形物の高機能化手法について概説する。 |